Controle de Energia Eletrostática em Tanques de Armazenamento

Recomendações práticas para proteger operações de transporte e armazenamento de produtos de petróleo, em tanques metálicos condutivos e aterrados eletricamente, contra o risco de centelhas devido ao acúmulo de cargas eletrostáticas.

1 – Objetivo

Genericamente, a operação de enchimento ou troca de produto de um reservatório, vaso, tanque, caminhão-tanque ou vagão-tanque, sem realizar uma limpeza completa do seu interior e sem efetuar a purga dos vapores nele contidos, pode gerar inadvertidamente uma atmosfera inflamável no seu interior.

Vazões elevadas do produto, sendo descarregado no interior deste espaço cheio de vapor, podem causar níveis de cargas eletrostáticas suficientes para servir de fonte de ignição dos vapores inflamáveis presentes.

Estas situações são analisadas pela norma API Recommended practice 2003 “Protection Against Ignitions Arising Out of Static, Lightning, and Stray Currents”.

Esta norma API RP 2003 determina os procedimentos seguros contra a ignição de misturas explosivas, devido a descargas atmosféricas, eletricidade estática e correntes elétricas conduzidas por tubulações.

As instalações analisadas são estações de carregamento marítimo ou por caminhões, tanques de armazenamento de terminais e de refinarias, para as operações limpeza, purga e enchimento.

Este trabalho aborda somente as questões relacionadas aos riscos de geração e acumulação de eletricidade estática no processo de enchimento de tanques de armazenamento

É importante que os procedimentos para enchimento, lavagem, purga e troca de inventário de tanques, sejam reavaliados e atualizados com base nesse relatório, que são os requisitos corporativos para minimização dos riscos relativos à eletricidade estática.

Normas de referência

- API RECOMMENDED PRACTICE 2003 - SEVENTH EDITION, JANUARY 2008

Protection Against Ignitions Arising Out of Static, Lightning, and Stray Currents

- API STANDARD 650 TWELFTH EDITION, MARCH 2013

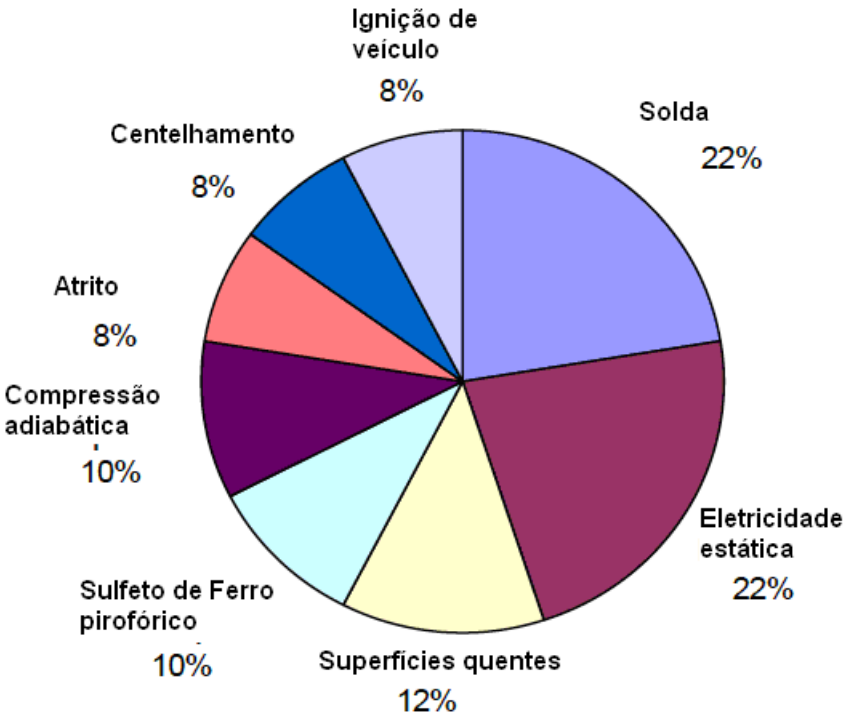
Welded Tanks for Oil Storage

- NFPA 77 - 2007 Edition

Recommended Practice on Static Electricity

2- Condições para o risco de explosão por centelhamento

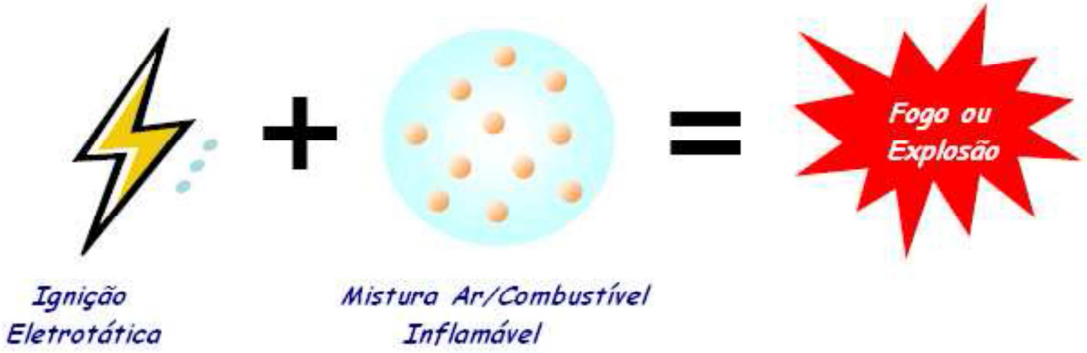
Conforme a literatura especializada as principais causas mais frequentes, relacionadas à ignição seguida de explosão de misturas (hidrocarbonetos + ar) são:



Dentre essas fontes a Eletricidade Estática é a principal contribuinte, junto com as operações de soldagem.

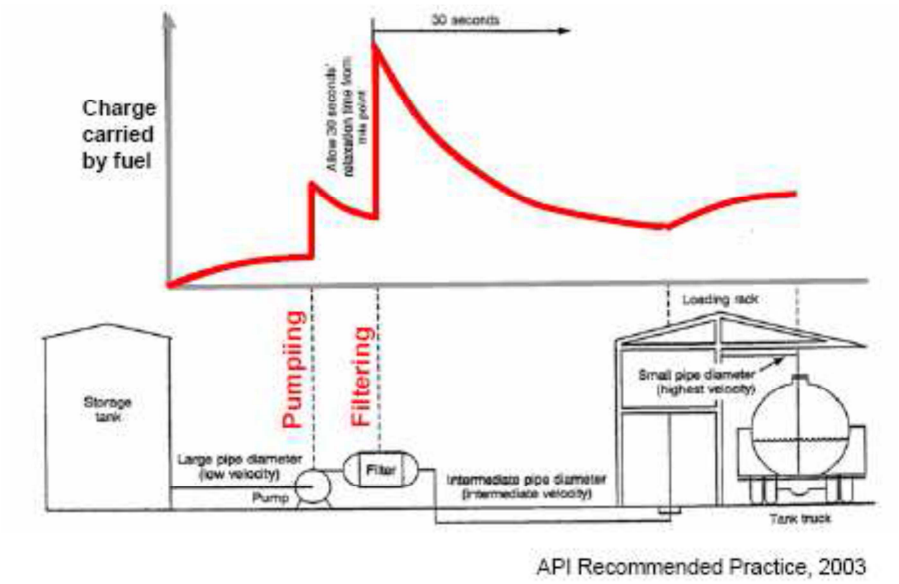
A condutividade elétrica consiste na habilidade do combustível em dissipar cargas, eventualmente geradas durante as operações de bombeio, filtração etc., e é função do teor de espécies iônicas.

O acúmulo de eletricidade estática é indesejável porque aumenta o risco de descargas elétricas durante o manuseio e distribuição do produto, o que implica em risco de incêndio



A regra básica da ignição eletrostática é a combinação de:
Geração de Carga + Acúmulo de Carga + Descarga Elétrica
A ocorrência de mistura inflamável por si só não é suficiente para que ocorra a ignição eletrostática.
É necessário também que esses três estágios preliminares ocorram.

Figura do API 2003 sobre a evolução do risco da ocorrência da descarga de energia estática, os maiores potenciais de geração da energia eletrostática é no bombeamento e na filtragem do combustível.



API Recommended Practice, 2003

2.1- Informações sobre a energia eletrostática em produtos líquidos

A condutividade elétrica consiste na habilidade do combustível em dissipar cargas eventualmente geradas durante a transferência do produto.

Caso a condutividade elétrica do produto seja suficientemente alta, as cargas são dissipadas rapidamente, evitando o seu acúmulo e minimizando o risco potencial de incêndio durante o manuseio e a distribuição do produto.

Quanto mais baixa for a condutividade elétrica menor habilidade terá o produto de dissipar as cargas elétricas e por isto maior será o risco de incêndio devido à geração da eletricidade estática.

Para aumentar a condutividade elétrica do produto há aditivos dissipadores de cargas estáticas, logo sistemas de injeção de dissipador devem ser instalados em tanques.

No caso de produtos importados, que apresentem baixa condutividade elétrica (menor que 50 pS/m) a adição deve ser feita no próprio navio, antes da transferência para o terminal.

A publicação API RP 2003 estabelece que acima de 50 pS/m, as cargas eletrostáticas dissiparão tão rápido como elas são geradas.

Para evitar a geração e acúmulo de cargas estáticas, deve ser dada atenção às práticas de manuseio e estocagem dos produtos nos tanques de terminais e refinarias e estações de carregamento.

Algumas operações podem ocasionar a geração e o acúmulo de cargas elétricas, em produtos com baixa condutividade elétrica, com risco alto de serem repentinamente liberadas.

Tais descargas eletrostáticas podem ter energia suficiente para incendiar uma mistura inflamável de vapores de hidrocarbonetos com o ar.

No interior do tanque, normalmente, o líquido está com potencial positivo e as partes metálicas com potencial negativo, se o líquido não for bom condutor elétrico, pode acontecer o centelhamento.

A possibilidade de uma descarga estática entre a superfície do líquido e o costado do tanque, suportes do teto ou outros acessórios internos, depende de:

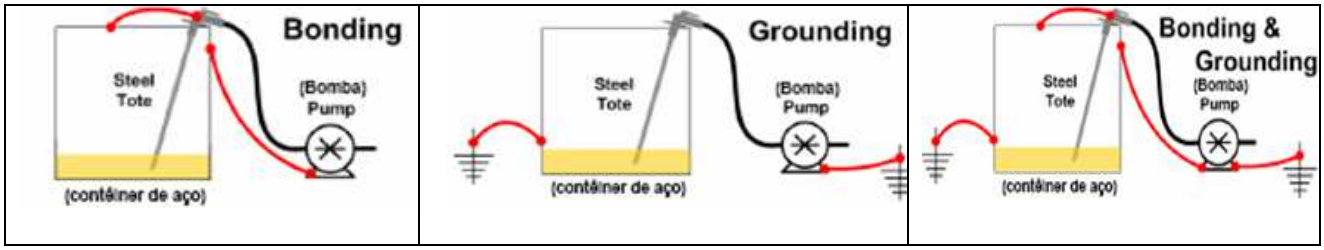
- Condutividade do líquido,
- Presença de mistura vapores do produto e ar, promovendo uma atmosfera inflamável no tanque;
- Geração de carga eletrostática no processo de enchimento ou esvaziamento ou limpeza do tanque;
- Acúmulo de carga estática gerada;
- Descarga eletrostática através de centelhamento;
- Energia de descarga suficiente para a ignição do produto.
- Os parâmetros que influenciam o potencial eletrostático gerado são:
- Velocidade do escoamento;
- Temperatura e umidade.
- Material do duto;
- Grau de turbulência devida em curvas e outros acessórios do duto ou tubulação;
- Quantidade de material dissolvido como gotas d'água, partículas de óxidos de ferro e de sedimentos em suspensão,
- Presença de partes metálicas com potencial de promover a centelha dentro do tanque;
- Efetividade do aterramento do tanque.

Para volume igual, o tanque com menor seção transversal, tem maior potencial de acumular energia eletrostática, entre a superfície do líquido e o costado do tanque, suportes do teto e acessórios internos.

2.2- Definições

Para a abordagem dos riscos de geração e acumulação de energia eletrostática, seguem algumas definições preliminares, com o foco nos tanques de armazenagem de hidrocarbonetos.

- Eletricidade estática é gerada quando líquidos fluem através de tubulações, válvulas e outros equipamentos.
- A continuidade elétrica e o correto aterramento asseguram que a eletricidade estática não se acumule e cause uma centelha.
- Centelhas de cargas eletrostáticas podem ignitar as misturas inflamáveis estequiometricamente passíveis de ignição.
- Continuidade elétrica ("bonding") significa conectar eletricamente objetos condutores para equalizar potenciais elétricos e evitar centelhamentos.
- Aterramento ("grounding") significa conectar um objeto condutor à terra para dissipar a eletricidade da carga estática acumulada de diversas possíveis fontes.



Geração e acúmulo de energia eletrostática:

a_ Geração de carga elétrica, pode ocorrer durante a transferência do produto por escoamento através de oleodutos; bombas; válvulas; filtros etc..

b_ Cargas elétricas podem se acumular no combustível, quando este apresentar baixa condutividade elétrica.

c_ Descargas eletrostáticas podem ocorrer, por exemplo, entre o combustível e superfícies metálicas, como válvulas.

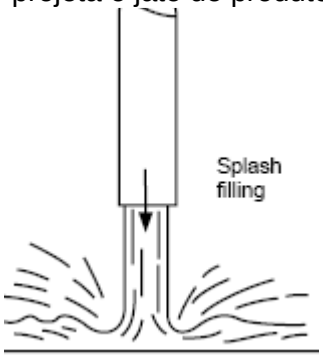
2.3 – Geração de carga eletrostática

A carga estática já é gerada no escoamento do duto de transferência, quando o produto não é bom condutor de eletricidade.

O próprio movimento do produto no interior do tanque também gera carga estática dentro do produto.

As causas mais frequentes dos riscos devido à eletricidade estática em tanques são:

- Bombeio de transferência ou escoamento de líquido em dutos, tubos ou mangueiras, em velocidade alta;
- Contato turbulento entre fluidos diferentes com o líquido: ar, água ou gases e vapores do produto;
- Existência de revestimento interno que impede o aterramento;
- Mistura ou homogeneização de produtos com misturadores ou agitadores;
- Filtração do produto;
- Presença partículas como sólidos em suspensão, poeiras, sedimentos, sais e gotículas no produto;
- Enchimento de tanques ou tambores com fluxo de jato vertical ("splash loading"), que projeta o jato de produto contra o fundo ou mesmo contra a superfície de líquido existente.



- **Jateamento de tanques ainda não completamente limpos e purgados;**

2.4 – Acumulação de carga eletrostática

A carga eletrostática pode escoar continuamente do líquido carregado eletricamente, isto é, haver a dissipação imediata da energia, que é a forma segura de armazenamento e manuseio do produto no tanque.

Porém, a acumulação de carga ocorre quando a energia gerada não escoa rapidamente e a taxa de geração é maior que a de dissipação.

A habilidade da carga elétrica gerada em um liquido dissipar-se é função de:
a- Condutividade do liquido;
b- Condutividade do reservatório que o contém;
c- Capacidade do reservatório drenar a carga transferida, isto é, efetividade do aterramento elétrico.

Em um reservatório metálico, bom condutor e bem aterrado, a capacidade de dissipar a carga elétrica gerada no liquido é, pois, função somente da condutividade do líquido.

O problema é grave para o caso de líquidos de baixa condutividade elétrica e apresentam fase dispersa, com gotículas de água, ou fluxo multi-fásico, que são agentes geradores de carga eletrostática.

A água presente, por exemplo, no petróleo, apesar de ser boa condutora, não ajuda na dissipação, devido ä fase dispersa presente, constituída pelas gotas.

Via de regra, líquidos com condutividade maior que 50 pS/m não acumulam carga estática se o reservatório é metálico e bem aterrado, pois a carga é dissipada logo que gerada,.
Obs.: 1 pS/m = 1×10^{-12} siemens per meter = 1×10^{-12} ohm^{-1} m^{-1}.
Se o reservatório é feito de material pouco condutor a carga no liquido vai acumular-se, daí o risco de revestimento interno no tanque.

Se a condutividade do fluido é baixa, há a geração de cargas eletrostáticas por fricção, é necessária a redução da velocidade de fluxo a 1 m/s, até a submergência de 2 Diâmetros do bocal interno na entrada dos tanques.

Tabela de condutividade de alguns produtos, conforme API RP 2003:

Product	Conductivity (pS/m)
Benzene	0.005
Xylene	0.1
Toluene	1
Gasoline	10-30
Jet fuel	<50
Diesel	0.5-50
Gas oil	<50
Lube oil (base)	0.1-1000
Lube oil (blended)	50-1000
Fuel oil	50-1000
Asphalt	>1000
Crude oil	>100

Produtos pouco condutores elétricos

Produtos bons condutores elétricos

Líquidos não condutores que acumulam energia eletrostática e são inflamáveis:
Gasolina, propano, tolueno, butadieno, benzeno, álcool, estireno, etc.

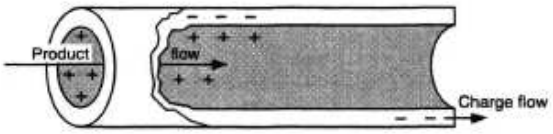
-Conductivity of Typical Liquids

Product	Conductivity (pS/m)
Benzene	0.005
Xylene	0.1
Toluene	1
Gasoline	10 to 3000
Jet fuel without conductivity additives	0.5 to < 50
Diesel	0.5 to < 50
Gas oil	< 50
Lube oil (base)	0.1 to 1000
Lube oil (blended)	50 to 1000
Heavy "black" fuel oils	50 to 1000
Asphalt	> 1000
Crude oil	> 1000

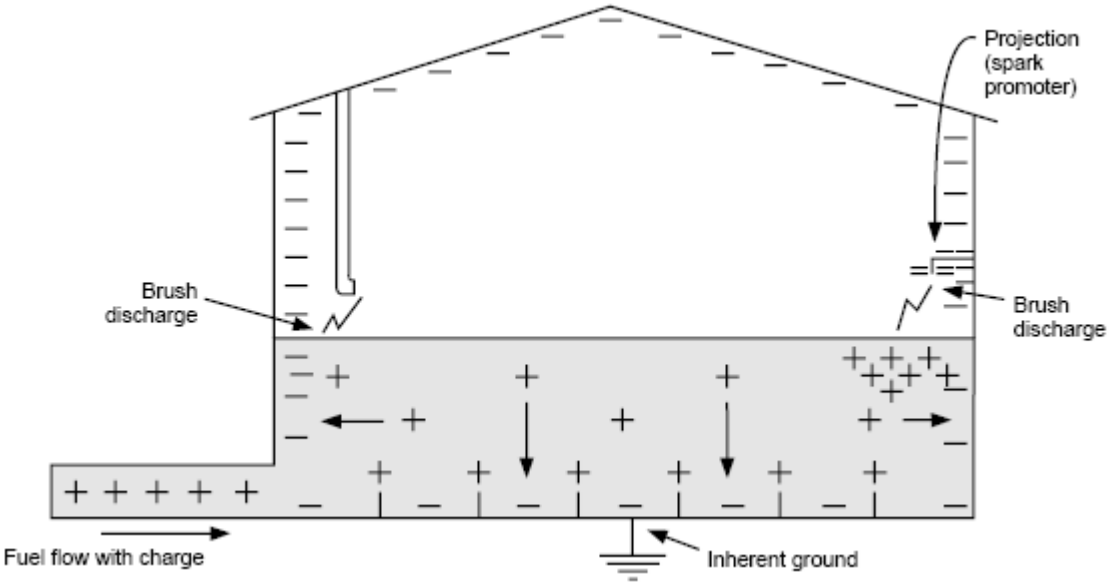
Controle da condutividade elétrica do óleo diesel
O valor recomendado para a condutividade elétrica do óleo diesel é de, no mínimo:
_ 50 pS/m na especificação européia EN590 e
_ 25 pS/m na especificação americana ASTM D 975, para velocidades de transferência maiores do que 7 m/s.
_ 25 pS/m na especificação brasileira para S 10, no momento e na temperatura da entrega do produto.

_ Para o óleo diesel S 50 a Petrobras garante 50 pS/m em seus terminais.
_ Essa garantia não isenta as distribuidoras de realizarem a medição e garantirem um patamar de condutividade elétrica adequado às suas respectivas bases e ao carregamento dos caminhões-tanque.

2.5- Promotor ou facilitador de centelha
É qualquer objeto condutor, aterrado ou não, que se projeta no interior do espaço com vapor do tanque, suficientemente próximo e acima da superfície do líquido que está subindo ou estacionado.
Por exemplo:
a- Perfis tipo “debris” dentro do reservatório;
b- Poços de termopares de temperatura, bóia e dispositivo de fixação de indicador de nível, sensor de nível alto e tomadas de amostradores;
c- Fitas de medição de nível, garrafas de amostragem ou termômetros que são introduzidos no espaço com vapor do tanque.
Como, normalmente, o líquido está carregado positivamente e as partes metálicas do tanque, negativamente, podem acontecer as centelhas.



Charge Separation in a Pipe



2.6 - Centelhamento
A centelha ocorre entre objetos condutivos que estão em potenciais de voltagem diferentes. Normalmente, um dos objetos não está adequadamente aterrado.
Essa centelha tem energia suficiente para dar inicio à ignição no espaço com vapor que contém uma mistura inflamável.

2.7- Aterramento elétrico
Tanques de armazenamento sobre fundação, seja de concreto, areia ou asfalto, são considerados inerentemente aterrados para a dissipação de cargas eletrostáticas.

3 - Medidas preventivas e mitigadoras para se evitar a geração e acumulação de energia eletrostática em tanque de armazenamento

3.1- Para impedir ou minorar a geração de cargas elétricas
A geração de carga elétrica é influenciada pela turbulência no líquido e pela presença de água, circulação de sedimentos e carepas de oxidação.

- Estabelecer patamar mínimo para a condutividade do produto a ser armazenado
- Evitar operações de mistura durante o enchimento;
- Limitar as taxas de enchimento ou vazão máxima inicial e de máximo fluxo;
- Controlar a velocidade de escoamento do produto ao longo de todo oleoduto;
- Evitar respingos e pulverização do produto;
- Evitar bombear hidrocarbonetos com água ou sólidos dispersos, quando necessário reduzir a velocidade do enchimento;
- Utilizar tubo difusor interno no bocal de entrada do tanque

Nota: Difusor é um tubo com rasgos (”slots”) para distribuir e acalmar o fluxo de entrada do produto no tanque.
É altamente recomendado para tanque de teto flutuante, para prevenir danos devido à turbulência causada pela entrada de fluxo em jato com alta velocidade. Ver anexo.

3.2- Para prevenir o acúmulo de cargas elétricas
- Propiciar tempo de residência suficiente à jusante de bombas e filtros, para que as cargas geradas possam ser neutralizadas;
- Aterrar convenientemente o tanque;
- Adicionar aditivo antiestático em líquidos de condutividade baixa.

3.3- Para impedir as descargas elétricas
- Manter em perfeito estado o aterramento de tanques;
- Remover ou conectar eletricamente com o tanque os promotores de centelha;
- Respeitar o tempo de drenagem das cargas elétricas estáticas geradas antes de realizar amostragens e aferições de nível do tanque.

3.4- Para minimizar a formação de atmosferas inflamáveis
Formação de mistura inflamável
a_ Misturas inflamáveis podem ocorrer dependendo da pressão de vapor e da temperatura do combustível e das condições de bombeamento.
b_ A prática de carregar um produto de baixa pressão de vapor em um tanque que previamente descarregou um produto de alta pressão de vapor (switch loading), também pode promover o aparecimento de atmosfera inflamável. Ex.: Carregar óleo diesel após gasolina
c_O fluxo vertical que permite a queda livre ou a projeção do combustível contra a parede do tanque, o fundo ou superfície líquida, durante o carregamento, pode ocasionar respingos do produto, levando à formação de névoa de combustível (*splash loading*), resultando na geração de cargas e no aparecimento de atmosfera inflamável. Ex.: carregamento de caminhões tanque pelo topo.

- Adequar o tipo de bocal de entrada do produto no tanque, impedindo o fluxo vertical que pode ocasionar a projeção do produto contra o fundo do tanque, facilitando a geração de carga e /ou a formação de atmosfera inflamável (“splash loading”);
- Manter a velocidade baixa de entrada de produto (máximo 1 m/s) até alcançar a submergência mínima correspondente a 2 (duas) vezes o diâmetro do bocal de entrada;
- Após a submergência mínima a velocidade de transferência no duto deve ser limitada entre 7 a 10 m/s;
- Usar nitrogênio ou outro gás inerte disponível, no espaço vapor, mas atenção, que a inertização elimina o potencial de combustão mas não elimina a eletricidade estática;
- Operar a temperaturas inferiores ao ponto de fulgor, pelo menos 10ºC abaixo;

- Evitar carregar produtos dentro do intervalo de inflamabilidade da mistura vapor-ar (em condições de equilíbrio), ou seja, produtos com baixa pressão de vapor a alta temperatura e produtos com alta pressão de vapor, a baixa temperatura, por exemplo.

Dissipação da energia eletrostática
_ Caso a condutividade elétrica do combustível seja suficientemente alta, as cargas são dissipadas rapidamente, evitando o acúmulo e minimizando o risco potencial de problemas no tanque de recebimento.
_ Segundo Pratt, as cargas são completamente dissipadas num tempo igual a 5 T, onde:
$T = 18 / \sigma$ (HCs - Hidrocarbonetos líquidos)
T = tempo de relaxamento em segundos,
σ = condutividade elétrica do líquido em pS / m.

4- Recomendações operacionais
Como o espaço com vapor no tanque pode conter misturas inflamáveis, medidas preventivas devem ser tomadas:

4.1 Durante o enchimento
4.1.1- Evitar enchimento com derramamento ou “spray” do produto sobre a superfície do líquido. A entrada de produto no tanque deve ser o mais próxima possível do fundo, com o mínimo de agitação da água e de sedimentos do fundo do tanque.
De forma alguma encher o tanque com bocal muito acima do fundo do tanque ou do nível de líquido.

4.1.2- A maior preocupação é durante o início do enchimento, quando o tanque está cheio de ar no espaço com vapor.
Durante o início do enchimento é maior o risco de agitação e turbulência, assim há necessidade de limitar a velocidade de entrada.
A velocidade linear do fluxo de produto, no bocal de entrada o tanque, deve, portanto, ser controlada para gerar o mínimo de carga eletrostática.
A prática operacional é limitar a velocidade do produto no bocal de entrada do tanque.
Limitar a **velocidade do fluxo no bocal de entrada a 1m/s**, durante o enchimento do tanque.

Em **tanque de teto fixo**, até que o nível ultrapassar o bocal esteja de 2 vezes o diâmetro ou 610 mm, o que for menor, daí se deve instalar os bocais de entrada o mais baixo possível.

No caso de **tanque de teto flutuante**, observar a velocidade de 1m/s até que o teto comece a flutuar.
Porém esta velocidade não deve ser muito menor que 1m/s, pois haveria maior tendência da água decantar e se acumular nos pontos baixos, que aumentaria a possibilidade de cargas estáticas, quando a velocidade aumentar.

Assim, **após a fase do enchimento inicial, em qualquer situação a velocidade de enchimento deve ser menor que 10 m/s, recomendando-se a faixa de 7 a 10 m/s**.

Quando o produto é de baixa condutividade e contém fases dispersas de gotículas de água, a velocidade de entrada deve ser restrita a 1m/s, durante toda a operação de enchimento, até a altura máxima de enchimento.

4.1.3- No caso de teto flutuante, se requer a velocidade de 1m/s até que o teto comece a flutuar, pois, após o teto estar flutuando, a superfície do líquido é aterrada pelo contato com o teto flutuante, o espaço de vapor é mínimo e com pouco ar. No entanto, se deve assegurar que o teto flutuante está permanentemente, em contato com o líquido.

Há situações de operação em que tanque é totalmente esvaziado, levando a períodos em que teto flutuante (externo ou interno) se apóia no fundo do tanque, sendo então criado temporariamente um espaço de vapor abaixo do teto flutuante.
Embora este espaço de vapor contenha uma atmosfera provavelmente rica (acima do limite superior de inflamabilidade), à medida que o produto seja novamente admitido no tanque, esta atmosfera se transforma, pela redução da concentração de combustível que sai pelos suspiros do teto flutuante. Daí a importância de se controlar a velocidade de re-enchimento.

Enquanto o teto não estiver flutuando, se não houver condições ou tempo das cargas eletrostáticas no líquido serem descarregadas para o costado ou teto do tanque, devidamente aterrado, a proximidade entre algum dispositivo interno no espaço de vapor e o nível do produto, é suficiente para a ocorrência de centelha, com capacidade de ignitar e deflagrar a mistura inflamável contida no espaço de vapor, ocasionado incêndio no interior do tanque.

4.1.4- Evitar o bombeamento de quantidades substanciais de ar ou outros gases ou vapores, junto com o líquido, dentro do tanque.
Em particular, a prática de limpeza das linhas com injeção de ar deve ser proibida, quando o produto é inflamável ou aquecido até 10ºC abaixo do ponto de fulgor (“flash point”).

4.1.5- A partir do momento em que o nível de líquido ultrapassar o bocal de entrada, ou o teto flutuante já estiver flutuando, a velocidade de enchimento pode aumentar progressivamente até 7 m/s a 10 m/s.

4.1.6- Bocal de entrada com difusor
O bocal de entrada no tanque tipo difusor ajuda a controlar a velocidade de entrada em 1m/s máximo, durante o enchimento inicial.
O correto dimensionamento desse bocal difusor requer as seguintes informações da operação do tanque: vazão de entrada de produto, condições e dados de mistura e recirculação e o diâmetro do bocal de entrada.

4.2- Operações de mistura
4.2.1- Misturadores de impelidor de baixa rotação têm sido usados por muitos anos sem evidências de problemas com geração eletrostática.
Já os misturadores de jato e misturadores de impelidor de alta velocidade promovem a agitação de água e sedimentos e podem gerar carga eletrostática.
Os jatos do misturador tipo “jet mix” não devem atingir a superfície do líquido.
Agitadores de injeção de ar ou vapor são fortes geradores de cargas estáticas e não devem ser usados.

4.2.2- Os tanques de teto flutuante, que eliminam o espaço de vapor, são indicados para os serviços de mistura de produtos, uma alternativa, são os tanques de teto fixo com selo de gás inerte sobre a superfície do produto.

4.2.3- Os misturadores não devem se usados até que a primeira fase de enchimento, com velocidade máxima de 1m/s se encerre.

4.3- Operações de amostragem e medição de produto
4.3.1- As operações de amostragem e medição (incluindo temperaturas) podem ser causadores de centelha, particularmente, durante o enchimento.
Os dispositivos de amostragem e medição, seus acessórios como cabos ou fitas devem ser de material condutivo e conectados ao tanque para aterramento.

4.3.2- Deixar em descanso, o tanque durante o tempo de residência necessário, depois de cheio, para possibilitar o equilíbrio eletrostático entre a superfície do produto armazenado e o

tanque, isto é, deixar o tanque repousar, para dar tempo das cargas eletrostáticas, acaso acumuladas, serem drenadas para o tanque e escoarem pelo aterramento
Em tanques onde o espaço de vapor é inflamável, objetos metálicos como fitas de medição de nível, garrafas de amostragem e termômetros não devem ser suspensos ou abaixados no tanque, tanto na fase líquida como na de vapor, durante ou logo após o enchimento..
Um período de ao menos 30 minutos é recomendável, antes das operações para amostragem ou medição.

4.4- Esvaziamento
No esvaziamento, recomenda-se manter o nível de líquido acima do bocal de entrada, de modo a se operar normalmente com velocidades de descarga do tanque de 7 a 10 m/s, no bocal do tanque.

5- Características particulares de cada tipo de tanque
5.1- Tanque de teto fixo
São os mais perigosos, com relação às formas de geração de carga eletrostática, devido à presença contínua de ar no espaço de vapor do tanque.
As precauções são no sentido de se conseguir a rápida dissipação, impedindo a acumulação da carga elétrica gerada.

5.2- Tanque de teto flutuante externo
Tanque com teto flutuante de material metálico condutivo em contato com o produto é inerentemente seguro quanto ao risco de acumulação de carga elétrica, se o teto é conectado eletricamente ao costado.
Conforme API STD 650 C.3.1.6, o teto flutuante externo deve ser conectado eletricamente com o costado do tanque.
Esta ligação pode ser obtida com contatos elétricos (“shunts”) de material de aço inoxidável austenítico com largura de 50 mm e espessura 3 mm e instalados no selo periférico superior do teto flutuante, espaçados de no máximo 3 m.
Além disso, todas as partes móveis dos acessórios tipo, bocas de medição, bocas de visita, válvulas de alívio de pressão e vácuo e outros, sobre o teto flutuante devem ser ligados eletricamente ao teto flutuante para prevenir centelhas devido a cargas eletrostáticas, ao serem abertos.
Embora os “shunts” sejam requeridos primariamente para descarga atmosférica, também devem ser previstos para proteção contra as cargas eletrostáticas.
A capacidade do dispositivo de conduzir a corrente eletrostática deve ser conforme estabelecido na norma NFPA 780.

5.3- Tanque de teto flutuante interno
Conforme API STD 650 parágrafo H.4.1.6, o teto flutuante interno deve ser eletricamente conectado ao costado ou ao teto fixo do tanque.
Esta ligação pode ser obtida com contatos elétricos (“shunts”) de material de aço inoxidável austenítico com largura de 50 mm e espessura 3 mm e no mínimo quatro, uniformemente distribuídos no selo periférico, ou com cabos metálicos flexíveis (no mínimo dois) ligando o teto fixo ao teto flutuante.
O dispositivo de ligação elétrica deve ser determinado pelo Proprietário do tanque, considerando a resistência mecânica, a resistência à corrosão, flexibilidade da instalação aos movimentos do teto flutuante e o tempo previsto de vida operacional, entre paradas.
Além disso, todas as partes móveis dos acessórios tipos, bocas de medição, bocas de visita, válvulas de alívio de pressão e vácuo e outros, sobre o teto flutuante devem ser ligados eletricamente ao teto flutuante para prevenir centelhas devido a cargas eletrostáticas, ao serem abertos.
A capacidade do dispositivo de conduzir a corrente eletrostática deve ser conforme estabelecido na norma NFPA 780.

Correntes não devem ser usadas para a ligação elétrica, pois, a ligação condutiva não pode ser garantida, devido ao risco de alguns elos se abrirem.

5.4- Tanques e revestimentos não condutivos

Não é permitido armazenar líquidos inflamáveis em tanques acima da superfície de materiais não-condutivos (plásticos, fibra de vidro, concreto) tanques.

No entanto, o revestimento fino ou camada de pintura, plástico ou óxido de ferro no interior do tanque não constitui um perigo eletrostático, porque a resistência é da mesma grandeza do óleo.

Os revestimentos internos de espessura até 2 mm (80 mils) podem ser desconsiderados.

Tanques com revestimento interno de PRFV para prevenção de corrosão, mais espessos que 2 mm (80 mils) devem ser tratados com não-condutivos.

6- Advertências finais

- Assegure-se que a tubulação e os equipamentos metálicos estejam corretamente conectados (eletricamente), aterrados e projetados para serviço com materiais inflamáveis. Isso inclui vasos, bombas, tubulação, instrumentos, bocais de enchimento, tambores, contêineres portáteis e qualquer outro equipamento condutor de eletricidade.
- Verifique a condutividade elétrica do líquido, os não condutores (menor que 50 pS/m) são mais susceptíveis ao acúmulo de carga elétrica;
- Certifique-se de que as conexões de aterramento sejam verificadas regularmente para assegurar que estejam funcionando adequadamente.
- Quando enchendo com líquidos inflamáveis, evite a queda livre de material que pode gerar cargas estáticas no líquido.

ANEXOS

Anexo 1

Informações sobre descargas elétricas no Brasil - Índice ceráunico - IC

Índice ceráunico é, por definição, o número de dias de trovoada, em determinado lugar, por ano.

Isoceráunicas - são linhas (curvas) que ligam pontos (localidades) que têm o mesmo índice ceráunico.

Nível ceráunico no Brasil

Região	Td- Nível Ceráunico (nº de trovoadas por ano)	Ng (Densidade de Descargas atmosféricas para terra desc/Km2 ano
Estado de São Paulo	40 a 100	4,02 a 12,65
Estado de Minas Gerais	40 a 120	4,02 a 15,88
Centro-Oeste	80 a 140	9,57 a 15,88
Amazônia	40 a 140	4,02 a 19,26
Nordeste (Litoral)	5 a 10	0,30 a 0,71
Nordeste (Sertão)	20 a 60	1,69 a 6,68
Sul	30 a 80	2.81 a 9,57

Mapa isoceráunico do Brasil

Anexo 2
Medidas preventivas ao risco centelhamento por energia eletrostática
Fonte;
API RECOMMENDED PRACTICE 2003 - SEVENTH EDITION, JANUARY 2008
Protection Against Ignitions Arising Out of Static, Lightning, and Stray Currents
Definitions
3.10
high vapor pressure products
Liquids with a Reid vapor pressure (100 °F) above 4.5 psia (31 kPa).
These products include aviation and motor gasoline and high vapor pressure naphtha.

3.11
intermediate vapor pressure products
Flammable liquids with a Reid vapor pressure (100 °F) below 4.5 psia (31 kPa) and a closed-cup flash point of less than 100 °F (38 °C).
These can form flammable vapors at ambient operating temperatures.
Examples of these products are commercial aviation fuel (Jet B), military aviation turbine fuel (JP-4, TF-4), and solvents such as xylene, benzene, and toluene.

3.12
low vapor pressure products
Liquids with closed cup flash points above 38 °C (100 °F). Examples of these products include heating oil, kerosene, diesel fuel, commercial aviation turbine fuel (Jet A), and “safety solvents.”

4.5 Storage Tanks
4.5.1 General
Although infrequent, static discharge incidents have occurred in atmospheric storage tanks.
Charge generation phenomena for tanks are the same as discussed in earlier sections.
High flow results in charge separation.

Controlling flow below 3 ft/s (1 m/s) reduces this hazard by allowing time for charges to dissipate through piping.
Switch loading introduces the hazard of flammable vapors in an environment where there can be charge generation.
If oxygen is available (vented cone-roof tanks and floating roof tanks resting on legs) this additional hazard increases the risk.
Minimizing static charge accumulation reduces the risk by reducing the probability of a static discharge.

4.5.2 Control of Electrostatic Charge Generation
The possibility of a static discharge between the liquid surface and the tank shell, roof supports, or other appurtenances is related to the static-generating qualities of the liquid in the tank.
The generation rate is also influenced by the degree of turbulence in the liquid and by the settling of minute quantities of finely divided materials, such as water droplets, particles of iron scale, and sediment. The possibility of a spark is greater in the presence of a spark promoter (see 4.1.3 and Figures 1a and 1b).
Refined petroleum products that tend to retain static charges can introduce a greater risk of static ignition unless they are handled properly. Protective measures should be used when the vapor space in a storage tank is likely to contain flammable mixtures such as:

- intermediate vapor pressure products;
- low vapor pressure products contaminated with high vapor pressure liquids;
- low vapor pressure products that contain dissolved hydrogen or light hydrocarbon from the treating process or switch loading.

Protective measures may include the following.
a) Avoiding splash filling and upward spraying. The fill-pipe outlet should discharge near the bottom of the tank, with minimum agitation of the water and sediment on the tank bottom. Where the outlet of the fill line is attached to a “downcomer,” the siphon breakers that permit air or vapor to enter the downcomer should not be used. Avoid discharging the product from a nozzle that is elevated above the liquid level.

b) Limiting both the fill line and discharge velocity of the incoming liquid stream to 3 ft/s (1 m/s) until the fill pipe is submerged either two pipe diameters or 61 cm (2 ft), whichever is less. In the case of a floating-roof (internal or open top) tank, observe the 1 m/s (3 ft/s) velocity limitation until the roof becomes buoyant. Static charges accumulated in the upstream piping can be carried with the product into the tank. The flow rate restrictions apply to all piping segments from 0 to 30 seconds (minimum) upstream of the tank fill opening, including the piping segment on the tank itself. This controlled velocity cannot be satisfied by placing a “tee” at the discharge to reduce final discharge flow rates. During the initial stages of tank filling more opportunity exists for the incoming stream to produce agitation or turbulence, hence the need to limit the inlet velocity. However, the product’s flow rate should be kept close to 3 ft/s (1 m/s) during this period, since lower velocities can result in settling out of water at low points of piping. Subsequent re-entrainment when the velocity is increased could significantly raise the product’s charging tendency.
c) Where the material is a static accumulator and contains a dispersed phase, such as entrained water droplets, the inlet flow velocity should be restricted to 3 ft/s (1 m/s) throughout the filling operation (see 4.2.5.5).
d) Provide a minimum 30 seconds residence time downstream of micropore filters (see 4.2.5.2).

4.2.5.2 Flow-through Filters and Screens
Flow-through filters and screens can produce a high electrostatic charge. The degree of hazard depends on the size of the openings within the filter or screen. In general, when

product conductivity is less than 50 pS/m an adequate residence time should be provided downstream of the filter or screen to permit sufficient charge relaxation.
See 4.6.3 for a comprehensive discussion of electrostatic issues relating to filters and screens. The need for residence time for charge relaxation increases as the conductivity decreases.

e) Check for ungrounded loose or floating objects in the tank and remove them (i.e. loose gauge floats and sample cans).

f) Avoid pumping substantial amounts of air or other entrained gas into the tank through the liquid. In particular, the practice of clearing fill lines by air-blowing should be prohibited when the material is a flammable liquid or a combustible liquid heated to within 15 °F to 20 °F (8.5 °C to 11 °C) of its flash point.

g) To minimize charge generation, some operators limit the maximum fill rate after the initial fill rate is complete. A maximum fill rate between 23 ft/s and 33 ft/s (7 m/s and 10 m/s) is commonly used.
If the vapor space in a tank is at or above the lower flammable limit because of the previously stored product and the tank is to be filled with a low vapor pressure static accumulating liquid, the precautions outlined above should be followed. An alternative is to purge or ventilate the tank to a safe vapor concentration prior to filling (see Annex A.8.6).
The protective measures described above apply to floating-roof tanks only until the roof is floating. After the roof is floating, these precautions (except for item f) are unnecessary because the liquid surface is grounded by the floating roof and the absence of a significant vapor space. Care must be taken, however, to ensure that floating roofs are in metallic contact with the shell. Following the recommendations described in 5.4.2.2 for lightning protection will also provide static protection. Some types of floating covers, though nonconducting, are constructed with isolated metallic clips, which if not bonded, can become charge accumulators and spark promoters.

4.5.3 Grounding

Storage tanks on grade-level foundations are considered inherently grounded for dissipation of electrostatic charges, regardless of the type of foundation (i.e. concrete, sand, asphalt). For elevated tanks, the resistance to ground may reach 1 megohm (1 million ohms), but is unlikely to exceed this value. Therefore, the tank can still be considered adequately grounded for dissipation of electrostatic charges.
The addition of grounding rods and similar grounding systems will not reduce the hazard associated with electrostatic charges in the fluid. However, additional grounding may be required for electrical safety (NFPA 70) or lightning protection (see Section 5 and NFPA 780).

4.5.4 Spark Promoters

Care should be exercised to avoid spark promoters, such as unbonded conductive objects, within a storage tank. A tank gauging rod, a high-level sensor or other conductive device that projects downward into the vapor space of a tank can provide a place for a brush discharge to occur above the rising liquid. If these devices are conductive, they should be bonded securely to the bottom of the tank by a conductive cable or rod (to eliminate a spark gap) or placed in a gauging well that is bonded to the tank. Some high-level sensors currently on the market are not designed to accommodate a bonding cable or rod. In these situations, a bonding rod or cable could be installed immediately adjacent to the sensor or placed in a gauging well. Although chains have been historically used for bonding conductive projections, their use is not recommended because a conductive path cannot be guaranteed.
Periodic inspection should be conducted to ensure that bonding cables do not become detached. If the above devices are nonconductive, the above measures are not required. Devices that are mounted to the interior sidewall of the tank (i.e. level switches, temperature probes), and which project a short distance into the tank but have no downward projection,

may not pose an electrostatic hazard. These situations should be evaluated on an individual basis.

Anexo 3
Recomendações em relação ao risco de uso de misturadores em tanques
Fonte:
API RECOMMENDED PRACTICE 2003 - SEVENTH EDITION, JANUARY 2008
Protection Against Ignitions Arising Out of Static, Lightning, and Stray Currents

4.5.5 Blending Tanks and Mixers
Conventional low-speed propeller mixing has been in use for many years without evidence of problems from static generation.
Tank jet mixing and high velocity propeller mixing can stir up water and debris and can generate an electrostatic charge during mixing and subsequent settling.
If a flammable mixture exists at the surface, ignition may be possible.
Jets should not be allowed to break the liquid surface.
Some instances of static ignitions during high velocity mixing under these conditions have been reported.
Floating-roof tanks, which eliminate the vapor space, are especially desirable for blending service because they eliminate the flammable vapor space conditions that could otherwise exist.
As an alternative to a floating-roof tank, gas blanketing may be employed (see Annex A.8.6).
Besides the possibility of creating a flammable atmosphere, air-blown agitation is a prolific generator of static electricity and is not recommended.
Steam agitation is also a prolific generator of static and is not recommended.
Hydrocarbon or inert gas agitation creates a static charge, but in small tanks it may be possible that the vapor space could be enriched or inerted as a result of the operation and this may be sufficient to prevent ignition.
Necessary precautions include beginning the process slowly to ensure the electrostatic charge does not build faster than the charge is dissipated, or purge the vapor space prior to mixing and observing waiting time prior to any gauging or sampling activities.
Mist or froth generation may also be of concern in such designs.
Agitation of sludge, and removal of scale can release flammable vapors.

Anexo 4
Recomendações em relação ao risco de uso de misturadores em tanques
Fonte:
NFPA 77 - 2007 Edition
Recommended Practice on Static Electricity

8.5.2.4 Tank Mixers.
In-tank jet mixing or high-velocity agitator mixing can stir up water and debris and cause splashing at the surface that can generate static electric charges.
If an ignitable mixture exists at the surface, ignition is possible. Surface splashing should be minimized.
Gas blanketing or inerting can be employed to eliminate the ignition hazard.

A.8.2.1.1 Class I flammable liquids, which have flash points of less than 38°C, can form ignitible vapor–air mixtures under most ambient conditions.
Class II and Class III combustible liquids, which have flash points of 38°C or greater, typically require some degree of preheating before they evolve enough vapor to form an ignitible mixture. Certain liquids of low fire hazard, such as solvent formulations consisting of mostly water, might be classed as combustible liquids, yet they can generate ignitible vapor–air mixtures in closed containers at less than 38°C.

Similarly, certain liquids that do not have a flash point could be capable of generating an ignitible vapor–air mixture as a result of degassing or slow decomposition, especially where the vapor space is small compared with the liquid volume.

C.3.1 The surface temperature of a quiescent liquid in a tank can significantly exceed the temperature of the bulk liquid due to heat transfer from the unwet upper walls of the tank, which in some cases could be heated by sunlight to as much as 60°C.

Anexo 5
Aterramento do teto flutuante e dos seus acessórios
Fonte:
API STANDARD 650 TWELFTH EDITION, MARCH 2013
Welded Tanks for Oil Storage
Annex C (normative)
External Floating Roofs
C.3.1.6 All conductive parts of the external floating roof shall be electrically interconnected and bonded to the outer tank structure.
Bonding (grounding) shunts shall be provided on the external floating roof and shall be located above the uppermost seal.
Shunts shall be 50-mm (2-in.) wide by 28-gauge (0.4-mm [1/64-in.] thick) austenitic stainless steel as a minimum, or shall provide equivalent corrosion resistance and current carrying capacity as stated in API 2003.
Shunt spacing shall be no more than 3 m (10 ft).
All movable cover accessories (hatches, manholes, pressure relief devices, and other openings) on the external floating roof shall be electrically bonded to the external floating roof to prevent static electricity sparking when they are opened.

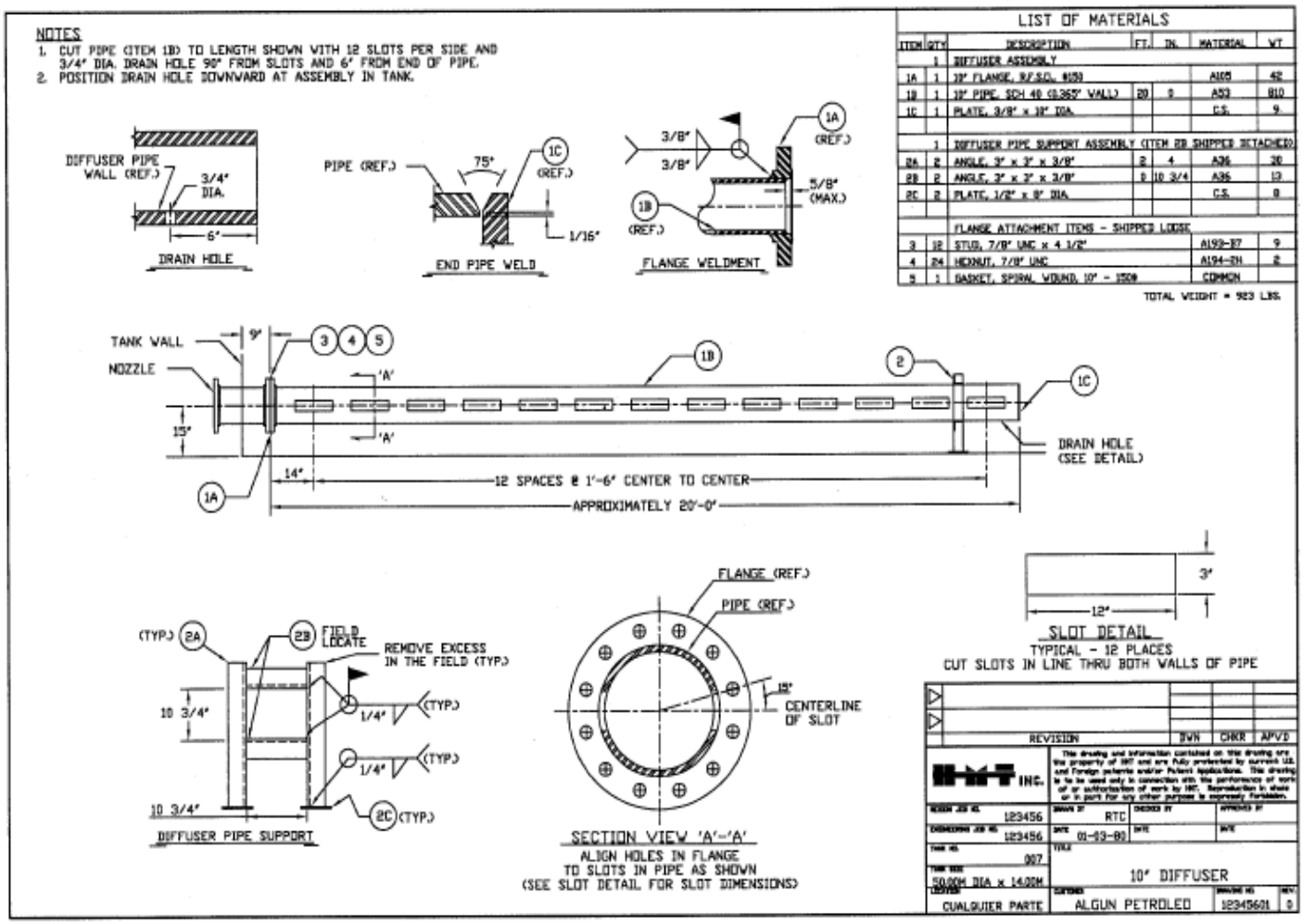
Annex H (normative)
Internal Floating Roofs
H.4.1.6 All conductive parts of the internal floating roof shall be electrically interconnected and bonded to the outer tank structure.
This shall be accomplished by electric bonding shunts in the seal area (a minimum of four, uniformly distributed) or flexible multi-strand cables from the external tank roof to the internal floating roof (a minimum of two, uniformly distributed).
The choice of bonding devices shall be specified by the Purchaser on the Data Sheet, Line 32, considering strength, corrosion resistance, joint reliability, flexibility, and service life.
All movable cover accessories (hatches, manholes, pressure relief devices, and other openings) on the internal floating roof shall be electrically bonded to the internal floating roof to prevent static electricity sparking when they are opened.
H.4.4.5 The specific requirements for all floating roof peripheral seals are listed below.
6) All metallic components shall be electrically bonded. See H.4.1.6 or C.3.1.6 for electrical bonding requirements.

Anexo 6
Proteção contra descarga atmosférica
Fonte:
NFPA® 780 2011 Edition
Standard for the Installation of Lightning Protection Systems
A.7.1.1 In the structures covered in Chapter 7, a spark that would otherwise cause little or no damage might ignite the flammable contents and result in a fire or explosion.
Flammable vapors can emanate from a flammable liquid [flash point below 37.8°C (100°F)] or a combustible liquid [flash point at or above 37.8°C (100°F)] when the temperature of the liquid is at or above its flash point.
Chapter 7 applies to these liquids when they are stored at atmospheric pressure and ambient temperature.

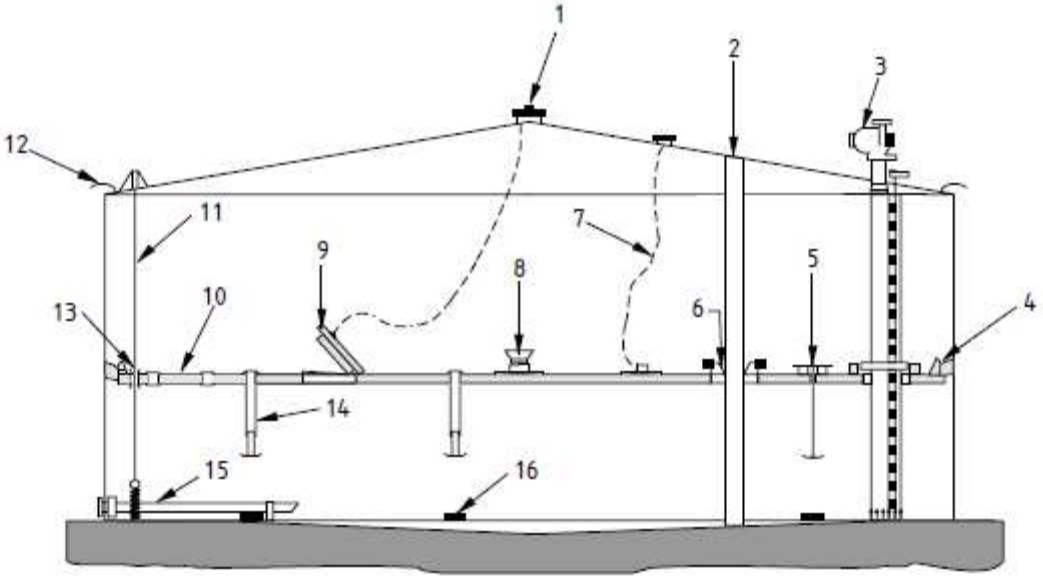
Provided that the temperature of the liquid remains below the flash point, combustible liquids stored under these conditions will not normally release significant vapors since their flash point is defined to be at or above 37.8°C (100°F).
Metallic tanks, vessels, and process equipment that contain flammable or combustible liquids or flammable gases under pressure normally do not require lightning protection since this equipment is well shielded from lightning strikes.
Equipment of this type is normally well grounded and is thick enough not to be punctured by a direct strike.
This chapter applies to flammable or combustible liquids such as gasoline, diesel, jet fuel, fuel oil, or crude oil stored at atmospheric pressure. It does not apply to liquids or gases stored under pressure, such as liquefied natural gases or liquefied petroleum gases.

B.2.3 Metal parts of a structure can be used as part of the lightning protection system in some cases. For example, the structural metal framing, which has sufficient cross-sectional area to equal the conductivity of main conductors, and which is electrically continuous, can be used in lieu of separate down conductors. In such cases, air terminals can be bonded to the framework at the top, and grounding electrodes can be provided at the bottom, as described elsewhere in this standard.
Structures with 4.8 mm (3⁄16 in.) thick, or thicker, metal shells or skins that are electrically continuous might not require a system of air terminals and down conductors.

Anexo 7
Tubo difusor de entrada de produto em tanque
Fonte:
API STANDARD 650 TWELFTH EDITION, MARCH 2013
Welded Tanks for Oil Storage
H.5.6 Inlet Diffuser
Supply inlet diffusers if required on the Data Sheet (also see 5.8.11.2).
5.8.11.2 Inlet diffusers shall be provided when specified by the Purchaser or the floating roof manufacturer.
Traditional diffuser sizing to limit exit velocity to 3 ft/sec provides protection for tank internal components and reduces static electricity build up due to splashing and misting however does not limit static electricity build up in tanks due to higher velocity product flow in external inlet and outlet piping. See API 2003. Requirements shall be included in the Data Sheet (Table 4 or Table 5).



Anexo 8
Tanque de teto fixo com flutuante interno - Proteção contra eletricidade estática
Fonte:
BRITISH STANDARD BS EN 14015:2004
Specification for the design and manufacture of site built, vertical, cylindrical, flat-bottomed, above ground, welded, steel tanks for the storage of liquids at ambient temperature and above
Floating cover installed in a fixed roof tank.
C.3.3.5 Dissipation of static electricity
All covers shall be electrically conductive and meet the requirements of C.3.1.6.
In addition multistrand anti-static cables shall be installed between the cover and the tank shell to provide an electrical bond (see Figure C.1).



Key

1	Manhole with dip hatch	5	Bleeder vent	9	Manhole	13	Guide tube
2	Roof column	6	Roof column seal	10	Cover	14	Support legs
3	Tank gauge	7	Anti-static cable	11	Anti-rotation cable	15	Inlet pipe/diffuser
4	Peripheral seal	8	Dip funnel	12	Tank vent	16	Bottom reinforcing pads

Figure C.1 — Example of the installation of a typical floating cover in a fixed roof storage tank

A minimum of two anti-static cables shall be provided for tanks having a diameter less than or equal to 20 m and a minimum of four cables shall be provided for larger diameter tanks.

NOTE The anti-static cable should have a minimum cross-section of 3 mm².
The cables shall be attached to the upper surface of the cover and the storage tank roof and shall be fastened in such a way that they do not obstruct other equipment.
There shall be no obstruction above the cover surface which could interfere with these anti-static cables during up and down movement of the cover. Alternatively, spring loaded cable reels shall be used to keep the cables taut at all times.

Anexo 9
Tabela de análise do risco de geração e acumulação de energia eletrostática
Fonte:
NFPA 77 Recommended Practice on Static Electricity

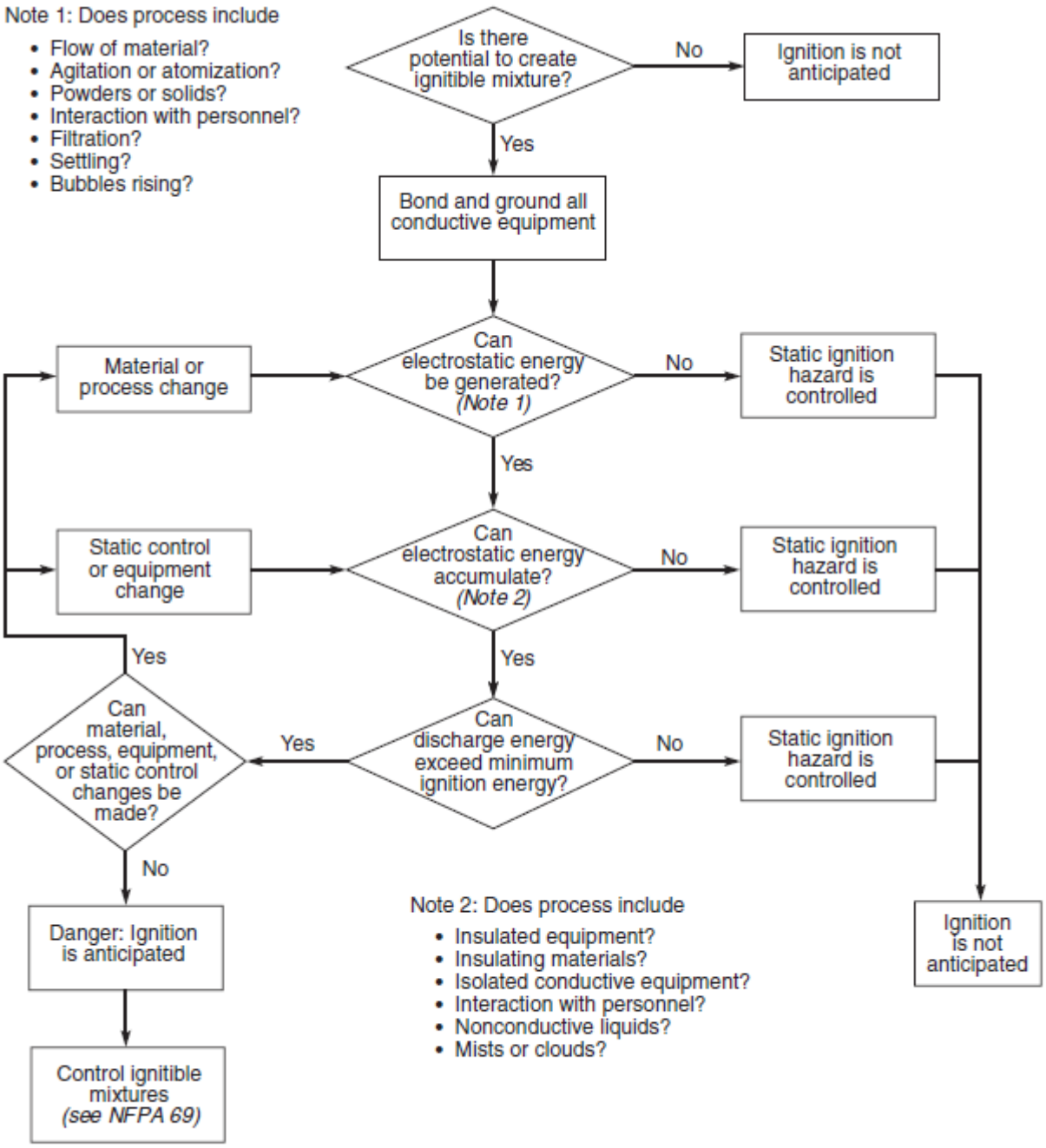


FIGURE 6.1.2 Flow Chart for Determining Static Electric Ignition Hazard.

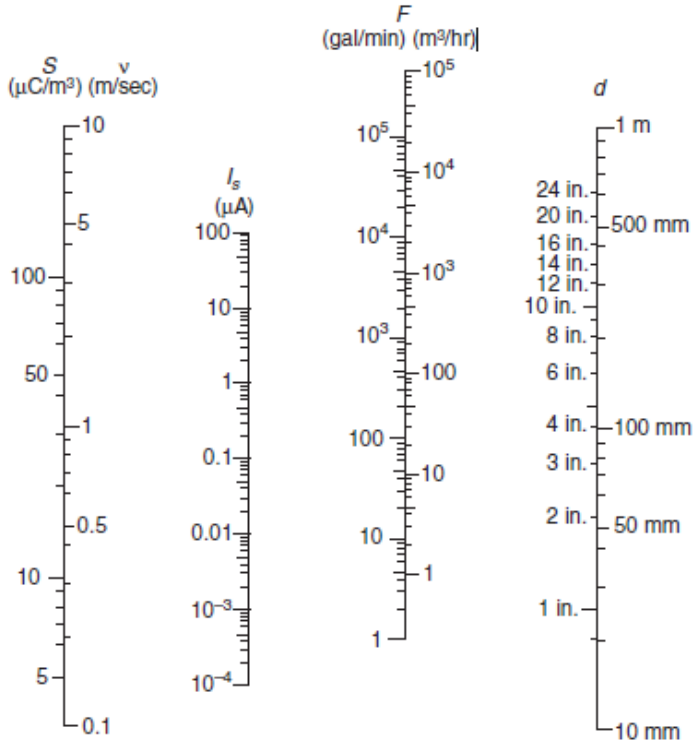
Anexo 10

Guia para estimativa da carga eletrostática gerada em líquidos não condutores de eletricidade

Fonte:

NFPA 77 Recommended Practice on Static Electricity

8.4.1.4 Figure 8.4.1.4(a) and Figure 8.4.1.4(b) provide guidance in estimating the charge on a nonconductive liquid flowing through a smooth pipe.



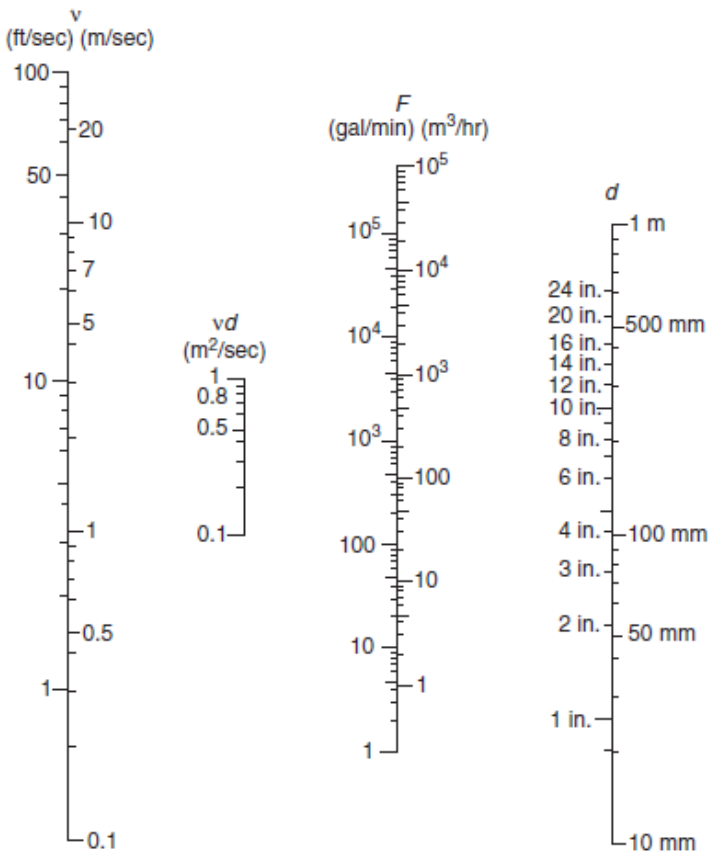
Notes:

(1) One straight line through the scales simultaneously solves the following:

$I_s = 2.5 \times 10^{-5}\, v^2 d^2$ $\quad S = 3.18 \times 10^{-5}\, v$ $\quad F = (\pi/4)\, v d^2$

(2) To convert from ft/sec to m/sec, multiply by 3.28; to convert from bbl/hr to m³/hr, multiply by 0.159.

FIGURE 8.4.1.4(a) Nomograph for Estimating Charge on Nonconductive Liquid Flowing Through a Smooth Pipe.
(Source: T. H. Pratt, Electrostatic Ignitions of Fires and Explosions, p. 112.)



Notes:
(1) One straight line through the scales solves the flow relation:

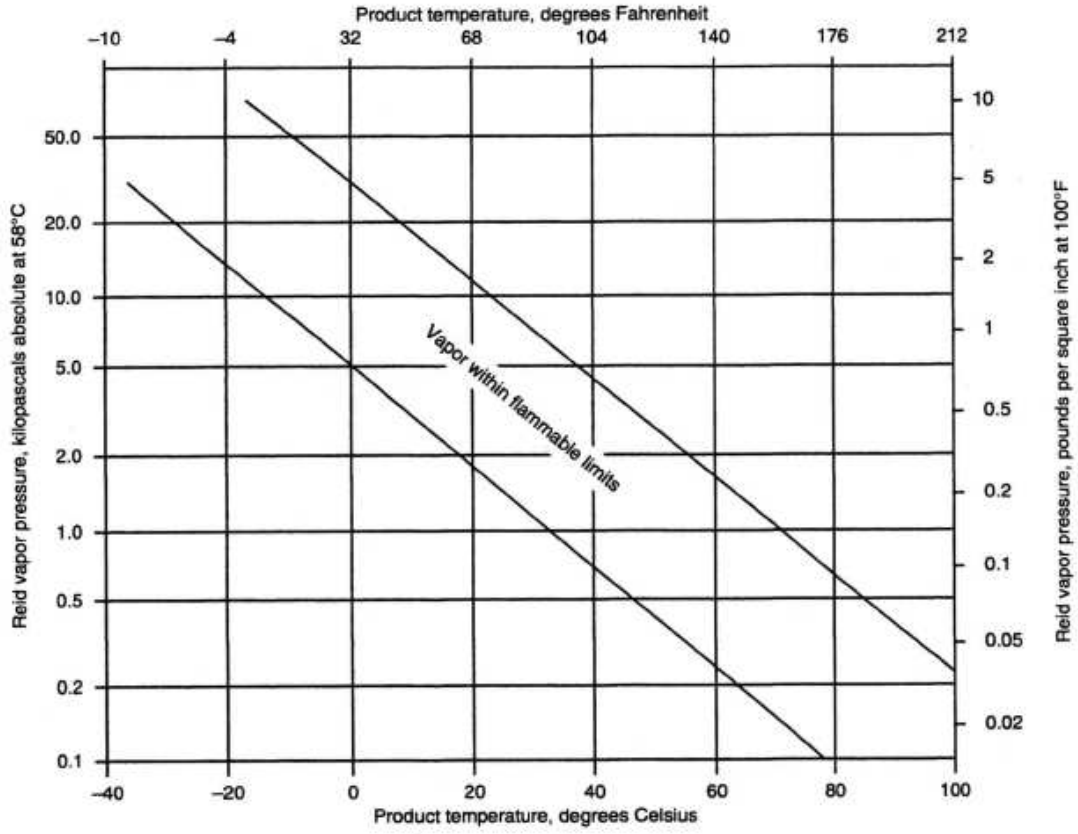
$$F = (\pi/4)\, v d^2$$

(2) To convert from bbl/hr to m^3/hr, multiply by 0.159.

FIGURE 8.4.1.4(b) Nomograph for Estimating Fluid Flow Parameters. ***(Source: T. H. Pratt, Electrostatic Ignitions of Fires and Explosions, p. 114.)***

4.1 Units. (Reserved)
4.2 Symbols. The following symbols are used throughout this recommended practice and are defined as follows:
d **= diameter (meters)**
Is **= streaming current (amperes)**
v = flow velocity (meters per second)

Anexo 11
Gráfico de inflamabilidade da mistura em função da temperatura e da pressão de vapor do produto
Fonte:
API RECOMMENDED PRACTICE 2003 SEVENTH EDITION, JANUARY 2008
Protection Against Ignitions Arising Out of Static, Lightning, and Stray Currents



Note: Caution should be exercised when dealing with conditions near the boundaries of this estimate since it is not necessarily conservative in all cases.

Figure 2—Approximate Relationship between Temperature, Reid Vapor Pressure, and the Flammability Limits of Petroleum Products at Sea Level