

CRITERIS RELATIUS A LES SALVAGUARDES TECNOLÒGIQUES PER MINIMITZAR LA POSSIBILITAT D'UNA BLEVE

ÍNDIX

	PÀG.
1. ANTECEDENTS.....	3
2. TRACTAMENT DE LA BLEVE A LES AR I AQR.....	4
2.1 Tractament a les AR.....	4
2.2 Tractament a les AQR.....	4
3. SUBSTÀNCIES SUSCEPTIBLES D'OCASIONAR UNA BLEVE.....	5
4. MÈTODES DE CÀLCUL DE CONSEQÜÈNCIES DEL FENOMEN BLEVE	6
5. EFECTO DÒMINO EN CAS DE BLEVE.....	8
6. SALVAGUARDES PER DESCARTAR EL TRENCAMENT DEL TANC FIX PER BLEVE.....	9
7. EXEMPLE D'APLICACIÓ.....	10

1. ANTECEDENTS

L'objectiu d'aquest document és determinar quines salvaguardes haurien de tenir les instal·lacions afectades per la legislació vigent en matèria d'accidents greus per poder descartar a les AR i a les AQR i per la seva baixa probabilitat (d'acord amb l'article 4.4.1 del RD 1196/2003) la possibilitat del trencament d'un tanc fix d'emmagatzematge com a conseqüència del fenomen BLEVE amb posterior bola de foc.

2. TRACTAMENT DE LA BLEVE A LES AR I AQR

2.1. Tractament a les AR

A les AR, pels tancs d'emmagatzematge es considera el trencament de la canonada de major diàmetre connectada a l'equip. En aquest cas depenent de la evolució de la fuga i de les salvaguardes existents recollides en els arbres d'esdeveniments, es pot produir el trencament de l'equip com conseqüència d'una BLEVE per ignició de la fuga i sotmetiment de l'equip a l'efecte de les flames. A l'AR es determinen les conseqüències d'aquest succés.

En l'apartat 6 d'aquest document s'indiquen quines salvaguardes haurien de ser presents a la instal·lació per tal de poder descartar el supòsit d'accident per la seva reduïda probabilitat.

2.2. Tractament a les AQR

En el BEVI 2009 el fenomen del BLEVE apareix com conseqüència de dos iniciadors: trencament catastròfic d'un equip amb un GLP (G1/G2 segons nomenclatura del PB) en el apartat 3.4.6.3 i la fuga d'una substància inflamable en el apartat 3.4.6.5, de tal forma que l'equip no es trenca com conseqüència de la BLEVE, com en l'apartat anterior, sinó que la BLEVE (fire ball) es conseqüència del trencament de l'equip. Tenint en compte que les salvaguardes plantejades en el punt 6 són per no considerar el trencament del equip per aquest fenomen, aquestes no aplicaran a l'esmentat supòsit de l'AQR. Només aplicaran en el cas en que l'AQR hagi plantejat un iniciador no genèric amb trencament de l'equip fix per BLEVE com conseqüència d'un incendi extern.

Es destaca també que el BEVI dona criteri respecte de la pressió de trencament d'un equip per BLEVE en el punt 3.3.6 i de la massa implicada en el punt 3.4.4, criteris que s'hauran de tenir en compte. Addicionalment, pel que fa al càlcul del risc social cal tenir en compte les especificitats del tractament que es dona a la BLEVE segons apartat 3.4.9.2.

Per últim, convé tenir en compte que les salvaguardes de l'apartat 6 tampoc apliquen a unitats de transport ni a l'AR ni a l'AQR.

3. SUBSTÀNCIES SUSCEPTIBLES D'OCASIONAR UNA BLEVE

A continuació es presenta una taula amb una llista de substàncies més comuns a la indústria química sobre les quals és raonable plantejar la hipòtesi de BLEVE-Bola de Foc. Són substàncies inflamables i que s'emmagatzemen en tancs a pressió. En aquesta llista no hi figuren les substàncies que no poden generar Bola de Foc perquè no són inflamables, substàncies que s'emmagatzemen en fase gas (età, etilè) o substàncies que s'emmagatzemen en tancs a molt baixa pressió o atmosfèrics (acetona, metanol).

Taula 1. Substàncies amb les que raonablement es podria plantejar hipòtesis de BLEVE

Substància	T _{límit} (K) sobreescalfament	P _{eq} (bar) a la T _{límit} sobreescalfament	T _c (K)	P _c (bar)
Propè (propilè)	325,4	21,5	365,6	46,3
Propà	326,0	18,1	369,8	42,1
Fluoroetà	290,1	7,2	375,3	50,1
Propí	356,8	23,9	402,4	56,2
2-metilpropà	360,8	15,5	408,1	36,2
Clorometà	366,6	27,9	416,2	58,8
2-metilpropè	369,6	16,9	417,9	39,8
1-butè	370,9	17,0	419,9	40,4
Butà	378,0	16,6	425,1	37,7
trans 2-butè	379,6	17,1	428,6	40,8
Cis 2-butè	385,4	17,9	435,6	42,4
1,3-butadiè	377,3	18,6	452,0	43,6
Cloroetà	374,1	13,0	460,3	54,6
Clorur d'etil	399,2	17,9	460,3	54,6
2-metilbutà	412,2	15,3	460,4	33,7
1-pentè	417,2	16,3	464,8	35,6
Dietil éter	420,2	16,7	466,7	36,4
Òxid d'etilè	417,5	32,2	469,1	72,6
2,3-dimetilbutà	446,2	13,7	499,9	31,3
Ciclopentè	451,4	20,9	507,0	48,1
Ciclopentà	456,8	20,0	511,8	45,0

T_c = Temperatura Crítica

P_c = Pressió Crítica

4. MÈTODES DE CàLCUL DE CONSEQÜÈNCIES DEL FENOMEN BLEVE

S'han comparat els mètodes de càlcul que empren el TNO i l'AICHe per determinar els efectes de radiació tèrmica, sobrepressió i projecció de fragments.

Es pot comprovar que pels efectes de **radiació tèrmica** els dos mètodes que proposen TNO i AICHe donen resultats molt similars, diferint principalment en el càlcul de l'alçada que assolirà la Bola de Foc. TNO considera que l'alçada del centre de la bola de foc serà igual al diàmetre i el AICHe estima l'alçada com a tres quartes parts del diàmetre.

Pel que respecta als efectes de **sobrepressió** l'AICHe adopta el mètode proposat per TNO (mètode *Baker*), per tant no hi ha diferències en aquest càlcul.

Pel càlcul de la **projecció de fragments** tant TNO com l'AICHe fan servir el mateix mètode però difereixen en el càlcul de la velocitat inicial del fragment.

El mètode que proposa l'AICHe utilitza una expressió de Moore pel càlcul de la velocitat inicial del fragment:

$$V_i = 2,05 \cdot \left(\frac{P \cdot D^3}{W} \right)^{1/2} \quad \text{equació 1}$$

on

- V_i és la velocitat del fragment [ft/s]
- P és la pressió de ruptura del recipient [psig]
- D és el diàmetre del fragment [in]
- W és la massa del fragment [lb]

En canvi TNO utilitza una expressió de Baum

$$V_i = \sqrt{\frac{2 \cdot A_{ke} \cdot E_{av}}{M_v}} \quad \text{equació 2}$$

on

- V_i és la velocitat inicial del fragment [m/s]
- E_{av} energia alliberada [J]
- M_v massa total del recipient buit [kg]
- A_{ke} fracció de l'energia alliberada que passa a energia cinètica del projectil, per a BLEVE pren un valor de 0,04 (adimensional)

Es recomana utilitzar el mètode de TNO implementat a partir de la versió del software Effects 7.0. i següents. El mètode assumeix, basant-se en un històric de casos reals, el fraccionament del recipient en poques peces i assigna un 4% de l'energia total alliberada a la BLEVE a la projecció d'aquests fragments.

5. EFFECTE DÒMINO EN CAS DE BLEVE

Efecte Dòmino degut a la radiació tèrmica

Donada la curta durada de la bola de foc del fenomen BLEVE, és difícil que només per radiació tèrmica es puguin danyar estructures i equips pesants i per tant concatenar altres accidents greus en estructures i altres equips situats ben a prop del recipient afectat per una BLEVE amb bola de foc. Per tant no cal tenir en compte la radiació tèrmica de la Bola de Foc com efecte dòmino.

Efecte Dòmino degut a la sobrepressió d'una BLEVE

El possible Efecte Dominó generat per la sobrepressió a causa d'una BLEVE afectaria a instal·lacions o altres recipients situats a tocar o molt a prop del recipient afectat. Les últimes versions del programa de càlcul de conseqüències Effects del TNO permeten calcular la sobrepressió que genera una BLEVE i per tant es podrà tenir en compte l'Efecte Dòmino per a la BLEVE.

Efecte Dòmino degut a la projecció de fragments generats per una BLEVE

Donada la gran aleatorietat que s'ha observat en els accidents ocorreguts, la única conclusió que es pot extreure és que hi ha sempre una petita fracció dels projectils que podrà assolir un abast important.

Les últimes versions del programa de càlcul de conseqüències Effects del TNO permeten calcular l'abast dels projectils que genera una BLEVE, no obstant, cal tenir en compte que tant el nombre de fragments com la seva grandària i forma no estan definits. Per tant no es considerarà l'efecte de la projecció de fragments a l'Efecte Dòmino.

6. SALVAGUARDES PER DESCARTAR EL TRENCAMENT DE TANC FIX PER BLEVE

Per poder descartar la possibilitat del trencament d'un equip, com a conseqüència del fenomen de la BLEVE, s'haurà de poder demostrar de forma clara el compliment **almenys de tres de les següents disposicions**.

6.1. **Sistema de ruixadors** de tota la superfície de l'equip, al dia de les obligacions que marca la legislació vigent, que proporcioni un cabal no inferior a 10 l/min.m² durant un temps no inferior a una hora.

6.2. **Cubeta de retenció a una distància** tal que en cas d'incendi no afectés en més de 8 kW/m² el tanc més proper. Les dimensions de la cubeta i canalitzacions associades hauran de tenir la capacitat suficient i demostrable per contenir el líquid remanent després d'un flash.

6.3. **Recobriment aïllant** que pugui retardar la generació de BLEVE en un temps superior a una hora, homologat per entitat de reconegut prestigi.

6.4. **Vàlvula de bloqueig en el fons de l'equip** a la línia principal de líquid resistent al foc durant més de 20 minuts, tant els elements motrius com la transmissió de senyals.

6.5. **Instal·lació de bombeig i emmagatzematge alternatiu** i procediment per buidar completament el tanc en menys de 10 minuts.

7. EXEMPLE D'APLICACIÓ

A continuació es proposa un exemple d'aplicació en relació a les salvaguardes mínimes necessàries d'una instal·lació afectada per la legislació vigent en matèria d'accidents greus, per poder descartar a l'AR i AQR la possibilitat de trencament d'un tanc fix d'emmagatzematge com conseqüència del fenomen BLEVE.

El criteri per descartar aquesta hipòtesi és que s'haurà de poder demostrar de forma clara el compliment almenys de tres salvaguardes de les llistades al punt 6.

Es considera un emplaçament que disposa d'una cubeta amb 2 dipòsits horitzontals de butà de 200 m³. que compleix tota la normativa vigent d'emmagatzematge de productes químics i/o petrolífers.

Aquesta instal·lació disposa de les següents salvaguardes:

- Sistema de ruixadors que garanteixen un cabal d'aigua sobre tot el dipòsit de 10 l/m²·min durant una hora.
- Cubeta de retenció a una distància tal que els dipòsits no rebran una radiació superior a 8 kW/m². Les dimensions de la cubeta i canalitzacions tenen capacitat suficient per contenir el líquid remanent després del flash.
- Vàlvula de bloqueig en el fons de l'equip a la línia principal de líquid, resistent al foc durant més de 20 minuts, tant els elements motrius com la transmissió de senyal.

D'acord amb el criteri fixat en el punt 6, la instal·lació disposa de 3 de les salvaguardes considerades, raó per la qual no serà necessari considerar la BLEVE en l'AR. Pel que fa a l'AQR s'haurà de considerar la bola de foc com conseqüència del trencament de l'equip.