

PRIMERAS JORNADAS REGIONALES DE HIGIENE Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO *PARANÁ. ENTRE RÍOS*



RIESGOS DE EXPLOSIONES EN PLANTA DE SILOS

“El Albañil Herido” de Goya (1786-1788)

La Obra presenta a dos hombres que, entristecidos, transportan en brazos a un colega que, presumiblemente, se ha caído del andamio que se aprecia en último término.

De este período data un real decreto de Carlos III para prever los accidentes de trabajo en la construcción y habilitar ayudas para los accidentados. El decreto exigía daños y perjuicios al maestro de obras en caso de accidente, establecía normas para la prudente elevación de andamios, amenazaba con cárcel y fuertes multas en caso de negligencia y señalaba ayudas económicas a los damnificados y a sus familias.





1933-1937

Se innovó en el uso de redes de seguridad, además, en el uso de casco y el cable de seguridad. De 11 hombres muertos por caídas durante la construcción, 10 murieron (cuando el puente estaba cerca de terminar) cuando la red cedió bajo la presión de un andamio que se había caído; otros 19 fueron salvados por esta red a lo largo de la construcción. El costo de la red fue de 0,40%.

**Explosión de Azúcar en Polvo
Imperial Sugar - Georgia – EEUU (2008)**



Explosiones de Polvo en Argentina

Fecha	Empresa	Lugar	Muertos
Marzo 1977	Junta Nacional de Granos	Terminal Ingeniero White. Bahía Blanca	1
Octubre 1977	Junta Nacional de Granos	Terminal Ingeniero White. Bahía Blanca	3
1985	Junta Nacional de Granos	Terminal Ingeniero White. Bahía Blanca	22
1988	-----	General Lagos, Santa Fe	1
1990	Genaro García	Terminal Puerto Rosario	10
1995	Molino Argentino	CABA	3
Octubre 2001	Toepfer	Pto. Gral. San Martín, Santa Fe	3
Abril 2002	ACA	San Lorenzo, Santa Fe	3



Two scenes (above and far right) from the ACA San Lorenzo Terminal explosion in Argentina in 2002. This explosion killed three people and injured nineteen.



The Toepfer Puerto San Martín explosion in Santa Fe, Argentina in 2001 started with a primary explosion that caused chain-reaction second and third explosions.



Legislación y Normativa Aplicable

Decreto 351/79. Reglamentario de la Ley sobre Higiene y Seguridad en el Trabajo.

Anexo I: Arts. 99, 101, 145, 147, 149, 162 y 169

Anexo VI: puntos 3.4 y 3.6

Anexo VII: punto 1.5.1

Punto 3.1 Anexo VI. Características Constructivas

Se cumplimentará lo dispuesto en la Reglamentación para la ejecución de instalaciones eléctricas en inmuebles, de la Asociación Argentina de Electrotécnicos.

Para la instalación de líneas aéreas y subterráneas, se seguirán las directivas de las Reglamentaciones para líneas eléctricas aéreas y exteriores en general de la citada asociación.

Los materiales, equipos y aparatos eléctricos que se utilicen, estarán contruidos de acuerdo a normas nacionales o internacionales vigentes.

90364. Reglamento para la Ejecución de Instalaciones Eléctricas en Inmuebles de la AEA.

95101. Reglamentación sobre Líneas Subterráneas Exteriores de Energía y Telecomunicaciones.

95201. Reglamentación de Líneas Aéreas Exteriores de Baja Tensión.

95301. Reglamentación de Líneas Aéreas Exteriores de Media Tensión y Alta Tensión.

29 CFR 1910.272 “Grain handling facilities” de los EEUU.

Directiva 1999/92/CE del Parlamento Europeo. Disposiciones mínimas para la mejora de la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas.

NTP 29 INSHT: Instalaciones de recogida de polvos combustibles. Control del riesgo de explosión (España).

IRAM-IEC 1241-3. Materiales eléctricos para uso en presencia de polvos combustibles. Parte 3: Clasificación de áreas donde están o pueden estar presentes polvos combustibles.

IEC 6141-3 (Comisión Electrotécnica Internacional). Electrical apparatus for use in the presence of combustible dust. Part 3: Classification of areas where combustible dust are or may be present.

NFPA 61. Standard for the Prevention of Fires and Dust Explosions in Agricultural and Food Products Facilities.

Que es una Explosión?

Liberación

Gas

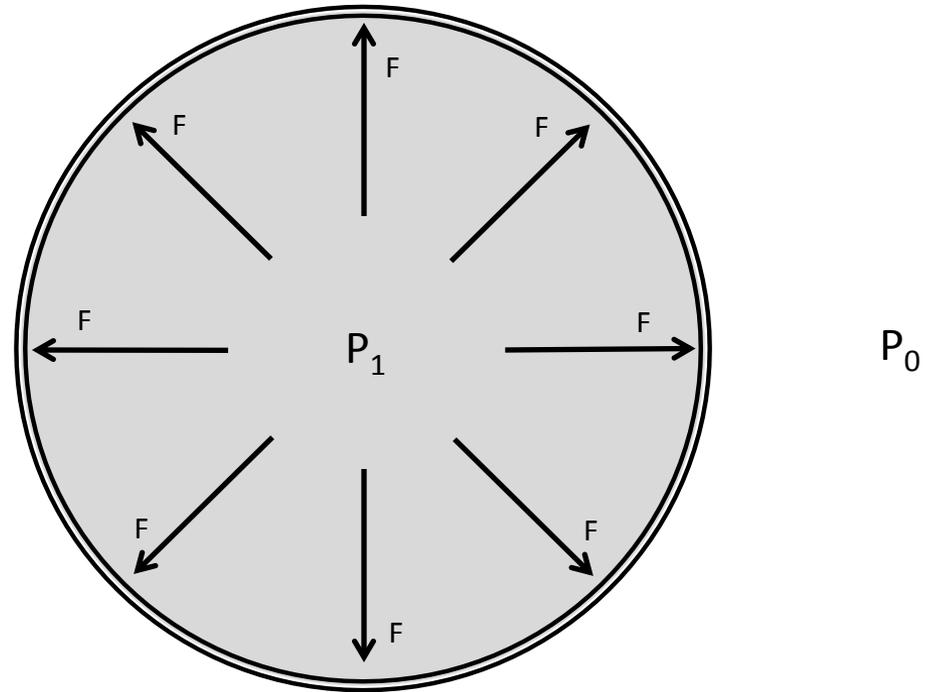
Alta Presión

Ambiente

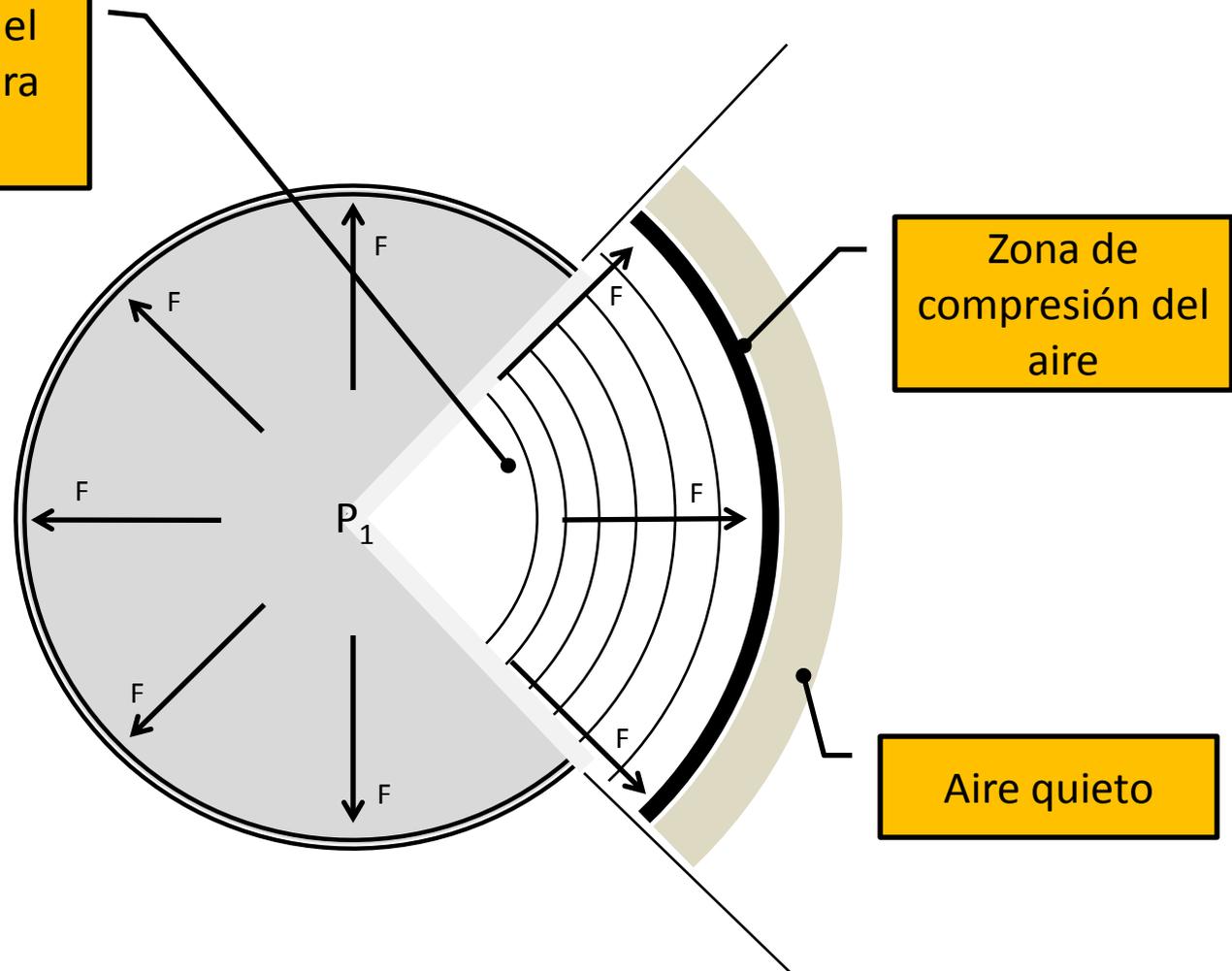
Súbita



$$P_1 \gg P_0$$

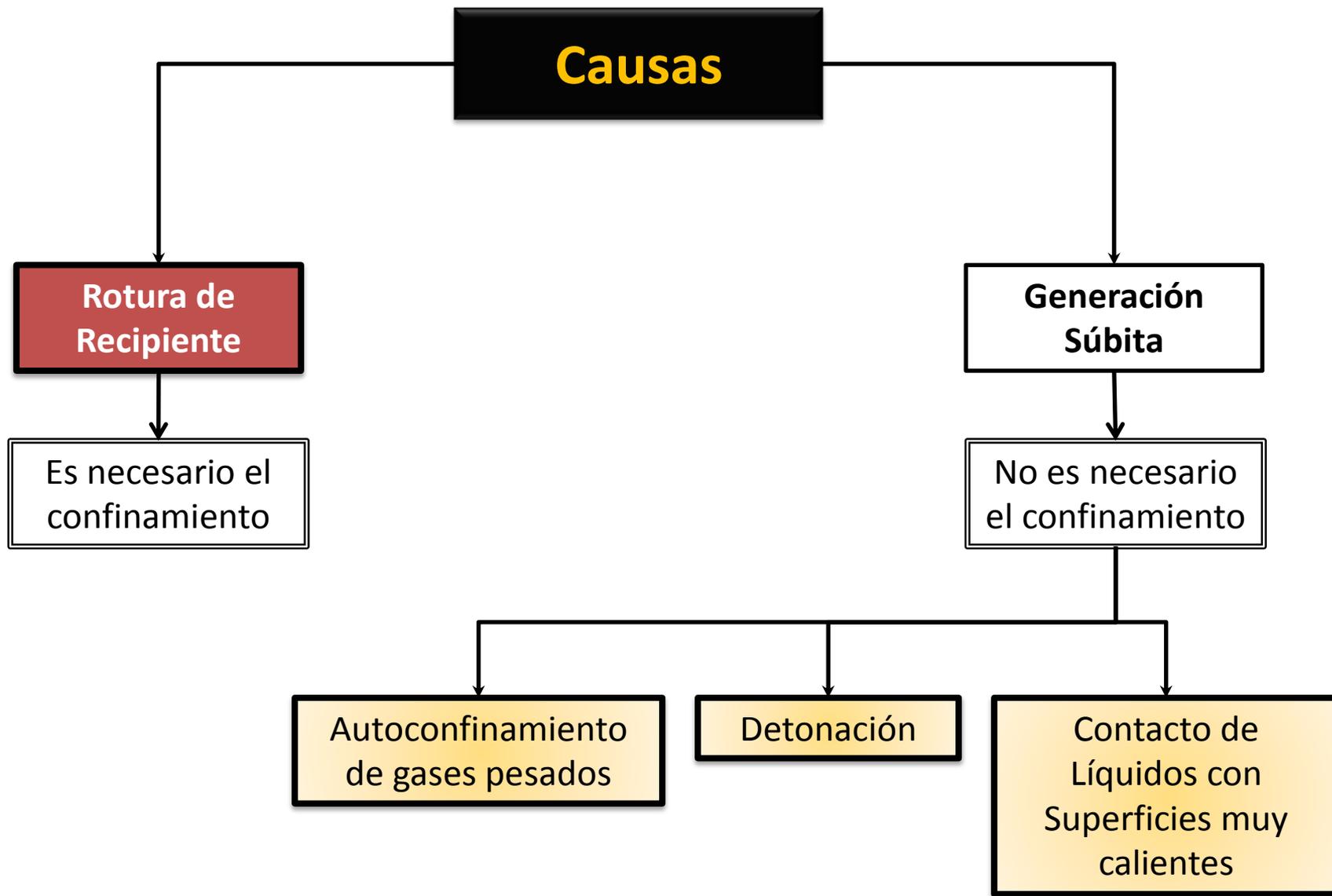


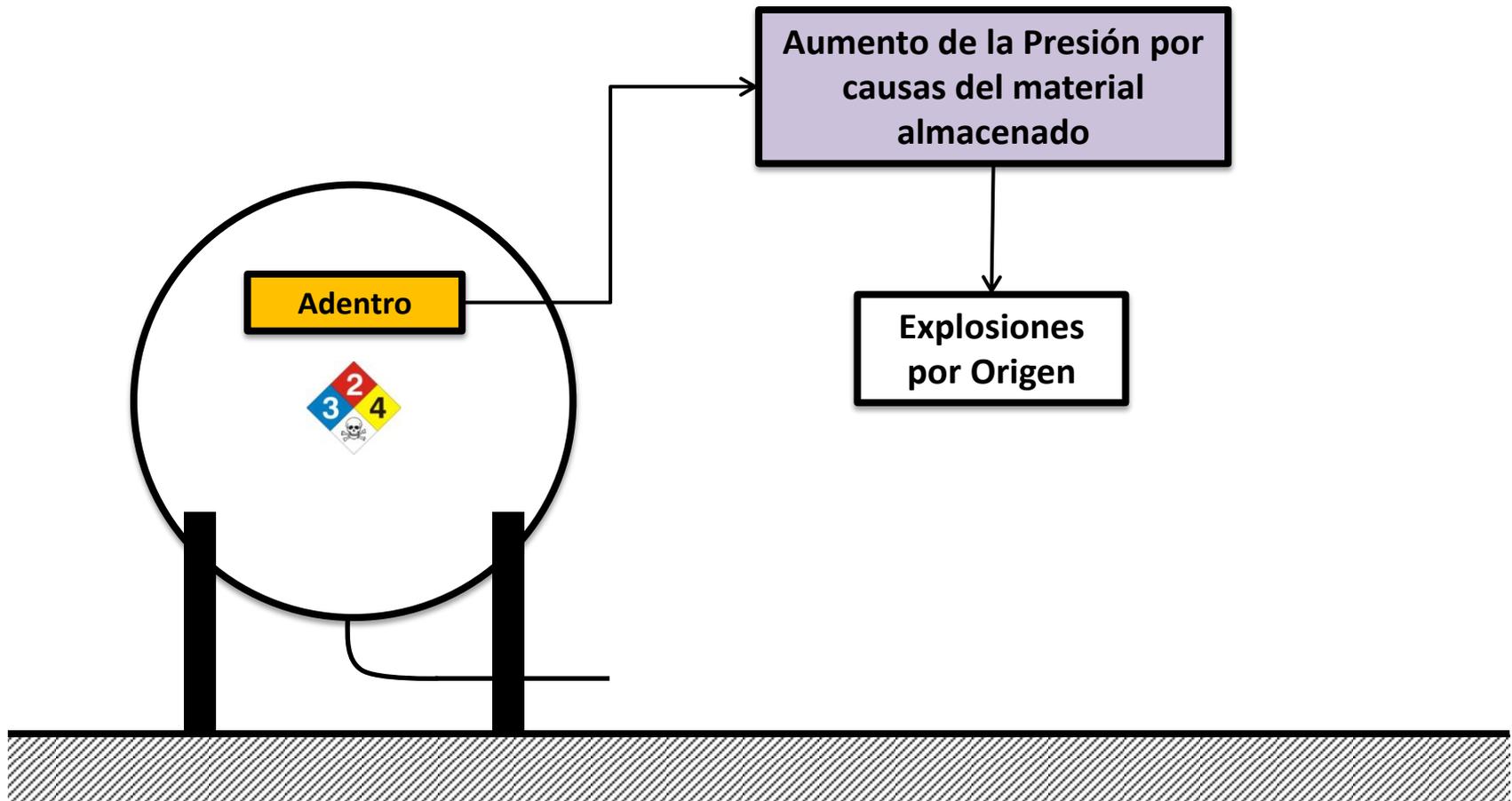
Gas que se expande en el medio ambiente y genera una **onda de presión**

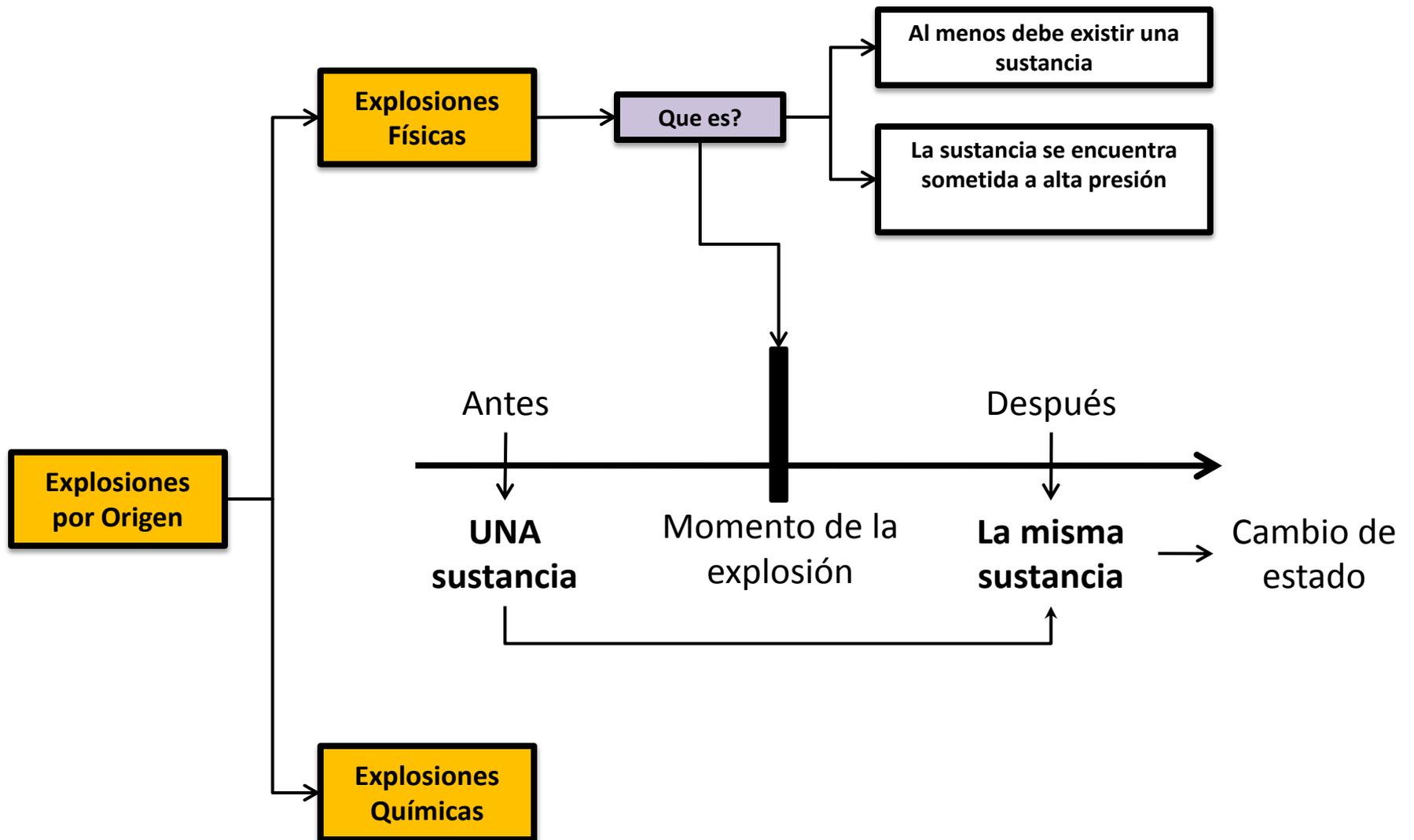


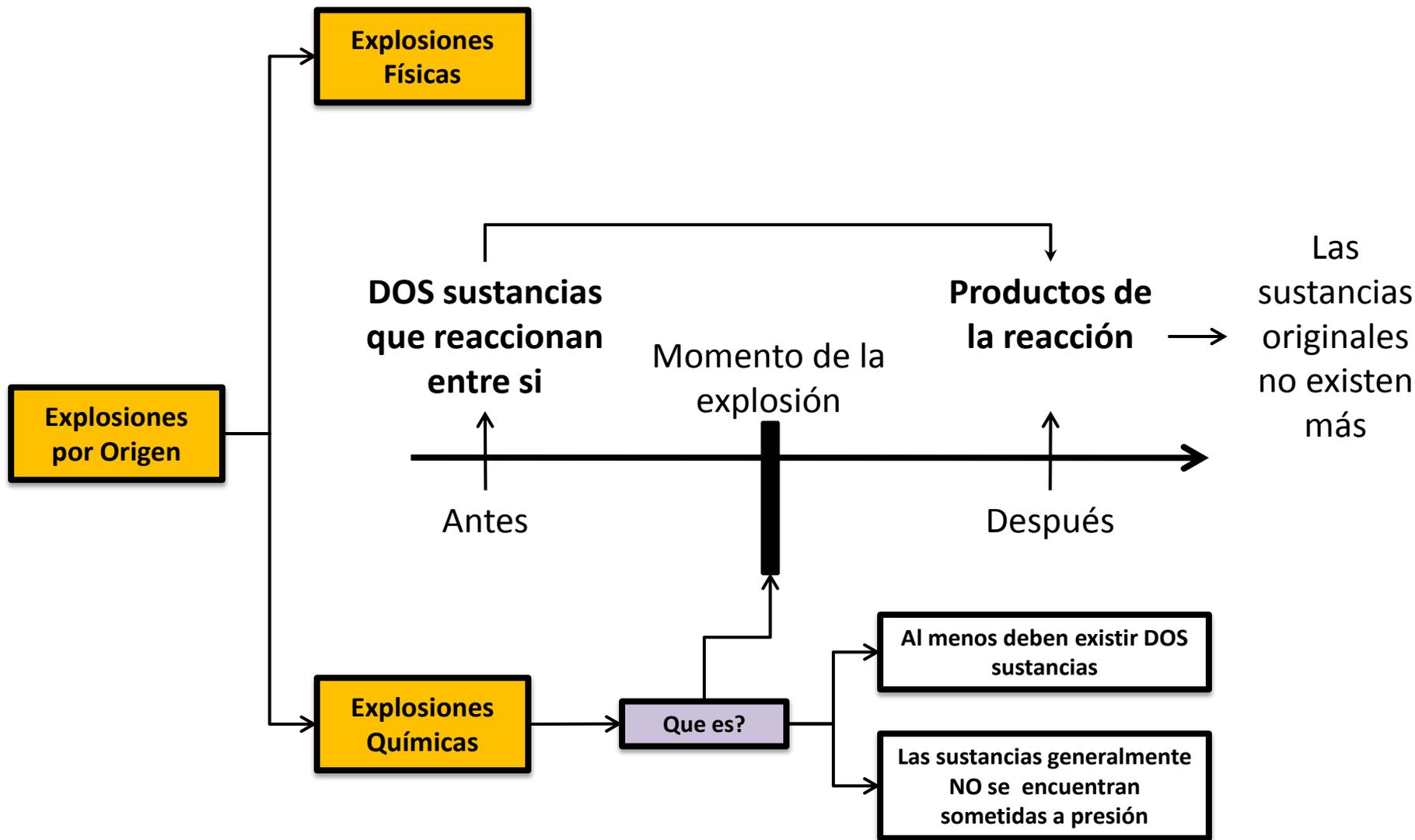
Zona de compresión del aire

Aire quieto







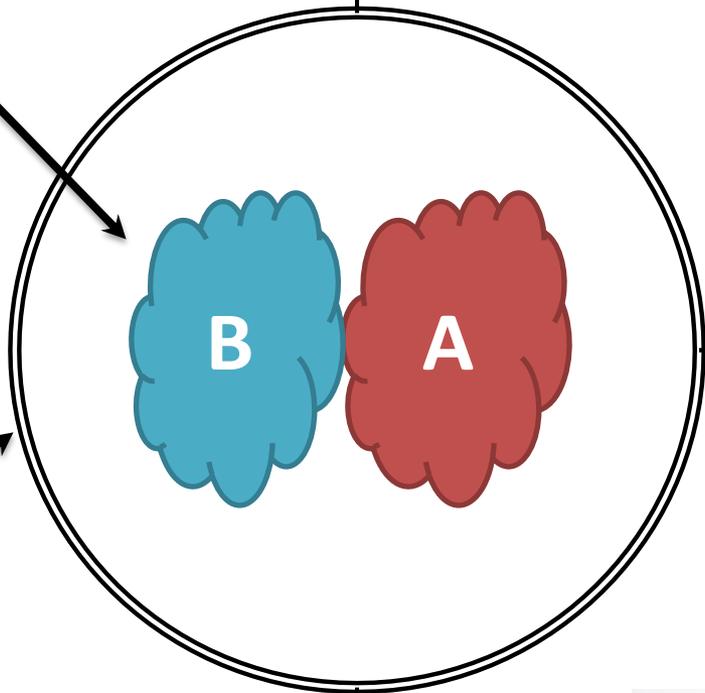


Cómo Suceden las Explosiones Químicas?



Presión atmosférica

Ambiente o recipiente confinado



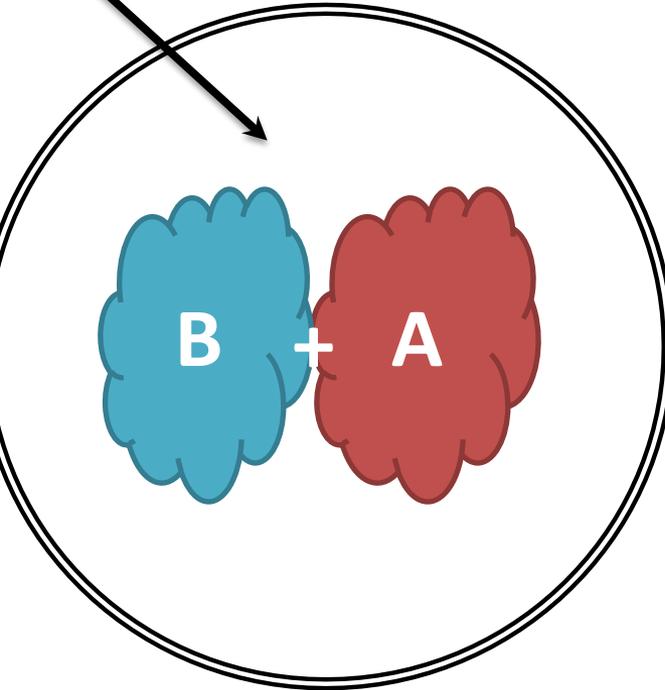
Las sustancias reaccionan entre sí

Como resultado de esta reacción se producen:

Gases

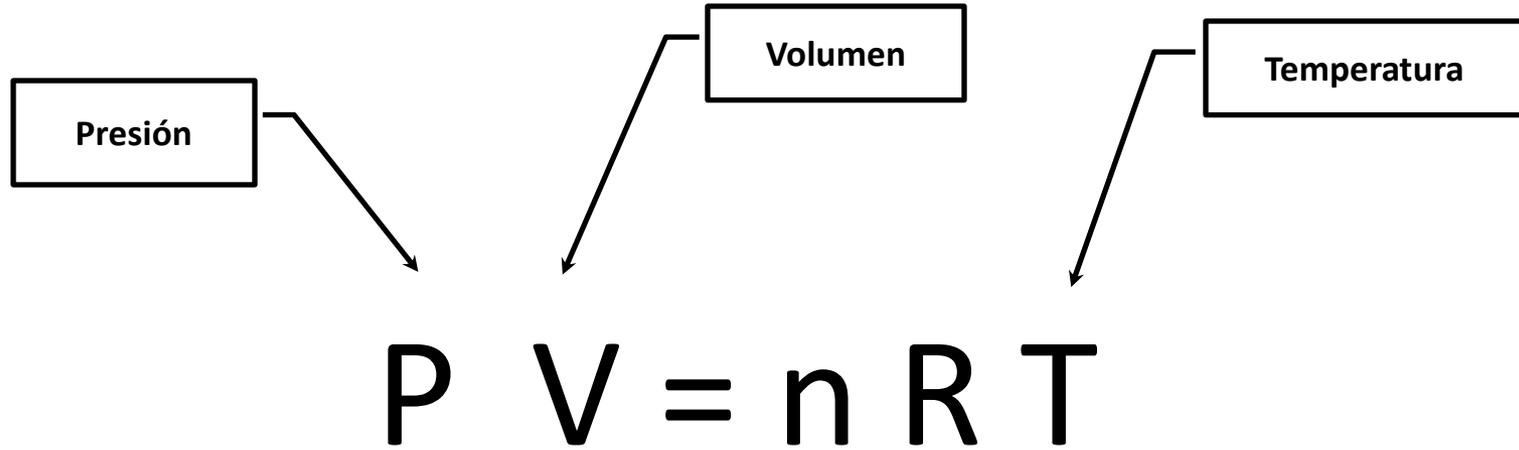
Humos

Calor



Aire

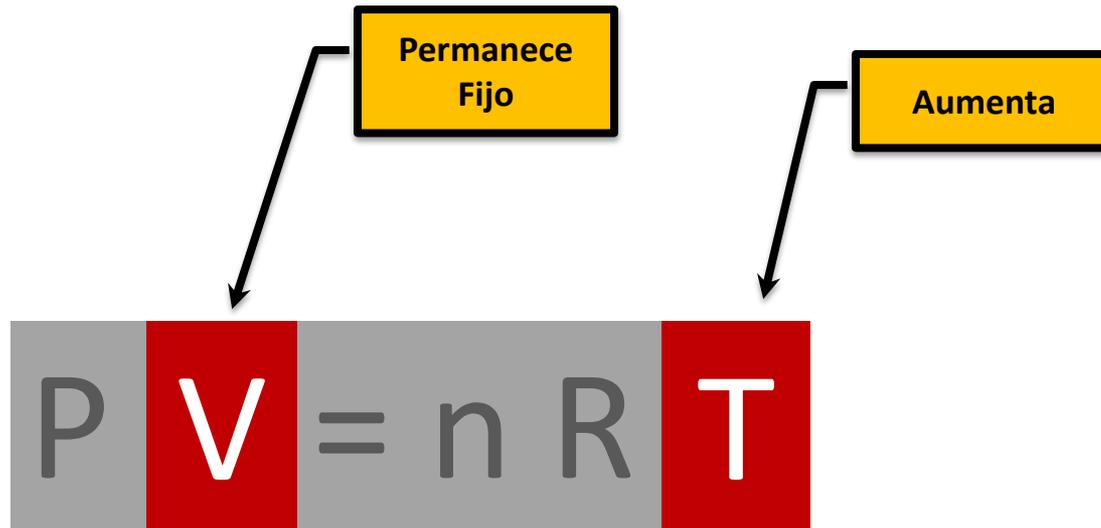
¿ ?



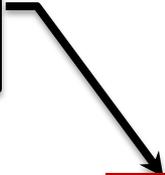
$$P \quad V = n R \quad T$$

Aumenta





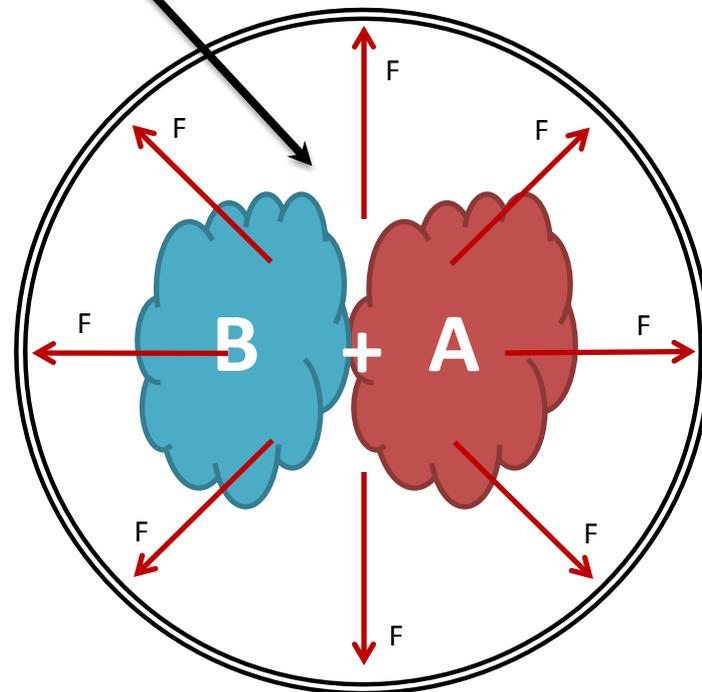
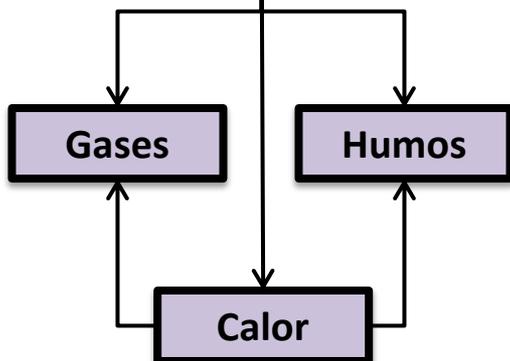
Aumenta



$$P V = n R T$$

Las sustancias reaccionan entre sí

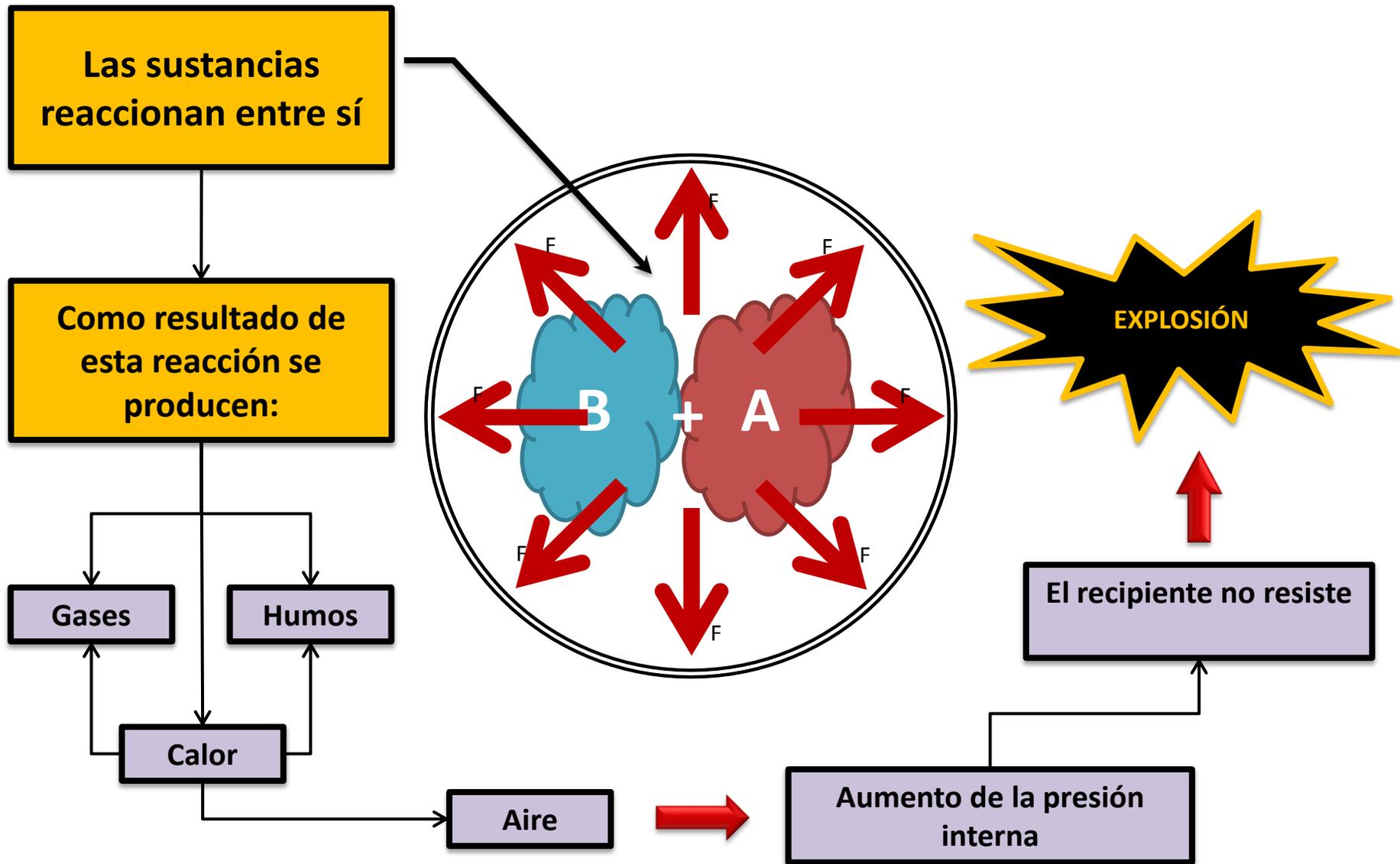
Como resultado de esta reacción se producen:



Aire



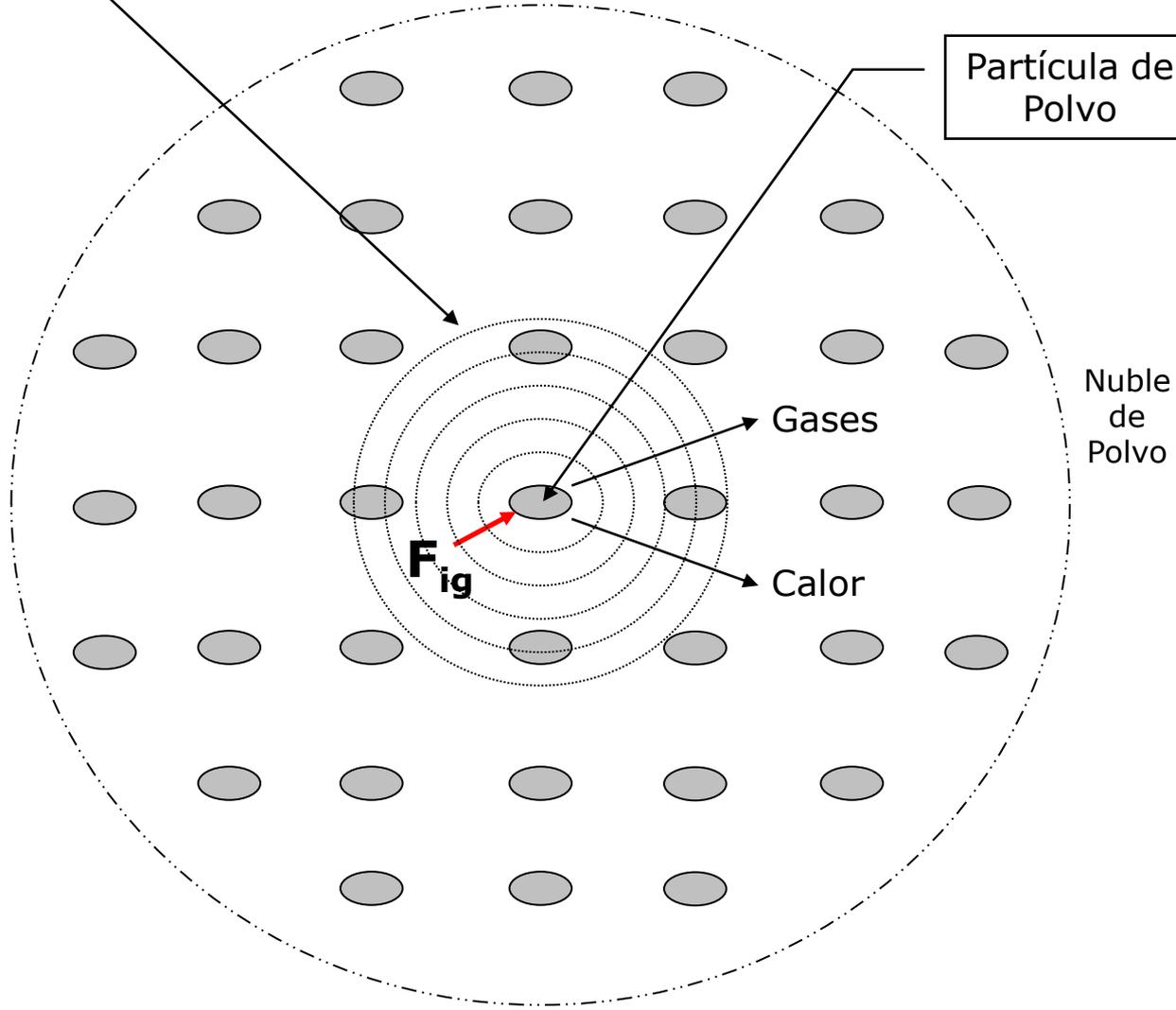
Aumento de la presión interna

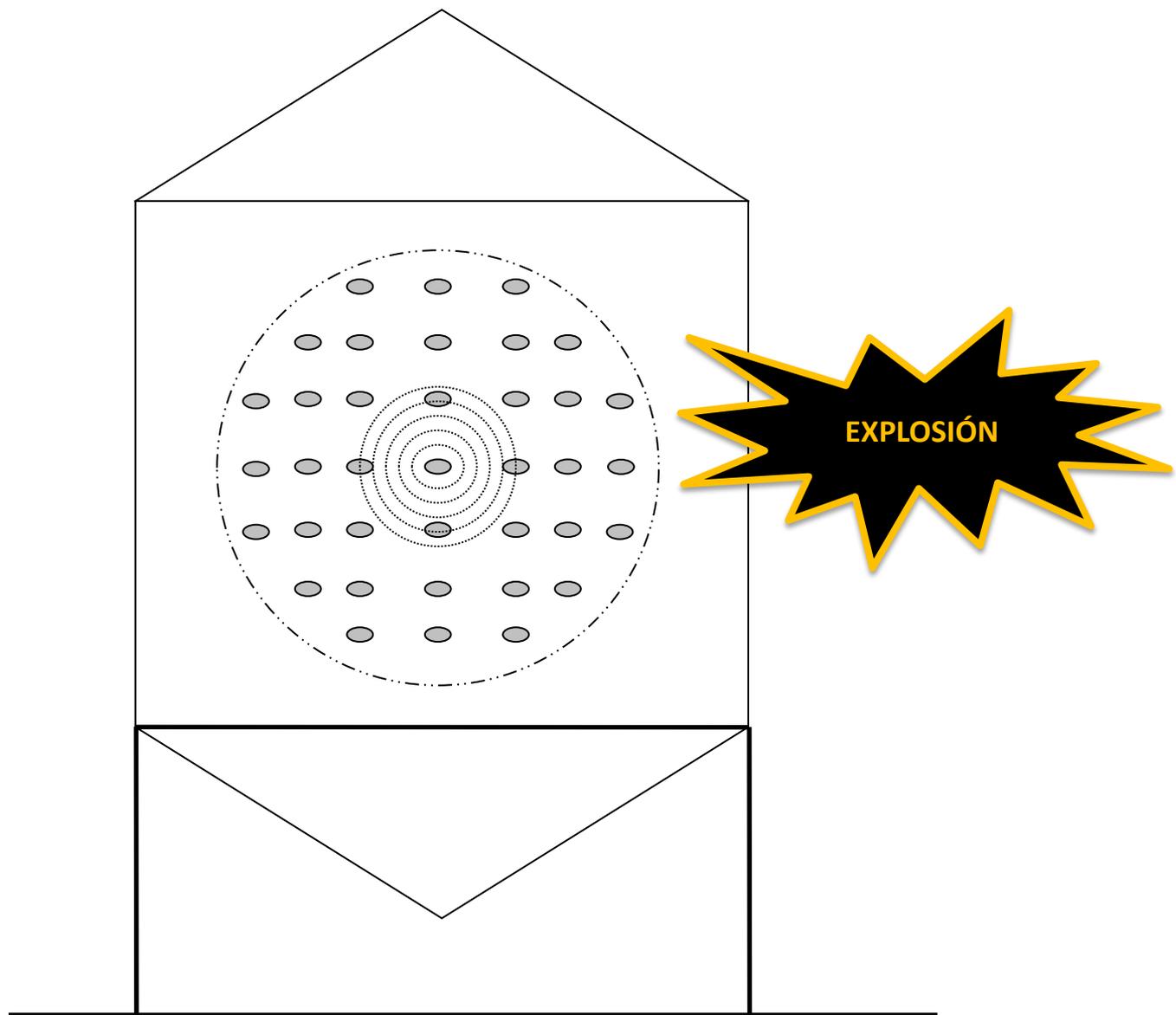


Explosión de Polvo

Onda de Presión

Partícula de Polvo





¿Que se necesita para que se produzca una explosión?

Combustión de la Nube de Polvo

Polvo combustible en suspensión

Aire (21% de O₂)

Concentración de polvo en suspensión por encima del límite inferior de inflamabilidad (LII)

Fuente de ignición de potencia adecuada

Deflagración

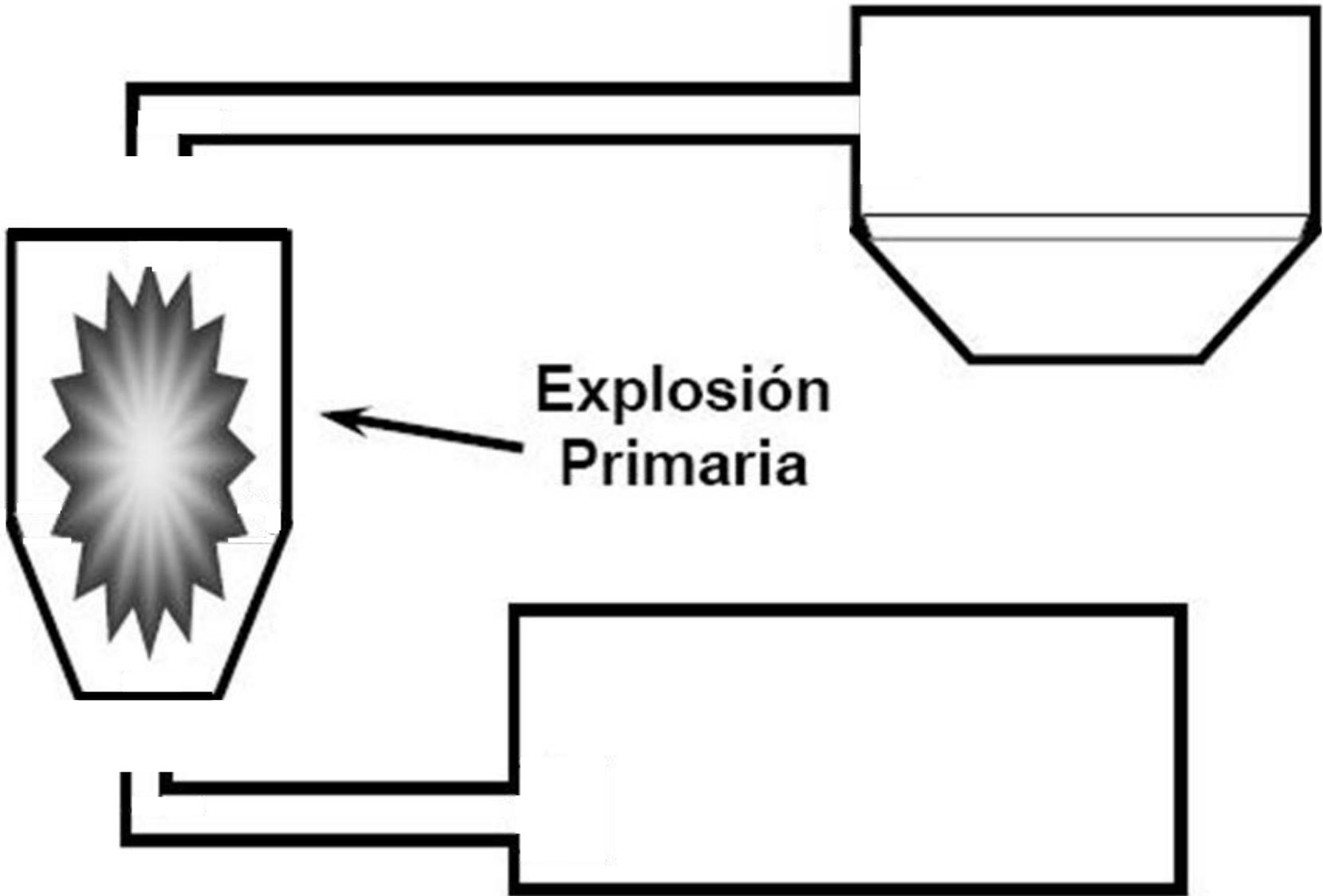
+

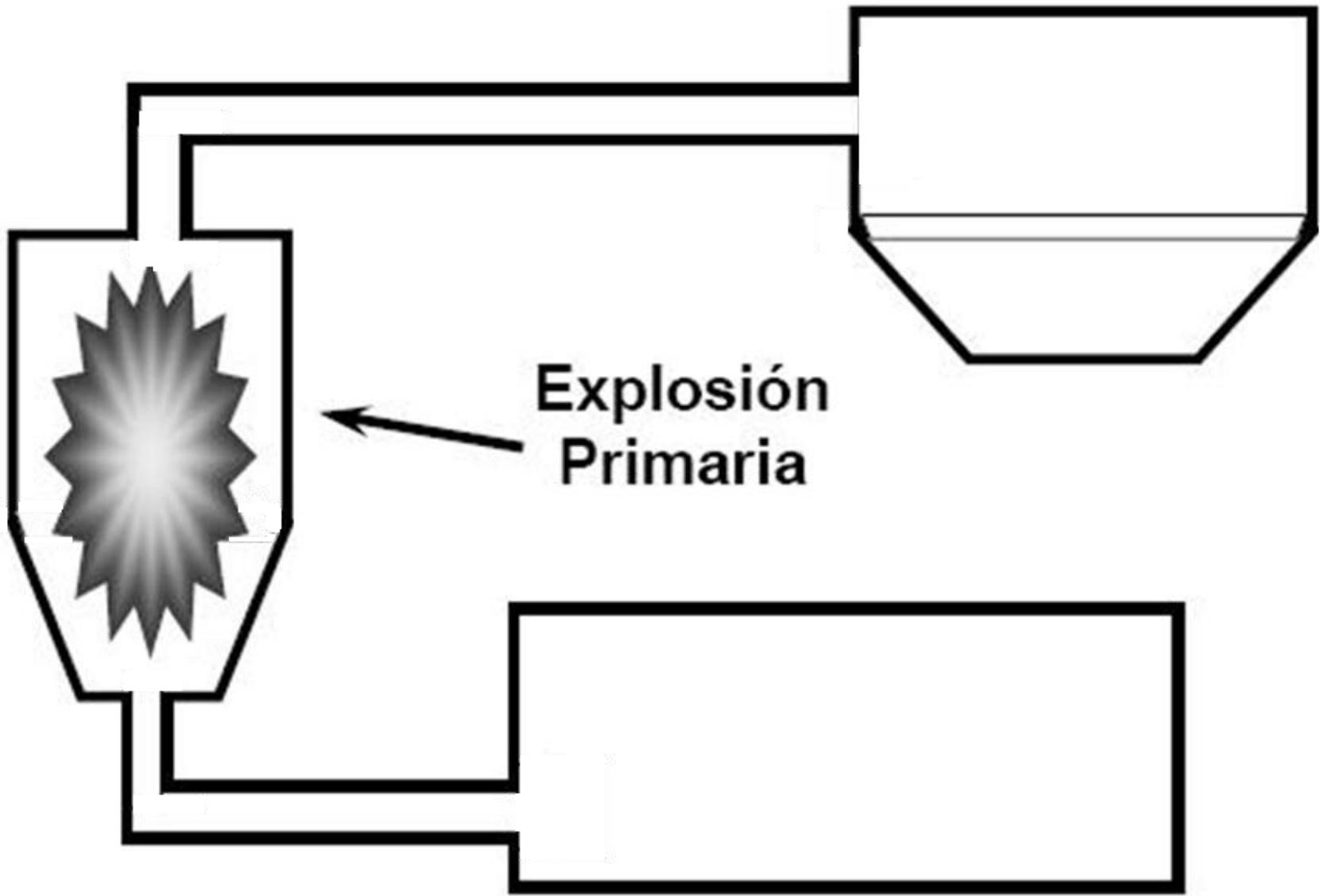
Confinamiento de la Nube de Polvo

=

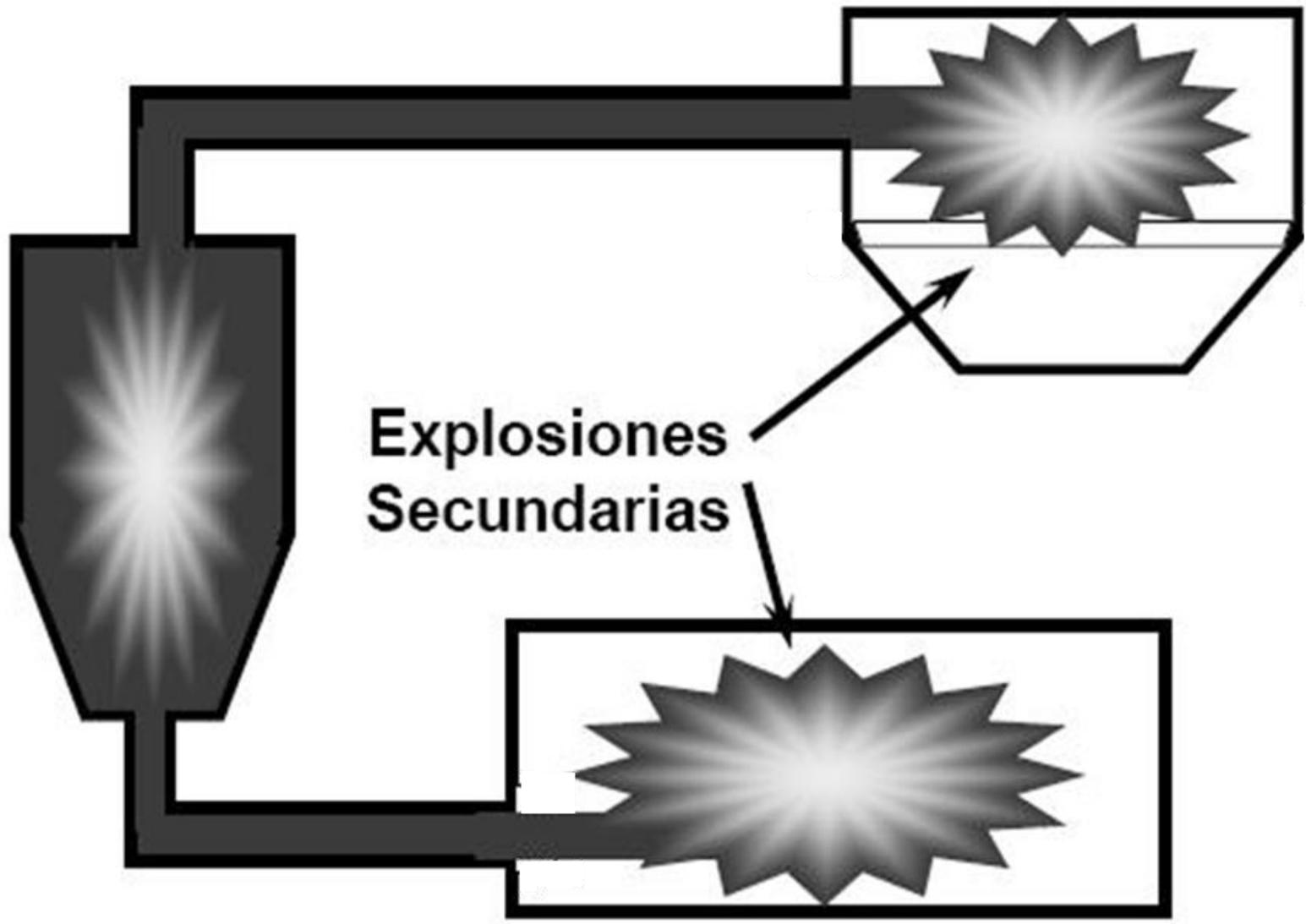
Explosión de Polvo

Propagación de las Explosiones



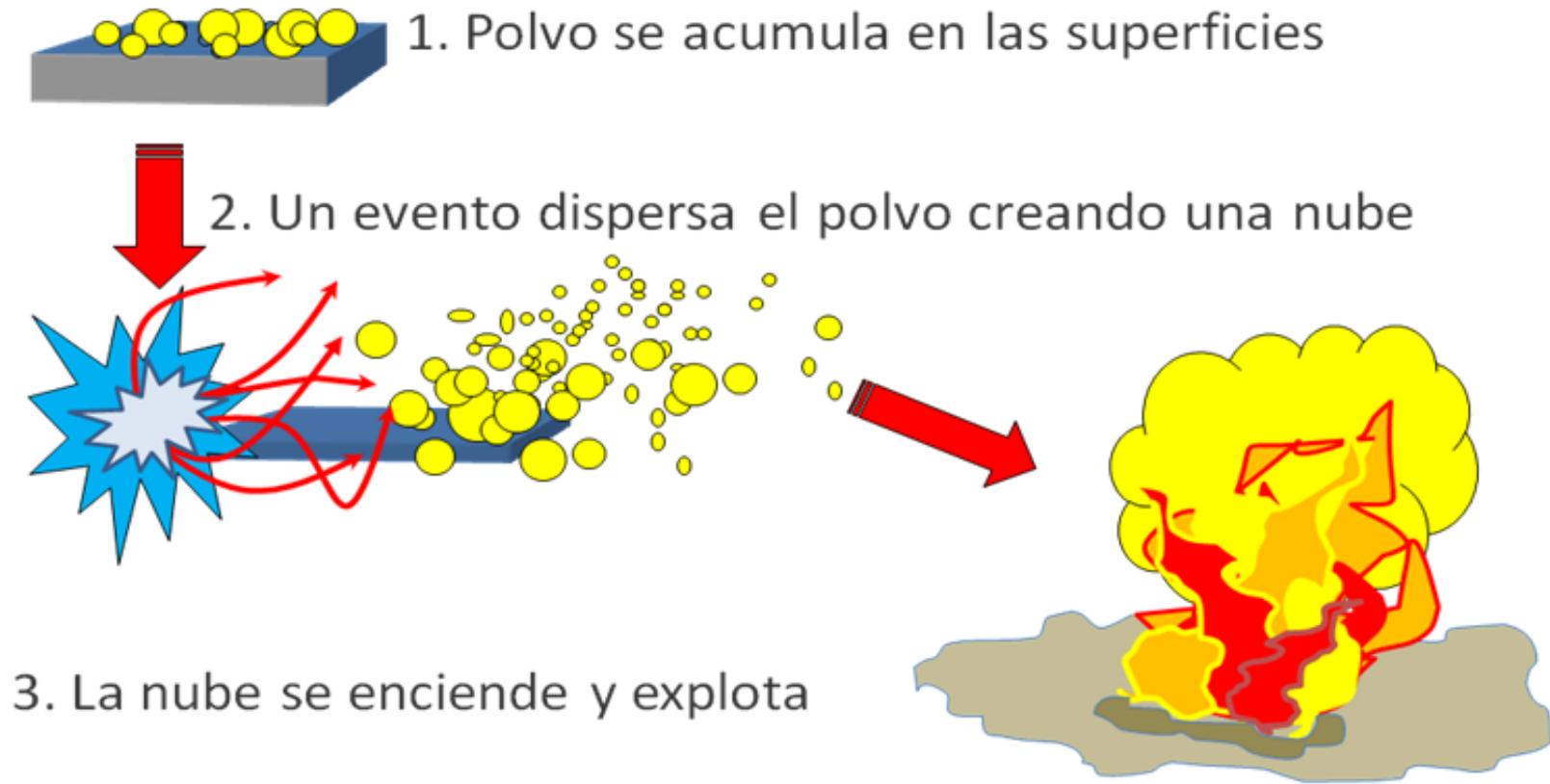


**Explosión
Primaria**



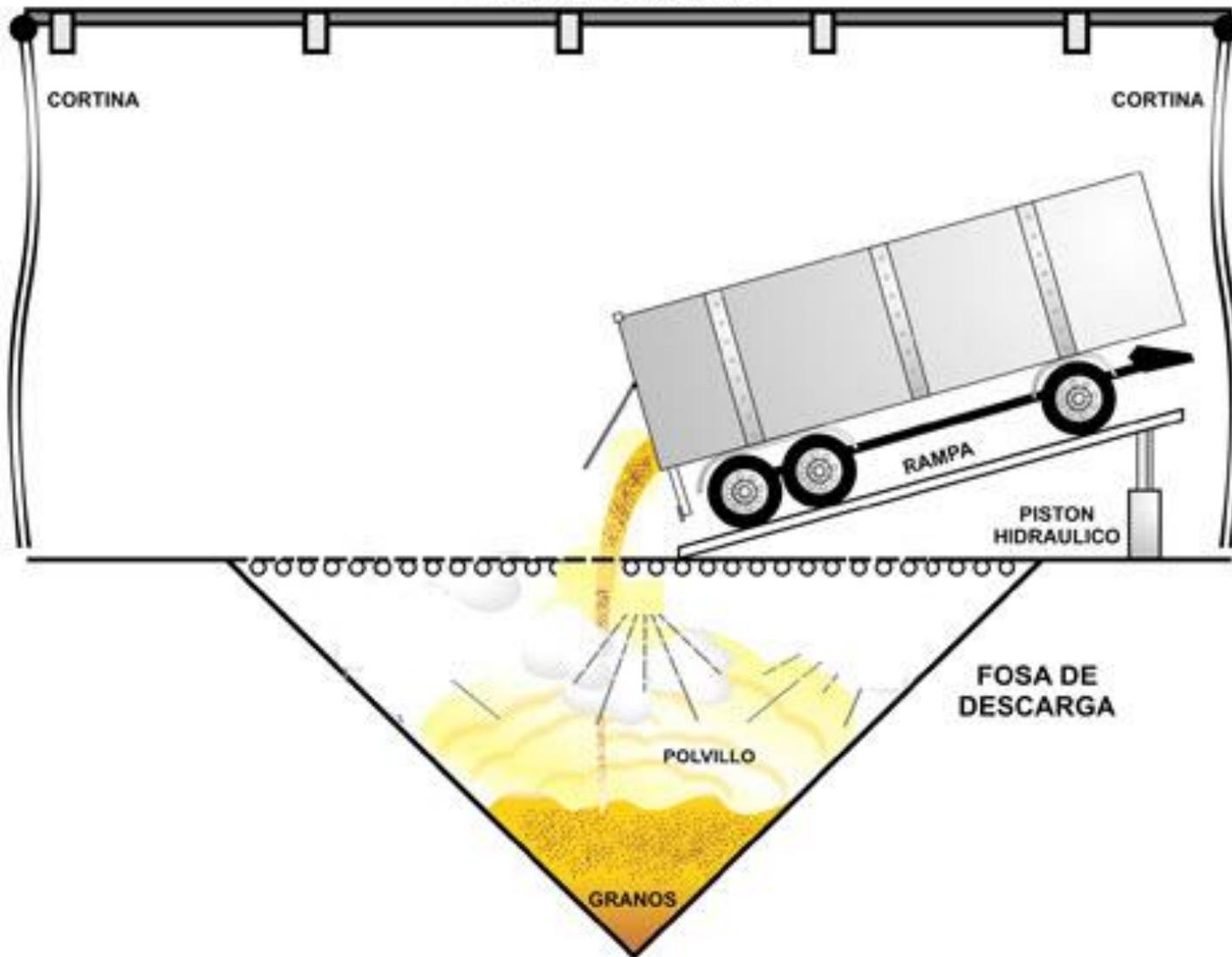
**Explosiones
Secundarias**

Otro Mecanismo de Explosión Secundaria



El Efecto Mecha de las Plantas Cerealeras

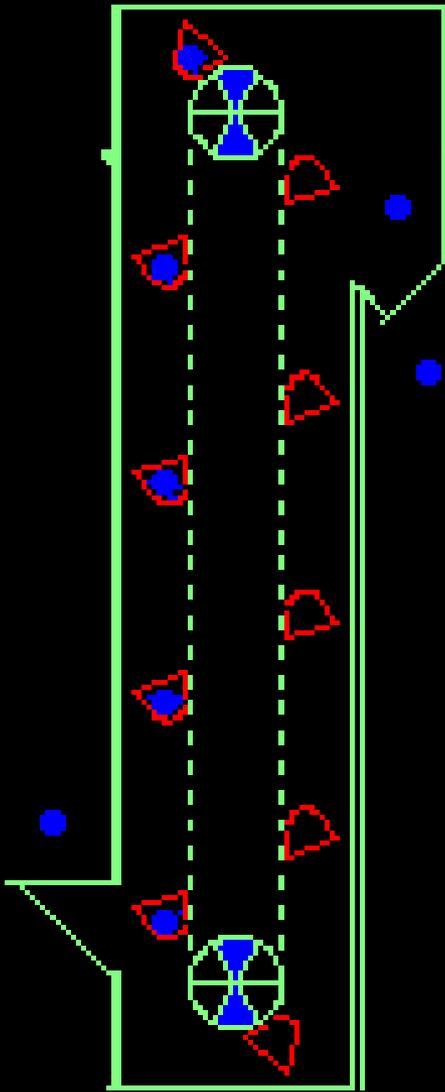
VISTA CORTE















TRAFER
TRAFER

TRAFER



Factores que Influyen en las Explosiones de Polvo

Dimensión de las Partículas de Polvo

El factor más influyente

¿Que pasa cuando el tamaño de esta partícula disminuye?

Mayor superficie de contacto para que se produzca la oxidación del material.

Disminuye la masa de la partícula.

Disminuye el LII.

Disminuye la temperatura de ignición.

Menor energía de la Fuente de ignición.

Mayor capacidad eléctrica.

Más fácilmente entra en ignición.

Mayor incremento de la presión.

Mayor permanencia de la partícula en el aire.

Concentración. Límite Inferior de Inflamabilidad (LII)

¿Que significa el Límite Inferior de Inflamabilidad?

Se lo puede considerar como la distribución de partículas capaz de propagar la llama

Producto	Media del tamaño partículas	Concentración mínima de material	P_{max}	$(dP/dt)_{max}$	K_{st}
	μ	gr/m ³	bar	bar/s	bar m/s
Celulosa	33	60	9,7	229	229
Pulpa de celulosa	42	30	9,9	62	62
Corcho	42	30	9,6	202	202
Maíz	28	60	9,4	75	75
Clara de huevo	17	125	8,3	38	38
Leche en polvo	83	60	5,8	28	28
Harina de soja	20	200	9,2	110	110

K_{st} = Índice de deflagración

$(dP/dt)_{max}$ = Vel de aumento de presión

Producto	Tamaño de partícula µm	TMI c (*) °C	TMI n °C	CME g/m³	EMI mJ	CLO %	Kmáx bar m/s	Pmáx barg
Almidón de maíz presoluble	120	>400	480	60	>30	9	190	9,3
Almidón de arroz	<10	390	550	60	>30	--	220	9,2
Almidón de maíz	11	>400	400	60	>5	9	164	9,2
Almidón de patata	48	390	420	60	>100	--	54	7,8
Aroma de banana	15	--	--	60	--	--	177	9,9
Aroma de naranja	65	--	--	30	>10	--	220	9,7
Arroz polvo	35	360	380	30	30	13	101	8,3
Avena	295	>400	350	750	>10	--	14	6,0
Azúcar cristal	32	>400	360	30	10	--	123	9,0
Azúcar glacé	12	>400	470	30	10	--	165	9,0
Azufre	40	270	330	35	1	9	87	5,3
Cacao	<10.000	250	560	125	100	9	108	7,2
Café	<10	380	470	60	--	--	90	9,0
Café verde	<30	270	510	30	>100	--	99	7,6
Carbón seco	75	>400	455	30	--	--	85	9,1

Presencia de Impurezas en la Nube de Polvo

Humedad

No tiene efectos significativos.

Polvos Inertes

Absorben calor

Aumenta el LII.

Reduce la (dP/dt) .

Gases Inertes

Disminuye la presencia de O_2 en el aire.

Gases Inflamables

Facilita la ignición.

Aumenta la violencia de la explosión.

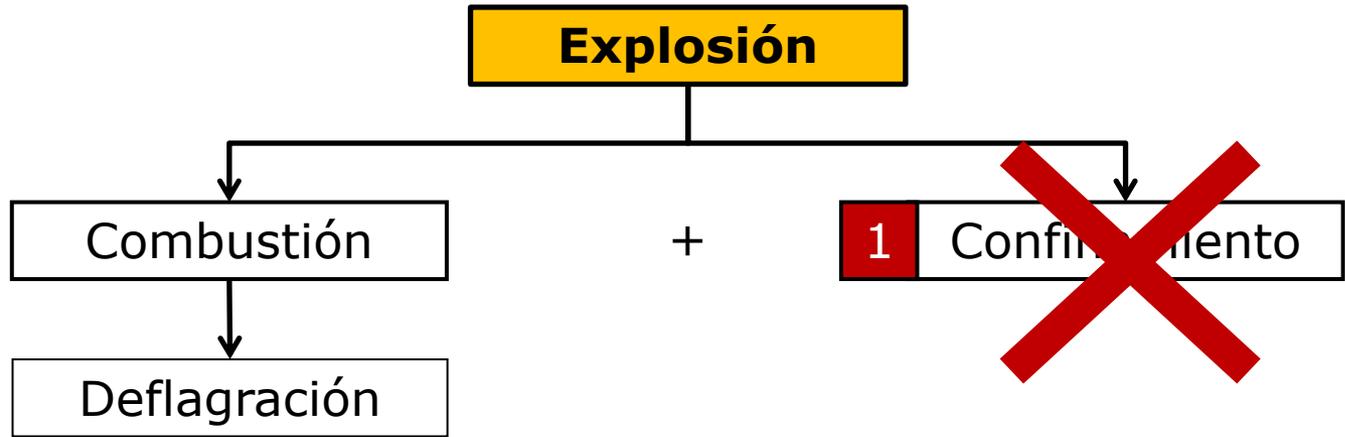
Oxígeno

Disminuye la Tig, la Energía de la Fig y el LII.

Turbulencia

Aumenta la violencia de la explosión.

Medidas Preventivas



Explosión

Combustión

+

1 Confinamiento

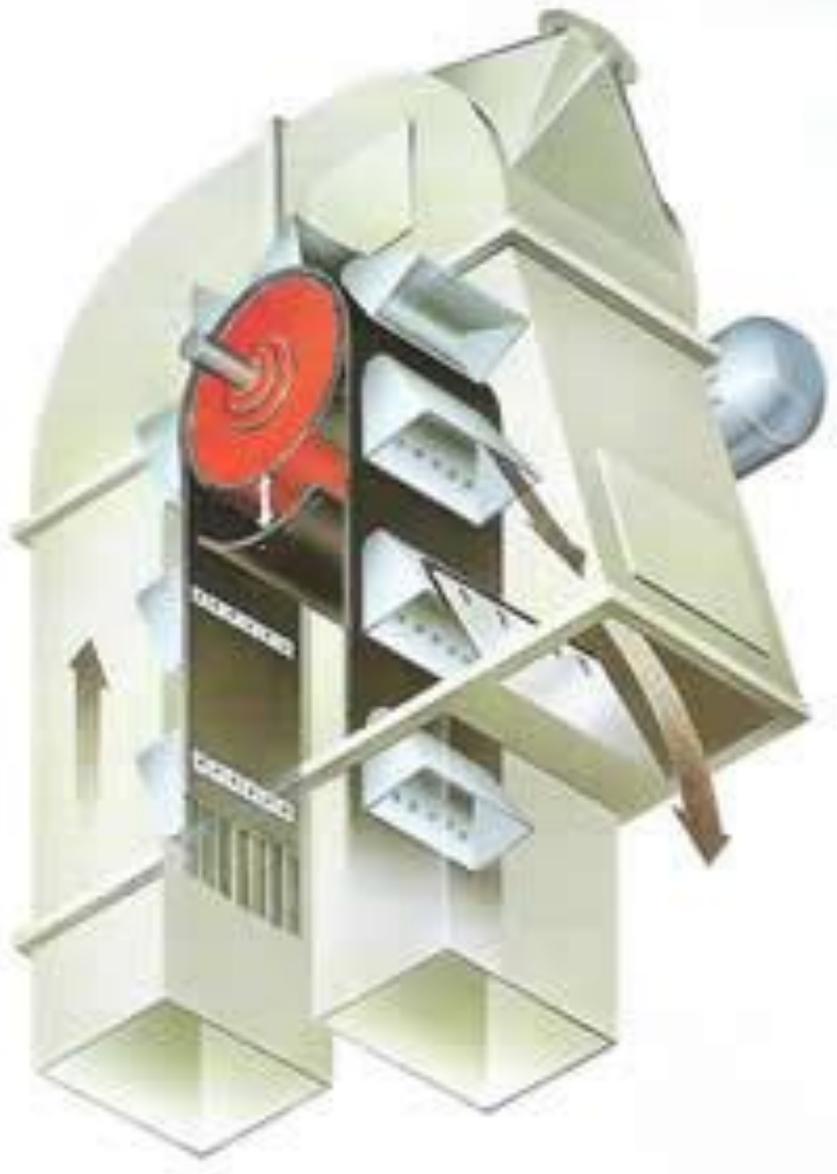
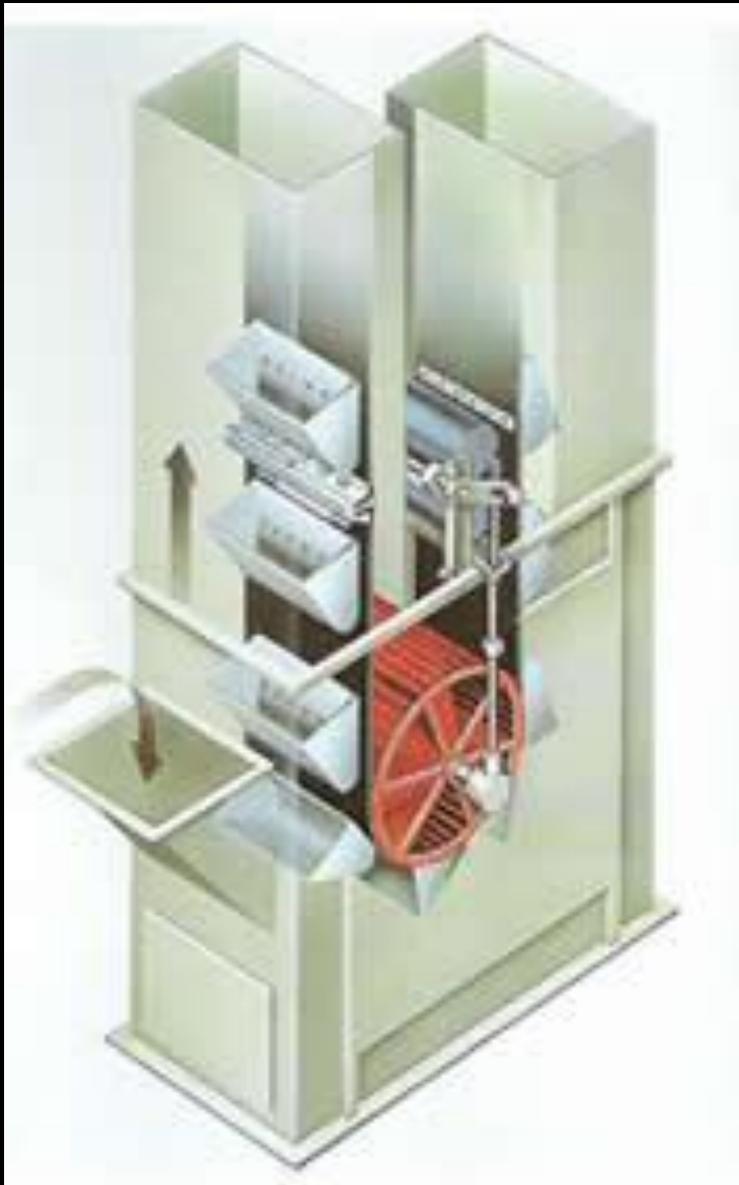
Aspiraciones, donde exista la posibilidad de la formación de una nube

2 Evitar nubes de polvo

Evitarlos en lo posible

Evitar el sobre confinamiento

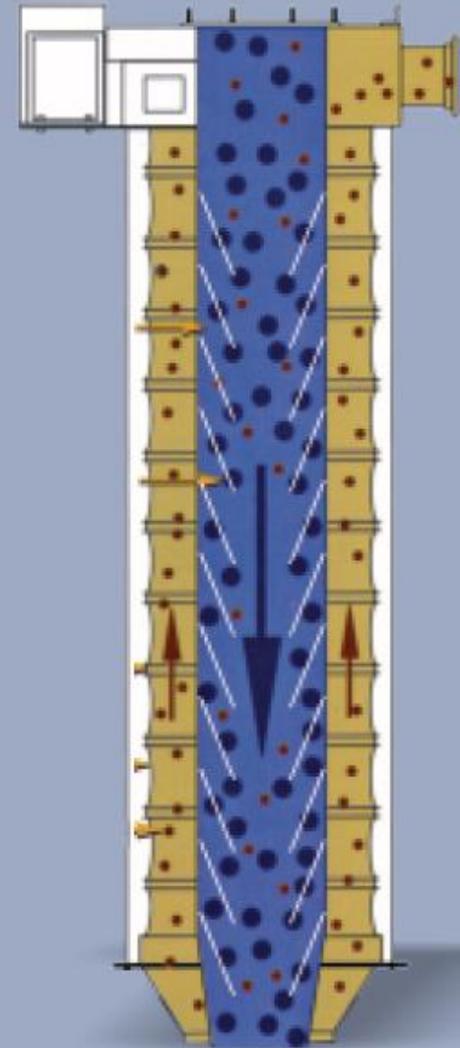








cascada de descarga
con supresión de polvo





Aspiración en zona de descarga

Explosión

Combustión

+

1 Confinamiento

Aspiraciones, donde exista la posibilidad de la formación de una nube

2 Evitar nubes de polvo

Evitar excesos de velocidad en los transportes

Evitarlos en lo posible

Evitar el sobre confinamiento

Explosión

Combustión

+

1 Confinamiento

Aspiraciones, donde exista la posibilidad de la formación de una nube

Evitar excesos de velocidad en los transportes

Evitar caídas libres de material

2 Evitar nubes de polvo

Evitarlos en lo posible

Evitar el sobre confinamiento





Explosión

Combustión

+

1 Confinamiento

Aspiraciones, donde exista la posibilidad de la formación de una nube

Evitar excesos de velocidad en los transportes

Evitar caídas libres de material

Limpieza por aspiración de pisos y equipos

2

Evitar nubes de polvo

3

Evitar Fuentes de Ignición

4

Evitar Capas de polvo

Evitarlos en lo posible

Evitar el sobre confinamiento



Tan poco como 1 mm de polvo, menos que el grosor de una moneda, en superficies horizontales, puede causar problemas.







Explosión



Aspiraciones, donde exista la posibilidad de la formación de una nube

Evitar excesos de velocidad en los transportes

Evitar caídas libres de material

Limpieza por aspiración de pisos y equipos

Evitar superficies horizontales y verticales innecesarias

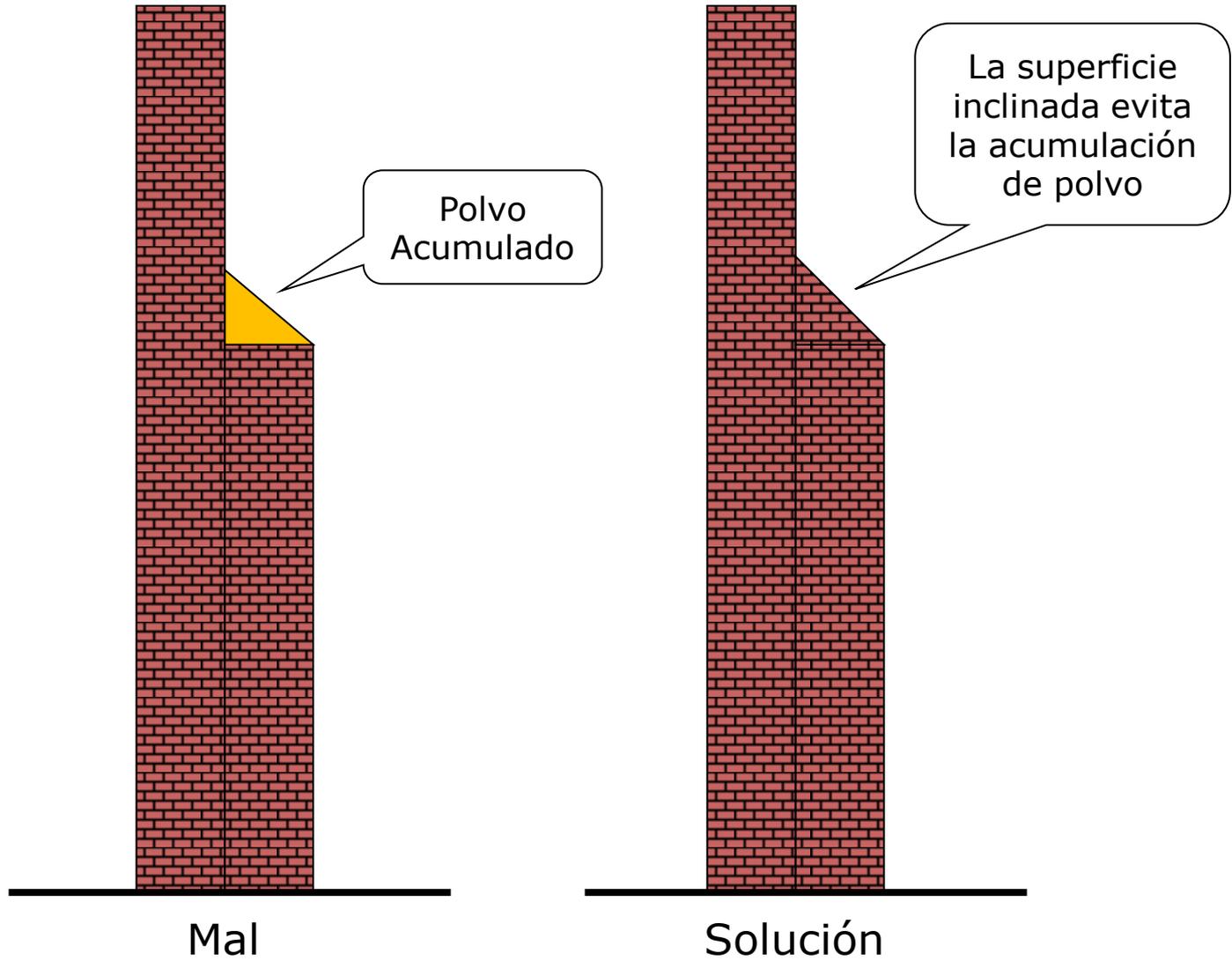
2
Evitar nubes de polvo

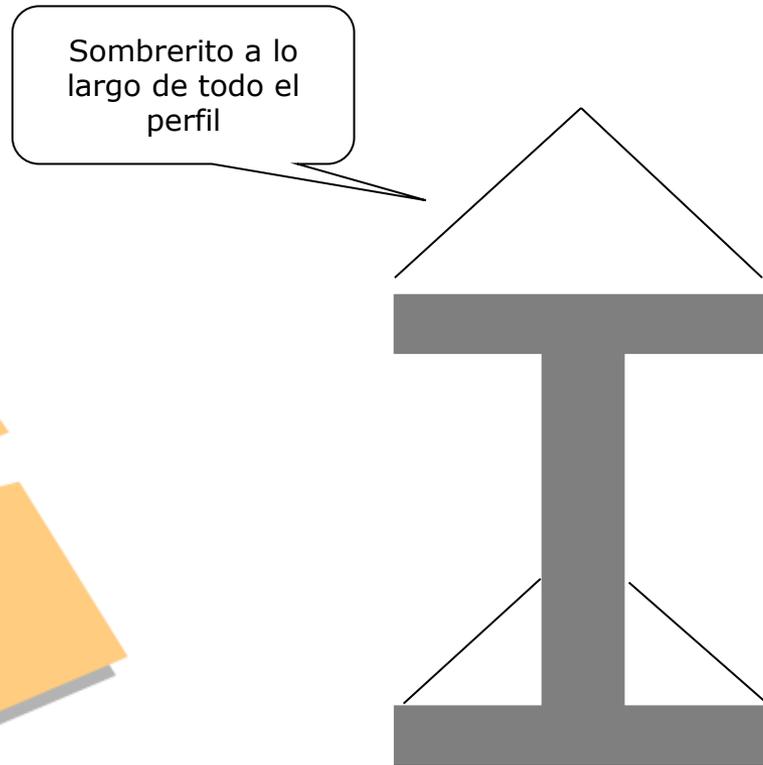
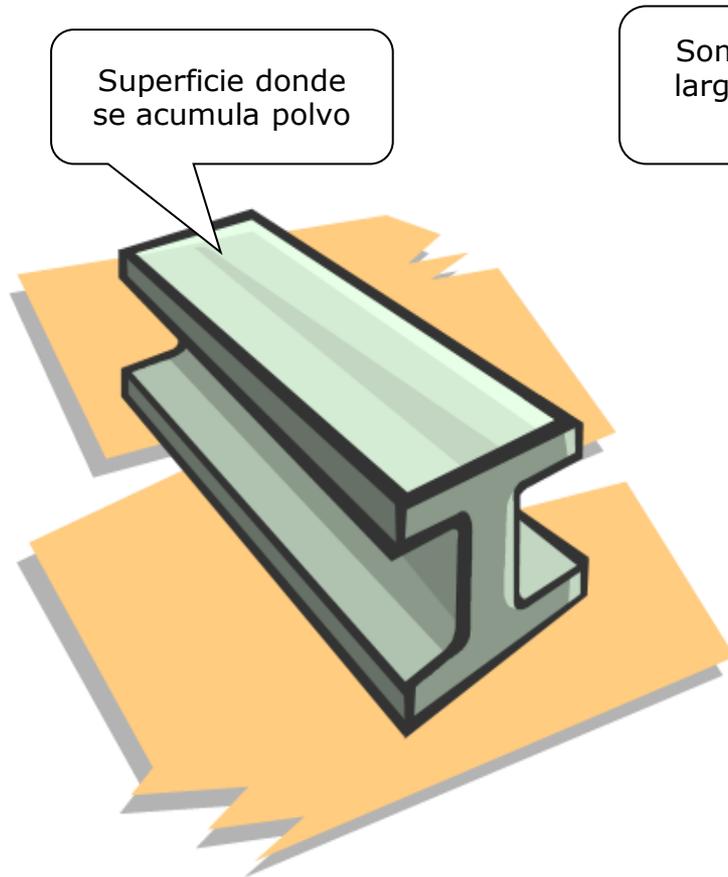
3
Evitar Fuentes de Ignición

4
Evitar Capas de polvo

Evitarlos en lo posible

Evitar el sobre confinamiento



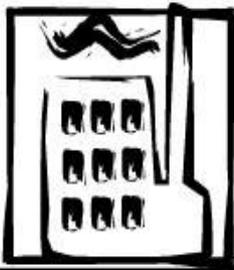


Solución

Medidas de Protección y Mitigación

Aislamiento o Elejamiento

Planta al aire libre



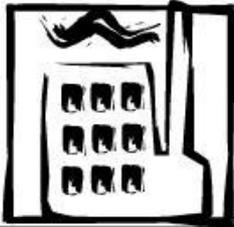
Depósito Aislado



Distancia de Seguridad



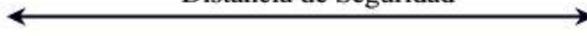
Planta al aire libre



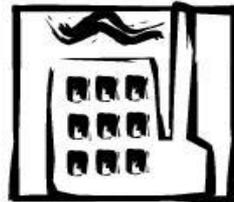
Planta al aire libre



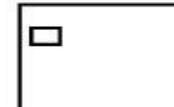
Distancia de Seguridad



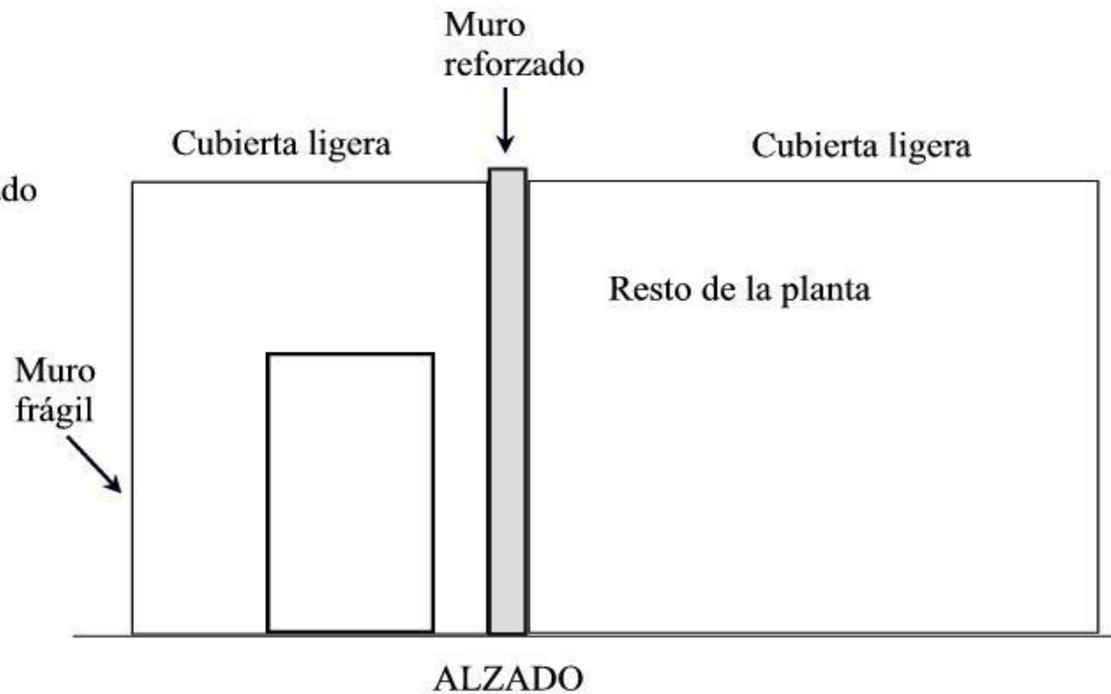
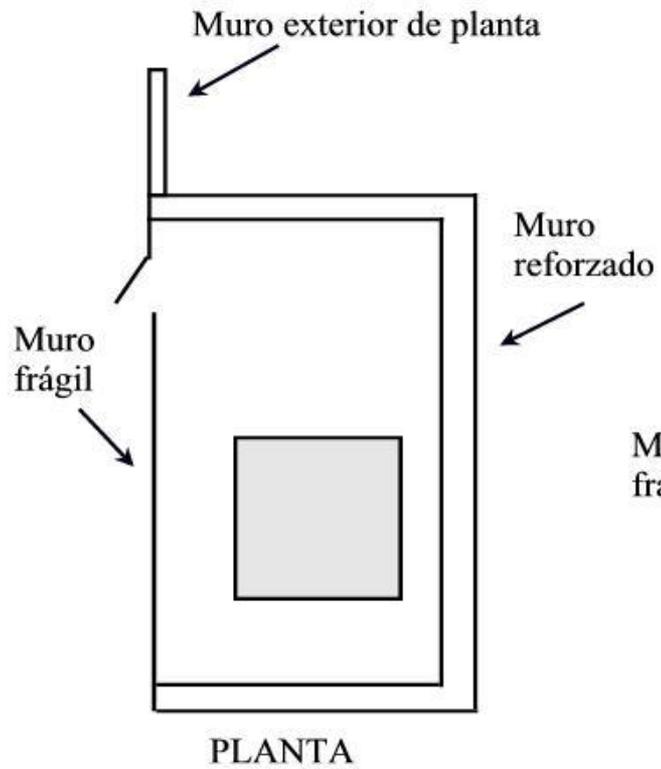
Planta al aire libre



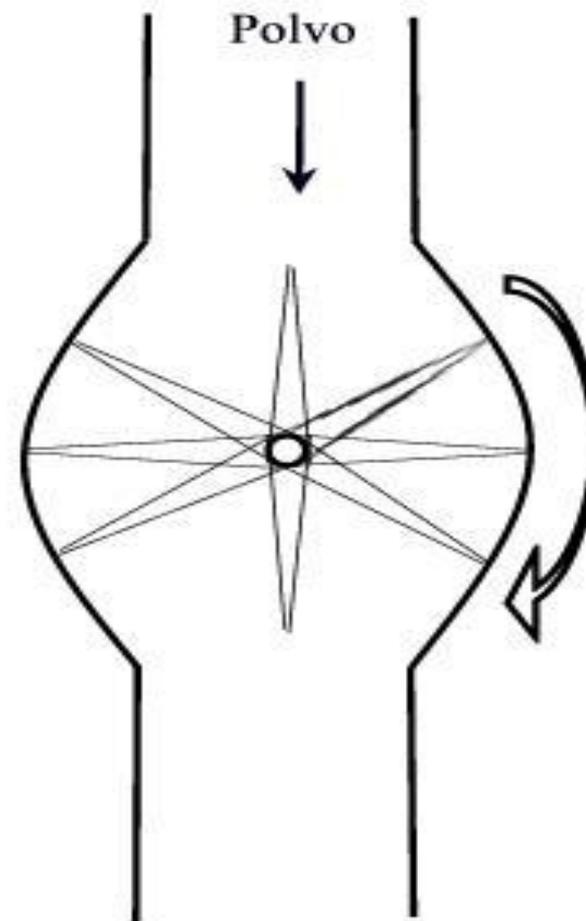
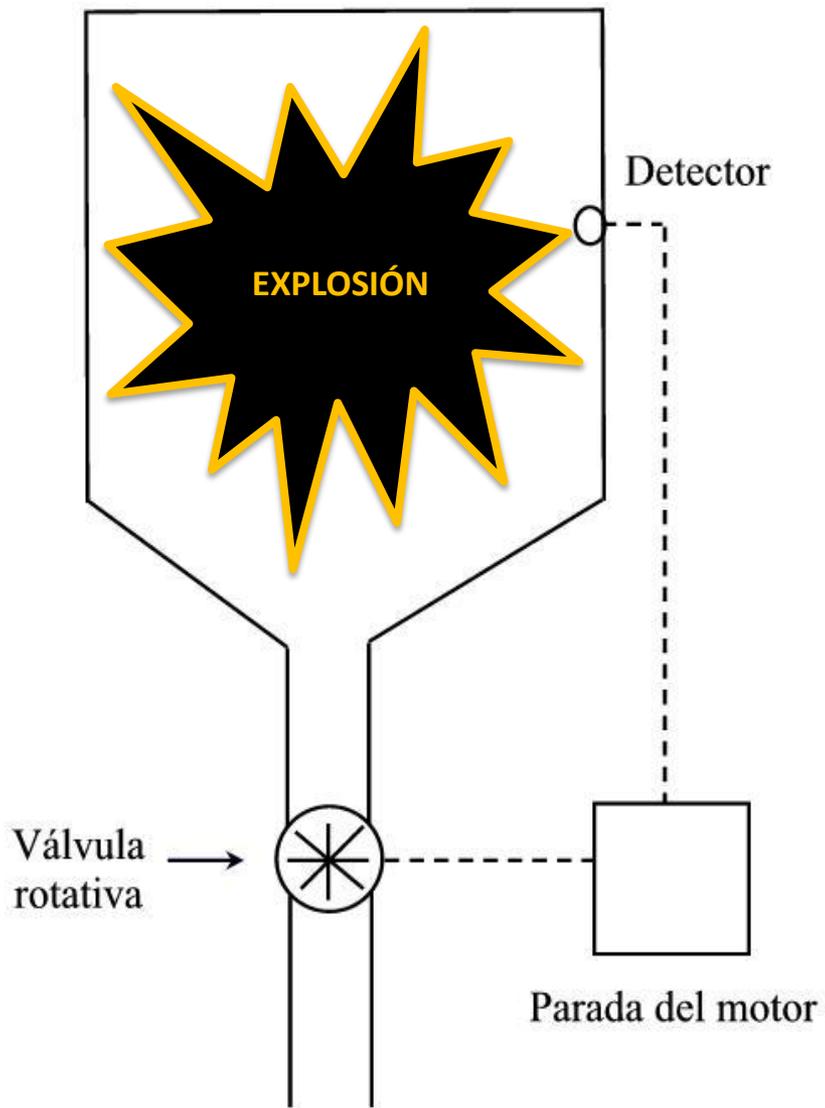
Cuarto de Control



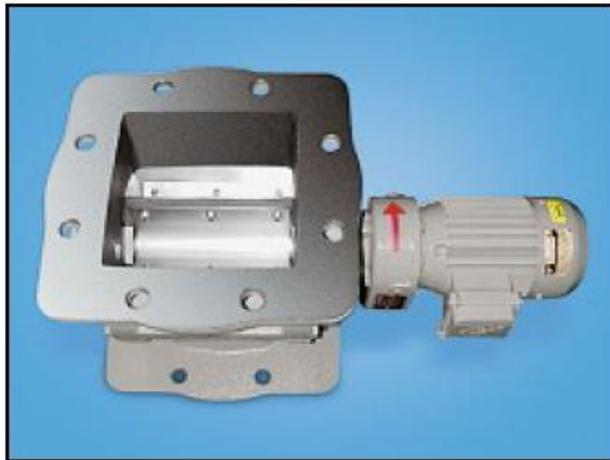
Aislamiento o Alejamiento

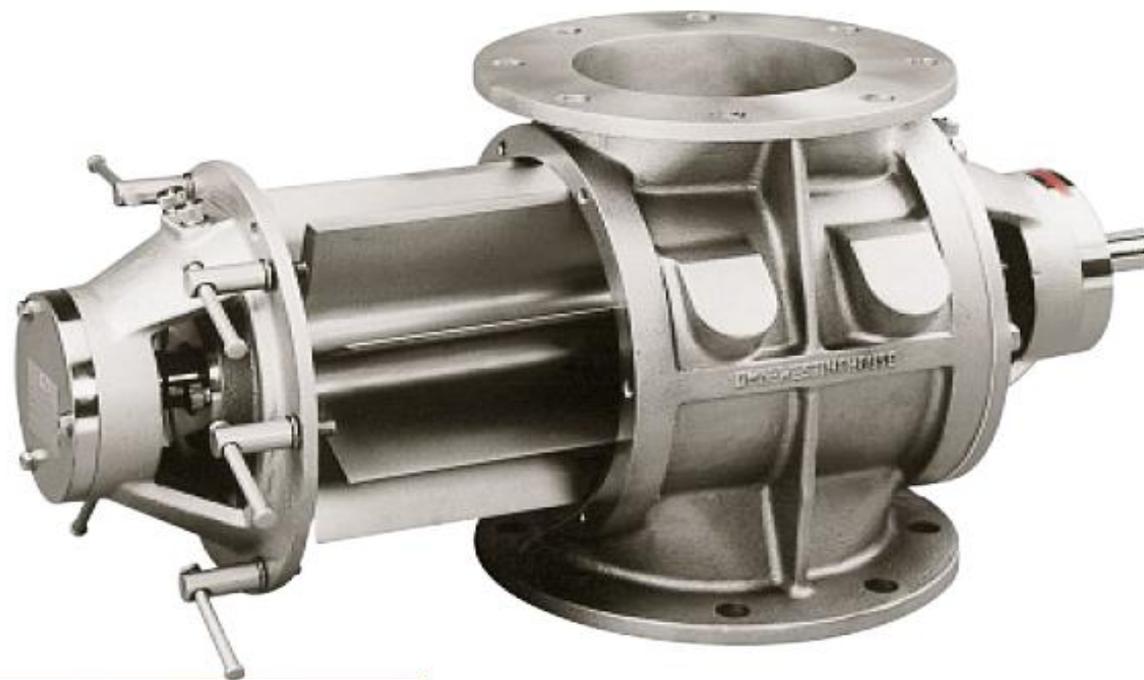


Válvula Rotativa

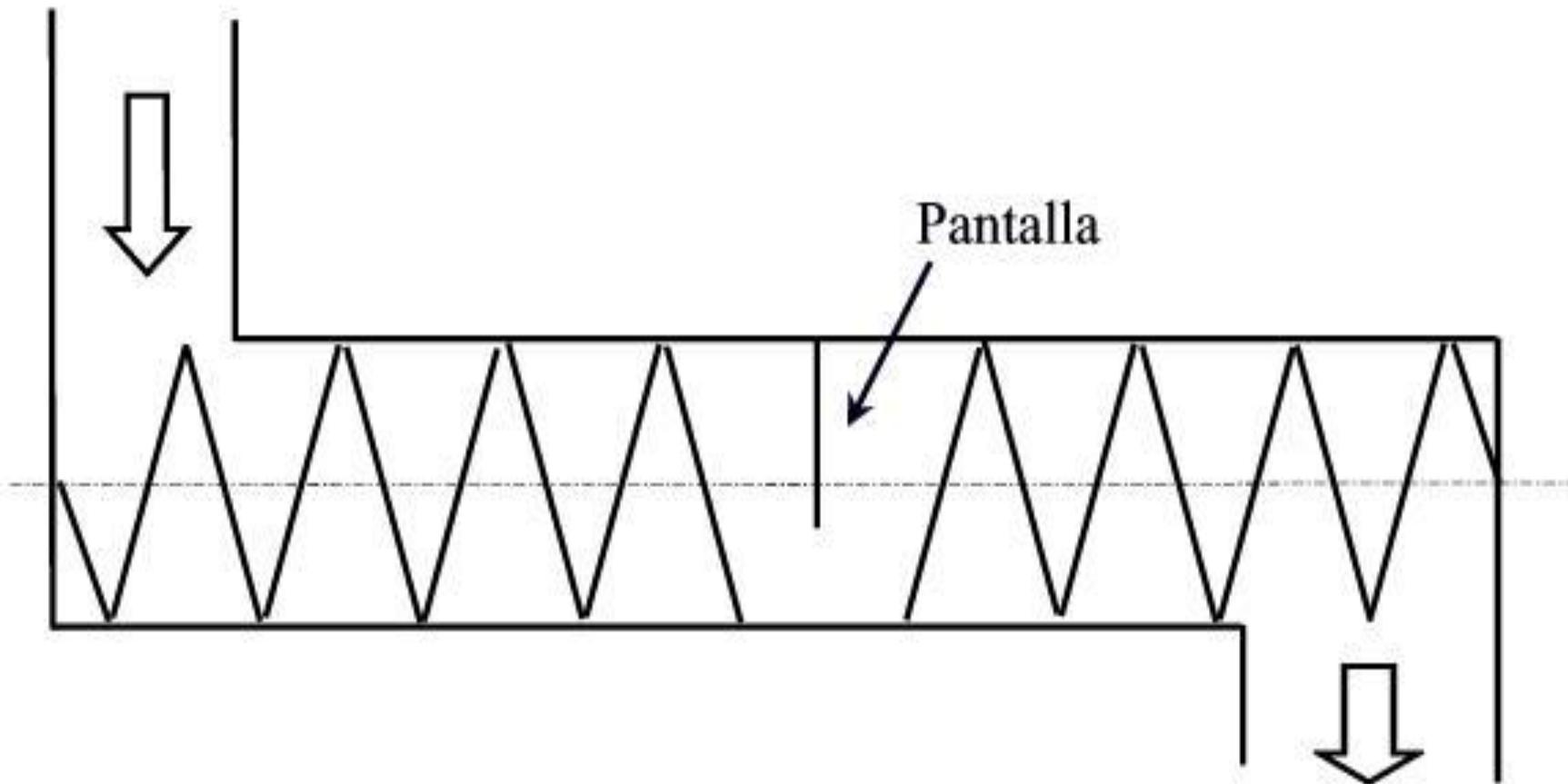




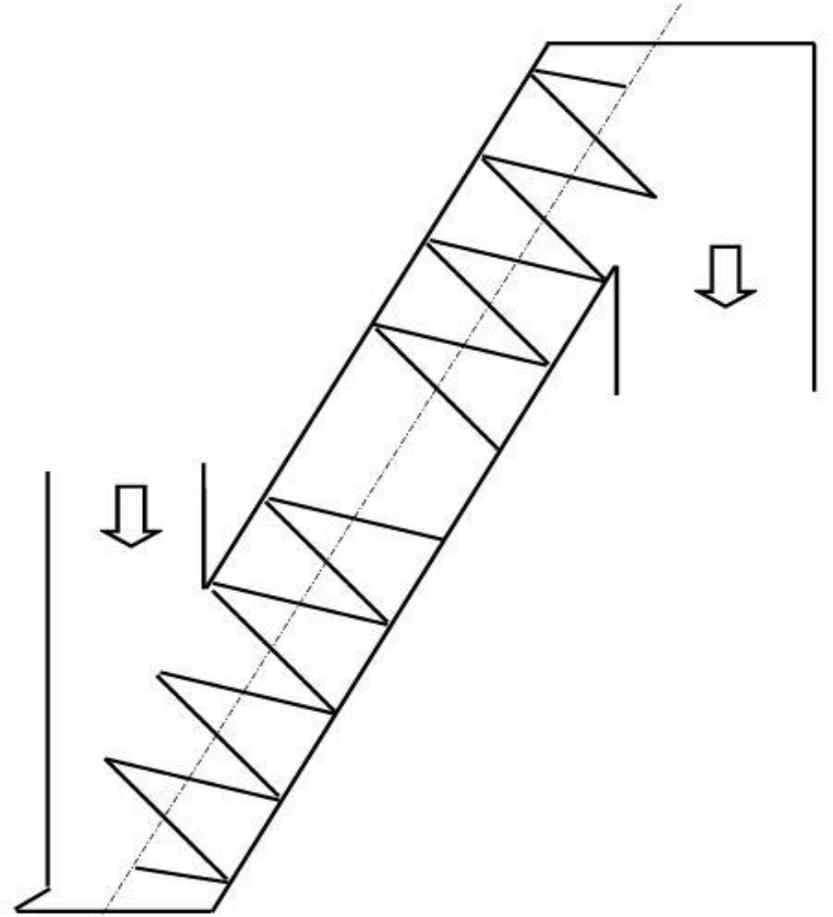
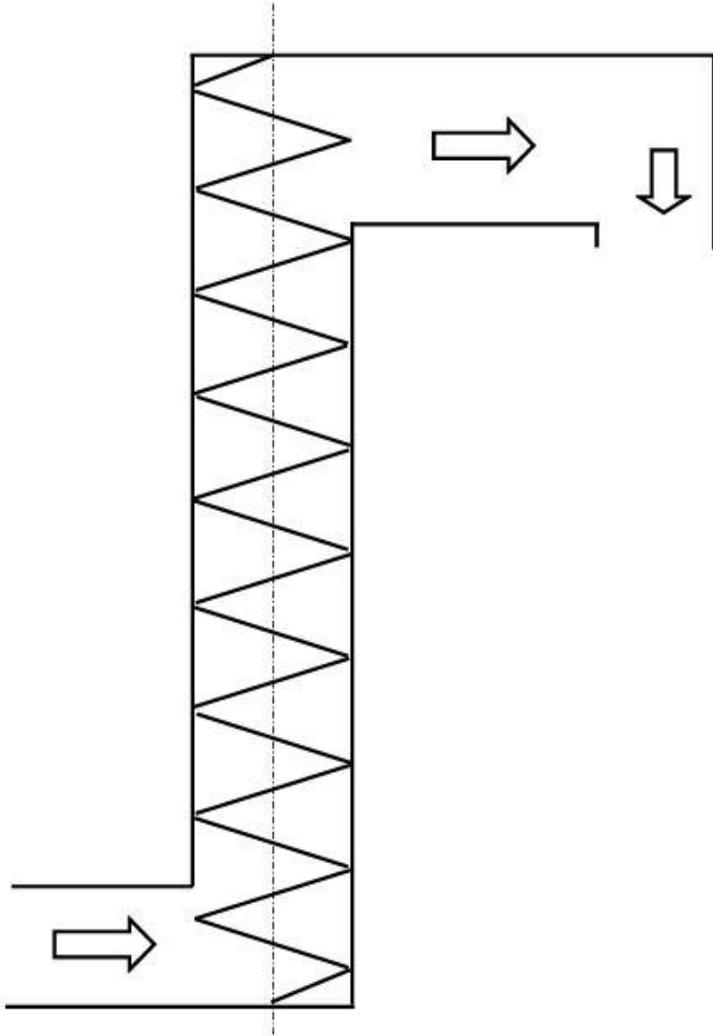




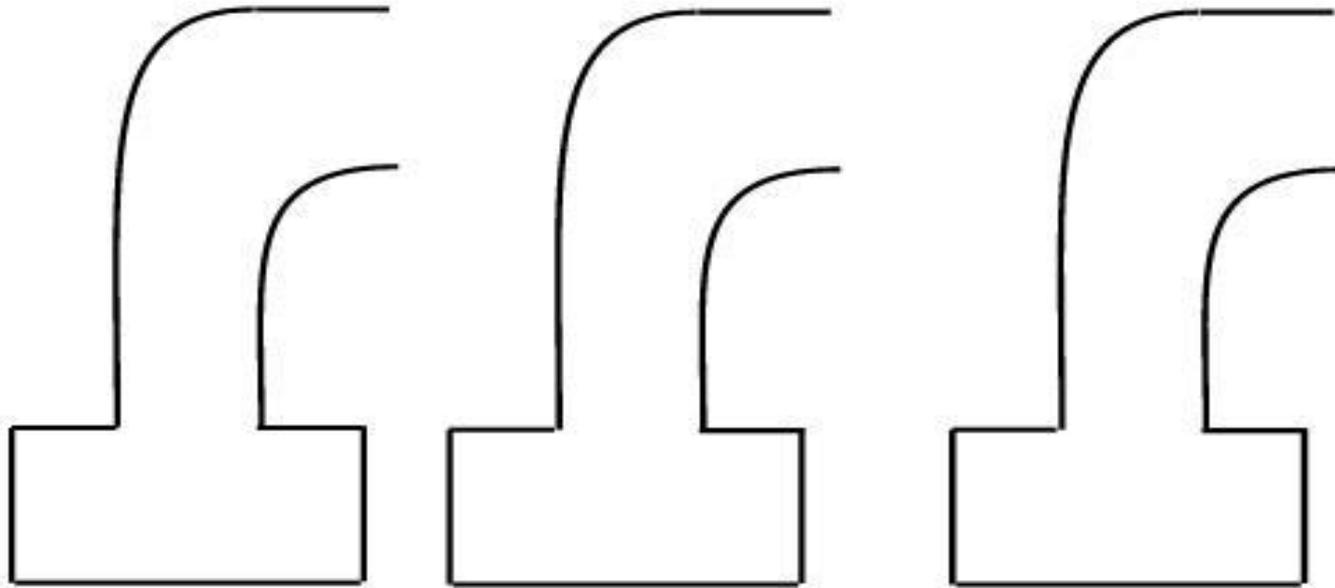
Transporte de Tornillo Sinfín



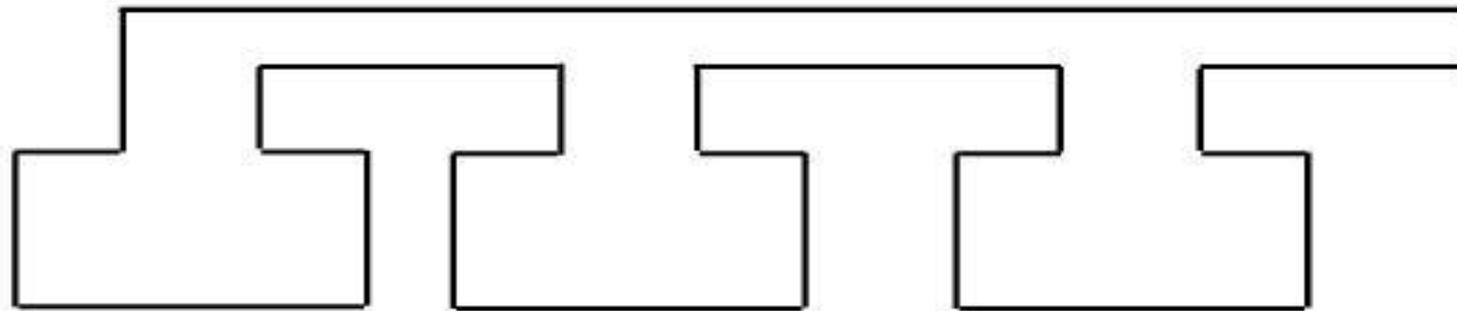




Disposición de las Aspiraciones



Correcto

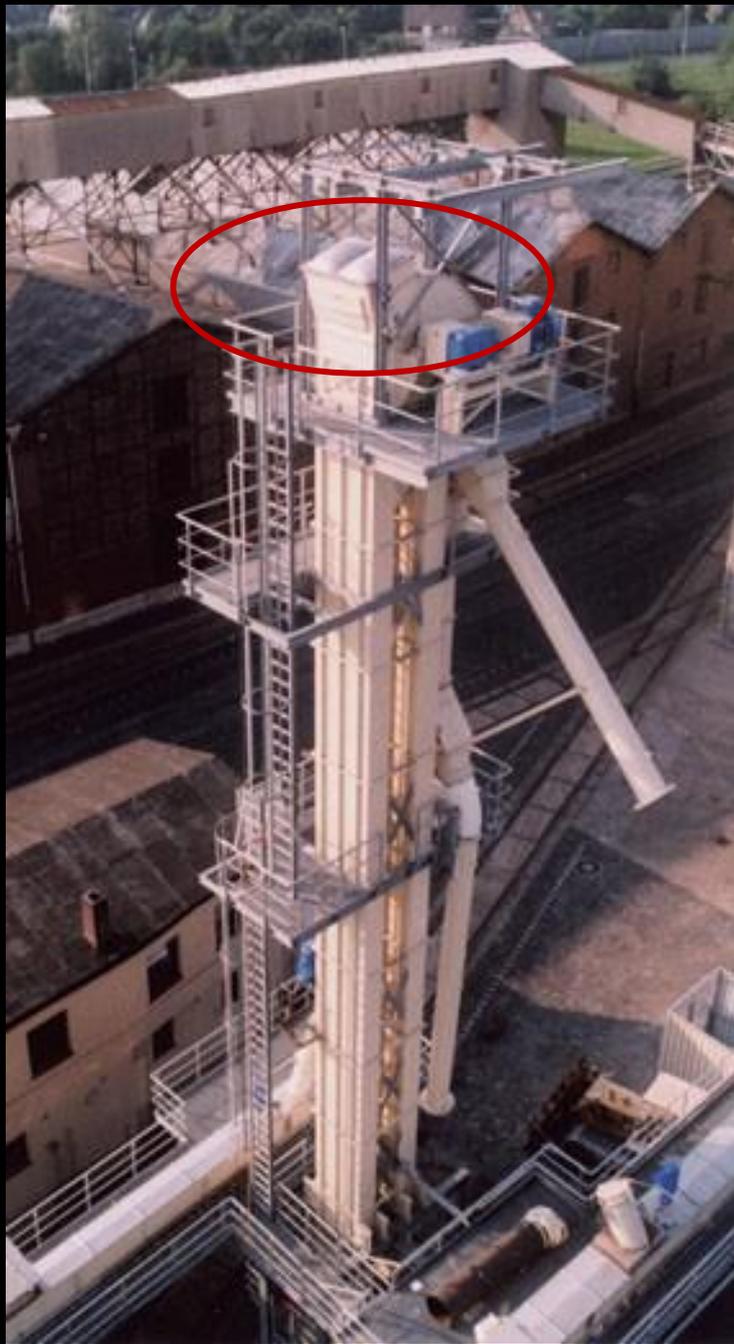


Incorrecto

Ventana de Alivio

SECUENCIA DE ROTURA DE UN PANEL DE VENTEO





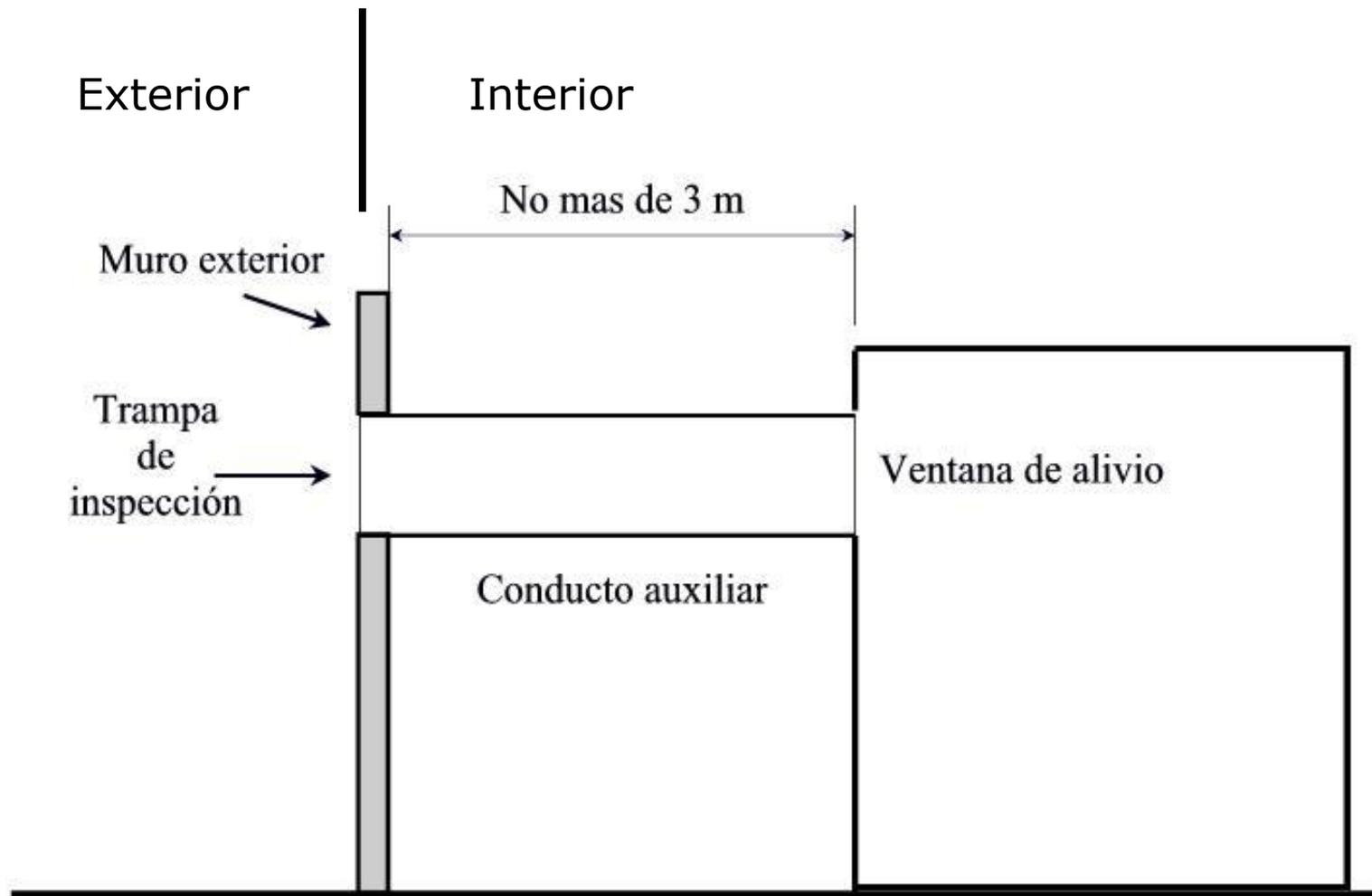






GREEN LABEL: A table with multiple columns and rows, likely a technical specification or data sheet. The text is too small to read accurately.

CAUTION
Fiber optic cables can cause eye injury. Do not look directly into the end of a fiber optic cable.



Ventana con conducto auxiliar



Técnicas Básicas de Prevención

Sistema de Permisos de Trabajos que contemple a todas los tipos de tareas como ser: “en caliente”, altura, espacios confinados, etc.

Auditoria del Sistema de Permisos de Trabajos.

Eliminar el uso de aire comprimido.

Control de la electricidad estática. Empleo de materiales antiestáticos, disponer de puesta a tierra y continuidad eléctrica.

Clasificación de las aéreas con riesgo de explosión en clase 20, 21 y 22.

Medición de la vibración. El desequilibrio en los órganos de giro viene precedido de un aumento de la vibración.

Medidores de alineamiento. Para controlar que una banda de giro no roce o golpee sobre los laterales del equipo.

Sensores de atasco o continuidad. Un atasco puede ser la causa de calentamiento por fricción y provocar un incendio y posteriormente una explosión.

Sensores de temperatura. Especialmente en rodamientos.

Extracción de cuerpos extraños. Prelimpiezas que eliminen objetos capaz de generar una chispa en el proceso de transferencia.

Medidores de velocidad. Que controlen que el equipo funcione al 100%.

Instalación eléctrica antiexplosiva.

Condiciones Técnicas del Elevador de Cangilones

Cintas conductoras. Resistencia eléctrica de la superficie no superior a 100 megohms.

Ventanas de inspección en el cabezal y en el pie.

Rodamientos externos a la envoltura de los pantalones.

Detector de movimiento que cortará la energía del mando en caso que la correa del elevador desacelere para debajo del 80% de velocidad normal.

Monitoreo de **alineación de la cinta.**

Cintas del tipo **retardante de llama o resistente al fuego.**

Los elevadores no serán **empujados** para desbloquear un pantalón ahogado.

Estudio de la velocidad de los mandos para que las velocidades tangenciales no generen superficies calientes.

El pie será provisto de **abertura para la limpieza** y para la inspección de alineación.

Los elevadores de cangilones se instalarán preferentemente **en el exterior**.

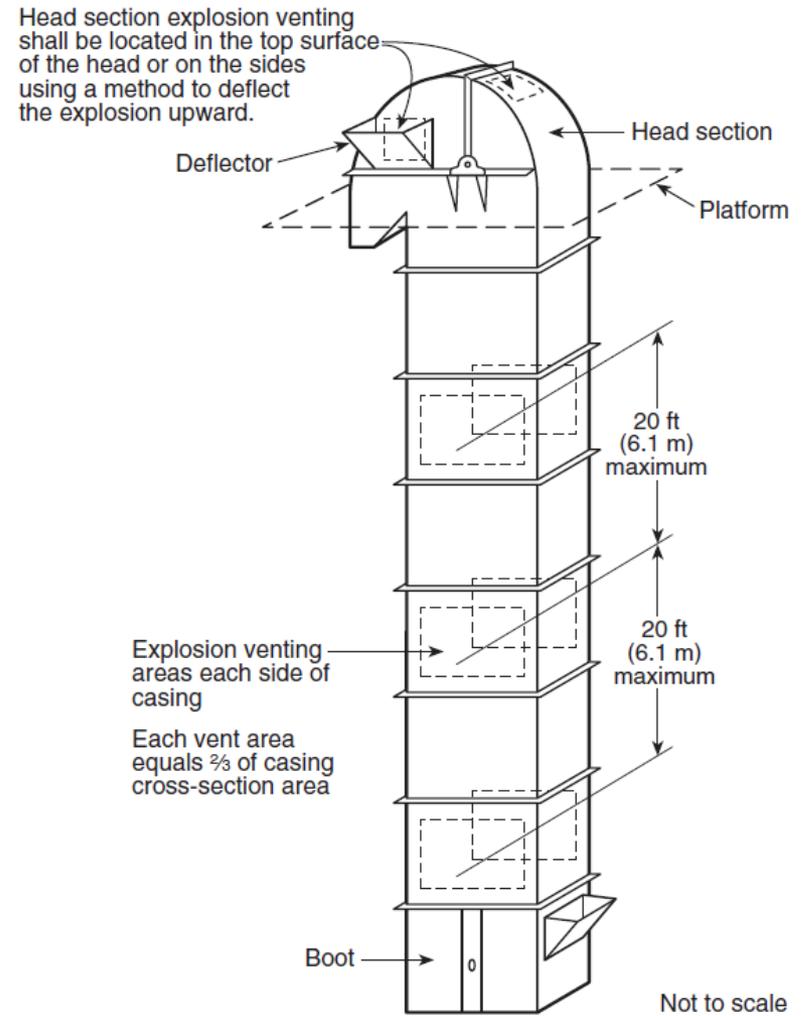
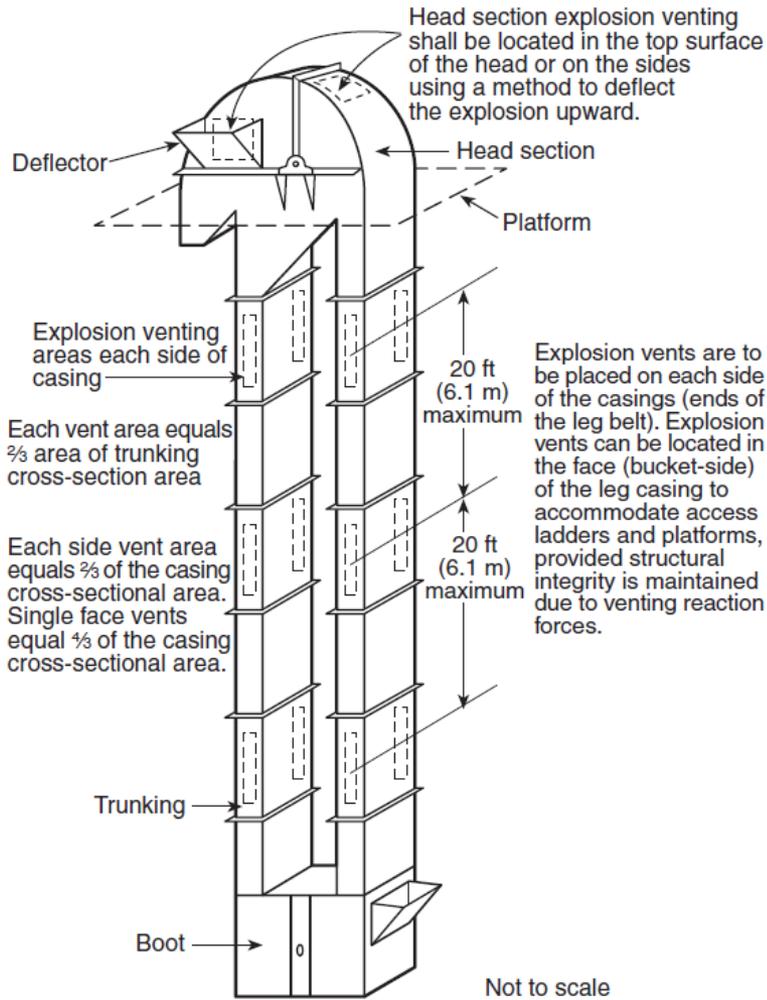
Si se localizan en áreas interiores deberán disponer de un **sistema supresor de explosión** en el 100% del elevador.

Las torres metálicas o de hormigón armado deberán ser abiertas, es decir del tipo **ventiladas**.

**El venteo de explosiones no
se puede realizar dentro de
ambientes cerrados.**

Los elevadores de cangilones exteriores estarán provistos de **paneles de alivio de explosión** localizados a intervalos no mayores que 6 m en todo su largo.

Los elevadores estarán equipados con **sistemas de control de polvo** en el cabezal y pie.





FIN