



**UNIVERSIDAD NACIONAL -- AUTONOMA DE MEXICO**

---

**FACULTAD DE QUIMICA**

**Sistemas de Seguridad en el Diseño de Equipo  
para Plantas de Proceso**

**T E S I S**

Que para obtener el título de:

**INGENIERO QUIMICO**

**p r e s e n t a :**

**MANUEL PECERO DIMAS**

---

México, D. F.

1983



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 esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

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

## CONTEXTO

1.	INTRODUCCION	1
2.	CODIGOS Y ESTANDARES	
2.1	Códigos, estándares y especificaciones de equipo	3
2.2	Descripción del código ASME	12
2.3	Otros códigos	13
2.4	Especificaciones de materiales	14
2.5	Procedimientos de prueba	23
3.	AREAS DE RIESGO EN FUNCION DE LOS MATERIALES PROCESADOS	
3.1	Factores de riesgo	26
3.2	Riesgos	26
3.3	Identificación de los riesgos	26
3.4	Determinación del factor del material	29
3.5	Categorías	30
3.6	Determinación de riesgos por materiales especiales	34
3.7	Determinación de riesgos del proceso general	36
3.8	Determinación de riesgos por procesos especiales	38
3.9	Especificaciones mecánicas y de proceso	42
3.10	Especificaciones auxiliares	48
3.11	Eléctricidad	50
3.12	Lay out	66
4.	ANALISIS DE LOS DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD	
4.1	Instrumentación	85
4.2	Válvulas de seguridad y alivio	88
4.3	Discos de ruptura	102
4.4	Arrestadores de flama	111
5.	CONCLUSIONES	112
6.	BIBLIOGRAFIA	113

## 1. INTRODUCCION

Las modernas refinerías de petróleo, plantas petroquímicas y de proceso en general están constituidas en gran parte de equipo y recipientes a presión, reactores, columnas de destilación, cambiadores de calor, evaporadores, etc., cuyo diseño está regulado por diferentes reglamentos o códigos, los cuales varían de un lugar a otro ya que existen diferentes criterios o bases para formularlos.

Actualmente al especificar un equipo es costumbre indicar los códigos que deben emplearse.

Es de vital importancia tener en mente que se deben clasificar las áreas de riesgo en función de los materiales procesados ya que de ello dependerá que los equipos sean especificados y seleccionados adecuadamente para que puedan operar en condiciones óptimas de seguridad y protección.

Los dispositivos de seguridad preventivos son infalibles en todas las aplicaciones de la industria moderna

Las leyes vigentes exigen su instalación en aplicaciones donde se presente cualquier posibilidad de riesgo.

En el presente trabajo se presenta una recopilación de los códigos, estándares, especificaciones y procedimientos de prueba para equipos de proceso en plantas químicas, así como una clasificación de las áreas de riesgo en función de los materiales procesados y un análisis de los dispositivos de seguridad, como los parámetros más importantes para incorporar al equipo los sistemas de seguridad desde la etapa de diseño misma, ya que la ingeniería de detalle es a la fecha una realidad en nuestro país como metodología necesaria no solo para el ingeniero de diseño, sino para cualquier profesional de la química cuyo ejercicio profesional se relacione con la fabricación, selección, operación o servicio de los diferentes equipos de proceso.

DESCRIPCION DE ABREVIACIONES

ACI: American Concrete Institute  
AGA: American Gas Association  
AGMA: American Gear Manufacturers Association  
AICHE: American Institute of Chemical Engineers  
AISC: American Institute of Steel Construction  
ANSI: American National Standard Institute  
API: American Petroleum Institute  
ASCE: American Society of Civil Engineers  
ASHRAE: American Society of Heating Refrigerating and Air Conditions  
Engineers  
ASME: American Society Mechanical Engineers  
ASTM: American Society for Testing and Materials  
AWS: American Welding Society  
AWWA: American Water Works Association  
CGA: Compressed Gas Association  
FIA: Factory Insurance Association  
HEI: Heat Exchanger Institute  
IEEE: Institute of Electrical and Electronic Engineers  
IEC: International Electrochemical Commission  
ISA: Instrument Society of American  
MCA: Manufacturing Chemists Association  
NBBPVI: National Board of Boiler and Pressure Vessel Inspectors  
NBS: National Bureau of Standards  
NEMA: National Electrical Manufacturers Association  
NFPA: National Fire Protection Association  
TEMA: Tubular Exchanger Manufacturers Association  
UL: Underwriters Laboratories Inc.  
USASI: United States of America Standards Institute

## 2. CODIGOS Y ESTANDARES

## 2.1 Códigos, estándares y especificaciones de equipo.

En estos códigos y estándares se reúnen las normas que sirven de regla y fijan el modelo al que se ajusta la fabricación de equipo, así como las instalaciones y edificios para plantas químicas.

Indican los requisitos a cumplir en cuanto a dimensiones físicas, construcción, materiales, así como los límites y tolerancias permisibles en los valores especificados y los procedimientos de prueba involucrados para fines de verificación.

Los códigos típicos se presentan a continuación clasificados por campo de aplicación por considerarse de mayor utilidad práctica y simplicidad de acceso para una necesidad específica a resolver.

Se conservan sus nombres e idioma originales para fines de preservación y localización bibliográfica, así como para evitar errores acumulativos y dispersión por traducciones repetitivas.

### 2.1.1 Cimientos y estructuras de acero.

#### ACI Standards

315 - Manual of Standards Practice for Detailing Reinforced Concrete Structures

318 - Building Code Requirements for Reinforced Concrete American Insurance Assn, National Building Code

AISC Specification for the Design, Fabrication and Erection of Structural Steel for Buildings

ASCE Manual of Engineering Practices No. 22 - Building Code Requirements for Excavations and Foundations



ASTM Materials Specifications

NFPA Vol. IV of the National Fire Codes - Building Construction  
and Facilities

2.1.2 Recipientes

API Bulletin 510 - Recommended Practice for Inspection, Repair  
and Rating of Unfired Pressure Vessels in Service Petroleum  
Refineries

Bulletin RP 520 - Pressure Relieving Systems

Bulletin RP 525 - Testing Pressure Relieving Devices

ASME Boiler and Pressure Vessels Code

I Power Boilers

II Material Specifications

III Nuclear Pressure Vessels Code

VIII Unfired Pressure Vessels

Division I

Division II

IX Welding Qualifications

ASTM Material Specifications

FIA Engineering Bulletins

No N - 35 Sight Glasses

No N - 53 Venting of Chemical Plant Equipment

NBBPVI National Board Inspection Code

NEPA Standards

No 30 Flammable and Combustible Liquids Code

No 58 Liquefied Petroleum Gas

2.1.3 Tanques de almacenamiento

API Standard 620 - Recommended Rules for the Design and Construction of Large Welded Low Pressure Storage Tanks

Standard 650 - Welded Steel Tanks for Oil Storage

ASME Boiler and Pressure Vessel Code

II Material Specifications

VIII Unfired Pressure Vessels

Division I

Division II

IX Welding Qualifications

ASTM Standards

2550 (ASTM D 1220 - 65), Measurement and Calibration of Upright Cylindrical Tanks

2251 (ASTM D 1410 - 65), Measurement and Calibration of Horizontal Tanks

2252 (ASTM D 1408 - 65), Measurement and Calibration of Spheres and Spheroides

AWWA Standard D - 100 - 73 for Welded Steel Elevated Tanks, Stand Pipes and Reservoirs for Water Storage

NFPA Standards

No. 30 Flammable and Combustible Liquids Code

No. 58 Liquefied Petroleum Gases, Storage and Handling

No. 59 Liquefied Petroleum Gases, at Utility Gas Plants

No. 231 General Storage, Indoor

No. 231A General Storage, Outdoor

No. 490 Ammonium Nitrate Storage

No. 566 Bulk Oxygen Systems

2.1.4 Bombas y Compresores

- AICHE Centrifugal Pumps for General Refinery Services
- API Standard 610 - Centrifugal Pumps for General Refinery Services
- Standard 617 - Centrifugal Compressors for General Refinery Services
  
- ASTM Materials Specifications
  
- USASI Standards
  - B16 Pipe Flanges and Fittings
  - B31 Pressure Piping
  - B36 Iron and Steel Pipe

2.1.5 Calentadores y Hornos

- API Bulletin RP - 530 Recommend Practice for Calculation of Heaters tube thickness in Petroleum Refineries
- Standard 630 - Tube and Header Dimensions for Fired Heaters for Refinery Services
- American Insurance Assn. Code for Installation of Heat Producing Appliances
  
- ASME Boiler and Pressure Vessel Code
  - I Power Boilers
  - II Material Specifications
  - VIII Unfired Pressure Vessels
    - Division I
    - Division II
  - IX Welding Qualifications
  
- ASTM Materials Specifications
  
- AWS Specifications
  
- FIA Heat Transfer Mediums in Closed Systems

NFPA Standards

- No. 31 Oil Burning Equipment
- No. 85 Fuel and Natural Gas Fired Water Tube  
Boiler Furnaces
- No. 85B Furnace Explosions in Natural - Gas - Fired  
Public - Utility Boiler Furnaces
- No. 86A Ovens and Furnaces
- No. 86BT Furnaces

USASI Standards

- B16 Pipe Flanges and Fittings
- B31 Pressure Piping

2.1.6 Intercambiadores de Calor

AICHE Equipment Testing Procedures Heat Exchanges (Sections  
1 and 2)

API Standard 630 - Tube and Header Dimensions for Fired  
Heaters for Refinery Services  
Standard 640 - Tube Dimensions for Heat Exchangers  
RP - 530 - Recommended Practice for Calculation of  
Heater - Tube Thickness in Petroleum Refi-  
neries

Standard 660 - Heat Exchangers for General Refinery  
Services

ASME Boiler and Pressure Vessel Code

- I Power Boilers
- II Material Specifications
- VIII Unfired Pressure Vessels  
Division I  
Division II
- IX Welding Qualifications

ASTM Materials Specifications

AWS Specifications

HFI Standards

TEMA Standards

Clase B (Servicios de procesos químicos)

Clase C (Aplicaciones de proceso en general, requerimientos moderados)

Clase R (Generalmente se requiere en procesos que se relacionan con el petroleo en servicios rigurosos)

2.1.7 Equipo Eléctrico

AIEE Standard

API Recommended Practice

RP - 500A - Classification of Areas for Electrical Installations in Petroleum Refineries

RP - 3003 - Protection Against Ignitions Arising out of Static, Lightning and Stray Currents

MCA Recommended Safe Practices and Procedures

SG - 19 Electrical Equipment in Hazardous Areas

NFPA Standards

No. 70 National Electrical Code

No. 75 Electronic Computer Systems

No. 77 Static Electricity

UL Electric Construction Materials List

Hazardous Equipment Location List

Electric Appliance and Utilization Equipment List

USASI Standards

2.1.8 Instrumentación

API Bulletin RP 550 - Manual on Installation of Refinery  
Instruments and Control Systems

1. Process Instrumentation and Control
2. Process Stream Analyzers

ASME Boiler and Pressure Vessel Code Sec. VIII - Unfired  
Pressure Vessels

ISA Recommended Practices

RP 5.1 Instrument Flow Plan Symbols

RP 12.1 Instrument Purging for Reduction of Hazardous  
Area Classifications

RP 12.4 Electrical Instruments in Hazardous Atmospheres

RP 16.1 - 2 - 3 Terminology. Dimensions and Safety  
Practices for Indication Glass Metal and Ex-  
tension - Type, Glass - Tube Variable Area  
Meters (Rotameters)

NFPA Standards

No. 70 Electrical Code

No. 75 Electronic Computer Systems

No. 493-T Intrinsically Safe Process Control Equip-  
ment for Use in Hazardous Locations

USASI Standard C39 Electrical Measuring Instruments

2.1.9 Tubería

API Specification 51 Line Pipe Bulletin RP-520-Recommended  
Practice for the Design and Installations of Pressure  
Relieving Systems in Refineries

NFPA Standards

- No. 30 Flammable and Combustible Liquids Code
- No. 36 Solvent Extraction

USASI Standards

- B16 Pipe Flanges and Fittings
- B31 Pressure Piping
- B36 Iron and Steel Pipe

ANSI Standards

- B31.1.0 Power Piping with addenda, Ob and Oc
- B31.2 Fuel Gas Piping
- B31.3 Petroleum Refinery Piping
- B31.4 Liquid Petroleum Transportation Piping
- B31.5 Refrigeration Piping
- B31.7 Nuclear Power Piping
- B31.8 Gas Transmission and Distribution Piping Systems
- B36.10 Wrought - Steel and Wrought Iron Pipe
- B36.19 Stainless Steel Pipe

2.1.10 Bidas y Accesorios

ANSI Standards

- B16.5 Steel Pipe Flanges and Flanged Fittings
- B16.11 Forged Steel Fittings Socket - Welding and Threaded
- B16.25 Butt Welding Ends for Pipe, Valves, Flanges, and Fittings
- B16.9 Wrought Steel Butt Welding Fittings
- B16.20 Ring - Joint Gaskets and Grooves for Steel Pipe Flanges
- B16.14 Ferrous Pipe Plugs, Bushings and Locknuts with Pipe Threads

2.1.11 Soldadura

AWS Standard  
Definitions - Welding and Cutting A3.0 - 61 Standard  
Methods for Mechanical Testing of Welds 4A.0 - 42

2.1.12 Equipo de proceso

API Bulletin RP - 510 - Recommended Practice for Inspection and Rating of Unfired Pressure Vessels in Service in Petroleum Refineries

ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Sections II, VIII and IX

ASTM Specifications

NEPA Standards

No. 30 Flammable and Combustible Liquids Code

No. 58 Liquefied Petroleum Gases, Storage and Handling

No. 214 Water Cooling Towers

No. 802 Nuclear Reactors

USASI Standards

2.1.13 Turbinas

API Standard 615 - Mechanical Drive Steam Turbines for General Refinery Services

ASTM Material Specifications

IEC Standards Publications

SM 12 Direct Connected Steam Turbine Synchronous Generator Unit Air Cooled

SM 20 Mechanical Drive Steam Turbines



2.1.14 Equipo para Operaciones Unitarias

AICHE Equipment Testing Procedures  
Solids Mixing Equipment  
Mixing Equipment (Impeller Type)  
Plate Distillation Columns  
Packed Absorption and Distillation Columns  
Paste and Dough Mixers  
Dryers

2.1.15 Equipo de seguridad y protección contra incendio

API Bulletin RP - 2001 Fire Protection in Refineries

NFPA National Fire Codes  
Vol. VI Sprinklers, Fire Pumps and Water Tanks  
Vol. VII Alarm and Special Extinguishing Systems  
Vol. VIII Portable and Manual Fire Control Equipment

USASI Standards for Safety

2.2 Descripción del código "ASME"

Como en la República Mexicana se emplea el código ASME para el diseño y construcción de equipo y del cual a continuación se da la descripción.

El código ASME consta de una serie de libros y secciones.

SECCION I "Power Boilers" Calderas de potencia

SECCION II "Materials Specifications" Especificaciones de materiales

Parte A "Ferrous Materials" materiales ferrosos

Parte B "Non Ferrous Materials" materiales no ferrosos

Parte C "Welding Rods, Electrods and Filler Metals" Varillas para soldadura, electrodos y materiales de aporte o relleno

SECCION III	División I "Nuclear Power Plants Components" Componentes para centrales nucleares de potencia
	División II "Concrete Reactor Vessel Containments" Recipientes de concreto para alojamiento de reactores
SECCION IV	"Heating Boilers" Calderas para calefacción
SECCION V	"Non Destructive Examinations" Pruebas no destructivas
SECCION VI	"Recommended Rules for care and Operation of Heating Boilers" Reglas recomendadas para cuidado y operación de calderas para calefacción
SECCION VII	"Recommended Rules for care of power Boilers" Reglas recomendadas para el cuidado de calderas de potencia
SECCION VIII	División I "Pressure Vessels" Recipientes a presión División II "Pressure Vessels Alternative Rules" Reglas alternativas para recipientes a presión
SECCION IX	"Welding and Brazing Qualifications" Calificaciones para soldaduras
SECCION X	"Fiberglass - Reinforced Plastic Pressure Vessels" Recipientes de plástico reforzado con fibra de vidrio
SECCION XI	"Rules for Inservice Inspection of Nuclear Power Plant Comp." Reglas para inspeccionar en servicio componentes de plantas nucleares de potencia

### 2.3 Otros Códigos

Además de los anteriores, existen otros códigos para el diseño y construcción de equipo, algunos de éstos son:

Código Canadiense "Canadian Standards"

B51 - 1965 Code for Construction and Inspection of Boilers and Pressure Vessels

Código Inglés "British Standard"

1500 Fusion Welded Pressure Vessels for use in the Chemical  
Petroleum and allied Industries.

Part 1        1958   Carbon and Alloy Steels

Part 3        1965   Aluminium

1515 Fusion Welded Pressure Vessels (Advanced design and  
construction) for use in the Chemical, Petroleum and allied  
Industries.

Código Holandés

Código Alemán

Código Italiano

Código Suizo

Código Japonés

Código Internacional "ISO"   Publicado por the International  
Standarization Organization

**NOTA:** Estos códigos se mencionan debido a la importancia  
que tienen y corresponden a las referencias biblio-  
gráficas presentadas en este trabajo.

#### 2.4    Especificación de materiales

En el diseño de equipo para proceso es muy importante que el  
ingeniero dedicado al diseño sepa especificar y escoger los  
materiales adecuados de construcción para equipos y accesorios  
para que éstos puedan operar con amplios márgenes de seguridad  
y a la vez tengan un funcionamiento adecuado.

Los materiales de construcción de dichos equipos se especifican en función de las "presiones y temperaturas" a las cuales estarán sometidos durante el tiempo en el cual estén en operación.

La corrosividad del fluido y el grado permisible de corrosión en un período determinado de tiempo, son también importantes al seleccionar el material.

#### 2.4.1 Temperatura

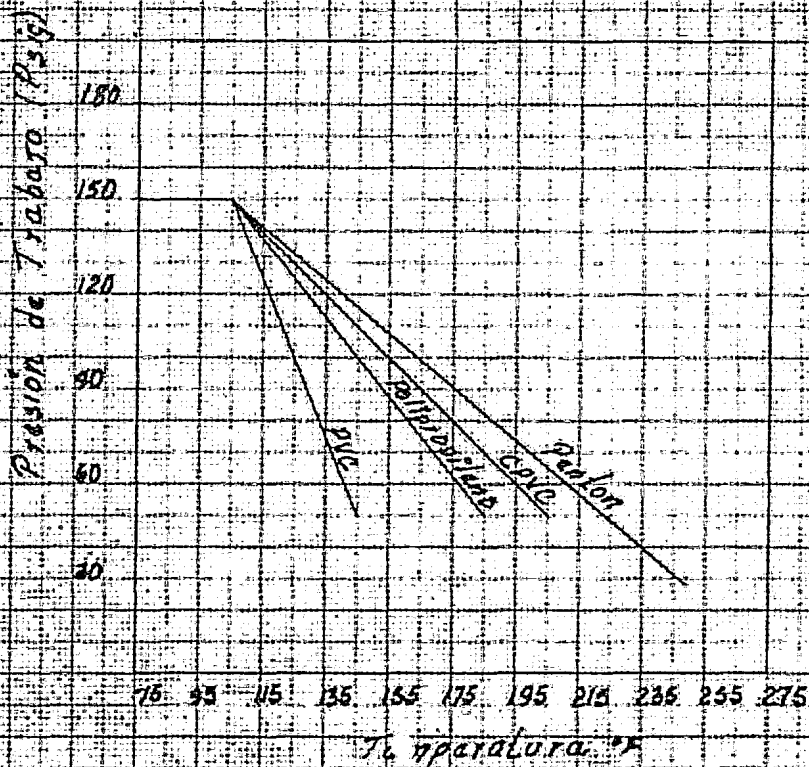
Al seleccionar el material es muy importante tener presente el factor temperatura, ya que la resistencia a la tensión de todos los materiales y sus aleaciones disminuyen al aumentar la misma y no hay que olvidar que en todos los casos, para cada material, existe una temperatura máxima y una temperatura mínima que son críticas y que al rebasarlas, la resistencia a la tensión y fundamentalmente la resistencia al impacto, disminuyen en forma muy pronunciada.

A continuación se muestran gráficas de operación temperatura - presión.

- A) Para materiales plásticos
- B) Para materiales ferrosos

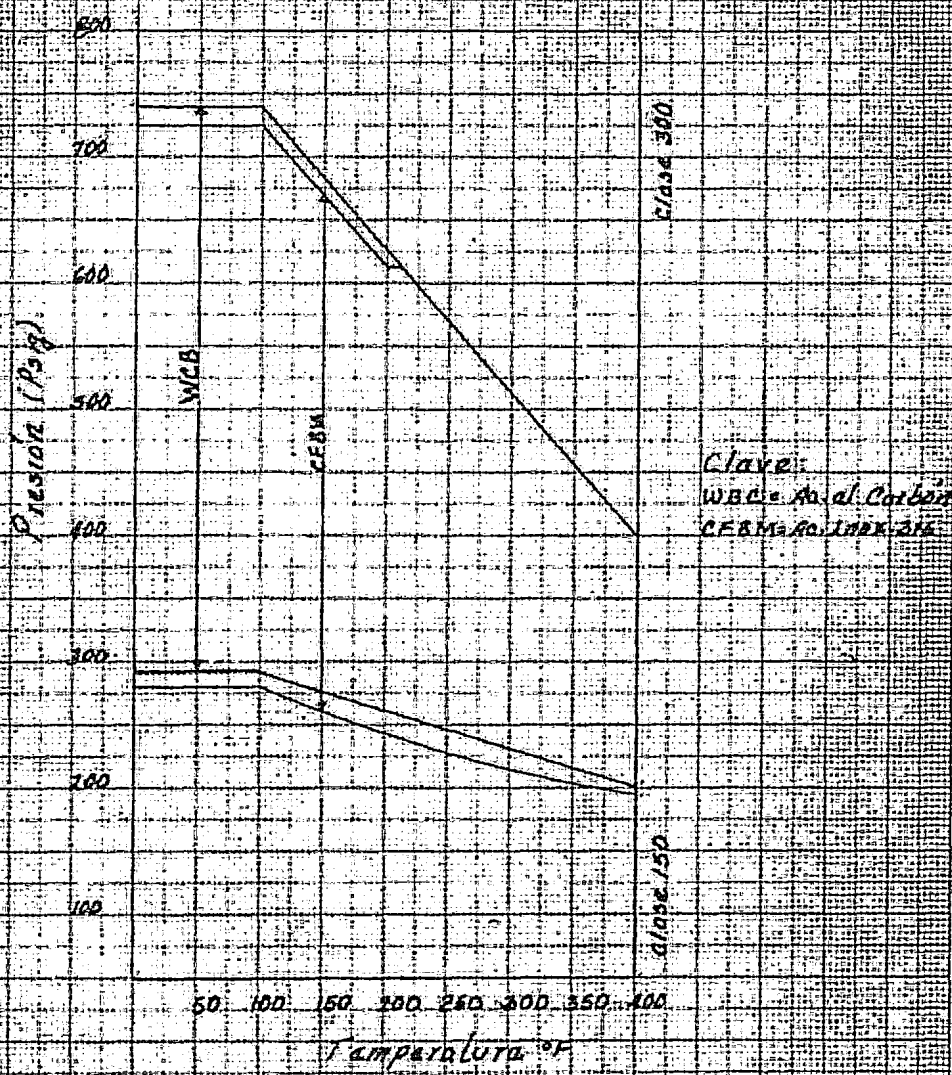
Se puede observar como al aumentar la temperatura de operación la presión máxima que puede soportar el material se ve sumamente disminuída, por ejemplo para el PVC su máxima temperatura de operación son 145° F y la máxima presión de operación bajo estas condiciones es de 50 psi, mientras que para el mismo material si la temperatura de operación fuera de 105° F, podría soportar una presión de operación de 150 psi.

Gráfica 1



Los Materiales son de acuerdo al ASTM Standards  
ASTM D-1784

Gráfica 2



Clave:  
WCB = Ac. al Carbon  
CE8M = Ac. INOX 316

#### 2.4.2 Esfuerzos por presión

Los materiales sujetos a esfuerzos debidos a presiones deberán ajustarse a algunas de las especificaciones dadas en el código ASME, y limitarse a las especificaciones que se dan a continuación:

Exceptuando lo permitido en el párrafo:

El fierro fundido no será usado en toberas o bridas unidas directamente a calderas de cualquier presión o temperatura, fierro fundido como se designa en la especificación SA - 278 fundiciones de fierro gris para partes sujetas a presión en calderas y sobrecalentadores, tales como accesorios de tubería, columnas de nivel, válvulas y sus cubiertas, para presiones hasta de 17.5 Kg/cm<sup>2</sup> (250 psi) siempre que la temperatura no exceda de 232.2°C (450°F) excepto para las conexiones de purga de fondo.

Fierro maleable y fierro nodular fundido. Fierro maleable como se designa en la especificación SA-47 y fierro nodular fundido como se designa en la especificación SA-395 pueden usarse para conexiones sujetas a presión en calderas y sobrecalentadores, tales como accesorios de tubería, columnas de nivel y válvulas y sus cubiertas para presiones que no excedan de 24.5 Kg/cm<sup>2</sup> (350 psi) siempre que la temperatura no exceda de 232.2°C (450°F) excepto para las conexiones de purga de fondo.

No ferrosos. Fundiciones de latón y bronce se sujetarán a las especificaciones SB - 61 y SB - 62 y podrán ser usados únicamente para lo siguiente:

Para bridas y accesorios bridados o roscados que cumplan con los requisitos de presión y temperatura de USAS B16.5 o B16.24 excepto que dichos accesorios no deberán usarse donde específicamente se requiera acero u otro material y en las líneas entre la caldera y las válvulas de purga de fondo.

No deberán usarse accesorios roscados donde se especifique del tipo bridado.

Para válvulas cuyos valores de esfuerzo permisible no excedan aquellos dados en las tablas PG - 23.1 a la PG - 23.5 del código ASME Secc. I con temperaturas máximas permisibles de 207.8°C (450°F)

Para partes de válvulas de seguridad o de válvulas de seguridad y alivio sujetas a las siguientes limitaciones.

Todas las válvulas de seguridad o de alivio y seguridad deberán estar construídas de manera que la falla de cualquiera de sus partes no pueda obstruir la descarga completa y libre de vapor y agua de la válvula. Las válvulas de seguridad serán del tipo de disparo con carga directa en el resorte, con el a sientto inclinado a cualquier ángulo entre 45 y 90° inclusive contra la línea de centros del vástago.

El coeficiente de descarga de válvulas de seguridad deberá ser determinado por medidas de flujo de vapor real a una presión no mayor del 3% arriba de la presión a la cual la válvula esté calibrada para disparar y cuando el alivio de presión sea ajustado.

#### 2.4.3 Presión máxima permisible de trabajo

Cuando la presión máxima permisible de trabajo exceda el valor de 11.2 Kg/cm<sup>2</sup> (160 psi), las tuberías interconectantes entre domos de vapor y entre domos de agua, de calderas acuotubulares, cabezales colectores, interconectantes y, toda parte a presión de la caldera propiamente dicha, deberá estar fabi cada de alguno de los aceros forjados o fundidos indicados en la tabla PG - 23.2



Las diversas clases de fierro fundido podrán usarse solamente para aquellas partes indicadas en el párrafo relacionado con las fundiciones. Las tuberías de acero empleadas en calderas hasta la válvula o válvulas requeridas en todas las salidas, incluyendo líneas de vapor de alimentación, de purga y drenajes, deberán sujetarse a alguna de las especificaciones para tubo de acero o tubo "flus" de acero indicados en la tabla PG - 23.1 tubo o tubo "flus" de material no ferroso, que no excedan de 76.2 mm. de diámetro (3") pueden usarse para los servicios anotados en el párrafo anterior. También deberán sujetarse a una de las especificaciones que posteriormente se darán, cuyos valores de esfuerzo máximo permisible están dados en la tabla PG - 23.1

Para diámetros mayores de 76.2 (3") solamente deberá usarse tubo de acero o tubo "flus" que se apegue a alguna de las especificaciones aplicables indicadas en la tabla PG - 23.1

#### 2.4.4 Placas

Las placas de acero para cualquier parte de la caldera sujeta a presión y expuesta al fuego o productos de combustión debe ser de calidad caldera, de acuerdo con las siguientes especificaciones.

SA - 202 Especificaciones para placas de acero de aleación al cromo manganeso - silicio (CMS) para calderas y otros recipientes a presión.

SA - 203 Especificaciones de placas acero - níquel, para calderas y otros recipientes a presión.

SA - 204 Especificaciones de placas de acero - molibdeno para calderas y otros recipientes a presión.

SA - 225 Especificaciones de placa de acero aleación manga

- neso - vanadio, para calderas y otros recipientes a presión.
- SA - 285 Especificaciones de placas de acero al carbón para esfuerzos a la tensión bajos en intermedios de calidad brida y calidad caldera.
- SA - 299 Especificaciones de placa de acero, aleación carbón - manganeso - silicio, para altos esfuerzos a la tensión, para calderas y otros recipientes a presión.
- SA - 302 Especificación de placas de acero, aleación manganeso - molibdeno para usarse en calderas y otros recipientes a presión.
- SA - 352 Placas de acero con 5% de cromo y 5% molibdeno.
- SA - 387 Especificaciones de placas de acero, aleación cromo - molibdeno para usarse en calderas y otros recipientes a presión.
- SA - 442 Placas de acero al carbón con propiedades de transición mejoradas
- SA - 515 Especificaciones para placas de acero al carbón de esfuerzo a la tensión intermedio para calderas soldadas a fusión y otros recipientes a presión para temperaturas de servicio altas a intermedias.
- SA - 516 Especificaciones para placas de acero al carbón de esfuerzo a la tensión intermedia para recipientes a presión soldados a fusión para bajas temperaturas de servicio y condiciones atmosféricas. La placa de acero para cualquier parte de una caldera, recipiente sujeto a presión y no expuesto a fuego o productos de combustión deberá ser de las

calidades brida o caldera (SA - 285).

2.4.5 Especificaciones para partes de caldera y recipientes a presión expuestos a fuego directo.

- SA - 53 Tubería de acero soldado o sin costura
- SA - 105 Bridas de tubería de acero forjado o rolado, conexiones forjadas y válvulas y partes para servicio de alta temperatura.
- SA - 106 Tubería sin costura de acero al carbón para servicio de alta temperatura.
- SA - 135 Tubería de acero soldada por resistencia eléctrica
- SA - 178 Tubería "flus" para calderas de acero al carbón soldado por resistencia eléctrica.
- SA - 181 Bridas de tuberías de acero forjado o rolado para servicio general
- SA - 182 Bridas de tubería de acero de aleación forjado o rolado, conexiones forjadas y válvulas y partes para servicio a alta temperatura.
- SA - 192 Tubería "flus" de acero sin costura para caldera para servicio de alta presión.
- SA - 209 Tubería "flus" sin costura de acero al carbón molibdeno para caldera y sobrecalentadores
- SA - 210 Tubo "flus" sin costura de acero al carbón para calderas y sobrecalentadores.
- SA - 213 Tubo "flus" sin costura de acero, de aleación para calderas y sobrecalentadores.

- SA - 216 Fundiciones de acero al carbón adecuadas para soldadura a fusión para servicios de alta temperatura.
- SA - 217 Fundiciones de acero de aleación para partes sujetas a presión adecuadas para servicio a alta temperatura.
- SA - 226 Tubo "flus" de acero al carbón, soldados por resistencia eléctrica para servicio de alta presión en calderas y sobrecalentadores.
- SA - 226 Forjas de domos, sin costura de acero al carbón
- SA - 336 Forjas de domos, sin costura, de acero de aleación  
También las partes de sobrecalentadores deberán ser de cualquiera de las especificaciones antes escritas o de las especificaciones que a continuación se dan:
- SA - 182 Bridas de tubería de acero de aleación forjado o rolado conexiones forjadas y válvulas y partes para servicios de alta temperatura.
- SA - 213 Tubo "flus" sin costura de acero de aleación para calderas y sobrecalentadores.
- SA - 249 Tubo "flus" soldado de acero inoxidable austenítico para calderas y sobrecalentadores.
- SA - 250 Tubo "flus" soldado con resistencia eléctrica de aleación de acero molibdeno para calderas y sobrecalentadores.
- SA - 268 Tubo 'flus' sin costura y soldado de acero inoxidable ferrítico para servicios generales
- SA - 312 Tubo sin costura y soldado de acero inoxidable auténtico
- SA - 335 Tubo sin costura de aleación de acero ferrítico para servicio de alta temperatura.

- SA - 336 Forja para domo de acero de aleación
- SA - 351 Fundiciones de acero ferrítico y austenítico para servicio de alta temperatura.
- SA - 369 Tubo de acero de aleación ferrítico forjado y barrenado para servicio de alta temperatura.
- SA - 376 Tubo sin costura de acero austenítico para servicio de alta temperatura en centrales eléctricas.
- SA - 423 Tubo "flus" sin costura y soldados eléctricamente de baja aleación de acero.
- SA - 430 Tubo de acero austenítico forjado y barrenado para servicio de alta temperatura.

Para tener seguridad en el diseño de la caldera y sobrecalentadores hay que tener en cuenta que no se deberán usar para la tubería de la purga, tubos y accesorios de fierro maleable galvanizado y acero galvanizado, el espesor de esta tubería no deberá ser menor de Ced. 80 para presiones menores de 7 Kg. / cm<sup>2</sup> (100 psi).

Para tubería o tuberías "flus" sin costura de material no ferroso, deberá llenar las especificaciones:

- SA - 42 Tubería de cobre
- SA - 43 Tubería de bronce

Los espesores de esta tubería no deberán ser menores que los especificados para Ced. 40

Tubos o tubos "flus" de material no ferroso, no deberán ser usados para tubería de purga de fondo o de cualquier otro servicio donde la temperatura exceda de 207.7° C (406°F)

#### 2.4.6 Especificaciones de equipo de proceso

Las anteriores especificaciones de materiales son solo para tubería y placas, pero para especificar materiales para equipos de proceso se deberá recurrir al ASTM Standards.

Part 1. Steel Piping Materials, "92 Standards"

Part 3. Steel Strip, Bar, Rod, Wire, Chaing and Spring, Wrought, Iron Bar and Sheet, Metallic Coated Products; "140 Standards"

Part 4. Structural Steel, Concrete Reinforcing Steel, Boi-  
ler and Vessel Plate, Steel Rails, Wheels and Ti-  
res Bearings Steel, Steel Forgings, Ferrous Filler  
Metal, Ferro - Alloys; "162 Standards"

#### 2.5 Procedimientos de prueba

Estas pruebas se deberán aplicar a todos los equipos de proceso que operen bajo presión antes de ser instalados para estar seguros que los materiales de construcción serán capaces de soportar las más severas condiciones de operación no previstas.

##### Determinación de pruebas

Existen tres tipos de pruebas básicas para recipientes, éstas son:

Prueba hidrostática

Prueba neumática

Prueba para determinar la presión máxima de operación

##### 2.5.1 Prueba hidrostática

La prueba hidrostática es la más usual y se emplea como prueba de taller al finalizar la construcción de algún recipiente y antes de embarcarse a su destino.

Esta prueba es muy usual también en tanques construídos en campo, ya que se requiere únicamente suficiente líquido para llenar el recipiente y una pequeña bomba.

**Definición:** La presión de prueba hidrostática es la presión a la que se somete un recipiente para detectar fallas y deberá ser 1.5 veces mayor que la presión de diseño de cada elemento del recipiente, restándole la columna hidrostática.

### 2.5.2 Prueba Neumática

La prueba neumática sustituye a la anterior y generalmente se emplea para probar recipientes en campo, que por su montaje no pueden contener ningún líquido, o bien, para probar recipientes previamente secos y que no admiten humedad en su interior. Esta prueba requiere un equipo compresor adecuado para manejar el gas o aire empleado en esta operación o se puede efectuar con el mismo resultado disponiendo del volumen adecuado de gas previamente comprimido para llenar el recipiente y elevar la presión en él al valor deseado.

**Definición:** La presión de prueba neumática es la presión a la cual se somete un recipiente (el cual no admite la prueba hidrostática) con el propósito de detectar fallas en su construcción.

$$Ppn = 1.25 \quad (Stp / Std) \quad Pomp$$

Donde:

Ppn = Presión de prueba neumática

Stp = Esfuerzo máximo permisible a la temperatura de prueba

Std = Esfuerzo máximo permisible a la temperatura de diseño

Pomp = Presión de operación máxima permisible

### 2.5.3 Prueba de presión máxima de operación

La prueba para determinar la presión máxima de operación se emplea cuando se conoce exclusivamente la presión de operación pero se desconocen las características de diseño del recipiente y se aplica para comprobar si dicho recipiente puede operar bajo las condiciones de presión conocidas. La otra aplicación de esta prueba es para determinar la máxima presión a que puede operar un recipiente del cual se desconocen sus características de diseño y/o construcción.



**3. AREAS DE RIESGO EN FUNCION DE LOS MATERIALES**

**PROCESADOS**

### 3.1 Factores de riesgo

Los factores de riesgo que deben ser tomados en cuenta en el diseño de cualquier planta de proceso a continuación son listados.

Ubicación de la Planta

Lay Out

Edificios

Materiales de Construcción

Tipos de Proceso

Manejo de Materiales

Fallas en el Equipo

Fallas en la Operación

Programas de Prevención

### 3.2 Riesgos

Los riesgos que hay que considerar en el diseño de la planta de proceso pueden agruparse en forma aproximada en tres categorías principales.

Incendios

Explosiones

Mecánicos

La mayoría de los procesos químicos son parcialmente peligrosos porque en ellos se producen materiales inflamables y explosivos.

El diseño del equipo para estas plantas deben dictarlo las características de los materiales que se van a procesar, para ello hay que hacer una investigación cuidadosa de las características de los materiales que se van a procesar; así como de algunos que son fundamentales en el desarrollo del proyecto, y todos estos agrupándolos nos dan como resultado la identificación de los riesgos que a continuación se dan:

### 3.3 Identificación de riesgos

3.3.1 Inflamabilidad.- La base de una explosión potencial de líquidos y gases es indicada por las propiedades del material incluyendo, puntos de ebullición, punto de inflamación, temperaturas de ignición, límites de inflamabilidad, calores de combustión y la velocidad de propagación de la flama.

Los indicadores básicos para los combustibles en polvo son; temperatura de ignición, tamaño de partícula, superficie del área, límites bajos de explosión elevación de los rangos de presión y la máxima - presión desarrollada.

Estos indicadores, además un estudio de las temperaturas de operación, arreglos y volúmenes involucrados en el proceso, revelarán los riesgos potenciales y permitirán su evaluación.

Todos los materiales en la unidad de proceso deben ser considerados incluyendo: aceites lubricantes, fluidos hidráulicos, fluidos de - transferencia de calor y otros tales como los que no son del proceso.

3.3.2 Reactividad.- Algunos de los factores que están indicando peligros - potenciales de reactividad son: calores de reacción, temperaturas o presiones iniciales, temperaturas y presiones de operación, rangos - de la reacción, tipos de reacción, volúmenes en la reacción, diluyentes y la concentración de los reactivos. Los análisis y tratamientos de los riesgos de la reactividad son problemas particulares y complejos. Los datos deberán estar disponibles y sobre todo los de los materiales presentes en la unidad de proceso incluyendo aquellos fluidos que no son propiamente del proceso tales como: aceites lubricantes, fluidos hidráulicos, fluidos de transferencia de calor, soluciones de limpieza, materiales de empaque, agua y aire. Todos los procesos requieren una atención individual.

El factor primario en la evaluación de peligros de la reactividad es el "Calor de Reacción". Las reacciones exotérmicas son mas peligrosas porque existe el peligro de un descontrol y ocurrir un elevado - desprendimiento de calor. Los diluyentes reducen el peligro, ya que éstos absorben el calor y se reduce el peligro de un descontrol de - la reacción.

3.3.3 Sensibilidad térmica y al impacto.- La sensibilidad térmica y al impacto están indicados por la estabilidad de los materiales bajo impacto y bajo cambios de presión y temperatura, y el peligro está relacionado con la energía termoquímica del sistema. Pequeñas cantidades de impurezas pueden a veces cambiar la estabilidad del sistema. Es necesario hacer un estudio de las temperaturas y presiones de ope

ración y de los métodos de transporte de los materiales para evaluar los peligros potenciales.

- 3.3.4 Corrosión.- Los factores de peligro en la corrosión incluyen: materiales de construcción, rangos de corrosión, temperatura, composición y tipo de corrosión. Puesto que las pruebas de laboratorio pueden variar mucho debido a las trazas de impurezas y otros factores, los datos de corrosión de las unidades en operación deberán ser obtenidos y utilizados siempre que sea posible. La selección adecuada de los materiales de construcción es en gran medida una función económica basada en los datos de corrosión.
- 3.3.5 Control.- Los factores involucrados incluyen: el accionamiento del controlador (aire para abrir o cerrar, etc.); señales por las cuales actúan los controles (aire, electricidad, etc.); tiempo de respuesta rango de operación y respuesta. Aún cuando los instrumentos y controles son generalmente considerados como dispositivos de seguridad, los peligros que involucra una falla y su aplicación se deberán de considerar.
- 3.3.6 Toxicidad.- Algunos de los factores que indican la toxicidad son: la consideración de los límites alto y bajo, dosificación letal mínima, efectos crónicos y agudos, vía de absorción y métodos de detección y tratamientos. El único camino para prever estos peligros es prevenirse contra la exposición.
- 3.3.7 Diseño mecánico.- Un estudio detallado de todos los equipos que tendrán movimiento o cargas repentinas parte de éstos se revelarán como peligros mecánicos. Tanto la operación como el mantenimiento deberán ser considerados.
- 3.3.8 Electricidad.- En las plantas químicas el peligro primario es la capacidad de ignición de los materiales. Los peligros asociados con la electricidad son los equipos de potencia tales como: motores, arrancadores, switches, reductores, etc.
- 3.3.9 Lay Out y condiciones del sitio.- Aquellos factores que inducen los peligros incluyen: dirección de los vientos dominantes, drenaje, clima, accesos, suministro de agua y otros fenómenos. El desarrollo se-

guro de un Lay Out de una unidad de proceso requiere que todos estos peligros potenciales sean considerados claramente en las condiciones actuales del sitio, esto es extremadamente importante para la seguridad prevención de riesgos.

Estos tres últimos riesgos serán desarrollados detalladamente al final del capítulo.

#### 3.4 Determinación del factor del material.

El punto de partida para el cálculo del "índice de fuego y explosión" es el factor del material (F.M.), el cuál es una medida de las propiedades del fuego y explosión de muchos materiales peligrosos presentes en cantidades significantes, sea que fuere, materia prima intermedia, producto o solvente. Para un material que pueda estar presente en cantidades significantes, esta cantidad puede ser de tal magnitud que el peligro representado por el material actualmente existe.

Por ejemplo en varios procesos un catalizador concentrado es el material más peligroso en un área determinada. Ahora el catalizador fué diluido en otra área y está presente en cantidades pequeñas que el peligro extremo no es real. En consecuencia el catalizador concentrado no deberá ser la base del Factor del Material (F.M.).

El F.M. es una medida de la susceptibilidad de un material o una mezcla de materiales a la combustión y/o explosión.

Es un número que va del 1 al 20 en el cual los números mayores indican la alta susceptibilidad al fuego y/o explosión. El F.M. no incluye otras propiedades peligrosas tales como: polimerización espontánea, calentamientos espontáneos del material. Estas propiedades son consideradas cuando se calcula el índice de fuego y explosión (I.F.E).

EL F.M. será determinado y será propio del material o mezclas de materiales, dentro de una apropiada categoría en la siguiente lista.

El F.M. deberá ser determinado para cada unidad de una planta química, cuando una cantidad es definida por la separación física y/o por el tipo de proceso involucrado. Cuando varios materiales peligrosos estén presente, un alto F.M. deberá ser usado en los cálculos subsecuentes.

Las condiciones físicas como: concentración, temperatura, presión y otras propiedades químicas, usadas actualmente así como en el proceso, deberán ser consideradas al fijar el F.M. la dilución de un material con un solvente inerte permitirá una reducción de el F.M. aún cuando el punto de inflamación no sea reelevado. Por ejemplo Dowfume tiene un punto de inflamación de 10°F; pero es 80% CCl<sub>4</sub> y 20% CS<sub>2</sub> en estos términos el F.M. es de 10, describe suficientemente el peligro (F.M. de CCl<sub>4</sub>=1 ; F.M. de CS<sub>2</sub>=20).

Se deberá tomar nota del material más peligroso y más concentrado durante el proceso.

El efecto sobre el escalamiento de la reactividad en el dimensionamiento deberá ser siempre reorganizado como el incremento de un peligro potencial en la naturaleza del material. Un ejemplo es el procesamiento del acetileno, el cual está sujeto a explosión por descomposición, así como a las explosiones y detonaciones. El peligro de detonación depende del diámetro y longitud del recipiente o tubería. Un gran diámetro y longitud son requeridos para una mínima detonación.

Este fenómeno también se aplica a todos los combustibles, gases y vapores.

El punto de inflamación usado en esta tabla, es definido en el National Fire Protection Assn's en combustibles líquidos e inflamables código NFPA No. 30.

Los puntos de inflamabilidad menores de 175°F son de venteo cerrado y arriba de 175°F son de venteo abierto. La temperatura de ignición de una sustancia es la mínima temperatura requerida para iniciar o causar una autocombustión independientemente del calentamiento o elemento de calentamiento.

### 3.5 Categorías del material.

#### 3.5.1 Sólidos, líquidos o gases no combustibles.

Aquellos materiales que no están sujetos al encendido, combustión y aquellos que no son oxidantes.

El Factor del Material es 1.

Ejemplos: Agua, Tetracloruro de Carbono, Arena, Nitrógeno, Helio.

#### 3.5.2 Combustibles Sólidos.

- A. Es posible que los materiales se incendien debido a que están en masa, pero no se considera un incendio de mayor riesgo ya que puede ser apagado solamente con agua.

El Factor del Material es 2.

Ejemplos: Magnesio en lingotes o extruido y productos rolados.

- B. Sólidos con características de incendio y quemaduras similares a los combustibles de la clase A.

El Factor del Material es 3.

Ejemplos: Madera, Azúcar, Granos, Papel y Polietileno (cuando no hay polvos peligrosos).

- C. Sólidos con características de incendio y quemaduras; similares a líquidos con alto punto de inflamabilidad.

El Factor del Material es 5 (10 si es usado arriba del punto de inflamabilidad, 7.5 si es usado a temperaturas mayores del 80% del punto de inflamabilidad).

Ejemplos: Hule, Alcanfor, Resinas, Acido Adíptico.

- D. Sólidos que son facilmente inflamables o aquellos que son susceptibles a la autoignición o aquellos que se incendian rápidamente pero pueden ser apagados con agua.

El Factor del Material es 10.

Ejemplos: Nitrocelulosa, Hidrosulfuro de Sodio.

- E. Aquellos Sólidos que están finamente divididos de modo que es posible la formación de polvos y son susceptibles al incendio y explosión.

El Factor del Material es 10.

Ejemplos: Almidón, Azufre, Magnesio en polvo, Polietileno, Polvo de Madera seca (aserrín).

- F. Aquellos Sólidos que son susceptibles a la autoignición y se queman rápidamente y no pueden ser apagados con agua y la reacción con el agua produce vapores explosivos e inflamables y rápidamente se descomponen y producen explosiones o incendios. (Sprinklers con agua no podrán ser instalados donde el agua no pueda entrar en contacto con materiales sensitivos al agua)

El factor del material es 16.

Ejemplos: Sodio, Litio, Carburo de Calcio, Isopropil Percarbonato.

### 3.5.3 Combustibles líquidos.

- A. Líquidos con puntos de inflamabilidad hasta o arriba de 500°F.  
El Factor del Material es 3 (10 si es usado arriba del punto de inflamabilidad, 7.5 si es usado arriba del 80% del punto de inflamabilidad).  
Ejemplos: Tween 40, Tung Oil.
- B. Líquidos con puntos de inflamabilidad hasta o arriba de 104°F y abajo de 500°F.  
El Factor del Material es 5 (10 si es usado arriba del punto de inflamabilidad, 7.5 si es usado a temperaturas mayores del 80% del punto de inflamabilidad).  
Ejemplos: Etilen Glicol, Aceites Animales.
- C. Líquidos con puntos de inflamabilidad hasta o arriba del 73°F y abajo de 140°F.
- 1.- Completamente miscibles con agua.  
El Factor del Material es 7 (10.5 si es usado arriba del punto de inflamabilidad, 8.5 si es usado a temperaturas mayores del 80% del punto de inflamabilidad).  
Ejemplos: Acido Acético.
  - 2.- Todos los Otros.  
El Factor del Material es 10 (15 si es usado arriba del punto de inflamabilidad, 12 si es usado a temperaturas mayores del 80% de el punto de inflamabilidad).  
Ejemplos: Bromobenceno.
- D. Líquidos con puntos de inflamabilidad abajo de 73°F y puntos de ebullición hasta o arriba de 100°F.
- 1.- Completamente miscibles con agua el Factor del Material es 12.  
Ejemplos: Acetona, Alcohol Etilico.
  - 2.- Todos los Otros.



El Factor del Material es 15.

Ejemplos: Benceno, Acetato de Etilo.

- E. Líquidos con puntos de inflamabilidad abajo de 73°F y puntos de ebullición abajo de 100°F.

El Factor del Material es 18.

Ejemplos: Pentano, Etil Vinil Eter.

- F. Líquidos con temperaturas de autoignición abajo de 375°F incluyendo líquidos pirofosfóricos.

El Factor del Material es 20.

Ejemplos: Bisulfuro de Carbono, Triisobutil Aluminio.

#### 3.5.4 Gases combustibles y explosivos.

- A. Gases con bajo calor de combustión (HC) o alto abatimiento de los límites de explosión (L.E.L.).

El Factor del Material es 6.

Ejemplos: Amoníaco (HC=8000 Btu/Lb.L.E.L.=16% Vol. en Aire).

Bióxido de Carbono (HC=4345 Btu/Lb.L.E.L.=12.5% Vol. en Aire).

- B. Gases con alto calor de combustión (HC) o un amplio rango de explosión (ER).

El Factor del Material es 18.

Ejemplos: Hidrógeno (HC=51600 Btu/Lb.ER=4.1 a 74.2% Vol. en Aire)

Metano (HC=21500 Btu/Lb.ER=5.3 a 14% Vol. en Aire).

Cloruro de Vinilo (ER=4 a 22% Vol. en Aire).

- C. Gases que son inestables y están sujetos a explosión por descomposición.

El Factor del Material es 20.

Ejemplos: Acetileno arriba de 20 Lb/In<sup>2</sup>, de presión parcial.

#### 3.5.5 Materiales oxidantes.

Los materiales oxidantes en contacto con los materiales reductores pueden causar fuego o una explosión.

El Factor del Material es 16.

Ejemplos: Oxígeno, Cloro, Percloratos, Dióxido de Manganeso, Peróxido, Peroxidos Orgánicos, Agentes Nitrantes.

#### 3.5.6 Agentes explosivos y detonantes.

Los agentes explosivos y detonantes deben recibir atención especial

basados sobre las propiedades particulares del material y del proceso.

Recomendaciones detalladas deben ser obtenidas del fabricante o de una reconocida autoridad. Una mínima protección notable deberá ser usada para la seguridad y prevención de accidentes.

Esta categoría incluye materiales comunmente conocidos como explosivos tales como: dinamita, T.N.T. y nitroglicerina.

### 3.6 Determinación de riesgos por materiales especiales.

Otros compuestos del compuesto en cuestión que contribuyen en el F. M. al peligro total. Dicho segundo compuesto puede estar presente - en unión con el factor del material del compuesto y puede estar en cantidades significantes. Por ejemplo un catalizador puede no estar presente en cantidades suficientes en un área para modificar el factor del material pero éste puede estar presente en cantidades suficientes en el área para causar un calentamiento espontáneo y con el oxígeno causar un incendio o tener reactividad con el agua. Los factores de riesgo por materiales especiales deben ser aplicados enseñada.

De cualquier modo los factores descritos bajo factores de riesgo - por materiales especiales, no son aplicados si estubiesen considerados en la determinación del factor del material. Por ejemplo si el factor del material de un compuesto de oxígeno es considerado, el factor del material de la oxidación no deberá ser aplicado.

El factor C, sujeto a explosión por descomposición, y el factor D, sujeto a detonación son excepciones a esta regla. Por ejemplo el factor D deberá ser aplicado a los procesos de transporte de acetileno con una presión parcial mayor de 20 Lb/In<sup>2</sup>.

Sobre la otra ejecución cuando estos factores no fueron considerados en la determinación del factor del material deberán ser aplicados ahora. Por ejemplo el factor de compuestos de Butadieno se le deberá aplicar un factor adicional porque está sujeto a polimerización instantánea.

El Factor del Material es incrementado como se indica en la hoja de cálculo para cada uno de los materiales especialmente peligrosos, - donde es aplicable, los porcentajes se dan en la siguiente lista.

3.6.1 A. Materiales que reaccionan con el agua y producen un gas combustible. Agregar de 0 a 30%.

Aquellos materiales que en estado natural o a elevadas temperaturas en el momento de un incendio reaccionan con el agua para producir un gas combustible. Aún si tales materiales están presentes en cantidades tan pequeñas que aquellos resultados del fuego o el incremento en la intensidad del fuego es muy pequeño, deberán ser despreciables, el factor no deberá ser aplicado. Aún cuando hay contribución del material al incremento del fuego el factor aplicado se deberá incrementar en un 30% como un máximo. Este factor necesario no deberá ser aplicado a materiales que son así mismo inflamables, tanto como el gas involucrado. Ejemplos: Carburo de Calcio, Sodio, Titanio, Magnesio.

3.6.2 B. Materiales oxidantes.

Adicionar de 0 a 20% .

Aquellos materiales que liberen oxígeno bajo condiciones de fuego en cantidades suficientes que contribuyen a la intensidad del fuego. Si el material está presente en cantidades tan pequeñas que la contribución a la intensidad del fuego deberá ser despreciable, el factor necesitado no deberá ser aplicado.

Mientras que la cantidad del material se incrementa el factor se deberá incrementar en un 20% máximo.

Otro factor que deberá ser considerado en la selección del valor al porcentaje es el poder de oxidación de ciertos materiales incluyendo el efecto del medio ambiente sobre el poder de oxidación. Este factor no deberá ser aplicado junto con el factor C de abajo y no deberá ser necesario aplicarlo en el control de las reacciones de oxidación tales como las de oxidación de Tolueno a Acido Benzoico con aire o la cloración de hidrocarburos. Ejemplos: oxígeno, cloratos, nitratos, percloratos, peróxidos.

3.6.3 C. Materiales sujetos a explosión por descomposición.

Adicionar el 125% .

Materiales con un rango de descomposición bastante fuerte crean

una explosión con una sustancia ordinaria; esto de ordinaria solo es de palabra.

Este factor no deberá ser aplicado a materiales diluidos tales como (agua oxigenada) peróxido de hidrógeno e hipoclorito de Sodio, soluciones que tienen poca vida debido a su lenta descomposición pero la descomposición no causa explosión. Este factor no se deberá aplicar a aquellos materiales que requieren de la presencia de otro ingrediente se puede decir así para ser explosivos.

Ejemplos: Etileno a alta presión, peróxidos concentrados.

#### 3.6.4 D. Sujetos a detonación.

Adicionar el 150% .

Aquellos materiales que estan bajo proceso y/o equipo en estas condiciones constituyen un peligro de detonación o aquellos que dependen de la instrumentación manteniendo el material fuera del rango de detonación.

Ejemplos: Acetileno con una presión parcial arriba de 20 Lb/In<sup>2</sup>.

#### 3.6.5 E. Sujetos a polimerización instantánea.

Adicionar 50 a 75% .

Para materiales que estan bajo condiciones de almacenamiento ordinarias, cuando son sobrecalentados por fuego o contaminados pueden polimerizarse espontáneamente con una rápida evolución de calor adicionar el 75%. Si el material es inerentemente contaminado con un inhibidor de polimerización durante el proceso, adicionar solamente el 50% .

Ejemplos: Oxido de Etileno, Etilen amina, Butadieno.

#### 3.6.6 F. Sujetos a calentamiento espontáneo.

Adicionar 30% .

Para aquellos materiales que estan bajo las condiciones de almacenamiento y pueden calentarse espontáneamente o son pirofosfóricos.

#### 3.7 Determinación de riesgos del proceso general.

El Factor del Material del punto 3.4 se incrementa por la aplicación de porcentajes de procesos peligrosos como sigue:

3.7.1 A. Manejos y cambios físicos solamente.

Adicionar de 0 a 50% .

Aquellos procesos que involucren manejos y cambios físicos solamente, y aquellos que puedan ocurrir en sistemas cerrados con tubería permanentemente instalada (tales como en destilación, absorción, evaporación, etc.) no permitirán una desventaja adicional.

Para procesos que involucran manejos y cambios físicos solamente pero también se incluyen conexiones y desconexiones de carga, adicionar el 25% .

Para procesos que involucran manejos y cambios físicos solamente pero también incluyen exposición de flamas a la atmósfera donde la temperatura de inflamabilidad es menos del 80% del punto de inflamación adicionar el 25% .

Para procesos que involucran manejos y cambios físicos, pero también incluyen exposición de flamas a la atmósfera donde la temperatura de inflamabilidad es mayor del 80% de la temperatura de inflamabilidad, adicionar el 50% .

Este último factor deberá ser usualmente aplicado a procesos tales como el transporte de inflamables en recipientes abiertos, centrífugos y filtros que son o están periódicamente abiertos, y mezclas en recipientes abierto, etc.

3.7.2 B. Reacciones continuas.

Adicionar de 25 a 50% .

Para reacciones que son endotérmicas o aquellas que son exotérmicas que pueden ocurrir en soluciones diluidas que el solvente puede absorber todo el calor que se escape en la reacción sin crear condiciones de peligro, adicionar el 25% .

Ejemplos: Cracking, Isomerización, producción de Clorhidrina (no incluyendo sistemas de venteo), reactores con más del 90% de agua.

Para otras reacciones que son exotérmicas, adicionar el 50% .

Ejemplos: Oxidación, Cloración.

3.7.3 C. Reacciones intermitentes.

Adicionar 25 a 60% .

Determine el factor de la reacción de acuerdo a B, si la reacción es exotérmica adicionar el 10% para considerar un incremento en el peligro o error de operación. El factor de la reacción batch no deberá exceder del 60%. El factor para el manejo de carga y descarga es considerado y agregado separadamente como en A.

3.7.4 D. Reacciones múltiples en el mismo equipo.

Adicionar de 0 a 50% .

Considerar una amplia desventaja para considerar la contaminación de una reacción por otra. Las reacciones deberán ser de considerable diferencia antes que sea aplicado el factor por contaminación. Por ejemplo una planta que fabrica resinas alquílicas en serie en un reactor. Si estas resinas son fabricadas o están fabricadas por un proceso de fusión o un proceso de disolución pero variado ligeramente el material original y las condiciones de la reacción, el factor de contaminación no deberá ser aplicado. Sobre otras reacciones, si el reactor es usado para hacer otro tipo de resinas el factor de contaminación deberá ser aplicado. Este factor no deberá exceder del 50%.

3.8 Determinación de los riesgos por procesos especiales.

El Factor del Material es incrementado como se indica en la hoja de cálculo por la aplicación de los porcentajes de cada proceso con un peligro especial como sigue:

3.8.1 A. Procesos o reacciones difíciles de controlar.

Adicionar 50 a 100% .

Para reacciones que son de naturaleza exotérmica a causa de la naturaleza de la reacción misma, hay una fuerte posibilidad de que la reacción quede fuera de control.

Adicionar 50 a 100% .

Ejemplos: Nitraciones, algunas polimerizaciones, reacciones Friedel-Crafts.

3.8.2 B. Altas presiones.

1.- 250 a 3000 Lb/In<sup>2</sup> adicionar 30% .

2.- Arriba de 3000 Lb/In<sup>2</sup> adicionar 60% .

El límite es 3000 Lb/In<sup>2</sup> según el código ASME para Unfired - Pressure Vessels, Sección VIII, Div. 1.

3.8.3 C. Bajas presiones.

Adicionar de 0 a 100% .

Quando los procesos se operen a presión atmosférica o bajo de la presión atmosférica de modo que el aire o la fuga del contaminante dentro del sistema no cause una condición de peligro el factor no deberá ser aplicado.

Ejemplos: Cloro Comprimido, Destilación de Glicoles a vacío.

Para procesos que se operan a presión atmosférica o abajo de esta de modo que el aire o la fuga del contaminante dentro del sistema pueda reaccionar con los materiales y crear una condición de peligro.

Adicionar 50% .

Ejemplos: Manejo de Olefinas con el peligro de formación de peróxidos y una subsecuente polimerización catalizada, materiales pirofosfóricos.

Para procesos que operan a presión atmosférica o abajo de esta de modo que el aire o la fuga de un contaminante dentro del sistema pueda acumularse y causar una explosión peligrosa.

Adicionar 100% .

Ejemplos: Sistemas de colección de Hidrógeno.

3.8.4 D. Altas temperaturas.

1.- Arriba del 80% de la Temperatura de Autoignición.

Adicionar el 25% .

2.- 500 a 1000°F adicionar 10% para gases y 20% para líquidos.

3.- Arriba de 1000°F adicionar 15% para gases y 30% para líquidos.

3.8.5 E. Bajas temperaturas.

Adicionar 15 a 25% .

El propósito de este inconveniente es hacerse cargo de una fragilidad supuesta (temperatura de transición) del acero al carbón ordinario.

Si las pruebas son ejecutadas o conocidas a la temperatura de transición el inconveniente no deberá ser aplicado.

Para procesos que utilizan acero al carbón en su construcción y operan entre 50 y -20°F, adicionar 15% .

Para procesos que operan abajo de -20°F, adicionar 25% .

3.8.6 F. Operación en/o cerca del rango de explosión.

Adicionar de 0 a 150% .

Si el proceso está en el rango de explosión debido a la exposición de los inflamables a la atmósfera este factor necesario no deberá ser aplicado.

Para almacenamiento de líquidos inflamables cuando los vapores salen.

Adicionar el 25% .

Para líquidos inflamables almacenados en recipientes cerrados que ni siquiera son venteados a la atmósfera, cuando el vapor pueda caer dentro de el rango de explosión con un venteo accidental.

Adicionar el 50% .

Para los procesos cubiertos en los anteriores párrafos, aquel que opera cerrado en un rango explosivo y donde la seguridad puede estar en la instrumentación que está fuera de los límites de la explosión.

Adicionar el 100% .

Ejemplos: Oxidación de tolueno a ácido benzoico con aire.

Para aquellos procesos de esta categoría cubiertos en los dos primeros párrafos, aquel que opera en un rango explosivo. Adicionar el 150% .

Ejemplo: Destilación de Oxido de Etileno.

3.8.7 G. Polvo o niebla con riesgo de explosión.

Adicionar 30 a 60% .

Este factor deberá ser aplicado solamente si el riesgo existe.

Por ejemplo se demostró que el transporte de polietileno en pellets bajo ciertas condiciones no crea polvos explosivos peligrosos.



sos, de manera que el factor no deberá aplicarse. Deberá demostrarse que no existirán polvos en el medio si el factor no fue aplicado.

Para procesos que involucran el transporte de materiales que puedan crear atmósfera saturada o polvos peligrosos solamente por el mal funcionamiento del equipo. Adicionar el 30% .

Ejemplo: Aceite Hidráulico de alta presión u Oxido de Difenilo - con explosión peligrosa.

Para procesos u operaciones en los cuales los líquidos son usados de tal manera que la formación de la atmósfera saturada es posible y el material es susceptible de ignición o explosión. Adicionar el 50% .

Ejemplo: Dowtherm A y Aceite Hidráulico en mangueras.

Para procesos donde el peligro de la formación de polvo o niebla estén casi siempre presente.

Adicionar el 60% .

Ejemplo: Transporte de Polietileno en Polvo.

### 3.8.8 H. Mayor al promedio con riesgo de explosión.

Adicionar 60 a 100% .

Para procesos que utilizan líquidos inflamables o combustibles - líquidos o gaseosos a tales presiones y temperaturas que escapen del equipo y se vaporizan rápidamente y pueden llegar a formar una mezcla explosiva en una gran parte del edificio o área.

Adicionar el 60% .

Para procesos que introducen peligro por medio de vapores explosivos: por ejemplo en procesos en los cuales el agua de enfriamiento entra en contacto con sales fundidas.

Adicionar 60% .

Para procesos que son susceptibles a la acumulación de contaminantes y que pueden causar una explosión, por ejemplo: Plantas - Separadoras de Aire.

Adicionar 100% .

### 3.8.9 I. Grandes cantidades de combustible líquido (usar solamente uno).

El propósito de esta categoría es adicionar la desventaja por el peligro en el incremento del fuego, por el descuido de que un material combustible líquido esté presente.

La consideración es la cantidad total de combustible líquido para:

1.- Edificios y Equipos que continen de:

2000 a 6000 Gal de Combustible Líquido adicionar 40 a 55% .

2.- 6000 a 20000 " " " " " 55 a 75% .

3.- 20000 a 50000 " " " " " 75 a 100%

4.- Edificios y Equipos que contienen más de 50000 Gal de líquido inflamable adicionar el 100% o más.

### 3.9 Especificaciones mecánicas y de proceso.

Las especificaciones mecánicas y de proceso ayudan a transformar los balances de materia y energía dentro de los términos físicos para el diseño del equipo mecánico tal como: Bombas, Compresores, Torres de Detilación, Intercambiadores de Calor, Tanques de Mezclado, Hornos, Chimeneas y Tuberías.

Dentro de estas especificaciones se debe de incluir el equipo auxiliar el cual no es incluido en el desarrollo básico del proceso, pero son necesarios para la subsecuente operación de la planta.

Se considera equipo auxiliar, tubería y bombas de agua contra incendio, compresor para aire de instrumentos, aire de servicio a la planta, tubería para agua y vapor, tanques de condensados, calderas, torres de enfriamiento, deareadores, sistemas de tratamientos de agua de desecho.

Estas especificaciones mecánicas y de proceso inician el diseño del equipo y el diseño físico de la planta.

En consecuencia las especificaciones sirven para iniciar las medidas de protección, tener el control de los peligros mecánicos y una completa definición de los problemas, para la protección contra la inflamabilidad, reactividad, toxicidad y corrosión.

Diseños y Equipos para la protección contra fuego y explosión son una consideración básica en la etapa primaria del diseño del proyecto.

NOMBRE	FECHA
--------	-------

LOCALIZACION

PLANTA	UNIDAD
--------	--------

MATERIALES Y PROCESO

MATERIALES

CATALIZADORES	SOLVENTES
---------------	-----------

REACCIONES

FLUORO	FUEGO	EXPLOSION	FUEGO Y EXPLOSION	CONSTRUCCION	ASBESTO	CERAMIC
--------	-------	-----------	-------------------	--------------	---------	---------

1. FACTOR DE MATERIAL PARA

2. RIESGOS POR MATERIALES ESPECIALES	% FACTOR SUSPENDIDO	% FACTOR USADO
A. MATS QUE REACCIONAN CON AGUA Y PRODUCEN UN GAS COMB	0-30	
B. MATS OXIDANTES	0-20	
C. MATS SUJETOS A EXPLOSION POR DESCOMPOSICION	1-5	
D. SUJETOS A DETONACION	15-0	
E. SUJETOS A POLIMERIZACION INSTANTANEA	30-75	
F. SUJETOS A CALENTAMIENTO ESPONTANEO	30	
G. OTROS		

ADICIONE LOS PORCENTAJES DE A-G POR RIESGOS DE MATS. ESP. (R.M.E.) TOTAL

$(100 \times \text{R.M.E. TOTAL}) / 100 = (\text{FACTOR DE MATERIAL}) \times \text{SUBTOTAL N}^\circ 2$

INDIQUE LAS RAZONES POR EL USO DE FACTORES DIFERENTES A LOS SUSPENDIDOS

3. RIESGOS DEL PROCESO GENERAL

A. MANEJO Y CAMBIOS FISICOS SOLAMENTE	0-30
B. REACCIONES CONTINUAS	25-30
C. REACCIONES INTERMITENTES	25-40
D. MULTIPLICIDAD DE REACCIONES EN EL MISMO EQ	0-30

ADICIONE LOS PORCENTAJES A-D PARA RIESGOS DEL PROC. GEN. (R.P.G.) TOTAL

$(100 \times \text{R.P.G. TOTAL}) / 100 = (\text{SUBT N}^\circ 2) \times \text{SUBT N}^\circ 3$

4. RIESGOS POR PROCESOS ESPECIALES

A. PROCESOS O REACCIONES DIFICILES DE CONTROLAR	0-30
B. ALTAS PRESIONES 1. 250 A 3000 lb/in <sup>2</sup>	30
2. ARRIBA DE 3000 lb/in <sup>2</sup>	60
C. BAJAS PRESIONES (MENOS 15 PSIA)	0-100
D. ALTAS TEMPERATURAS (USE SOLO UNO)	
1- ARRIBA DE LA TEMPERATURA DE AUTOCENCION	25
2- 300-1000 °F	10-20
3- ARRIBA 1000 °F	15-30
E. BAJAS TEMPERATURAS 1. (AC. AL CARBON 30 A -20 °F)	15
2. MENOR A -20 °F	25
F. OPERACION EN O CERCA DEL RANGO DE EXPLOSION	0-50
G. POLVO O NIEBLA CON RIESGO DE EXPLOSION	30-60
H. MAYOR AL PROMEDIO CON RIESGO DE EXPLOSION	50-100
I. GRANDES CANTIDADES DE COMB. LIQ. (USE SOLO UNO)	
1- 2000 A 5000 GAL.	40-55
2- 5000 A 20000 GAL.	55-75
3- 20000 A 50000 GAL.	75-100
4- MAYOR A 50000 GAL.	100
J. OTROS	

ADIC. LOS PORCENTAJES A-I PARA RIESG. POR PROC. ESP. (R.P.E.) TOTAL

$(100 \times \text{R.P.E. TOTAL}) / 100 = \text{SUBT N}^\circ 3 \times \text{INDICE DE FUEGO Y EXPLOSION}$

Torres y Tanques son dimensionados para tener un riesgo mínimo de fuego en el área de proceso y un sistema de agua contra incendio es especificado para proveer: Almacenamiento de agua contra incendio suficiente para una demanda máxima en un período no menor de 2 horas. Bombas de agua contra incendio suministrarán la demanda máxima con una potencia auxiliar disponible, esta potencia auxiliar deberá ser con un motor de combustión interna, motor diesel.

Un cabezal en forma de anillo de agua contra incendio con válvulas de corte en puntos claves. Las tuberías de agua contra incendio se deberán instalar de preferencia enterradas, ya que esto hace que los daños sean menos probables en cualquier explosión.

Los materiales de construcción para los equipos o tubería que sufran daños o que sean destruidos por el fuego no deberán ser usados para el transporte o movimiento de fluidos inflamables o combustibles y sólidos peligrosos.

En suma recipientes, tuberías y equipo, asientos de válvulas y empaques deberán ser examinados antes de instalarse.

El vidrio y otros materiales de construcción que están sujetos a daños mecánicos normalmente no serán usados en el transporte de materiales inflamables.

Los vidrios medidores de nivel, mirillas de vidrio deberán ser evitados siempre que haya peligro de fuego, explosión o toxicidad.

Todos los tanques que contienen materiales inflamables deberán tener la boquilla del drenaje conectada a una zanja de desechos, y similarmente las tuberías de carga deberán estar provistas con entradas lo suficientemente altas para carros tanque de carga y descarga y un arreglo en la estructura para minimizar la carga estática.

Los recipientes y tuberías principales deberán contener un gas inerte antes de introducir materiales inflamables.

Un gas inerte aislante deberá ser provisto en todos los recipientes que operen a presión atmosférica y contengan líquidos con punto de inflamabilidad menor de 140°F o líquidos con alta temperatura y con un 80% de el punto de inflamabilidad.

En casos especiales tales como cuando se tienen combustibles a altas presiones o aceites lubricantes de compresores, el equipo también de

berá ser probado y operado con un gas inerte hasta que el fluído de proceso sea introducido y éste deberá ser especificado a prueba de explosión, desahogo de presión, los instrumentos deberán ser instalados en todos los recipientes y equipos operando en o cerca del rango de inflamabilidad y dispositivos para suprimir la explosión y paredes a prueba de explosión deberán ser consideradas en tales casos. Materiales de aislamiento, fluídos de transferencia de calor, aceites lubricantes etc., deberán ser seleccionados para minimizar reacciones con fluído de proceso.

Las especificaciones mecánicas y de proceso deberán incluir un desglose detallado de los principales puntos en los cuales se basa el diseño de los equipos así por ejemplo:

### 3.9.1 Tanques y recipientes.

- 1.- Selección cuidadosa de los materiales que resistan la corrosión. Usense márgenes de corrosión adecuados en los materiales que se espera se corroan.
- 2.- Considerar la corrosión externa. Por ejemplo la fabricación económica de un recipiente de acero inoxidable, pero la presencia de cloruros en la atmósfera puede imponer el uso de una cubierta en el recipiente para eliminar el peligro del agrietamiento por el esfuerzo.
- 3.- Una inspección frecuente incluyendo la corrosión en las boquillas, tuberías y paredes del recipiente.
- 4.- Dispóngase el número suficiente de registros de inspección y de mano, para inspección y mantenimiento y oriéntense de manera que tengan acceso fácil.
- 5.- Evítense los nipples de rosca para las boquillas pequeñas. Usense coples para 6000 Lb.
- 6.- Las boquillas mayores de 1 1/2" (38.1 mm) deberán ser de ceja. Para alta presión usense boquillas de ceja para todos los tamaños.
- 7.- Un enroscado mínimo para tubería y accesorios en servicios corrosivos y tóxicos.

- 8.- Una inspección cuidadosa durante y después de la fabricación; un inspector competente puede hacer mucho para evitar la falla de los recipientes.
  - a) Inspección de los materiales de construcción.
  - b) Inspección de la mano de obra (especialmente en la calidad de soldadura).
  - c) Supervisión de la toma de radiografías y de la eliminación de esfuerzos secundarios.
- 9.- Los tanques de almacenamiento a la presión atmosférica deben estar provistos de respiraderos o venteos (para que admitan o descarguen vapor al aumentar o disminuir la presión, debido al cambio de temperatura o de nivel del líquido).
  - a) Usense válvulas de respiración.
  - b) Usense tanques con techos flotantes para líquidos volátiles.
  - c) Conéctense todos espacios de vapor de los tanques herméticos a un solo tanque que sirva como depósito del gas. Sin embargo pónganse válvulas de seguridad en todos los tanques.
- 10.- Deben preferirse los indicadores de nivel automáticos en los tanques completamente cerrados, las escotillas de nivel manuales exponen al operador a riesgos innecesarios.

### 3.9.2 Intercambiadores de calor.

- 1.- Si se requieren válvulas de bloqueo a la entrada y a la salida de un intercambiador, instálese una válvula de seguridad del lado frío, para evitar una dilatación térmica excesiva, han ocurrido muchas explosiones debido a estas dilataciones.
- 2.- Deberán ponerse drenes suficientes para el mantenimiento.
- 3.- A todos los espacios que vayan a llenarse de fluidos en un intercambiador se les hará una prueba individual.
- 4.- Si constituye un peligro el que se mezclen los fluidos del cuerpo y de los tubos deberá ponerse un cuidado extremo en el proyecto y mano de obra.

### 3.9.3 Equipo en movimiento (bombas, compresores, etc.)

- 1.- Póngase guardas en todos los acoplamientos y sistemas de propulsión de cadenas.
- 2.- Déjese el espacio necesario entre unidades para darles mantenimiento en forma cómoda y segura.
- 3.- Dispositivos automáticos para evitar las sobrecargas, el exceso de velocidad.
- 4.- Dispositivos de protección como coladeras en las bombas y separadores de líquidos para los compresores son esenciales para la operación segura.
- 5.- Dispositivos en relevo de sobrepresión sobre todo el equipo mecánico de desplazamiento positivo.
- 6.- Detectores de vibración apropiados, alarmas y dispositivos de corte sobre todo el equipo rotatorio que opera sobre 3600 rpm. En casos especiales, tales como torres de enfriamiento de tiro inducido, los ventiladores deberán ser equipados con vibradores y dispositivos de corte, aún a bajas rpm.

#### 3.9.4 Tuberías

- 1.- Deben preferirse las tuberías al aire libre. Pueden ser elevadas o colocarse al nivel del suelo sobre durmientes. Las tuberías enterradas constituyen un riesgo porque no se pueden localizar las fugas fácilmente.
- 2.- Si se instalan las tuberías en zanjas, deberán ponerse barreras contra incendio y drenes a intervalos regulares.
- 3.- La buena distribución de tuberías y válvulas es importante para una operación segura.
  - a) De modo especial, las válvulas grandes deben tener un fácil acceso desde las plataformas. Aproximadamente 2.10 m es la distancia máxima de la línea central a la plataforma. Cuando la altura es mayor deben operarse con cadenas.
  - b) Usar doble válvula de bloqueo en los equipos donde haya mayor peligro y que deben desconectarse mientras el proceso continúa operando.
  - c) Usar tuberías largas en los patios para evitar congestión, pa

- ra que en caso de incendio se pueda aislar cualquier porción del resto cerrando solamente una válvula de bloqueo.
- d) El espacio libre vertical para las tuberías elevadas debe ser aproximadamente de 4.60 m arriba de los caminos; 2 m arriba de las plataformas; 2.75 m arriba del suelo. Si se tiene que poner una tubería a una altura menor de 2 m, póngase mucho más abajo y constrúyase una pasarela sobre ella.
  - e) Las válvulas para el abastecimiento de combustible deben instalarse en sitios lo más alejado posible.
  - f) Las válvulas de emergencia para vaciado deben localizarse a una distancia segura del equipo que vacían; de preferencia detrás de una pared gruesa o edificio.
  - g) Las válvulas que descargan en tanques abiertos deben instalarse de manera que el operador pueda operarlas sin exponerse in debidamente a los vapores o salpicaduras.
  - h) Un doble bloqueo y purgas deberán aislar los sistemas de presión de los equipos que serán reparados o instalados.
- 4.- Si las válvulas de retención tienen fugas y éstas son intolerables póngase una válvula de bloqueo además de la de retención.
  - 5.- Evítense las válvulas de ángulo.
  - 6.- Por razones estructurales evítense los tubos de diámetro menor de 1" en las tuberías elevadas.
  - 7.- Deben ponerse drenes en los puntos bajos de las tuberías y respiraderos en los puntos más altos. Usense de 3/4" o mayores.
  - 8.- Las tuberías especialmente las usadas en sistemas contra incendio deberán formar circuitos cerrados.
  - 9.- Fórmense circuitos cerrados con las tuberías de vapor y usense válvulas de bloqueo, para que en caso de falla de una parte del sistema, pueda conducirse vapor a varias direcciones.
  - 10.- Para algunos materiales peligrosos puede ser necesario disponer de sistemas de drenaje separado. La ventilación de estos sistemas debe proyectarse cuidadosamente.
  - 11.- En todos los sistemas de drenaje superficial es necesario poner barreras contra incendio, para evitar la propagación del fuego.



12.- Las tuberías deberán ser probadas a presión antes de ponerlas en operación. Debe tenerse cuidado para no someter a esfuerzos excesivos algunas piezas del equipo o las cimentaciones durante las pruebas hidrostáticas.

### 3.9.5 Aislamiento.

- 1.- Aislense todas las tuberías calientes con las que el personal - pueda quedar en contacto, son necesarios aislamientos de aproximadamente 2.54 cm a 3.8 cm de magnesia para protección del personal. Por supuesto son necesarios espesores mayores para la conservación del calor. Pueden conseguirse especificaciones detalladas de los fabricantes de aislamientos.
- 2.- Aislense los tramos de los conductores a los instrumentos críticos y utilizar conduit para instalaciones eléctricas en lugares donde el calor sea excesivo o en donde se puedan producir incendios.

### 3.10 Especificaciones auxiliares.

En suma las especificaciones mecánicas y de proceso son una parte - muy importante que deberá ser considerada y aprobada para el diseño. Por eso tenemos que aplicar las siguientes reglas.

Aplicación de materiales resistentes al fuego (concreto, blocks de - cemento, aislamiento con cemento bituminoso, etc.) a recipientes y - equipo soportado con acero, así como a racks de tubería, soportes es - tructurales de acero, dependiendo de la cantidad de material inflama - ble presente. Una probable fuga en el intercambio de calor justifica un incremento en la protección.

La protección que se deberá dar deberá de estar a la altura del peli - gro.

Por ejemplo: la aplicación debe hacerse solamente sobre soportes de recipientes principales en areas con rangos de peligro bajo y medio; pero deberá ser incrementado esencialmente en todas las estructuras de acero para areas con altos y muy altos rangos de peligro.

Esta extensión de la protección es para prevenir un derrumbe del ace - ro estructural durante un incendio y una directriz de "sprays" con

agua reemplazará el aislamiento en algunos casos.

Proveer de sprays automáticos con agua y sistemas de sprinklers con una densidad de esparido de 0.2-0.35GPM/Ft<sup>2</sup> sobre recipientes en las áreas de proceso conteniendo líquidos con un punto de inflamabilidad menor de 140°F, o líquidos a temperaturas arriba de 80% de el punto de inflamabilidad.

Cuando se tienen líquidos con puntos de inflamabilidad abajo de su punto de ebullición a presión atmosférica, incrementar la densidad de sprays y el área de protección deberá ser considerada.

Proteger con aislamiento todos los recipientes y equipos conteniendo materiales termalmente sensibles.

Los materiales aislantes deberán ser tales que mantengan y que no permitan la transferencia de calor cuando sean expuestos al fuego; y éstos deberán ser aplicados en tal caso a conductos donde no sean de salojados por el impacto del agua contra incendio.

Sistemas de sprinklers no solo deberán ser cambiados, sino que un sprinkler deberá ser remplazado cuando sea inoperable, porque en una explosión pueden iniciar el fuego.

Bombas, Compresores, flechas de salida, empaques de los prensa estopas y otros puntos donde la energía mecánica o por fricción se introducen peligros que deberán ser supervisados, una protección especial contra fuego y sistemas de prevención, todos estos puntos deberán ser considerados durante el diseño.

Ventilación en los edificios para remover el humo, calor y vapores inflamables.

Proteger válvulas y ramales principales con conductos de agua contra incendio donde esto sea aplicable.

Proveer de regaderas de seguridad y estaciones de lavajos en áreas donde se manejen materiales tóxicos e instalar estas estaciones de manera que una persona parcialmente ciega pueda llegar a hacer uso de ellas.

En caso de derrame de materiales tóxicos proveer sistemas de sprinklers o sistemas de sprays, además de sistemas de drenaje especial,

lavabos bajos.

Preveer sistemas de drenajes separados para agua de lluvia y agua de proceso.

Para minimizar la exposición del equipo en caso de que haya fugas o derrames preveer pendientes y trincheras.

Considerar la instalación de un sistema de protección contra corrosión.

Considerar un sistema común de conexión a tierra en todos los equipos eléctricos, tuberías y estructuras, una atención particular deberá darse a equipos esto es a los que se conectan y se desconectan tales como carros tanque y estaciones de carga y descarga.

Proteger contra rayos mediante la extinción de vapores y arrestadores de flama en líneas de venteo que puedan contener mezclas inflamables.

Estructuras internas o soportes centrales bajo cubiertas de tanques son peligros potenciales; también usar independientemente revestimientos en la cubierta de los tanques o preveer en la parte superior de los tanques alambres para conectarlos a tierra o usar sistemas comunes de pararrayos.

Examinar especialmente el equipo con componentes eléctricos que son un peligro potencial.

### 3.11 Electricidad.

#### 3.11.1 Requisitos eléctricos para areas peligrosas.

Las industrias manufactureras y de proceso están utilizando más y más materiales potencialmente explosivos e inflamables que antes, por lo tanto el uso de equipo eléctrico también continúa incrementándose. Es de vital importancia que el equipo eléctrico seleccionado sea adecuado y apropiadamente instalado, para proteger al personal y las instalaciones de la planta.

#### 3.11.2 Consideraciones generales.

El Código Nacional Eléctrico (NEC) es comunmente aceptado como guía para la práctica de seguridad en la selección e instalación adecuada de equipo eléctrico.

Áreas peligrosas definición.

Son aquellas que contienen vapores, líquidos o gases inflamables o polvos combustibles y fibras que pueden causar fuegos o explosiones si se someten a una fuente de ignición. Las áreas se clasifican con base a sus características de peligrosidad.

En el NEC los gases inflamables están clasificados como clase I.

Ya que los diferentes gases tienen una temperatura de ignición y características de explosión diferentes, están subdivididos en dos grupos.

En la lista se dan los gases clasificados. Estos gases están clasificados en los grupos A, B, C y D, en los cuales el D es menor clasificación que el C.

Atmósfera Grupo A

Acetileno

Atmósfera Grupo B

Acroleína (inhibida) 2

Butadieno 1

Oxido de Etileno 2

Hidrógeno

Gases manufacturados que contienen más de 30 % de Hidrógeno (en volumen)

Oxido de Propileno 2

Atmósfera Grupo C

Alcohol Alílico

N-Butiraldehído

Monóxido de Carbono

Crotonaldehído

Ciclopropano

Eter dietílico

Dietilamina

Epiclorhidrina

Etileno

Acetaldehído

Etilenimina

Sulfuro de Hidrógeno

Morfolina

2-Nitropropano

Tetrahidrofurano

Dimetil Hidrazina Asimétrica

Atmósfera Grupo D

Acido Acético (Glacial)

Acetona

Acrilonitrilo

Amoniaco 3

Benceno

Butano

1-Butanol

2-Butanol

N-Acetato de Butilo

Acetato de Isobutilo

Alcohol Sec-Butílico

Di-isobutileno

Etano

Etanol	Alcohol Butílico Terciario
Acetato de Etilo	Nafta de Petróleo <sup>4</sup>
Etil Acrilato (Inhibido)	Piridina
Etilén Diamina (anhidra)	Octano
Dicloro Etileno	Pentano
Gasolina	Alcohol Amílico
Heptano	Propano
Hexano	Alcohol Propílico
Eter Isopropílico	Alcohol Isopropílico
Oxido de Mesitilo	Propileno
Metano	Estireno
Metanol	Tolueno
Alcohol Isoamílico	Acetato de Vinilo
Metil Etil Cetona	Cloruro de Vinilo
Metil Isobutil Cetona	Xileno
Alcohol Isobutilico	

<sup>1</sup> El equipo para el grupo D se podría usar en esta atmósfera si está aislado de acuerdo con la sección 501-5 (a), sellando to dos los tubos conduit iguales o mayores a 1/2"

<sup>2</sup> El equipo para el grupo C se podría usar en esta atmósfera si está aislado de acuerdo con la sección 501-5 (a), sellando to dos los tubos conduit iguales o mayores a 1/2"

<sup>3</sup> Para la clasificación de áreas con atmósferas de amoníaco referirse al Código de Seguridad de Refrigeración Mecánica (ANSI B 9.1-1971) y a los requisitos de seguridad para almacenamiento y manejo de Amoníaco Anhidro (ANSI K 61.1 - 1972)

<sup>4</sup> Mezcla de hidrocarburos saturados que hierven en el rango de 20 a 135° C (68 - 275° F). También se le conoce como bencina, éter de petróleo, nafta o ligroina.

Para completar la descripción del área el NEC reconoce 2 Divisiones distintas (Div. 1 y 2)

Area Clase I División 1 es:

- 1.- Aquella en la cual la concentración peligrosa de gases o vapores inflamables existen continua, intermitente o periódicamente en el ambiente bajo condiciones normales de operación.
- 2.- Area en la cual la concentración peligrosa de algunos gases o vapores puede existir frecuentemente por reparaciones de mantenimiento o fugas.
- 3.- Aquella área en la cual por la falla del equipo o proceso podrían fugarse gases o vapores inflamables hasta alcanzar concentraciones peligrosas y podría también causar simultáneamente fallas del equipo eléctrico.

Esta clasificación incluye generalmente sitios donde líquidos volátiles, inflamables o gases licuados inflamables son transportados de un recipiente a otro el interior de casetas de pintura por aspersión y zonas aledañas a estas casetas, lugares donde hay tanques abiertos con líquidos volátiles inflamables, compartimientos de secado por evaporación de solventes inflamables, lugares que contienen equipo para la extracción de gases y aceites que usan solventes volátiles inflamables; cuartos generadores de gas y otras zonas de plantas de fabricación de gas donde gases inflamables o líquidos volátiles inflamables inadecuadamente ventilados, el interior de refrigeradores o congeladores en los cuales materiales inflamables se almacenan en recipientes abiertos no herméticamente cerrados y todas las demás zonas de trabajo donde existe la posibilidad de que se presenten concentraciones peligrosas de gases o vapores inflamables en el curso de las operaciones normales.

Area Clase I División 2 es:

- 1.- Aquella en la cual se manejan, procesan o usan líquidos volátiles o gases inflamables pero en los que estos líquidos o gases se encuentran normalmente dentro de recipientes o sistemas cerrados, de los cuales pueden escaparse solo en caso de ruptura accidental o en operación anormal del equipo.
- 2.- En la cual se evitan concentraciones peligrosas de gases o vapores

por medio de ventilación mecánica y que solo podrían ser peligrosos en caso de falla u operación anormal del equipo de ventilación.

3.- Aquella adyacente a una área Clase I División 1 y en la cual concentraciones peligrosas de gases o vapores podrían comunicarse a menos de que esta comunicación se evite por medio de una ventilación adecuada con presión positiva de una fuente de aire limpio y protección efectiva contra fallas del equipo de ventilación.

Esta clasificación generalmente incluye sitios donde se usan líquidos volátiles, gases o vapores inflamables pero en los cuales, a juicio de una autoridad correspondiente, llegarían a ser peligrosos solo en caso de accidente u operación anormal del equipo. La cantidad de material peligroso que podría escaparse en caso de accidente, el equipo de ventilación existente, el tamaño del área involucrada y la estadística de explosiones o incendios en esa rama industrial son factores que deben considerarse para determinar la clasificación del área y sus limitaciones en cada sitio.

Los lugares utilizados para el almacenamiento de líquidos o gases licuados o comprimidos dentro de recipientes sellados, normalmente no se consideran peligrosos a menos que estén también sujetos a otras condiciones de peligrosidad. Cuando las tuberías eléctricas (conduit) y sus correspondientes accesorios se encuentran separados del área de proceso por un solo sello o barrera deberán clasificarse como División 2, siempre y cuando el exterior de la tubería y de los accesorios sea un área no peligrosa.

"Para describir adecuadamente un área que contiene un gas o vapor inflamable es necesario determinar: Clase, Grupo y la División".

Polvos.

En el NEC, los polvos combustibles se clasifican como clase II y se agrupan de acuerdo con su temperatura de ignición y su grado de conductividad en grupos E, F y G.

Grupo E: Atmosferas que contienen polvos metálicos, como aluminio, magnesio y sus aleaciones comerciales y otros metales de características de peligrosidad semejantes.

Grupo F: Atmosferas que contienen polvo de carbón mineral, de carbón vegetal o de coque en concentraciones mayores a 8% de material

volátil total (especificaciones ASTM D-1620 y ASTM D-271) o atmósferas que contienen estos polvos activados por otros materiales que pueden representar el riesgo de una explosión.

Grupo G: Atmósferas que contienen harina, almidón o polvos de granos.

Excepciones:

- 1.- Algunas atmósferas de productos químicos pueden tener características que requieran una protección mayor que cualquiera de los grupos antes mencionados. El bisulfuro de carbono es uno de estos productos químicos por su baja temperatura de ignición 100°C y por la facilidad con que su flama escapa a través de los claros entre las juntas de las cajas que lo contienen.
- 2.- Algunos polvos metálicos pueden tener características que requieran una protección mayor que la requerida para atmósferas que contienen polvos de aluminio, magnesio y sus aleaciones comerciales por ejemplo: los polvos de zirconio, torio y uranio tienen temperaturas de ignición extraordinariamente bajas 20°C y requieren una cantidad de energía, para su ignición menor que la de cualquier otro material clasificado en los grupos de las clases I y II.

### 3.11.3 Clasificación de areas.

Las areas clasificadas como clase II también pueden ser subdivididas en División 1 y División 2.

Un área clasificada como clase II División 1 es aquella:

- 1.- En la cual hay o puede haber polvo combustible en suspensión en el aire en forma continua, intermitente o periódica bajo condiciones normales de operación en cantidades suficientes para producir mezclas explosivas o inflamables.
- 2.- Donde debido a fallas mecánicas u operación anormal de la maquinaria o el equipo pueden producirse tales mezclas explosivas o inflamables y que una falla simultánea del equipo eléctrico o de los sistemas de protección pueda originar una fuente



te de ignición.

- 3.- En la cual polvos combustibles con características de conductividad eléctrica puedan estar presentes.

Esta clasificación incluye generalmente lugares de trabajo donde existe manejo o almacenamiento de granos, plantas donde hay trituradoras, pulverizadoras, limpiadoras, desgranadoras, descargadoras, separadoras, transportadores o gusanos abiertos, - tolvas o embudos abiertos, mezcladoras, empacadoras, pesadoras elevadores, distribuidores, colectores (excepto colectores totalmente metálicos ventilados hacia el exterior) y toda maquinaria y equipo similar que produce polvos en fábricas o plantas procesadoras de granos, plantas de almidón, plantas pulverizadoras de azúcar, plantas de producción de malta, molinos - de forraje y otros de naturaleza similar, plantas pulverizadoras de carbón (excepto aquellas donde el equipo de pulverización es a prueba de polvo); todos los lugares de trabajo donde se producen, se empaican, se procesan o almacenan excepto en recipientes herméticos, polvos metálicos y todos los lugares similares donde bajo condiciones de operación normal, están presentes polvos combustibles en cantidades para producir mezclas explosivas inflamables.

Los polvos combustibles no conductores eléctricos incluyen polvos producidos en el manejo y proceso de granos y productos de grano, cocoa y azúcar pulverizados, leche y huevo en polvo, especies pulverizadas, almidón, harinas, papas, semillas de frijol, forraje y otros materiales orgánicos que pueden producir polvos combustibles cuando se manejan o procesan. Los polvos - no metálicos conductores eléctricos, incluyen polvos de carbón vegetal, carbón mineral y coque. Los polvos que contienen magnesio y aluminio son particularmente peligrosos y se requiere extrema precaución para evitar su ignición y explosión.

Un área Clase II División 2 es aquella en la cual el polvo combustible no está normalmente en suspensión en el aire, ni será puesto en suspensión por la operación normal del equipo, en - cantidades suficientes para producir mezclas inflamables o ex-

plosivas pero donde:

El depósito o la acumulación de tal polvo combustible puede ser suficiente para interferir la adecuada disipación de calor del equipo o aparato eléctrico.

El polvo combustible acumulado o depositado sobre o alrededor del equipo eléctrico puede inflamarse por arcos, chispas o calentamiento del equipo. Los lugares donde generalmente se reúnen las condiciones arriba descritas incluyen secciones de plantas con transportadores y gusanos cerrados, tolvas o embudos cerrados o maquinaria y equipo que producen apreciables cantidades de polvo solo en condiciones anormales de operación las zonas adyacentes a las áreas clasificadas como Clase II División I que se describieron anteriormente y en las cuales concentraciones inflamables o explosivas de polvo en suspensión podrían producirse solo bajo condiciones anormales de operación; zonas donde la formación de concentraciones inflamables explosivas de polvo en suspensión se evita por la operación de un equipo efectivo de control de polvos, bodegas y zonas de embarque donde materiales que producen polvo son almacenados o manejados solamente en bolsas o recipientes y otros sitios semejantes.

Fibras o materiales volátiles fácilmente inflamables.

Las áreas Clase III son aquellas que son peligrosas por la presencia de fibras o materiales volátiles fácilmente inflamables pero en los cuales tales fibras o volátiles normalmente no se encuentran en suspensión en el aire en cantidades suficientes para producir mezclas inflamables. Las áreas I y III se dividen en la siguiente forma:

Una área Clase III División I es aquella en la cual se manejan fabrican o utilizan fibras fácilmente inflamables o materiales que producen volátiles combustibles.

Estas áreas generalmente incluyen plantas textiles de rayón, algodón y fibras semejantes; plantas procesadoras de fibras combustibles, molinos de semilla de algodón, plantas procesadoras de lino, fábricas de ropa, talleres de carpintería y todas

las industrias y talleres que tienen procesos o condiciones semejantes.

Entre las fibras y materiales volátiles fácilmente inflamables se encuentran el rayón, el algodón, el henequén, el ixtle, el yute, la fibra de coco, el cáñamo, la estopa, la lana vegetal, el musgo, la viruta y otros materiales similares.

Una área Clase III División 2 es aquella en la cual se manejan o almacenan fibras fácilmente inflamables, con excepción del lugar donde se fabrican.

Para que halla fuego o una explosión deben reunirse tres condiciones:

- 1.- Un líquido inflamable, vapor o polvo combustible debe estar presente en el ambiente en cantidades suficientes.
  - 2.- El líquido inflamable, vapor o polvo combustible debe mezclarse con aire u oxígeno en las proporciones requeridas para producir una mezcla explosiva.
  - 3.- Una fuente de energía debe aplicarse a la mezcla explosiva.
- De acuerdo con estos principios, debe considerarse tanto la cantidad de líquido inflamable o vapor que puede encontrarse en el ambiente, como sus características físicas. Por ejemplo: los gases más ligeros que el aire se dispersan tan rápidamente en la atmósfera que excepto en espacios confinados, no producen mezclas peligrosas en áreas cercanas a instalaciones eléctricas. Los vapores procedentes de líquidos inflamables tienen también una tendencia natural a dispersarse en la atmósfera y se diluyen rápidamente a concentraciones menores al límite inferior del rango inflamable (explosivo) especialmente cuando existe movimiento de aire. La probabilidad de que la concentración de gas se encuentre por arriba del límite máximo del rango inflamable o explosivo no proporciona ninguna garantía, ya que la concentración debe pasar primero dentro de los límites de dicho rango.

"El análisis de estas condiciones básicas es el principio para la clasificación de áreas peligrosas".

Después de que una área ha sido clasificada según su Clase, -

Gupo y División, debe seleccionarse el equipo eléctrico adecuado que puede ser usado en dicha área.

Para poder determinar el tipo de equipo eléctrico que debe usarse, es necesario estudiar cuidadosamente la clasificación de las diferentes áreas. Existen en la literatura muchos documentos que ayudan a la determinación de los límites de las Divisiones 1 y 2. La correcta clasificación debe proporcionar instalaciones eléctricas seguras y también permitir el uso de equipo más económico. Algunos de los documentos que pueden usarse como referencias son:

API RP 500 que muestra los límites de las Divisiones.

NEC los artículos 511, 513, 514, 515 y 516.

NEPA 70 C.

Un problema que se presenta frecuentemente es el de como clasificar un gas, un polvo que no está listado en el NEC. Hay muchas maneras de obtener la información. Una forma sería el revisar los estándares internacionales o revisar las publicaciones de la Comisión Electrotécnica Internacional.

Si es necesario, cualquier gas puede ser clasificado mediante el uso del equipo de Underwriters Laboratories.

#### 3.11.4 Diseño de sistemas eléctricos.

El Código Nacional Eléctrico NEC especifica los requisitos para instalar equipo eléctrico. Debe tenerse en cuenta que estos son los requisitos mínimos de seguridad. Pueden añadirse requisitos adicionales para obtener instalaciones seguras. La creación de la OSHA, ha originado la necesidad de que todas las instalaciones eléctricas cumplan con el NEC.

La OSHA también exige que todos los locales peligrosos cumplan con las especificaciones del NEC de 1971.

Un nuevo punto añadido al NEC de 1971 exige especial atención del Ingeniero de Diseño.

Este punto es el requisito de límite de temperatura. El Código exige que todos los equipos eléctricos que producen calor sean marcados con una clasificación de temperatura tal como se muestra en la

tabla 500-2(b) del Código. Este requisito se modificó en el Código de 1975, el cual señala que cualquier aparato que opere a una temperatura inferior a 100°C no necesita marcarse. De hecho esto significa que las luminarias, motores y otros equipos similares deben marcarse.

Los requisitos para áreas Clase I División 2 han sido modificados en el NEC de 1978. Los equipos eléctricos para dichas áreas pueden ahora operar a temperaturas iguales a la temperatura de ignición de la atmósfera que los rodea. Anteriormente podían operar solo a una temperatura máxima del 80% de la temperatura de ignición de tal atmósfera.

### 3.11.5 Tipos de equipo.

El equipo eléctrico puede usarse con seguridad en áreas peligrosas siempre y cuando haya sido construido en una forma adecuada para una área definida de acuerdo con su Clase, Grupo y División.

Hoy en día en los E.U. diversos tipos de construcción de equipo se aceptan como apropiados para áreas Clase I. El más comunmente usado es equipo construido a prueba de explosión. Este tipo de construcción requiere que la envolvente sea bastante fuerte para resistir la explosión interna de un determinado gas o vapor y que impida la ignición del gas o vapor que se encuentra en la atmósfera por chispas o flamas que provengan del interior o por el aumento de la temperatura en la superficie de la envolvente.

Generalmente estas envolventes se hacen de fierro, acero o aluminio con un diseño que impida el paso de la flama o el escape de la presión interna.

Comunmente se utilizan dos tipos de juntas. Una es la junta plana rectificada que se muestra en la siguiente figura 1.

En este tipo de unión, las dos superficies se mantienen perfectamente unidas por medio de tornillos. El ancho mínimo para el paso de la flama es de 3/8", con un claro máximo de 0.0015". La experiencia ha demostrado que este claro previene que los gases calientes escapen al exterior.

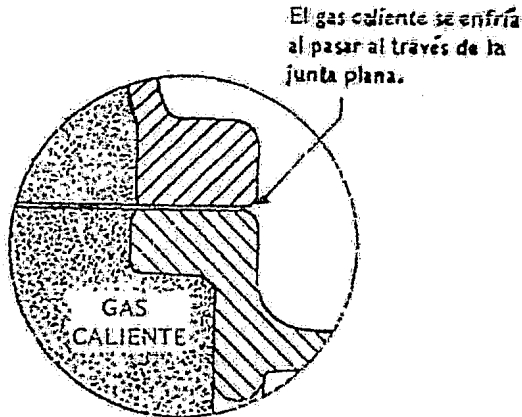


Figura 1: Junta Plana

Otro tipo de junta que frecuentemente se utiliza es la tapa rosca

cada que se muestra en la figura 2 El gas caliente se enfría al pasar al través de la junta roscada.

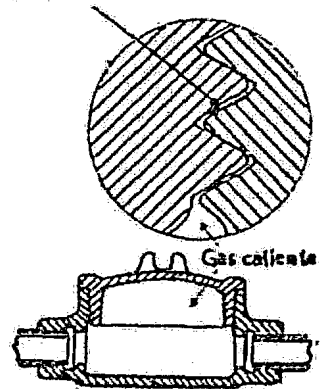


Figura 2: Junta Roscada

Este tipo requiere que un mínimo de cinco hilos de rosca estén en contacto. Cuando dentro de la envolvente ocurre una explosión los hilos de la rosca de la tapa se aprietan contra los hilos de la rosca del cuerpo, forzando así al gas caliente a recorrer toda la trayectoria helicoidal entre el cuerpo y la tapa lo que lo enfría suficientemente antes de lograr salir a la atmósfera circundante.

También pueden aceptarse otros tipos de equipo para áreas peligrosas. Entre ellos podemos nombrar los tipos de equipo sumergidos en aceite, equipo presurizado y equipo intrínsecamente seguro. El uso del equipo sumergido en aceite está declinando. En este tipo, el equipo eléctrico se sumerge completamente en aceite lo

que impide que el gas peligroso se ponga en contacto con dispositivos que forma el arco eléctrico. Este tipo de equipo se usa frecuentemente en aparatos grandes de control donde no es práctico utilizar equipo a prueba de explosión.

La instalación de equipo presurizado está especificado en el boletín 496 del NFPA. Este equipo requiere que aire limpio y gas inerte se bombee dentro del sistema eléctrico lo que impide que el gas peligroso penetre.

El uso principal de este tipo de equipo es en cuartos de control, gabinetes para instrumentos grandes y motores de medio y alto voltaje.

El equipo intrínsecamente seguro es un equipo eléctrico especialmente diseñado para limitar la energía disponible a un nivel tan bajo que no produzca una chispa, ni caliente la superficie para encender un gas, vapor o polvo específico. Los requisitos de instalación de este equipo están especificados en el boletín 493 del NFPA. Los circuitos eléctricos deben funcionar de tal modo que los voltajes inducidos no se apliquen sobre el alambrado eléctrico.

El principal tipo de equipo para áreas clase II es el equipo a prueba de ignición de polvo. Su diseño es diferente al del equipo para clase I, ya que se diseña para impedir la entrada de polvo en el equipo y no requiere soportar explosiones internas. La principal condición que debe reunir el equipo para áreas clase II es que opere bajo un manto de polvo, a una temperatura lo suficientemente baja para que no incendie o quemé el polvo. La mayor parte del equipo se diseña de tal modo que evita la acumulación del polvo.

El equipo que se instala en áreas clase III deberá ser capaz de operar a plena capacidad sin calentarse al grado de que cause deshidratación excesiva o carbonización gradual de las fibras o material volátil que se le acumule. El material orgánico carbonizado o excesivamente deshidratado es susceptible de incendiarse espontáneamente.

### 3.11.6 Selección de equipo.

La selección del equipo es una consideración importante. El equipo eléctrico debe ser apropiado para la clase y el grupo del área donde va a usarse. Sería muy peligroso un equipo para Clase I Grupo D, en atmósferas de hidrógeno. Esto es también cierto al usar equipo para Clase I en áreas Clase II.

En áreas Clase I, los dispositivos que forman arcos eléctricos como arrancadores e interruptores se construyen a prueba de explosión tanto para División 1, como para 2.

Muchos de los dispositivos que forman arco eléctrico apropiado para clase I, lo son también para la clase II.

Es recomendable hacer una revisión cuidadosa de la literatura de fabricantes (catálogos) en los cuales se identificarán los equipos adecuados para cada clase y grupo. Información adicional se encuentra en los artículos 510 y 502 del NEC que especifican los tipos de equipo permitidos para áreas peligrosas.

El NEC 78 reconoce el uso de tubería conduit metálica (a acero) para instalación en toda clase de áreas peligrosas. Debe ser roscado NPT, excepto en áreas donde se permite tubería conduit sin rosca.

### 3.11.7 Instalación

Al instalar el equipo, algunos puntos deben vigilarse para asegurarse que la instalación será adecuada.

I. Es importante que la tubería esté perfectamente apretada a las cajas o coples. Puesto que la tubería es la trayectoria de regreso para la falla de corriente, las roscas flojas pueden causar sobrecalentamiento y chis



pas. El NEC recomienda que el tubo conduit sea apretado con una llave de tuercas.

2. Los sellos constituyen otra consideración importante en áreas peligrosas. El código requiere que se instalen dentro de una distancia de 18" (45.72 cm) a los dispositivos que producen arco eléctrico, antes de entrar o salir de un área peligrosa, en todos los tubos conduit de 2" o más pulgadas de diámetro que salgan de una envolvente y que presenten derivaciones o empalmes.
3. El compuesto sellador que se use debe ser apropiado para tal fin. Estos compuestos se mezclan con agua, se expanden y al solidificarse, resisten el ataque de productos químicos, este proceso se llama 'curado'. Un sello bien curado impide el paso del gas o de la presión de un área a otra. La instalación del sello sin el compuesto no ofrece seguridad en la instalación.
4. Es conveniente disponer de medios para desconectar a control remoto el equipo de operación, además de los sistemas de arranque locales.
5. Los elementos críticos como el sistema de interruptores y transformadores deben localizarse tan lejos como sea práctico de las unidades de operación.
6. Identifíquense los conductos subterráneos dándole un color al concreto de las cubiertas.
7. Protéjase del calor los conductos externos.
8. Instálense fuentes de energía de emergencia.
9. La planta deberá estar bien alumbrada en todas sus partes para que los operadores puedan evitar choques y caídas.

10. La electricidad estática y los rayos constituyen riesgos reales para la operación de la planta de proceso. Vigíense las acumulaciones de eléctricida estática y sus descargas en los casos siguientes:

- a) En la maquinaria en movimiento (Bandas, transportadores, etc.)
- b) En las corrientes de fluídos de polvos.
- c) En los seres humanos.
- d) En los rayos

Se hace la protección conectando correctamente a tierra todo el equipo en las zonas donde se prevea la eléctricida estática. Cuando todo el equipo metálico descansa en cimientos de concreto, por ejemplo, deberá conectarse a tierra.

### 3.11.8 Corrosión

El uso de equipo eléctrico en ambientes corrosivos es un problema tradicional en la industria. Existe una solución satisfactoria a la mayor parte de los agentes corrosivos, si el usuario inspecciona y mantiene el equipo periódicamente. Se puede ver que la corrosión no es un problema grave si se selecciona el material adecuado para cada aplicación.

### 3.12 Lay Out

Para desarrollar un Plot Plant total para unidades de proceso en la industria, es necesario considerar un plan que protegerá contra el peligro potencial de fuego.

Un buen Lay Out provee seguridad intrínseca a través de la vida de la planta a menudo con un pequeño incremento en el costo inicial.

### 3.12.1 Consideraciones totales de un Lay Out

La industria de la refinación puede ser considerada como un grupo de áreas generales que incluyen: almacenamiento de crudo, productos intermedios, productos terminados, unidades de proceso, servicios de descarga, servicios, tratamiento de aguas y servicios administrativos, edificios.

### 3.12.2 Un Lay Out típico (fig. 1)

Ya que el fuego puede presentarse en la planta, una de las necesidades fundamentales de un Lay Out es la distribución adecuada.

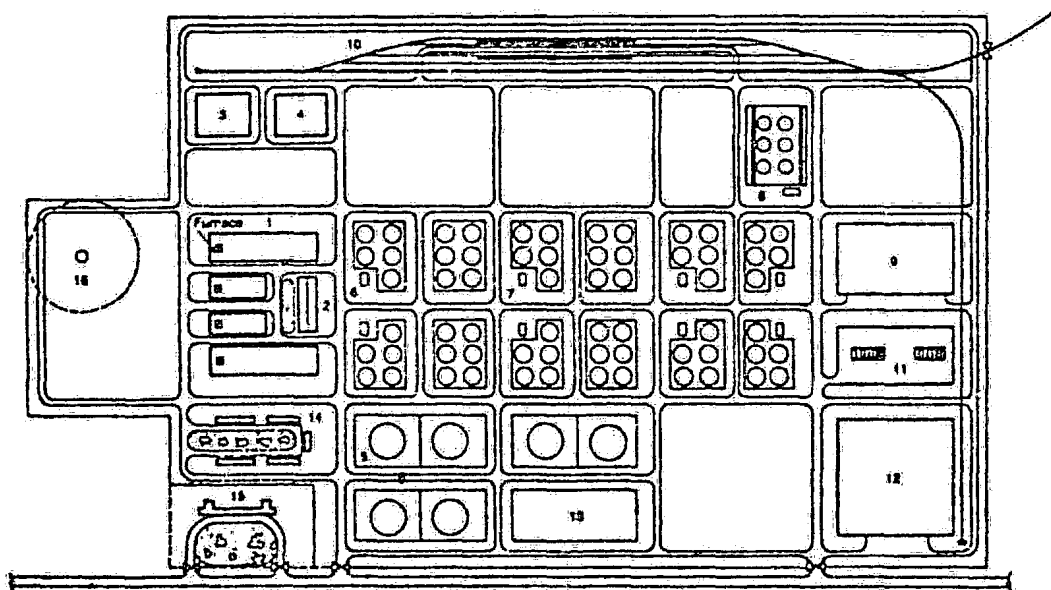
Los tanques, terminales de descarga, unidades de producción, unidades de proceso y edificios deben estar arreglados de tal forma que en caso de incendio en cualquiera de las áreas no se extienda a las áreas vecinas y el personal sea expuesto en un mínimo.

Es necesario tener en mente las consecuencias de la ocurrencia de un incendio en un área y su efecto en el resto de la planta.

El arreglo del Lay Out de la planta puede seguir la ruta general de flujo a las unidades de proceso con tanques interpuestos como sea necesario, seguido por el área de descarga de productos.

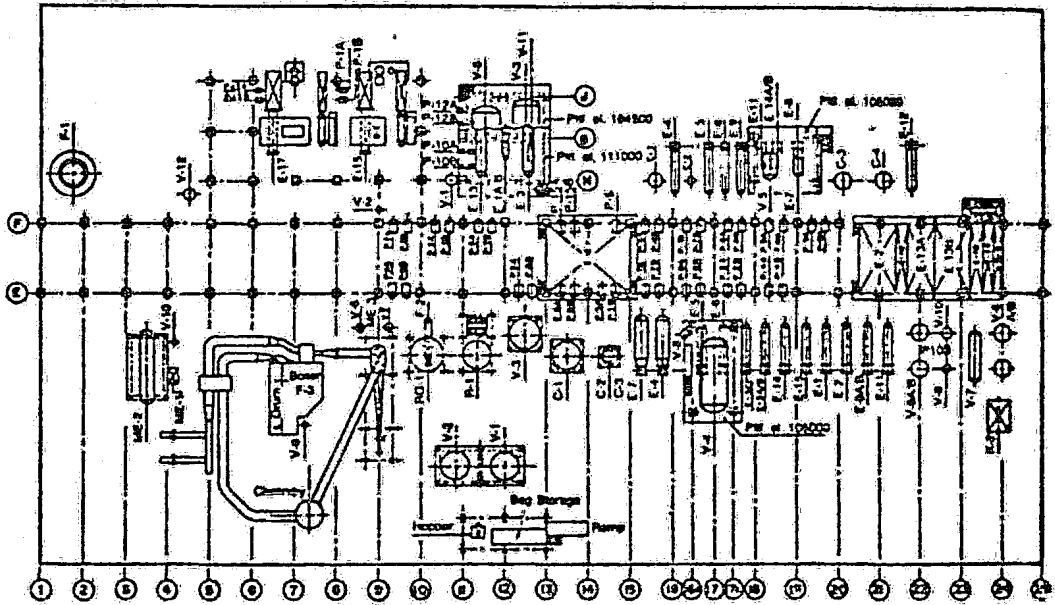
Alternativamente los tanques pueden estar arreglados a un lado de las unidades de proceso o en otras áreas a posiciones relativas.

Plot Plan típico de una Refinería



- |                                     |                                 |
|-------------------------------------|---------------------------------|
| 1. Unidades de Proceso              | 9. Llenado de tanques de L.P.G. |
| 2. Cuarto de control                | 10. Espuela de FFCC             |
| 3. Casa de fuerza                   | 11. Vía de FFCC                 |
| 4. Servicios                        | 12. Transporte de hidrocarburos |
| 5. Tanques de crudo                 | 13. Tratamiento de aguas        |
| 6. Tanques de productos intermedios | 14. Almacén, laboratorios       |
| 7. Tanques de producto terminado    | 15. Edificios de admon.         |
| 8. Esferas de L.P.G.                | 16. Flare Strack                |

Lay Out típico de una unidad de proceso.



- C. Columnas de Destilación
- E. Intercambiadores de calor
- F. Calentadores
- K. Compresores
- P. Bombas
- R. Reactores
- RG. Regeneradores
- ME. Depósitos

En cualquier caso los tanques deben ser colocados y protegidos del viento por las unidades de proceso.

### 3.12.3 Alternativas de acceso

La amplitud de los caminos de acceso deben ser lo suficientemente grandes, así como los radios de curvatura para facilitar la circulación de vehículos más grandes sin restricción de velocidad en caso de emergencia.

### 3.12.4 Consideraciones específicas

Algunos de los aspectos importantes de las unidades de proceso que deben considerarse en el desarrollo del Lay Out son los siguientes:

#### Secuencia de Flujo.

La secuencia de flujo y los procedimientos de operación deben ser completamente entendidos para que los arreglos del equipo en el Plot Plan puedan ser funcionales. El equipo debe ser arreglado en una secuencia lógica, las bombas pueden ser arregladas en filas cerca y a un lado del rack central, los cambiadores de calor y recipientes son agrupados juntos formando filas exteriores en ambos lados, los calentadores a fuego directo son instalados en las terminales de la unidad a una cierta distancia mínima del equipo.

### 3.12.5 Vientos dominantes.

Los vientos dominantes en el sitio deben ser identificados para permitir la operación adecuada de hornos, quemadores, operación con polvos (tales como el manejo de sulfuro) y torres de enfriamiento.

### 3.12.6 Problemas de Construcción.

Los problemas de construcción deben anticiparse para to  
do el equipo.

Las torres, reactores y otros equipos fijos tienen que ser localizados fuera de las áreas congestionadas en la planta para permitir cualquier maniobra en cualquier etapa de la construcción, esto proporcionará que la construcción progrese sin interferencias, los intercambiadores grandes y otros equipos que necesitan mantenimiento con grandes gruas móviles deben ser localizados en la pe  
riferia del Plot Plant.

### 3.12.7 Métodos de Mantenimiento.

Los métodos de mantenimiento para cada tipo de equipo de  
ben ser establecidos.

El equipo que requiere mantenimiento frecuente debe tener fácil acceso.

El arreglo de los equipos que tienen partes removibles debe ser de tal manera que faciliten el movimiento sin desmantelar o desmontar grandes longitudes de tubería.

### 3.12.8 Espaciamiento.

Los espaciamientos en los límites de baterías entre equi  
pos de proceso individuales deben ser suficientemente grandes para evitar problemas de exposición al fuego. No hay fórmula para determinar el espaciamiento mínimo ya que éste varía dependiendo de cada unidad.

### 3.12.9 Interespaciamiento.

La sugerencia general para el espaciamiento en varios cam

pos o áreas son presentados en las siguientes tablas (ver tablas al final del capítulo).

Estas tablas fueron desarrolladas como resultado de un estudio de muchos incendios y explosiones durante años.

#### 3.12.10 Expansión futura.

Una expansión futura deberá ser evaluada y una disposición de espacio debe ser considerada para las necesidades conocidas y desconocidas. Un ordenamiento lógico para la futura expansión también deberá de ser considerado. En la expansión de la planta o refinería los ser vicios de la planta serán normalmente previstos en el Lay Out original.

#### 3.12.11 Equipo pesado.

El equipo pesado algunas veces puede requerir de grandes cimentaciones, el ingeniero tendrá una idea aproximada de los tamaños de cimentación por equipo.

#### 3.12.12 Rack de tuberías.

Los racks de tuberías en equipos individuales, normalmente corren a lo largo del centro de líneas de cada uni dad.

Circuitos de tuberías críticas.

Los circuitos de tuberías críticas tales como líneas que conducen combustibles a equipos de fuego directo y líneas de condensados necesitan ser identificados y estar provis tos de espacios adecuados.



### 3.12.13 Compresores.

Los compresores deben estar localizados adecuadamente de acuerdo a la dirección de los vientos dominantes y suficientemente lejos de los calentadores.

### 3.12.14 Bombas

Las bombas no deben ser agrupadas en un área simplemente porque el arreglo parezca adecuado, si no que deben de estar localizadas en tal forma que su funcionamiento sea adecuado y seguro.

Las bombas con altas presiones de descarga deben ser aislados de los equipos principales de proceso y de otras bombas.

### 3.12.15 Cambiadores de calor

Los cambiadores de calor deben ser localizados de tal manera que estén a una distancia por lo menos de 15 metros de cualquier equipo de proceso y a 8 metros de otros cambiadores.

### 3.12.16 Recipientes

Los recipientes de gran tamaño deben ser instalados a una altura mínima y de preferencia a un mismo nivel. Un drenaje adecuado debe ser provisto en cualquier recipiente y aún más cuando estos están instalados a un mismo nivel, deben estar localizados en áreas abiertas y de preferencia en los límites de batería.

### 3.12.17 Efluentes.

Los sistemas de colección y de drenaje deben desarrollarse de acuerdo con el Lay Out del equipo. Generalmente la

línea principal de colección es subterránea con registros de hombre, éstos son localizados en cualquiera de los la dos del rack principal de tuberías para proporcionar la colección de desperdicios, de derrames, lavados, trampas, mangueras, etc.

Si los desperdicios esperados son de diferentes tipos ta les como aceites, cáusticos, ácidos, etc. El equipo debe ser agrupado acordeamente y la separación de los colec tores debe ser considerada.

El establecimiento de drenaje para posibles deramamien tos de líquidos debajo de los colectores debe recibir es pecial consideración. Si es posible, el piso debajo de los colectores debe tener cierta pendiente para que en caso de derramamiento, fluyan y se recolecten ahí mismo y no fluyan hasta otros equipos de proceso: El drenaje de los calentadores debe ser aislado de los demás drenajes de la planta.

### 3.12.18 Tanques

Los tanques no deben estar localizados dentro de los lí- mites de batería de cualquier unidad de proceso. Mien- tras que otros equipos como los desaeradores si pueden estar dentro de las unidades de proceso.

### 3.12.19 Cuarto de control

El cuarto de control debe ser colocado centralmente pero a una distancia segura de la unidad de proceso.

El cuarto de control debe ser provisto con medios alter- nativos de salida y con puertas que de preferencia se ha bran hacia afuera. Las puertas deben ser de acero o de metal a prueba de fuego para proporcionar máxima protec- ción, los pisos deben estar sobre el nivel de los pisos circundantes para prevenir el ingreso de algún material

peligroso.

Cuando el tablero de instrumentos no forma parte de una pared o sea que no es del tipo integrado, el espacio entre el panel y la pared debe ser protegido para evitar el tránsito por el mismo.

### 3.12.20 Area de tanques

Ha habido una gran tendencia hacia la instalación de tanques de almacenamiento de gran capacidad. Estos tanques de almacenamiento plantean un alto riesgo de exposición al fuego y debe garantizarse una cuidadosa distribución para su instalación.

Debido a que la mayoría de los vapores de hidrocarburos son más pesados que el aire, la localización del área de tanques debe recibir consideraciones de acuerdo con los vientos dominantes con el objeto de minimizar la posibilidad de que gases y vapores desprendidos sean un peligro potencial.

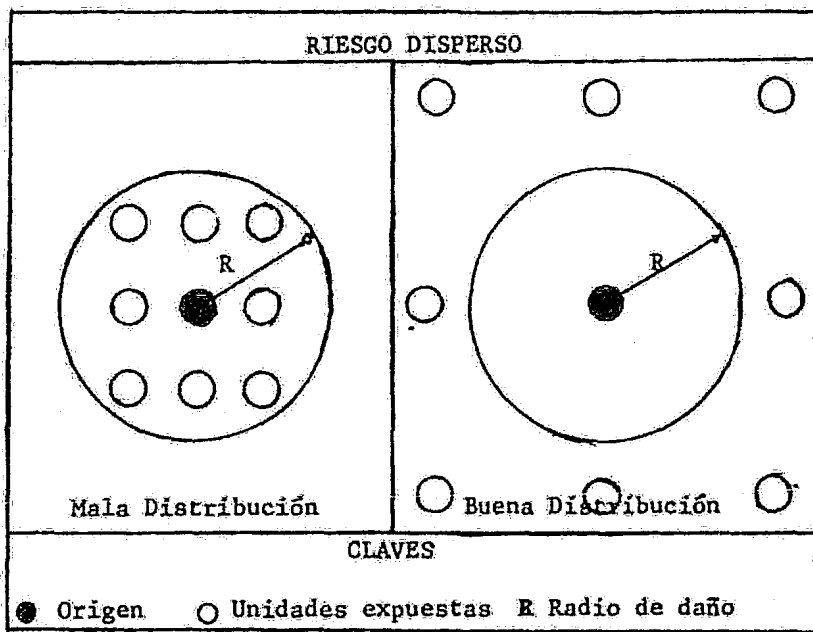
Cada área de tanques debe estar provista con no más de dos filas de tanques para que cada tanque sea alcanzable por el acceso lateral para la extinción del fuego, sin embargo los tanques de mayor capacidad deben estar en una sola fila.

### 3.12.21 Espaciamiento adecuado

Debe existir un espaciamiento adecuado entre tanques individuales y entre el área de tanques y el área de procesos, ya que la energía radiante puede dañar a los tanques adyacentes y podría presentarse algún problema de ignición de fuego en los tanques.

No es recomendable construir un dique común para varios tanques debido a que en caso de incendio, el fuego extendería a otros tanques.

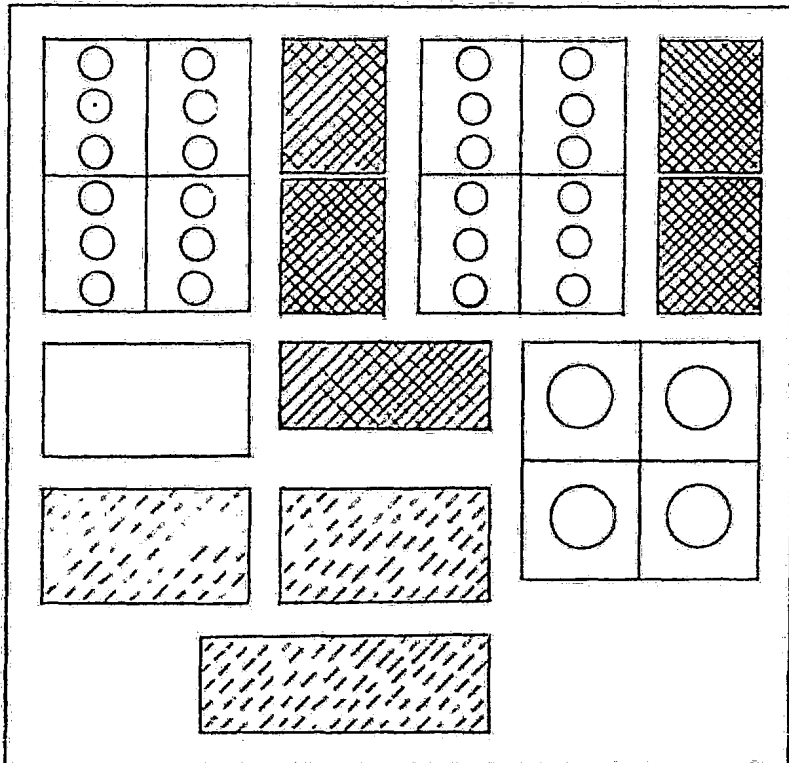
Espaciamiento adecuado como medida de seguridad.



Los siguientes esquemas nos muestran:

- a) Un espaciamiento incorrecto
- b) Un espaciamiento correcto

A)

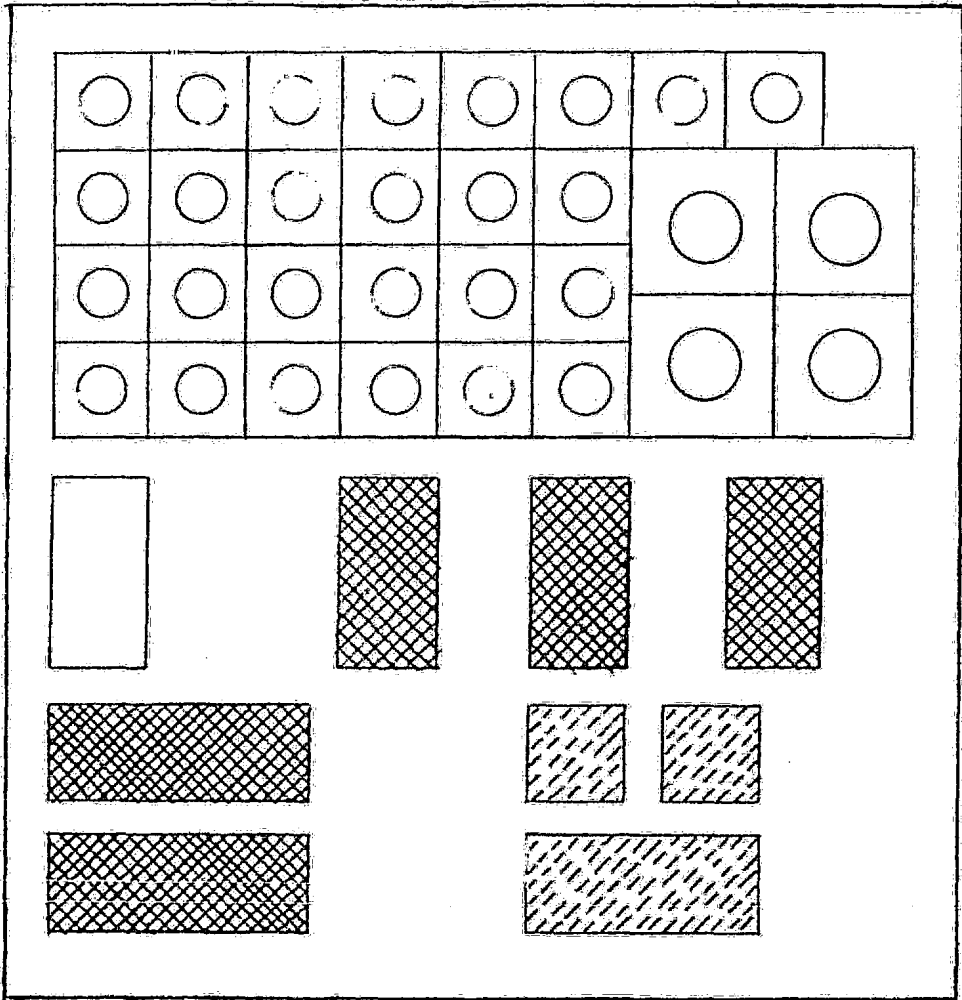


GLAVES

- Tanques
- Servicios
- ▣ Unidades de proceso
- ▤ Oficinas

En este esquema podemos observar que la distribución o arreglo de equipo es incorrecta ya que los tanques están localizados entre las unidades de proceso.

B)



En este esquema podemos observar que el arreglo es correcto ya que los elementos de la planta están bien distribuidos o espaciados.

### 3.12.22 Estaciones de bombeo

Las estaciones de bombeo deben ser instaladas fuera del área de tanques no solamente porque los motores son una fuente de ignición, sino también porque son vitales para la transferencia de productos a tanques seguros en caso de emergencia. Sistemas alternativos deben ser colocados para el bombeo en lugar de motores accionados por energía eléctrica. Estos sistemas alternativos pueden ser motores de combustión interna.

### 3.12.23 Almacenamiento de L.P.G.

El sistema de almacenamiento es considerablemente seguro cuando está diseñado y construido en base a códigos y estándares apropiados y además cuando se da una operación y un mantenimiento adecuado, el peligro de una falla catastrófica es muy remota. Aparte de los sistemas de relevo de presión y otros sistemas de seguridad contra sobrelleado el Lay Out juega un papel importante. El sistema de almacenamiento debe ser localizado a favor de los vientos dominantes en las unidades de proceso y otros edificios importantes, también puede ser localizado lejos de las unidades de proceso pero dentro de los límites de la planta.

El fondo del tanque de almacenamiento de L.P.G. debe ser impermeable y con una pendiente y un gradiente máximo posible en el caso de que ocurra un derrame, en el caso de derramamiento de L.P.G. se colectará en un pozo colector antes que se acumule en la base del recipiente.

El pozo colector del derrame deberá estar a una distancia tal de los recipientes, que la flama del fuego no pueda alcanzar a los tanques o recipientes. La capacidad del pozo colector deberá ser equivalente a un 5 a 10% del volumen de los recipientes que se encuentran en el área.

La barrera no deberá ser mayor de 300 mm. de tal manera que haya una ventilación adecuada.

El Lay Out de los tanques horizontales de almacenamiento deberá estar de tal manera que se eje longitudinal no apunte a estructuras de alto valor, áreas importantes o vitales de proceso. La experiencia ha mostrado que estos tanques pueden sufrir ruptura al estar expuestos al fuego en caso de incendio, al fuego puede ser impulsado a una distancia considerable a lo largo de su eje longitudinal debido a un efecto cohete.

Los tanques horizontales deberán mantenerse en una hilera solamente. Si son requeridos en hileras múltiples, los tanques deberán ser arreglados de tal manera que se minimicen riesgos en cualquiera de los recipientes ya que puede haber un impulso entre uno y otro tanque. Las esferas son consideradas tan seguras como los tanques horizontales y pueden ser localizadas en una o dos hileras en el área de tanques.

Los caminos deberán ser construídos a la orilla del área de tanques y se construirá un camino directo para acercarse a cada tanque por la orilla del camino. El drenaje del agua de los tanques de L.P.G. deberá ser extendido hasta el pozo colector y el drenaje deberá estar provisto de doble válvula.

### 3.12.24 Estación de llenado de L.P.G.

Esta deberá ser localizada en un lugar seguro con un mínimo posible de acceso a camiones transportadores. La estación de llenado deberá estar orientada de acuerdo a los vientos dominantes en la planta.

Es necesario preveer una ventilación adecuada para evitar concentración de gas L.P.G. sobre los pisos.



La estación puede ser planeada para el acomodo de cilindros llenos y vacíos en áreas separadas y el llenado y el medio de transporte de L.P.G. deberán estar en un área separada con orientación hacia los vientos dominantes a un lado de la estación. Los transportes de los tanques de L.P.G. deberán tener arrestadores de flama apropiados para un vacío.

### 3.12.25 Racks de carga de carros tanque

En caso dado que sean arreglados en la periferia de la planta, se deberá reducir el cruce de caminos y rieles desviándolos.

En refinerías grandes donde los productos son enviados por carros tanque se planean con cuidado las vías y señales de ferrocarril durante el arreglo del terreno.

Un espaciamiento adecuado entre dos racks de carga colocados en línea paralela para protección en caso de fuego.

### 3.12.26 Racks de carga a camiones

Deberán estar fuera tanto como sea posible de los tanques de almacenamiento y de las estructuras importantes. Los camiones no deben pasar a través de áreas importantes y cualquier otra área entre el camino principal y el rack. Los racks de carga deberán ser limitados en tamaño a fin de un buen arreglo. El área de racks deberá estar completamente pavimentada, bardeada y drenada, así como los derrames de camiones y equipo, los pozos y drenajes deben ser adecuados a los flujos. Se deberá proveer de espacio suficiente para tener un amplio radio de curvatura para la entrada y salida de camiones del rack. Deberá de haber un espacio adecuado para estacionamiento de los camiones de carga. Se deberán

colocar "topes" lo suficientemente altos y deberán ser instalados alrededor de las zonas de carga para evitar choques entre camiones y daños a los racks. Para evitar los choques entre los camiones dentro de la refinería, las puertas de entrada y salida deberán estar separadas y además debe de haber indicaciones de entrada y salida por medio de flechas.

Los switches para el paro de las bombas deberán estar localizados remotamente de el área de tanques y del rack, estas bombas deberán estar en un lugar accesible para los casos de emergencia, se deberán instalar en una de las otras áreas.

### 3.12.27 Edificios

Los talleres, almacenes y estacionamientos etc., pueden ser agrupados en un block. Talleres y almacenes deberán ser arreglados para proveer un servicio conveniente al equipo de proceso. Deben ser provistos de espacios abiertos adyacentes a talleres y almacenes para almacenamiento de materiales en bulto.

Productos químicos y catalizadores son usados ambos en forma líquida y sólida y son empacados en tambores o bolsas dentro de un almacén.

El almacenamiento de ácido, cáusticos y fenol debe ser en tanques.

Usualmente los almacenes son localizados cerca de las vías del ferrocarril. Materiales químicos no peligrosos pueden permanecer en el área de las unidades de proceso. Los reactivos químicos no deberán ser almacenados en la misma área de los materiales combustibles.

Las oficinas, comedor, primeros auxilios y la central telefónica pueden ser agrupados en un acercamiento independien

te en un extremo de la planta. Estas oficinas deberán permanecer preferentemente en los límites de la planta.

La estación de bomberos deberá estar localizada lejos de las áreas de proceso tanto que el equipo y el personal estén seguros en caso de explosión.

El acercamiento de la estación de bomberos deberá estar en línea recta libre de tráfico y otros obstáculos.

### 3.12.28 Servicios

Los medios para la generación de vapor electricidad (casa de fuerza) están generalmente en bloques contiguos en unidades separadas.

Los equipos de generación y equipos motrices deberán estar localizados en un área segura a 60 metros mínimo de las áreas peligrosas. En suma los servicios de una planta son tratamiento de aguas para alimentación a calderas, deaeradores, bombas de alimentación a calderas, aceites combustibles para calentamiento, equipo de bombeo, servicio de aire comprimido, agua de enfriamiento, electricidad.

Las torres de enfriamiento pueden ser localizadas dentro del bloque de servicios a la planta junto con las bombas de agua recirculada y bombas de agua contra incendio.

### 3.12.29 Cables de electricidad y líneas de instrumentos

Los cables de distribución y control de energía y alumbrado son los primeros en destruirse en caso de incendio.

Lo primero es reducir la tensión para evitar la destrucción de los cables, los cables deberán ir enterrados cuando sea posible, las rutas deberán estar lejos de las áreas expuestas a un incendio potencial, estructuras cerradas o sobre áreas principales.

Las instalaciones deberán ser a prueba de explosión.

Un aislamiento térmico dará una vital protección.

### 3.12.30 Protección contra incendio.

En suma un buen Lay Out y un diseño adecuado, un programa para la prevención de daños y pérdidas, un buen sistema para combatir el fuego son medios necesarios para minimizar las pérdidas.

El sistema de agua contra incendio deberá ser considerado desde los primeros pasos en el diseño de la planta y darle la misma atención como a cualquiera de los principales circuitos del proceso, esto es con un mínimo de requerimientos y un máximo de confiabilidad.

Un ingeniero con experiencia en sistemas de protección contra incendio deberá revisar constantemente los sistemas contra incendio, según las bases originales en el diseño del proceso.

La decisión final, así como la localización de monitores, hidrantes, válvulas, sistema espreado, sistema de espuma, deberá ser hecha sobre la base de un uso óptimo.

### 3.12.31 Drenaje y agua de desecho industrial

El drenaje es un medio que generalmente se requiere para tirar desechos de las diferentes áreas de la planta provenientes de diferentes tipos de sistemas. Las áreas que son ocupadas por edificios o servicios que no tiran al drenaje hidrocarburos o sustancias químicas pueden ser aisladas para una apropiada clasificación y ser arreglados en trincheras y ser tirados sin tratamiento previo.

El Lay Out de una refinería deberá contemplar un sistema de desalojo de aguas de desecho aceitosas. El sistema consistirá de un ramal principal de alcantarillado con líneas conectadas al área de tanques, unidades de proceso, área de tanques en los racks de carga, estaciones de bombeo y otras áreas de proceso. El alcantarillado principal debe ser aislado de los ramales para incertar tapas en los registros de inspección.

Las tapas de los registros de inspección deben estar previstos en cada servicio/unidad antes de unir el alcantarillado principal.

En conveniente instalar una trampa de aceite fuera de la refinería en el drenaje de agua.

La planta del sistema de tratamiento de aguas deberá ser localizada en una parte baja del complejo para evitar una excesiva escavación y que por gravedad llegen las líneas principales y así evitar los sistemas de bombeo.

### 3.12.32 Plot Plant total

Como se dijo anteriormente, el plot plant del área de proceso deberá ser construído en detalle para cada unidad.

El plot plant total requiere dimensiones aproximadas de grandes y pequeñas piezas de equipo, involucrará amplias investigaciones entre los libros de referencia, literatura y experiencias pasadas. Ninguna guía puede incluir todo. Lay Outs alternativos desarrollados basados en los diagramas y parámetros antes descritos, deben ser evaluados sobre los siguientes factores y bases: Seguridad, Construcción, Operación, Mantenimiento, Futura Expansión y Costo inicial.

GENERAL RECOMMENDATION FOR SPACING IN PETROCHEMICAL

MINIMUM DISTANCE IN FEET																																						
		PROCESS UNIT - HH	PROCESS UNIT - LH	TANK FARMS - HH	TANK FARMS - LH	PRODUCT HOUSES - LH	SHIPPG. & REC'G - LH	SHIPPG. / REC'G - HH	SERVICE BUILDINGS	BOILER AREA	FIRE PUMPS	EMERGENCY CONTROLS	WATER SPRAY CONTROLS	TURRET HOZZLES	EMERGENCY FLARES	PILOT PLANTS	LARGE CO																					
PROCESS UNIT	HIGH <sup>A</sup> & HAZARD	200																																				
PROCESS UNIT	LOW <sup>A</sup> HAZARD	100	50																																			
TANKS FARMS	HIGH <sup>C</sup> HAZARD	250 <sup>1</sup>	250 <sup>1</sup>	1.5 dia larger																																		
TANKS FARMS	LOW HAZARD	200 <sup>2</sup>	100 <sup>3</sup>	one dia larger	1.5 dia larger																																	
PRODUCT WAREHOUSE	LOW <sup>D</sup> HAZARD	150	50	250	100	50																																
SHIPPING & RECEIVING	HIGH <sup>E</sup> & F HAZARD	200	200	150 <sup>2</sup>	100 <sup>3</sup>	150	50																															
SHIPPING & RECEIVING	LOW HAZARD	150	100	100	50	20	50	--																														
SERVICE BUILDINGS	<sup>G</sup>	200	100	200	100	100	150	100	see bldg chart																													
BOILER AREA		200	150	200	150	100	200	100	100	--	--																											

50-100 TO CENTER OF TARGET

FOR 100' FLARE THAT IS 25' ABOVE SURROUNDING EQUIPMENT, USE 300'

50 TO 250

RECOMMENDED SPACING WITHIN PROCESS UNITS

	REACT.	COMP.	TANKS	FRACT. EQUIP.	CONT. ROOMS												
REACTOR	25 <sup>6</sup>																
SMALL COMPRESSOR HOUSE OR PUMP HOUSE	40 <sup>4</sup>																
INTERMEDIATE STGE. TANKS HIGH HAZARD RUNDOWN-FEED	100-200	100-200	one dia <sup>7</sup>														
FRACTIONATION EQUIPMENT	50	30	100														
CONTROL ROOMS *	50 <sup>2</sup> 100	50- 100	100	50- 100	10												

\* CONTROL HOUSES SERVING UNUSUALLY LARGE OR HAZARDOUS UNITS AND CENTRAL CONTROL HOUSES FOR MULTIPLE UNITS OR HOUSING COMPUTER EQUIPMENT, REQUIRE GREATER SPACING AND MAY REQUIRE BLEST RESISTANT CONSTRUCTION.

1. FOR SPEC. VERTICAL TA
2. FOR SPEC. VERTICAL TA
3. FOR SPEC. VERTICAL TA

GENERAL RECOMMENDATION FOR SPACING IN PETROCHEMICAL PLANTS

PROCESS UNIT - HH	PROCESS UNIT - LH	TANK FARMS - HH	TANK FARMS - LH	PRODUCT WAREHOUSES - LH	SHIPPING & RECEIVING - LH	SHIPPING / RECEIVING - HH	SERVICE BUILDINGS	BOILER AREA	FIRE PUMPS	EMERGENCY CONTROLS	WATER SPRAY CONTROLS	EMERGENCY HOZZLES	PILOT PLANTS	LARGE COOLING TOWERS	FIRE HYDRANTS	FIRED PROCESS HEATERS	
							250	100	50	50-100 TO CENTER OF TARGET	FOR 100' FLARE THAT IS 25' ABOVE SURROUNDING EQUIPMENT, USE 300'	200	150	50-100			
							150	50				200	100	50			
1.5 dia larger							250		100			250	250	200			
one dia larger	1.5 dia larger						200					200	200	200			
1	3	4					200					200	150	100			
2	3	150	50				150	100	150			200	200	200			
100	50	20	50	--			100	50				150	150	100			
200	100	100	150	100	see bldg chart		100					200	100	100			
200	150	100	200	100	100	--	--					200	100	100			

- A. DISTANCE BETWEEN PROCESS UNITS IS MEASURED FROM BATTERY LIMITS.
- B. A HIGH HAZARD PROCESS UNIT HAS EXPLOSION CLASSIFICATION UNDER PETROCHEMICAL SCHEDULE OF E-4 OR E-5
- C. HIGH HAZARD TANKS ARE CLASS "D" UNDER THE ABOVE SCHEDULE. CLASS "E" REQUIRES SPECIAL CONSIDERATION.
- D. HIGH HAZARD PRODUCT WAREHOUSES CONTAIN UNSTABLE MATERIALS, LOW FLASH, FLAMABLE LIQUIDS, OR HIGHLY COMBUSTIBLE SOLIDS. THESE REQUIRE SPECIAL CONSIDERATION.
- E. HIGH HAZARD SHIPPING AND RECEIVING DENOTES STABLE MATERIALS WITH FLASH POINT BELOW 110°F.
- F. HIGH HAZARD SHIPPING AND RECEIVING OF UNSTABLE MATERIALS REQUIRES SPECIAL CONSIDERATION.
- G. SERVICE BUILDINGS INCLUDE OFFICES, GATE HOUSES, CHANGE HOUSES, LABORATORIES, SHOPS GARAGES, MAINTENANCE WAREHOUSES, CAFETERIAS HOSPITALS, ETC. EXPERIMENTALS LABORATORIES CLASSIFY AS PROCESS UNITS.
- H. KEEP OPEN FLAMES 100' FROM VAPOR HAZARD AREA
- I. DEVIATION FROM THESE DISTANCES REQUIRES SPECIAL PROTECTIVE INSTALLATIONS SUCH AS FIXED FOAM SYSTEMS, WATER SPARY, AUTOMATIC SPRINKLERS, FIRE SYSTEM GRADING OF 4 OR BETTER, OR SUPERIOR CONSTRUCTION.
- J. IN BARETERLINE CASES, HIGH VALUE REQUIRES HIGH HAZARD CLASSIFICATION.
- K. VERTICAL STORAGE TANKS SHOULD BE INDIVIDUALLY DIKED. IF NOT, CAPACITY IN SINGLE DIKE SHOULD NOT EXCEED 25,000 BBLs. FOR HORIZONTAL STORAGE TANKS, MAXIMUM IS 400,000 GALLONS PER GROUP, WITH 100' BETWEEN GROUPS, OR OTHER SUITABLE ARRANGEMENT

RECOMMENDED SPACING WITHIN PROCESS UNITS

COMP.	TANKS	FPACT. EQUIP.	CONT. ROOMS													
one dia																
100																
100	50-100	10														

LARGE OR HAZARDOUS UNITS AND CENTRAL OR HOUSING COMPUTER EQUIPMENT, REQUIRE BLEST RESISTANT CONSTRUCTION.

- 1. FOR SPEC. VERTICAL TANK, USE 5 DIA.
- 2. FOR SPEC. VERTICAL TANK, USE 4 DIA.
- 3. FOR SPEC. VERTICAL TANK, USE 3 DIA.

- 4. STANDARD FIREWALL AND SPRINKLERED WAREHOUSE ACCEPTABLE. LIMIT WAREHOUSE TO MAXIMUM 25,000 SQ. FT. FLOOR AREA.
- 5. TWO STATIONS DESIRABLE.
- 6. BARRICADES DESIRABLE FOR HAZARDOUS REACTORS.
- 7. OVER 100,000 GALLONS REQUIRES SPECIAL CONSIDERATION.

GENERAL RECOMMENDATIONS FOR SPACING IN REFINER

MINIMUM DISTANCE IN FEET

	SERVICE BUILDINGS	PROCESS UNITS	BOILERS, UTILITY & ELECT. GENERATING EQUIP., ETC.	FIRED PROCESS HEATERS	PROCESS VESSELS, FRACTIONATING EQUIP., ETC.	GAS COMPRESSOR HOUSES	LARGE OIL PUMP HOUSES	CONTROL HOUSES	COOLING TOWERS	CONTROLS FOR DROPOUT SYSTEM SNUFFING & SPRAY	BLOWDOWN DRUMS & FLARE STACKS	PRODUCT STORAGE TANKS	RUNDOWN TANKS	BLENDING TANKS	HAZARDOUS LDG. & UNLOADING FACILITIES, INC. DOCKS	FIRE PUMPS
SERVICE BUILDINGS	see bldg chart															50 <sup>1</sup>
PROCESS UNITS	100	50- <sup>3</sup> 100														50- <sup>1</sup> 100
BOILERS, UTILITY & ELECT. GENERATING EQUIP., ETC.	100	100	—													50- <sup>1</sup> 100
FIRED PROCESS HEATERS <sup>2</sup>	100	50 <sup>2</sup>	100	25 <sup>2</sup>												50- <sup>1</sup> 100
PROCESS VESSELS, FRACTIONATING EQUIP., ETC.	100	—	100	50 <sup>2</sup>	—											50- <sup>1</sup> 100
GAS COMPRESSOR HOUSES	100	—	100	100 <sup>2</sup>	30	see bldg chart										50 <sup>1</sup>
LARGE OIL PUMP HOUSES	100	—	100	100 <sup>2</sup>	20	30	see bldg chart									50 <sup>1</sup>
CONTROL HOUSES *		—	100	50 <sup>2</sup>	50	50	30	see bldg chart								50 <sup>1</sup>
COOLING TOWERS	50- 100	100	100	100 <sup>2</sup>	100	50- 100	50- 100	50- 100	25- <sup>5</sup> 50							50- <sup>1</sup> 100
DROPOUT CONTROLS, STEAM SNUFFING, & WATER SPRAY C.	—	—	—	50 <sup>2</sup>	50	50	20	SEE <sup>7</sup> NOTE	50	—						—
BLOWDOWN DRUMS & FLARE STACKS	200- 300	200- 300	200- 300	200- 300	200- 300	200- 300	200- 300	200- 300	200- 300	200- 300	200- 300	—				100 <sup>1</sup>
PRODUCT STORAGE TANKS <sup>11</sup>	200	250 <sup>4</sup>	250 <sup>4</sup>	250 <sup>4</sup>	250 <sup>4</sup>	250 <sup>4</sup>	250 <sup>4</sup>	250 <sup>4</sup>	250 <sup>4</sup>	250 <sup>4</sup>	200- 300	SEE <sup>9</sup> NOTE				50- <sup>1</sup> 100
RUNDOWN TANKS	100	200 <sup>5</sup>	200 <sup>5</sup>	200 <sup>5</sup>	200 <sup>5</sup>	200 <sup>5</sup>	200 <sup>5</sup>	200 <sup>5</sup>	200 <sup>5</sup>	200 <sup>5</sup>	200- 300	SEE <sup>9</sup> NOTE	SEE <sup>9</sup> NOTE			50- <sup>1</sup> 100
BLENDING TANKS	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200- 300	SEE <sup>9</sup> NOTE	SEE <sup>9</sup> NOTE	SEE <sup>9</sup> NOTE		50- <sup>1</sup> 100
HAZARDOUS LOADING & UNLOADING FACILITIES, INC. DOCKS	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200- 300	250 <sup>4</sup>	250 <sup>4</sup>	250 <sup>4</sup>	50- 250	50- <sup>1</sup> 100
FIRE PUMPS	50- 100	250	0	250	250	100	100	—	—	—	300	300	300	300	300	—

\* CONTROL HOUSES SERVING UNUSUALLY LARGE OR HAZARDOUS UNITS AND CENTRAL CONTROL HOUSES FOR MULTIPLE UNITS OR HOUSING COMPUTER EQUIPMENT, REQUIRE GREATER SPACING AND MAY REQUIRE BLEST-RESISTANT CONSTRUCTION



GENERAL RECOMMENDATIONS FOR SPACING IN REFINERIES

PROCESS BUILDINGS	BOILERS UTILITIES & ELEC. GEN. EQUIP. ETC.	FIRED PROCESS HEATERS	GAS COMPRESSOR, FRACT.	LARGE OIL PUMP HOUSES	CONTROL HOUSES	COOLING HOUSES	CONTROLS FOR DROPOUT STEAM SNUFF & SPRAY STALLS	BLOWDOWN DRUMS & FLARE	PRODUCT STGE. TANKS	RUNDOWN TANKS	BLENDING TANKS	HAZARDOUS LUGS, UNLOADING FACILITIES, INCL. DOCKS	FIRE PUMPS	TURRET NOZZLES	FIRE HYDRANTS	FIRE EQUIP. HOUSES
													50 <sup>1</sup>	50- <sup>1</sup> 250	50- <sup>1</sup> 100	
													50 <sup>1</sup> 100	50- <sup>1</sup> 250	100	
													50 <sup>1</sup> 100	50- <sup>1</sup> 250	100	
2 <sup>2</sup> 100	2 <sup>2</sup> 25												50 <sup>1</sup> 100	50- <sup>1</sup> 250	100	
100	50 <sup>2</sup>												50 <sup>1</sup> 100	50- <sup>1</sup> 250	100	
100	100 <sup>2</sup>	30	see bidg chart										50 <sup>1</sup>	50- <sup>1</sup> 250	100	
100	100 <sup>2</sup>	20	30	see bidg chart									50 <sup>1</sup>	50- <sup>1</sup> 250	100	
100	50 <sup>2</sup>	50	50	30	see bidg chart								50 <sup>1</sup>	50- <sup>1</sup> 250	100	
100	100 <sup>2</sup>	100	50- 100	50- 100	50- 100	25- <sup>b</sup> 50							50 <sup>1</sup> 100	50- <sup>1</sup> 250	100- 200	
	50 <sup>2</sup>	50	50	20	SEE <sup>7</sup> NOTE	50										
200 <sup>8</sup> 300	200 <sup>8</sup> 300	200 <sup>8</sup> 300	200 <sup>8</sup> 300	200 <sup>8</sup> 300	200 <sup>8</sup> 300	200 <sup>8</sup> 300	200 <sup>8</sup> 300						100	100	250	
250 <sup>4</sup> 250	250 <sup>4</sup> 250	250 <sup>4</sup> 250	250 <sup>4</sup> 250	250 <sup>4</sup> 250	250 <sup>4</sup> 250	250 <sup>8</sup> 250	250 <sup>8</sup> 300	SEE <sup>9</sup> NOTE					50 <sup>1</sup> 100	50- <sup>1</sup> 250	300	
200 <sup>5</sup> 200	200 <sup>5</sup> 200	200 <sup>5</sup> 200	200 <sup>5</sup> 200	200 <sup>5</sup> 200	200 <sup>5</sup> 200	200 <sup>5</sup> 200	200 <sup>8</sup> 300	SEE <sup>9</sup> NOTE	SEE <sup>9</sup> NOTE				50 <sup>1</sup> 100	50- <sup>1</sup> 250	300	
200	200	200	200	200	200	200	200	200 <sup>8</sup> 300	SEE <sup>9</sup> NOTE	SEE <sup>9</sup> NOTE	SEE <sup>9</sup> NOTE		50 <sup>1</sup> 100	50- <sup>1</sup> 250	250	
200	200	200	200	200	200	200	200	200 <sup>8</sup> 300	250 <sup>4</sup>	250 <sup>4</sup>	250 <sup>4</sup>	50- 250	50 <sup>1</sup> 100	50- <sup>1</sup> 250	250	
0	250	250	100	100				300	300	300	300					

- SPECIAL CONSIDERATION SHOULD BE GIVEN TO THE INSTALLATION OF FIRE HYDRANTS AND TURRET NOZZLES.
- SMALL OPEN FLAME DEVICES SHOULD BE LOCATED NOT LESS THAN 100' FROM ANY VAPOR-HAZARDOUS AREA.
- BETWEEN BATTERY LIMITS.
- TANKS OVER 10,000 BBL. CAPACITY - 250'; TANKS LESS THAN 10,000 BBL. CAPACITY - 150'.
- TANKS WITH CAPACITIES IN EXCESS OF 5000 BBL. - 200'; TANKS LESS THAN 5000 BBL. - 100'
- 25' TO 50', CONSIDERING AREA
- CONTROLS MAY BE INSTALLED ADJACENT TO OR INSIDE, TO SERVE AS A SHIELD
- FLARE STACKS LESS THAN 75' IN HEIGHT SHOULD BE 300' DISTANCE; WITH STACKS OVER 75' IN HEIGHT 200' DISTANCE.
- TANKS WITH CAPACITIES UP TO 10,000 BBL. SHOULD BE SPACED 1/2 DIA. APART; TANKS FROM 10,000 TO 50,000 BBL. CAPACITY SPACE 1 DIA. APART; AND TANKS OVER 50,000 BBL. SHOULD BE SPACED 1 1/2 DIA. APART
- SERVICE BUILDINGS INCLUDES OFFICES, CHANGE HOUSES, MAINTWHSES, CAFETERIAS, LABS. HOSPITAL, GARAGES EXCEPT AS SPECIFICALLY PROVIDED FOR AS INDICATED.

LARGE OR HAZARDOUS UNITS AND CENTRAL CONTROL HOUSES FOR MULTIPLE PLANT, REQUIRE GREATER SPACING AND MAY REQUIRE BLEST-RESISTANT CONSTRUCTION.

11. PROPOSED TANK BATTERIES, PREFERABLY, SHOULD BE ISOLATED TO MORE REMOTE SECTIONS OF PLANT, AND "AIMED" AWAY FROM MAJOR PLANT VALVES OR OCCUPANCIES. SPHERES ALSO SHOULD BE REMATELY LOCATED WHENEVER POSSIBLE.

GENERAL RECOMMENDATIONS FOR SPACING IN OIL PIPE LINE PUMP S

MINIMUM DISTANCE IN FEET	GENERAL RECOMMENDATIONS FOR SPACING IN OIL PIPE LINE PUMP S													
	CONTROL ROOM	SERVICE BUILDING	TANKS	MANUAL VALVES	EMERGENCY SHUTDOWN STATIONS	OPEN FLAME	FIRE PUMPS	DWELLINGS	FIRE HYDRANTS	LOADING RACKS				
PUMP HOUSE	0	50	200	100	250	100		150	200	100	200			
TANKS	200	200	d <sup>2</sup> target	100	250	100		200	200	100	250			

TERMINALS & TANK FARMS

MINIMUM DISTANCE IN FEET	TERMINALS & TANK FARMS										
	PRODUCT STORAGE TANKS OTHER THAN L.P.G.	LOADING RACKS	PUMP HOUSES	SERVICE BUILDINGS	DOCKS	FIRE PUMPS	FIRE HYDRANTS	COMPRESSORS	OPEN FLAME	PRESSURE TANKS	
PRODUCT STORAGE TANKS OTHER THAN L.P.G.	d <sup>2</sup> target	250	200	200	350	300	100	200	200	50	
LOADING RACKS	250	50- 250	200	200	200	150	100	200	200	100	
OPEN FLAME	200	200	100	--	200	100	50	100	--	200	
PRESSURE TANKS	50	100	100	100	100	200	50- 100	100	200	50	

OFF SHORE PROPERTIES

MINIMUM DISTANCE IN FEET	OFF SHORE PROPERTIES									
	SERVICE BUILDINGS	PROCESS & GAS SEPARATION EQUIPMENT	OPEN FLAME DEVICES	GAS COMPRESSOR HOUSES	EMERGENCY SHUTDOWN STATION & BLOCK VALVES	PRODUCT STORAGE TANKS	LOADING RACKS			
SERVICE BUILDINGS	20									
PROCESS & GAS SEPARATION EQUIPMENT	50	--								
OPEN FLAME DEVICES	--	100	--							
GAS COMPRESSOR HOUSES	50	50	50	--						
EMERGENCY SHUTDOWN STATION & BLOCK VALVES	50	100	100	50- 250	--					
PRODUCT STORAGE TANKS	50	50	100	200	100	--				
LOADING DOCKS	100	100	100	100	100	100	--			

GENERAL RECOMMENDATIONS FOR SPACING IN OIL PIPE LINE PUMP STATIONS

	CONTROL ROOM	SERVICE BUILDING	TANKS	MANUAL VALVES	EMERGENCY SHUTDOWN STATIONS	OPEN FLAME	FIRE PUMPS	DWELLINGS	FIRE HYDRANTS	LOADING RACKS						
50	200	100	250	100		150	200	100	200							
100	200 <small>diag larger</small>	100	250	100		200	200	100	250							

TERMINALS & TANK FARMS

	STORAGE TANKS DEEPER THAN 1 P.G.	LOADING RACKS	PUMP HOUSES	SERVICE BUILDINGS	DOCKS	FIRE PUMPS	FIRE HYDRANTS	COMPRESSORS	OPEN FLAME	PRESSURE TANKS						
50	200	200	350	300	100	200	200	50								
50-50	200	200	200	150	100	200	200	100								
100	100	--	200	100	50	100	--	200								
100	100	100	100	200	50-100	100	200	50								

OFF SHORE PROPERTIES

	SERVICE BUILDINGS	PROCESS AND GAS SEPARATION EQUIPMENT	OPEN FLAME DEVICES	GAS COMPRESSOR HOUSES	EMERGENCY SHUTDOWN STATION & BLOCK VALVES	PRODUCT STORAGE TANKS	LOADING RACKS									
0	--															
0	50	--														
0	100	50-250	--													
0	100	200	100	--												
0	100	100	100	100	--											

\* CONTROL ROOM SHOULD BE PRESURIZED

■ SMALL OPEN FLAME DEVICES SHOULD BE LOCATED NOT LESS THAN 50' FROM ANY VAPOR HAZARD AREA.

▲ SERVICE BUILDINGS INCLUDES OFFICES, CHANGE HOUSES, MAINTENANCE WAREHOUSES, LABORATORIES, GARAGES, EXCEPT AS SPECIFICALLY INDICATED.

▲ 300,000 GALLONS PER GROUPS 100' BETWEEN GROUPS

**GENERAL RECOMMENDATIONS FOR SPACING IN PUBLIC UTILITY  
NATURAL GAS PUMPING STATIONS**

MINIMUM DISTANCE IN FEET	GENERAL RECOMMENDATIONS FOR SPACING IN PUBLIC UTILITY NATURAL GAS PUMPING STATIONS																	
	COMPRESSOR HOUSES	GENERATOR BUILDINGS	SHOP BUILDINGS	OFFICE BUILDINGS	BOILER HOUSES	OPEN FLAME DEVICES	GAS METER OR GAS REGULATOR HOUSES	INCOMBUSTIBLE OR FIN FAN COOLERS (GAS)	GAS COOLING TOWERS WOOD OR WOOD FRAME CONST.	JACKET WATER COOLING TOWERS	WAREHOUSES	MAIN LINE VALVES	REMOTE CONTROL SHUTDOWN STATIONS	MAIN LINES				
COMPRESSOR HOUSES	6 <sup>4</sup>					SEE NOTE NO. 5						MAIN LINE POWER OPERATED VALVES WITH (RCS) SHOULD BE LOCATED 350' FROM ALL STATION BUILDINGS.	SEE NOTE NO. 1					
GENERATOR BUILDINGS	4 <sup>100</sup>	-- <sup>4</sup>																
SHOP BUILDINGS	3 <sup>100</sup>	4 <sup>30</sup>	4 <sup>--</sup>															
OFFICE BUILDINGS	5 <sup>100</sup>	4 <sup>30</sup>	4 <sup>30</sup>	4 <sup>--</sup>														
BOILER HOUSES	5 <sup>100</sup>	4 <sup>30</sup>	4 <sup>30</sup>	4 <sup>30</sup>	4 <sup>--</sup>													
OPEN FLAME DEVICES	SEE NOTE						NO. 5											
GAS METER OR GAS REGULATOR HOUSES	100	100	100	100	100													
INCOMBUSTIBLE OR FIN FAN COOLERS (GAS)	100	100	100	100	100			4 <sup>40</sup>	--									
GAS COOLING TOWERS WOOD OR WOOD FRAME CONST.	100	100	100	100	100			100	100	--								
JACKET WATER COOLING TOWERS	3 <sup>50</sup>	4 <sup>30</sup>	4 <sup>30</sup>	4 <sup>30</sup>	4 <sup>30</sup>		50 <sup>4</sup>	4 <sup>40</sup>	4 <sup>40</sup>	50 <sup>4</sup>	-- <sup>4</sup>							
WAREHOUSES	100 <sup>3</sup>	30 <sup>4</sup>	30 <sup>4</sup>	30 <sup>4</sup>	30 <sup>4</sup>	--	5 <sup>30</sup>	5 <sup>30</sup>	5 <sup>30</sup>	30 <sup>4</sup>	-- <sup>4</sup>							
MAIN LINE VALVES	MAIN LINE POWER OPERATED VALVES WITH (RCS) SHOULD BE LOCATED 350' FROM ALL STATION BUILDINGS											see note 2						
REMOTE CONTROL SHUTDOWN STATIONS	SEE NOTE NO. 1											--						
MAIN LINES	3 <sup>350</sup>	350 <sup>3</sup>	350 <sup>2</sup>	350 <sup>2</sup>	350 <sup>3</sup>	see note 2	350 <sup>3</sup>	350 <sup>3</sup>	350 <sup>3</sup>	350 <sup>3</sup>	350 <sup>3</sup>	350 <sup>3</sup>	-- <sup>3</sup>	250 <sup>1</sup>	--			
PRODUCT STORAGE TANKS	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	500-1000	500-1000	200	200		

**GENERAL RECOMMENDATIONS FOR SPACING IN PUBLIC UTILITY  
NATURAL GAS PUMPING STATIONS**

COMPRESSOR HOUSES	GENERATOR BUILDINGS	SHOP BUILDINGS	OFFICE BUILDINGS	BOILER BUILDINGS	OPEN FLAME DEVICES	GAS METER OR GAS REGULATORS	INCOMBUSTIBLE OR FAN COOLERS (GAS OR FAN)	JACKETS, TOWERS, WOOD	WAREHOUSES	MAIN-LINE VALVES	REMOTE CONTROL STATIONS	MAIN-LINES	CAMP BUILDINGS, DWELLINGS, AUTOMOBILE GARAGES, ETC. ALONG THE LINE	ORDINARY ELECTRICAL EQ.	TURRET NOZZLES	FIRE EQUIPMENT HOUSES	FIRE HYDRANTS
-- <sup>4</sup>													100 <sup>5</sup>		50-100	50-100	
30 <sup>4</sup>	--												--		50-100		
30 <sup>4</sup>	30 <sup>4</sup>	--											--		50-100		
30 <sup>4</sup>	30 <sup>4</sup>	30 <sup>4</sup>	--										--		50-100		
30 <sup>4</sup>	30 <sup>4</sup>	30 <sup>4</sup>	--										--		50-100		
SEE NOTE													--		50-100		
100	100	100	100										100 <sup>5</sup>		50-100		
100	100	100	100										100 <sup>3</sup>		50-100		
100	100	100	100										100 <sup>5</sup>		50-100		
30 <sup>4</sup>	30 <sup>4</sup>	30 <sup>4</sup>	30 <sup>4</sup>	50 <sup>4</sup>	40 <sup>4</sup>	40 <sup>4</sup>	50	-- <sup>4</sup>					50		50-100		
30 <sup>4</sup>	30 <sup>4</sup>	30 <sup>4</sup>	30 <sup>4</sup>	--	30 <sup>4</sup>	30 <sup>4</sup>	30 <sup>4</sup>	30 <sup>4</sup>	-- <sup>4</sup>				--		50-100		
MAIN LINE POWER OPERATED VALVES WITH (RCS) SHOULD BE LOCATED 350' FROM ALL STATION BUILDS.										SEE NOTE NO. 1							
SEE NOTE NO. 2																	
SEE NOTE NO. 1																	
350 <sup>3</sup>	350 <sup>2</sup>	350 <sup>2</sup>	350 <sup>3</sup>	SEE NOTE 2	350 <sup>3</sup>	350 <sup>3</sup>	350 <sup>3</sup>	350 <sup>3</sup>	350 <sup>3</sup>	-- <sup>1</sup>	250 <sup>1</sup>	--			100	100	
200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	500-1000	500-1000	200	200	100		

1. THERE SHOULD BE A MINIMUM OF TWO (2) REMOTE CONTROL STATIONS TO ACTUATE THE MAIN LINE POWER OPERATED VALVES. ONE (RCS) SHOULD BE LOCATED 250' OR MORE FROM ANY GAS PUMPING BLDG. AND 250' FEET OR MORE FROM ANY GAS LINE. THE 2ND. (RCS) SHOULD BE LOCATED 250' OR MORE FROM THE OTHER (RCS) AND/OR ANY GAS LINE OR GAS PUMPING BLDG. OR SHIELDED BY TOPOGRAPHY OR STRUCTURES TO AS TO BE ACCESSIBLE OF ALL TIMES.
2. POWER OPERATED VALVES WITH NO REMOTE CONTROL STATIONS AND MANUALLY OPERATED VALVES ON MAIN SUCTION AND/OR DISCHARGE LINES SHOULD BE LOCATED NO LESS THAN 500 FEET BUT NO OVER 1000 FEET FROM ANY STATION BUILDING.
3. MAIN LINE WHEN EQUIPPED WITH OTHER THAN POWER OPERATED VALVES WITH (RCS) SHOULD BE LOCATED NOT LESS THAN 500 FEET BUT NOT OVER 1000 FEET FROM ANY STATION BUILDING
4. DISTANCES INDICATED ARE FOR BUILDINGS OR STRUCTURES OF INCOMBUSTIBLE CONSTRUCTION. IF OTHERWISE CONSULT YOUR INVEANCE UNDERWRITERS.
5. ALL OPEN FLAME DEVICES AND/OR ORDINARY ELECT EQUIP. SHOULD BE LOCATED 100 FEET FROM ANY GAS VAPOR HASARD AREA GAS LINE OR GAS PUMPING BUILDING.
6. OFTEN ELECT. GEN. EQUIP. GAS TURBINES ETC. ARE HOUSED IN THE SAME BUILDING WITH GAS COMPRESSORS. IN SUCH INSTANCE YOU SHOULD CONSULT YOUR INSURANCE UNDERWRITERS CONCERNING THE STANDARDS FOR THE INSTALLATION OF THIS EQUIPMENT.

GENERAL RECOMMENDATIONS FOR SPACING IN GASOLINE PLANT

MINIMUM DISTANCE IN FEET	GENERAL RECOMMENDATIONS FOR SPACING IN GASOLINE PLANT																
	SEE CHART	SERVICE BUILDINGS	GAS COMPRESSOR HOUSE	LARGE PROCESS OIL PUMP HOUSE	DISTILLATION & FRACTIONATION	UTILITIES	PRESSURE TANKS	ATMOSPHERIC TANKS	LOADING RACKS	MAIN GAS CONTROL VALVE	FIRE PUMPS	OPEN FLAMES	ORDINARY ELECTRICAL	EMERGENCY CONTROL STATION - MINIMUM OF 2	TURRET NOZZELS	FIRE EQUIPMENT	FLARE
SERVICE BUILDING	SEE CHART																
GAS COMPRESSOR HOUSE	100	—								50	100	0					
LARGE PROCESS OIL PUMP HOUSE	100	50	—							250-500	200	100	50				
DISTILLATION & FRACTIONATION	100	50	30	—						250-500	200	100					
UTILITIES	50	100	100	100	—					250-500	0	0					
PRESSURE TANKS	150	200	200	200	150	— <sup>2</sup>				100	250	100					
ATMOSPHERIC TANKS	100	200	200	200	100	50	2 DIA LARG.			100	250	100					
LOADING RACKS	100	200	200	200	100	100	100	50-100		100	150	100	100				
FIRED HEATERS	100	100	100	100	50	150	100	100		100	150	—					
COOLING TOWERS	50 <sup>3</sup> 100	50 <sup>3</sup> 100	50 <sup>3</sup> 100	100	100	250	200	200		100		100					
SKID UNIT FOR PACKAGE PLANT	100	50	50	40	100	100	100	200		250-500	150	100					
CONTROL HOUSES*	50	100	100	50 <sup>4</sup>	50	200	200	200		200-500	50	100					

BOTH STATIONS SHOULD BE LOCATED AT LEAST 250' AND NOT OVER 500' FROM COMPRESSOR HOUSE, PROCESS AREA, LOADING RACKS, AND MAIN GAS LINES. MINIMUM 250' BET. STAT.

HEIGHT LESS THAN 75', 300' FROM PLANT. HEIGHT OVER 75', 200' FROM PLANT.

\* CONTROL HOUSES SERVING UNUSUALLY LARGE OR HAZARDOUS UNITS AND CENTRAL CONTROL HOUSES FOR MULTIPLE UNITS COMPUTER EQUIPMENT, REQUIRE GARZLER SPACING AND MAY REQUIRE BLEST-RESISTANT CONSTRUCTION.

GENERAL RECOMMENDATIONS FOR SPACING IN GASOLINE PLANTS

SERVICE BUILDINGS	GAS COMPRESSOR HOUSE	LARGE PROCESS HOUSE	DESTILLATION & FRACTIONAT.	UTILITIES	PRESSURE TANKS	ATMOSPHERIC TANKS	LOADING RACKS	MAIN GAS CONTROL VALVE	FIRE PUMPS	OPEN FLAMES	ORDINARY ELECTRICAL	EMERGENCY CONTROL STATION - MINIMUM OF 2	TURRET NOZZELS	FIRE EQUIPMENT HOUSE	FLARES	STEAM SHUFF AND / OR BLOWDOWN CONTROL	HYDRANTS	LEAN OIL PUMPS
						50	100	0				50						
						250-500	200	100	50			50						
50						250-500	200	100			50	50						
50	30					250-500	200	100			50	50						
100	100	100				250-500	0	0			50							
200	200	200	150		<sup>2</sup>	100	250	100			50	100						
200	200	200	100	50	2 DIA LARG.	100	250	100			50	100						
200	200	200	100	100	100	50-100	100	150	100	100	50	100						
100	100	100	50	150	100	100	100	150			50							
50-100	50-100	100	100	250	200	200	100		100		50	50-100						
50	50	40	100	100	100	200	250-500	150	100		50	100						
100	100	50	50	200	200	200	200-500	50	100		50	50						

BOTH STATIONS SHOULD BE LOCATED AT LEAST 250' AND NOT OVER 500' FROM COMPRESSOR HOUSE, PROCESS AREA, LOADING RACKS, AND MAIN GAS LINES. MINIMUM 250' BET. STAT.

HEIGHT LESS THAN 75', 300' FROM PLANT. HEIGHT OVER 75', 200' FROM PLANT.

SERVICE BUILDINGS INCLUDES OFFICES, LABORATORIES, CHANGE HOUSES, SHAPS, MAINTENANCE HOUSES GARAGES, CAFETERIAS & HOSPITALS.

UTILITIES INCLUDES BOILERS, POWER HOUSES AND WATER TREATING.

1. WHERE EQUIPMENT IS HOUSED BECAUSE OF COLD CLIMATE, 0 STANDARD FIREWALL SHOULD SEPARATE COMPRESSOR AND PROCESS EQUIPMENT.

2. MAXIMUM OF 300,000 GALLONS PER GROUP; 100' BETWEEN GROUPS, OR OTHER SUITABLE ARRANGEMENTS.

3. 50' FOR HANDLING NONFLAMMABLES, 100' FOR HANDLING, FLAMMABLES.

FIRE WATER SYSTEMS, WITH LOCATIONS OF HYDRANTS AND VALVES, REQUIRE SPECIAL CONSIDERATION.

4. MORE SPACING MAY BE REQUIRED IN UNATTANUED PLANTS OR IN HIGH-VALUED ATTENDED PLANTS WITH COMPLETE CONTROL SYSTEMS.

ALLY LARGE OR HAZARDOUS UNITS AND CENTRAL CONTROL HOUSES FOR MULTIPLE UNITS OR HOUSING GAZLER SPACING AND MAY REQUIRE BLEST-RESISTANT CONSTRUCTION.

#### 4. ANALISIS DE LOS DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD



Los dispositivos a analizar son los siguientes:

Instrumentación

Válvulas de seguridad y válvulas de alivio

Discos de Ruptura

Arrestadores de Flama

Una vez que se han seleccionado y especificado adecuadamente los materiales para el diseño del equipo y se han localizado las áreas en las cuales va a estar operando éste, procedemos a determinar cuales serán los dispositivos de seguridad y la instrumentación adecuada para que éste opere en las más estrictas condiciones de seguridad.

#### 4.1 Instrumentación

Puesto que la instrumentación se considera como parte integral del proceso es típicamente indicada y desarrollada paralelamente con el proceso. También puesto que los procedimientos para reducir los riesgos es posible iniciarlos en esta etapa, estos procedimientos deberán ser incluidos en las especificaciones de instrumentación. En estas especificaciones deberán ser incluidas alarmas, interruptores, interlocks a fin de evitar los siguientes peligros posibles:

La alimentación al reactor antes que el sistema de enfriamiento entre en operación o antes que el reactor alcance la temperatura de la reacción.

Una reacción fuera de control por alta temperatura y/o presión.

Daños en el refrigerante, corriente eléctrica o en el aire de instrumentos.

Fallas en el agitador o en la bomba de recirculación.

Pérdidas en el flujo de alimentación, catalizador, diluyentes o en el reactivo.

Los detectores de gases inflamables con alarmas, interruptores e interlocks deben ser considerados en varios puntos donde las flamas pueden ser liberadas y particularmente cuando van a estar localizados dentro de edificios.

Y la necesidad remota de localizar válvulas de bloqueo en algunas líneas críticas del proceso, deberán ser revisadas junto con las alarmas de presión y temperatura, interruptores, dispositivos con el objeto de supervisar todos los puntos donde pueda haber posibles condiciones de peligro.

Los instrumentos de detección y alarmas deberán ser previstas alrededor de todos los recipientes que contengan materiales tóxicos, y alertar al personal de operación en caso de fugas, un sistema de alarma debe ser estudiado para que un operador pueda recibir el auxilio solicitado. Un sistema de alarmas deberá ser instalado y deberá actuar automáticamente cuando la regadera de seguridad o el lava ojos sea usado.

En donde se encuentran servicios críticos no indicar un solo dispositivo para el relevo, si no que también instrumentos de protección deberán ser usados; alarmas, un interruptor, una señal de fuera de operación recibida de un transmisor o un controlador, estos últimos dispositivos no son independientes sino que deben ser especificados en un mismo loop.

Donde las mezclas explosivas sean posibles, los controles o el sistema de instrumentación deberán ser previstos para evitar las explosiones internas y así asegurar la protección para que estas mezclas no se lleven a cabo dentro del equipo de proceso.

Si nos es imposible mantener el equipo fuera de los rangos de las mezclas explosivas, deberán ser previstos sistemas de re-

levo para evitar que la explosión ocurra dentro del equipo o eliminar las fuentes de ignición.

Algunos de los sistemas o procedimientos a seguir son:

Atmósferas inertes en tanques que contienen productos inflamables, aquí se deberán considerar espacios suficientes para evitar la explosión cuando los vapores sean expuestos a la atmósfera.

Instalar interlocks de instrumentos en procesos que operen cerca del rango de explosión y así evitar que el proceso entre al rango explosivo.

Cabezales de relevo y venteo para la purga de los gases.

Gases inertes para transportar polvos explosivos.

Sistemas de purgas, vertederos deberán ser previstos para permitir la seguridad y la remoción efectiva de las condiciones peligrosas, algunas de las condiciones peligrosas se pueden eliminar de la siguiente manera:

Bombear los líquidos inflamables a hornos donde se puedan quemar.

La liberación de vapores inflamables mediante un cabezal o un quemador de campo (Flare Stack).

La adición de un inhibidor o un material inerte al recipiente de proceso.

Finalmente una instrumentación especial deberá ser prevista siempre que sea necesaria la seguridad como en los siguientes casos:

\* En las corrientes de alimentación, instalar interlocks para cuando haya falla en la alimentación, asegurar que no haya fallas en otras corrientes o sea que haya falla segura.

- \* Cuando una condición peligrosa se aproxime instalar analizadores y alarmas que proporcionen al equipo falla segura.
- \* Cuando las válvulas contra incendio estén localizadas cerca de los recipientes, deberán ser operadas a control remoto en tanto que el combustible y el fuego deben ser controlados o cortados desde una distancia segura.
- \* El tipo de instrumentación anterior se considera básica para procesos en los cuales hay peligro de fuego y explosión.

En suma muchos otros factores deberán ser tomados en cuenta, algunos de estos factores pueden ser:

- \* Considerar las fallas de la válvula provocados por la falla del actuador y que éste a su vez falla debido a la falla del (aire o la corriente eléctrica) y debemos especificar la acción del control de la siguiente manera:

(Abierta la falla de aire o cerrada la falla de aire).

Proporcionar seguridad a la fuente de energía que actuará la válvula en servicios críticos, pero no confiarse de estas fuentes.

Un compresor seguro para aire de instrumentos y/o baterías

Especificar alarmas e interruptores, dispositivos que puedan ser checados durante la operación de la planta.

Evitar operar manualmente las válvulas de los bypass que estén cerca de las estaciones de control y que originalmente se hayan especificado para ser operadas a control remoto que puedan estar enlazadas al sistema automático de paro.

#### 4.2 Válvulas de seguridad y alivio.

Todos los equipos sometidos a presión interna o externa deberán protegerse con dispositivos de seguridad para proveer fallas en los recipientes por sobre presión. Las causas más comunes de sobre presión por presión interna son:

- \* La exposición ocasional del recipiente al fuego.
- \* Bloqueo de las boquillas de descarga del recipiente
- \* Falla del sistema de enfriamiento
- \* Falla del reflujo en las columnas de destilación
- \* El sobrellenado del recipiente (arriba de su capacidad)
- \* La expansión térmica del fluido por aumentos de temperatura
- \* Las fugas en los tubos de los intercambiadores de calor
- \* Las reacciones exotérmicas no controladas.

Por presión externa son:

- \* El bombeo no controlado del fluido
- \* La condensación de vapores producida por cambios de temperatura ambiente

Tanto la presión interna como la presión externa producen fallas en los equipos y se emplean dispositivos de seguridad para vacío o bien, una combinación para vacío y presión, sin embargo, en los casos de alivio de vacío, la entrada de aire puede producir una mezcla explosiva (dependiendo de la naturaleza físico-química del fluido almacenado) y para evitarlo se recomienda instalar un sistema de contrapresión con gas inerte en la descarga de la válvula.

De acuerdo con las recomendaciones del código ASME Secc. VIII todos los recipientes no sujetos a fuego directo diferentes a los generadores de vapor no sujetos a fuego directo, deberán protegerse por dispositivos relevadores de presión que prevenirán la elevación de presión del recipiente 10% arriba de la presión máxima de trabajo permisible, excepto cuando el exceso de presión sea ocasionado por fuego u otro generador de calor no esperado. Cuando esto suceda el dispositivo de relevo de presión será capaz de prevenir la elevación de presión a no más de 20% arriba de la presión máxima de trabajo permisible cuando el dispositivo de relevo esté operando.

4.2.1 Válvulas de seguridad,

Las válvulas de seguridad se usan para gases y vapores y están diseñadas para emplear la fuerza de expansión del gas o vapor para abrirse totalmente al instante.

4.2.2 Válvulas de alivio

Las válvulas de alivio se usan para líquidos. Un líquido no puede producir una fuerza por expansión significativa de manera para que la válvula se abra totalmente se requiere una acumulación de presión. Las válvulas de alivio diseñadas de acuerdo al código ASME se abren totalmente con un 25% de sobre presión. Si el líquido se expande instantáneamente (flashea) a causa de la caída de presión en la válvula, deberá considerarse que se descargará vapor y no líquido en el diseño del cabezal de descarga.

4.2.3 Cálculo de las válvulas de seguridad y de alivio.

1. Cálculo de la capacidad requerida por la válvula.

a) Para recipientes expuestos a fuego.

$$G = \frac{70.5 Q}{L \sqrt{M}} \dots\dots\dots \text{NFPA, Volúmen 1}$$

Pag. 30 - 79

G = Capacidad en pies cúbicos por hora referidos a 60°F y 14.7 lb/in<sup>2</sup>

Q = Cantidad de calor producida en BTU/hr., es función del área expuesta al fuego (ver tabla No. 1)

L = Calor latente de vaporización del líquido en BTU/lb (ver tabla No. 2).

M = Peso molecular

b) Para recipientes no expuestos al fuego en los cuales el fluido puede sufrir expansión térmica.

Para líquidos poco volátiles.

$$W = \frac{Q B}{C_p}$$

Para líquidos volátiles.

$$W = \frac{Q}{L}$$

W = Capacidad lb/hr.

Q = Cantidad de calor transferido BTU/hr.

B = Coeficiente de expansión térmica del líquido frío.

L = Calor latente de vaporización BTU/lb

C<sub>p</sub> = Calor específico del líquido frío BTU/lb °F

c) Para generadores de vapor.

La capacidad se calcula para que la válvula descargue todo el vapor generado sin permitir que la presión se eleve arriba del 6% de la máxima presión de trabajo permisible en la caldera.

d) Para reactores con reacciones exotérmicas no controladas.

$$W = \frac{Q}{L}$$

W = Capacidad en lb/hr

Q = Cantidad de calor producido por la reacción en BTU/hr

L = Calor latente de vaporización del fluido en BTU/lb

e) Para tanques de almacenamiento no expuestos a fuego para protegerlos de sobrellenado, la capacidad de la válvula deberá ser igual al máximo gasto de entrada al recipiente.

2. Cálculo del área de descarga efectiva de la válvula

a) Para gases y vapores (válvula de seguridad)

$$A = \frac{W \sqrt{T}}{C F_p P \sqrt{M}}$$

A = Area de descarga efectiva en pulgadas cuadradas.

W = Capacidad de la válvula en lb / hr

T = Temperatura de entrada en °R

M = Peso molecular

C = Coeficiente en función de los calores específicos de Fluido Cp/Cv ver tablas No. 3 y 4.

Fp = Coeficiente de descarga del orificio (ver gráfica No. 1)

P = Presión de disparo de la válvula en lb/in<sup>2</sup> se multiplica por la acumulación permisible (1.10 para un 10% de acumulación) y se le suman 14.7 psi.

Cuando no se conoce la relación Cp/Cv del fluido se considera 1.001 y se obtiene el factor C = 315 y k = 0.97, reduciéndose la fórmula a:

$$A = \frac{W \sqrt{T}}{306 P \sqrt{M}}$$

b) Para líquidos (válvula de alivio)

$$A = \frac{W \sqrt{S_g}}{27.2 \sqrt{\Delta P}}$$

A = Area efectiva de descarga en pulgadas cuadradas

W = Capacidad de descarga del líquido en GPM

S<sub>g</sub> = Densidad relativa del líquido

ΔP = Presión diferencial en lb/in<sup>2</sup> (presión de disparo menos la contrapresión, cuando descarga a la atmósfera

ΔP = Presión de disparo manométrica multiplicada por acumulación 1.25 para 25%).

c) Para fugas de líquidos en intercambiadores de calor

$$A = N_a \sqrt{\frac{P_n + 14.7}{1.25 P_e + 14.7} - 1}$$

A = Area efectiva de descarga de la válvula en in<sup>2</sup>.



$P_n$  = Presión de operación (presión mayor) lb./in<sup>2</sup> manométricas con 25% de acumulación.

1.25PE = Presión de operación (presión menor) lb./in<sup>2</sup> manométricas con 25% de acumulación.

N = Número de tubos con fuga probable (mínimo 2)

a = Área interna de la sección transversal de uno de los tubos en in<sup>2</sup>.

#### 4.2.4 Selección de la válvula de seguridad o de alivio.

1. Con el área calculada se selecciona en la tabla siguiente el orificio comercial, considerando que al ser intermedia entre dos orificios comerciales se seleccionará el inmediato superior.

ORIFICIO DE LA VALVULA	AREA EN IN <sup>2</sup>
D	0.110
E	0.196
F	0.307
G	0.503
H	0.785
J	1.287
K	1.838
L	2.853
M	3.600
N	4.340
P	6.380
Q	11.050
R	16.000
T	26.000

2. Con la presión de disparo y la temperatura de operación se selecciona en la gráfica que corresponda al orificio el modelo de la válvula (ver gráficas anexas).

HOJA DE CALCULO DE VALVULA DE SEGURIDAD O ALIVIO

NO. DE PROYECTO \_\_\_\_\_ NO. DE IDENTIFICACION \_\_\_\_\_  
FECHA \_\_\_\_\_ MONTAJE \_\_\_\_\_

DATOS GENERALES

PRESION DE TRABAJO MAX. PERMISIBLE EN EL RECIPIENTE O LINEA \_\_\_\_\_  
CAUSA DE LA SOBREPRESION \_\_\_\_\_

CALCULO DE LA VALVULA DE SEGURIDAD

PARA VAPOR:

FLUIDO: DESCRIPCION \_\_\_\_\_  
CAPACIDAD DE LA VALVULA (lb/hr) (W) \_\_\_\_\_  
PESO MOLECULAR (M) \_\_\_\_\_ TEMP. DE OPERACION (°R) (T) \_\_\_\_\_  
PRESION DE DISPARO MULTIPLICADA POR 1.10 + 14.7 (PSIA) (P) \_\_\_\_\_  
CONTRAPRESION (PSIA) \_\_\_\_\_ Fp \_\_\_\_\_ C \_\_\_\_\_

$$A = \frac{W \sqrt{T}}{C F_p P \sqrt{M}}$$

AREA REQUERIDA \_\_\_\_\_ PULG<sup>2</sup> AREA DEL OFICIO \_\_\_\_\_ PULG<sup>2</sup>

CALCULO DE LA VALVULA DE SEGURIDAD

PARA LIQUIDOS:

FLUIDO: DESCRIPCION: \_\_\_\_\_  
CAPACIDAD DE LA VALVULA (GPM) (W) \_\_\_\_\_  
DENSIDAD RELATIVA A LA TEMP. DE OPERACION (Sg) \_\_\_\_\_  
PRESION DE DISPARO \_\_\_\_\_ Psig  
CONTRAPRESION \_\_\_\_\_ Psig  
PRESION DIFERENCIAL (ΔP) \_\_\_\_\_ Psig

$$A = \frac{W \sqrt{S_g}}{27.2 \sqrt{\Delta P}}$$

AREA REQUERIDA \_\_\_\_\_ PULG<sup>2</sup> AREA DEL OFICIO \_\_\_\_\_ PULG<sup>2</sup>

4.2.5 Dimensionamiento de válvulas de seguridad con contrapresión variable.

Cálculos para el área del orificio.

Vapor - libras por hora

$$A = \frac{W_p}{50 P F_{SH} F_B} \qquad W_p = 50 A P F_{SH} F_B$$

Aire - pies cúbicos standard por minuto

$$A = \frac{W_c}{17.8 P F_T F_B} \qquad W_c = 17.8 A P F_T F_B$$

Vapores y gases - libras por hora

$$A = \frac{22.8 W_p}{C P F_M F_T F_B} \qquad W_p = \frac{C A P F_M F_T F_B}{22.8}$$

Vapores y gases - pies cúbicos standard por minuto

$$A = \frac{3.61 W_c F_M}{C P F_T F_B} \qquad W_c = \frac{C A P F_T F_B}{3.61 F_M}$$

Líquidos - galones por minuto

$$A = \frac{W_G}{27.2 \sqrt{F_D} F_S F_A F_W} \qquad W_G = 27.2 A \sqrt{F_D} F_S F_A F_W$$

Factor de corrección para servicio de fluidos viscosos.

La viscosidad de un líquido puede reducir la velocidad y capacidad de la válvula y así requerir un orificio más grande del que normalmente es indicado para un líquido que no es viscoso.

Simbología:

- A = Area requerida por el orificio en in<sup>2</sup>
- Au = Area del orificio sin corregir en in<sup>2</sup>
- WG = Capacidad del líquido en GPM
- G = Gravedad específica
- U = Viscosidad en SSU a la temperatura de flujo
- F0 = Presión de entrada menos la contrapresión constante PSI  
Gráfica 1
- FA = Factor de corrección para sobre presión Gráfica 2
- Fv = Factor de corrección por viscosidad Gráfica 3

Para el área requerida por la válvula de seguridad para líquidos viscosos aplicar las siguientes ecuaciones:

$$A_u = \frac{W_G \sqrt{G}}{27.2 \sqrt{F_0 F_A}}$$

Calcular el factor R con la siguiente fórmula:

$$R = \frac{12700 W_G}{U \sqrt{A_u}}$$

Obtener el factor de corrección Fv de la gráfica 3, correspondiente al factor R.

Multiplicar Au por Fv obtenido de la gráfica 3, y así obtener el área requerida por el orificio.

Ejemplo:

Viscosidad - SSU -----	10000 a 100°F
Capacidad -----	300 GPM
Presión de disparo -----	100 PSIG
Contra presión Cte. -----	15 PSIG
Dif. entre Presión de Disparo y Contra presión (F0) -----	85 PSIG

Sobre presión permisible ( $F_A$ ) ----- 10%  
Grav. específica ----- 1.0 a 100°F  
Temperatura de relevo ----- 100°F

$$A_u = \frac{W_G \sqrt{G}}{27.2 \sqrt{F_D} F_A} = \frac{300 \sqrt{1}}{27.2 \sqrt{85} \cdot 0.6} \quad A_u = 1.99 \text{ in}^2$$

$$R = \frac{12700 W}{U A_u} = \frac{12700 \times 300}{10000 \cdot 1.99}$$

$$R = 270$$

$$F_v = 1.23 \text{ de la gráfica 3}$$

$$A = A_u \times F_v$$

$$A = 1.99 \times 1.23$$

$$A = 2.45 \text{ in}^2$$

Cálculo de cada uno de los factores de corrección.

1. Factor del peso molecular ( $M$ )

$$F_M = \sqrt{M}$$

2. Factor de la temperatura ( $F$ )

$$F = \sqrt{\frac{520}{T_{abs.}}}$$

3. Factor de la gravedad específica ( $F_s$ )

$$F_s = \sqrt{\frac{1}{S.G.}}$$

TABLA No. 1

AREA EXPUESTA AL FUEGO Pies cuadrados	CANTIDAD DE CALOR PRODUCIDA BTU / hr.
20	400,000
30	600,000
40	800,000
50	1,000,000
60	1,200,000
70	1,400,000
80	1,600,000
90	1,800,000
100	2,000,000
120	2,400,000
140	2,800,000
160	3,200,000
180	3,600,000
200	4,000,000

TABLA No. 2

FLUIDO	PESO MOLECULAR (M)	CALOR LATENTE DE VAPORIZACION EN EL PUNTO DE Eb. (L) BTU / lb.	L M
Acetaldehido	44.05	252	1673
Acido Acético	60.05	174	1350
Anhidrido Acético	102.09	177	1792
Acetona	58.08	224	1708
Acetonitrilo	41.05	312	2000
Acilonitrilo	53.05	265	1930
Alcohol n - Amílico	88.15	216	2025
Alcohol iso - Amílico	88.15	212	1990
Anilina	93.12	186	1795
Benceno	78.11	169	1493
Acetato de n - Butilo	116.16	133	1432
Alcohol de n - Butilo	74.12	254	2185
Ciclohexano	84.16	154	1414
Ciclohexanol	100.16	195	1953
Diethylamina	73.14	164	1403
Alcohol Etilico	46.07	368	2500
Eter Etilico	74.12	152	1310
Gasolina	96.0	140 - 150	1370 - 1470
Alcohol Metílico	32.04	474	2680
n - Octano	114.22	132	1412
n - Pentano	72.15	153	1300
Tolueno	92.13	156	1500
o - Xileno	106.16	149	1538

TABLA No. 3

GAS O VAPOR	Cp/Cv
Aire	1.40
Acido Acético	1.15
Acetileno	1.26
Amoniaco	1.33
Argón	1.67
Benceno	1.12
n - Butano	1.09
iso - Butano	1.09
Butano	1.10
Monoxido de carbono	1.40
Disulfuro de carbono	1.21
Dióxido de carbono	1.30
Cloro	1.36
Ciclohexano	1.09
Etano	1.22
Alcohol Etilico	1.13
Cloruro de Etilo	1.19
Etileno	1.26
Helio	1.66
Hexano	1.06
Acido clorhídrico	1.41
Hidrógeno	1.41
Sulfuro de Hidrógeno	1.32
Metano	1.31
Alcohol metílico	1.20
Cloruro de metilo	1.20
Gas natural	1.27
Acido nítrico	1.40
Nitrógeno	1.40
Oxígeno	1.40
Pentano	1.07
Propano	1.13
Dióxido de azufre	1.29



TABLA No. 4

Cp/Cv	C (Factor)	Cp/Cv	C (Factor)	Cp/Cv	C (Factor)
1.01	307	1.26	334	1.52	357
1.02	310	1.28	336	1.54	359
1.04	312	1.30	338	1.56	360
1.06	314	1.32	340	1.58	362
1.08	316	1.34	342	1.60	363
1.10	319	1.36	343	1.62	365
1.12	321	1.38	345	1.64	367
1.14	323	1.40	347	1.66	368
1.16	325	1.42	349	1.68	370
1.18	327	1.44	350	1.70	371
1.20	329	1.46	352	2.00	390
1.22	331	1.48	354	2.20	402
1.24	332	1.50	355		



Gráfica N:1

Coefficiente de Descarga para Contrapresión Constante

Coeficiente de Descarga C<sub>d</sub>

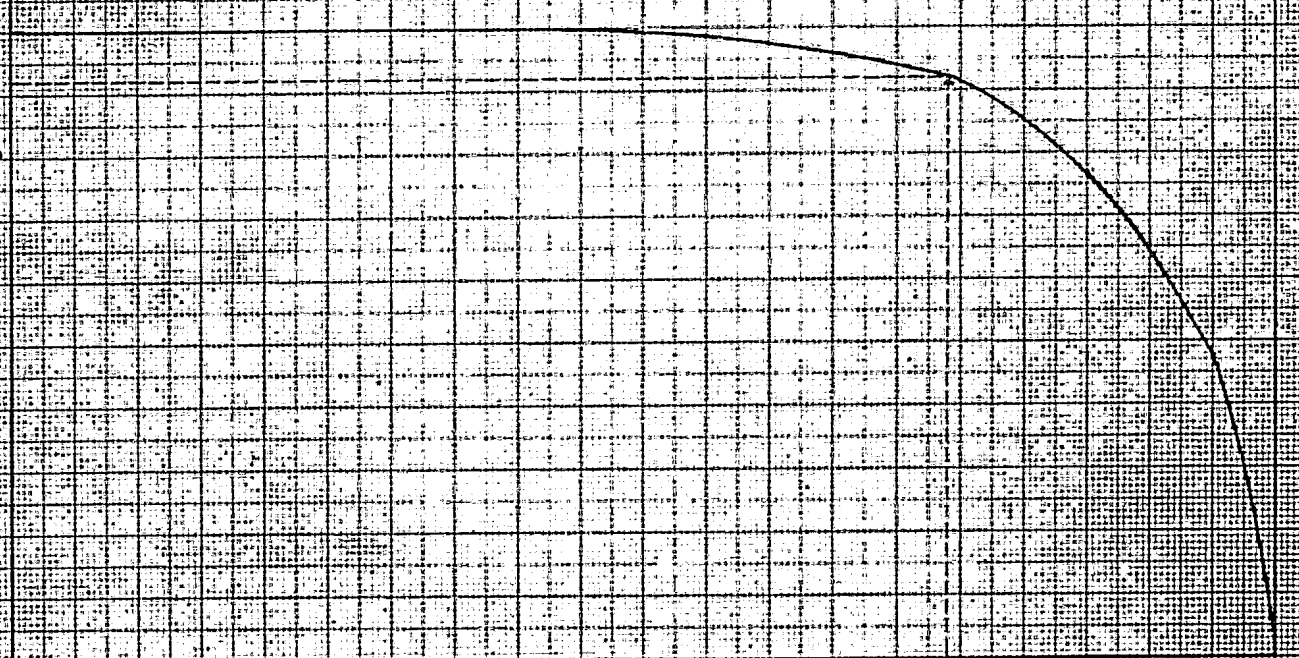
1.0  
0.9  
0.8  
0.7  
0.6  
0.5  
0.4  
0.3  
0.2  
0.1  
0

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100

$$\text{Porcentaje de Contrapresión Absoluta} = \frac{\text{Contrapresión (Psi)}}{\text{Presión de Disparo Sobrepresión (Psi)}} \times 100$$

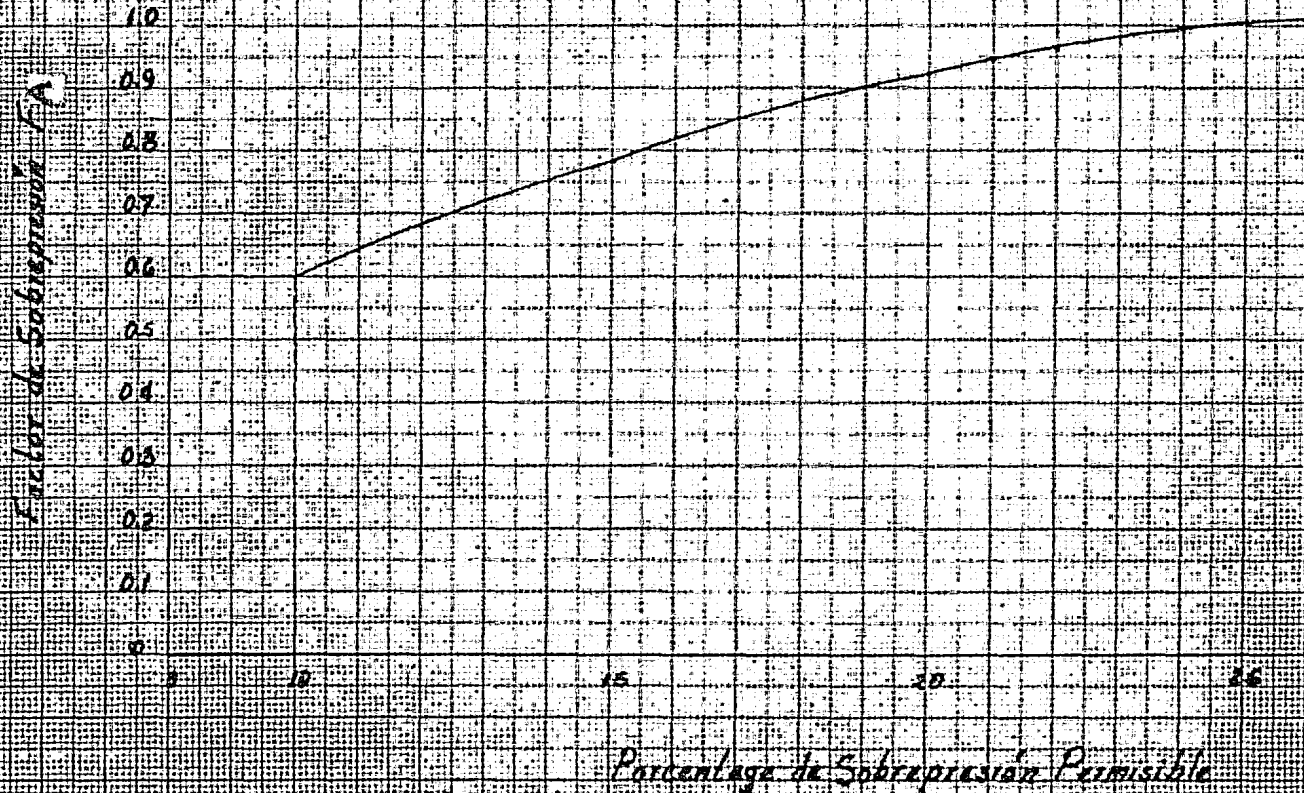
Ejemplo: Presión de Disparo = 200 Psi  
 Contrapresión Constante = 160 Psi

$$\text{Porcentaje de Contrapresión Absoluta} = \frac{160 + 14.7}{200 + 14.7} \times 100 = 76.6\% \quad k = 0.92$$



Gráfica N:2

Factor de Sobrepresión para Líquidos

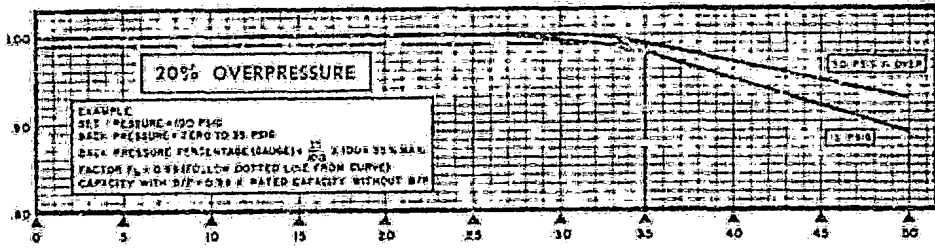
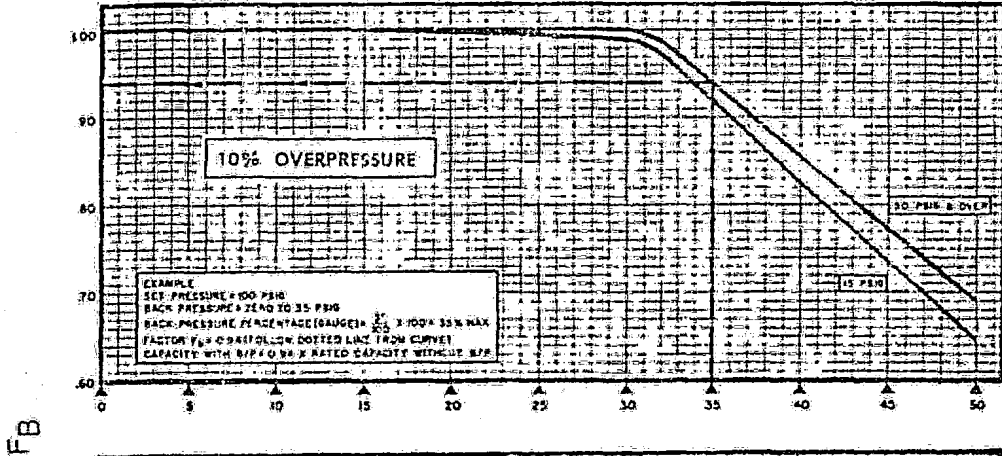




FACTOR DE CORRECCION PARA CONTRAPRESION VARIABLE A CTE. PARA GASES O VAP.

(FB)

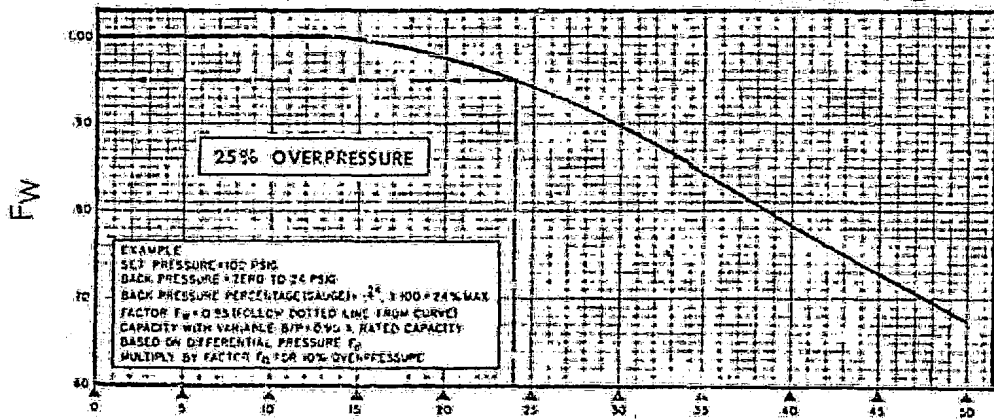
Gráfica N-4



FACTOR DE CORRECCION PARA CONTRAPRESION VARIABLE O CTE. PARA LIQ.

(FW)

Gráfica N-5



FACULTAD DE QUIMICA

DISPOSITIVO DE SEGURIDAD

REV.	DESCRIPCION	FECHA	REVISO	CALC. M.P.D.	REV. J.M.O.	FECHA
------	-------------	-------	--------	--------------	-------------	-------

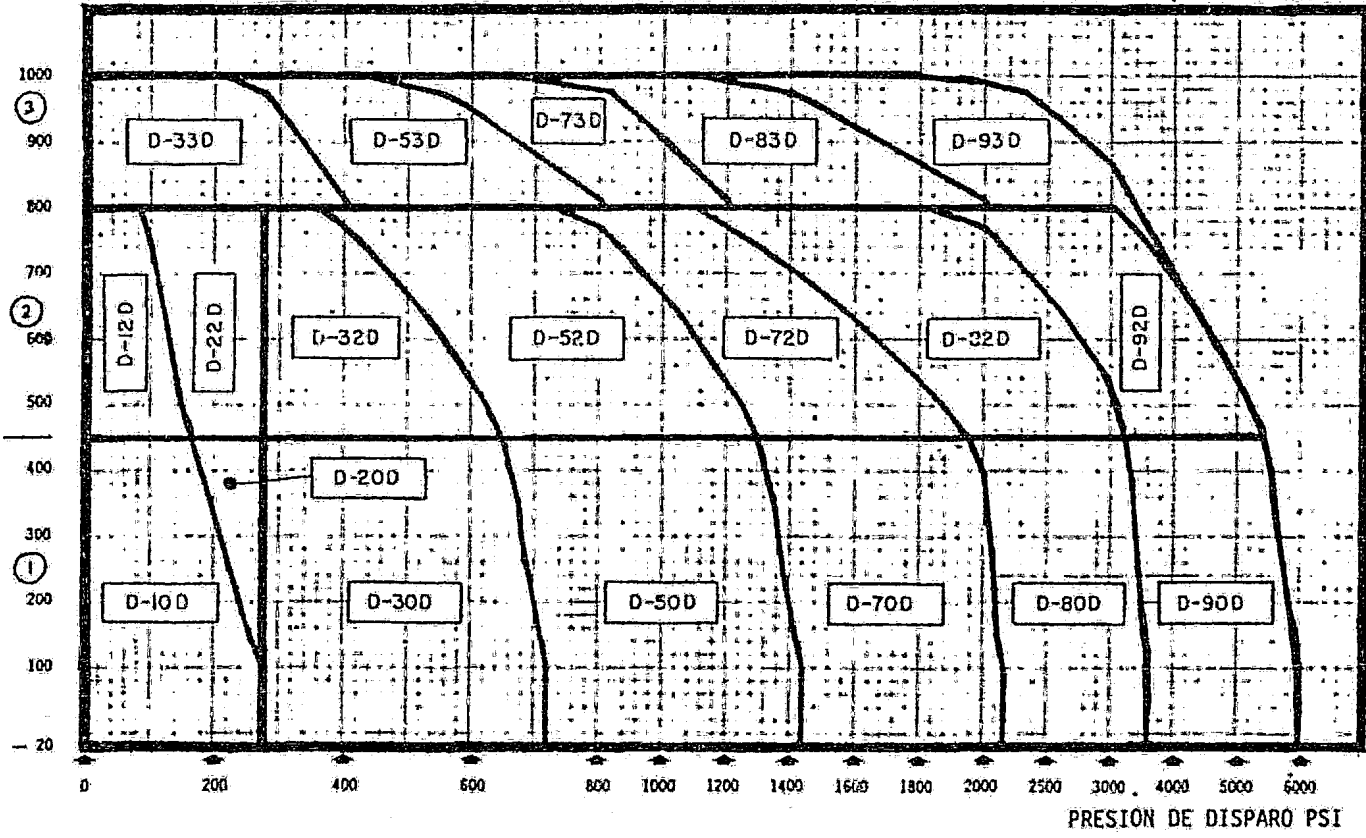
Simbología

- A = Area de la boquilla en in<sup>2</sup>
- W<sub>c</sub> = Pies cúbicos standard por minuto (SCFM) (14.7 Psia. y 60°F)
- W<sub>G</sub> = Galones por minuto (GPM)
- W<sub>p</sub> = Libras por hora (Lb/hr)
- P = Presión de disparo sobrepresión 14.7 Psia.
- F<sub>D</sub> = Presión de entrada menos la contrapresión constante Psi.
- F<sub>M</sub> = Factor de corrección al peso molecular
- F<sub>t</sub> = Factor de corrección a la temperatura
- F<sub>s</sub> = Factor de corrección a la gravedad específica
- F<sub>A</sub> = Factor de corrección por sobrepresión para líquido Gráfica No. 2
- F<sub>SH</sub> = Factor de corrección para vapor sobrecalentado Tabla No. 5
- F<sub>p</sub> = Factor de corrección para contrapresión constante Gráfica No. 1
- C = Constante para gas o vapor la cual es función de la relación de calores específicos Tabla No. 4
- F<sub>B</sub> = Factor de corrección para contrapresión variable o cte. de vapores y gases Gráfica No. 4
- F<sub>w</sub> = Factor de corrección para contrapresión variable o cte. de líquidos Gráfica No. 5
- F<sub>v</sub> = Factor de Corrección por viscosidad Gráfica No. 3

REV.					
DESCRIPCION					
FECHA					
REVISO					
CALC. M.P.D.		FACULTAD DE QUIMICA			
REV. J.M.O.					
FECHA		DISPOSITIVO DE SEGURIDAD			

TEMPERATURA DE ENTRADA °F

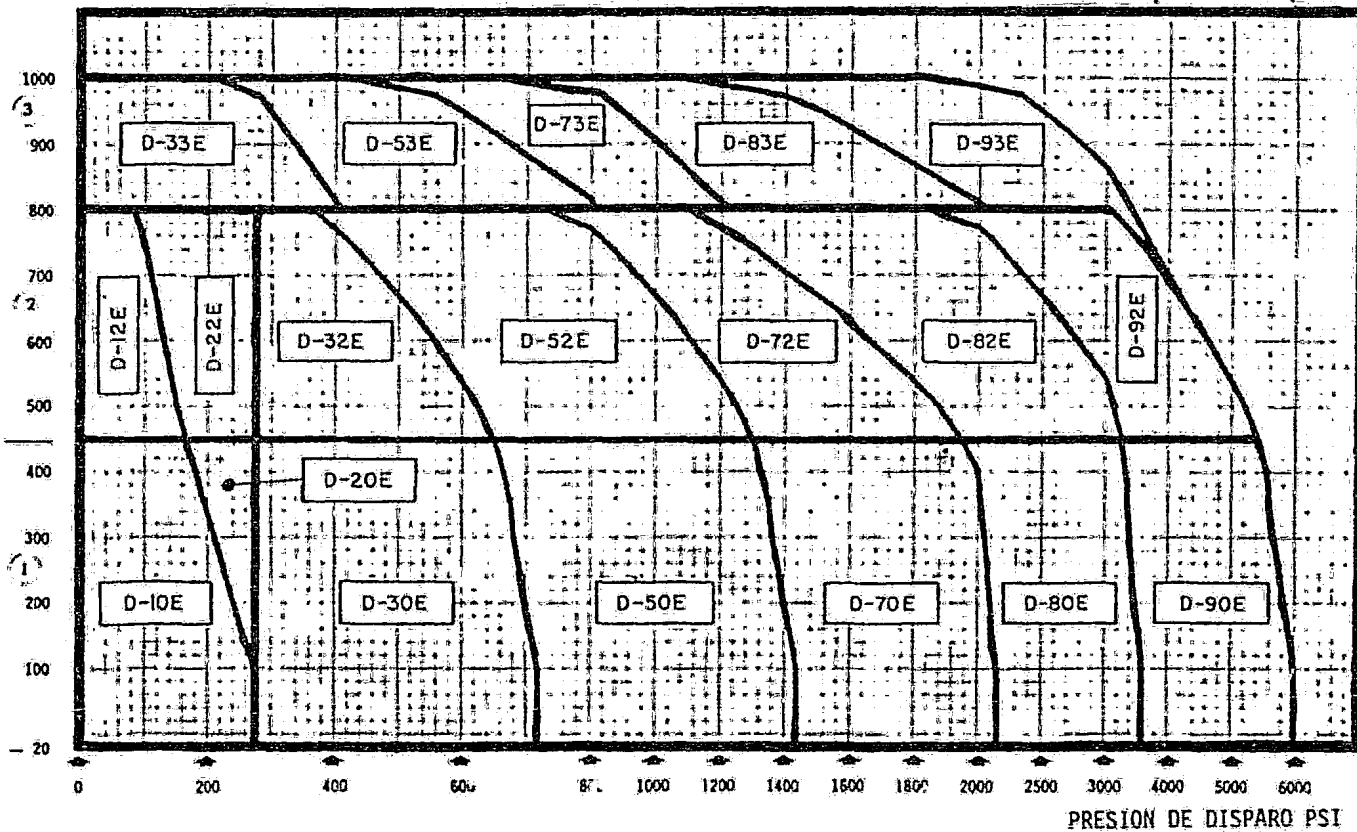
GRAFICA NO.  
SELECCION DE VALVULAS  
AREA: 0.110 PULG<sup>2</sup> ORIFICIO: D



- ① Cuerpo, Bonete y Resorte de Acero al Carbón
- ② Cuerpo y Bonete de Acero al Carbón, Resorte de Acero Aleado
- ③ Cuerpo, Bonete y Resorte de Acero Aleado



GRAFICA NO.  
SELECCION DE VALVULAS  
AREA: 0,192 PULG.<sup>2</sup> ORIFICIO E



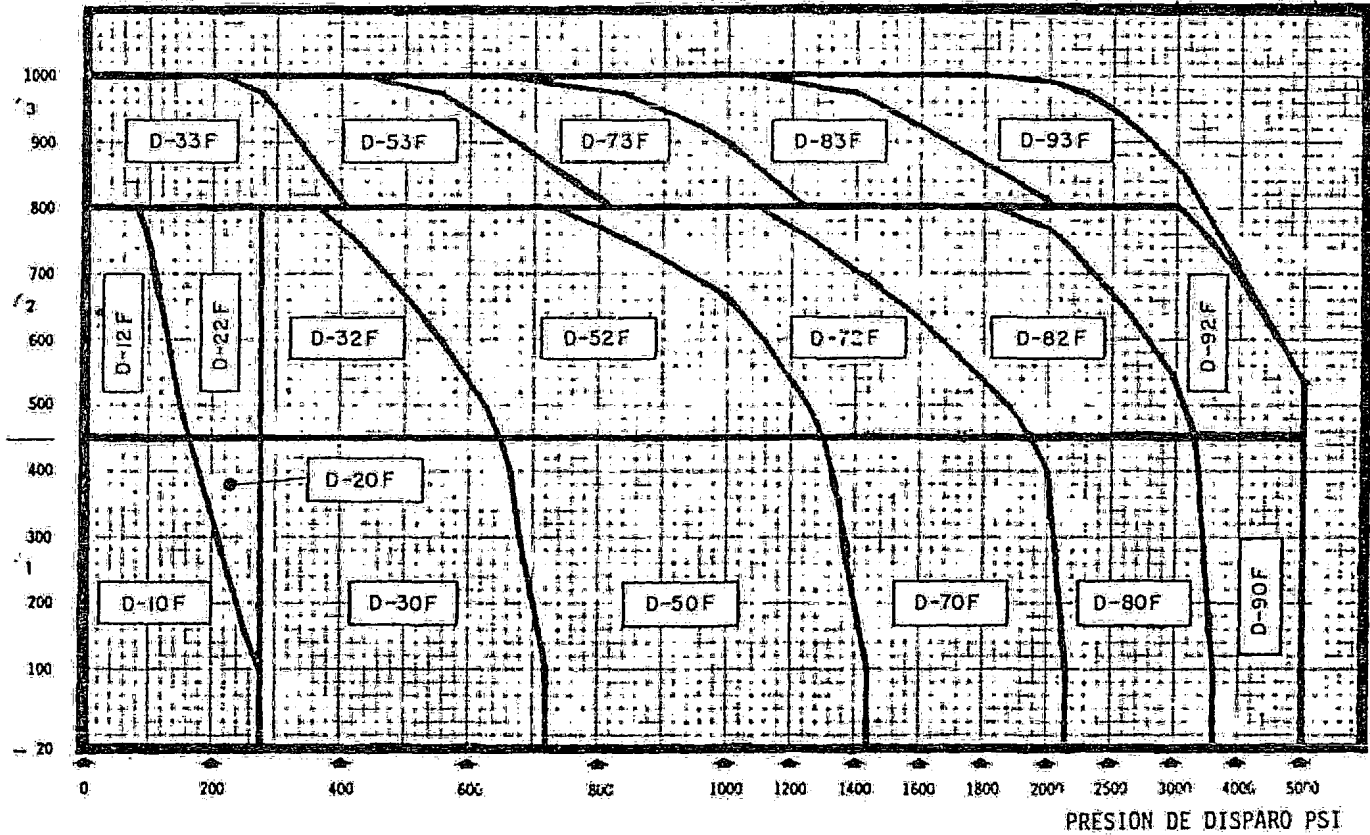
- 1 Cuerpo, Bonete y Resorte de Acero al Carbón
- 2 Cuerpo y Bonete de Acero al Carbón, Resorte de Acero Aleado
- 3 Cuerpo, Bonete y Resorte de Acero Aleado

REV.				
DESCRIPCION				
FECHA	REVISO			
CALC. M.P.D.	REV. J.M.O.	FACULTAD DE QUIMICA		
FECHA		DISPOSITIVO DE SEGURIDAD		

TEMPERATURA DE ENTRADA °F

PRESION DE DISPARO PSI

GRAFICA NO.  
SELECCION DE VALVULAS  
AREA: 0.307 PULG.<sup>2</sup> ORIFICIO F



- 1 Cuerpo, Bonete y Resorte de Acero al Carbón
- 2 Cuerpo y Bonete de Acero al Carbón, Resorte de Acero Aleado
- 3 Cuerpo, Bonete y Resorte de Acero Aleado

REV.					
DESCRIPCION					
FECHA					
REVISO					
CALC. M.P.D.		FACULTAD DE QUIMICA			
REV. J.M.O.					
FECHA		DISPOSITIVO DE SEGURIDAD			

REV.					
DESCRIPCION					
FECHA					
REVISO					
CALC. M.P.D.					
REV. J.M.O.					
FECHA					

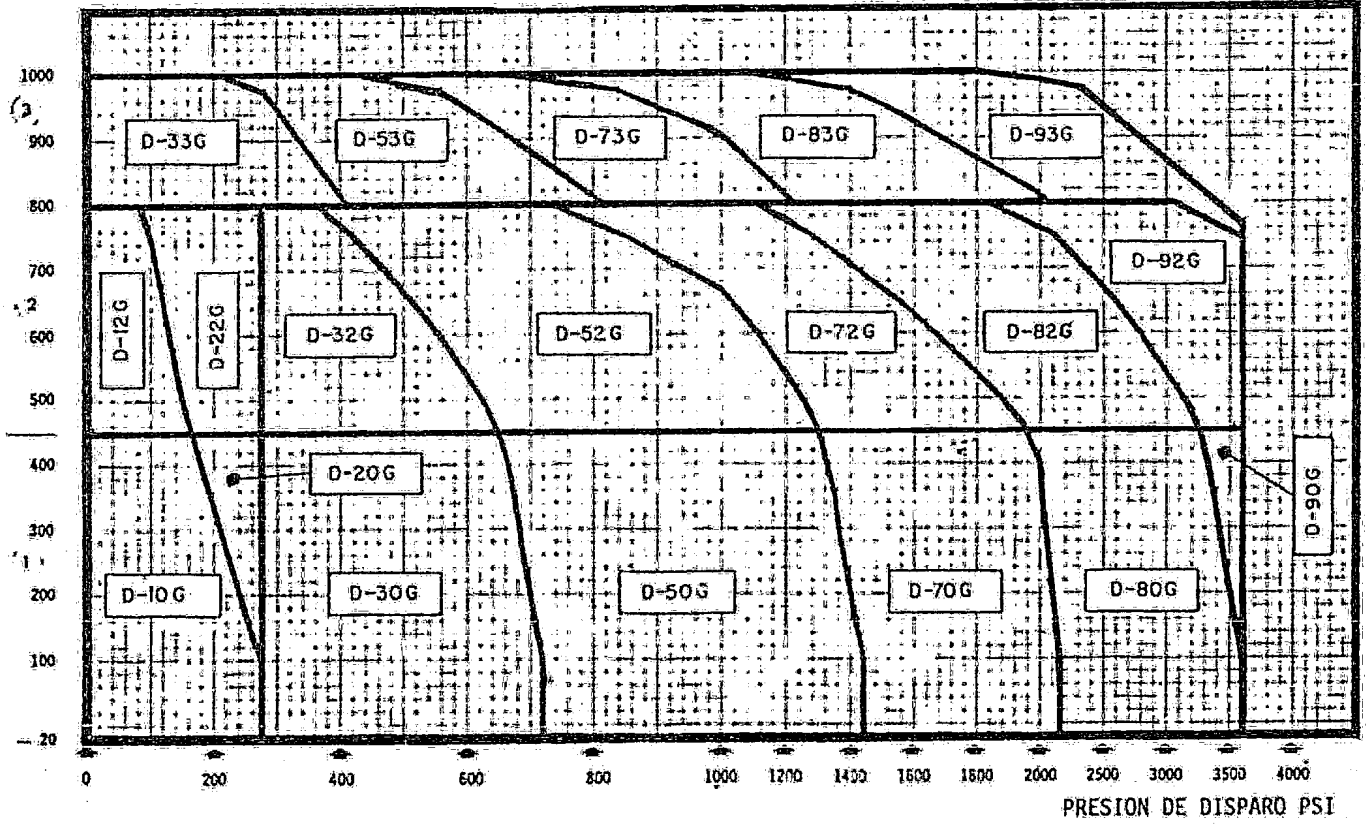
TEMPERATURA DE ENTRADA

°F

FACULTAD DE QUIMICA

DISPOSITIVO DE SEGURIDAD

GRAFICA NO.  
SELECCION DE VALVULAS  
AREA: 0,515 PULG.2 ORIFICIO G



- ① Cuerpo, Bonete y Resorte de Acero al Carbón
- ② Cuerpo y Bonete de Acero al Carbón, Resorte de Acero Aleado
- ③ Cuerpo, Bonete y Resorte de Acero Aleado

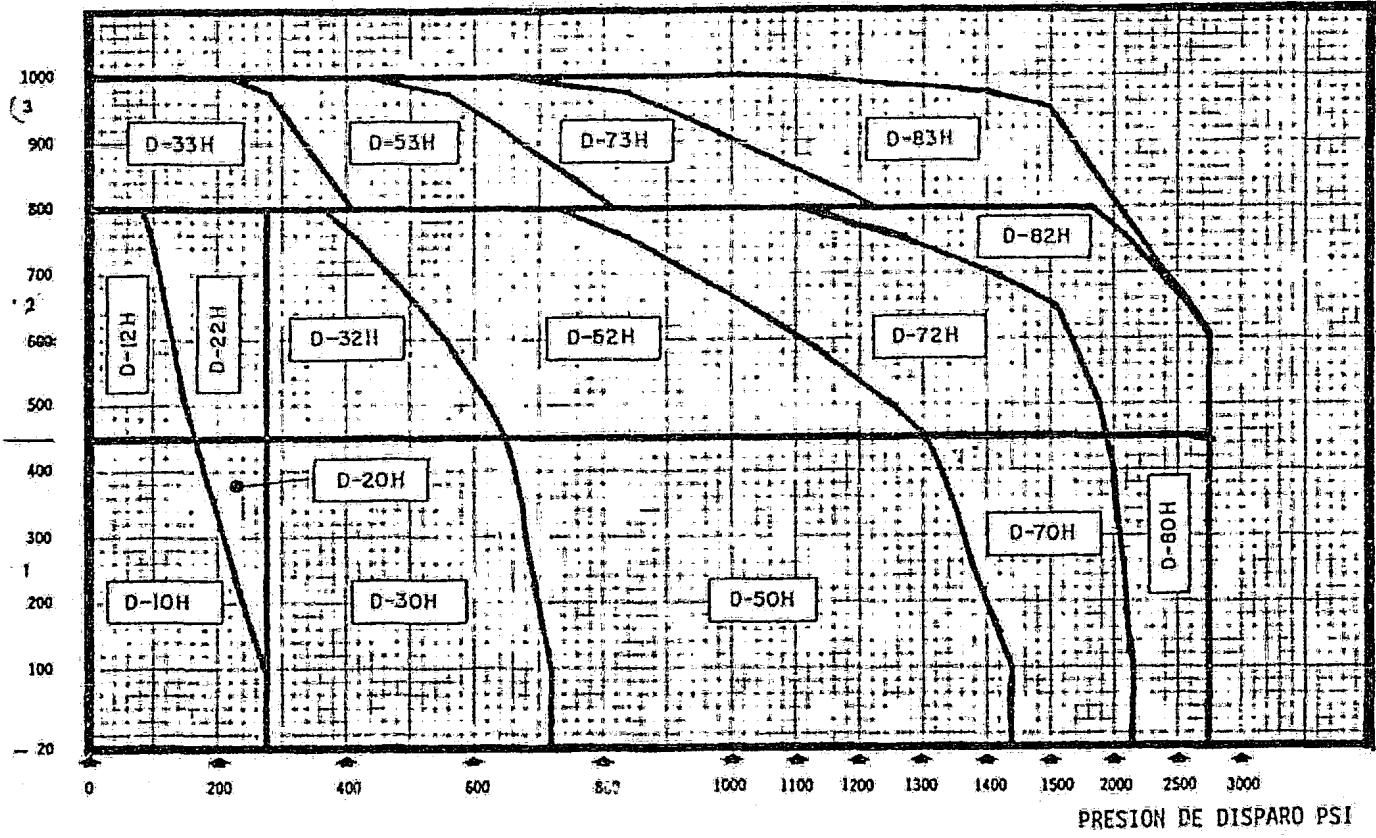
REV.							
DESCRIPCION							
FECHA							
REVISO							
CALC. M.P.D.							
REV. J.M.O.							
FECHA							

TEMPERATURA DE ENTREGA °F

FACULTAD DE QUIMICA

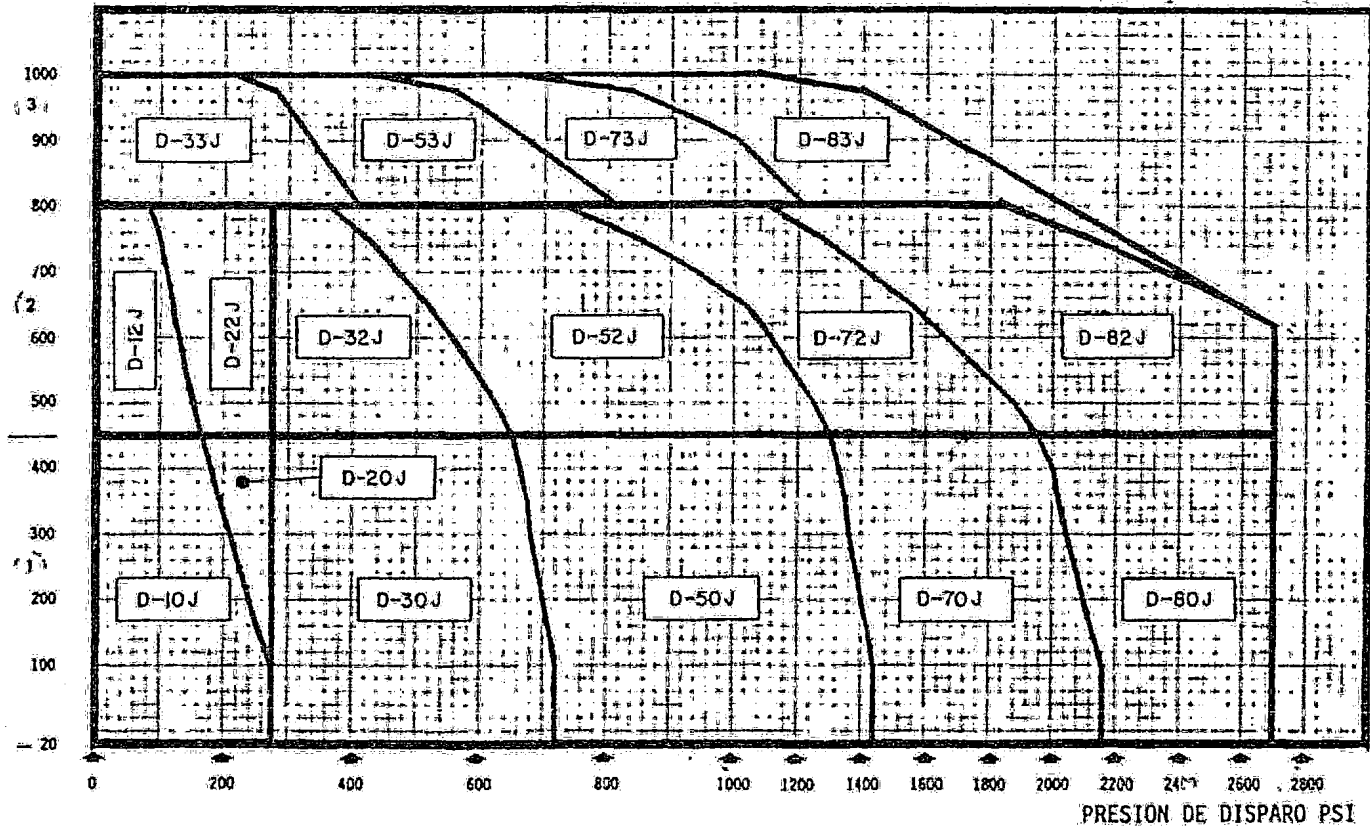
DISPOSITIVO DE SEGURIDAD

GRAFICA NO.  
SELECCION DE VALVULAS  
AREA: 0.785 PULG.2 ORIFICIO "1"



- 1: Cuerpo, Bonete y Resorte de Acero al Carbón
- 2: Cuerpo y Bonete de Acero al Carbón, Resorte de Acero Aleado
- 3: Cuerpo, Bonete y Resorte de Acero Aleado

GRAFICA NO.  
SELECCION DE VALVULAS  
AREA: 1,287 PULG<sup>2</sup> ORIFICIO J



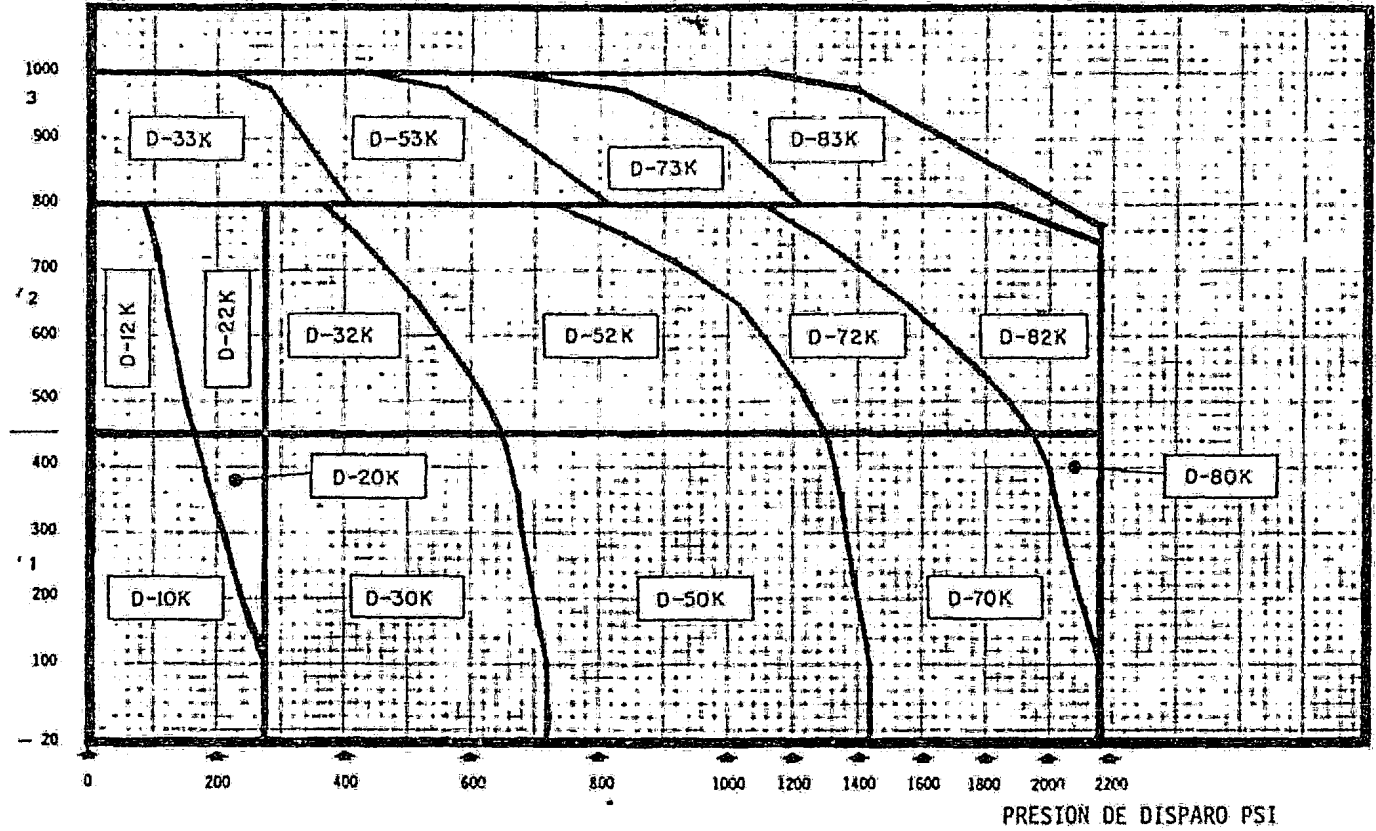
1. Cuerpo, Bonete y Resorte de Acero al Carbón
2. Cuerpo y Bonete de Acero al Carbón, Resorte de Acero Aleado
3. Cuerpo, Bonete y Resorte de Acero Aleado

REV.		TEMPERATURA
DESCRIPCION		
FECHA		ENTRADA
REVISO		
CALC. M.P.D.	FACULTAD DE QUIMICA	°F
REV. J.M.O.		
FECHA	DISPOSITIVO DE SEGURIDAD	

REV.							
DESCRIPCION							
FECHA							
REVISO							
CALC. M.P.D.							
REV. J.M.O.							
FECHA							
DISPOSITIVO DE SEGURIDAD							

TEMPERATURA DE ENTRADA °F

GRAFICA NO.  
SELECCION DE VALVULAS  
AREA: 1.838 PULG<sup>2</sup> ORIFICIO K

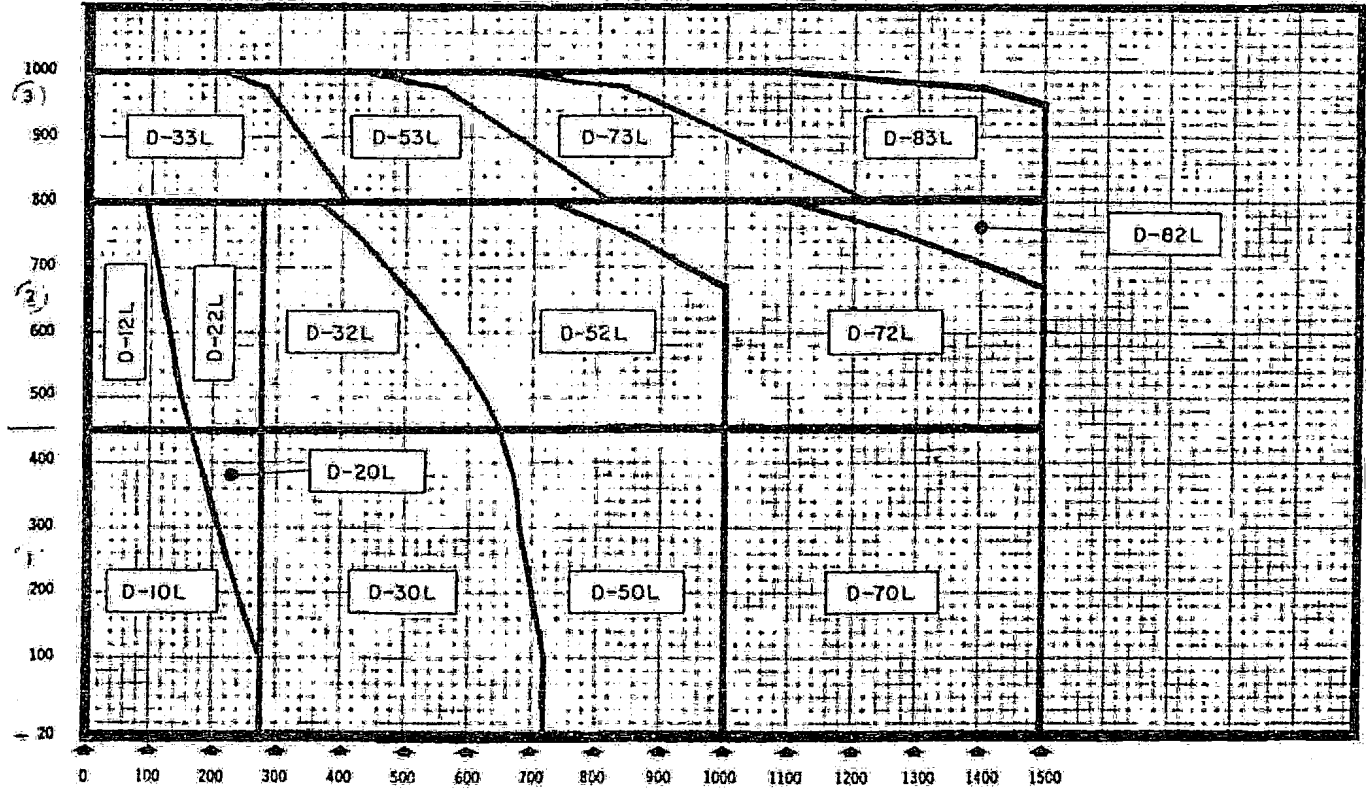


- 1 Cuerpo, Bonete y Resorte de Acero al Carbón
- 2 Cuerpo y Bonete de Acero al Carbón, Resorte de Acero Aleado
- 3 Cuerpo, Bonete y Resorte de Acero Aleado

REV.					
DESCRIPCION					
FECHA					
REVISO					
CALC. M.P.D.					
REV. J.M.O.					
FECHA					

TEMPERATURA DE ENTRADA °F

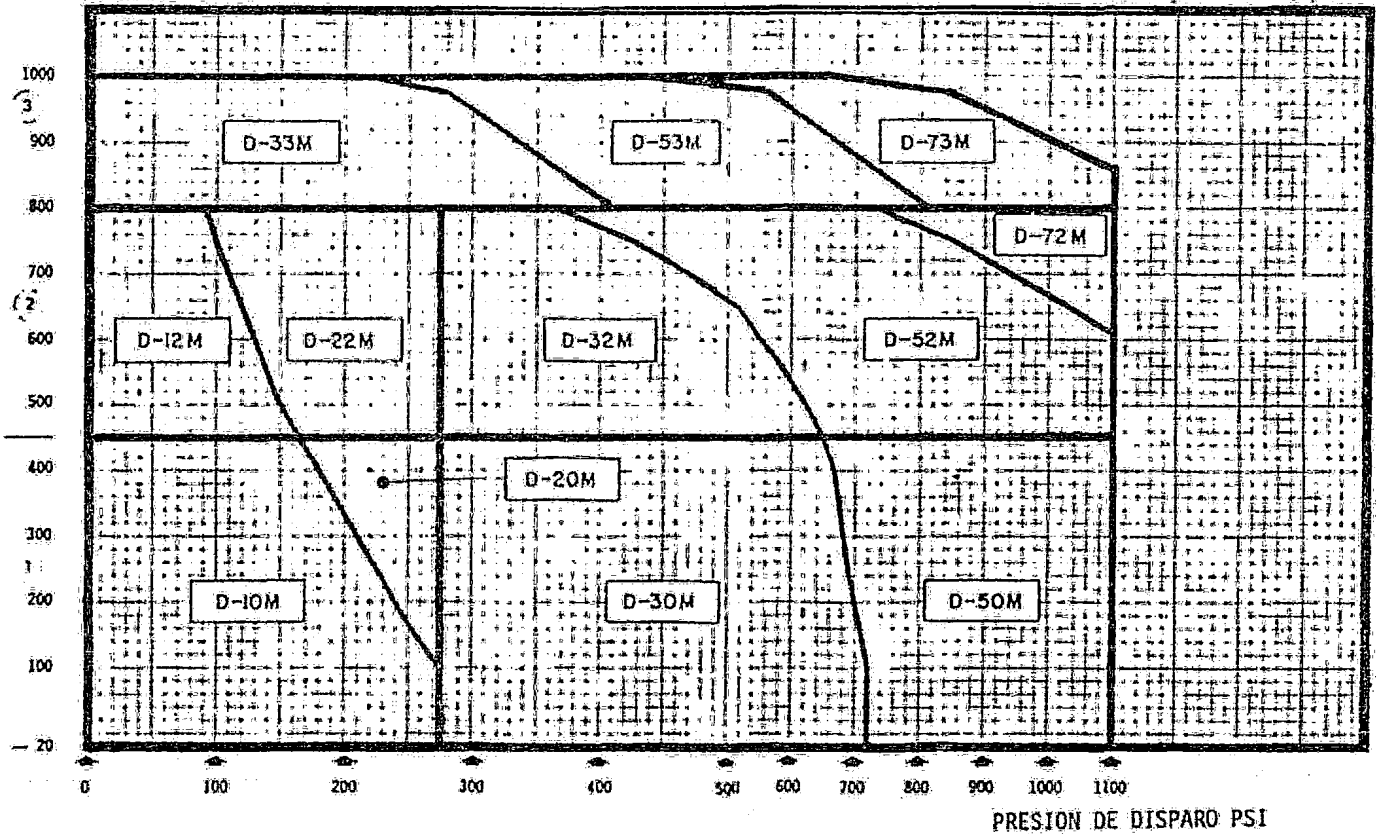
GRAFICA NO.  
SELECCION DE VALVULAS  
AREA: 2,853 PULG.<sup>2</sup> ORIFICIO L



- 1 Cuerpo, Bonete y Resorte de Acero al Carbón
- 2 Cuerpo y Bonete de Acero al Carbón, Resorte de Acero Aleado
- 3 Cuerpo, Bonete y Resorte de Acero Aleado

PRESION DE DISPARO PSI

GRAFICA NO.  
SELECCION DE VALVULAS  
AREA: 3.600 PULG.2 ORIFICIO M



- 1 Cuerpo, Bonete y Resorte de Acero al Carbón
- 2 Cuerpo y Bonete de Acero al Carbón, Resorte de Acero Aleado
- 3 Cuerpo, Bonete y Resorte de Acero Aleado

REV.					
DESCRIPCION					
FECHA					
REVISO					
CALC. M.P.D.		FACULTAD DE QUIMICA			
REV. J.M.O.					
FECHA		DISPOSITIVO DE SEGURIDAD			



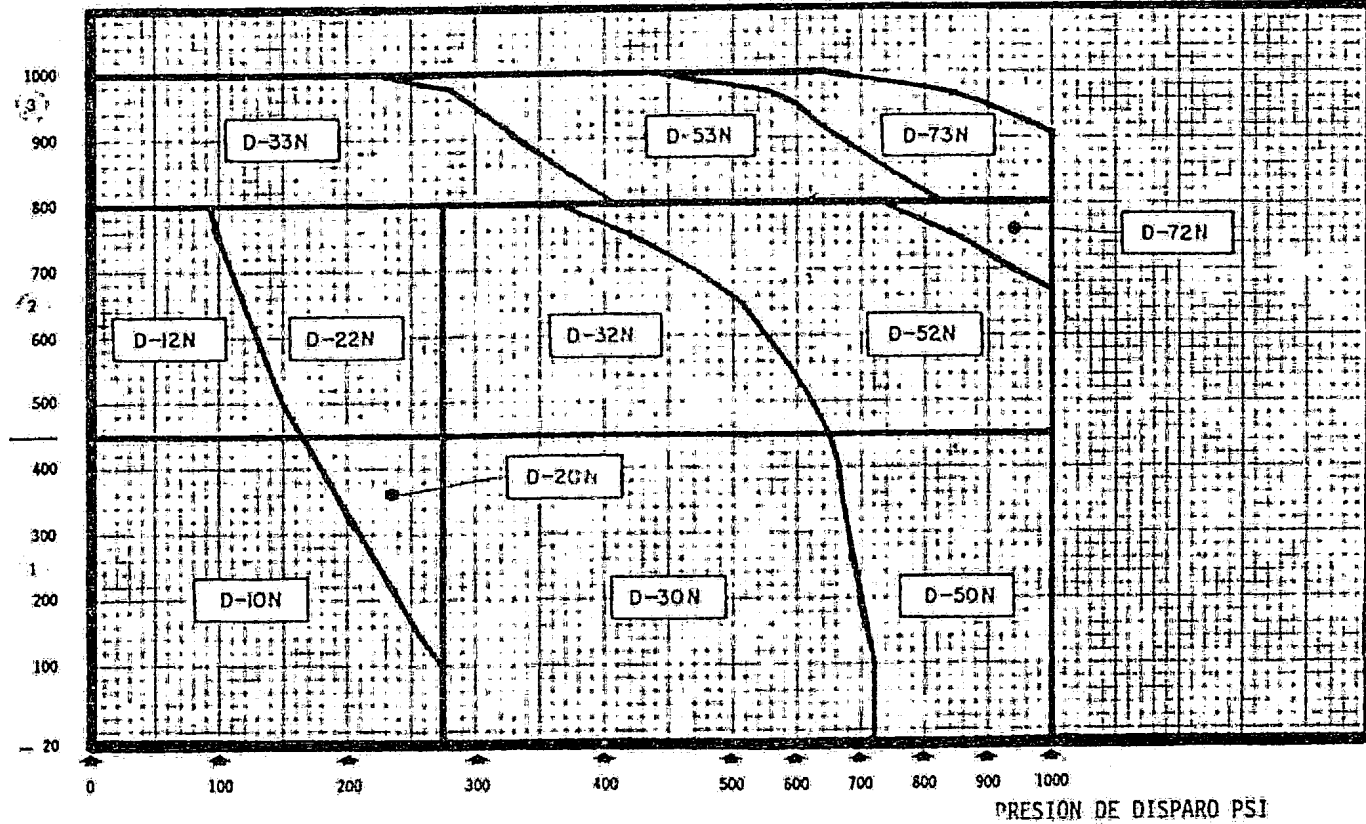
REV.					
DESCRIPCION					
FECHA					
REVISO					
CALC. M.P.D.					
REV. J.M.O.					
FECHA					

FACULTAD DE QUIMICA

DISPOSITIVO DE SEGURIDAD

TEMPERATURA DE ENTRADA °F

GRAFICA NO.  
SELECCION DE VALVULAS  
AREA: 4.340 PULG<sup>2</sup> ORIFICIO N

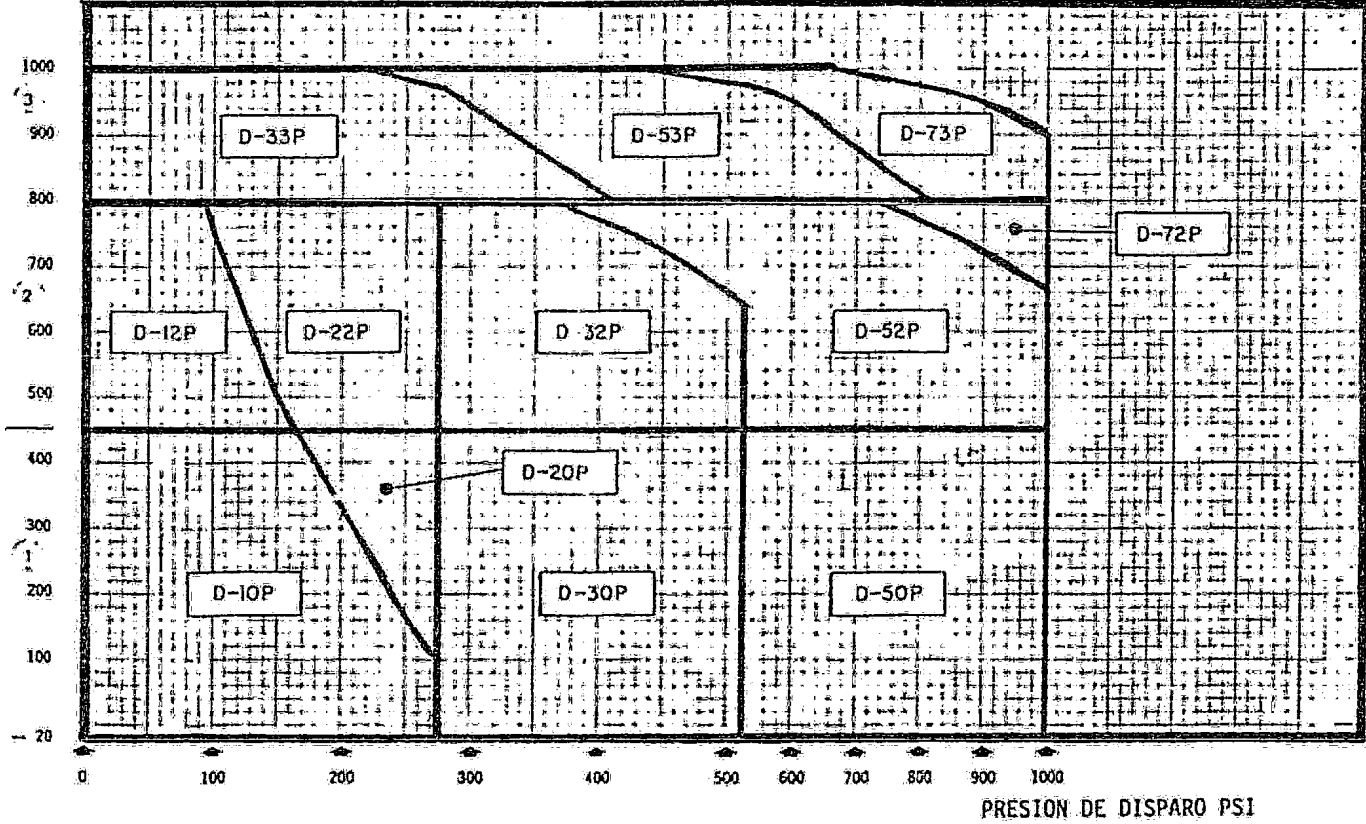


1. Cuerpo, Bonete y Resorte de Acero al Carbón
2. Cuerpo y Bonete de Acero al Carbón, Resorte de Acero Aleado
3. Cuerpo, Bonete y Resorte de Acero Aleado

REV.	DESCRIPCION	FECHA	REVISO	CALC. M.P.D.	REV. J.M.O.	FECHA
				FACULTAD DE QUIMICA		
				DISPOSITIVO DE SEGURIDAD		

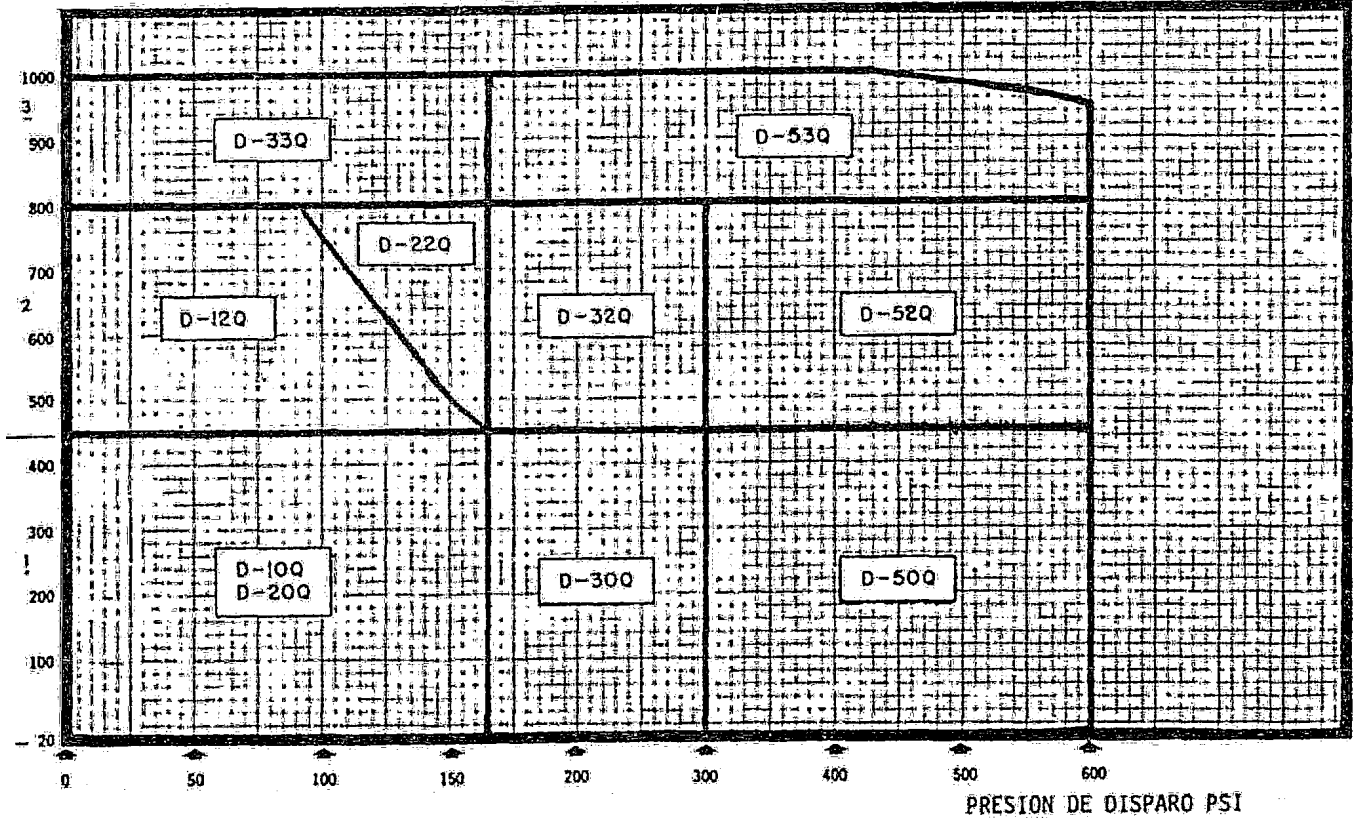
TEMPERATURA DE ENTRADA °F

GRAFICA NO.  
SELECCION DE VALVULAS  
AREA: 6,280 PULG.<sup>2</sup> ORIFICIO P



- 1: Cuerpo, Bonete y Resorte de Acero al Carbón
- 2: Cuerpo y Bonete de Acero al Carbón, Resorte de Acero Aleado
- 3: Cuerpo, Bonete y Resorte de Acero Aleado

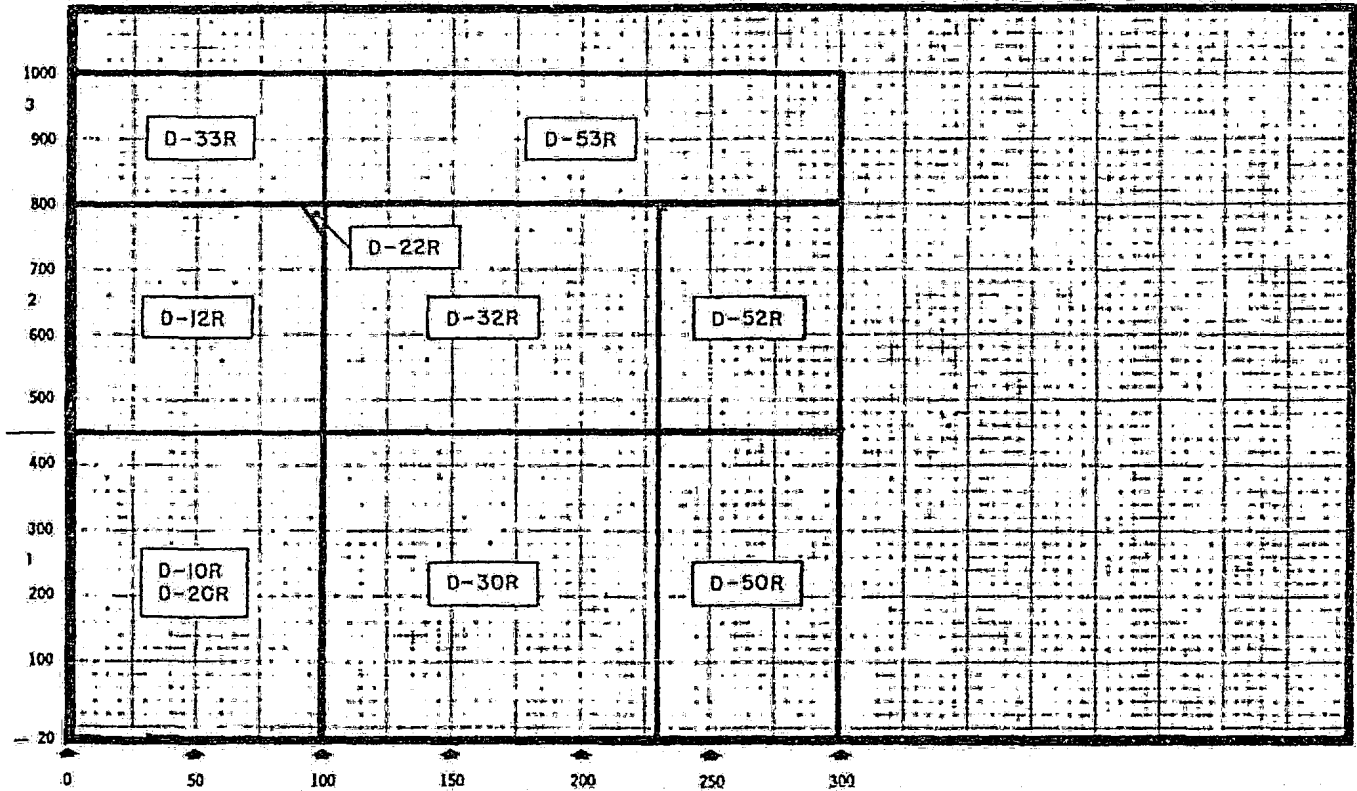
GRAFICA NO.  
SELECCION DE VALVULAS  
AREA: 11,050 PULG.<sup>2</sup> ORIFICIO Q



1. Cuerpo, Bonete y Resorte de Acero al Carbón
2. Cuerpo y Bonete de Acero al Carbón, Resorte de Acero Aleado
3. Cuerpo, Bonete y Resorte de Acero Aleado

REV.	DESCRIPCION	FECHA	REVISO	CALC. M.P.D.	REV. J.M.O.	FECHA
				FACULTAD DE QUIMICA		
				DISPOSITIVO DE SEGURIDAD		

GRAFICA NO.  
SELECCION DE VALVULAS  
AREA: 16,000 PULG.<sup>2</sup>      ORIFICIO R

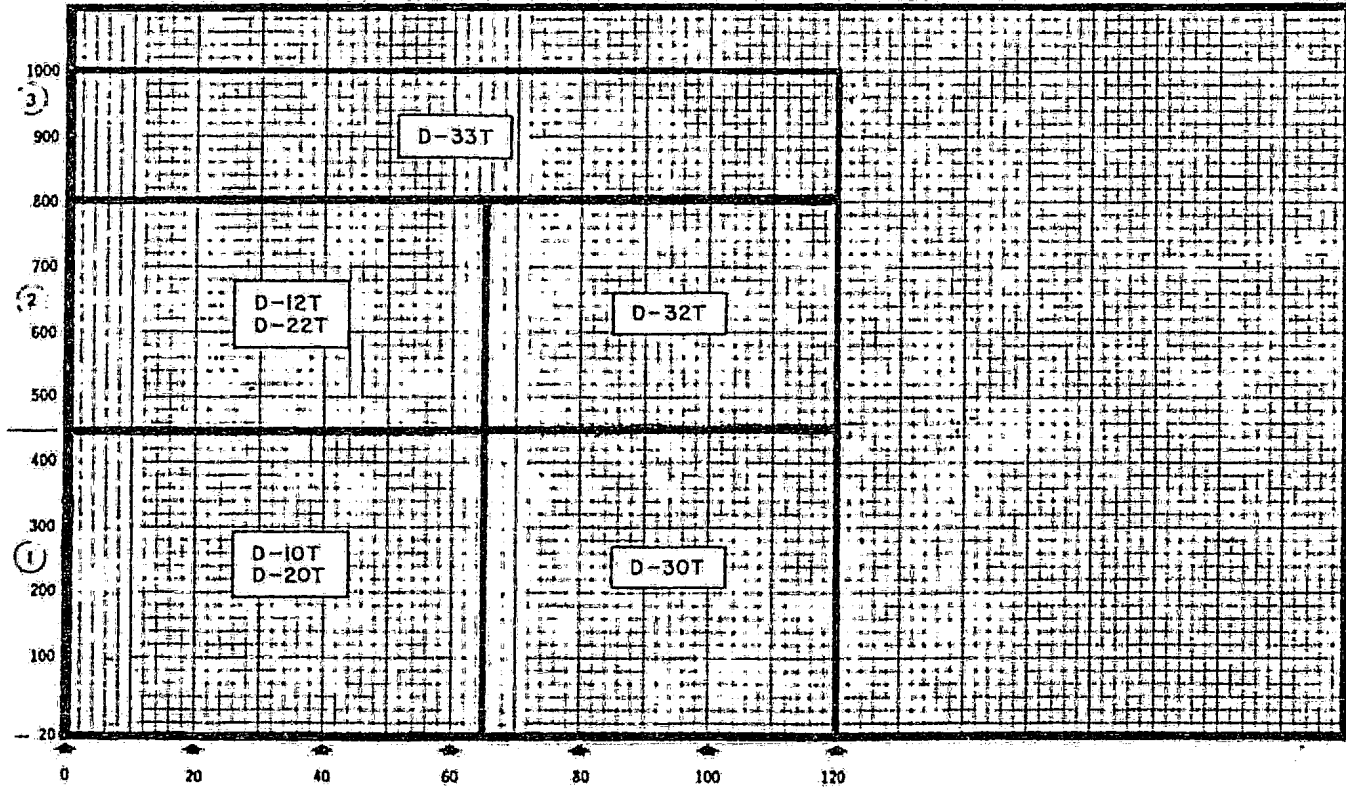


PRESION DE DISPARO PSI

- 1 Cuerpo, Bonete y Resorte de Acero al Carbón
- 2 Cuerpo y Bonete de Acero al Carbón, Resorte de Acero Aleado
- 3 Cuerpo, Bonete y Resorte de Acero Aleado

REV.	DESCRIPCION	FECHA	REVISO	FACULTAD DE QUIMICA	DISPOSITIVO DE SEGURIDAD
				ALC. M.P.D.	REV. J.M.O.
				FECHA	

GRAFICA NO.  
 SELECCION DE VALVULAS  
 AREA: 26.000 PULG.<sup>2</sup>      ORIFICIO T



PRESION DE DISPARO PSI

- 1) Cuerpo, Bonete y Resorte de Acero al Carbón
- 2) Cuerpo y Bonete de Acero al Carbón, Resorte de Acero Aleado
- 3) Cuerpo, Bonete y Resorte de Acero Aleado

REV.					
DESCRIPCION					
FECHA					
REVISO					
CALC. M.P.D.J.					FACULTAD DE QUIMICA
REV. J.M.O.					
FECHA					DISPOSITIVO DE SEGURIDAD

#### 4.3 Discos de Ruptura.

##### 4.3.1 Condiciones bajo las cuales se debe de instalar un disco de ruptura.

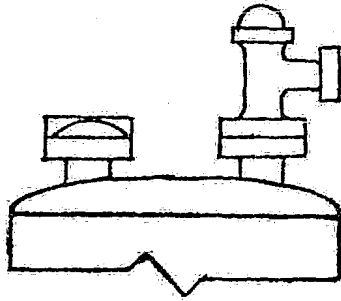
El área seccional de la conexión a un recipiente no deberá ser menor que el área requerida para desahogo del disco de ruptura.

Todo disco de ruptura deberá tener, especificada su presión de ruptura para la temperatura especificada y deberá estar garantizado por el fabricante para romperse dentro de un rango del 5% (más o menos) de la presión de ruptura especificada.

La presión de ruptura especificada a la temperatura dada de operación, deberá determinarse haciendo estallar dos o más especímenes de un lote del mismo material y tamaño que aquellos que vayan a ser utilizados. Las pruebas deberán hacerse en un recipiente de la misma forma y con las mismas dimensiones del área de presión de aquellos equipos en los cuales será utilizado el disco.

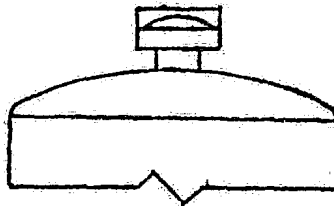
##### 4.3.2 Instalación de un disco de ruptura y una válvula de seguridad.

Cuando un riesgo adicional es creado por la exposición de un recipiente a presión al fuego u otras fuentes inesperadas de calor externo (por ejemplo recipientes usados para almacenar gases licuados inflamables) artefactos suplementarios para desahogo de presión deberán instalarse para protección contra presión excesiva. Tales artefactos suplementarios deberán ser capaces de evitar que la presión aumente más del 20% por arriba de la máxima presión permisible de trabajo del recipiente. Un solo artefacto para desahogo de la presión puede ser utilizado para satisfacer los requerimientos de este párrafo.



4.3.3 Instalación de un disco de ruptura solo.

Pueden utilizarse discos de ruptura en lugar de válvulas de seguridad en recipientes que contengan sustancias que pueden impedir la operación de una válvula o cuando la pérdida de un material valioso deba ser evitada o cuando la contaminación de la atmósfera por gases nocivos deba prevenirse.

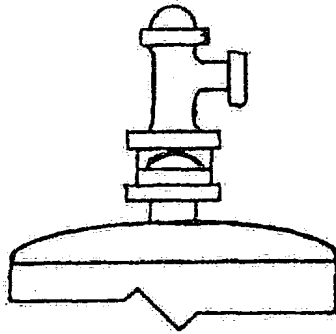


4.3.4 Instalación de un disco de ruptura entre la válvula de seguridad.

Un disco de ruptura puede instalarse entre una válvula de seguridad operada por resorte y un recipiente siempre y cuando:

- 1) La válvula tenga la capacidad suficiente para llenar los siguientes requerimientos del párrafo UG - 132 (a) y (b)
- 2) La presión máxima para la cual se diseñó el rango de ruptura del disco no exceda la presión máxima permisible de trabajo del recipiente.

- 3) La abertura dada a través del disco de ruptura después de su rompimiento sea suficiente para permitir el flujo igual a la capacidad de la válvula instalada y no haya posibilidad de interferencia con el funcionamiento propio de la válvula, en ningún caso esta área será menor que el área de entrada de la válvula.
- 4) El espacio entre un disco de ruptura y la válvula deberá estar previsto de un manómetro, macho de comprobación, ventilación libre o cualquier otro indicador apropiado. Este arreglo permite la detección de la ruptura del disco o de fugas a través del mismo.



#### 4.3.5 Instalación de un disco de ruptura en la salida de una válvula de seguridad

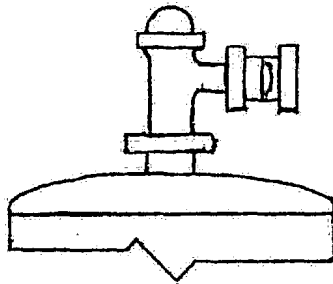
Un disco de ruptura puede instalarse en la salida de una válvula de seguridad operada con resorte, la cual abra mediante la acción de la presión existente en el recipiente siempre y cuando:

- 1) La válvula este construída en tal forma que no falle en su apertura a la presión de su calibración aunque exista una contrapresión entre el disco de la válvula y el disco de ruptura.
- 2) La válvula tenga la capacidad suficiente para llenar los requerimientos de los párrafos (a) y (b) UG - 132
- 3) El disco se diseñe para romperse a una presión que no sea



mayor que la presión máxima permisible de trabajo del recipiente.

- 4) La abertura dada a través del disco de ruptura después de su rompimiento, sea suficiente para permitir un flujo igual a la capacidad de la válvula instalada en el recipiente, pero en ningún caso, esta área deberá ser menor que el área de entrada de la válvula de desahogo o seguridad.
- 5) Cualquier tubería que esté después del disco de ruptura no deberá ser obstruída por fragmentos de disco de ruptura.



NOTA: Cuando un disco de ruptura es instalado en la salida de una válvula de seguridad accionada por una leva (mecanismo de elevación) se deberá tener un venteo para la válvula entre el disco de la válvula y el disco de ruptura para el chequeo de las condiciones de operación de la válvula. La distancia entre la válvula y el disco de ruptura deberá conservarse al mínimo posible.

Los usuarios de los discos deberán tener en cuenta que será peligroso el reemplazar un disco de ruptura en la salida de una válvula de seguridad si la reposición se lleva a cabo antes de reducir la presión en el recipiente, particularmente cuando se puedan desprender gases nocivos o peligrosos por cualquier concepto.

#### 4.3.6 Selección de discos de ruptura.

Los siguientes puntos deberán ser considerados para la selección adecuada y segura de un disco de ruptura.

1. La presión de diseño del recipiente o del sistema de tuberías.
2. La posibilidad de que existirá vacío o una contrapresión
3. Será la presión estática o variable?
4. Se usará al disco de ruptura como un dispositivo de relevo primario o secundario?
5. Materiales aceptables de construcción
6. Temperatura a la cual estará sometida el fluido o gas
7. Cálculo o medida de la temperatura a la cual estará sometida el disco bajo las condiciones de operación
8. Tamaño de la boquilla en la cual el disco deberá ser instalada.

NOTA: Dispositivo de relevo primario.

Una válvula de relevo o un disco de ruptura la cual abrirá o romperá respectivamente para aliviar la presión en el recipiente el cual se protegerá contra un aumento de más del 10% arriba de la presión máxima permisible de trabajo, excepto cuando el exceso de presión es causado por la exposición del recipiente al fuego o a otra fuente inesperada de calor.

Dispositivo de relevo secundario.

Cuando un riesgo adicional puede ser creado por la exposición del recipiente al fuego o a otra fuente inesperada de calor, una válvula de relevo o un disco de ruptura secundario deberá ser instalado el cual abrirá o se romperá respectivamente para evitar que la presión aumente más arriba del 20% de la máxima presión permisible de trabajo. Si el dispositivo de relevo primario reúne estos requisitos puede ser usado como ambos, dispositivo primario o secundario.

4.3.7 Dimensionamiento de los discos de ruptura

Las siguientes fórmulas pueden utilizarse para dimensionar apropiadamente un disco de ruptura. Fórmulas generales para flujo de gas se utilizan para calcular los requerimientos de líquidos y gases.

Cuando se tienen longitudes grandes de tubería conectadas al ensamble del disco de ruptura, será necesario considerar el ensamble del disco de ruptura como si tuviera una caída de presión equivalente a 50 diámetros de tubería, con el objeto de tener una aproximación segura.

Para Gases.

La presión crítica para gases es aproximadamente 0.53 P<sub>i</sub> en donde: P<sub>i</sub> = Presión de ruptura del disco

$$\frac{P_m}{P_i} = \left[ \frac{2}{n+1} \right]^{\frac{n}{n-1}}$$

Para fluidos compresibles que actúan aproximadamente como gas perfecto

$$W = CA \frac{2}{n+1} \frac{n}{n-1} \sqrt{2g \frac{n}{n+1} \frac{PF}{VI}}$$

Para el área de desahogo requerida en términos de flujo en pies cúbicos standard de aire, la fórmula es reducida a:

$$a = \frac{Q_{sa}}{11.4 P_i} = \text{área de desahogo requerida en in}^2 \dots \dots \dots (1)$$

Para otros gases y temperaturas se tiene la siguiente fórmula de corrección.

$$a = \frac{Q_{sa}}{11.4 P_i} \left[ \frac{460 + t}{520} \right] \left[ \frac{m}{2g} \right] \dots \dots \dots (2)$$

a = área de desahogo requerida en in<sup>2</sup>

$$a = \frac{Q_{sa}}{11.4 P_1} \left[ \sqrt{\frac{460 + t}{520}} \right] \left[ \sqrt{\frac{SG}{1}} \right] \dots\dots\dots(3)$$

Para líquidos.

Utilizando la fórmula general para líquidos y un coeficiente de descarga para la unidad de ruptura de 0.62, el flujo del líquido calculado a través del ensamble del disco es:

$$V = 0.62 \sqrt{2gh} = \text{velocidad media en Ft/seg}$$

$$Q_{av} = VA = \text{descarga en Ft}^3/\text{seg} \dots\dots\dots(4)$$

$$Q_{av} = 0.62 A \sqrt{2gh}$$

$$h = \frac{144 P}{\rho}$$

Sustituyendo el valor de h en la ecuación (4), puede determinarse el área de desahogo requerida A.

Mediante la manipulación de las fórmulas obtenidas, una fórmula simplificada para cualquier líquido fluyendo libremente, teniendo relativamente un alto número de Reynolds.

$$a = \frac{L \sqrt{SG}}{23.1 \sqrt{P}} \quad \text{área de desahogo en in}^2 \dots\dots\dots(5)$$

El área requerida es tomada como el área del orificio de la tubería en la entrada de la unidad de ruptura.

Para flujo de vapor.

Las siguientes fórmulas empíricas utilizadas ampliamente, se recomiendan para el cálculo:

Sobrecalentamiento inicialmente (  $P_M = 0.55 P_1$  )

Ecuación Empírica de Goudie:

$$W = (0.62) 0.3156 a \sqrt{\frac{P_1}{V_1}} = \text{Libras / seg.} \dots\dots\dots(6)$$

Ecuación Empírica de Naiper:

$$W (1 + 0.00065 D) = \frac{0.62 a P_1}{70} = \text{Libras/seg.} \dots\dots\dots(7)$$

Vapor saturado y seco

Ecuación Empírica de Napier:

$$W = \frac{0.62 a P_1}{70} = \text{Libras / seg.} \dots\dots\dots(8)$$

Ecuación Empírica de Grashof

$$W = (0.62) 0.0165 a P_1^{0.97} = \text{Libras / seg.} \dots\dots\dots(9)$$

Vapor inicialmente húmedo (  $P_M = 0.58 P_1$  )

Ecuación Empírica de Napier:

$$W (1 - 0.012 M) = \frac{0.62 a P_1}{70} \dots\dots\dots(10)$$

Resolviendo estas ecuaciones para "a", se tendrá el área de desahogo necesario del disco de ruptura.

### SUMARIO

- A = Área de flujo requerida en Ft<sup>2</sup>
- a = Área de flujo requerida en in<sup>2</sup>
- C = Coeficiente de descarga
- D = Número de grados Fahrenheit de sobrecalentamiento

- $\rho$  = Densidad del fluido en Lb/ft<sup>3</sup>  
g = 32.2 fps.  
h = Cabeza de presión en ft.  
L = Flujo de líquido requerido en GPM  
M = Vapor de calidad 100  
m = Peso molecular  
k = Relación de calores específicos 1.4 aprox. para gases  
P<sub>r</sub> = Presión de ruptura del disco en Lb/ft<sup>2</sup> abs.  
P<sub>i</sub> = Presión de ruptura del disco en Lb/in<sup>2</sup> abs.  
P<sub>M</sub> = Presión crítica de flujo  
P = Presión de ruptura del disco en Lb/in<sup>2</sup> man.  
Q = Flujo en ft<sup>3</sup>/seg.  
Q<sub>sa</sub> = Flujo en ft<sup>3</sup> std. de aire por min. (a 14.7 psi y 62°F)  
SG = Gravedad específica (agua = 1) (aire = 1)  
t = Temperatura media del flujo a la presión de ruptura del disco en °F.  
V = Velocidad en ft/seg.  
V<sub>i</sub> = Volumen específico  
W = Descarga en ft<sup>3</sup>/seg.

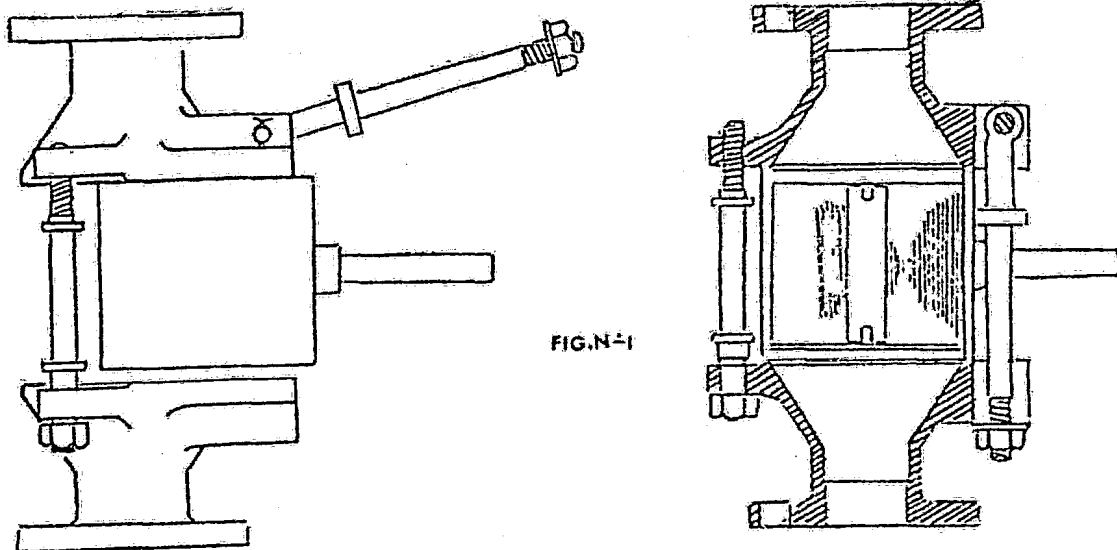
#### 4.4 Arrestadores de flama

El arrestador de flama es un dispositivo normalmente colocado en tanques de almacenamiento que contienen productos con presión de vapor no mayor a  $0.169 \text{ kg/cm}^2$  y/o su temperatura de ignición sea inferior a  $60^\circ\text{C}$ .

Los arrestadores de flama se pueden dividir en dos clases: La clase de protección normal de fuego y la combinada (protección de fuego y vacío)

1. La clase de protección normal consiste en un banco de tubos o placas alternadas con pasajes capilares dentro de una coraza, que permiten el venteo de los vapores inflamables del tanque, si estos vapores llegan a incendiarse el arrestador impide que regresen al interior (fig. 1)
2. La segunda clase además de las características de la primera, protege al tanque contra el vacío. Por ejemplo, cuando un líquido caliente es extraído de un tanque, e inmediatamente después llenado con un líquido frío se obtiene un vacío temporal, causando la ruptura del tanque.

El arrestador de flama combinado con una válvula de relevo de vacío, conservará la presión atmosférica dentro de éste.



## 5. CONCLUSIONES



Se clasificaron las áreas de riesgo en función de los materiales procesados lo cual facilita su conocimiento y acceso para fines de sistematización en su uso.

El conocimiento, manejo de los códigos por los ingenieros de diseño y profesionales de la química, es de vital importancia para el diseño, instalación y operación de equipo, tanto en las plantas futuras como en las ya existentes.

La clasificación de códigos y normas por campo final de aplicación simplifica su accesibilidad, permite ubicar riesgos e incorporar los sistemas de seguridad preventiva desde la etapa del diseño.

El manejo y aplicación de esta literatura por ingenieros de diseño y profesionales de la química, ayuda a: evitar daños a equipo, instalaciones y sobre todo al personal humano, ya que en muchos de los casos éste daño es irreparable, costoso y además doloroso; pérdidas económicas, tales como materias primas, producto terminado, paros y tiempos muertos para reparación.

El saber usar estas herramientas capacita al ingeniero en el diseño de equipo y para plantas de proceso.

Por último, se puede decir que un ingeniero dedicado al diseño debe hacerlo con amplios márgenes de seguridad y con la filosofía de que es él quien va a estar dentro de la planta que está diseñando.

6. BIBLIOGRAFIA

- RASE H.F. Y BARROW M.H. "Ingeniería de Proyectos para plantas de  
Proceso"  
C.E.C.S.A. México 1973
- BLAND W.F. & DAVIDSON R.L. "Petroleum Processing Handbook"  
Mc. Graw Hill N.Y. 1967
- BUTHOD P. & MAGYESEY E.F. "Pressure Vessel Handbook"  
Publishing Inc. Tulsa 1967
- ASME Boiler and Pressure Vessel Code Secc. 1
- LUDWIG. E.E. "Applied Process Design for Chem. and Petrochem. Plants"  
Vol. I  
Gulf Publishing Co. Houston, Tex. 1977
- KAURA M.L. "Plot Plans Must Include Safety"  
Hydr. Proc. 59 (7), 183 (July, 1980)
- PREDDY O.L. "Guidelines for Safety and Loss Prevention"  
Chem. Eng. 34 (4), 94 (April, 1969)
- PERDIUE J.W. "Requisitos eléctricos para áreas peligrosas"  
Crouse - Hinds Co. México 1979
- TUFLINE "Boletín técnico" Tuflin Eng. Data  
Cincinnati O.H. 1978
- CABOT CHEMTROL "Boletín técnico CPS 400"  
Louis Ville, K.Y. 1971
- Grupo Enger "Boletín técnico Discos de Ruptura"
- Loneragan "Boletín técnico Válvulas de Seguridad"

Ing. Panamericana Dis. y Proy. S.A. "Manual de diseño para recipientes a presión"  
México D.F., 1972

Asoc. Nacional de Firmas de Ingeniería "Sistemas de seguridad en el diseño de plantas industriales"  
Seminario México, D.F. 1978