

	TIPO DE DOCUMENTO: <b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>	CÓDIGO DEL DOCUMENTO.: <b>IPE-2025-2977-F-MC-003</b>
	PROYECTO: <b>INGENIERÍA BÁSICA Y DE DETALLE PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA 4TA Y 5TA UCG EN LA E°C° COLPA</b>	HOJA:  1 de 11
	TÍTULO: <b>MEMORIA DE CÁLCULO HIDRÁULICO Y DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE ALIVIO Y VENTEO</b>	

## ÍNDICE DE REVISIONES

Fecha	Revisión	Observaciones
01-10-2025	A	Para Revisión del Cliente

 <b>Ing. Kevin Vidovic E.</b> <b>Ingeniero de Proyecto</b> <b>ELABORADO POR</b>	 <b>Ing. Mileidy Severiche A.</b> <b>Especialista de Procesos</b> <b>REVISADO POR</b>	 <b>Ing. Andres Aguilar L.</b> <b>Gerente de Proyecto</b> <b>APROBADO POR</b>
<small>ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE YPFB TRANSPORTE S.A. Y NO PODRÁ SER REPRODUCIDO O UTILIZADO PARA CUALQUIER FINALIDAD DIFERENTE DE AQUELLA PARA LA QUE HA SIDO SUMINISTRADO.</small>		

	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>	<b>IPE-2025-2977-F-MC-003</b>
	TÍTULO:	HOJA:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO HIDRÁULICO Y DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE ALIVIO Y VENTEO</b>	2 de 11
		REV:
		<b>A</b>

## ÍNDICE

<b>1. OBJETIVO .....</b>	<b>3</b>
<b>2. ALCANCE.....</b>	<b>3</b>
<b>3. DOCUMENTACIÓN DE REFERENCIA, NORMAS Y ABREVIATURAS.....</b>	<b>3</b>
3.1. DOCUMENTOS DE REFERENCIA.....	3
3.2. NORMAS DE REFERENCIA.....	3
<b>4. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO.....</b>	<b>4</b>
<b>5. CONSIDERACIONES DE DISEÑO.....</b>	<b>5</b>
5.1. CRITERIOS DE DISEÑO Y VERIFICACIÓN DE LÍNEAS .....	5
5.2. CARACTERÍSTICAS DE VÁLVULAS DE BLOWDOWN (BDV).....	5
5.3. VIBRACIONES ACÚSTICAS DE ALTA FRECUENCIA .....	5
5.3.1. HERRAMIENTAS DE SIMULACIÓN .....	6
5.4. NODOS DE SIMULACIÓN .....	7
<b>6. resultados .....</b>	<b>8</b>
6.1. DESPRESURIZACIÓN UCG-05.....	8
6.2. DESPRESURIZACIÓN UCG-04.....	8
6.3. DESPRESURIZACIÓN CABEZAL DE SUCCIÓN .....	9
6.4. DESPRESURIZACIÓN CABEZAL DE DESCARGA.....	9
6.5. SISTEMA DE GAS COMBUSTIBLE .....	9
<b>7. CONCLUSIONES.....</b>	<b>10</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>11</b>
ANEXO 1 .....	11

	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>	<b>IPE-2025-2977-F-MC-003</b>
	TÍTULO:	HOJA:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO HIDRÁULICO Y DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE ALIVIO Y VENTEO</b>	3 de 11
		REV:
		<b>A</b>

## 1. OBJETIVO

El objetivo del presente documento es realizar la verificación del sistema de alivios y venteos afectado por la instalación de las nuevas unidades de compresión UCG-04 / 05 en la Estación de Compresión Colpa.

## 2. ALCANCE

El alcance del documento cubre los siguientes puntos:

- Evaluación del comportamiento hidráulico del cabezal de alivio, considerando los nuevos caudales máximos generados durante los escenarios de despresurización de cada sistema de gas entrampado.
- Verificación del cumplimiento de los límites de potencia acústica establecidos en la API 521, asegurando que los niveles se mantengan por debajo de las recomendaciones con el fin de evitar posibles problemas de vibración y fatiga en las tuberías.

## 3. DOCUMENTACIÓN DE REFERENCIA, NORMAS Y ABREVIATURAS

### 3.1. DOCUMENTOS DE REFERENCIA

A continuación, se detalla la documentación de referencia asociada a este documento:

[Ref. 1.]	IPE-2025-2977-G-MD-003	Bases de Diseño
[Ref. 2.]	BOL-E30-PR-00-03-01 de 02	Diagramas de Flujo de Procesos PFD
[Ref. 3.]	BOL-E30-PR-00-03-02 de 02	Diagramas de Tuberías e Instrumentación P&ID
[Ref. 4.]	BOL-E30-ME-00-08-01 de 01	Maqueta 3D Ing. Básica
[Ref. 5.]	IPE-2025-2977-F-MC-004	Memoria de Cálculo de Despresurización

### 3.2. NORMAS DE REFERENCIA

A continuación, se detallan las normas de referencia asociadas a este documento:

[Ref. 6.]	API RP 520 Edición 2008	Sizing, Selection, and Installation of Pressure-Relieving Devices in Refineries, Part I.
[Ref. 7.]	API RP 520 Edición 2008	Sizing, Selection, and Installation of Pressure-Relieving Devices in Refineries, Part II.

	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>	<b>IPE-2025-2977-F-MC-003</b>
	TÍTULO:	HOJA:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO HIDRÁULICO Y DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE ALIVIO Y VENTEO</b>	4 de 11
		REV:
		<b>A</b>

[Ref. 8.]	API Std. 521	Pressure Relieving and Despressuring System
-----------	--------------	---

#### 4. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

La estación de compresión Colpa, está ubicada en el municipio de Colpa Bélgica, provincia Sara del departamento de Santa Cruz, con las siguientes coordenadas UTM: 471208 E y 8062399 S.

**Figura 1.** Ubicación Geográfica - E°C° Colpa



**Tabla 1.** Condiciones del Sitio

Temperatura ambiente mínima <sup>(1)</sup> :	15 °C
Temperatura ambiente máxima <sup>(1)</sup> :	48 °C
Elevación aproximada:	340 msnm
Humedad relativa máxima:	96%
Humedad relativa promedio:	45%
Humedad relativa mínima:	28%
Precipitación pluvial promedio:	167 mm
Velocidad media del viento:	14.5 km/h
Vientos predominantes:	N-O, S-E
Tipo de terreno	Arcilloso
<b>Notas:</b>	
1) Datos históricos registrados de los últimos años	

**Fuente:** SENAMHI

	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>	<b>IFE-2025-2977-F-MC-003</b>
	TÍTULO:	HOJA: 5 de 11
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO HIDRÁULICO Y DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE ALIVIO Y VENTEO</b>	REV: <b>A</b>

## 5. CONSIDERACIONES DE DISEÑO

### 5.1. CRITERIOS DE DISEÑO Y VERIFICACIÓN DE LÍNEAS

Todos los cálculos hidráulicos de las líneas de alivio como de los colectores y subcolectores de antorcha fueron realizados de acuerdo al estándar API 520.

A continuación, se muestran los criterios que validarán los cálculos realizados en esta memoria:

**Tabla 2.** Criterios de Diseño Sistema de Venteo

Líneas de Venteo			
Variable	$\text{Rho} * V^2 \text{ (lb/ft}^2\text{s}^2\text{)}$	Nº de Mach	% $\Delta P$
Sub Cabezal de Alivios	<100000	<0.75	-
Cabezal Principal de Alivios	<100000	<0.4	-
Línea de Entrada a BDV	-	<0.4	-

### 5.2. CARACTERÍSTICAS DE VÁLVULAS DE BLOWDOWN (BDV)

En la siguiente tabla un resumen de las BDVs que van al sistema de alivios y venteo existente de la Estación Colpa:


**Tabla 3.** Resultados de Análisis de despresurización

Condiciones	Unidades	BDV-1009	BDV-1010	BDV-1011
Presión Inicial	Psig	950	1410	150
Temperatura Inicial	°F	90	119,6	49
Caudal Pico	lb/h	11553,8	20513	32045,6
Presión Final	Psig	100	100	atm
Diá. Placa orificio	in	0,5	0,55	-

**Fuente:** Memoria de Cálculo de Despresurización, Ref.5

### 5.3. VIBRACIONES ACÚSTICAS DE ALTA FRECUENCIA

Se analiza si la descarga de cada BDV genera vibraciones de alta frecuencia durante el alivio, que podrían llegar a una fatiga inducida por la acústica y una consecuente ruptura, de acuerdo con lo indicado en el estándar API 521 los niveles de potencia acústica no deben superar los 155 dB.

	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>	<b>IPE-2025-2977-F-MC-003</b>
	TÍTULO:	HOJA: 6 de 11
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO HIDRÁULICO Y DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE ALIVIO Y VENTEO</b>	REV: <b>A</b>

La Potencia Acústica puede ser determinada con la siguiente ecuación:

$$L_W = 10 * \log_{10} \left[ W^2 * \left( \frac{P_1 - P_2}{P_1} \right)^{3,6} * \left( \frac{T_1}{M} \right)^{1,2} \right] + C_W$$

Donde:

$L_W$	= Nivel de Potencia Acústica en la ubicación de interés, dB
$P_1$	= Presión aguas arriba del dispositivo, psig
$P_2$	= Presión aguas abajo del dispositivo, psig
$W$	= Flujo Másico, Lb/h
$T_1$	= Temperatura Absoluta aguas arriba del dispositivo, °R
$M$	= Peso Molecular del gas
$C_W$	= Constante (45)

Para descarga de válvulas múltiples, se utiliza la ecuación que indica la API 521, donde se tiene en cuenta los PWL de cada una de las PSVs:

$$\sum L_W = 10 * \log_{10} [10^{L_{W1}/10} + 10^{L_{W2}/10} + \dots + 10^{L_{Wn}/10}]$$

Donde:


$L_{W1, 2, \dots, n}(\text{dB})$  = Nivel de Potencia Acústica de “n” fuentes de AIV (Acoustic Induced Vibrations).

### 5.3.1. HERRAMIENTAS DE SIMULACIÓN

El software empleado para realizar la verificación de las líneas y cabezales de alivio se muestran en la siguiente tabla:

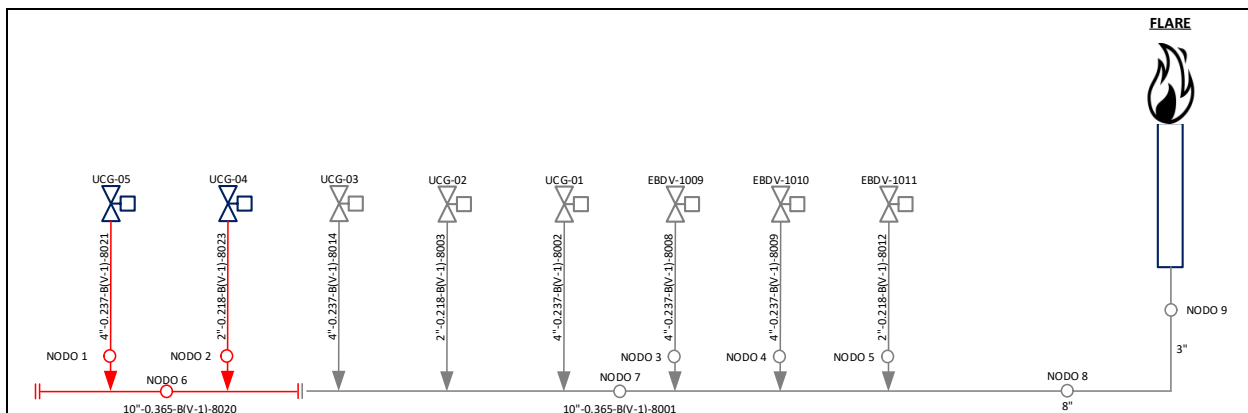
**Tabla 3** Softwares de Simulación para sistemas de alivios

Software	Empresa	Disciplina	Descripción General
Aspen Flare System Analyzer V.12	Aspen HYSYS	Procesos	Aspen Flare System Analyzer para sistemas de alivio.

	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>	<b>IPE-2025-2977-F-MC-003</b>
	TÍTULO:	HOJA:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO HIDRÁULICO Y DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE ALIVIO Y VENTEO</b>	7 de 11
		REV:
		<b>A</b>

## 5.4. NODOS DE SIMULACIÓN

**Figura 2.** Esquema general del sistema de alivios.



NODO	LÍNEA	Descripción	
		Desde	Hasta
1	4"-0.237-B(V-1)-8021	UCG-05	10"-0.365-B(V-1)-8020
2	4"-0.237-B(V-1)-8022	UCG-04	10"-0.365-B(V-1)-8020
3	4"-0.237-B(V-1)-8008	EBDV-1009	10"-0.365-B(V-1)-8001
4	4"-0.237-B(V-1)-8009	EBDV-1010	10"-0.365-B(V-1)-8001
5	2"-0.218-B(V-1)-8012	EBDV-1011	10"-0.365-B(V-1)-8001
6	10"-0.365-B(V-1)-8020	Extensión del Cabezal de Alivios	
7	10"-0.365-B(V-1)-8001	Cabezal de Alivios	
8	8"	Cabezal de Alivios	
9	3"	Flare	

	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	MEMORIA DE CÁLCULO	IPE-2025-2977-F-MC-003
	TÍTULO:	HOJA:
	MEMORIA DE CÁLCULO HIDRÁULICO Y DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE ALIVIO Y VENTEO	8 de 11 REV: A

## 6. RESULTADOS

### 6.1. DESPRESURIZACIÓN UCG-05


**Tabla 4.** Resultados de verificación de las líneas de alivio durante la despresurización de la UCG-05.

Nodo	Flujo	Presión [Psig]		Temperatura [°F]		Velocidad [ft/s]		Número de Mach [-]		RhoxV <sup>2</sup> [-]		Nivel de Ruido [dB]	
	[lb/h]	Upstream	Downstream	Upstream	Downstream	Upstream	Downstream	Upstream	Downstream	Upstream	Downstream	Upstream	Downstream
1	9815	32,3	24,6	35,23	34,64	188,69	225,74	0,144	0,173	5819	6962	126,45	124,57
6	9815	25,2	25,2	34,63	34,63	35,91	35,93	0,027	0,027	179	179	124,57	122,42
7	9815	25,2	24,9	34,62	34,66	36	36,15	0,027	0,028	179	180	117,96	93,53
8	9815	24,9	24,5	34,60	34,62	57,03	57,65	0,044	0,044	448	452	93,53	60,38
9	9815	16,2	0	33,87	32,55	555,07	1167,09	0,424	0,891	32993	69370	60,38	54,17

### 6.2. DESPRESURIZACIÓN UCG-04

**Tabla 5.** Resultados de verificación de las líneas de alivio durante la despresurización de la UCG-04

Nodo	Flujo	Presión [Psig]		Temperatura [°F]		Velocidad [ft/s]		Número de Mach [-]		RhoxV <sup>2</sup> [-]		Nivel de Ruido [dB]	
	[lb/h]	Upstream	Downstream	Upstream	Downstream	Upstream	Downstream	Upstream	Downstream	Upstream	Downstream	Upstream	Downstream
2	9815	30,1	24,4	35,04	34,62	219,53	251,16	0,168	0,192	7497	8577	145,33	135,92
6	9815	25,2	25,2	34,63	34,68	35,93	35,95	0,027	0,027	179	179	135,92	131,47
7	9815	25,2	24,0	34,62	34,66	35,95	36,15	0,027	0,028	179	180	131,47	107,04
8	9815	24,9	24,51	34,60	34,62	57,03	57,65	0,044	0,044	448	452	107,04	73,89
9	9815	16,2	0	33,87	32,55	555,07	1167,09	0,424	0,891	32993	69370	60,38	54,17

	TIPO DE DOCUMENTO:		CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	MEMORIA DE CÁLCULO		IPE-2025-2977-F-MC-003
	TÍTULO:		HOJA:
	MEMORIA DE CÁLCULO HIDRÁULICO Y DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE ALIVIO Y VENTEO		9 de 11 REV: A

### 6.3. DESPRESURIZACIÓN CABEZAL DE SUCCIÓN

**Tabla 6.** Resultados de verificación de las líneas de alivio durante la despresurización del cabezal de succión (BDV-1009)

Nodo	Flujo	Presión [Psig]		Temperatura [°F]		Velocidad [ft/s]		Número de Mach [-]		RhoxV <sup>2</sup> [-]		Nivel de Ruido [dB]	
	[lb/h]	Upstream	Downstream	Upstream	Downstream	Upstream	Downstream	Upstream	Downstream	Upstream	Downstream	Upstream	Downstream
3	11553,8	30,6	30,6	25,22	25,28	249,98	250,37	0,193	0,193	10049	10065	142,98	142,76
7	11553,8	31,4	31,3	25,29	25,35	35,80	35,88	0,028	0,028	210	210	142,76	132,05
8	11553,8	31,3	30,8	25,27	25,30	56,62	57,23	0,044	0,044	523	529	132,05	98,90
9	11553,8	21,6	0,5	24,42	22,64	544,36	1297,72	0,420	1	38088	90787	98,90	92,69

### 6.4. DESPRESURIZACIÓN CABEZAL DE DESCARGA


**Tabla 7.** Resultados de verificación de las líneas de alivio durante la despresurización del cabezal de descarga (BDV-1010)

Nodo	Flujo	Presión [Psig]		Temperatura [°F]		Velocidad [ft/s]		Número de Mach [-]		RhoxV <sup>2</sup> [-]		Nivel de Ruido [dB]	
	[lb/h]	Upstream	Downstream	Upstream	Downstream	Upstream	Downstream	Upstream	Downstream	Upstream	Downstream	Upstream	Downstream
4	20513	66,6	66,4	38,10	38,09	252,15	252,54	0,193	0,194	17996	18024	148,07	147,85
7	20513	68,0	67,8	38,22	38,16	36,11	36,20	0,028	0,028	376	377	147,85	137,50
8	20513	67,8	67,0	38,2	38,08	57,01	57,70	0,044	0,044	937	946	137,49	104,35
9	20513	50,2	12,7	36,7	33,6	549,96	1309,13	0,421	1	68319	162614	104,34	98,14

### 6.5. SISTEMA DE GAS COMBUSTIBLE

**Tabla 8.** Resultados de verificación de las líneas de alivio durante la despresurización del sistema de gas combustible (BDV-1011)

Nodo	Flujo	Presión [Psig]		Temperatura [°F]		Velocidad [ft/s]		Número de Mach [-]		RhoxV <sup>2</sup> [-]		Nivel de Ruido [dB]	
	[lb/h]	Upstream	Downstream	Upstream	Downstream	Upstream	Downstream	Upstream	Downstream	Upstream	Downstream	Upstream	Downstream
5	32045,6	246,1	81,2	56,32	43,64	476,91	1309,45	0,326	0,366	207027	568354	-	-
7	32045,6	114,9	114,7	46,26	46,25	36,20	36,26	0,028	0,028	588	589	-	-
8	32045,6	114,6	113,3	46,24	46,13	57,21	57,81	0,044	0,044	1466	1481	-	-
9	32045,6	87,1	28,2	44,06	39,35	551,79	1313,47	0,422	1	107084	254881	-	-

	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>	<b>IPE-2025-2977-F-MC-003</b>
	TÍTULO:	HOJA:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO HIDRÁULICO Y DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE ALIVIO Y VENTEO</b>	10 de 11
		REV:
		<b>A</b>

## 7. CONCLUSIONES

Según el análisis de despresurización realizada para las BDVs de la Estación Colpa se obtienen la siguiente conclusión:

De acuerdo con la verificación realizada a las líneas y cabezales de alivio, se confirma que el diseño cumple con los criterios de aceptación establecidos. En particular, el número de Mach se mantiene por debajo de 0,75, el parámetro  $p \cdot V^2$  ( $Rho \cdot V^2$ ) resulta inferior a 100 000 lb/ft·s<sup>2</sup> y los niveles de potencia acústica no superan los 155 dB. El análisis fue desarrollado considerando un escenario de despresurización controlada, evaluado de manera individual para cada válvula de alivio (BDV).

No obstante, se identificó que la línea de 2" en la descarga asociada a la BDV del sistema de gas combustible presenta un valor de  $p \cdot V^2$  superior al límite recomendado. Sin embargo, dado que el tiempo de despresurización en este caso es del orden de 15 segundos, se considera que este efecto no representa un riesgo significativo para la integridad mecánica de la línea. En caso de requerirse el estricto cumplimiento del criterio, se recomienda evaluar la modificación del diámetro de la línea de descarga a 3".

	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>	<b>IPE-2025-2977-F-MC-003</b>
	TÍTULO:	HOJA:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO HIDRÁULICO Y DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE ALIVIO Y VENTEO</b>	11 de 11
		REV:
		<b>A</b>

## ANEXOS

### ANEXO 1

**Simulación de líneas y cabezales de alivio elaborado en Aspen Flare.**



ANEXO 1 -  
IPE-2025-2977-F-MC-(



ANEXO 1 -  
IPE-2025-2977-F-MC-(