

INDICE DE FUEGO Y EXPLOSIÓN

Unidad de proceso

Almacenamiento en celda de combustible de hidrógeno en vehículo

PRODUCTOS Y PROCESOS

Producto (s) en la unidad de proceso	Celda de combustible de hidrógeno
base para el factor de material	Hidrógeno
Tipo de operación	[X] Estacionario [] Carga combustible combu [] Operación

FACTOR DE MATERIAL (MF) 21

1.- RIESGOS GENERALES DEL PROCESO		PENALIZACIÓN	VALOR USADO
Factor base			1
A Reacciones químicas exotérmicas	(0,3 a 1,25)		0
B Reacciones químicas endotérmicas	(0,2 a 0,4)		0
C Manejo y conducción de productos	(0.25 a 1,05)		0,85
D Unidades encerradas o cubiertas	(0,25 a 0,9)		0,3
E Accesos	0,35		0,35
F Drenajes y control de derrames	(0.25 a 0,5)		0
F1 Factor de riesgos generales del proceso			2,5

2.- RIESGOS ESPECIALES DEL PROCESO		PENALIZACIÓN	VALOR USADO
Factor base			1
A Material(es) tóxico(s)	(0,2 a 0,8)		0
B Presión a vacío (< 500 mmHg)	0,5		0
C Operación cerca o dentro de Límites de inflamabilidad			
1 Grupos de tanques de almacenamiento de líquidos inflamables	0,5		0
2 Problema de proceso o fallo de purga	0,3		0
3 Siempre en el intervalo de inflamabilidad	0,8		0
D Explosión de polvo	(0,25 a 2)		0
E Presión [bar] P op= 700 P alivio=	Ec-1		1,5
F Baja temperatura	(0.3 a 0,5)		0
G Cantidad de producto inflamable o inestable			
Cantidad (kg)= 454 Calor de combustión (kj/kg)= 120.000			
1 Líquidos, gases y productos reactivos en proceso	Ec-2		0
2 Líquidos o gases en almacenamiento	Ec-3		0,2
3 Sólidos combustibles en almacenamiento	Ec-4		0
H Corrosión y erosión	(0,1 a 0,75)		0
I Fugas, juntas y cierres	(0,1 a 1,5)		0
J Uso de calentadores con llama	(0,1 a 0,75)		0
K Sistemas de aceite térmico	(0,1 a 1,5)		0
L Equipo rotativo	0,5		0
F2 Factor de riesgos especiales del proceso			2,7

Factor de riesgo de la unidad F1*F2 = F3 6,7

Indice de Fuego y explosión	139,7
Radio de Exposición	36

INDICE DE FUEGO Y EXPLOSIÓN

Unidad de proceso

Almacenamiento de tanque de diesel en vehículo

PRODUCTOS Y PROCESOS

Producto (s) en la unidad de proceso	Tanque de diesel
base para el factor de material	Diesel
Tipo de operación	[X] Estacionario [] Carga combustible combus [] Operación

FACTOR DE MATERIAL (MF)	10
1.- RIESGOS GENERALES DEL PROCESO	PENALIZACIÓN VALOR USADO
Factor base	1
A Reacciones químicas exotérmicas	(0,3 a 1,25) 0
B Reacciones químicas endotérmicas	(0,2 a 0,4) 0
C Manejo y conducción de productos	(0,25 a 1,05) 0,25
D Unidades encerradas o cubiertas	(0,25 a 0,9) 0,3
E Accesos	0,35 0,35
F Drenajes y control de derrames	(0,25 a 0,5) 0,25
F1 Factor de riesgos generales del proceso	2,15

2.- RIESGOS ESPECIALES DEL PROCESO	PENALIZACIÓN VALOR USADO
Factor base	1
A Material(es) tóxico(s)	(0,2 a 0,8) 0,2
B Presión a vacío (< 500 mmHg)	0,5 0
C Operación cerca o dentro de Límites de inflamabilidad	
1 Grupos de tanques de almacenamiento de líquidos inflamables	0,5 0
2 Problema de proceso o fallo de purga	0,3 0
3 Siempre en el intervalo de inflamabilidad	0,8 0
D Explosión de polvo	(0,25 a 2) 0
E Presión [bar] P op= 1,01 P alivio= Ec-1	0,0
F Baja temperatura	(0,3 a 0,5) 0
G Cantidad de producto inflamable o inestable	
Cantidad (kg)= 2996 Calor de combustión (kj/kg)= 43.100	
1 Líquidos, gases y productos reactivos en proceso	Ec-2 0
2 Líquidos o gases en almacenamiento	Ec-3 0,4
3 Sólidos combustibles en almacenamiento	Ec-4 0
H Corrosión y erosión	(0,1 a 0,75) 0,1
I Fugas, juntas y cierres	(0,1 a 1,5) 0,1
J Uso de calentadores con llama	(0,1 a 0,75) 0
K Sistemas de aceite térmico	(0,1 a 1,5) 0
L Equipo rotativo	0,5 0
F2 Factor de riesgos especiales del proceso	1,8
Factor de riesgo de la unidad F1*F2 = F3	4,0
Indice de Fuego y explosión	39,6

Radio de Exposición	10

INDICE DE FUEGO Y EXPLOSIÓN

Unidad de proceso

Almacenamiento de tanque de diesel en vehículo

PRODUCTOS Y PROCESOS

Producto (s) en la unidad de proceso	Tanque de gas natural
base para el factor de material	Gas natural
Tipo de operación ☒ Estacionario ☐ Carga combustible combi ☐ Operación	

FACTOR DE MATERIAL (MF)	21
1.- RIESGOS GENERALES DEL PROCESO	PENALIZACIÓN VALOR USADO
Factor base	1
A Reacciones químicas exotérmicas	(0,3 a 1,25) 0
B Reacciones químicas endotérmicas	(0,2 a 0,4) 0
C Manejo y conducción de productos	(0.25 a 1,05) 0,85
D Unidades encerradas o cubiertas	(0,25 a 0,9) 0,3
E Accesos	0,35 0,35
F Drenajes y control de derrames	(0.25 a 0,5) 0
F1 Factor de riesgos generales del proceso	2,5

2.- RIESGOS ESPECIALES DEL PROCESO	PENALIZACIÓN VALOR USADO
Factor base	1
A Material(es) tóxico(s)	(0,2 a 0,8) 0,2
B Presión a vacío (< 500 mmHg)	0,5 0
C Operación cerca o dentro de Límites de inflamabilidad	
1 Grupos de tanques de almacenamiento de líquidos inflamables	0,5 0
2 Problema de proceso o fallo de purga	0,3 0
3 Siempre en el intervalo de inflamabilidad	0,8 0
D Explosión de polvo	(0,25 a 2) 0
E Presión [bar] P op= 250 P alivio=	Ec-1 1,3
F Baja temperatura	(0.3 a 0,5) 0
G Cantidad de producto inflamable o inestable	
Cantidad (kg)= 2088 Calor de combustión (kj/kg)= 46.600	
1 Líquidos, gases y productos reactivos en proceso	Ec-2 0
2 Líquidos o gases en almacenamiento	Ec-3 0,4
3 Sólidos combustibles en almacenamiento	Ec-4 0
H Corrosión y erosión	(0,1 a 0,75) 0
I Fugas, juntas y cierres	(0,1 a 1,5) 0
J Uso de calentadores con llama	(0,1 a 0,75) 0
K Sistemas de aceite térmico	(0,1 a 1,5) 0
L Equipo rotativo	0,5 0
F2 Factor de riesgos especiales del proceso	2,8
Factor de riesgo de la unidad F1*F2 = F3	7,0
Indice de Fuego y explosión	147,4



INDICE DE FUEGO Y EXPLOSIÓN		
Unidad de proceso		
Almacenamiento en celda de combustible de hidrógeno en vehículo		
PRODUCTOS Y PROCESOS		
Producto (s) en la unidad de proceso	Celda de combustible de hidrógeno	
base para el factor de material	Hidrógeno	
Tipo de operación [] Estacionario [X] Carga combustible combi [] Operación		
FACTOR DE MATERIAL (MF)		21
1.- RIESGOS GENERALES DEL PROCESO		PENALIZACIÓN VALOR USADO
Factor base		1
A Reacciones químicas exotérmicas	(0,3 a 1,25)	0
B Reacciones químicas endotérmicas	(0,2 a 0,4)	0
C Manejo y conducción de productos	(0,25 a 1,05)	0,85
D Unidades encerradas o cubiertas	(0,25 a 0,9)	0,3
E Accesos	0,35	0,35
F Drenajes y control de derrames	(0,25 a 0,5)	0
F1 Factor de riesgos generales del proceso		2,5
2.- RIESGOS ESPECIALES DEL PROCESO		PENALIZACIÓN VALOR USADO
Factor base		1
A Material(es) tóxico(s)	(0,2 a 0,8)	0
B Presión a vacío (< 500 mmHg)	0,5	0
C Operación cerca o dentro de Límites de inflamabilidad		
1 Grupos de tanques de almacenamiento de líquidos inflamables	0,5	0
2 Problema de proceso o fallo de purga	0,3	0,3
3 Siempre en el intervalo de inflamabilidad	0,8	0
D Explosión de polvo	(0,25 a 2)	0
E Presión [bar] P op= 700 P alivio=	Ec-1	1,5
F Baja temperatura	(0,3 a 0,5)	0
G Cantidad de producto inflamable o inestable		
Cantidad (kg)= 454 Calor de combustión (kj/kg)=	120.000	
1 Líquidos, gases y productos reactivos en proceso	Ec-2	0,7
2 Líquidos o gases en almacenamiento	Ec-3	0
3 Sólidos combustibles en almacenamiento	Ec-4	0
H Corrosión y erosión	(0,1 a 0,75)	0
I Fugas, juntas y cierres	(0,1 a 1,5)	0
J Uso de calentadores con llama	(0,1 a 0,75)	0
K Sistemas de aceite térmico	(0,1 a 1,5)	0
L Equipo rotativo	0,5	0
F2 Factor de riesgos especiales del proceso		3,4
Factor de riesgo de la unidad F1*F2 = F3		8,6
Índice de Fuego y explosión		180,6
Radio de Exposición		46

INDICE DE FUEGO Y EXPLOSIÓN

Unidad de proceso

Almacenamiento de tanque de diesel en vehículo

PRODUCTOS Y PROCESOS

Producto (s) en la unidad de proceso	Tanque de diesel
base para el factor de material	Diesel
Tipo de operación	[] Estacionario [X] Carga combustible comb [] Operación

FACTOR DE MATERIAL (MF)	10
1.- RIESGOS GENERALES DEL PROCESO	PENALIZACIÓN VALOR USADO
Factor base	1
A Reacciones químicas exotérmicas	(0,3 a 1,25) 0
B Reacciones químicas endotérmicas	(0,2 a 0,4) 0
C Manejo y conducción de productos	(0,25 a 1,05) 0,25
D Unidades encerradas o cubiertas	(0,25 a 0,9) 0,3
E Accesos	0,35 0,35
F Drenajes y control de derrames	(0.25 a 0,5) 0,25
F1 Factor de riesgos generales del proceso	2,15

2.- RIESGOS ESPECIALES DEL PROCESO	PENALIZACIÓN VALOR USADO
Factor base	1
A Material(es) tóxico(s)	(0,2 a 0,8) 0,2
B Presión a vacío (< 500 mmHg)	0,5 0
C Operación cerca o dentro de Límites de inflamabilidad	
1 Grupos de tanques de almacenamiento de líquidos inflamables	0,5 0
2 Problema de proceso o fallo de purga	0,3 0,3
3 Siempre en el intervalo de inflamabilidad	0,8 0
D Explosión de polvo	(0,25 a 2) 0
E Presión [bar] P op= 1,01 P alivio=	Ec-1 0,0
F Baja temperatura	(0.3 a 0,5) 0
G Cantidad de producto inflamable o inestable	
Cantidad (kg)= 2996 Calor de combustión (kj/kg)= 43.100	
1 Líquidos, gases y productos reactivos en proceso	Ec-2 0,7
2 Líquidos o gases en almacenamiento	Ec-3 0,0
3 Sólidos combustibles en almacenamiento	Ec-4 0
H Corrosión y erosión	(0,1 a 0,75) 0,1
I Fugas, juntas y cierres	(0,1 a 1,5) 0,3
J Uso de calentadores con llama	(0,1 a 0,75) 0
K Sistemas de aceite térmico	(0,1 a 1,5) 0
L Equipo rotativo	0,5 0
F2 Factor de riesgos especiales del proceso	2,6
Factor de riesgo de la unidad F1*F2 = F3	5,7
Indice de Fuego y explosión	56,7

Radio de Exposición

15



INDICE DE FUEGO Y EXPLOSIÓN

Unidad de proceso

Almacenamiento de tanque de diesel en vehículo

PRODUCTOS Y PROCESOS

Producto (s en la unidad de proceso	Tanque de gas natural
base para el factor de material	Gas natural
Tipo de operación	[] Estacionario [X] Carga combustible combu [] Operación

FACTOR DE MATERIAL (MF)	21
1.- RIESGOS GENERALES DEL PROCESO	PENALIZACIÓN VALOR USADO
Factor base	1
A Reacciones químicas exotérmicas	(0,3 a 1,25) 0
B Reacciones químicas endotérmicas	(0,2 a 0,4) 0
C Manejo y conducción de productos	(0,25 a 1,05) 0,85
D Unidades encerradas o cubiertas	(0,25 a 0,9) 0,3
E Accesos	0,35 0,35
F Drenajes y control de derrames	(0,25 a 0,5) 0
F1 Factor de riesgos generales del proceso	2,5

2.- RIESGOS ESPECIALES DEL PROCESO	PENALIZACIÓN VALOR USADO
Factor base	1
A Material(es) tóxico(s)	(0,2 a 0,8) 0,2
B Presión a vacío (< 500 mmHg)	0,5 0
C Operación cerca o dentro de Límites de inflamabilidad	
1 Grupos de tanques de almacenamiento de líquidos inflamables	0,5 0
2 Problema de proceso o fallo de purga	0,3 0,3
3 Siempre en el intervalo de inflamabilidad	0,8 0
D Explosión de polvo	(0,25 a 2) 0
E Presión [bar] P op= 250 P alivio=	Ec-1 1,3
F Baja temperatura	(0,3 a 0,5) 0
G Cantidad de producto inflamable o inestable	
Cantidad (kg)= 2088 Calor de combustión (kj/kg)= 46.600	
1 Líquidos, gases y productos reactivos en proceso	Ec-2 0,7
2 Líquidos o gases en almacenamiento	Ec-3 0
3 Sólidos combustibles en almacenamiento	Ec-4 0
H Corrosión y erosión	(0,1 a 0,75) 0
I Fugas, juntas y cierres	(0,1 a 1,5) 0
J Uso de calentadores con llama	(0,1 a 0,75) 0
K Sistemas de aceite térmico	(0,1 a 1,5) 0
L Equipo rotativo	0,5 0
F2 Factor de riesgos especiales del proceso	3,5
Factor de riesgo de la unidad	F1*F2 = F3 8,6
Indice de Fuego y explosión	181,6



INDICE DE FUEGO Y EXPLOSIÓN

Unidad de proceso

Almacenamiento en celda de combustible de hidrógeno en vehículo

PRODUCTOS Y PROCESOS

Producto (s) en la unidad de proceso	Celda de combustible de hidrógeno
base para el factor de material	Hidrógeno
Tipo de operación	[] Estacionario [] Carga combustible combu [X] Operación

FACTOR DE MATERIAL (MF)			21
1.- RIESGOS GENERALES DEL PROCESO		PENALIZACIÓN	VALOR USADO
Factor base			1
A Reacciones químicas exotérmicas		(0,3 a 1,25)	0
B	Reacciones químicas endotérmicas	(0,2 a 0,4)	0,2
C Manejo y conducción de productos		(0.25 a 1,05)	0,85
D	Unidades encerradas o cubiertas	(0,25 a 0,9)	0,3
E Accesos		0,35	0,35
F	Drenajes y control de derrames	(0.25 a 0,5)	0
F1	Factor de riesgos generales del proceso		2,7

2.- RIESGOS ESPECIALES DEL PROCESO	PENALIZACIÓN	VALOR USADO
Factor base		1
A Material(es) tóxico(s)	(0,2 a 0,8)	0
B Presión a vacío (< 500 mmHg)	0,5	0
C Operación cerca o dentro de Límites de inflamabilidad		
1 Grupos de tanques de almacenamiento de líquidos inflamables	0,5	0
2 Problema de proceso o fallo de purga	0,3	0,3
3 Siempre en el intervalo de inflamabilidad	0,8	0
D Explosión de polvo	(0,25 a 2)	0
E Presión [bar] P op= 700 P alivio=	Ec-1	1,5
F Baja temperatura	(0.3 a 0,5)	0
G Cantidad de producto inflamable o inestable		
Cantidad (kg)= 454 Calor de combustión (kj/kg)= 120.000		
1 Líquidos, gases y productos reactivos en proceso	Ec-2	0,7
2 Líquidos o gases en almacenamiento	Ec-3	0
3 Sólidos combustibles en almacenamiento	Ec-4	0
H Corrosión y erosión	(0,1 a 0,75)	0
I Fugas, juntas y cierres	(0,1 a 1,5)	0
J Uso de calentadores con llama	(0,1 a 0,75)	0
K Sistemas de aceite térmico	(0,1 a 1,5)	0
L Equipo rotativo	0,5	0
F2 Factor de riesgos especiales del proceso		3,4
Factor de riesgo de la unidad	F1*F2 = F3	9,3

Indice de Fuego y explosión	195,1
Radio de Exposición	50

INDICE DE FUEGO Y EXPLOSIÓN

Unidad de proceso

Almacenamiento de tanque de diesel en vehículo

PRODUCTOS Y PROCESOS

Producto (s) en la unidad de proceso	Tanque de diesel
base para el factor de material	Diesel
Tipo de operación	☐ Estacionario ☐ Carga combustible combu ☒ Operación

FACTOR DE MATERIAL (MF)	10
1.- RIESGOS GENERALES DEL PROCESO	PENALIZACIÓN VALOR USADO
Factor base	1
A Reacciones químicas exotérmicas	(0,3 a 1,25) 0
B Reacciones químicas endotérmicas	(0,2 a 0,4) 0,4
C Manejo y conducción de productos	(0,25 a 1,05) 0,25
D Unidades encerradas o cubiertas	(0,25 a 0,9) 0,3
E Accesos	0,35 0,35
F Drenajes y control de derrames	(0,25 a 0,5) 0,25
F1 Factor de riesgos generales del proceso	2,55

2.- RIESGOS ESPECIALES DEL PROCESO	PENALIZACIÓN VALOR USADO
Factor base	1
A Material(es) tóxico(s)	(0,2 a 0,8) 0,2
B Presión a vacío (< 500 mmHg)	0,5 0
C Operación cerca o dentro de Límites de inflamabilidad	
1 Grupos de tanques de almacenamiento de líquidos inflamables	0,5 0
2 Problema de proceso o fallo de purga	0,3 0,3
3 Siempre en el intervalo de inflamabilidad	0,8 0
D Explosión de polvo	(0,25 a 2) 0
E Presión [bar] P op= 1,01 P alivio=	Ec-1 0,0
F Baja temperatura	(0,3 a 0,5) 0
G Cantidad de producto inflamable o inestable	
Cantidad (kg)= 2996 Calor de combustión (kj/kg)= 43.100	
1 Líquidos, gases y productos reactivos en proceso	Ec-2 0,7
2 Líquidos o gases en almacenamiento	Ec-3 0,0
3 Sólidos combustibles en almacenamiento	Ec-4 0
H Corrosión y erosión	(0,1 a 0,75) 0,1
I Fugas, juntas y cierres	(0,1 a 1,5) 0,1
J Uso de calentadores con llama	(0,1 a 0,75) 0
K Sistemas de aceite térmico	(0,1 a 1,5) 0
L Equipo rotativo	0,5 0
F2 Factor de riesgos especiales del proceso	2,4

Factor de riesgo de la unidad	F1*F2 = F3	6,2
Indice de Fuego y explosión		62,1

Radio de Exposición	16
----------------------------	-----------

INDICE DE FUEGO Y EXPLOSIÓN

Unidad de proceso

Almacenamiento de tanque de diesel en vehículo

PRODUCTOS Y PROCESOS

Producto (s) en la unidad de proceso	Tanque de gas natural
base para el factor de material	Gas natural
Tipo de operación ☐ Estacionario ☐ Carga combustible combu ☒ Operación	

FACTOR DE MATERIAL (MF)	21
1.- RIESGOS GENERALES DEL PROCESO	PENALIZACIÓN VALOR USADO
Factor base	1
A Reacciones químicas exotérmicas	(0,3 a 1,25) 0
B Reacciones químicas endotérmicas	(0,2 a 0,4) 0,4
C Manejo y conducción de productos	(0,25 a 1,05) 0,85
D Unidades encerradas o cubiertas	(0,25 a 0,9) 0,6
E Accesos	0,35 0,35
F Drenajes y control de derrames	(0,25 a 0,5) 0
F1 Factor de riesgos generales del proceso	3,2

2.- RIESGOS ESPECIALES DEL PROCESO	PENALIZACIÓN VALOR USADO
Factor base	1
A Material(es) tóxico(s)	(0,2 a 0,8) 0,2
B Presión a vacío (< 500 mmHg)	0,5 0
C Operación cerca o dentro de Límites de inflamabilidad	
1 Grupos de tanques de almacenamiento de líquidos inflamables	0,5 0
2 Problema de proceso o fallo de purga	0,3 0,3
3 Siempre en el intervalo de inflamabilidad	0,8 0
D Explosión de polvo	(0,25 a 2) 0
E Presión [bar] P op= 250 P alivio= Ec-1	1,3
F Baja temperatura	(0,3 a 0,5) 0
G Cantidad de producto inflamable o inestable	
Cantidad (kg)= 2088 Calor de combustión (kj/kg)= 46.600	
1 Líquidos, gases y productos reactivos en proceso	Ec-2 0,7
2 Líquidos o gases en almacenamiento	Ec-3 0,0
3 Sólidos combustibles en almacenamiento	Ec-4 0
H Corrosión y erosión	(0,1 a 0,75) 0
I Fugas, juntas y cierres	(0,1 a 1,5) 0
J Uso de calentadores con llama	(0,1 a 0,75) 0
K Sistemas de aceite térmico	(0,1 a 1,5) 0
L Equipo rotativo	0,5 0
F2 Factor de riesgos especiales del proceso	3,5
Factor de riesgo de la unidad F1*F2 = F3	11,1
Indice de Fuego y explosión	232,4

Radio de Exposición	60

ECUACIONES

Ec-1 Cálculo de penalización para la presión de operación

$y = 0,435 \log P$	P: Presión absoluta [bar]
	Y: Penalización

Corregir multiplicando por	Para
0,7	líquidos viscosos
1,2	gases comprimidos
1,3	gases licuados inflamables

Ec-2 Cálculo de penalización para la cantidad de material inflamable en proceso

$\log y = 0,305 \log [e \cdot Q - 2,965]$	e: calor de combustión kJ/kg
	Q: Cantidad de material inflamable Kg
	Y: Penalización

Ec-3 Cálculo de penalización para gas licuado presurizado en almacenamiento

$y = \sqrt{185 \left[\log e \cdot Q \cdot 10^{-9} \right]^2 - 11.45}$	e: calor de combustión kJ/kg
	Q: Cantidad de material inflamable Kg
	Y: Penalización

Ec-4 Cálculo de penalización para líquidos inflamables en almacenamiento

$y = \sqrt{55 - \left[\log e \cdot Q \cdot 10^{-9} \right]^2 - 6.4}$	e: calor de combustión kJ/kg
	Q: Cantidad de material inflamable Kg
	Y: Penalización

Material	Factor material
H2	21
GN	21
Diésel	10

	F1		
	Estacionad	Carga	Operación
H2	2,50	2,50	2,70
GN	2,50	2,50	3,20
Diésel	2,15	2,15	2,55

	F2		
	Estacionad	Carga	Operación
H2	2,66	3,44	3,44
GN	2,81	3,46	3,46
Diésel	1,84	2,64	2,44

	F&EI Dow		
	Estacionado	Carga combustible	Operación
H2	140	181	195
GN	147	182	232
Diésel	40	57	62

Rango	Grado de Peligro		
1 a 60	Liviano		
61-96	Intermedio		
97-158	Fuerte		
>159	Severo		

	Radio de Exposición		
	Estacionado	Carga combustible	Operación
H2	35,75	46,24	49,93
GN	37,73	46,49	59,51
Diésel	10,14	14,51	15,90

