

ESCUELA SUPERIOR  
POLITECNICA DEL LITORAL  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA

"GUIAS PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCION  
DE SISTEMAS ELECTRICOS EN AREAS CON  
ATMOSFERAS EXPLOSIVAS"

TESIS DE GRADO  
PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:  
INGENIERO EN ELECTRICIDAD  
**ESPECIALIZACION : POTENCIA**

PRESENTADA POR:  
**JOSE ARTURO AGUILERA DIAZ**

GUAYAQUIL - ECUADOR  
1982

A G R A D E C I M I E N T O

AL ING. JOSE LAYANA CH.  
Director de Tesis, por  
su ayuda y colaboración  
para la realización de  
este trabajo.

## R E S U M E N

En el presente trabajo se propone un método práctico para determinar las áreas peligrosas y las reglas para el diseño y construcción de sistemas eléctricos en dichas áreas.

El trabajo se presenta en cinco capítulos. Inicialmente se presentan las condiciones y fuentes potenciales que en forma más frecuente constituyen situaciones peligrosas, así como las características más importantes de las sustancias inflamables y las definiciones de algunos términos usados. Luego, trata de la clasificación de las áreas peligrosas, y se resume en cuadros los conceptos fundamentales de cada clasificación. En el capítulo III se describe la metodología a seguir para determinar las áreas peligrosas y en el capítulo IV se dan las precauciones, reglas generales y reglas específicas para la correcta selección y aplicación de equipos y accesorios eléctricos; se resume los métodos de instalación. Finalmente, se da una aplicación práctica de la metodología y conceptos enunciados; se estudia ampliamente el diseño y construcción eléctrico de una planta industrial de resinas sintéticas.

....

Se completa este trabajo con tablas de temperatura, límites de extensión de áreas, características de sustancias, grupos de mezclas explosivas típicas; gráficas ilustrativas de extensión de límites y planos eléctricos sobre el diseño típico propuesto.

# INDICE GENERAL

	PAGS.
INTRODUCCION .....	1
I. INFORMACION GENERAL .....	3
1.1 GENERALIDADES .....	3
1.2 CONDICIONES QUE PRODUCEN PELIGRO Y FUENTES DE IGNICION .....	4
1.3 CARACTERISTICAS DE SUSTANCIAS INFLAMABLES .....	5
1.4 DEFINICION DE TERMINOS EMPLEADOS .....	6
II. CLASIFICACION DE AREAS PELIGROSAS .....	11
2.1 CLASIFICACION SEGUN EL TIPO DE MATERIAL INFLAMABLE .....	11
2.2 CLASIFICACION SEGUN EL GRADO DE PELIGRO .....	12
2.3 CLASIFICACION SEGUN PRUEBAS EN EQUIPOS Y ACCESORIOS .....	16
III. REGLAS PARA EL DISEÑO .....	24
3.1 GENERALIDADES .....	24
3.2 METODOLOGIA RECOMENDADA A SEGUIR .....	24
3.2.1 Necesidad de clasificación .....	25
3.2.2 Asignación de división .....	25
3.2.3 Extensión de áreas peligrosas .....	27
3.2.4 Grupos de mezclas .....	47
IV. REGLAS PARA LA INSTALACION .....	48
4.1 PRECAUCIONES ESPECIALES .....	48
4.2 REGLAS GENERALES PARA EQUIPOS Y ACCESORIOS .....	50
4.3 REGLAS ESPECIFICAS PARA VARIOS TIPOS DE EQUIPOS Y ACCESORIOS .....	54

4.3.1	Disyuntores automáticos .....	54
4.3.2	Accesorios de tubería .....	56
4.3.3	Luminarias y accesorios de alumbrado .....	58
4.3.4	Motores .....	65
4.3.5	Tableros de distribución y controles industriales .....	67
4.3.6	Cajas de paso y derivación .....	70
4.3.7	Enchufes y tomacorrientes .....	73
4.3.8	Interruptores .....	75
4.4	MÉTODOS DE INSTALACIÓN .....	76
4.4.1	Instalaciones en áreas clase I .....	77
4.4.2	Instalaciones en áreas clase II .....	80
4.4.3	Instalaciones en áreas clase III, división 1 y 2 .....	82
4.4.4	Métodos de instalación de sellos .....	82
V.	DISEÑO TIPOICO DE UNA PLANTA INDUSTRIAL .....	101
5.1	DESCRIPCION GENERAL DEL PROYECTO .....	101
5.2	ANALISIS Y CLASIFICACION DE AREAS .....	107
5.2.1	Necesidad de clasificación .....	110
5.2.2	Asignación de división .....	115
5.2.3	Extensión de áreas peligrosas .....	117
5.2.4	Grupos de mezclas .....	127
5.3	SELECCION DE EQUIPOS Y ACCESORIOS ELECTRICOS PARA AREAS PELIGROSAS .....	129
5.3.1	Sistema de iluminación y tomacorrientes ...	129
5.3.2	Sistema de fuerza y control .....	140
5.4	RECOMENDACIONES DE MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD ELECTRICA .....	151
5.4.1	Recomendaciones generales .....	151
5.4.2	Precauciones de seguridad eléctrica .....	152

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	154
BIBLIOGRAFIA .....	156

INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES  
CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS  
VENEZUELA

Proyecto: FOT-020

## I N T R O D U C C I O N

El objetivo principal de este trabajo es el de facilitar la comprensión de los problemas asociados con el diseño, construcción y mantenimiento de las instalaciones eléctricas en áreas peligrosas. Si bien el NEC (Código Eléctrico Norteamericano) en su artículo 500 da las reglas y definiciones para el diseño eléctrico en áreas peligrosas, no siempre ayuda en situaciones prácticas, de ahí la necesidad de establecer un método que guíe en el cumplimiento de las regulaciones y requerimientos del NEC.

La metodología propuesta a seguirse requiere de respuestas a una serie de preguntas para establecer la peligrosidad o no del área y además determinar su grado de peligro. Describe el sistema para establecer los límites de extensión del área clasificada y proporciona tablas de distancias recomendadas y gráficos típicos representativos de la extensión, señala la selección de equipos y accesorios eléctricos considerando los grupos establecidos por el NEC, sección 500-2. Así como las reglas generales y específicas para cada clasificación. En la aplicación práctica de la método

gía el primer paso consiste en determinar la necesidad de clasificación (clase) de acuerdo al material o sustancias utilizadas. Según el tipo de situación creada en el proceso, manipuleo, almacenamiento o mantenimiento, se establece la división. Considerando las distancias recomendadas y las condiciones de trabajo se señala la extensión de los límites de las áreas peligrosas y finalmente se determinan los grupos correspondientes. A continuación se hace la selección de equipos y accesorios tomando en consideración las reglas generales y específicas señaladas.

## CAPITULO I

### INFORMACION GENERAL

#### 1.1. GENERALIDADES

Las instalaciones eléctricas en áreas peligrosas representan problemas complejos para el ingeniero eléctrico encargado de diseñar, seleccionar, y especificar el equipo y materiales apropiados. Esto requiere de vasto conocimiento de todos los códigos y regulaciones, y en muchos casos ingenio para encontrar métodos económicos sin sacrificar la seguridad.

La seguridad es de primordial importancia en las modernas plantas petrolíferas, químicas y otros complejos industriales donde una gran variedad de gases, vapores, y polvos inflamables con diferentes temperaturas de ignición y límites inflamables o explosivos son procesados y manipulados.

El presente trabajo tiene como finalidad ayudar a comprender los problemas asociados con el diseño, construcción y mantenimiento de las instalaciones eléctricas en áreas con atmósferas explosivas donde un incendio o explosión accidental puede ocasionar

pérdida de vidas, bienes y producción.

## 1.2. CONDICIONES QUE PRODUCEN PELIGRO Y FUENTES DE IGNICION

Hay diferentes grados de peligro dependiendo del combustible y de las condiciones circundantes. Una fuente de energía es todo lo que se necesita para iniciar una explosión cuando gases inflamables o polvos combustibles (metal, carbón, granos, etc.) se mezclan en cierta proporción con el aire.

Las condiciones más frecuentes de peligro se presentan en las áreas de procesamiento, manipuleo y almacenamiento de gases o vapores inflamables, así mismo en áreas con presencia de polvo combustible, el que inevitablemente cubre equipos e instalaciones, y finalmente en áreas donde están presentes fibras combustibles tales como en las desmontadoras de algodón y plantas de manufactura de ropa.

Siendo la electricidad una fuente principal de energía, equipos tales como interruptores, arrancadores, botoneras enchufes y tomacorrientes; pueden producir arcos o chispas en operación normal cuando los contactos se abren y cierran. Esto podría fácilmente producir ignición.

Le siguen en grado de peligro equipos que producen -

calor, como luminarias y motores. La temperatura en la superficie de éstos puede exceder los límites de seguridad de muchos ambientes fácilmente inflamables. Una lámpara floja representa doble peligro al combinar la producción de arco con la producción de calor.

Finalmente muchas partes de la instalación eléctrica pueden llegar a ser fuentes potenciales de ignición en caso de una falla de aislamiento. Este grupo incluye cableado (particularmente empalmes de cables), transformadores, bobinas, solenoides y otros artefactos de baja temperatura.

### 1.3. CARACTERISTICAS DE SUSTANCIAS INFLAMABLES

Las personas que generalmente trabajan con gases y líquidos volátiles inflamables, están con frecuencia inadvertidos de cuan explosivo puede ser una relación baja de gas, vapor o polvo con el aire y bajo que condiciones una cantidad extremadamente pequeña puede producir ambientes peligrosos.

Por otro lado, es difícil definir la cantidad de vapor, gas o polvo que pueda causar ambientes peligrosos, pues muchos factores están involucrados algunos de los cuales son variables como por ejemplo presión barométrica, humedad, movimiento de aire, cantidad y

tipo de ventilación, temperatura, etc.

Bajo estas consideraciones las características más importantes, de las sustancias inflamables, que sirven para evaluar cuidadosamente el grado de peligro y al mismo tiempo garantizar una correcta selección del equipo eléctrico para una área determinada son: punto de inflamación, temperatura de ignición, límites explosivos y densidad de vapor. Los vapores de algunos líquidos inflamables, tienen una tendencia natural a dispersarse en la atmósfera y rápidamente llegan a ser diluidos a concentraciones por debajo del límite más bajo del rango explosivo, particularmente cuando el aire se está moviendo.

Gases o vapores más livianos que el aire se difunden en la atmósfera tan rápidamente que, excepto en espacios cerrados, ellos no producen mezclas peligrosas en áreas próximas a instalaciones eléctricas.

#### 1.4. DEFINICIONES DE TERMINOS EMPLEADOS

Por tratarse de instalaciones especiales muchos de los términos empleados son desconocidos. Es necesario incluir estas definiciones para clarificar y facilitar el entendimiento de los conceptos y frases empleadas en este estudio.

A continuación se presenta un grupo de términos que

son muy utilizados cuando se trabaja en instalaciones eléctricas con atmósferas explosivas.

AREAS PELIGROSAS.- Son aquellas donde algún material inflamable está o puede estar presente en estado de fácil ignición.

SELLOS.- Es un accesorio cuyo propósito específico es evitar el paso de vapores, gases o llama de una porción peligrosa a otra a través de las tuberías de instalaciones eléctricas y también restringir la acumulación de grandes cantidades de gases o vapores explosivos.

EQUIPO A PRUEBA DE EXPLOSION.- Es todo equipo diseñado para soportar la explosión interior de un gas o vapor y evitar el escape de llama o calor a áreas peligrosas vecinas.

EQUIPO A PRUEBA DE POLVO.- Diseñado para impedir el ingreso de polvo que afecte el funcionamiento y protección de la instalación y no permitir que chispas, arcos o calor generados en su interior, cause la ignición de algún polvo específico acumulado en su exterior o en suspensión en el área circundante.

PUNTO DE INFLAMACION.- De un líquido es la temperatura mínima en la cual se libera suficiente vapor para formar una mezcla inflamable con el aire, cerca de -

la superficie del líquido o dentro del recipiente -  
usado, esta característica no es aplicable a gases.

TEMPERATURA DE IGNICION.- De una sustancia (sólido,  
líquido o gas) es la temperatura más baja que inicia  
rá o causará la combustión autosostenida de la sus -  
tancia.

LIMITES EXPLOSIVOS.- Cuando los gases o vapores se -  
mezclan con el aire u oxígeno hay una concentración  
mínima del gas o vapor por debajo de la cual la pro -  
pagación de la llama no ocurre al contacto de la mez -  
cla con una fuente de ignición.

Existe también una concentración máxima sobre la -  
cual la propagación de la llama no ocurre.

Estas líneas limitadoras de las mezclas se conocen -  
como los límites explosivos más bajo y más alto y ge -  
neralmente están expresados en términos de porcenta -  
je de gas o vapor en el aire, por volumen.

DENSIDAD DE VAPOR.- Es el peso del volumen de vapor -  
o gas puro (sin aire presente) comparado al peso de  
igual volumen de aire seco a la misma temperatura y  
presión.

LISTADO.- Todo equipo o material incluido en una lis  
ta publicada por un laboratorio de pruebas reconocí-

do, agencia de inspección u otra organización relacionada con la evaluación de productos.

MARCADO.- Todo equipo o material al cual se ha fijado una etiqueta, símbolo u otra marca de identificación de un laboratorio de pruebas reconocido, agencia de inspección, u otra organización relacionada con la evaluación de productos.

APROBADO.- Todo equipo o material aceptado por la autoridad competente. Al determinar la aceptabilidad de instalaciones o procedimientos, equipos o materiales, la autoridad competente debe basarse en las normas establecidas.

AUTORIDAD COMPETENTE.- Organización, oficina o individuo responsable de la "aprobación" del equipo, instalación o un procedimiento.

LIQUIDO COMBUSTIBLE.- Todo líquido que tenga el punto de inflamación igual o superior a los 37.8°C.

LIQUIDO INFLAMABLE.- Todo líquido que tenga el punto de inflamación inferior a los 37.8°C. y con una presión de vapor no superior a las 40 libras PSI(absolute) a 37.8°C.

SEGURIDAD INTRINSECA.- Un equipo o cableado es intrínsecamente seguro cuando es incapaz de liberar su

ficiente energía eléctrica o térmica, bajo condiciones normales o anormales, para causar la ignición de una atmósfera peligrosa específica en su estado de concentración más peligrosa.

## CAPITULO II

### CLASIFICACION DE AREAS PELIGROSAS

La clasificación de las áreas peligrosas está basada en dos aspectos fundamentales que son: el tipo de material inflamable y el grado de peligro del área. Adicionalmente, con el propósito de facilitar la selección de materiales y equipos, se ha establecido una subdivisión en grupos luego de pruebas realizadas en diferentes mezclas típicas por los laboratorios de la Underwriters.

#### 2.1. CLASIFICACION SEGUN EL TIPO DE MATERIAL INFLAMABLE

Considerando el tipo de material inflamable las áreas peligrosas se clasifican en: clase I, clase II y clase III.

CLASE I.- Son aquellas áreas donde gases o vapores inflamables están o pueden estar presentes en el aire en cantidades suficientes para producir mezclas explosivas o inflamables.

CLASE II.- Son aquellas áreas donde existe la presencia de polvo combustible.

CLASE III.- Son aquellas áreas donde existe la presencia de fibras fácilmente inflamables.

## 2.2. CLASIFICACION SEGUN EL GRADO DE PELIGRO

Cada clase está dividida según el grado de peligro en división 1 y división 2 y se definen de la siguiente manera.

DIVISION 1.- Es una situación con una presencia continua de sustancias peligrosas.

DIVISION 2.- Es una situación donde las sustancias peligrosas están normalmente confinadas en contenedores y sistemas cerrados.

En la tabla # II-1 denominada "clasificación de áreas peligrosas" se presenta, en base al artículo 500 del código eléctrico norteamericano, la descripción de las diferentes situaciones correspondientes a cada clase y división. El objeto de esta presentación es facilitar todos los conceptos necesarios para una correcta clasificación de una área determinada.

TABLA II-1

CLASIFICACION DE AREAS PELIGROSAS		
CLASE	DIVISION	DESCRIPCION
I	1	<p>Areas en las cuales concentraciones peli<u>g</u>rosas de gases o vapores inflamables - existe continuamente, intermitentemente, o periódicamente bajo condiciones de o<u>p</u>eración normal.</p> <p>Areas en las cuales concentraciones peli<u>g</u>rosas de gases o vapores inflamables - pueden existir frecuentemente debido a o<u>p</u>eraciones de mantenimiento y reparación o a causa de escape.</p> <p>Areas en las cuales una avería o falla de operación del equipo o proceso puede liberar concentraciones peligrosas de va<u>p</u>ores o gases inflamables y ocasionar si<u>l</u> multáneamente falla del equipo eléctri<u>c</u>o.</p>
	2	<p>Areas en las cuales líquidos volátiles inflamables o gases inflamables son mani<u>p</u>ulados, procesados, o usados pero normalmente están confinados dentro de con<u>t</u>enedores cerrados o sistemas cerrados -</p>

Tabla II-1 (continuación)

1	2	<p>de los cuales puede escapar sólo en caso de ruptura accidental o avería de tales contenedores o sistemas, o en caso de operación anormal del equipo.</p> <p>Areas en las cuales concentraciones peligrosas de gases o vapores son normalmente prevenidas por ventilación mecánica - positiva, pero que pueden llegar a ser - peligrosas por falla u operación anormal del equipo de ventilación.</p> <p>Areas adyacentes a áreas clasificadas como clase I, división I, y hacia las cuales concentraciones peligrosas de gases o vapores pueden fluir ocasionalmente a no ser que tal comunicación se prevenga por una adecuada ventilación de presión positiva desde una fuente de aire limpio, y una efectiva protección contra una falla de la ventilación.</p>
II	1	<p>Areas en las cuales polvo combustible está o puede estar en suspensión en el - aire continuamente, intermitentemente, o periódicamente bajo condiciones normales</p>

	<p>1</p>	<p>de operación y en cantidades suficientes para producir mezclas explosivas o inflamables.</p> <p>Areas donde una falla mecánica u operación anormal de la maquinaria o equipo puede producir mezclas explosivas o inflamables y al mismo tiempo proporcionar una fuente de ignición por la falla del equipo eléctrico.</p> <p>Areas donde pueden estar presente polvos de naturaleza eléctrica conductiva.</p>
<p>II</p>	<p>2</p>	<p>Areas en las cuales el polvo combustible no está normalmente en suspensión en el aire, o no es puesto en suspensión por la operación normal del equipo o aparatos, en cantidades suficientes para producir mezclas explosivas o inflamables.</p> <p>Areas donde el depósito o acumulación de polvo pueda ser suficiente para interferir con la segura disipación del calor de equipos o aparatos eléctricos.</p> <p>Areas donde el polvo depositado o acumulado, sobre, dentro o en sitios adyacen-</p>

Tabla II-1 (continuación)

II	2	tes al equipo eléctrico; puede ser inflamado por arcos o chispas originadas en tal equipo.
III	1	Areas en las cuales se manipula, manufactura, o usa fibras fácilmente inflamables o materiales que producen materiales volantes combustibles (hilachas, colos de ceibo, etc.).
	2	Areas donde se almacena o manipula - (excepto en procesos de manufactura) fibras fácilmente inflamables.

### 2.3. CLASIFICACION SEGUN PRUEBAS EN EQUIPOS Y ACCESORIOS

Las pruebas realizadas con diferentes sustancias y mezclas han determinado la creación de los siguientes grupos.

Clase I : Grupos A, B, C y D

Clase II: Grupos E, F y G

La lista de las sustancias o mezclas correspondientes a cada grupo y reconocidas en forma oficial por el código eléctrico norteamericano se dan en la tabla II-2.

TABLA 2-2. ATMOSFERAS EXPLOSIVAS TÍPICAS Y SUS CARACTERÍSTICAS

Clase	División	Grupo	Atmósferas Típicas	Punto de inflamación	Temperatura de ignición	Límites explosivos (porcentaje por volumen)		Densidad de vapor (aire = 1.0)
				°C		°C	Bajo	
I Gases Vapores	I Normalmente Peligrosa	A	Acetileno	Gas	305	2.5	100	0.9
		B	Butadieno	Gas	420	2.0	12	1.9
			Oxido de Etileno	-18	429	3.6	100	1.5
			Hidrógeno	Gas	400	4.0	75	0.1
			Oxido de Propileno	-37	449	2.8	37	2.0
			Gases Manufacturados con un contenido de hidrógeno superior a 30% (por volumen).					
C	Acetaldehído	-37	175	4	60	1.5		
	Ciclo Propano	Gas	500	2.4	10.4	1.5		

TABLA 1I-2 (CONTINUACION)

Clase	División	Grupo	Atmósferas Típicas	Punto de inflamación	Temperatura de ignición	Límites explosivos (porcentaje por volumen)		Densidad de vapor (aire = 10)
				°C	°C	Bajo	Alto	
I	1	C	Eter Dietílico	-45	160	1.9	36	2.6
			Etileno	Gas	490	2.7	36	1.0
			Dimetilo de Hidracina Asimétrica (UDMHI, 1-Dimetilo de Hidracina)	-15	249	2.0	95	2.0
		D	Isopreno	-54	220	2.0	9	2.4
			Acetona	-18	465	2.6	12.8	2.0
			Acrilonitrilo	0	481	3.0	17	1.8
			Amoníaco	Gas	651	16	25	0.6
			Benceno	-11	560	1.3	7.1	2.8
			Butano	Gas	405	1.9	8.5	2.0

TABLA II-2 ( CONTINUACION)

Clase	División	Grupo	Atmósferas Típicas	Punto de inflamación	Temperatura de ignición	Límites explosivos (porcentaje por volumen)		Densidad de vapor (aire = 1.0)	
				° C	° C	Bajo	Alto		
I	1	D	1-Butanol (Alcohol Butílico)	29	365	1.4	11.2	2.6	
			2-Butanol (Alcohol Butílico-5e <u>secundario</u> ).	24	405	1.7	9.8	2.6	
				22	425	1.7	7.6	4.0	
			Acetato Isobutílico	18	421	2.4	10.5	4.0	
			Etano	Gas	515	3.0	12.5	1.0	
			Etanol (Alcohol Etílico)	13	365	3.3	19	1.6	
			Acetato de Etilo	- 4	427	2.2	11	3.0	
			Dicloruro de Etileno	13	413	6.2	16	3.4	
			Gasolina						
			56 - 60 Octanos	-43	280	1.4	7.6	3-4	
100 Octanos	-38	456	1.4	7.4	3-4				

TABLA II-2 (CONTINUACION)

Clase	División	Grupo	Atmósferas Típicas	Punto de inflamación	Temperatura de ignición	Límites explosivos (porcentaje por volumen)		Densidad de vapor (aire = 10)
				° C	° C	Bajo	Alto	
I	1	D	Heptanos	4 a 0	215-280	1.05	6.7	3.5
			Hexanos	-22	225	1.1	7.5	3.0
			Metano (gas natural)	Gas	540	5	15	0.6
			Metanol (Alcohol Metílico)	11	385	6.7	36	1.1
			3-Metílico-1-Butano (Alcohol Isoamílico)	43	350	1.2	9	3.0
			Ketona de Etilo Metilo	-6	516	1.8	10	2.5
			Ketona de Isobutil Metilo	23	460	1.4	7.5	3.5
			2-Metilo-1-Propanol (Alcohol Isobutílico)	28	427	1.2°	10.9°	2.6
			2-Metilo-2-Propanol (Alcohol Butílico Terciario)	11	480	2.4	8	2.6

TABLA II-2 (CONTINUACIÓN)

Clase	División	Grupo	Atmósferas Típicas	Punto de inflamación	Temperatura de ignición	Límites explosivos (porcentaje por volumen)		Densidad de vapor (aire=1.0)
				° C	° C	Bajo	Alto	
I	1	D	Nafta de Petróleo	-18	288	1.1	5.9	2.5
			Octanos	13	220	1.0	6.5	3.9
			Pentanos	-40	260	1.5	7.8	2.5
			1-Pentanol (Alcohol Amílico)	33	300	1.2	10 <sup>C</sup>	3.0
			Propano	Gas	450	2.2	9.5	1.6
			1-Propanol (Alcohol Propílico)	25	440	2.1	13.5	2.1
			2-Propanol (Alcohol Isopropílico)	12	399	2	12	2.1
			Propileno	Gas	460	2	11.1	1.5
			Estireno	32	490	1.1	6.1	3.6
			Tolueno	4	480	1.2	7.1	3.1
			Acetato de Vinilo	- 8	427	2.6	13.4	3.0

TABLA II-2 (CONTINUACION)

Clase	División	Grupo	Atmósferas Típicas	Punto de inflamación	Temperatura de ignición	Límites explosivos (porcentaje por volumen)		Densidad de vapor (aire=1.0)
				° C	° C	Bajo	Alto	
I	I	D	Cloruro de Vinilo	Gas	472	3.6	33	2.2
			Xilinos	27	530	1.1	7	3.7
	II Normalmente no peligrosa	A	Igual a división I					
		B	Igual a división I					
		C	Igual a división I					
		D	Igual a división I					
II Polvos Combustibles	I Normalmente peligrosa	E	Polvo Metálico, incluyendo aluminio, magnesio, y sus aleaciones comerciales y otros metales de similares características.					

TABLA II-2 (CONTINUACION)

Clase	División	Grupo	Atmósferas Típicas	Punto de inflamación	Temperatura de ignición	Límites explosivos (porcentaje por volumen)		Densidad de vapor (aire = 1.0)
				° C	° C	Bajo	Alto	
II	I	F	Negro de humo, carbón de piedra, polvo de coque.					
		G	Harina, Almidón, Polvo de granos.					
	II Normalmente no peligroso	G	Igual a división I					

## CAPITULO III

### REGLAS PARA EL DISEÑO

#### 3.1. GENERALIDADES

La instrumentación, el control y las instalaciones eléctricas en áreas peligrosas son generalmente gobernadas por las reglas del artículo 500 del Código Eléctrico Norteamericano (NEC). Sin embargo, las definiciones y reglas del NEC para este tipo de diseño eléctrico no siempre ayudan al ingeniero con situaciones prácticas. El propósito de este trabajo es presentar una guía o método que facilite el cumplimiento de los requerimientos del NEC.

#### 3.2. METODOLOGIA RECOMENDADA A SEGUIR

La metodología a seguir requiere respuestas a una serie de preguntas. Una respuesta afirmativa a cualquier pregunta verifica la existencia de una área clasificada como peligrosa. Los límites de las áreas pueden determinarse aplicando las recomendaciones señaladas en la sección 3.2.3 y las ilustraciones mostradas en las figuras del 3-4 al 3-15.

Cada sección, cuarto o área debe considerarse indivi-

dualmente en la determinación de su clasificación.

### 3.2.1. NECESIDAD DE CLASIFICACION

La necesidad de clasificación se indica por una respuesta afirmativa a una de las siguientes preguntas:

- a. ¿Es probable la presencia de líquidos, vapores o fibras inflamables o polvo combustible?
- b. ¿Es probable que líquidos con punto de inflamación igual o superiores a 60°C. sean manipulados, procesados, o almacenados a temperatura sobre sus puntos de inflamación?

Una vez determinada la peligrosidad del área donde se realizarán las instalaciones eléctricas, se clasifica dicha área en clase I, clase II o clase III según el material inflamable presente en el medio.

### 3.2.2. ASIGNACION DE DIVISION

Las áreas pertenecientes a la división I pueden distinguirse por una respuesta afirmativa a cualquiera de las siguientes preguntas.

- a. ¿Es probable, bajo condiciones normales de

operación, la existencia en el aire de -  
concentraciones de un gas, vapor o fibras  
inflamables o polvos combustibles?

- b. ¿Es probable que ocurra frecuentemente la  
formación de ambientes inflamables a cau-  
sa del mantenimiento, reparación o esca -  
pe?
- c. ¿Podría una falla en el proceso, almacena-  
je, o en un equipo ser la probable causa  
de una falla en el sistema eléctrico con  
el simultáneo escape de un gas o líquido  
inflamable?
- d. ¿Está el área debajo del nivel del piso o  
de elevaciones adyacentes de manera que  
líquidos o vapores inflamables pueden acu-  
mularse dentro?

Las áreas pertenecientes a la división 2 pue-  
den distinguirse por una respuesta afirmativa  
a cualquiera de las siguientes preguntas:

- a. ¿Está el sistema, donde se usa un vapor o  
líquido inflamable, en un área con venti-  
lación adecuada y puede el líquido o va -  
por escapar del sistema solamente durante  
condiciones anormales tales como una fa -

lla accidental de un empaque o rotura de una tubería?

b. ¿Está el área en cuestión, adyacente a un área clasificada como división I y puede el vapor pasar a través de tuberías, ductos o fosos?

c. ¿Si se usa ventilación mecánica positiva podría una falla u operación anormal del equipo de ventilación permitir la formación de mezclas de vapor hasta concentraciones inflamables?

### 3.2.3. EXTENSION DE AREAS PELIGROSAS

Las áreas peligrosas pueden ser representadas diagramáticamente definiendo los límites y grado de peligro involucrado (división).

Para estas representaciones se toma en consideración las características de las sustancias y principalmente si son más pesadas o más livianas que el aire.

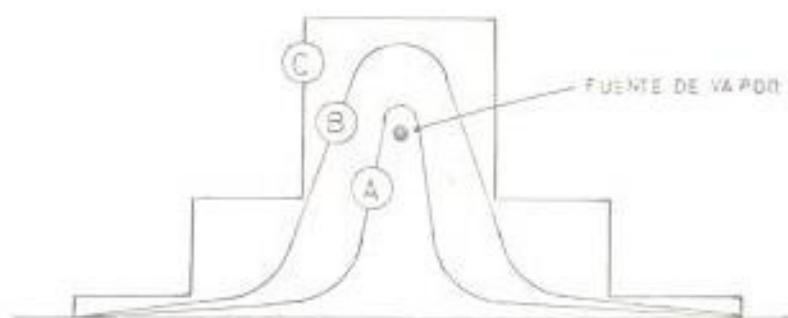


Fig. 3.1. Define la extensión del peligro -  
creado por una fuente de vapor.

En la figura 3.1 se muestra una fuente de vapor más pesada que el aire, tal como éste puede ser encontrado en una planta industrial. Si el aire está perfectamente quieto, el vapor se asentará a nivel del piso y forma una mezcla explosiva dentro del espacio aproximadamente delimitado por la curva A (la forma exacta de la curva dependerá en alguna forma de la cantidad y densidad del vapor).

El viento, brisa, o aun una corriente de aire hacia arriba puede reducir la concentración de la mezcla vapor-aire a un punto por debajo del límite explosivo más bajo. El espacio dentro del cual la mezcla podría estar en el estado explosivo es indicado por la curva B. Sin embargo, esta curva no se presta por sí -

mismo para indicar la extensión del peligro, y es así que el delíneamiento C, que es una serie de líneas rectas fácilmente dimensionables, se usa para definir la extensión de las áreas peligrosas.

La figura 3.2 ilustra como se clasifica el peligro en un área con una fuente de vapor más pesada que el aire. Tales vapores gradualmente se asentarán en todos los espacios abiertos bajo el nivel del piso tales como pozos de bombas, aberturas de acceso, zanjias, sumideros canalizados, tuberías, etc. Una condición de peligro puede existir continuamente en estos sitios; por esta razón, se deben clasificar como áreas división I. Muchos de los gases más pesados que el aire pueden permanecer en el estado de mezcla explosiva por varias semanas o meses; otros bajo condiciones más favorables, se dispersarán en un tiempo comparativamente corto.

Cuando se libera una gran cantidad de un vapor más pesado que el aire, éste flotará a lo largo del nivel del piso y crea riachuelos o lagunas invisibles de vapor potencialmente peligrosos en cualquier hondonada, zanjias, u -

otras áreas bajas. Explosiones desastrosas - han ocurrido bajo tales circunstancias tan le- jos como a medio kilómetro lejos de la fuente de vapor.



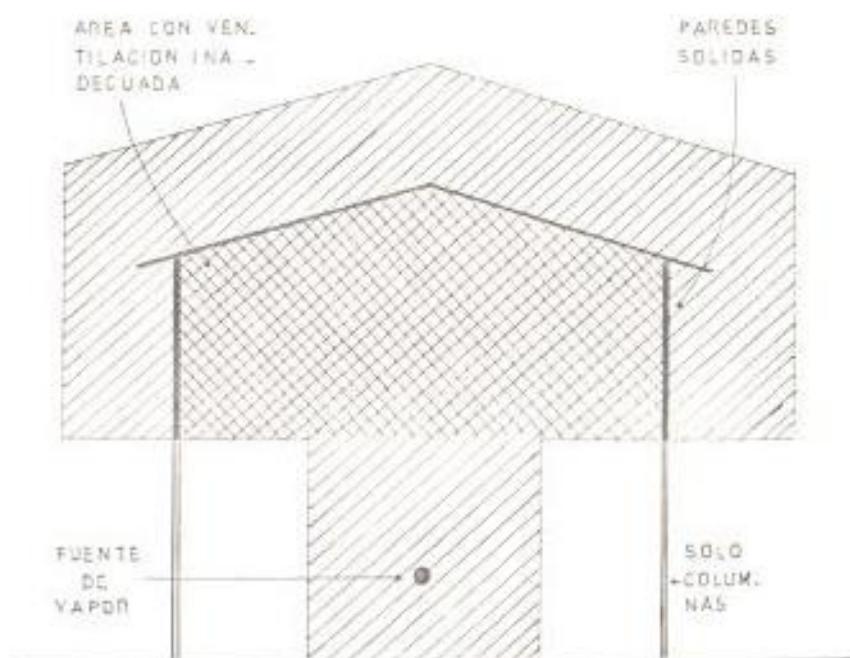
- Área División I
- ▨ Área División II
- ▩ Área División II - Adicional
- No clasificada

Fig. 3.2. Clasificación del área con una fuente de vapor más pesada que el aire.

Vapores inflamables más livianos que el aire se elevarán al ser liberados. Si los vapores son atrapados dentro de un espacio inadecuadamente ventilado, ese espacio se convierte en

área peligrosa; esto es, se hace división I.

Las áreas vecinas de la fuente de vapor y -  
otras áreas con ventilación inadecuada, se -  
clasifican como locales de división II. Un e-  
jemplo de tal clasificación se muestra en la  
fig. 3.3.



-  Área División 1
-  Área División 2
-  No clasificada

Fig. 3.3. Clasificación del área con una fuente de vapor más liviana que el aire.

En conclusión la extensión de una área peligrosa puede ser determinada aplicando las dis-

tancias recomendadas por el Instituto America  
no de Petróleo (API) y la Asociación (America  
na) Nacional de Protección Contra el Fuego -  
(NFPA).

En la tabla III-1 se dan las distancias para  
áreas clasificadas en plantas industriales y  
de procesamiento.

Las figuras numeradas del 3.4 al 3.15 son si-  
tuaciones representativas de la extensión de  
áreas peligrosas.

TABLA III-1

## PLANTAS INDUSTRIALES Y DE PROCESAMIENTO

AREA	CLASE I DIVISION	EXTENSION DEL AREA CLASIFICADA
<p>Todo equipo interior instalado de acuerdo a las secciones 5-2, 5-3* del Código de Líquidos Inflamables y Combustibles (NFPA 30) donde mezclas inflamables de vapor-aire pueden existir bajo condiciones normales de operación.</p>	1	<p>Áreas dentro de los 5 pies (152cm.) de cualquier borde de tal equipo, extendiéndose en todas direcciones.</p>
	2	<p>Áreas entre los 5pies (152cm.) y los 8 pies (244cm.) de cualquier borde de tal equipo, extendiéndose en todas direcciones. También áreas hasta los 3 pies (92cm.) sobre el ní</p>

Tabla III-1 (continuación)

		<p>vel del piso y a la distancia horizontal entre los 5 pies (152cm.) y los 25 pies (762cm.) de cualquier borde de tal equipo**</p>
<p>Equipo exterior del tipo cubierto por las secciones 5-2, 5-3* del Código de Líquidos Inflamables y Combustibles - (NFPA 30) donde mezclas inflamables de vapor-aire pueden existir bajo condiciones normales de operación.</p>	1	<p>Areas dentro de los 3 pies (92cm.) de cualquier borde de tal equipo, extendiéndose en todas direcciones.</p>
	2	<p>Areas entre los 3 pies (92cm.) y los 8 pies (244cm.) de cualquier borde de tal equipo, extendiéndose en todas direcciones. También áreas hasta los 3 pies (92cm.) sobre el nivel del piso y a la distancia horizontal</p>

Tabla III-1 (continuación)

		entre los 3 pies (92cm.) y los 10 - pies (305cm.) de cualquier borde de tal equipo.
**** <u>Tanques - sobre la superficie</u>		
Cuerpo y bordes del tanque, áreas represadas y cubiertas del tanque.	2	Areas dentro de los 10 pies (305cm.) desde el cuerpo y bordes del tanque. También toda el área represada y has- ta una altura igual a la altura del dique o represa.
Respiraderos	1	Areas dentro de los 5 pies (152cm.) desde la abertura del respiradero, - extendiéndose en todas direcciones.
	2	Areas entre los 5 pies (152cm.) y - los 10 pies (305cm.), extendiéndose en todas direcciones.

Tabla III-1 (continuación)

Espacio flotante	1	Toda el área comprendida entre la superficie del contenido y la cubierta del tanque.
<u>Cilindros y Recipientes cerrados de Despacho***</u>		
Al aire libre o interior con ventilación adecuada.	1	Toda área dentro de los 3 pies (92cm.) desde el respiradero y la abertura para el envase, extendiéndose en todas direcciones.
	2	Áreas entre los 3 pies (92cm.) y los 5 pies (152cm.) desde el respiradero y abertura de envase, extendiéndose en todas direcciones. También áreas hasta las 18 pulgadas (46cm.) sobre el nivel del piso y dentro de un radio horizontal de 10 pies (305cm.) -

Tabla III-1 (continuación)

		desde el respiradero y abertura de - envase.
<u>Bombas, Purgas, Acoples Automáticos,</u> <u>Aparatos de Medición y Artefactos si-</u> <u>milares</u>		
Instalaciones bajo techo.	2	Areas dentro de los 5 pies (152cm.) de cualquier borde de tales instala- ciones, extendiéndose en todas direc- ciones. También áreas hasta los 3 - pies (92cm.) sobre el nivel del piso y a la distancia horizontal de 25 - pies (762cm.) desde cualquier borde de tales instalaciones.
Instalaciones al aire libre.	2	Areas dentro de los 3 pies (92cm.) - de cualquier borde de tales instala- ciones, extendiéndose en todas direc-

Tabla III-1 (continuación)

		<p>ciones. También áreas hasta las 18 pulgadas (46cm.) sobre el nivel del piso y a la distancia horizontal de 10 pies (305cm.) desde cualquier borde de tales instalaciones.</p>
<p><u>Instalaciones en Trincheras</u></p>		
<p>Sin ventilación mecánica.</p>	<p>1</p>	<p>Toda el área dentro de la trinchera, si cualquier parte del área está clasificada como división 1 6 2.</p>
<p>Con ventilación mecánica.</p>	<p>2</p>	<p>Toda el área dentro de la trinchera, si cualquier parte del área está clasificada como división 1 6 2.</p>
<p>Secciones con instalación de válvulas, accesorios o cañerías, y fuera de áreas clasificadas como división 1 6 2</p>	<p>- 2</p>	<p>Toda la trinchera.</p>

Tabla III-1 (continuación)

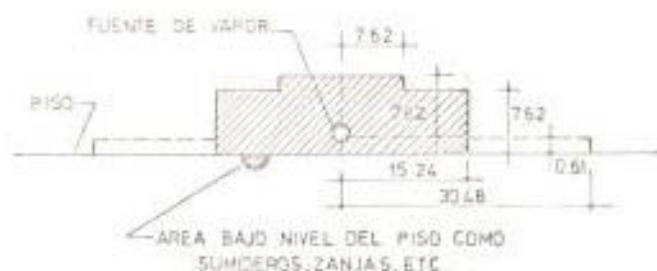
<u>Fosos de Drenaje, Separadores, Estanques</u>	2	<p>Areas hasta las 18 pulgadas (46cm.) sobre el foso, separador o estanque. También hasta las 18 pulgadas (46cm.) sobre el nivel del piso y a la distancia horizontal de 15 pies (457cm.) desde cualquier borde.</p>
---	---	--

NOTAS

\* Sección 5-2. Uso y almacenamiento incidental de líquidos.- Se refiere a aquellas porciones de una planta industrial donde el uso y manipuleo de los líquidos es solamente incidental del negocio principal, tales como ensamblaje automotriz, construcción de equipo eléctrico, manufactura de muebles u otras actividades similares.

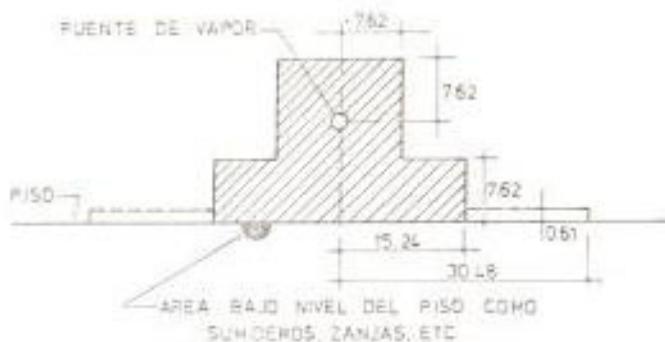
Sección 5-3. Operaciones físicas unitarias.- Se refiere a aquellas porciones de una planta industrial donde los líquidos son usados o manipulados en operaciones físicas y unitarias tales como, mezclas, secado, evaporación, filtración, destilación y operaciones similares.

- \*\* La liberación de líquidos inflamables puede generar vapores a tal extensión que todo el edificio, y posiblemente las zonas que lo rodean, deberían considerarse como área clase I, división 2.
- \*\*\* Todo recipiente con capacidad de almacenaje de hasta 60 galones.
- \*\*\*\* Todo recipiente cerrado con capacidad de almacenaje superior a los 60 galones.



DIVISION 1  
  DIVISION 2  
  DIVISION 2 ADICIONAL  
  NO PELIGROSA

Fig 3-4 - AREA DE PROCESO VENTILADA ADECUADAMENTE (FUENTE DE PELIGRO SITUADA CERCA AL PISO)



DIVISION 1  
  DIVISION 2  
  DIVISION 2 ADICIONAL  
  NO PELIGROSA

Fig 3-5 - AREA DE PROCESO VENTILADA ADECUADAMENTE (FUENTE DE PELIGRO SITUADA SOBRE EL NIVEL DEL PISO)

NOTA: LAS MEDIDAS SON EN METROS.



Fig 3-6 - AREA DE PROCESAMIENTO CON VENTILACION INADECUADA



Fig 3-7 - TANQUE DE REFINERIA

NOTA. LAS MEDIDAS SON EN METROS

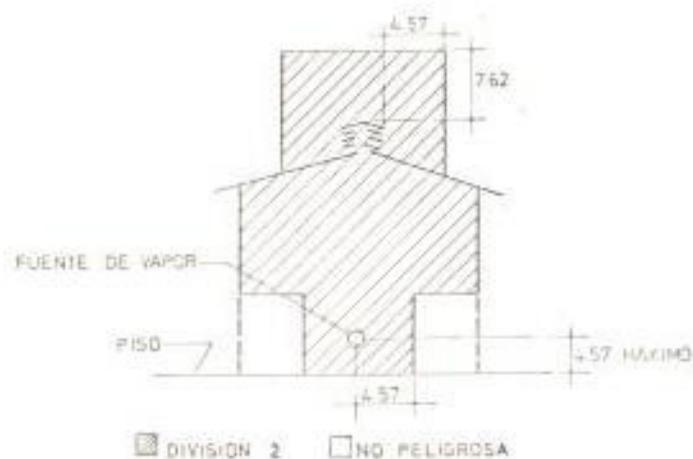


Fig 3-8 - CUARTO DE COMPRESOR CON VENTILACION ADECUADA PARA UN VAPOR MAS LIVIANO QUE EL AIRE



Fig 3-9 - CUARTO DE COMPRESOR CON VENTILACION INADECUADA PARA UN VAPOR MAS LIVIANO QUE EL AIRE.

NOTA: LAS MEDIDAS SON EN METROS.

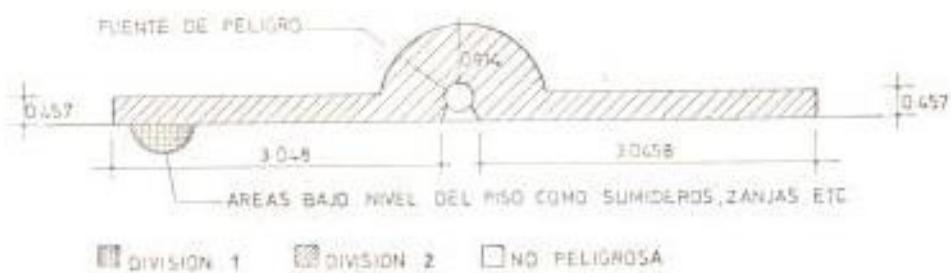


Fig 3-10 - AREAS DE BOMBAS AL AIRE LIBRE

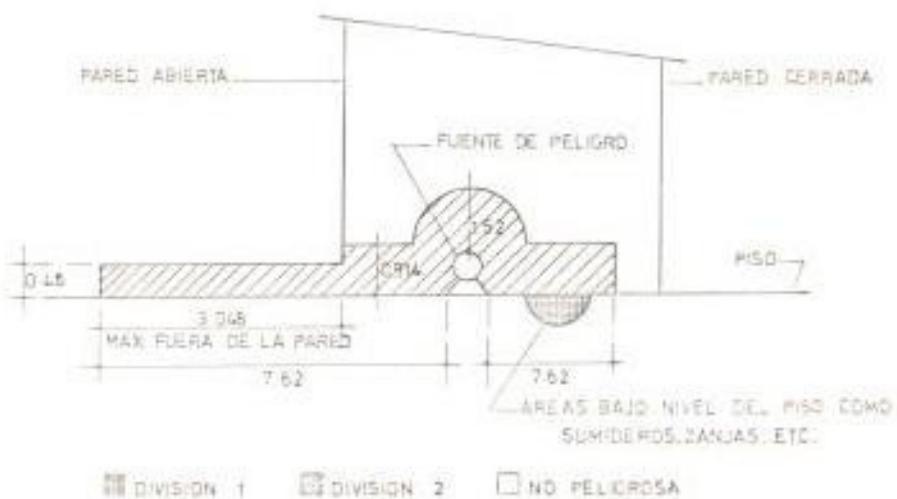


Fig 3-11 - AREAS DE BOMBAS EN LOCAL CON VENTILACION ADECUADA

NOTA: LAS MEDIDAS SON EN METROS

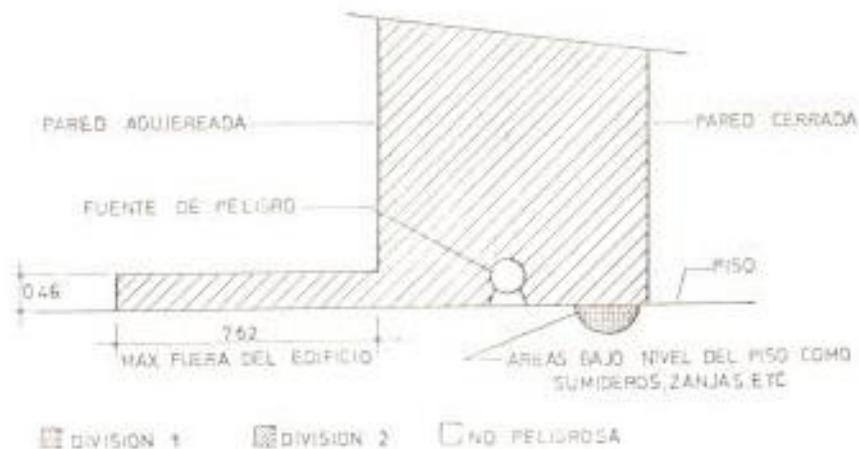


Fig 3-12- AREAS DE BOMBAS EN EDIFICIO CON VENTILACION INADECUADA.

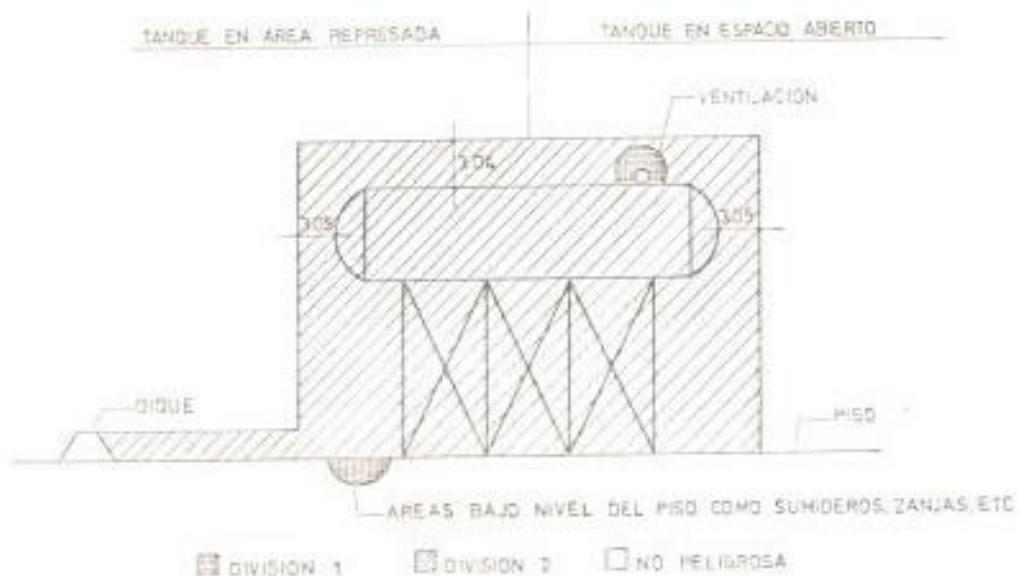


Fig 3-13 - TANQUE ELEVADO PARA ALMACENAMIENTO.

NOTA: LAS MEDIDAS SON EN METROS

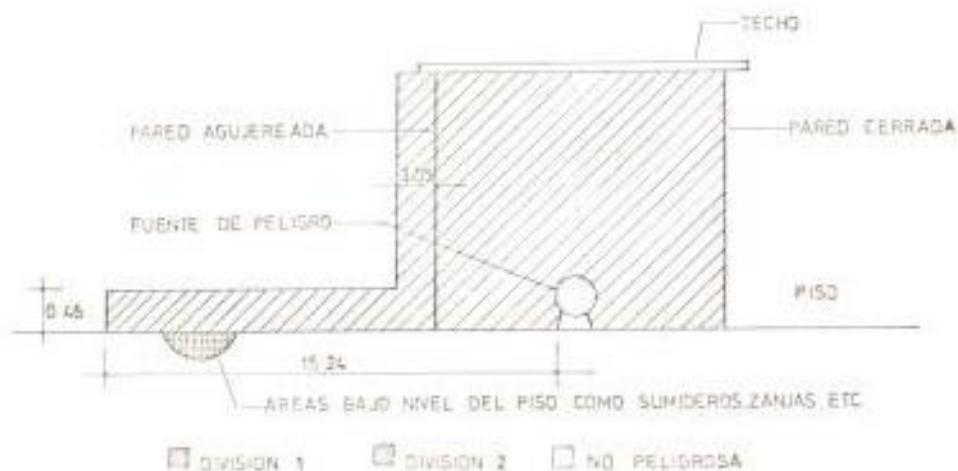


Fig. 3-14 - LINEA PRINCIPAL DE BOMBEO EN EDIFICIO CON VENTILACION INADECUADA.

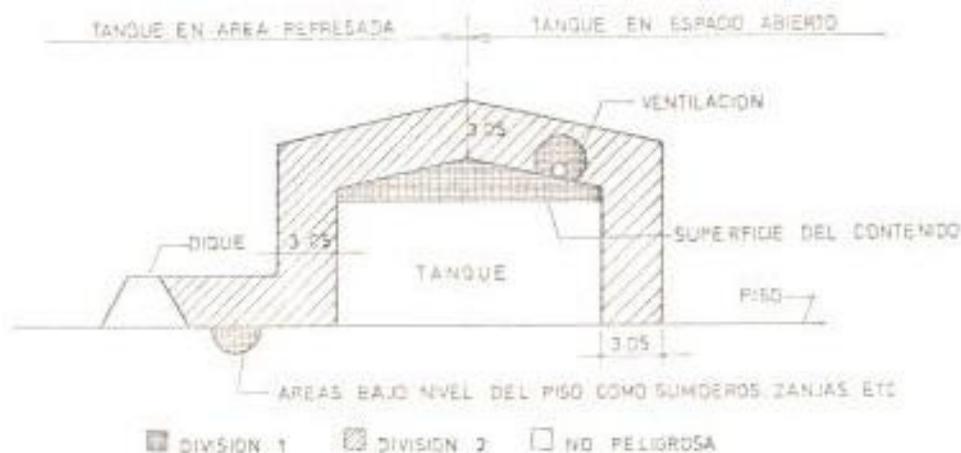


Fig. 3-15 - TANQUE DE ALMACENAMIENTO A NIVEL DEL PISO.

NOTA: LAS MEDIDAS SON EN METROS.

#### 3.2.4. GRUPOS DE MEZCLAS

El equipo debe ser seleccionado, probado y aprobado para el material específico involucrado, puesto que las máximas presiones explosivas y las temperaturas seguras de operación varían ampliamente con la composición del material inflamable.

En la tabla II-2 se da la clasificación por grupo para sustancias puras y para mezclas más comúnmente encontradas en la industria.

Cuando una sustancia determinada no esté clasificada dentro de uno de los grupos establecidos, se debe investigar su temperatura de ignición y la presión explosiva que podría resultar en caso de la ignición de tal sustancia, y así establecer el grupo al que pertenece comparando con similares de sustancias conocidas.

## CAPITULO IV

### REGLAS PARA LA INSTALACION

#### 4.1. PRECAUCIONES ESPECIALES

A causa del alto grado de peligro, el diseño de circuitos y sistemas eléctricos en áreas peligrosas debe hacerse cumpliendo estrictamente con las precauciones especiales señaladas en el NEC, esto es:

- a. Se requiere que la construcción e instalación del equipo en todas las áreas peligrosas "garanticen una performance segura bajo condiciones de uso y mantenimiento apropiados"(1). Una nota urge a los diseñadores, instaladores, inspectores, y personal de mantenimiento a "ejercitar un cuidado mayor que el ordinario para trabajos en áreas peligrosas"(2).
  
- b. Además se requiere que todo el equipo y accesorios en áreas peligrosas sea aprobado no sólo para la clase de área (clase I, clase II, o clase III) sino

---

(1) Sección 500-2 del NEC

(2) Sección 500-2 del NEC

también para el tipo particular de atmósfera típica (tales como grupos A, B, C, o D en áreas que involucren gases o vapores, o grupos E, F, o G si la atmósfera comprende polvos combustibles o inflamables).

- c. Una regulación importante es la que permite el uso de "Equipo de uso general" o "Equipo instalado en compartimientos de uso general" en áreas división 2, Clase I, clase II o clase III. Pero tal uso es aceptable solamente donde una regla del NEC específicamente mencione tal aplicación. Por ejemplo la sección 501-4(b) especifica que las cajas y accesorios en áreas clase I, división 2, no tienen que se a prueba de explosión.
- d. Además de ser "aprobada" para la clase y grupo del área peligrosa donde es instalado, el equipo debe ser "marcado" con esa información (clase y grupo) y con su temperatura de operación con referencia a una temperatura ambiente de 40°C.

En la tabla IV-1 se da los números de identificación que se usan en los datos de placa para señalar la temperatura máxima de operación para la cual el equipo es aprobado. Esta temperatura máxima de operación del equipo no debe exceder a la temperatura de ignición de ninguna de las sus-

cías peligrosas.

TABLA IV-1

NUMEROS DE IDENTIFICACION DE  
TEMPERATURAS MAXIMAS DE OPERACION

Temperatura máxima		Número de Identificación
°C	°F	
450	842	T1
300	572	T2
280	536	T2A
260	500	T2B
230	446	T2C
215	419	T2D
200	392	T3
180	356	T3A
165	329	T3B
160	320	T3C
135	275	T4
120	248	T4A
100	212	T5
85	185	T6

4.2. REGLAS GENERALES PARA EQUIPOS Y ACCESORIOS

Las limitaciones y condiciones de aplicación establecidas en general para todos los equipos usados en áreas con atmósferas explosivas son:

- a. Cuando el equipo es Listado y Marcado significa - que ha sido aprobado y se lo reconoce para usos - en uno o más de los grupos de atmósferas peligrosas designados por el NEC. Tal marca indica que ese equipo es apropiado para usarse ya sea en situaciones división 1 o división 2 de una clase particular de área peligrosa, aun cuando no se haga referencia a la "División". Este equipo es - por supuesto, también aceptable si se usa en - áreas clasificadas como no peligrosas.
  
- b. El equipo marcado "División 2" o "Div. 2" es aceptable para usarse solamente en esa división y no debe usarse en áreas división 1. Sin embargo una pieza o sección del equipo puede tener una marca adicional indicando su aceptabilidad en otros - usos específicos. Por ejemplo en áreas húmedas.
  
- c. El equipo listado y marcado para áreas "Clase I" (a prueba de explosión) puede ser usado en áreas "Clase II", si éste es a prueba de polvo y su temperatura externa de operación no es igual o superior a la temperatura de ignición del polvo que - podría acumularse en él. Obviamente, estas características deben ser cuidadosamente establecidas antes que un equipo clase I se use en áreas clase II.

- d. El equipo listado para áreas clase II, grupo G - (harina, almidón, polvo de grano) - como los usados en elevadores (transportadores) de grano - es también generalmente aceptable para uso en áreas clase III, donde están presentes hilachas o materiales volantes combustibles. La excepción importante es para motores con enfriamiento por ventilador donde los orificios para el paso de aire - pueden taparse u obstruirse por grandes cantidades de hilachas y materiales volantes.
- e. A causa de que el equipo para áreas peligrosas es críticamente dependiente de una apropiada temperatura de operación, se advierte que los datos de amperaje y vatiaje en equipos de consumo de energía se basan en un voltaje exactamente igual al valor del voltaje indicado en la placa. Un voltaje mayor o menor que el indicado producirá un amperaje y vatiaje diferente al de placa con la posibilidad que el efecto del calor producido por la corriente dentro del equipo sea superior al normal. Una corriente superior a la nominal se producirá por un sobrevoltaje en una carga resistiva o por un bajo voltaje en motores de inducción. Por esta razón, para el cálculo de conductores, fijación de la protección de sobrecorrientes,

tes, etc., debe usarse el voltaje actual en lugar del voltaje nominal o placa. Todo esto es necesario para asegurar un adecuado dimensionamiento y evitar sobrecalentamientos.

- f. El equipo para áreas peligrosas es probado y listado para usarse en ambientes con presión atmosférica normal y temperatura no superior a los 40°C. a no ser que se indique lo contrario. Usar el equipo bajo presión superior a lo normal, en atmósferas ricas en oxígeno, o a temperaturas superiores a la normal puede ser peligroso. Estas condiciones anormales incrementan el chance de ignición de atmósferas peligrosas e incrementan la presión producida por una explosión dentro del equipo.
- g. No se deben hacer orificios o modificaciones en equipos a prueba de explosión o a prueba de polvo, porque cualquier alteración anula la integridad y prueba de seguridad del equipo.
- h. Todos los pernos y partes enroscables de cajas y accesorios deben ser bien ajustados.
- i. Los equipos de áreas peligrosas interiores expuestas a condiciones de severa corrosión deben ser listados como apropiados para esas condiciones.

así como para condiciones peligrosas.

- j. Los equipos intrínsecamente seguros para áreas de división 1 deben ser cuidadosamente aplicados. El diseñador y constructor debe asegurarse que el nivel de energía disponible en tal equipo está por debajo del nivel que puede inflamar una área peligrosa particular, y debe garantizarse la seguridad tanto en condiciones de funcionamiento normales u anormales del equipo.
- k. El cableado de circuitos intrínsecamente seguros debe realizarse en conductos separados o independientes de circuitos de otros equipos con el fin de prevenir la imposición de corrientes o voltajes excesivos en los circuitos intrínsecamente seguros debido al contacto defectuoso con otros circuitos.

#### 4.3. REGLAS ESPECIFICAS PARA VARIOS TIPOS DE EQUIPOS Y ACCESORIOS.

##### 4.3.1. DISYUNTORES AUTOMATICOS

Los disyuntores automáticos y las cajas para su instalación requieren para su correcta aplicación la evaluación de los conductores.

Las siguientes reglas deberán seguirse al seleccionar e instalar disyuntores automáticos.

- a. El espacio para el cableado y la capacidad de conducción de los disyuntores y otros equipos usados en áreas peligrosas se basa en el uso de cable para 60°C. conectados a los terminales del disyuntor en circuitos de 100 amperios o menos y al uso de cable para 75°C. conectado a los terminales en circuitos sobre los 100 amperios.
  
- b. Los terminales de conexión en los disyuntores son adecuados para usarse con conductores de cobre. En la mayoría de los equipos los terminales de conexión son comúnmente marcados "AL - CU" o "CU - AL". Sin embargo, si se quiere usar conductores de aluminio, el disyuntor debe tener, independientemente de la marca "AL - CU" o "CU - AL" en los terminales mismos, una notación en la etiqueta o placa especificando "terminales aptos para conductores de cobre o aluminio".
  
- c. Las cajas para áreas peligrosas fabricadas específicamente para instalar los disyuntores deben tener una etiqueta o placa donde se indique si es permitido el uso de conductores de aluminio con el disyuntor a

instalarse en la caja.

- d. Todas las cajas construidas para los disyuntores son marcadas indicando que clase de disyuntores pueden instalarse. Y solamente pueden usarse en la caja los disyuntores especificados.

#### 4.3.2. ACCESORIOS DE TUBERIA

Los accesorios para la tubería deben satisfacer las siguientes reglas de aplicación.

- a. En los artefactos sumergidos en aceite, deben instalarse solamente accesorios provistos de drenajes y válvulas de cierre. Estos accesorios deben supervisarse cuidadosamente para evitar que se dejen abiertos o mal cerrados.
- b. Los sellos a instalarse deben usarse solamente con la mezcla sellante suplida con el accesorio (sello) o especificada por el fabricante.
- c. No se permiten empalmes dentro del accesorio para sellar (sello).
- d. Cualquiera instrucción suministrada con el sello debe ser observada cuidadosamente.

Por ejemplo, limitaciones con respecto a la posición de montaje (vertical, horizontal, o vertical y horizontal).

e. En el uso de accesorios flexibles, como por ejemplo en la instalación a la caja de conexión de motores, se debe observar el radio mínimo de curvatura indicado por el fabricante. En estos accesorios, la pared interior de metal corrugado y la trenza metálica exterior proveen la continuidad de tierra. El NEC sección 501 - 16(b) requiere un puente de tierra ya sea interior o exterior para accesorios metálicos flexibles. Esta regla no se aplica cuando el accesorio es aprobado para conexión a tierra.

f. Los codos rígidos y los codos de radio corto con tapa proveen giros de 90 de la tubería, estos últimos sólo deben ser usados para guiar los cables al ser instalados dentro de la tubería y prevenir el daño de los conductores al ser halados alrededor de la curvatura del codo.

g. Los conectores para cordón flexible del tipo extraduro utilizados en la conexión

de algunos artefactos eléctricos en áreas peligrosas, deben ser seleccionados cuidadosamente.

Los conectores listados para cordón, son reconocidos para instalarse en áreas clase I, grupos A, B, C y D o áreas clase II grupo G y utilizando cordón multiconductor extrudado de los tipos S, SO, ST ó STO con cable de conexión a tierra.

- h. Los accesorios de tubería fabricados con aleación de aluminio fundido, no deben exponerse en concreto sin antes revestirlos de una pintura protectora a base de asfalto o una protección equivalente contra la reacción adversa entre el aluminio y el concreto.

#### 4.3.3. LUMINARIAS Y ACCESORIOS DE ALUMBRADO

El alumbrado en áreas peligrosas debe ser funcional sin considerar la simetría de la instalación.

Mientras la iluminación incandescente es todavía ampliamente usada, las más eficientes lámparas de vapor de mercurio están siendo especificadas en las nuevas instalaciones.

Lámparas fluorescentes son generalmente usadas para iluminación de cuartos de control, mientras reflectores localizados extratéticamente tienen un amplio uso en la iluminación general de áreas al aire libre.

Alumbrado local se requiere en algunas áreas de proceso. Si estas áreas son clase I, división 1, debe usarse lámparas adecuadas para esta clasificación. En áreas clase I, división 2, las lámparas generalmente aceptadas es la tipo hermética al vapor, lámparas de este tipo son ahora llamadas lámparas industriales completamente cerradas.

Se han establecido temperaturas límites para varios grupos de gases y vapores, ver tabla IV-1. Los límites se basan en una temperatura ambiente de 40°C. mientras el artefacto está operando continuamente a plena carga, voltaje y frecuencia.

Un requerimiento especial de diseño para lámparas de alumbrado en áreas clase I, división 1, es la cámara a prueba de explosión para el cable que debe estar separado o sellado del compartimento de la lámpara, como resultado, no se requiere un sello separado por cada lám

para.

Cuando se usan lámparas que no son a prueba de explosión, como las del tipo industrial - herméticas al vapor, en áreas clase I, división 2, se requiere que la temperatura de operación de cualquier parte de la lámpara, no deba exceder el 80% de la temperatura de ignición del vapor o gas inflamable involucrado. Por ejemplo, la temperatura de ignición de la gasolina es 230°C; la temperatura de operación de las lámparas en esta área no debe sobrepasar los 224°C.

Las máximas temperaturas superficiales de operación, establecidas y reconocidas para los diferentes grupos de las áreas clase II, son las que se indican en la tabla IV-2. En general, las máximas temperaturas superficiales, bajo condiciones normales de operación, están entre los 165° y 200°C. para equipos y artefactos que no están sujetos a sobrecargas (interruptores, luminarias, etc.), y, entre los 120° y 200°C para equipos que sí pueden sobrecargarse (motores, transformadores de potencia, etc.).

TABLA IV-2

TEMPERATURAS MAXIMAS SUPERFICIALES  
AREAS CLASE II

Equipo no sujeto a sobrecargas		Equipo sujeto a sobrecargas (motores, transformadores - de potencia)	
		Operación normal	Operación anormal
Clase II Grupo	Temp. (°C)	Temp. (°C)	Temp. (°C)
E	200	200	200
F	200	150	200
G	165	120	165

Basados en la correlación entre los requerimientos del NEC y los datos de productos certificados (listados) se pueden sugerir las siguientes reglas.

- a. En áreas clase I, división 1, deben usarse solamente luminarias listadas por un laboratorio de pruebas reconocido (U.L).
- b. Una luminaria reconocida para usos en áreas peligrosas división I, debe estar marcada "luminaria eléctrica para áreas peligrosas" y debe decir el grupo o los grupos de atmósferas peligrosas para las cuales es adecuada. Si una luminaria o acco-

sorio no es reconocida para áreas división 1, pero está limitada para instalaciones - división 2, debe estar marcada "luminaria eléctrica para áreas peligrosas división 2 solamente".

- c. Luminarias para clase I, división 1, con temperatura superficial externa sobre 100° C. debe tener marcada la temperatura de operación.
- d. En áreas clase I, división 2, deben usarse luminarias listadas para esas aplicaciones o, por supuesto, podría usarse luminarias para áreas clase I, división 1.
- e. Luminarias para áreas clase I, división 1 y división 2, son diseñadas para operar - sin peligro de inflamar la atmósfera de - uno o más grupos para los cuales la luminaria está listada.

Una luminaria para áreas clas I, división 1, tiene el compartimiento de la lámpara - sellada del compartimiento de conexión para los cables de entrada.

- f. Las luminarias para clase I, división 2, - son listadas en dos formas. Algunas como

"solamente clase I, división 2" sin referencia a grupo o grupos. Otras son listadas con una indicación de los grupos para los cuales son aceptados. Por ejemplo - "clase I, grupos A, B, C y D, división 2 - solamente".

Una luminaria para clase I, sin designación de grupo, no debe ser usada en áreas peligrosas donde la temperatura de ignición es inferior a la temperatura de operación de la luminaria.

g. Las luminarias para áreas clase II, división 1 y división 2, son probadas su seguridad contra el polvo y operación segura en atmósferas con presencia de polvo. Una nota señala la importancia de un mantenimiento efectivo - limpieza regular - para prevenir el acumulamiento de polvo en el artefacto.

h. Las luminarias, y en general los artefactos que producen calor, aun cuando estén cubiertos con depósitos de polvo, no deben alcanzar temperaturas superiores a las señaladas en la tabla IV-2.

- i. Las luminarias para áreas clase II, división 2, grupo G, normalmente son del tipo cerrado y con ennaque. Sin embargo, además tales luminarias no deben tener una temperatura superficial exterior superior a 165°C. Existen luminarias listadas para áreas clase II división 1 y división 2, grupos E, F y G.
- j. En áreas clase III, división 2, las luminarias deben minimizar la entrada de fibras y materiales combustibles volantes, y prevenir el escape de chispas o metal caliente. La temperatura superficial de la unidad debe estar limitada a 165°C.
- k. Cualquier luminaria sujeta a ruptura debe ser equipada con un protector.
- l. Luminarias para áreas húmedas y aquellas aceptables para usos donde se puedan acumular residuos de pintura combustible, deben estar marcadas indicando tal reconocimiento.
- m. En todas las áreas peligrosas (clase I, clase II, clase III) las luminarias del tipo colgante pueden ser instaladas con so

portes colgantes flexibles aprobados para cada área o replos de tubería rígida. En ambos casos la longitud del soporte no debe ser superior a las 12" (30cm.). Para soportes superiores a las 12" (30cm.) se debe asegurar contra el desplazamiento lateral con medios efectivos instalados a un nivel no superior a las 12", medido desde la parte superior de la luminaria.

#### 4.3.4. MOTORES

Ya que los motores eléctricos son necesarios para mover bombas, compresores, ventiladores, extractores, transportadores, su presencia en atmósferas peligrosas es inevitable. Las reglas y consideraciones más importantes que hay que tener presente en la selección e instalación de los motores eléctricos son:

- a. Los motores deben ser aprobados para clases y grupos.

Esta categoría cubre motores para áreas clase I, grupos C y D y áreas clase II, grupos E, F y G.

- b. No se debe asumir que motores diseñados para una clasificación determinada, son apro

piados para una área peligrosa de diferente grupo de clasificación.

- c. No existen motores listados para los grupos A y B, en consecuencia, en áreas con tales condiciones los motores deben instalarse fuera del área peligrosa.
- d. Los motores apropiados para áreas clase I, división 1, grupo C y D son designados como a prueba de explosión.
- e. Los motores para áreas clase II son los designados a prueba de polvo e ignición.
- f. No se listan motores para áreas clase III, sin embargo, los motores empleados más comúnmente son motores no ventilados, totalmente cerrados y el llamado libre de hilachas o el motor jaula de ardilla autocliminador de textiles. Este último puede ser aceptado por la autoridad de inspección local, si cantidades moderadas de materiales volantes que se acumulan en el motor o cerca de éste, pueden ser fácilmente removidas por una limpieza o mantenimiento rutinario.
- h. Los motores para uso en áreas clase I, di-

visión 2, y clase II, división 2, pueden ser del tipo abierto o cerrado y no ser a prueba de explosión siempre y cuando no tengan escobillas, mecanismos de interrupción, o artefactos resistivos.

- i. En áreas donde el polvo o materiales volantes puede acumularse en los motores en tal forma y cantidad que interfiera con su enfriamiento o ventilación, es necesario el uso de motores cerrados ventilados por turbinas o instalar el motor en un cuarto separado a prueba de polvo y propiamente ventilado con aire limpio.

#### 4.3.5. TABLEROS DE DISTRIBUCION Y CONTROLES INDUSTRIALES.

Existe una gran variedad de equipo eléctrico de control y distribución a prueba de explosión o a prueba de polvo e ignición para áreas clase I y clase II.

En equipos de control industrial, aparatos especiales sumergidos en aceite han sido listados y aprobados para áreas clasificadas como clase I, división 1. Estos equipos tienen todas las partes que producen arcos sumergidas en 6" de aceite y reúnen otros requerimientos

especiales de construcción. En áreas clase I, división 2 son permitidos controles normales sumergidos en aceite. En estos controles, el nivel de aceite es normalmente 2" sobre las partes que producen arco en lugar de 6".

Si bien el aceite protege las partes de una explosión directa con gases y vapores, puede ser un problema mantener la condición y el nivel del aceite.

Los equipos con interruptores de aire tienen más acogida que los sumergidos en aceite, - particularmente en los sistemas de 600V o menos.

Los tableros de distribución y controles industriales son una categoría amplia cuya cobertura y reglas de instalación a considerarse son:

a. Los paneles y ensambles de control incluyen tanto las cajas y los componentes instalados adentro de ellas tales como contactores, botoneras, luces piloto, tomacorrientes, etc.

b. Ya sea una caja o un grupo interconectado

de cajas puede usarse para instalar los componentes.

Cuando un número de cajas interconectadas se incluyen en un ensamblaje, éste se conoce como un ensamble modular.

- c. Los componentes son provistos con las cajas, ensamblados de fábrica o para ensamblar en el sitio, y debe usarse los sellos en las tuberías.
- d. Cordones flexibles debería usarse donde sea absolutamente necesario como una alternativa a un esquema de tubería rígida. Cordones, enchufes y tomacorrientes deben protegerse de la humedad, suciedad y materiales extraños.
- e. Los paneles listados para áreas peligrosas Clase I y Clase II son para alumbrado y distribución de fuerza de baja capacidad.
- f. Paneles de gran capacidad (1200amp) y centros de distribución deben instalarse en lo posible fuera del área peligrosa. Los requerimientos y detalles de cajas y compartimientos son generalmente los mismos descritos en las reglas generales.

g. En instalaciones expuestas, pero en áreas peligrosas, los controles industriales se instalan generalmente en cajas de metal fundido seleccionadas para una máxima protección contra la corrosión y el tiempo.

#### 4.3.6. CAJAS DE PASO Y DERIVACION

Las siguientes condiciones se deben observar al especificar e instalar cajas de paso y derivación según su clase y división.

##### CONDICIONES CLASE I, DIVISION 1 Y DIVISION 2

En áreas clase I, tanto división 1 como división 2, los relés convencionales, contactores e interruptores con contactos de metal a metal deben instalarse en cajas o compartimientos a prueba de explosión.

Por definición, las cajas para estas áreas deben prevenir la ignición de un gas o vapor explosivo que la rodee.

Otros requerimientos para estas cajas es una adecuada resistencia. En la mayoría de los diseños para áreas peligrosas clase I, división 1 y división 2, el artículo debe soportar la prueba hidrostática de cuatro veces la presión máxima de una explosión dentro de la

caja.

Además de resistentes, las cajas deben garantizar una operación fría, y ser seguras contra las llamas, éste último término no implica que las cajas son herméticamente selladas, más bien las juntas y rebordes mantienen espacios dentro de tolerancias estrechas. Estas juntas cuidadosamente fabricadas enfrían los gases calientes resultantes de una explosión interna de tal manera que cuando los gases salen al área peligrosa, ellos están demasiado fríos para afectar una ignición. Existen dos diseños de juntas reconocidas que producen este control, "juntas roscaadas" y "juntas planas". No se debe aplicar pintura o un material sellante sobre las superficies de contacto de las juntas. Puede aplicarse una grasa apropiada como el petrolato, aceite mineral, un compuesto lubricante que no se seque, la grasa debe ser del tipo que no se endurece con el tiempo, que no tenga un solvente evaporante, y que no cause corrosión a las superficies de acople.

#### CONDICIONES CLASE II

En estas áreas se requieren un tipo de cajas

diseñadas para excluir el polvo y operar a temperaturas límites específicas.

El equipo a prueba de polvo e ignición es generalmente más económico y es el que debe usarse en áreas clase II; sin embargo, puede usarse artefactos a prueba de explosión, si ellos son aprobados para áreas clase II y el grupo particular involucrado.

El equipo a prueba de polvo e ignición es protegido de tal manera que se excluya cantidades inflamables de polvo o cantidades que puedan afectar la performance del equipo y que no permita que arcos, chispas o calor dentro del compartimiento cause la ignición de polvo acumulado en la parte exterior del equipo o en suspensión en la atmósfera que lo rodea.

#### CONDICIONES CLASE III

Las cajas adecuadas para áreas clase III, están diseñadas para que el equipo instalado funcione a plena carga sin desarrollar temperaturas exteriores o superficiales suficientemente altas para causar excesiva deshidratación o carbonización gradual de fibras acumuladas.

Las tapas de estas cajas, son firmemente cerradas con medios efectivos que evitan el escape de chispas o materiales en combustión.

#### 4.3.7. ENCHUFES Y TOMACORRIENTES

En la mayoría de los artefactos a prueba de explosión todas las partes que conducen corriente están encerradas dentro del artefacto. Sin embargo, en los tomacorrientes y enchufes el contacto se realiza fuera. Las reglas de instalación y métodos de construcción para hacer tales dispositivos seguros para su uso en atmósferas explosivas son:

- a. Los tomacorrientes para áreas división 1, clase I y clase II, están equipados con cajas para instalarse con tubería rígida rosca y provistos de un sello de fábrica entre el tomacorriente y su caja de conexión.
- b. Los tomacorrientes para clase I, división 2, pueden usarse con cajas de propósito general para la conexión de los cables de alimentación, solamente, si los conductores de salida del tomacorriente son sellados de fábrica.
- c. Es recomendable inspecciones frecuentes de

los cordones flexibles, tomacorrientes, y enchufes, y reemplazarlos cuando sea necesario.

- d. Todo equipo portátil operado en áreas peligrosas debe ser aterrizado mediante un conductor separado.
- e. Para áreas clase I y clase II, se fabrican enchufes interconectados con interruptores de tal manera que el enchufe no se pueda remover del tomacorriente cuando el interruptor está cerrado.

La construcción con interconexión mecánica requiere que el enchufe se inserte completamente en el tomacorriente y se rote para cerrar el interruptor que energiza el tomacorriente.

No se puede desconectar el enchufe sin que primero el interruptor desenergice el circuito.

El tipo de acción retardada tiene un mecanismo en el tomacorriente que previene la desconexión completa del enchufe hasta que la conexión eléctrica esté interrumpida, permitiendo que cualquier arco o chispa se

apaque en la cámara de arco. La conexión del enchufe sella la cámara de arco antes que se establezca la conexión eléctrica.

#### 4.3.8. INTERRUPTORES

Los interruptores deben corresponder con la carga, observándose las siguientes normas:

- a. Los interruptores con indicación de su potencia nominal, son aprobados para interrumpir la corriente de rotor bloqueado de motores de igual potencia y voltaje nominales.
- b. Los interruptores, instalados de fábrica en cajas o compartimientos cerrados y con indicaciones de su potencia nominal, son aprobados para interrumpir seis (6) veces la corriente nominal de trabajo en motores de corriente alterna y cuatro (4) veces la corriente nominal de trabajo en motores de corriente directa.
- c. Los interruptores de ruptura rápida están limitados en sus capacidades a 30 AMP, 600 V AC; 60 AMP, 250 V, AC o DC; y no más de 2 HP a 500 V AC o menos, o 250 V, DC y menos.

- d. Los interruptores con indicación de solamente su amperaje nominal (interruptores de uso general), no son aprobados en circuitos de motores.
- e. Los interruptores de ruptura rápida tipo "T" (adecuado para lámparas de filamento de tungsteno), pueden controlar cargas de luz incandescente hasta el amperaje nominal del interruptor y a un voltaje nominal de 125 V.
- f. Si un interruptor de ruptura rápida tiene un sello interno de fábrica entre los contactos del interruptor y la caja de conexión para los cables de entrada, esto debe estar indicado en la placa. Tal interruptor no requiere un sello externo en la tubería de entrada a la caja de conexión.

#### 4.4. METODOS DE INSTALACION

Es de vital importancia una apropiada instalación eléctrica en toda área clasificada como peligrosa. A continuación se pone a consideración del diseñador y constructor eléctrico algunos requerimientos fundamentales para una instalación segura y además que cumple con las regulaciones del "NEC" sección 501-4,

En general, en toda instalación eléctrica en áreas peligrosas y sobre todo en áreas clase I y clase II, a fin de minimizar la condición de peligro y al mismo tiempo reducir el costo de la instalación, se debe localizar fuera del área peligrosa: transformadores, interruptores de seguridad, arrancadores o centro de control de motores, y los tableros de distribución de fuerza y alumbrado.

#### 4.4.1. INSTALACIONES EN AREAS CLASE I

##### 1. AREAS CLASE I DIVISION I

Todo el cableado debe instalarse en tubería metálica rígida roscada, aprobada para usos eléctricos.

Todos los accesorios de tubería (codos, uniones erickson, etc.) deben ser a prueba de explosión aprobados para clase I, división I y grupo específico.

Todas las cajas, accesorios, y uniones, deben ser a prueba de explosión; aprobados para clase I, división I y grupo específico; además con entradas roscadas para instalarse con la tubería rígida o con los co

ectores para cable.

Toda conexión roscada debe hacerse con al menos cinco (5) hilos completamente roscados. En este requerimiento hay que observar un cuidado especial con los noplos hechos en el lugar de trabajo.

Debe usarse conexiones flexibles solamente donde sea técnicamente necesario, éstas y sus accesorios de conexión tienen que ser a prueba de explosión aprobados para clase I, división 1, y grupo específico.

En sitios donde la instalación de tubería rígida se hace difícil y cara, puede usarse el cable tipo MI, disponible desde uno (1) hasta diecisiete (17) conductores.

Los conectores terminales de conexión deben ser aprobados para el área. Ejemplos típicos donde estas conexiones pueden presentarse son el cableado de circuitos de instrumentación, el cableado a la caja de conexión de motores.

Para el uso e instalación de sellos ver la sección titulada Métodos de Instalación de Sellos.

## 2. AREAS CLASE I DIVISION 2

Todo el cableado debe instalarse en tubería metálica rígida roscada, aprobada para usos eléctricos.

Las cajas, uniones, y accesorios en general, no necesitan ser a prueba de explosión, excepto en las condiciones señaladas en las secciones 501 - 3(b) (1), 501 - 6(b) (1) y 501 - 14(b) (1) del NEC.

Donde sea necesario conexiones flexibles - puede usarse, según las condiciones, tubería metálica flexible (funda Bx), tubería metálica flexible hermética a los líquidos (fundas Bx-sellada), o cordón flexible aprobado para uso extraduros. Los accesorios de conexión deben ser apropiados para cada caso.

En sitios donde la instalación de tuberías rígidas se dificulta, puede usarse cables - tipo PLTC, MI, MC, MV, TC, o SNM, los accesorios terminales de conexión deben ser aprobados para cada tipo de cable.

Para el uso e instalación de sellos ver la sección titulada Métodos de Instalación de

#### 4.4.2. INSTALACIONES EN AREAS CLASE II

##### 1. AREAS CLASE II DIVISION 1

Todo el cableado debe instalarse en tubería metálica rígida roscada, aprobada para usos eléctricos.

Todas las cajas y accesorios deben ser herméticos al polvo, con entradas roscadas para instalarse en tubería rígida o con los conectores de cable. En ambientes correspondientes a los grupos E y F las cajas y accesorios deben ser, además, a prueba de ignición.

Donde sea necesario usar conexiones flexibles, estas deben ser herméticas al polvo. Según las condiciones, se pueden usar tubería flexible hermética a los líquidos (funda Ex sellada) o cordón flexible aprobado para usos extraduros. Los accesorios de conexión deben ser apropiados para cada caso.

En sitios donde la instalación de tubería rígida sea difícil, puede usarse cable ti

de MI, con accesorios terminales aprobados.

Para el uso e instalación de sellos ver la sección titulada Métodos de Instalación de Sellos.

## 2. AREAS CLASE II DIVISION 2

En esta clasificación el cableado puede realizarse en tubería metálica rígida rosca para usos eléctricos, tubo metálico EMT, ductos o canales metálicos herméticos al polvo.

Las cajas y accesorios, si bien deben ser completamente cerradas, no necesitan ser de construcción a prueba de polvo e ignición, excepto cuando éstas sean para empalmes, conexiones terminales, o tomas de corriente.

Donde sea necesario conexiones flexibles, puede aplicarse las mismas disposiciones señaladas para áreas división 1.

En sitios donde la instalación eléctrica sea difícil, puede usarse cable tipo MI, MC, o MHC con conectores terminales aprobados.

dos.

Para el uso e instalación de sellos ver la sección titulada Métodos de Instalación de Sellos.

#### 4.4.3. INSTALACIONES EN AREAS CLASE III DIVISION 1 y 2.

Todo el cableado debe instalarse en tubería - metálica rígida roscada, aprobada para usos eléctricos.

Todas las cajas y accesorios deben ser de conexión completamente cerradas, las tapas con medio de cierre efectivos. Generalmente para esta clasificación se puede usar las cajas y accesorios para áreas clase II, división 2.

Donde sea necesario conexiones flexibles, puede aplicarse las mismas disposiciones señaladas para áreas clase II, división 1.

En sitios donde la instalación de tubería rígida se dificulta, puede usarse cable tipo MC o MC con conductores terminales aprobados.

#### 4.4.4. METODOS DE INSTALACION DE SELLOS

En las áreas peligrosas la instalación de se

llos es esencial para prevenir la entrada de gases, vapores o llama a las cajas, equipos o tuberías y evitar que cualquier explosión que pueda ocurrir dentro de una caja o equipo se propague y más bien quede limitada a esa caja o equipo en particular. Cuando tal explosión ocurre, las llamas y los gases calientes podrían viajar rápidamente a través de tuberías sin sello y como resultado la presión creada puede exceder los límites de ruptura de tuberías y cajas ranetas.

Un fenómeno que tiene lugar cuando ocurre una explosión dentro de una tubería es el fenómeno conocido "empuje de presión". Este sucede cuando el gas en explosión comprime la atmósfera dentro del sistema de tubería y las llamas y el calor inflama el gas comprimido en otro sitio dentro de la tubería causando otra explosión más poderosa. Este proceso se repite a través del sistema de tuberías y cajas, y cada explosión va creciendo en intensidad. El empuje de la presión puede minimizarse haciendo la tubería con la instalación a intervalos regulares de sellos a prueba de explosión. La distancia segura mínima entre los

sellos depende en el tamaño del ducto (a mayor sección menor distancia de separación) y el tipo de vapor o gas inflamable presente.

Hay que considerar que ningún sistema de tubería con accesorios y cajas para equipo eléctrico, está exento por completo de la entrada de aire. El agua contenida en la atmósfera puede entrar al sistema de tubería como vapor de agua junto con el aire. Cuando el aire se enfría el vapor de agua se condensa, y la humedad resultante desciende al punto más bajo del sistema y se acumula gradualmente. Esto puede causar fallos en el aislamiento de los cables y producir corrosión.

La acumulación de agua condensada en los sistemas de tuberías puede prevenirse con una ligera pendiente en los recorridos horizontales de la tubería e instalando accesorios de drenaje o una combinación sello - drenaje en los puntos más bajos.

#### 1. TIPOS Y FORMA DE INSTALACION

Se puede decir que un sello es un accesorio para tubería rígida expresamente diseñada para prevenir el paso de gases, vapores, lluvia o humedad de un punto del siste-

na a otro. Algunos son diseñados especialmente para instalarse en forma sólo horizontal o sólo vertical, otros son de tipo universal para instalarse en cualquiera de las dos formas.

Un sello para que sea efectivo, debe reunir varias condiciones y características.

Debe ser a prueba de explosión, la mezcla sellante mientras se endurece debe desarrollar suficiente resistencia mecánica para soportar las fuerzas explosivas.

Debe ser hermético al vapor para detener gases y vapores. Para cumplir esto, la mezcla sellante debe adherirse a las paredes del sello y a los conductores. La mezcla sellante debe expandirse mientras se endurece para cerrar todos los espacios sin crear esfuerzos mecánicos indebidos en el sello.

El accesorio debe ser propiamente diseñado, y suficientemente fuerte para soportar las fuerzas creadas por explosiones internas en cualquiera de los lados.

Debe ser instalado propiamente, siguiendo

cuidadosamente las instrucciones suministradas por el fabricante. La mezcla sellante no desarrollará la dureza necesaria si no se prepara correctamente.

Para restringir la mezcla a la porción correcta del sello, debe instalarse una barrera de asbesto-fibra antes de vaciar la mezcla sellante. Esta barrera de fibra es con frecuencia suministrada en forma de soga, permitiendo que se corte solamente la cantidad necesaria para cada sello.

Es importante que los conductores queden separados entre sí y de las paredes del sello y así la mezcla sellante rodeará a cada conductor.

Si el sello tiene una abertura separada para instalar la fibra, éste debe cerrarse antes de vaciar la mezcla sellante.

El compuesto sellante se mezcla con el agua en las cantidades apropiadas según las instrucciones del fabricante.

El uso de artefactos sellados de fábrica elimina la instalación del sello. En arte-

factos de este tipo, el elemento que produce arco, calor, o chispa; es sellado en una cámara y los cables o terminales de conexión están fuera de esta cámara.

Se debe instalar el sello en el lado apropiado del límite o pared, según lo recomienda el fabricante.

El sello debe usarse propiamente con respecto a su posición de montaje. Esto es particularmente crítico cuando la tubería pasa por un área peligrosa a otra no peligrosa.

El compuesto sellante, debe ser aprobado para usarse con el tipo de aislamiento de los conductores.

## 2. DETALLES GRÁFICOS DE LOS REQUERIMIENTOS DE SELLOS.

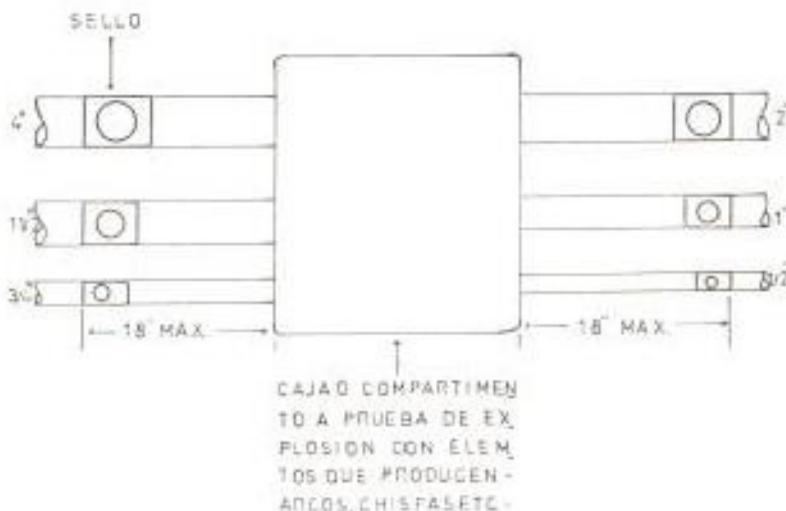
Las secciones 501-5 y 502 - 5 del NEC cubren los requerimientos de sellos y los detalles de instalación para áreas clase I y clase II respectivamente. El código no requiere de sellos en áreas clase III. A continuación se presentan los detalles ne-

cesarios para el uso de los sellos en -  
áreas clase I y clase II.

a. AREAS CLASE I

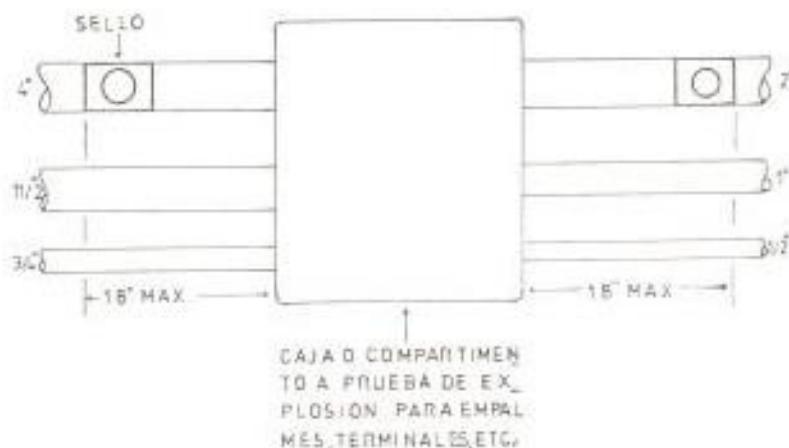
AREAS DIVISION 1 Y AREAS DIVISION 2 QUE  
REQUIEREN CAJAS O ACCESORIOS A PRUEBA  
DE EXPLOSION

-Cuando las cajas y accesorios a prueba de explosión contienen interruptores, -  
disyuntores, fusibles, relés, resisten-  
cias, u otros aparatos que producen ar-  
cos, chispas o altas temperaturas; se -  
debe instalar sellos en todas las tube-  
rías, tan cerca como sea posible y a no  
más de 18" de la caja o accesorio.



No se permite cajas de derivación, empalmes o similares; entre la caja y el sello.

-Cuando una caja o accesorio contiene solamente empalmes, terminales o tomas, se debe instalar sellos en toda tubería de 2" de diámetro y superiores, a una distancia entre y no superior a las 18" de la caja o accesorio.



-Un solo sello es suficiente entre dos cajas o compartimientos que requieren sello cuando la tubería de conexión o neple no es superior a las 36\".



-Cuando la tubería de conexión entre dos cajas o compartimientos que requieren sello es superior a las 36", se debe instalar un sello dentro de las 18" de distancia a cada caja.



A pesar que el NEC no requiere el sec -

cionalizamiento de las tuberías, se recomienda este procedimiento en tuberías de gran recorrido instalando sellos a intervalos relativamente cortos.

AREAS DIVISION 2 DONDE NO SE REQUIERE  
CAJAS Y ACCESORIOS A PRUEBA  
DE EXPLOSION

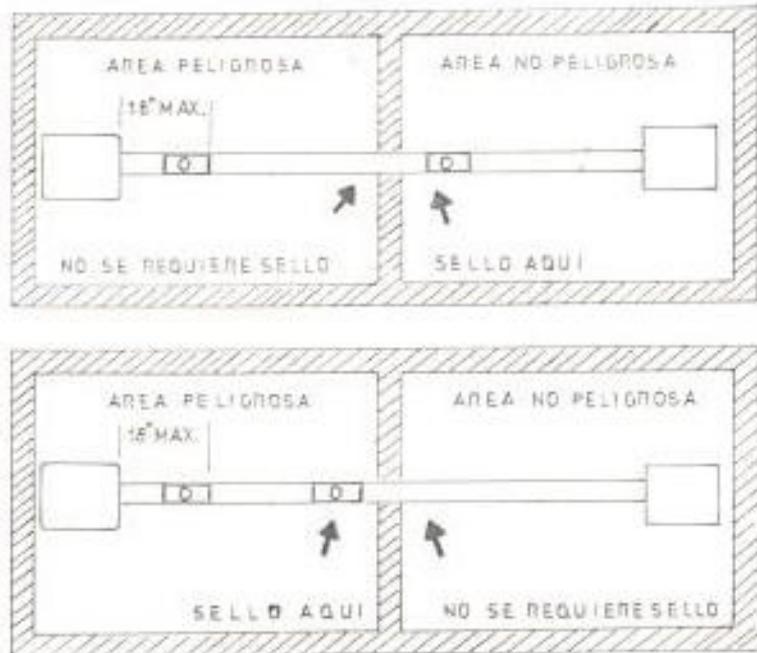
En este caso no se requiere sellos en las tuberías de cualquier dimensión instaladas a estas cajas y accesorios.



SELLOS REQUERIDOS EN TODA TUBERIA QUE  
SALE DE UNA AREA PELIGROSA

-Se debe instalar un sello en toda tubería que sale de una área clase I, divi-

sión 1 o división 2. El sello puede instalarse en cualquier lado del límite.

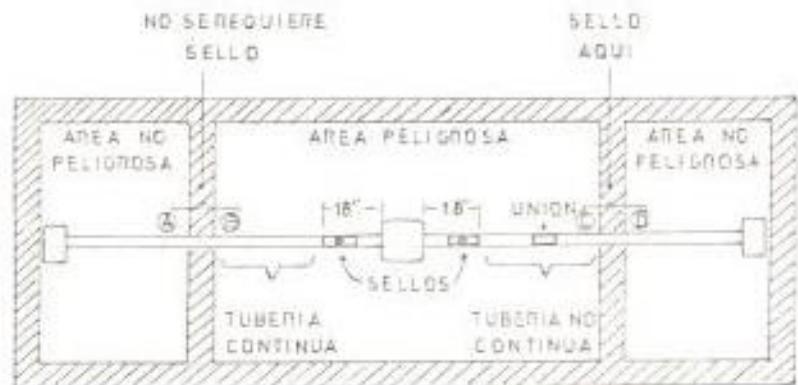


No debe haber unión, acople, caja o algún accesorio entre el sello y el punto donde la tubería sale del área peligrosa. El NEC no especifica distancia alguna entre el sello y el límite.

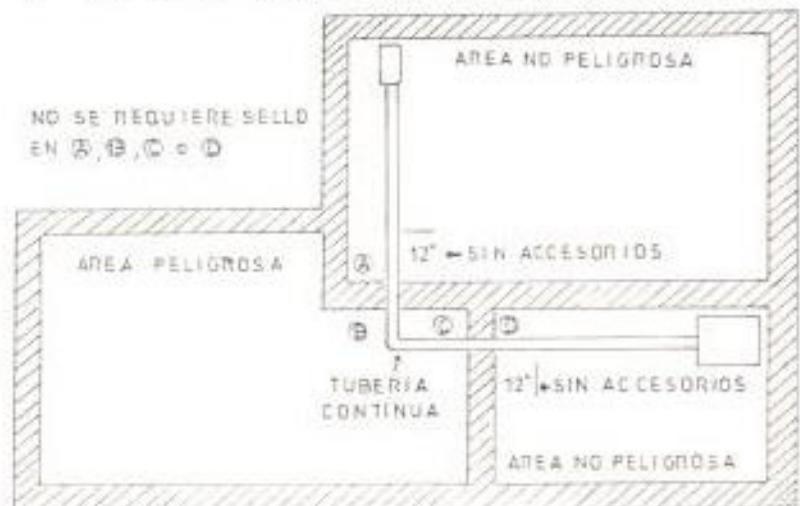
-Si la tubería es continua (sin unión, acople, etc.) entre una caja que requiere sello y el sitio donde la tubería sale del área peligrosa, no se necesita un sello adicional en el límite.

Por ejemplo en el siguiente gráfico se

muestra como en los puntos A o B no se requiere la instalación de sellos, mientras que en los puntos C o D si es necesario.



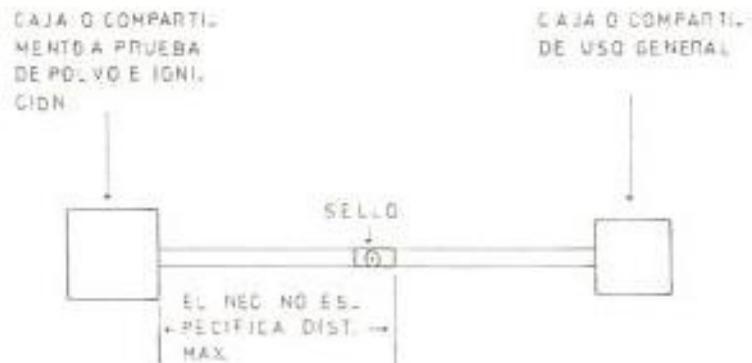
-Cuando una tubería rígida metálica continua pasa a través de una área peligrosa desde un área no peligrosa a otra no peligrosa, y sin accesorios entre las 12" de cada límite no se requiere sello.



## b. AREAS CLASE II

### AREAS DIVISION 1 Y DIVISION 2

Generalmente, en áreas clase II, no se requiere instalación de sellos. Cuando una tubería conecta una caja o compartimiento a prueba de polvo e ignición con otra que no lo es, se debe proveer los medios para prevenir la entrada de polvo en la caja o compartimiento a prueba de polvo e ignición, a través de la tubería. Una forma aceptable de cumplir con este requerimiento es la instalación de un sello en la tubería.



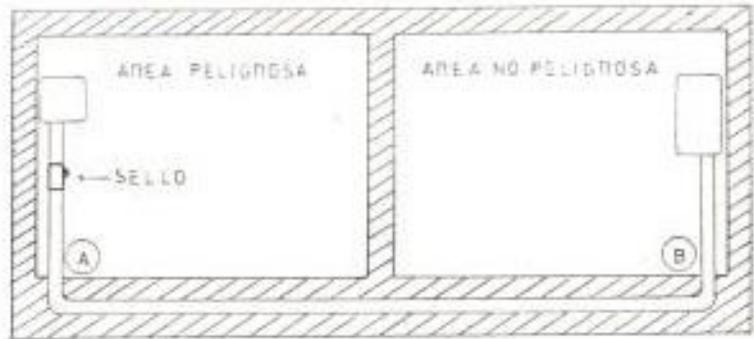
Si la tubería tiene un recorrido hori -

zontal de por lo menos 10 pies de longitud, o si su recorrido es vertical, desde la caja o compartimiento a prueba de polvo e ignición hacia abajo y por lo menos de 5 pies de longitud, no es necesario sello alguno.

### 3. DUDAS SOBRE LOS LIMITES DE AREAS

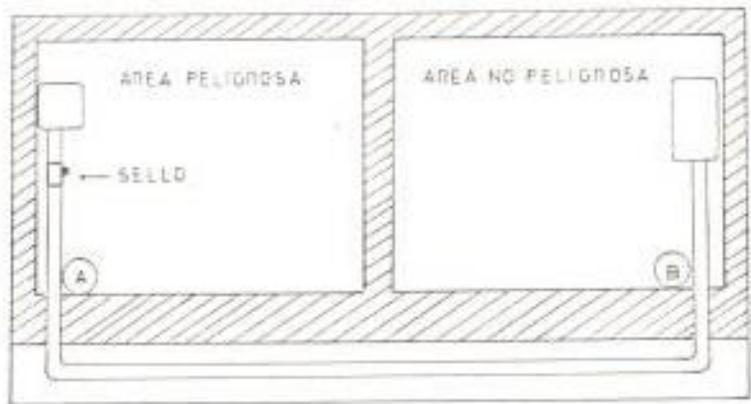
Frecuentemente se encuentran dificultades en la correcta aplicación de las reglas del NEC con respecto al uso de los sellos. La mayoría de estos casos implica un caso de decisión sobre hasta que punto constituyen los límites de una área peligrosa, pues el NEC no prevee ninguna definición. Debe notarse que no hay disposiciones en el código que prohíba el uso de sellos, así en caso de duda es buena práctica seguir como guía los siguientes ejemplos.

- a. Una tubería sellada dentro de los 18" de distancia a una caja o compartimiento a prueba de explosión, se extiende dentro de la losa de concreto del piso, emergiendo en un área no peligrosa. No está claro que constituye el límite.



En la interpretación oficial N° 325 del NEC, se regula que la totalidad de la losa de concreto a través de la cual está empotrada la tubería, constituye el límite del área peligrosa, y por lo tanto debe instalarse un sello ya sea en A o en B.

- b. Supóngase que, en el caso anterior la tubería no está empotrada en la losa de concreto sino en la tierra bajo la losa. La duda en este caso sería si la tierra bajo la losa es un área peligrosa o no peligrosa.

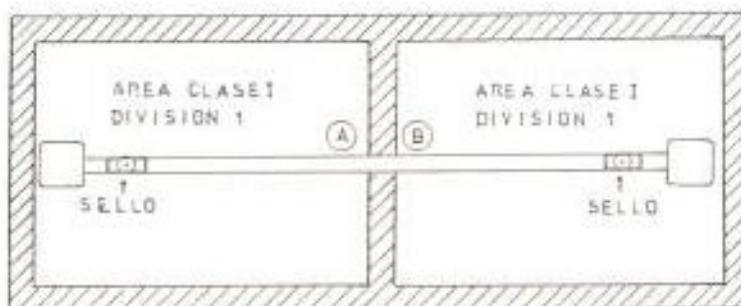


Puede usarse como guías las reglas del NEC aplicables a estaciones de gasolina y hangares de aviones. La sección 514-2(d) del NEC que define el cableado y equipamiento de estaciones de servicio y expendio, señala que cualquier porción de la instalación bajo la superficie de un área peligrosa, debe considerársela como clase I, división 1. La sección - 513 - 3 del NEC, requiere que cualquier instalación de cableado en o bajo el piso de un hangar, debe cumplir con los requerimientos de un área clase I, división 1.

La conclusión lógica que puede sacarse, a no ser que específicamente se defina

lo contrario, es que la tierra bajo el piso de un área peligrosa, es una extensión de tal área, y por lo tanto debe instalarse un sello ya sea en A o en B.

- c. La sección 501 - 5 (a) (4) del NEC requiere la instalación de un sello en toda tubería que salga de un área clase I, división 1 y en cualquier lado del límite. Se puede presentar dudas cuando una tubería sale de un área clase I, división 1, y entra a otra área clase I, división 1.



Basándose exactamente en las palabras textuales del NEC, se debe proceder a instalar un sello ya sea en A o en B, sin embargo se debe examinar si existe comunicación directa entre las dos

áreas por medio de puertas, u otras aberturas. Se puede interpretar que la tubería realmente no sale del área peligrosa y no se requiere de la instalación de sellos en la tubería que atraviesa la pared o separación.

Si las dos áreas están aisladas una de otra, debe instalarse un sello en cualquier lado del límite.

- d. Supóngase una tubería instalada a una caja o compartimiento a prueba de explosión entra al suelo bajo la losa de concreto y reentra a la misma área. La duda sobre la instalación del sello puede surgir porque la tubería se instala a través del suelo.



Aplicando el mismo razonamiento del caso b, si se considera al suelo como extensión del área peligrosa, no hay necesidad de instalar sello en A o en B, - pues la tubería teóricamente no ha salido del área peligrosa.

Como norma general en la instalación de sellos en los límites de las áreas, se debe tener presente que el NEC está interesado en la transmisión de gases y vapores a áreas menos peligrosas o no peligrosas, y no a la filtración de vapores o gases cerca de los límites, y esto se evidencia por el hecho que donde se requiere el sello, es permitido su instalación en cualquier lado del límite.

## CAPITULO V

### DISEÑO TIPICO DE UNA PLANTA INDUSTRIAL

Como aplicación práctica de la metodología y conceptos enunciados en el presente estudio, se propone el diseño eléctrico de una planta industrial de resinas sintéticas usadas en la elaboración de pinturas.

#### 5.1. DESCRIPCION GENERAL DEL PROYECTO

Las resinas sintéticas comúnmente utilizadas en la elaboración de pinturas son las llamadas resinas alquídicas y las resinas acrílicas (látex). La conformación típica de una planta de esta naturaleza está detallada en la figura 5-1.

Las materias primas utilizadas en la elaboración de estas resinas, así como sus características más importantes son:

#### MATERIAS PRIMAS PELIGROSAS

- Hidroperóxido de butilo
  - Punto de inflamación 62.7°C
  - Gravedad específica 0.935
  - Combustible clase IIIA

- Acido acrílico glacial
  - Punto de inflamación 50°C
  - Gravedad específica 1.050 - 1.053
  - Corrosivo
  - Combustible Clase II
  
- Mineral turpenth
  - Punto de inflamación 38.8°C
  - Gravedad específica 0,7690 - 0,7935
  - Combustible clase II
  
- Anhídrido ftálico
  - Punto de inflamación 150°C
  - Gravedad específica 1.527
  - Combustible clase IIIB
  
- Acido benzoico
  - Punto de inflamación 121°C
  - Gravedad específica 1.266
  - Combustible clase IIIB
  
- Xilino
  - Punto de inflamación 26,7°C
  - Densidad de vapor 3.7
  - Combustible clase I (inflamable)
  
- Acrilato de butilo
  - Punto de inflamación 55°C

Gravedad específica 0,8956 - 0,9020

Combustible clase II

- Acetato de vinilo

Punto de inflamación -8°C

Densidad de vapor 3

Combustible clase I (inflamable)

#### OTRAS MATERIAS PRIMAS

Igepal 639

Persulfato de potasio

Hidrosulfito (granulado)

Hidroxietil celulosa

Desespumante L-475

Bicarbonato de sodio (polvo)

Ultrawet k

Triton 405

Noosept 95 (irritante)

Tritol pentario

Aceite neutral (unseed oil)

Aceite de soya

Litargio sublemado

Glicerina de alta gravedad

Las áreas más importantes y su función dentro de la industrial son las siguientes:

## AREA DE PROCESO

Es el área donde se lleva a cabo la elaboración de las resinas y comprende los siguientes equipos:

Tanques de mezclas previas (Monómeros 1 y 2).- Son tanques metálicos tipo abierto de aproximadamente 1,20mts. de diámetro por 2,80mts. de altura. Están equipados con dos motores eléctricos, uno para mover el agitador y otro para bombear los monómeros al reductor o tanque de reducción. Sirven para realizar las mezclas previas y obtener las moléculas iniciales de las resinas (monómeros).

Reactor y Tanque de Reducción.- Son tanques metálicos de aproximadamente 1,50 mts. de diámetro por 3,40 de altura. Están diseñados para soportar altas temperaturas y presión. Tienen tapas de cierre hermético, serpentín interior para circulación de agua de enfriamiento, válvulas neumáticas de seguridad. Están equipados con un motor eléctrico para el agitador, bomba para vacío y bomba para sacar los productos terminados a los tanques de almacenamiento. En ellos se realiza la polimerización de los monómeros bajo ciertas condiciones de acción de la temperatura, presión y catalizadores, finalmente se obtienen los varios tipos de resinas con la adición de solventes y sustancias oxidantes.

Rotámetros.- Sirven para el control de flujo en las tuberías, ejemplo, rotámetros de monómeros, rotámetro de CO<sub>2</sub>.

Medidores de Líquidos.- Sirven para medir el producto final. Están instalados en las tuberías de salida hacia los tanques de almacenamiento.

Entre otros equipos y accesorios que completan el área de proceso están una bomba de agua, un decantador, un tablero de control para temperatura, tiempo y proceso automático, cilindros de CO<sub>2</sub> y el sistema de tuberías.

#### LABORATORIO

Sirve para hacer análisis previos de mezclas, estudios de control de calidad de los productos. Comprende los equipos normales de todo laboratorio de este tipo: centrifugas, mezcladoras, horno, tomas de aire comprimido, etc.

#### CUARTO DE MAQUINAS

Comprende los siguientes equipos:

Caldero.- Para producir vapor necesario en el precalentamiento del reactor.

Compresor.- Se necesita aire comprimido para los controles automáticos y en el laboratorio.

Pre calentador de aceite y bomba de aceite precaliente.- En cierta clase de resinas (latex) se necesita aceite precalentado.

Generador de emergencia.- Indispensable en este tipo de industrias para garantizar el funcionamiento continuo de los equipos y evitar situaciones peligrosas.

#### CUARTO ELECTRICO

Es el centro de distribución de la energía eléctrica, en él se ubican el tablero general, switch de transferencia, centro de control de motores (excepto botoneras) y subpaneles de distribución de alumbrado y tomacorrientes.

#### BODEGA DE MATERIAS PRIMAS

Aquí se almacenan todas las materias primas, excepto los solventes (acetato de vinilo, xilino y mineral turpenth).

#### TANQUES DE ALMACENAMIENTO

Todos los tanques de almacenamiento son metálicos de aproximadamente 18000 litros de capacidad, completamente cerrados. Como característica importante, no tienen tubo de ventilación, al contacto con el aire los solventes cambian sus propiedades originales y en las resinas se forman natas en la superficie por

la oxidación del elemento oxidante. Todos están equipados con la bomba eléctrica respectiva para despacho o aprovisionamiento.

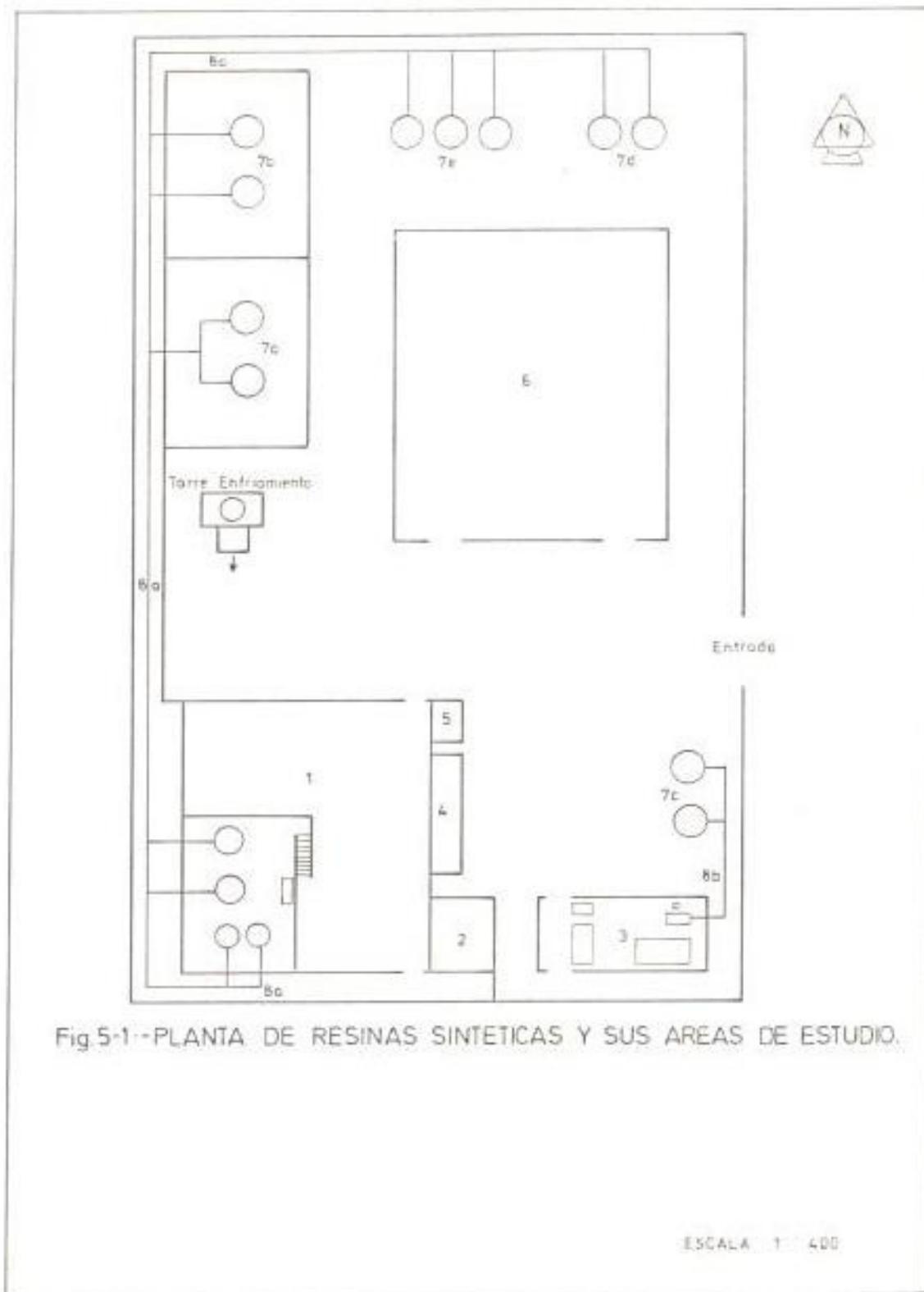
#### TRINCHERAS DE TUBERIAS

Esta es el área por donde están instaladas todas las tuberías que van desde los tanques de almacenamiento hasta el área de proceso.

### 5.2. ANALISIS Y CLASIFICACION DE AREAS

El empleo de materiales con características inflamables y combustibles crea condiciones ambientales altamente peligrosas. El diseño y las instalaciones eléctricas en esta clase de atmósferas requieren ser del tipo a prueba de explosión.

Para establecer la peligrosidad o no peligrosidad de cada ambiente y determinar la clase, división y grupo que le corresponde, se divide la planta en áreas de estudio y se analiza cada una de ellas aplicando la metodología propuesta en el capítulo III. Las áreas de estudio en cuestión son: área de proceso, laboratorio, cuarto de máquinas, vestidores y servicios higiénicos, cuarto eléctrico, bodega de materias primas, tanques de almacenamiento, y trincheras de tuberías. Para mayor información y detalles, ver fig. 5-1.



## AREAS DE ESTUDIO

- ① AREA DE PROCESO
- ② LABORATORIO
- ③ CUARTO DE MAQUINAS
- ④ VESTIDORES Y SERVICIOS HIGIENICOS
- ⑤ CUARTO ELECTRICO
- ⑥ BODEGA DE MATERIAS PRIMAS
- ⑦ TANQUES DE ALMACENAMIENTO
  - 7a - ACETATO DE VINILO
  - 7b - XILINO Y MINERAL TURPENTH
  - 7c - ACEITE DE SOYA
  - 7d - LATEX
  - 7e - RESINAS ALQUIDICAS
- ⑧ TRINCHERAS DE TUBERIAS
  - 8a - SOLVENTES Y PRODUCTOS TERMINADOS
  - 8b - ACEITE DE SOYA

La aplicación práctica de la metodología propuesta - se presenta a continuación en las secciones 5.2.1, - 5.2.2, 5.2.3 y 5.2.4.

#### 5.2.1. NECESIDAD DE CLASIFICACION

Para establecer la peligrosidad de las áreas señaladas y la necesidad de clasificación, se considera las dos preguntas de la sección - 3.2.1.

##### AREA DE PROCESO

En esta área se manipula y emplea líquidos - clasificados como inflamables, como son el acetato de vinilo y el xilino. Además, dentro del proceso mismo, algunas sustancias clasificadas como combustibles tales como el hidroperóxido de butilo, acrilato de butilo, ácido - glacial-acrílico; son sometidos a temperatu - ras superiores a sus puntos de inflamación.

Las condiciones presentes en esta área responden afirmativamente a las dos preguntas pro - puestas y por consiguiente es necesario clasificarla como peligrosa, clase I.

##### LABORATORIO

En esta área se realizan análisis y estudios

de las diferentes mezclas y productos finales que se dan en el proceso. Luego, en esta -  
área las condiciones son similares a las de -  
el área de proceso y también se la debe considerar  
como peligrosa clase I.

#### CUARTO DE MAQUINAS

Aquí están instalados el caldero, compresor, generador de emergencia, precalentador de a-  
ceite y bomba de aceite precalentado. Las -  
condiciones de esta área y la característica de las sustancias producidas y manipuladas no representan situaciones iguales o parecidas a las descritas en las preguntas formuladas. Es decir, no es necesario clasificación alguna y se la puede considerar como área no peligrosa.

#### VESTIDORES Y SERVICIOS HIGIENICOS

La característica principal a analizar en esta área es su ubicación adyacente al área de proceso clasificada anteriormente como peligrosa clase I, esto podría implicar la probable presencia de algún vapor inflamable. Efectivamente, al existir la probabilidad que vapores peligros más pesados que el aire, como los del acetato de vinilo y xilino, se filtr

tren por debajo de puertas u orificios bajo el nivel del piso, la construcción de los lugares de entrada al área de proceso está hecho a un nivel superior (+54cm.) y con un sistema de doble puerta, con el fin de minimizar el riesgo de las filtraciones. Además, los lugares mismos en cuestión están contruidos con igual fin, esto es; las paredes adyacentes al área peligrosa son sólidas, las puertas y la ventilación situadas en las paredes opuestas.

En conclusión las precauciones de construcción tomadas, determinan la no peligrosidad de esta área.

#### CUARTO ELECTRICO

En esta área se aplican los mismos criterios señalados para el área de vestidores y servicios higiénicos e igualmente se la considera área no peligrosa.

#### BODEGA DE MATERIAS PRIMAS

Aunque la mayoría de las sustancias manipuladas y almacenadas en esta área son de naturaleza combustible, las condiciones y características que estos presentan, no corresponden

con ninguna de las situaciones formuladas en las preguntas que deciden la necesidad de clasificación y por lo tanto, se la considera como área no peligrosa.

#### TANQUES DE ALMACENAMIENTO

Los tanques de almacenamiento de materias primas (solventes y aceite de soya) y de productos terminados son:

Tanques de acetato de vinilo.- El acetato de vinilo es un solvente sumamente inflamable, - su punto de inflamación es de  $-8^{\circ}\text{C}$ . Esta condición satisface la primera pregunta formulada y es necesario clasificarla como área peligrosa clase I.

Tanques de xilino y mineral turpenth.- Esta área, al igual que la del acetato de vinilo, también se clasifica como área peligrosa clase I porque la probabilidad de la presencia de líquidos y vapores inflamables es alta. El mineral turpenth es un solvente combustible con características casi inflamables (punto de inflamación  $38.8^{\circ}\text{C}$ ), mientras el xilino es un solvente inflamable (punto de inflamación  $26.7^{\circ}\text{C}$ ).

Tanques de aceite de soya.- Esta área se la considera como no peligrosa. En las condiciones de almacenamiento presentes en esta área, no existe ninguna probabilidad de peligrosidad. El aceite de soya está comprendido dentro de los ésteres glicéricos u oleínas las que aun en el supuesto caso de ser sometidas, en forma aislada, a temperaturas elevadas como los 300°C se descomponen en aldehídos acrílicos y acrolina, sustancias que tampoco representan situaciones peligrosas.

Tanques de látex.- En esta área sí es probable la presencia de vapores inflamables. El principal componente del látex (resina acrílica) es el acetato de xililo, cuyas características de peligrosidad ya han sido analizadas suficientemente. Por consiguiente, esta área debe clasificarse como peligrosa clase I.

Tanque de resinas alquídicas.- También se clasifica como peligrosa clase I. La probabilidad de vapores peligrosos se debe al xilino y mineral turpenth, principales componentes de esta clase de resinas.

Trincheras de tuberías para solventes y productos terminados.- Esta área se clasifica co

mo peligrosa clase I por las razones expuestas anteriormente al analizar la necesidad de clasificación de las áreas que comprenden los tanques de almacenamiento de solventes y productos terminados.

Trincheras de tuberías para aceite de soya.- Esta área se clasifica como no peligrosa por las mismas razones expuestas al analizar el área de los tanques de almacenamiento del aceite de soya.

#### 5.2.2. ASIGNACION DE DIVISION

Para establecer el grado de peligro y decidir la división de cada una de las áreas clasificadas anteriormente como peligrosas se analizan sus condiciones de operación en base a las preguntas de la sección 3.2.2.

La división, asignada a cada área en este paso, no se la debe considerar como definitiva. La confirmación o modificación de las mismas se establecerá más adelante cuando se trate sobre la extensión de áreas peligrosas.

#### AREA DE PROCESO

Esta área se la debe designar como división I.

Las sustancias peligrosas existen en el aire en condiciones normales de operación, así tenemos que las mezclas previas se realizan en tanques abiertos.

El tanque de reducción y el reactor tienen tapas herméticamente cerradas, sin embargo, son abiertos durante el proceso para introducir sustancias o sacar muestras.

#### LABORATORIO

Los diferentes análisis de materias primas, reacciones, mezclas; se realizan en el laboratorio con sistemas abiertos, es decir, las sustancias peligrosas están presentes normalmente en el medio y por consiguiente también se le debe asignar la división 1.

#### TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE SOLVENTES

En este caso las sustancias peligrosas como el acetato de vinilo, xilino, y el mineral turpenth, están confinadas en tanques cerrados. Los vapores o sustancias inflamables pueden escapar al ambiente, en concentraciones peligrosas, sólo en el caso de situaciones anormales. Estas condiciones de funcionamiento permiten asignar a esta área la divi -

ción 2.

TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE PRODUCTOS TERMINADOS.

También se la puede designar como área división 2. Sus condiciones de operación son idénticas al área de almacenamiento de solventes.

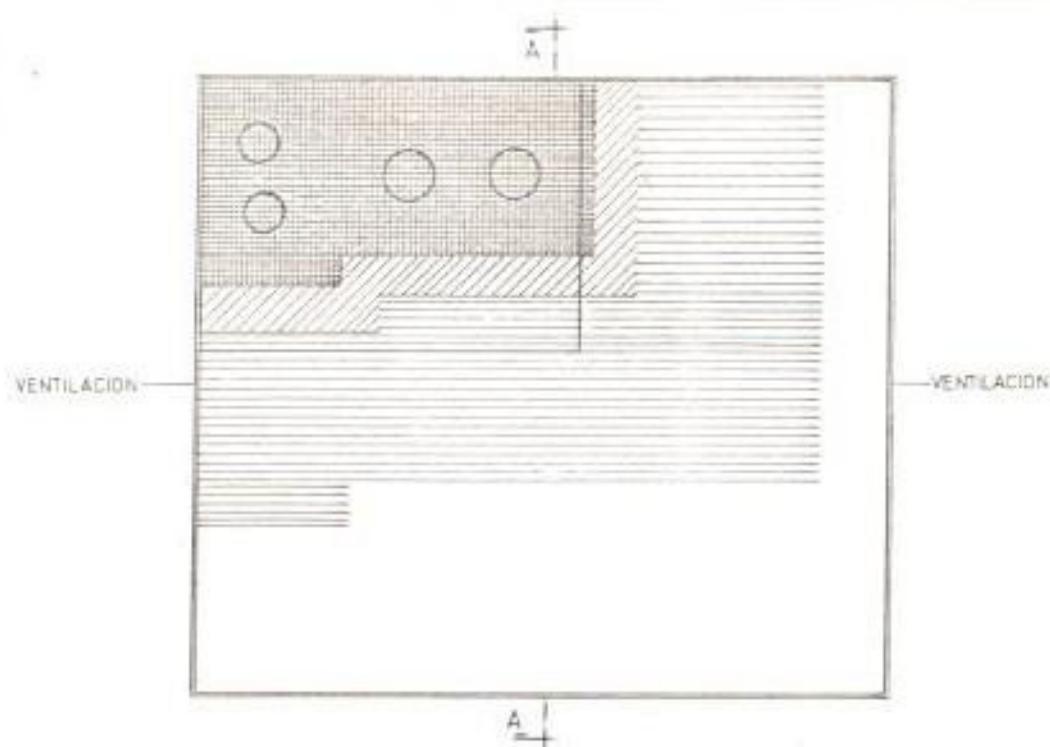
ARRINCHERAS DE TUBERIAS PARA SOLVENTES Y PRODUCTOS TERMINADOS.

Se la puede designar como área división 2. Todas las tuberías que comprenden esta área son sistemas cerrados, los vapores o sustancias inflamables pueden escapar al ambiente sólo en condiciones anormales de funcionamiento.

#### 5.2.3. EXTENSION DE AREAS PELIGROSAS

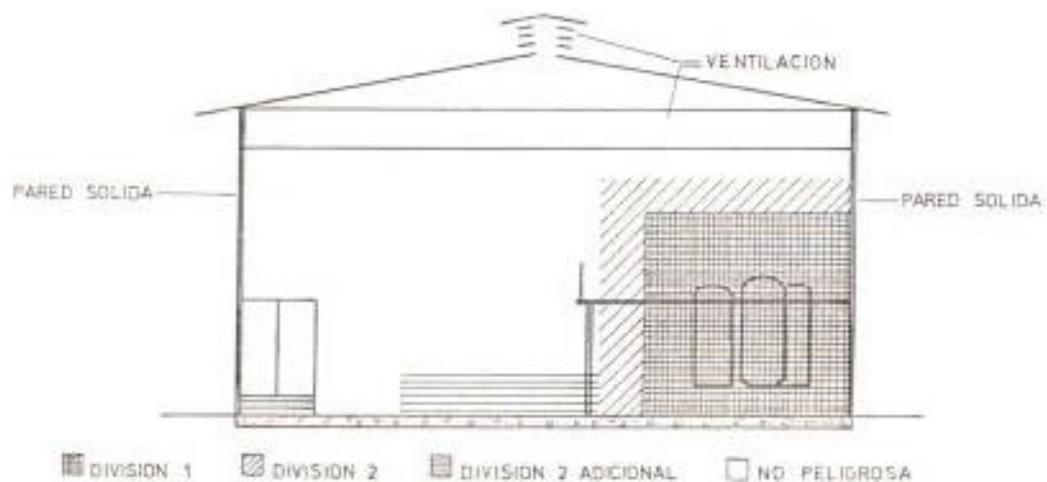
Para determinar los límites de cada una de las áreas clasificadas como peligrosas, se aplican las distancias recomendadas para plantas industriales y de procesamiento (ver tabla III-1), se considera la densidad de vapor de las sustancias peligrosas y se analiza los efectos de la ventilación natural o forzada.

En las figuras 5-2 al 5-12 se ilustra la ex -



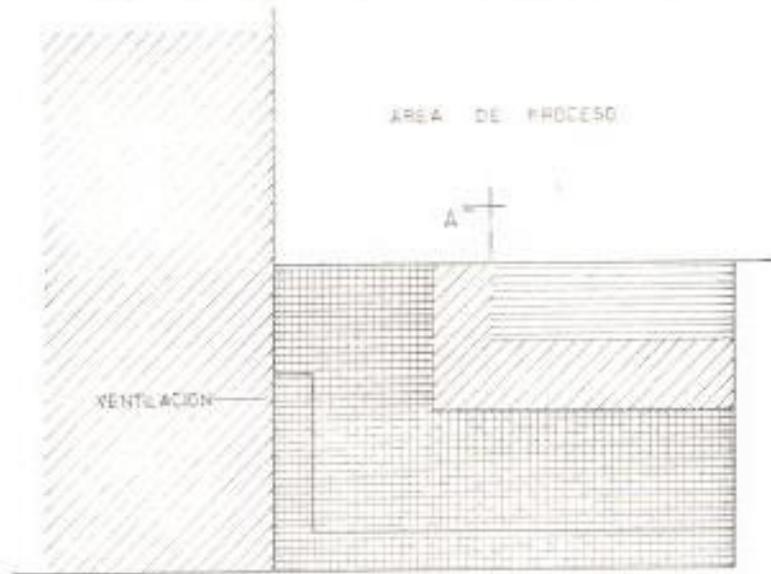
DIVISION 1   
  DIVISION 2   
  DIVISION 2 ADICIONAL   
  NO PELIGROSA

Fig. 5-2 -- AREA DE PROCESO, EXTENSION DE LOS LIMITES PELIGROSOS.



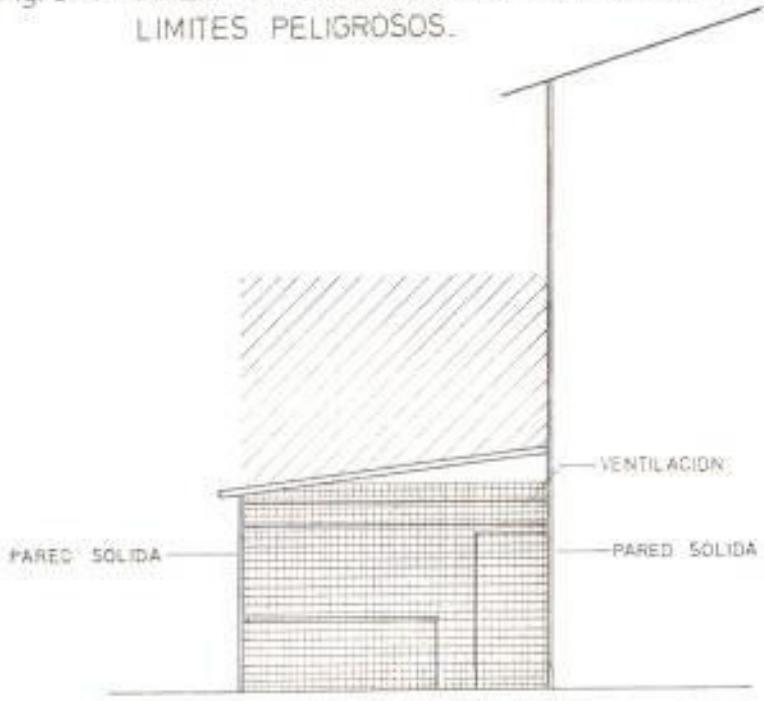
DIVISION 1   
  DIVISION 2   
  DIVISION 2 ADICIONAL   
  NO PELIGROSA

Fig. 5-3 -- AREA DE PROCESO, CORTE A-A.



DIVISION 1
  DIVISION 2
  DIVISION 2 ADICIONAL
  NO PELIGROSA

Fig. 5-4.- AREA DE LABORATORIO, EXTENSION DE LOS LIMITES PELIGROSOS.



DIVISION 1
  DIVISION 2
  NO PELIGROSA

Fig. 5-5 - AREA DE LABORATORIO, CORTE A-A

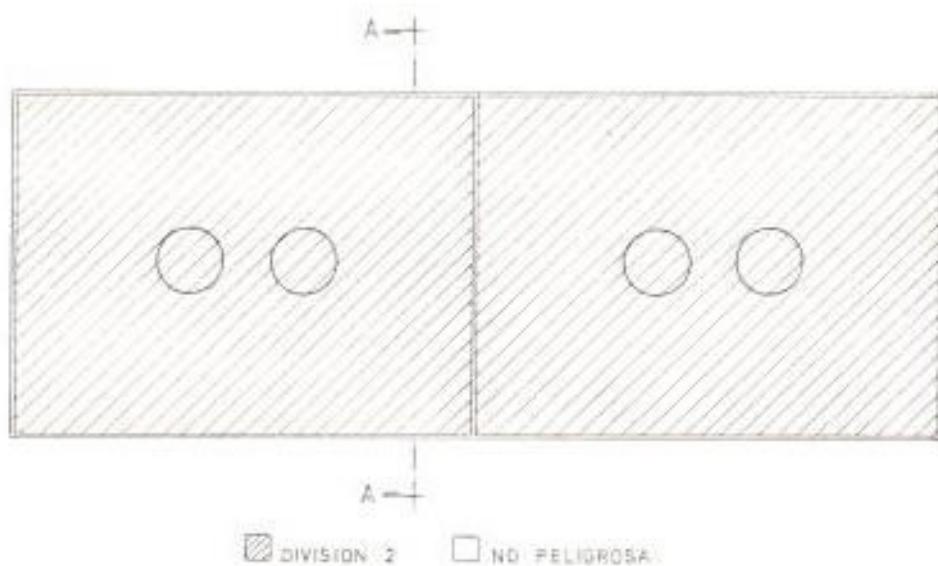


Fig.5-6 - AREA DE ALMACENAMIENTO DE SOLVENTES  
EXTENSION DE LIMITES PELIGROSOS.

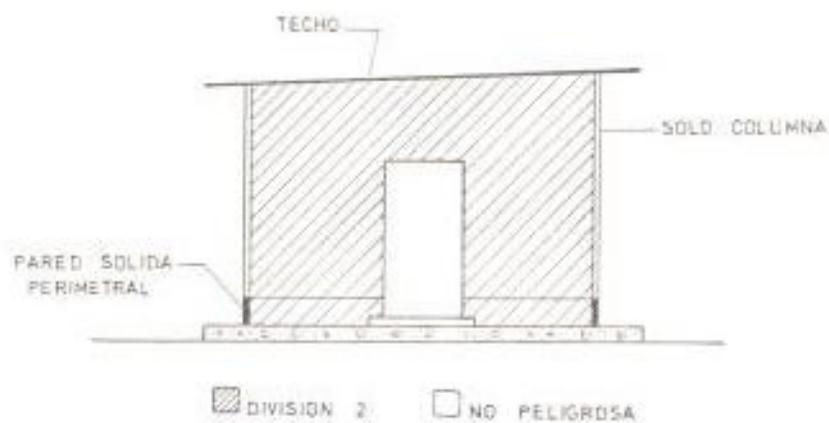
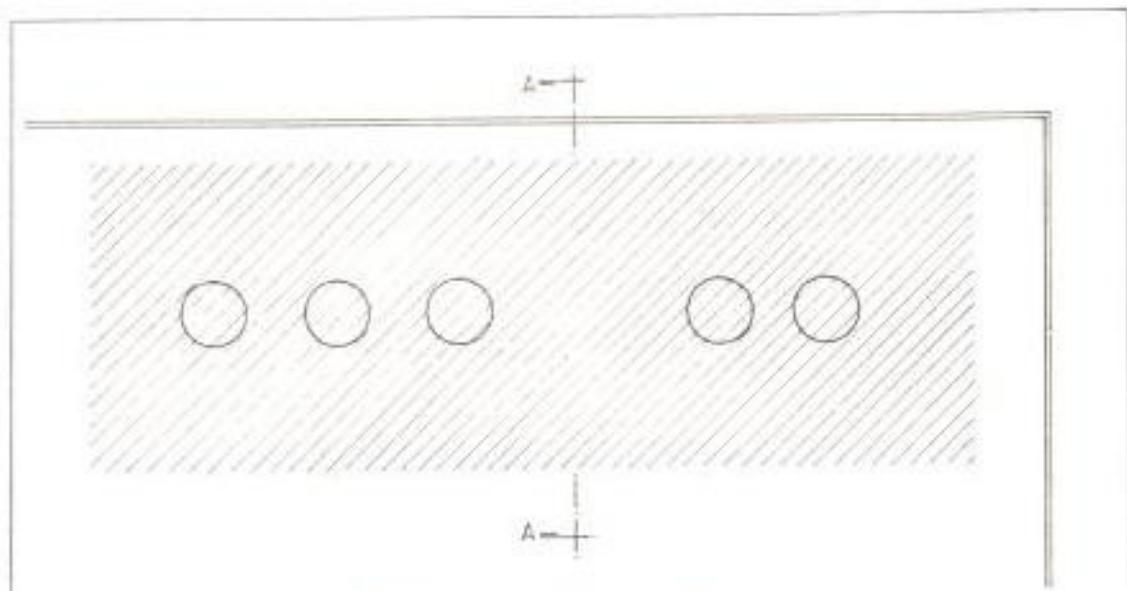
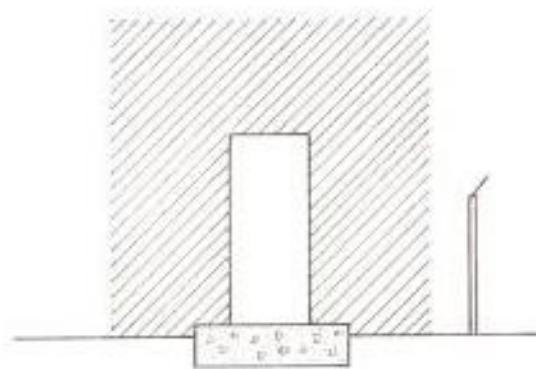


Fig.5-7 - AREA DE ALMACENAMIENTO DE SOLVENTES  
CORTE A-A.



DIVISION 2      NO PELIGROSA

Fig 5-8 - AREA DE ALMACENAMIENTO DE PRODUCTOS TERMINADOS.  
EXTENSION DE LOS LIMITES PELIGROSOS.



DIVISION 2      NO PELIGROSA

Fig 5-9 - AREA DE ALMACENAMIENTO DE PRODUCTOS TERMINADOS.  
CORTE A - A

ESCALA 1 : 200

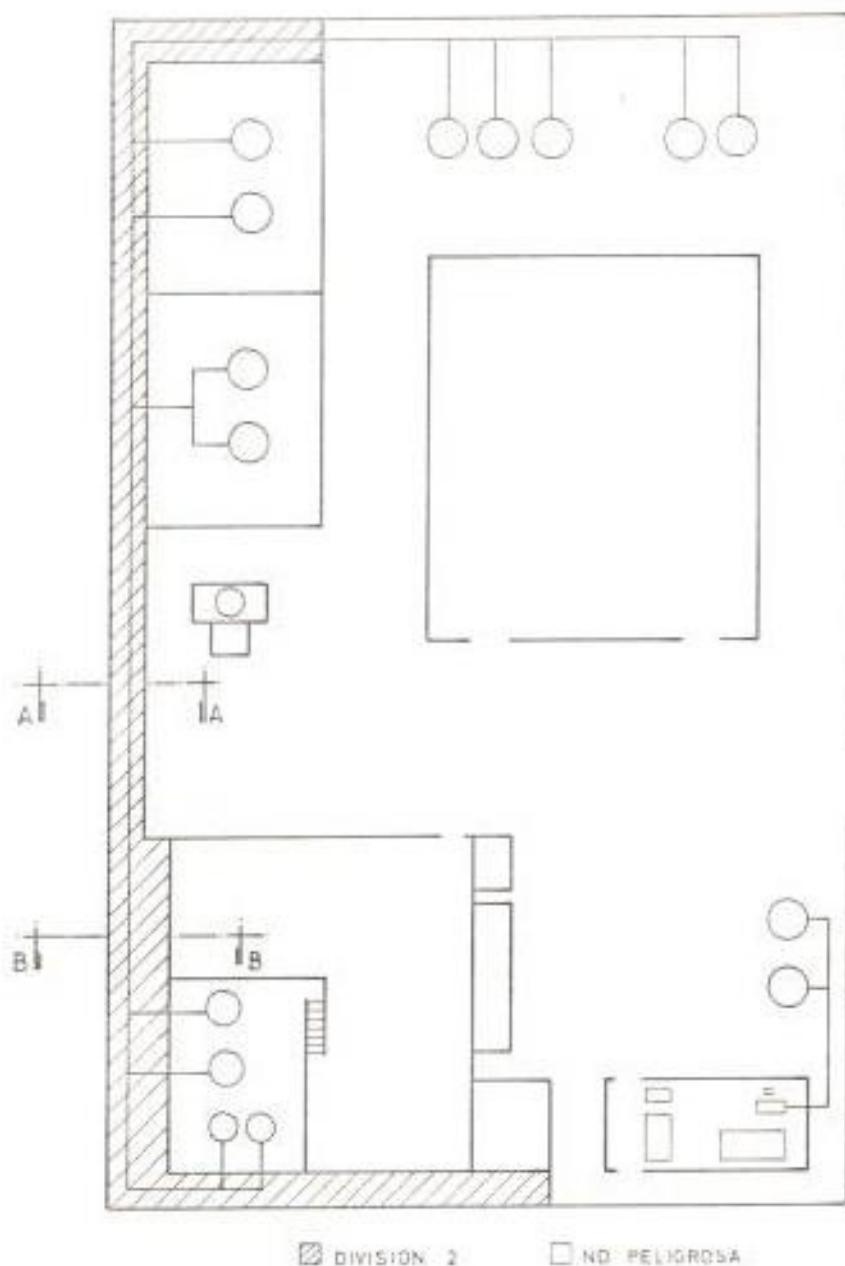


Fig 5-10--AREA DE TRINCHERAS PARA TUBERIAS DE SOLVENTES Y PRODUCTOS TERMINADOS. EXTENSION DE LIMITES PELIGROSOS.

▣ DIVISION 2    □ NO PELIGROSA

Fig 5-11 - AREA DE TRINCHERA PARA TUBERIAS DE SOLVENTES Y PRODUCTOS TERMINADOS.  
CORTE A-A.



▣ DIVISION 2    □ NO PELIGROSA

Fig 5-12 - AREA DE TRINCHERA PARA TUBERIAS DE SOLVENTES Y PRODUCTOS TERMINADOS, CORTE B-B.

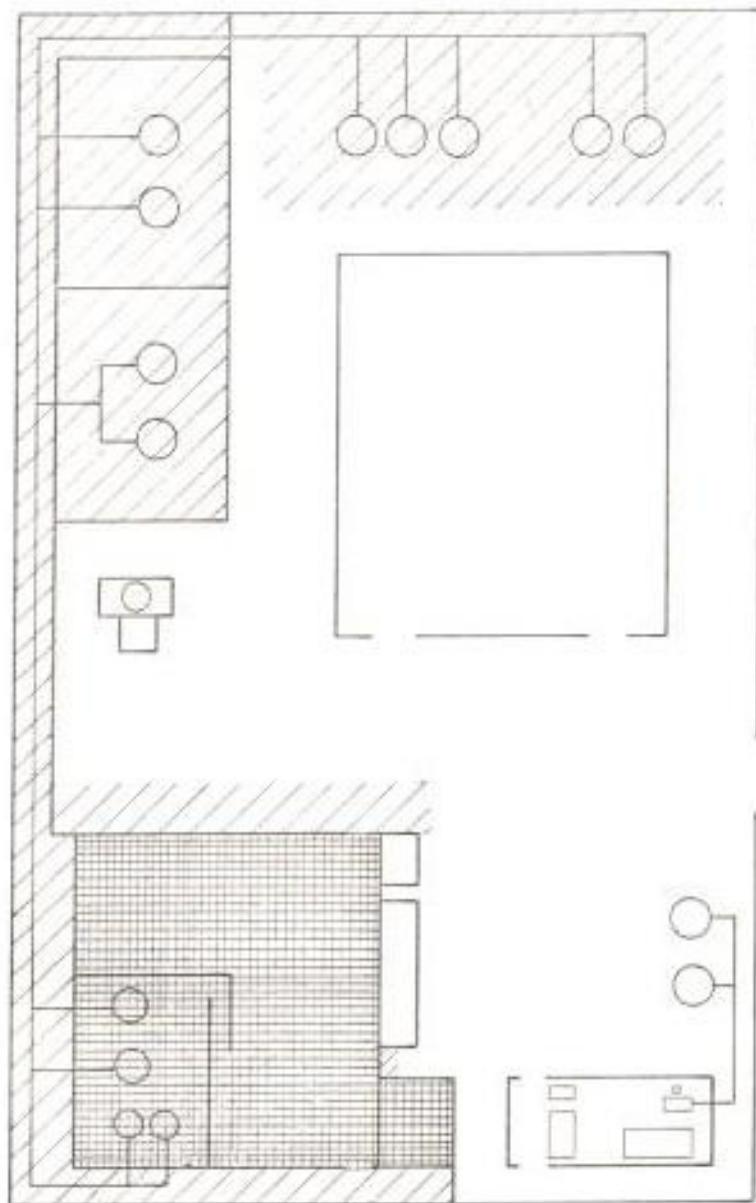


ESCALA: 1:75

tensión de las atmósferas explosivas en cada una de las áreas clasificadas como peligrosas aplicando las distancias de la tabla III-1.

La densidad de vapor del acetato de vinilo y del xilino es de 3 y 3.7 respectivamente. Es decir, las fuentes de peligro son sustancias más densas que el aire. La determinación de esta característica hace necesario, que áreas con ventilación inadecuada designadas como división 1, amplíen la extensión de sus límites a todo espacio cerrado, cerca al nivel del piso, a toda el área interior cerrada con paredes sólidas y hasta una altura igual a estas paredes. Además, en estos casos se recomienda extractores de aire, instalados casi al nivel del piso, sitio desde donde empieza la acumulación de las sustancias más densas que el aire.

Los límites definitivos de cada una de las áreas peligrosas, luego de aplicadas estas consideraciones, sólo varían significativamente de los señalados en las figs. 5.2 al 5.12, en las áreas correspondientes a proceso y laboratorio, los detalles de estas modificaciones se pueden apreciar en las figuras 5.13, -



DIVISION 1
  DIVISION 2
  NO PELIGROSA

Fig. 5-13 - PLANTA INDUSTRIAL DE RESINAS. LIMITES DEFINITIVOS DE AREAS PELIGROSAS.

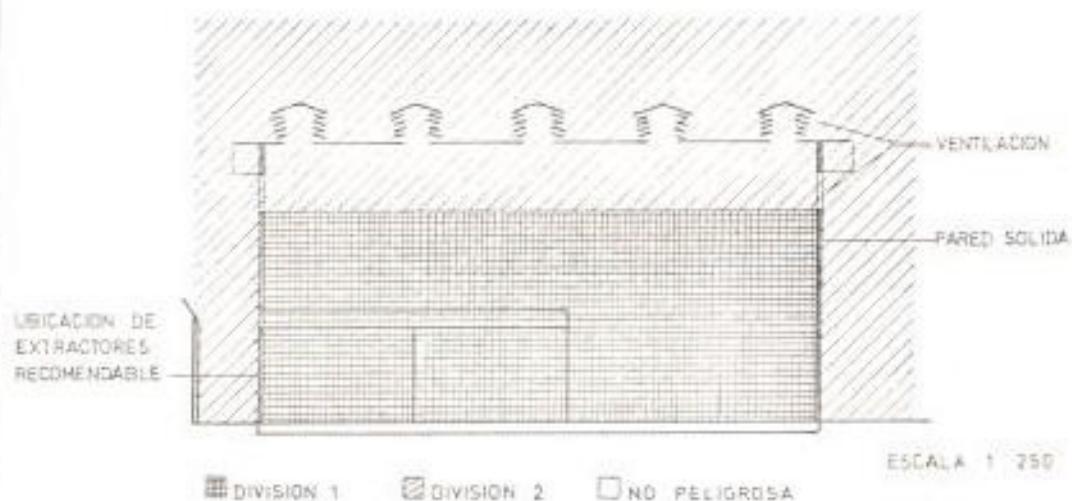


Fig 5-14 - CORTE B-B DE AREA DE PROCESO. EXTENSION DEFINITIVA DE LOS LIMITES DE PELIGRO.

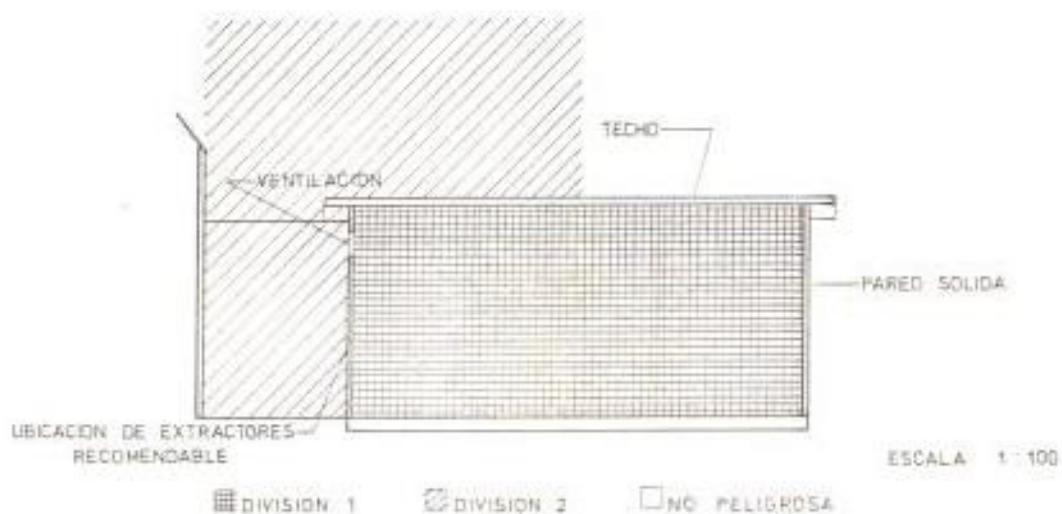


Fig. 5-15 - CORTE B-B DE LABORATORIO. EXTENSION DEFINITIVA DE LOS LIMITES DE PELIGRO.

5.14 y 5.15.

#### 5.2.4. GRUPOS DE MEZCLAS

En el presente caso las sustancias más peligrosas son el acetato de vinilo y el xilino. Las atmósferas explosivas formadas por estas sustancias están consideradas dentro del grupo D (ver tabla II-2).

Durante el proceso de mezclas previas se desprenden los llamados vapores y gases de monómeros. De estos vapores y gases, los más peligrosos son el benceno y el butano provenientes del ácido benzoico y del acrilato de butilo, respectivamente. Asimismo, atmósferas con presencia de benceno y butano, están comprendidas dentro del grupo D.

En conclusión, todo equipo y accesorio eléctrico a instalarse en las áreas clasificadas como peligrosas, debe ser aprobado para atmósferas grupo D.

Resumiendo los resultados obtenidos en los diferentes pasos de la metodología propuesta, la clasificación de las áreas de estudio queda de la siguiente manera:

AREAS PELIGROSAS

	Clase	División	Grupo
-Area de Proceso	I	1 y 2*	D
-Laboratorio	I	1	D
-Tanques de Almacenamiento de:			
Acetato de vinilo	I	2	D
Xilino y Mineral Turpenth	I	2	D
Látex	I	2	D
Resinas Alquídicas	I	2	D
-Trincheras de Tuberías para solventes y productos terminados.	I	2	D

\*Ver Fig. 5-8.

AREAS NO PELIGROSAS

- Cuarto de Máquinas
- Vestidores y Servicios Higiénicos
- Cuarto Eléctrico
- Bodega de Materias Primas
- Tanques de Almacenamiento de Aceite de Soya
- Trincheras de Tuberías para Aceite de Soya

### 5.3. SELECCION DE EQUIPOS Y ACCESORIOS ELECTRICOS PARA AREAS PELIGROSAS

Al seleccionar los diferentes equipos y accesorios eléctricos a instalarse en áreas clasificadas como peligrosas, todo diseñador y constructor eléctrico debe observar cuidadosamente que cada uno de estos productos cumpla estrictamente las reglas establecidas.

En el presente caso, para facilitar la selección, se divide el sistema eléctrico de la industria en sistema de iluminación y tomacorrientes y sistema de fuerza y control. Para cumplir con las exigencias de aceptación de cada producto, se toma como guía las regulaciones y consideraciones señaladas en el capítulo IV.

#### 5.3.1. SISTEMA DE ILUMINACION Y TOMACORRIENTES

##### SISTEMA DE ILUMINACION

Para determinar el tipo y número de luminarias en las diferentes áreas, se sigue el siguiente procedimiento.

a. Niveles de iluminación.- Los niveles de iluminación recomendados en cada área son:

Area de Proceso	150 LUX
-----------------	---------

Laboratorio	250 LUX
Bodega de Materia Prima	50 LUX
Cuarto de Máquinas	150 LUX
Tanque de Almacenamiento de Solventes	50 LUX
Areas Exteriores	50 LUX

b. Elección del tipo de lámpara.- Como norma general, los tipos de lámparas se eligen, para cada área, según las siguientes consideraciones:

-Lámpara de vapor de mercurio directa o semidirecta.- En áreas interiores con niveles de iluminación de 150 lux o más y altura de montaje sobre los 7 mts. Además en áreas exteriores con altura de montaje sobre los 7 mts.

-Lámparas incandescentes directas o semidirectas.- En toda área, interior o exte - rior, de altura normal.

-Lámparas fluorescentes directas o semidirectas.- En áreas con niveles de ilumina - ción hasta los 150 lux y de altura de mon - taje hasta los 7 mts.

De esta manera, el tipo de lámparas elegi - do para la iluminación de las diferentes -

Áreas es:

Area de Proceso

Iluminación general      Lámparas de vapor de mercurio - directa.

Iluminación bajo plataforma metálica      Lámparas incandescentes semidirectas.

Iluminación de áreas exteriores adyacentes (sectores sur y oeste)      Lámparas de vapor de mercurio directas.

Laboratorio

Iluminación general      Lámparas incandescentes semidirectas.

Boveda de Materia Prima

Iluminación general      Lámparas fluorescentes semidirectas.

Cuarto de Máquinas

Iluminación general      Lámparas fluorescentes semidirectas.

Tanques de Almacenamiento de Solventes

Iluminación general      Lámparas fluorescentes semidirectas.

c. Número de Luminarias y su Potencia.- En el cálculo del número de luminarias y su potencia, se utiliza las curvas característi

cas, Lux vs Vatio por  $m^2$ , de cada tipo de lámpara (ver fig. 5-16) y el área total a iluminar. Los resultados obtenidos son:

-Area de Proceso

Iluminación General

Vatios/ $m^2$ , lámpara de vapor

de mercurio directa 10vatios/ $m^2$

Area total a iluminar 288  $m^2$

Número de lámparas 16 de 175vatios

Iluminación bajo Plataforma Metálica

Vatios/ $m^2$ , lámpara incandes

cente semidirecta 17,5vatios/ $m^2$

Area total a iluminar 70  $m^2$

Número de lámparas 8 de 150vatios

Iluminación de Areas Exteriores Adyacentes.

Sector Sur

Vatios/ $m^2$ , lámpara de vapor

de mercurio directa 5vatios/ $m^2$

Area total a iluminar 40  $m^2$

Número de lámparas 2 de 100vatios

Sector Oeste

Vatios/ $m^2$ , lámpara de vapor

de mercurio directa 5vatios/ $m^2$

Area total a iluminar 60  $m^2$

Número de lámparas 2 de 175vatios

-Laboratorio

Iluminación general

Vatios/m<sup>2</sup>, lámpara incan

descente semidirecta 28vatios/m<sup>2</sup>

Area total a iluminar 24 m<sup>2</sup>

Número de lámparas 4 de 150vatios

-Bodega de Materias Primas

Iluminación general

Vatios/m<sup>2</sup>, Lámpara fluores

cente semidirecta 3.5vatios/m<sup>2</sup>

Area total a iluminar 340 m<sup>2</sup>

Número de lámparas 15 de 2x40vatios

-Cuarto de Máquinas

Iluminación general

Vatios/m<sup>2</sup>, lámpara fluores

cente semidirecta 7vatios/m<sup>2</sup>

Area total a iluminar 60 m<sup>2</sup>

Número de lámparas 3 de 4x40vatios

-Tanque de Almacenamiento de Solventes

Iluminación general

Vatios/m<sup>2</sup>, lámpara fluores

cente semidirecta 3,5vatios/m<sup>2</sup>

Area total a iluminar 216 m<sup>2</sup>

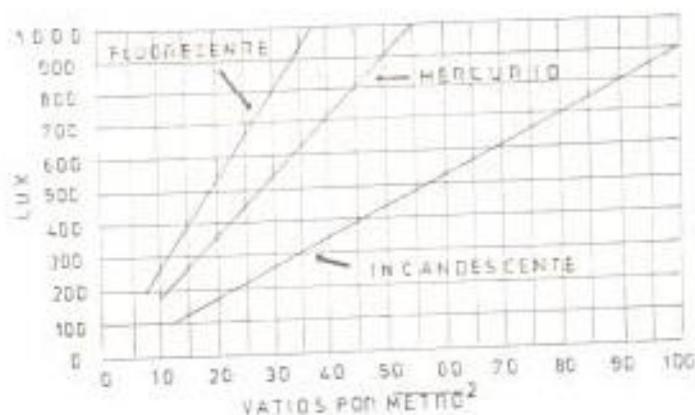


FIG. 5-16. CARACTERÍSTICA DE LAS LÁMPARAS.

A continuación se detallan, para las áreas clasificadas como peligrosas, las luminarias y sus accesorios de instalación y funcionamiento de acuerdo a las regulaciones exigidas para la clase, división y grupo. Se utiliza para esta selección el catálogo Appleton de productos eléctricos.

AREAS CLASE 1, DIVISION 1, GRUPO D

#### LUMINARIAS

Incandescentes, serie A-51, 150-300 vatios, marca Appleton o similares, como se mues -

tra en la fig. 5.17. Sus características más importantes son: aprobadas por un laboratorio de pruebas reconocido (U.L.), son a prueba de explosión, selladas de fábrica, aprobadas para áreas Clase I, Grupos C y D. Tienen rejilla metálica protectora y son para instalarse en cielo raso.

Estas lámparas son seleccionadas para instalarse en el laboratorio y en la planta baja de la pataforma metálica (área de proceso).

#### INTERRUPTORES

Tipo EDS, 20 amp., 120-277 voltios, marca Appleton o similares, como se muestra en las figs. 5.23 y 5.24. Sus características más importantes son: aprobadas para instalarse en áreas Clase I, División 1 y 2, Grupos B, C y D. Son a prueba de explosión y sellados de fábrica.

Los accesorios de instalación más apropiados para usarse en el sistema de iluminación en áreas Clase I, División 1, Grupo D, son:

Uniones Erickson.- Tipo UNF, marca Apple-

ton o similares, como se muestra en la fig. 5.28.

Codos.- Tipo ELF90, marca Appleton o similares, como se muestra en la fib. 5.29.

Sellos.- Tipo EYF, marca Appleton o similares, como se muestra en la fig. 5.30.

Material Sellante.- Apelco, marca Appleton o similar, como se muestra en la fig. 5.31.

Cajas de Derivación.- Tipos GR y ER, marca Appleton o similares, como se muestra en las figs. 5.34 y 5.35.

La tubería deberá ser rígida aprobada para usos eléctricos.

AREAS CLASE I, DIVISION 2, GRUPO D

#### LUMINARIAS

In candescentes, serie Stylmaster, 60-200 vatios, marca Appleton o similares, como se muestra en la fig. 5.21. Sus características más importantes son: aprobadas para Clase I, División 2, Grupos A, B, C, D. Su temperatura de operación es de 195°C, muy inferior al 80% de la temperatura de -

ignición de las sustancias peligrosas -xilino 424°C, acetato de vinilo 341°C, butano 324°C y benceno 448°C-. Tienen rejilla protectora y son para instalarse en cielo raso.

Estas lámparas son apropiadas para las áreas de acceso al área de proceso.

Lámparas de vapor de mercurio, serie Mercmaster 100 vatios y 175 vatios, con reflector tipo estandar, marca Appleton o similares, como se muestra en las figs. 5.19 y 5.20. Sus características más importantes son: aprobadas para áreas Clase I, División 2, Grupos A, B, C, D. Las temperaturas de operación son de 231°C-260°C y 281°C-300°C para las lámparas de 100 vatios y 175 vatios respectivamente, lo cual cumple con la regulación de no rebasar el 80% de la temperatura de ignición de las sustancias peligrosas -xilino 424°C, acetato de vinilo 341 °C, butano 324°C y benceno 448°C-.

Todas estas lámparas de vapor de mercurio, son apropiadas para instalarse en la iluminación general del área de proceso y áreas

exteriores adyacentes al área de proceso.

Lámparas fluorescentes, serie VRS, 2x40 vatios, 120 voltios, marca Appleton o similares, como se muestra en la fig. 5.22. Sus características más importantes son: aprobadas para áreas Clase I, División 2, Grupos A, B, C, D. Su temperatura máxima de operación no pasa los 120°C, por lo tanto, es muy inferior al 80% de la temperatura de ignición del acetato de vinilo (341°C) y del xilino (424°C).

Estas luminarias son apropiadas para instalarse en el área de los solventes.

#### INTERRUPTORES

Tipo EDS, 20 Amp, 120-277V, marca Appleton o similares, como se muestra en las figs. 5.23 y 5.24. Sus características más importantes son: aprobados para áreas Clase I, División 1 y 2, Grupos B, C y D. Son a prueba de explosión y sellados de fábrica.

Los accesorios de instalación más apropiados para el sistema de iluminación en áreas Clase I, División 2, Grupo D, son:

Sellos.- Tipo EYF, marca Appleton o similares, como se muestra en la fig. 5.30.

Material Sellante.- Apelco, marca Appleton o similar, como se muestra en la fig. 5.31.

El resto de accesorios no necesitan ser a prueba de explosión.

La tubería debe ser rígida aprobada para usos eléctricos.

#### SISTEMA DE TOMACORRIENTES

Se requiere de la selección de tomacorrientes aprobados para áreas clasificadas como peligrosas, en el área de proceso y en el laboratorio. Estas áreas están clasificadas como Clase I, División 1, Grupo D.

Los tomacorrientes que mejor cumplen con las regulaciones exigidas para esta clasificación son los de la línea U, 20 Amp, marca Appleton o similares, como se muestra en la fig. 5.25. Las características más importantes de estos tomacorrientes son: aprobados para áreas Clase I, Grupos C y D. Son a prueba de explosión y sellados de fábrica.

Los accesorios de instalación, en este sistema de tomacorrientes, son idénticos a los seleccionados para la instalación del sistema de alumbrado en áreas Clase I, División 1, Grupo D.

Los circuitos de alumbrado y tomacorrientes con sus características y detalles de instalación se indican en los planos # 1, # 3 y # 4.

#### 5.3.2. SISTEMA DE FUERZA Y CONTROL

Según se sugiere en la sección 4-4, para reducir el costo de la instalación y minimizar la condición de peligro, todos los equipos y elementos de control y distribución de energía eléctrica -tablero general, switch de transferencia, centro de control de motores, paneles de disyuntores-, excepto las botoneras, están instalados en un local (cuarto eléctrico) clasificado como no peligroso. Consecuentemente todos estos equipos son de las características requeridas para instalaciones eléctricas en locales ordinarios.

Los equipos eléctricos de fuerza y sus accesorios de instalación y funcionamiento, en las

áreas clasificadas como peligrosas, se seleccionan, según la clase, división y grupo, de la siguiente manera:

AREAS CLASE I, DIVISION I, GRUPO D

#### MOTORES ELECTRICOS

No corresponde en el presente estudio, hacer la selección de los motores eléctricos con respecto a su potencia y tipo, solamente, se indican las características de construcción y operación que éstos deben tener para permitir su instalación en áreas Clase I, División 1, Grupo D. Estas características son:

- Ser a prueba de explosión, aprobados para funcionar en áreas Clase I, División 1, Grupo D o Grupos C y D.
- El rango de la temperatura de operación debe estar entre T2 y T6 (ver tabla IV-1).

#### BOTONERAS

Tipo EFD, marca Appleton o similares, como se muestra en las figs. 5.26 y 5.27. Sus características más importantes son: aprobadas para instalarse en áreas Clase I, División 1 y 2, Grupos C y D. Son a prueba de explosión y selladas de fábrica.

#### INTERRUPTORES

Tipo EDS, 20 amp, 120-277 voltios, marca Appleton o similares, como se muestra en la fig. 5.23. Sus características más importantes son: aprobados para áreas Clase I, División 1 y 2, Grupos B, C y D. Son a prueba de explosión y sellados de fábrica.

Los accesorios de instalación más apropiados para los sistemas de fuerza y control en áreas Clase I, División 1, Grupo D, son:

Uniones Erickson.- Tipo UNF, marca Appleton o similares, como se muestra en la fig. 5.28.

Coños.- Tipo ELF90, marca Appleton o similares, como se muestra en la fig. 5.29.

Sellos.- Tipo EYF, marca Appleton o similares, como se muestra en la fig. 5.30.

Material Sellante.- Apelco, marca Appleton o similar, como se muestra en la fig. 5.31.

Cajas de Derivación.- Tipos GR, ER, y GUB, marca Appleton o similares, como se muestra en las figs. 5.33, 5.34 y 5.35.

Funda Flexible.- Tipo EXGJH, marca Appleton o similar, como se muestra en la fig. 5.32.

La tubería debe ser rígida aprobada para usos eléc -

tricos.

AREAS CLASE I, DIVISION 2, GRUPO D

#### MOTORES ELECTRICOS

En esta clasificación, los motores eléctricos deben cumplir con las siguientes características:

- Aprobados para funcionar en áreas Clase I, División 2, Grupo D o Grupos C y D. No necesitan ser a prueba de explosión, excepto los que tengan escobillas o sistemas internos de desconexión o protección.
- El rango de la temperatura de operación debe estar entre T2 y T6 (ver tabla IV-1).

#### BOTONERAS

Tipo EPD, marca Appleton o similares, como se muestra en la fig. 5.26. Sus características más importantes son: aprobadas para instalarse en áreas Clase I, División 1 y 2, Grupos C y D. Son a prueba de explosión y selladas de fábrica.

Sellos.- Tipo EYF, marca Appleton o similares, como se muestra en la fig. 5.30.

Material Sellante.- Apelco, marca Appleton o similar, como se muestra en la fig. 5.31.

La tubería debe ser rígida aprobada para usos eléc-

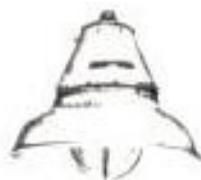


FIG. 5-17 LAMPARA INCANDESCENTE, CLASE I, DIV 1, GRUPOS C y D

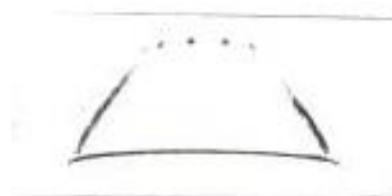


FIG. 5-18 REFLECTOR ESTANDAR



FIG. 5-19 LAMPARA DE VAPOR DE MERCURIO, CLASE I, DIV 2, GRUPO A, B, C y D.



FIG. 5-20 LAMPARA DE VAPOR DE MERCURIO, CLASE I, DIV 2, GRUPOS A, B, C y D



FIG. 5-21 LAMPARA INCANDESCENTE - CLASE I, DIV 2, GRUPOS A, B, C y D



FIG. 5-22 LAMPARA FLUORESCENTE, CLASE I, DIV 2, GRUPOS A, B, C y D



FIG. 5-23. INTERRUPTOR CLASE I, DIV. 1, GRUPOS C y D.



FIG. 5-24. INTERRUPTOR DOBLE, CLASE I, DIV. 1, GRUPOS C y D.



FIG. 5-25. TOMACORRIENTE CLASE I, DIV. 1, GRUPOS C y D.



FIG. 5-26. BOTO NERA MARCHA-PARADA, CLASE I, DIV. 1, GRUPOS C y D.



FIG. 5-27. BOTONERA MARCHA-PARADA, CLASE I, DIV. 1, GRUPOS C y D.



FIG. 5-28. UNION ERICKSON CLASE I, DIV. 1, GRUPOS A, B, C y D.



FIG. 5-29. CODORRIGIDO CLASE I, DIV. 1, GRUPOS A, B, C y D.

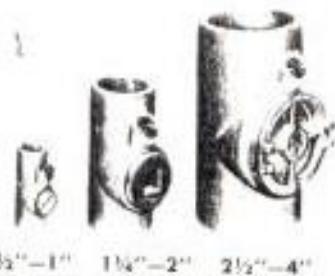


FIG. 5-30. SELLOS TIPO EYM CLASE I, DIV. 1, GRUPOS A, B, C y D.



FIG. 5-31 MATERIAL AL SELLANTE.



EXGJH

FIG. 5-32 FUNDA FLEXIBLE CLASE I, DIVISION 1, GRUPOS A, B, C y D.



FIG. 5-33 CAJA TIPO GUB, CLASE I, DIVISION 1, GRUPOS C y D.

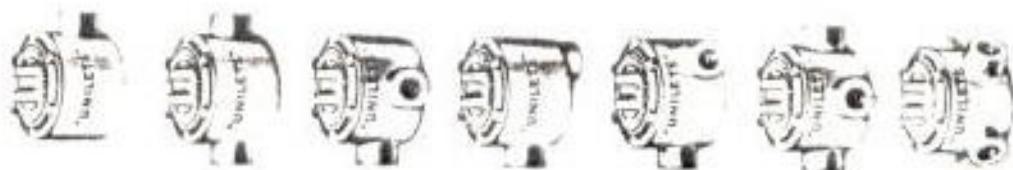


FIG. 5-34 CAJAS TIPO GR, CLASE I, DIVISION 1, GRUPOS C y D.

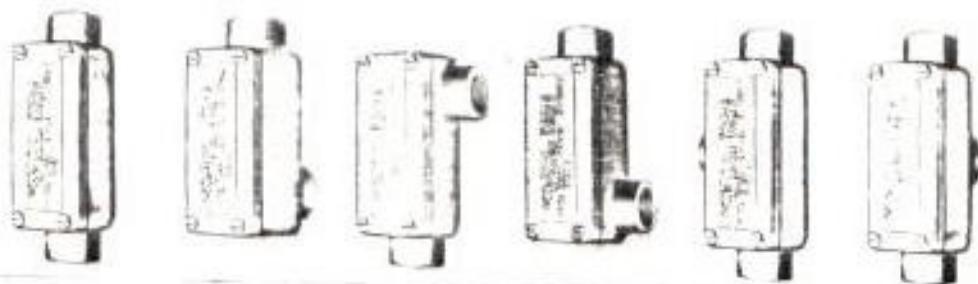


FIG. 5-35 CAJAS TIPO ER, CLASE I, DIVISION 1, GRUPO D.

tricos. El resto de accesorios no necesitan ser a -  
prueba de explosión.

Los circuitos de fuerza y control con sus caracterís -  
ticas y detalles de instalación se indican en los -  
planos # 2, # 3 y # 4.

#### 5.4. RECOMENDACIONES DE MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD ELECTRI - CA.

La mayoría de los incendios y explosiones ocurren -  
por la falla de circuitos o equipos eléctricos. Con  
frecuencia, la finalidad y seguridad, de los acceso -  
rios y aparatos a prueba de explosión, se pierde com -  
pletamente debido a fallas en su instalación y a la  
falta de un apropiado programa de mantenimiento.

El peligro eléctrico puede reducirse significativa -  
mente siguiendo elementales recomendaciones de mante -  
nimiento y seguridad.

##### 5.4.1. RECOMENDACIONES GENERALES

A pesar que el cuarto eléctrico está fuera -  
del área de peligro, se prevee la instalación  
de un ventilador para mantener una constante  
presión positiva que efectivamente anule la -  
presencia de alguna sustancia inflamable.

Los extractores de aire instalados en el área

de proceso y laboratorio, se alimentan independientemente con circuitos del sistema de emergencia.

En áreas clasificadas como Clase I, División 1, se instalan botoneras de emergencia para cortar toda la energía eléctrica en caso que se presente alguna situación peligrosa.

#### 5.4.2. PRECAUSIONES DE SEGURIDAD ELECTRICA

Los equipos y accesorios eléctricos deben limpiarse o repararse solamente después de desenergizar los circuitos eléctricos de alimentación. Todo equipo y accesorio debe ser cuidadosamente reenzablado antes de reenergizar los circuitos eléctricos.

Las tapas de todo tipo de cajas a prueba de explosión, deben manipularse con cuidado, no se deben colocar en lugares o superficies que puedan dañar las roscas y partes que forman la superficie de contacto entre caja y tapa. Al almacenar las cajas, hay que asegurarse que las tapas correspondan con su respectiva caja.

Para asegurarse que todos los sellos tienen instalado la mezcla sellante, se debe identi-

ficar cada sello con una marca o cinta adhesiva, la misma que no se remueve hasta después de la inspección final.

Las cajas de derivación deben limpiarse y lubricarse periódicamente. Los materiales extraños acumulados en la superficie de contacto entre caja y tapa impiden el cierre firme y puede permitir que arcos, chispas o llamas se propaguen a través de ellos. Además se debe comprobar su cierre efectivo ante probables aflojamientos por causas de la vibración.

Las instalaciones y equipo debe inspeccionarse periódicamente sobre posible deterioro y porosidad, pues esto debilita estructuralmente el accesorio y compromete la seguridad.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las conclusiones que se pueden sacar después de investigar y analizar los problemas asociados al diseño y construcción eléctrica en áreas peligrosas, se las puede resumir en los siguientes puntos:

1. El método propuesto es práctico y útil, permite una clasificación rápida y segura de las áreas peligrosas.
2. La única clasificación que requiere completamente de instalaciones y equipos eléctricos a prueba de explosión es la clase I, división 1.
3. En áreas clase I, división 2, son pocos los equipos y accesorios que requieren ser a prueba de explosión.

De las conclusiones obtenidas se recomienda que al realizar este tipo de trabajos se observe lo siguiente:

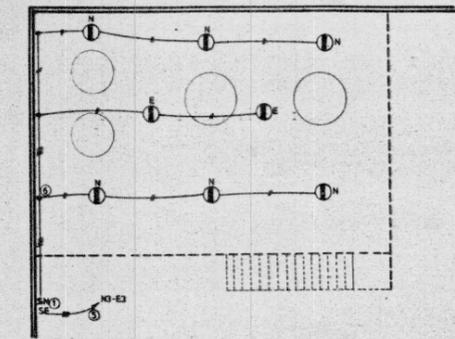
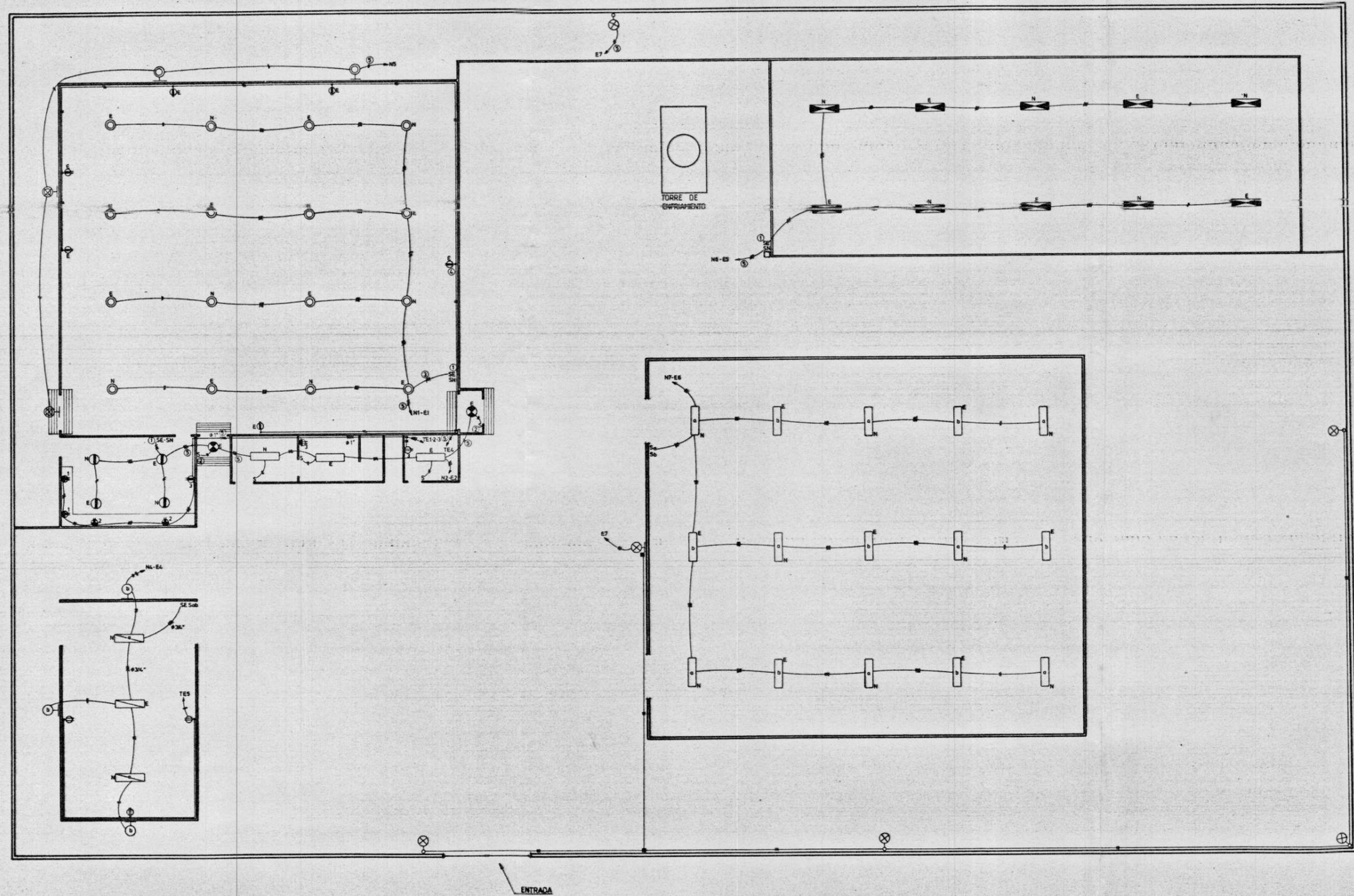
1. Recopilar información de todas las sustancias utilizadas, y las que podrían desprenderse o formarse como resultado del proceso.

...

2. Averiguar detalladamente el tipo de construcción de cada edificio, dando especial atención a la ventilación.
3. Los equipos que producen calor deben elegirse siguiendo estrictamente las regulaciones sobre temperatura.
4. Nunca asumir que un equipo o accesorio es adecuado para cualquier clasificación. Todo equipo o accesorio debe ser apropiado y probado para cada clasificación.

## B I B L I O G R A F I A

1. APPLETON, CATALOGO DE PRODUCTOS ELECTRICOS, CHICAGO 1980
2. CELSI - IACOBUCCI, QUIMICA ORGANICA ELEMENTAL, EDITORIAL KAPELUSE, BUENOS AIRES, 1964
3. CROUSE HINDS - CODE DIGEST, GENERAL INFORMATION #16 JANUARY, 1972
4. ELECTRICAL CONSTRUCTION AND MAINTENANCE, ELECTRICAL SYSTEMS IN HAZARDOUS LOCATION, MCGRAW - HILL NOVIEMBRE 1975
5. ELECTRICAL CONSTRUCTION AND MAINTENANCE, EQUIPMENT-USED IN HAZARDOUS LOCATIONS, MCGRAW - HILL, JANUARY 1979
6. ELECTRICAL CONSTRUCTION AND MAINTENANCE, WIRING IN HAZARDOUS LOCATIONS, MCGRAW - HILL, JANUARY 1978
7. IEE TRANSACTIONS ON INDUSTRY, APPROACHES OTHER THAN EXPLOSION PROOFING ON ELECTRICAL SAFETY, JAN/FEB. - 1975, VOLUME IA-1
8. NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION, NATIONAL ELECTRIC CODE, BOSTON, 1981
9. NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION, FLAMMABLE AND COMBUSTIBLE LIQUIDS CODE, BOSTON.



AREA BAJO PLATAFORMA METALICA

NOTAS

- ① INTERRUPTOR DOBLE A PRUEBA DE EXPLOSION
- ② INTERRUPTOR SENCILLO A PRUEBA DE EXPLOSION
- ③ VER DETALLE N° 1
- ④ VER DETALLE N° 2
- ⑤ TODA TUBERIA QUE CRUCE DE UN AREA DIVISION 1 A OTRA DIVISION 2 O VICEVERSA Y DE UNA AREA PELIGROSA A OTRA NO PELIGROSA REQUIERE SELLO. VER DETALLE N° 1 - N° 3
- ⑥ VER DETALLE N° 4.

SIMBOLOGIA

- Ⓛ LUMINARIA INCANDESCENTE A PRUEBA DE EXPLOSION 150 VATIOS.
- Ⓢ LUMINARIA INCANDESCENTE HERMETICA AL VAPOR 60 VATIOS.
- Ⓜ LUMINARIA VAPOR DE MERCURIO HERMETICA AL VAPOR 175 VATIOS.
- Ⓜ LUMINARIA VAPOR DE MERCURIO HERMETICA AL VAPOR 175 VATIOS. DE MONTAJE EN PARED.
- Ⓜ LUMINARIA VAPOR DE MERCURIO HERMETICA AL VAPOR 100 VATIOS. DE MONTAJE EN PARED.
- Ⓜ LUMINARIA VAPOR DE MERCURIO 400 VATIOS-240 V. DE MONTAJE EN POSTE.
- Ⓜ LUMINARIA FLUORESCENTE HERMETICA AL VAPOR 2 x 40 VATIOS.
- Ⓜ LUMINARIA FLUORESCENTE 2 x 40 VATIOS. TIPO INDUSTRIAL.
- Ⓜ LUMINARIA FLUORESCENTE 4 x 40 VATIOS. TIPO INDUSTRIAL.
- Ⓜ PUNTO DE LUZ DE PARED.
- Ⓢ INTERRUPTOR SENCILLO.
- Ⓢ INTERRUPTOR DOBLE.
- Ⓢ TOMACORRIENTE DOBLE A PRUEBA DE EXPLOSION.
- Ⓢ TOMACORRIENTE DOBLE TIPO MESON A PRUEBA DE EXPLOSION.
- Ⓢ TOMACORRIENTE DOBLE 15 AMP. 120 V.
- Ⓢ TOMACORRIENTE DOBLE TIPO MESON 15 AMP. 120 V.
- Ⓢ POSTE DE HORMIGON DE 9 MTS.
- TUBERIA RIGIDA SOBREPUESTA.
- TUBERIA RIGIDA EMPOTRADA.

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL  
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA

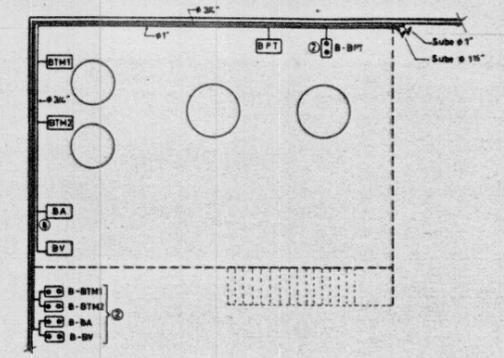
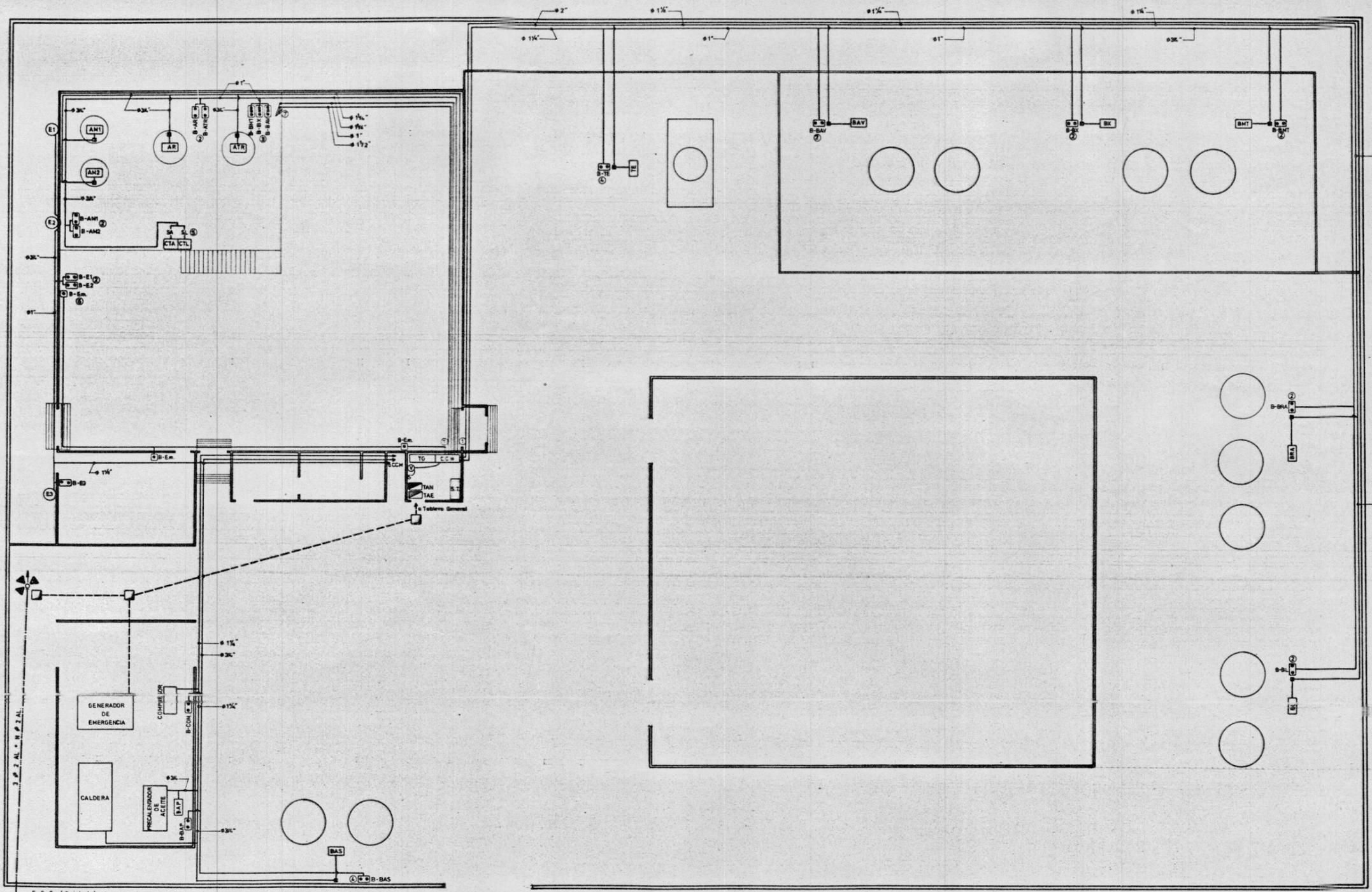
APLICACION PRACTICA DE TESIS DE GRADO  
 SOBRE DISEÑOS ELECTRICOS A PRUEBA  
 DE EXPLOSION

CONTIENE:  
 SISTEMA DE ALUMBRADO Y TOMACORRIENTES

AUTOR: ARTURO AGUILERA DIAZ

1982  
 ESCALA 1:100

1



AREA BAJO PLATAFORMA METALICA

**NOTAS**

- ① TODA TUBERIA QUE CRUCE DE UNA AREA DIVISION 1 A OTRA AREA DIVISION 2 O VICEVERSA Y DE UNA AREA PELIGROSA A OTRA NO PELIGROSA, REQUIERE DE SELLO. VER DETALLES Nº 1 - Nº 3.
- ② BOTONERA MARCHA-PARADA A PRUEBA DE EXPLOSION.
- ③ BOTONERA MARCHA-PARADA-LUZ PILOTO-A PRUEBA DE EXPLOSION.
- ④ BOTONERA MARCHA-PARADA-TIPO INTERPERIE.
- ⑤ INTERRUPTOR SENCILLO A PRUEBA DE EXPLOSION.
- ⑥ BOTONERA DE EMERGENCIA A PRUEBA DE EXPLOSION.
- ⑦ VER DIAGRAMA DEL SISTEMA DE FUERZA Y CONTROL BAJO PLATAFORMA METALICA.
- ⑧ VER DETALLE Nº 5

**SIMBOLOGIA**

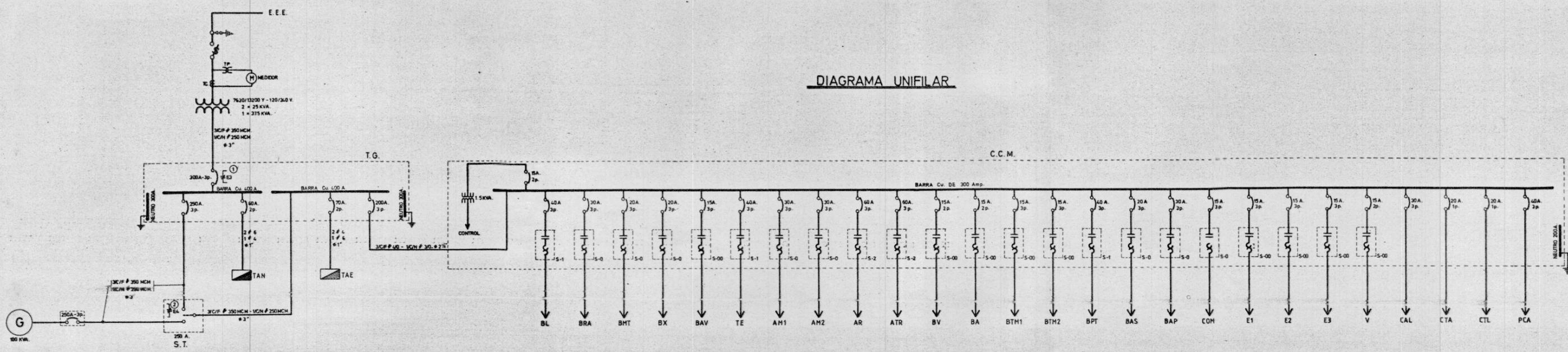
- Em □ BOTONERA DE EMERGENCIA.
- B-ARC □ BOTONERA MARCHA - PARADA (ASITADOR - REACTOR).
- B-ARC-P □ BOTONERA MARCHA-PARADA-LUZ PILOTO.
- SA □ INTERRUPTOR SENCILLO.
- AR □ MOTOR ELECTRICO (AGITADOR - REACTOR.)
- E1 □ EXTRACTOR DE AIRE (NUMERO 1)
- V □ VENTILADOR
- CTA/CTL □ CONTROL DE TEMPERATURA (ALQUIDICAS-LATEX).
- ST □ SWITCH DE TRANSFERENCIA.
- T.G. □ TABLERO GENERAL.
- CCM □ CENTRO DE CONTROL DE MOTORES.
- PANEL DE DISYUNTORES ALUMBRADO-EMERGENCIA.
- CAJA DE REGISTRO DE HORMIGON.
- TUBERIA RIGIDA SOBREPUESTA.
- ▲ TRANSFORMADOR
- POSTE DE HORMIGON DE 1100 M.
- ⊙ MEDIDOR.
- TENSOR TIERRA.
- TENSOR FAROL
- - - TUBERIA RIGIDA EMPOTRADA

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA

APLICACION PRACTICA DE TESIS DE GRADO  
SOBRE DISEÑOS ELECTRICOS A PRUEBA  
DE EXPLOSION

CONTIENE:  
SISTEMA DE FUERZA Y CONTROL

DIAGRAMA UNIFILAR



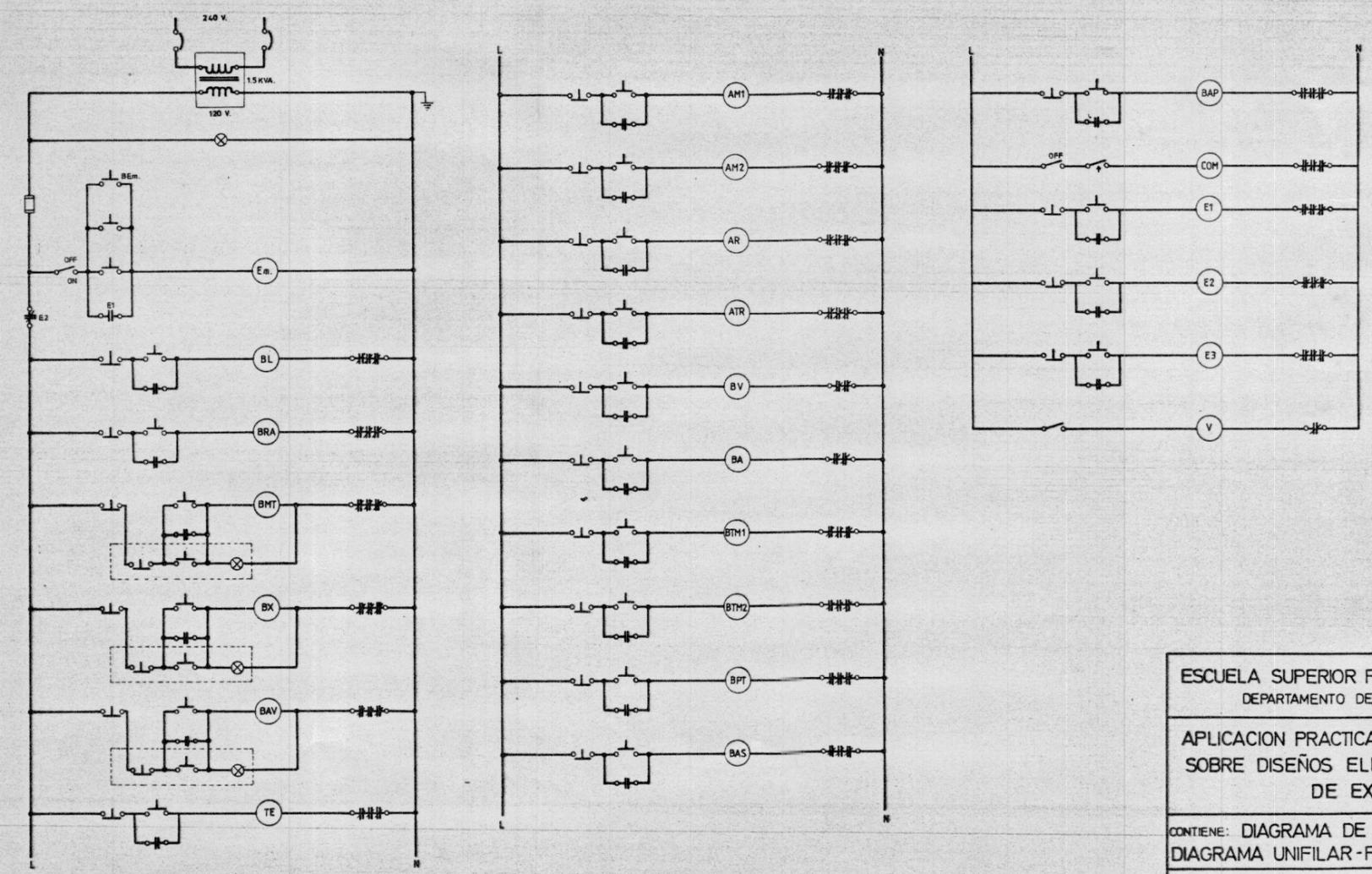
NOTAS

- 1 CONTACTO N.C. DE RELE AUXILIAR PARA PARADA DE EMERGENCIA. DISPARA BREAKER PRINCIPAL.
- 2 CONTACTO N.C. DE RELE AUXILIAR PARA PARADA DE EMERGENCIA. EN SERIE CON CIRCUITO DE ARRANQUE AUTOMATICO DE GENERADOR

PLANILLA DE MOTORES

DESCRIPCION	POTENCIA	FASES	VOLTIOS	CONDUTOR	
AM1	AGITADOR MONOMERO N° 1	5 HP.	3	220	10
AM2	AGITADOR MONOMERO N° 2	5 HP.	3	220	10
AR	AGITADOR REACTOR	10 HP.	3	220	8
ATR	AGITADOR TANQUE REDUCCION	10 HP.	3	220	8
CTA	CONTROL TEMPERATURA ALQUIDICAS	1KW.	1	110	12
CTL	CONTROL TEMPERATURA LATEX	1KW.	1	110	12
TE	TORRE DE ENFRIAMIENTO	7.5HP	3	220	10
BAV	BOMBA ACETATO VINILO	1.5HP	3	220	12
BX	BOMBA XILINO	3HP	3	220	12
BMT	BOMBA MINERAL TURPENT	3HP	3	220	12
BRA	BOMBA RESINAS ALQUIDICAS	5HP.	3	220	10
BL	BOMBA LATEX	7.5HP	3	220	8
BAS	BOMBA ACEITE DE SOYA	3HP.	3	220	12
BAP	BOMBA ACEITE PRECALENTADO	5HP.	3	220	10
COM	COMPRESOR	1.5HP	3	220	12
PCA	PRECALENTADOR DE ACEITE	10KW.	3	220	8
CAL	CALDERO	5HP	3	220	10
BV	BOMBA DE VACIO	0.5HP	1	220	12
BA	BOMBA DE AGUA	1HP.	1	220	12
BTM1	BOMBA TANQUE MONOMERO N°1	1.5HP	3	220	12
BTM2	BOMBA TANQUE MONOMERO N° 2	1.5HP	3	220	12
BPT	BOMBA PRODUCTO TERMINADO	7.5HP.	3	220	8
E1	EXTRACTOR DE AIRE N° 1	1HP.	3	220	12
E2	EXTRACTOR DE AIRE N° 2	1HP.	3	220	12
E3	EXTRACTOR DE AIRE N° 3	0.75HP	3	220	12
V	VENTILADOR	0.75HP.	1	220	12

DIAGRAMA DE CONTROL DE MOTORES



ESCUOLA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA

APLICACION PRACTICA DE TESIS DE GRADO  
SOBRE DISEÑOS ELECTRICOS A PRUEBA  
DE EXPLOSION

CONTIENE: DIAGRAMA DE CONTROL DE MOTORES -  
DIAGRAMA UNIFILAR-PLANILLA DE MOTORES

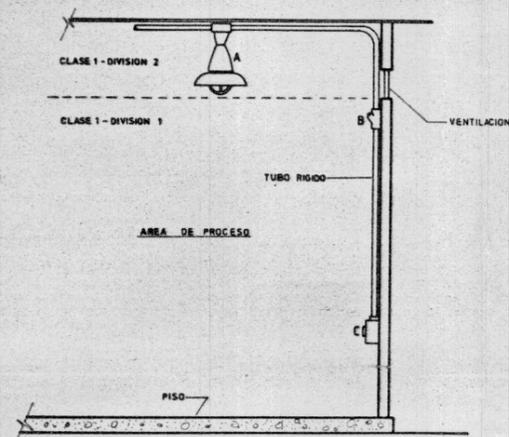
AUTOR: ARTURO AGUILERA DIAZ

1.982

3

PLANILLA DE PANELES-CIRCUITOS Y DISYUNTORES

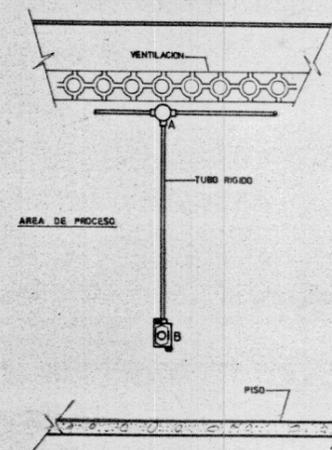
PANEL	CIRCUITO				DISYUNTOR		DESCRIPCION
	NOM.	COND.	FASE	VOLT.	AMP	POLOS	
TAN 120/240 VOLT. 125 AMP 12 PUNTOS.	N1	10	A	120	30	1	AL. GENERAL-AREA DE PROCESO
	N2	12	B		20		AL. LABORATORIO - VESTIDORES
	N3		A				AL. BAJO PLATAFORMA METALICA (PROCESO)
	N4		B				AL. CUARTO DE MAQUINA
	N5		A				AL. EXTERIOR AREA DE PROCESO
	N6		B				AL. ALMACENAMIENTO DE SOLVENTES
	N7		A				AL. BODEGA MATERIA PRIMAS
TAE 120/240 VOLT. 125 AMP 16 PUNTOS	E1	10	A	120	30	1	AL. GENERAL-AREA DE PROCESO
	E2	12	B		20		AL. LABORATORIO Y S.S.H.H.
	E3		A				AL. BAJO PLATAFORMA METALICA (PROCESO)
	E4		B				AL. CUARTO DE MAQUINA
	E5		A				AL. ALMACENAMIENTO DE SOLVENTES
	E6		B				AL. BODEGA MATERIAS PRIMAS
	E7	10	AB	240	30	2	AL. EXTERIOR GENERAL
	TE1	12	B	120	20	1	TC. LABORATORIO
	TE2		A				TC. "
	TE3		B				TC. VESTIDORES
	TE4		A				TC. AREA DE PROCESO
	TE5		B				TC. CUARTO DE MAQUINAS



DETALLE N° 1

INSTALACION TIPICA DE SELLOS EN LIMITES DE AREAS PELIGROSAS.

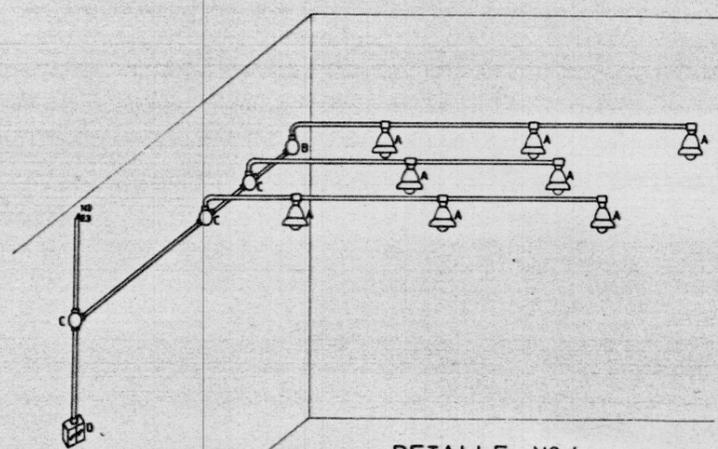
- A-- LAMPARA VAPOR DE MERCURIO. HERMETICA AL VAPOR.
- B-- SELLO TIP EYF.
- C-- INTERRUPTOR A PRUEBA DE EXPLOSION. SELLADOS DE FABRICA.



DETALLE N° 2

INSTALACION TIPICA DE TOMACORRIENTES EN AREAS PELIGROSAS.

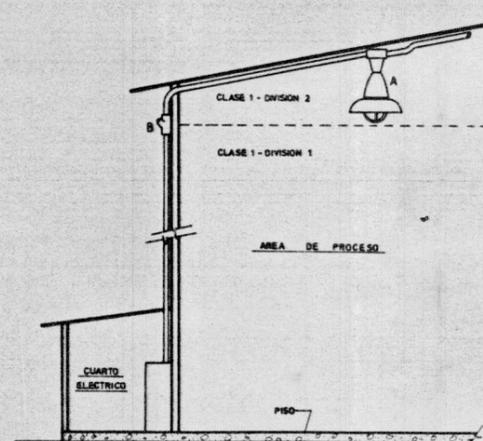
- A-- CAJA GRT-A PRUEBA DE EXPLOSION.
- B-- TOMACORRIENTE A PRUEBA DE EXPLOSION. SELLADO DE FABRICA.



DETALLE N° 4

INSTALACION TIPICA DE ILUMINACION EN AREAS PELIGROSAS.

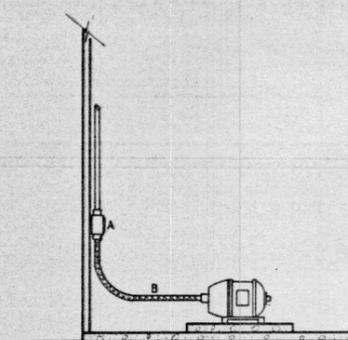
- A-- LAMPARA INCANDESCENTE A PRUEBA DE EXPLOSION. CON REJILLA PROTECTORA.
- B-- CAJA GRT - A PRUEBA DE EXPLOSION.
- C-- CAJA GRT - A PRUEBA DE EXPLOSION.
- D-- INTERRUPTOR DOBLE A PRUEBA DE EXPLOSION. SELLADA DE FABRICA.



DETALLE N° 3

INSTALACION TIPICA DE SELLOS EN LIMITES DE AREAS PELIGROSAS Y NO PELIGROSAS.

- A-- LAMPARA VAPOR DE MERCURIO HERMETICA AL VAPOR.
- B-- SELLO TIPO EYF.



DETALLE N° 5

INSTALACION TIPICA DE MOTORES EN AREAS PELIGROSAS.

- A-- CAJA GRT - A PRUEBA DE EXPLOSION.
- B-- FUNDA SELLADA A PRUEBA DE EXPLOSION.

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA

APLICACION PRACTICA DE TESIS DE GRADO  
SOBRE DISEÑOS ELECTRICOS A PRUEBA DE EXPLOSION

CONTIENE:  
DETALLES - PLANILLA ELECTRICA