

**UNIVERSIDAD MAYOR, REAL Y PONTIFICIA DE
SAN FRANCISCO XAVIER DE CHUQUISACA**

VICERRECTORADO

CENTRO DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA



**SELECCIÓN DE VALVULAS DE CONTROL ADECUADAS PARA EL OPTIMO
FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE COMPRESION DE GAS DE VENTA EN LA
PLANTA YAPACANI**

**TRABAJO EN OPCION A DIPLOMADO EN TRANSPORTE, ALMACENAMIENTO
Y DISTRIBUCION DE HIDROCARBUROS**

ALISON MOLINA VEDIA

Sucre – Bolivia

2023

CESIÓN DE DERECHOS

Al presentar este trabajo como requisito previo a la obtención del Diplomado en Transporte, Almacenamiento y Distribución de Hidrocarburos de la Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, autorizo al Centro de Estudios de Posgrado e Investigación o a la Biblioteca de la Universidad, para que se haga de este trabajo un documento disponible para su lectura, según normas de la Universidad.

También cedo a la Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, los derechos de publicación de este trabajo o parte de él, manteniendo mis derechos de autor hasta un periodo de 30 meses posterior a su aprobación.

Alison Molina Vedia

Sucre, 07 de diciembre 2023

DEDICATORIA

Dedico esta monografía a mi Madre Ana Vedia por estar presente en todo momento, por cuidar, guiar, apoyar y hacer de mí una persona de bien. Sentó en mí la base de superación, en ella tengo el espejo en el cual me quiero reflejar por sus virtudes, cualidades y valor de enfrentar la vida.

A mis hermanos por ser el motivo de superación, son las personas que me han ofrecido su amor incondicional.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por haberme dado la dicha de existir y guiarme día a día dándome la oportunidad de elegir quien quiero ser.

A mi mamita por ser mi pilar, mi luz, guía, por darme hasta lo que no tenía. A mis hermanos por ser mi inspiración de ser mejor cada día.

A la Universidad USFX, por darme las bases de estudio y darme la oportunidad de culminar mi formación académica.

Un agradecimiento especial a la empresa Mopetman S.R.L por abrir sus puertas, por enseñar y guiar en mi formación profesional. A mis jefes y colegas que están predispuestos a ayudar y guiar en lo que uno necesite.

A mis amigos por ser incondicionales.

RESUMEN

Para la selección de válvulas de control adecuadas para el óptimo funcionamiento del Sistema de Compresión de Gas de Venta en la Planta Yapacaní, se identificó las condiciones actuales de diseño y de operación a las que trabaja el sistema de compresión para entrar en contexto con la problemática y solución de la misma, se utilizó la metodología descriptiva que abarca el sistema de gran a pequeña escala, sistema de compresión completo, compresores, válvulas de control y condiciones del gas de venta operada por YPFB Andina S.A.

Para determinar las válvulas de control adecuada se hizo un estudio de los criterios de selección siguiendo los lineamientos de las normas vigentes, según su función, tipología, presión, temperatura y materiales de las Válvulas de Control de Quema Succión/ Descarga y Válvula de control Compensadora entre los cabezales de succión y descarga del Sistema de Compresión de Venta.

Para la selección de las válvulas de control, se siguen los criterios de selección de válvulas, se recopila información, datos de campo y cálculos para un análisis y discusión de los mismos, llegando a dimensionar válvulas de control óptimas para el sistema de compresión de gas de venta.

Para describir el proceso de instalación de las válvulas de control seleccionadas para la optimización del sistema de compresión de venta, con la implementación de válvulas de control, se hace una revisión de los P&ID, especificaciones técnicas y planos, logrando describir el proceso y esquematizar de forma fotográfica la instalación de las Válvulas de Control de quema Succión/ Descarga (PV-5108/PV-104) y la válvula de control compensadora (PV-105)

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTOS	II
RESUMEN	III
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	IV
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VII
ÍNDICE DE TABLAS	VIII
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 ANTECEDENTES	1
1.1.1 Planteamiento del Problema.....	2
1.2 OBJETIVOS	3
1.2.1 Objetivo General	3
1.2.2 Objetivos Específicos.....	3
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	4
1.3.1 Justificación Practica.....	4
1.3.2 Justificación Teórica	4
1.4 METODOLOGÍA	5
1.4.1 Técnicas de Investigación	5
1.4.2 Instrumentos de Investigación.....	5
CAPÍTULO II: DESARROLLO.....	6
2.1 MARCO TEÓRICO	6
2.1.1 Marco Conceptual	6
2.1.1.1 Sistema de Compresión del Gas Natural	6
2.1.1.2 Compresores de Gas Natural.....	6
2.1.1.3 Ventajas de los servicios de compresión de Gas Natural.....	7
2.1.1.4 Distribución de gas.....	7
2.1.1.5 Separación y filtración.....	7
2.1.1.6 Mantiene una presión constante	7
2.1.1.6.1 Tipos de Compresores	8
2.1.1.6.2 Compresores de desplazamiento positivo.....	8
2.1.1.6.3 Compresores Dinámicos.....	8

2.1.1.7 Depuradores y filtros.....	9
2.1.1.7 1 Filtros de Compresores de Gas Natural	9
2.1.1.8 Sistemas de enfriamiento de gases	9
2.1.1.9 Importancia de las Válvulas de Control, en un Sistema de Compresión de Gas	10
2.1.1.9.1 Válvula.....	10
2.1.1.9.2 Válvula de Control	10
2.1.1.10 Tipología Según su Función.....	11
2.1.1.10.1 Válvulas de Control de Regulación:	11
2.1.1.10.2 Válvulas de Control Todo o Nada	11
2.1.1.10.3 Válvulas de Control con Posiciones Intermedias.....	12
2.1.1.10.4 Tipología Según el Obturador y Cuerpo.....	12
2.1.1.10.5 Válvulas con Obturador de Movimiento Lineal.....	12
2.1.1.10.6 Válvulas con obturador de movimiento rotativo.....	17
2.1.1.11 Bridas	19
2.1.1.12 Tipos de Bridas	19
2.1.1.13 Presión de Operación.....	20
2.1.1.14 Temperatura de Operación	20
2.1.1.15 Velocidad de Gas	20
2.1.1.16 Caudal del Gas	20
2.1.1.17 Caída de Presión.....	21
2.1.1.18 Cavitación	21
2.1.1.19 Flashing.....	21
2.1.2 Marco Contextual.....	21
2.1.2.1 Generalidades.....	21
2.1.2.2 Contexto.....	22
2.1.2.3 Sistema de la Planta Yapacani.....	22
2.1.2.4 Sistema de Compresión de Gas de Venta	23
2.1.2.5 Condiciones de Diseño de los Compresores del Gas de Venta	24
2.1.2.6 Descripción Actual de Diseño de las Válvulas de Control	25
2.1.2.6.1 Válvula de Control de Presión (quema), Succión PV-5018.....	26
2.1.2.6.2 Válvula de Control de Presión (quema), Descarga PV-105.....	27
2.1.2.6.3 Válvula de Control de Presión (quema), Succión PV-104.....	29
2.1.2.7 Condiciones Actuales de los Parámetros en el Sistema de Compresores de Gas de Venta.....	30
2.1.2.7.1 Compresores.....	30

2.1.2.7.2 Cromatografía del Gas.....	31
2.1.2.7.3 Velocidad del Gas- Líneas de Proceso	31
2.1.2.7.4 Caída de Presión.....	31
2.1.2.8 Ubicación de la Plata Yapacani	32
2.2 INFORMACIÓN Y DATOS OBTENIDOS	33
2.2.1 Estudios de Válvulas de Control Según los Lineamientos de Normas Vigentes.....	33
2.2.1.1 Estudio de Normativas para la selección de válvulas	33
2.2.1.2 Criterios básicos para la Selección de las Válvulas	34
2.2.1.2.1 Elección de Tipo de Válvula de Acuerdo a su Función	34
2.2.1.2.2 Determinación de la Presión Nominal	35
2.2.1.2.3 Determinación de los Materiales Constructivos	35
2.2.1.2.4 Selección de accionamiento.....	36
2.2.1.2.5 Selección del Tamaño (DN) Diámetro Nominal.....	36
2.2.1.2.6 Criterios Comerciales Generales	36
2.2.1.3 Dimensionamiento de Válvulas de Control	37
2.2.1.3.1 Características Inherentes de las Válvulas.....	37
2.3 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN	42
2.3.1 Análisis de Selección para Válvulas de Control del Sistema de Compresión de Venta.....	42
2.3.1.1 Según su función	42
2.3.1.2 Tipología Según el Obturador y Cuerpo.....	42
2.3.1.3 Selección Según la Presión Nominal y Brida	43
2.3.1.4 Selección de los Materiales Constructivos	43
2.3.2 Descripción el proceso de instalación de las válvulas de control.....	44
2.3.2.1 Cabezal Principal de Succión	44
CAPÍTULO III: CONCLUSIONES	47
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48
ANEXOS.....	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: <i>Tipos de Compresores</i>	8
Figura 2: <i>Válvula de Control Típica</i>	11
Figura 3: <i>Tipos de Válvulas de Control</i>	16
Figura 4: <i>Diagrama funcionamiento de Planta Yapacani</i>	23
Figura 5: <i>Área compresión de venta – válvula compensadora y de quema</i>	26
Figura 6: <i>Arreglo de Válvula de Quema (Succión) PV-5018</i>	27
Figura 7: <i>Arreglo de Válvula de Quema (Descarga) PV-105</i>	¡Error! Marcador no definido.
Figura 8: <i>Conexión con PIT-104 - PV-105</i>	28
Figura 9: <i>Arreglo de Válvula Compensadora - PV-104</i>	29
Figura 10: <i>Control de Presión con PIT -104 - PV-104</i>	30
Figura 11: <i>Ruta Santa Cruz a Planta Andina</i>	32
Figura 12: <i>Curvas Características Inherentes de las Válvulas</i>	37
Figura 13: <i>Modificación para válvula de quema PV-5108</i>	44
Figura 14: <i>Modificación para válvula de quema PV-105 y válvula compensadora PV-104</i>	45

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: <i>Condiciones Operativas del Compresor C-5010</i>	24
Tabla 2: <i>Condiciones Operativas del Compresor C-5020</i>	24
Tabla 3: <i>Condiciones Operativas del Compresor C-5030</i>	25
Tabla 4: <i>Condiciones Operativas del Compresor C-5030</i>	25
Tabla 5: <i>Condiciones de Diseño de Válvula de Control de (quema) Succión</i>	26
Tabla 6: <i>Condiciones de Diseño de Válvula de Control de (quema) Succión</i>	27
Tabla 7: <i>Condiciones de Diseño de Válvula de Control de (quema) Succión</i>	29
Tabla 8: <i>Condiciones Actuales de los Parámetros en los Compresores de Venta</i>	30
Tabla 9: <i>Composición del Gas de Venta</i>	31
Tabla 10: <i>Caída de Presión en líneas de gas</i>	32
Tabla 11: <i>Condiciones de Servicio del Gas de Venta (Fluido y Estado)- Válvula de Control de (quema) Succión PV-5108</i>	40
Tabla 12: <i>Condiciones de Servicio del Gas de Venta (Fluido y Estado)- Válvula de Control de (quema) Succión PV-104</i>	40
Tabla 13: <i>Condiciones de Servicio del Gas de Venta (Fluido y Estado)- Válvula de Control de Presión (quema), Descarga PV-105</i>	41
Tabla 14: <i>Lectura de Resultados Anexo 2 y Anexo 4</i>	42

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

Mokveld empresa holandesa, hace una década publica “Válvulas de control de Contrapresión, de gran Fiabilidad y Acción Rápida”. Las válvulas de control con protección frente a las sobrepresiones de Mokveld pueden proporcionar un control preciso sin sobre modulación y también pueden responder muy rápidamente para evitar una sobrepresión en el compresor. Para evitar los daños en el compresor, Mokveld suministro válvulas de control de rápida acción y alta fiabilidad, la instrumentación de la válvula de control se diseña de tal modo que en caso de emergencia pueda abrirse la válvula en menos de 2 segundos. En la presente publicación se denota la importancia de las válvulas de control en los Sistemas de Compresión.

Alejandro Casele- Federico Strada, Optimización del Procesamiento de Gas Natural a través de un Sistema de Control Centralizado (2009), los controladores tendrán una programación interna con una lógica de control que permite que el sistema controle a si mismo, debe tener la capacidad de: Ser reprogramado en forma remota, simular y verificar su funcionamiento, visualizar el valor de las variables y los estados de las entradas, salidas y variables internas. Cito a estos autores porque el párrafo da énfasis a la funcionalidad que tienen los equipos de control, mismo que son objeto de estudio en el presente trabajo.

YPFB Andina S.A. (2010) Genera el Plan de Optimización de la Planta de Compresión de Rio Grande, con el objetivo de garantizar una operación más eficiente y confiable. Se hace mención a este articulo debido a que YPFB Andina hizo estudios para optimizar el sistema de compresión de la Planta Rio Grande, por ende, en el futuro se optaran por más estudios para optimizar más Plantas de Compresión.

La empresa MDK (2021) realizo la memoria descriptiva de los procesos del Sistema de Compresión de Venta en la Planta Yapacaní, mostrando las condiciones de diseño de los compresores y válvulas de control.

El Campo Yapacaní se encuentra ubicado a 230 Km al nor-oeste de la ciudad de Santa Cruz, forma parte del Área Norte “Bloque Boomerang”. Los Hidrocarburos recolectados de esta zona, son transportados y procesados en la Planta Yapacaní (YPC)

El Sistema de compresión de la Planta está dividido en Sistema de Compresión Gas Reciclo, mismo usado como energía para el funcionamiento de la Planta y el Sistema de Compresión de Gas de Venta que desemboca al Gasoducto GCY (Gasoducto Carrasco-Yapacani).

En el Sistema de Compresión, los compresores de venta actualmente operan a una presión de succión de 950 psi y para cumplir la presión de entrega de contrato (1420 psig) los compresores llegan a descargar a 1500 psig. Actualmente se tienen 4 compresores de venta, tres compresores de la Marca AJAX con una capacidad de 33 MMSCFD cada uno y un compresor de la marca Dresser Rand de 50 MMSCFD de capacidad de compresión total de 149 MMSCFD.

El sistema de compresión de venta, cuenta con válvulas de control de presión, en cabezales de succión y descargas, las cuales cumplen la función de control de control de presión en la succión y descargas del Sistema de Compresión de Venta, ambas válvulas de control cuentan con su sistema de alivio, donde será enviado el gas cuando se presente un escenario de alta presión. Así mismo esta conformado por una válvula compensadora la cual compensa caudal en caso que falte gas.

Con el tiempo, los caudales de producción han ido cambiando por la declinación natural del campo y por las variaciones de nominación del día a día se requiere flexibilizar el sistema de compresión de venta mediante la implementación de válvulas de control de quema de succión / descarga y válvula de control compensadora entre cabezal de succión y descarga de compresores de venta, que permitan que los compresores operen con un mayor rango de caudales, a fin de no tener problemas por la capacidad mínima que maneja cada compresor, debido a que se han ido presentando problemas de calentamiento de los cilindros y problemas para regular la presión de operación de la planta

1.1.1 Planteamiento del Problema

En el año 2012 YPFB ANDINA puso en funcionamiento la Planta Yapacaní encargada de procesar el gas natural proveniente de los campos del área norte, con un Sistema de Compresión de Venta que desemboca en Gasoducto GCY (Gasoducto Carrasco-Yapacani responsable de mantenimiento a la empresa YPFB TRANSPORTE S.A.).

El Sistema de Compresión de Venta está conformado con válvulas de control de quema de succión / descarga y válvula de control compensadora, instaladas y seteadas para condiciones iniciales a la puesta en servicio de la Planta Yapacaní.

En la actualidad los caudales y parámetros de producción del campo Yapacaní han cambiado por la declinación de los pozos y por las variaciones de nominación del día a día. Ocasionando que las Válvulas de Control y Compresores de Venta trabajen en rangos inapropiados o inadecuados a los programados inicialmente.

Estos cambios de producción ocasionan problemas de calentamiento de cilindros en los compresores de venta y problemas para regular la presión de operación en la Planta Yapacaní.

Ante esta situación se requiere flexibilizar en Sistema de Compresión de Venta mediante la selección de válvulas de control adecuadas para las condiciones actuales que presenta en la Planta Yapacaní.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General

Seleccionar válvulas de control adecuadas para el óptimo funcionamiento del Sistema de Compresión de Gas de Venta en la Planta Yapacaní.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Identificar el estado actual Del Sistema de Compresión de Gas de Venta en la Planta Yapacaní.
- Realizar un estudio de válvulas de control según los lineamientos de las normas vigentes para un eficiente funcionamiento del sistema de compresión de venta en la Planta Yapacaní.
- Seleccionar las válvulas de control adecuadas para un óptimo trabajo de los compresores de gas de venta, según las condiciones actuales de producción en la Planta de Yapacaní.

- Describir el proceso de instalación de las válvulas de control que se realizara para la optimización del sistema de compresión de venta, con la implementación de válvulas de control.

1.3 JUSTIFICACIÓN

1.3.1 Justificación Practica

Las válvulas son uno de los instrumentos de control más importantes en un Sistema de Compresión de Venta, gracias a su diseño se logra controlar los caudales, presión y temperatura de ingreso y salida de los compresores. Las válvulas de control en la Planta Yapacaní han sido programadas para operar con parámetros iniciales de producción, a la fecha estos parámetros han cambiado haciendo que no sean las adecuadas para el óptimo funcionamiento del Sistema de Compresión de Venta, ocasionando sobre esfuerzo en los compresores y problemas al momento de regular la presión de operación.

Esta monografía realizara un estudio de las condiciones actuales del Sistema de Compresión de Venta (condiciones de producción de gas natural, condición actual de los compresores y condición actual de las válvulas de control). Para que a su vez se pueda seleccionar Válvulas de Control adecuadas para el óptimo funcionamiento del Sistema de compresión en la Planta Yapacaní.

Una vez seleccionada las válvulas de control adecuadas se logrará flexibilizar el Sistema de compresión, permitiendo que los compresores operen con un mayor rango de caudales y a fin de no tener problemas por la capacidad mínima que maneja cada compresor. Esto ayudará a optimizar el sistema de compresión sin ver afectada la integridad de los mismo, a su vez se tendrá mayor control al momento de regular las presiones de operación.

1.3.2 Justificación Teórica

Esta monografía tiene una utilidad metodológica, ya que podrían realizarse futuras investigaciones que utilizaran metodologías compatibles, de manera que se posibilitaran análisis conjuntos, comparaciones entre periodos temporales concretos y evaluaciones de las futuras selecciones de instrumentos o accesorios de control para funcionamiento óptimo de equipos según las condiciones actuales de producción.

1.4 METODOLOGÍA

La presente monografía será un tipo de investigación aplicada con un enfoque cualitativo (Sampieri 2014).

1.4.1 Técnicas de Investigación

Entre los medios empleados para recolectar información en la Selección de Válvulas de Control para el Optimo Funcionamiento del Sistema de Compresión de Gas de Venta, se realizará: la revisión de especificaciones técnicas, hojas de datos del funcionamiento de, las Planta y el sistema de compresión de gas de venta, esto para identificar las condiciones actuales y de funcionamiento del mismo

Se realizará un estudio de investigación de válvulas de control, normas vigentes para ampliar el conocimiento y entender el funcionamiento del sistema de válvulas. Esto para realizar una selección de válvulas adecuadas tomando en cuenta las condiciones actuales del Sistema de Compresión de Gas de Venta.

Se realizará una revisión de memorias descriptivas y planos P&ID para conocer el proceso de instalación del Sistema de Compresión de Gas de Venta, esto con el objeto de describir la instalación de las válvulas de control seleccionadas

1.4.2 Instrumentos de Investigación

Los instrumentos empleados para las recolecciones de datos en campo, serán: Hojas para reportar los datos de campo, computadora, calculadora, internet, planos P&ID, cámara.

CAPÍTULO II: DESARROLLO

2.1 MARCO TEÓRICO

2.1.1 Marco Conceptual

2.1.1.1 Sistema de Compresión del Gas Natural

El sistema de compresores de gas natural desempeña un papel fundamental en la industria de petróleo y el gas. Las empresas construyen estos sistemas a lo largo de gasoductos naturales y las utilizan para comprimir gas de modo que se pueda seguir fluyendo aguas abajo hasta su destino final, que puede ser una instalación de procesamiento, un tanque de almacenamiento o empresas minoristas o servicios públicos.

Hay algunos componentes claves que componen un sistema de compresión:

2.1.1.2 Compresores de Gas Natural

El gas natural es una fuente de combustible fósil que se formó a gran profundidad bajo la superficie de la Tierra. El gas natural contiene una gran cantidad de metano, así como otros componentes como hidrocarburos gaseosos líquidos, dióxido de carbono y vapor de agua. Esta fuente de combustible natural se formó hace millones de años a partir de materia vegetal y animal y ahora se encuentra en las grietas y espacios entre capas de roca, bajo la tierra y bajo los océanos. El gas natural se extrae de estos almacenes naturales y se envía a través de un sistema de gasoductos para comprimirlo, almacenarlo y, finalmente, transportarlo hasta los consumidores, ya sea en tanques o a través de tuberías directas.

Para que el gas natural sea más fácil de transportar y distribuir adecuadamente, las empresas utilizan compresores de gas natural para reducir el volumen total del gas. Con la compresión, el gas natural puede circular más fácilmente y en mayores cantidades. Se pueden utilizar distintos tipos de compresores de gas natural en diferentes etapas del gasoducto, desde la extracción hasta la distribución al consumidor final. Esto se debe a que el gas puede perder presión por la fricción y la distancia del recorrido.

2.1.1.3 Ventajas de los servicios de compresión de Gas Natural

Los servicios de compresión de gas natural son necesarios para extraer y transportar de forma segura y eficaz el gas natural hasta el consumidor final, a veces a través de distancias muy largas. Los principales beneficios de los servicios de compresión de gas natural incluyen:

2.1.1.4 Distribución de gas

Una vez que se ha explotado una reserva de gas natural, la compresión ayuda a que el gas fluya hacia arriba desde los pozos y hacia el almacenamiento o una red de distribución. Además, la compresión utilizada durante el transporte de gas natural se considera a menudo una línea de vida para el sistema de distribución.

2.1.1.5 Separación y filtración

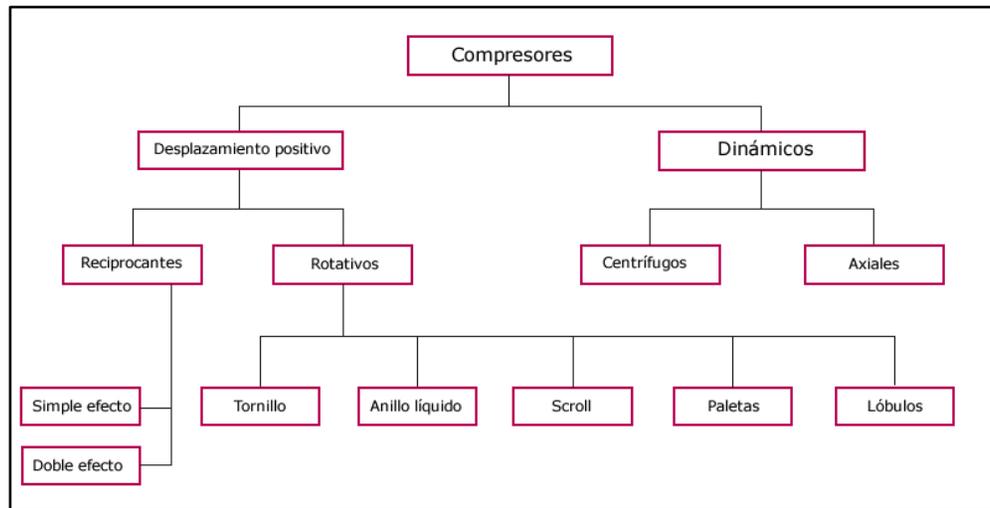
Un componente esencial de los servicios de compresión es la separación y filtración del gas natural. Esto es necesario para eliminar cualquier impureza y mantener la alta calidad del gas natural. Los filtros de los compresores de gas natural se utilizan en múltiples puntos a lo largo del gasoducto de gas natural. A medida que el gas viaja, puede acumular condensación, que debe filtrarse para mantener la pureza del gas natural.

2.1.1.6 Mantiene una presión constante

Cuando los gasoductos de gas natural se extienden a lo largo de grandes distancias, las diferentes elevaciones del terreno pueden provocar diferencias en la presión atmosférica. Los servicios de compresión utilizados en todo el gasoducto garantizan que el gas natural mantenga una presión constante y segura durante su recorrido. Además, estos servicios proporcionan el dimensionamiento correcto de las tuberías para mantener la presión adecuada mientras se transportan grandes cantidades de gas natural.

2.1.1.6.1 Tipos de Compresores

Figura 1: Tipos de Compresores



Fuente: Tecnología de Compresión de Occidente, 7 de octubre 2020

Los tipos de compresores de aire se pueden clasificar en dos grupos: Compresores de desplazamiento positivo y compresores dinámicos.

2.1.1.6.2 Compresores de desplazamiento positivo

Su funcionamiento consiste en el siguiente principio: Una cantidad de aire o gas es atrapado dentro de una cámara de compresión, en donde el volumen del aire es reducido de forma mecánica, generando un aumento en la presión previo a la descarga. Cuando se tiene una velocidad constante, el caudal de aire se mantiene uniforme con ligeras variaciones de presión en la descarga.

2.1.1.6.3 Compresores Dinámicos

funcionan por medio impulsores que giran a velocidades muy altas, tomando un caudal de aire y energizándolo por medio de esta velocidad hasta aumentar la presión del mismo. En este tipo de compresores, el tamaño de los impulsores determina la relación entre el caudal de aire y la presión generada.

Conformando una parte importante de la Planta Yapacani, se encuentra en el sistema de compresión de venta, la cual forma parte el compresor C-5010, un motocompresor integral de la marca AJAX, modelo DPC 2804.

2.1.1.7 Depuradores y filtros.

Las estaciones de compresores también utilizan depuradores y filtros para eliminar el agua, las impurezas y los hidrocarburos.

2.1.1.7 1 Filtros de Compresores de Gas Natural

Son elementos incluidos en el sistema de compresión de aire actuales, pero pueden cambiarlos para obtener un remplazo de calidad superior. Se encargan de limpiar el aire que ingresa al equipo para que el vapor de agua, polvo y otros contaminantes se mantengan a raya. (quincycompressor, 2021)

El gas natural para procesos de producción, transporte y distribución, además de contener sólidos que circulan en el flujo, también tiene líquidos que están en diferentes fases y que también pueden causar graves daños al equipo. Estos contaminantes son aceites lubricantes, agua, condensados, amina, glicol, inhibidores de la corrosión y / o una mezcla de los mismos.

La retención o separación de líquidos y sólidos finos presentes en el gas natural requiere una tecnología específica que combina proceso de impactación inercial, cuando hay cambio de dirección del flujo a través de obstáculos promovida por la geometría de elemento de filtro, y también por el proceso de interceptación difusional, que promueve la retención de aglutinación y partículas líquidas, con posterioridad a la separación por gravedad. (quincycompressor, 2021)

El control de la velocidad de flujo a través del filtro y de los elementos maximiza la eficiencia de separación. (quincycompressor, 2021)

2.1.1.8 Sistemas de enfriamiento de gases

La compresión del gas natural hace que aumente su temperatura. Las empresas intermedias a menudo pasan el gas a través de sistemas de enfriamiento de gas que reducen la temperatura del gas para evitar daños en los gasoductos.

Los sistemas de enfriamiento de gas natural utilizan principalmente gas natural como fuente de combustible para operar. Estos sistemas emplean un ciclo de refrigeración por absorción o adsorción para enfriar el aire o el fluido necesario para fines de refrigeración.

El sistema de enfriamiento es un circuito de refrigeración que ayuda a que se generen temperaturas establecidas y control de humedad dentro de un área aislada. Sirven para la conservación, refrigeración y enfriamiento de múltiples productos de distintas industrias.

2.1.1.9 Importancia de las Válvulas de Control, en un Sistema de Compresión de Gas

Todo sistema de compresión requiere de componentes que faciliten su correcto desempeño y mejoren el proceso de compresión. Las válvulas de control forman parte de ellos y son las encargadas, principalmente de controlar la presión y temperatura del sistema; así mismo, están automáticamente controladas por un motor, modeladas para su cierre o apertura y forman parte de un conjunto, con el propósito de alcanzar los puntos de temperatura y presión de una manera precisa en un tiempo determinado. (Arveng Training & Engineering, 2022)

Aunque existe gran variedad de válvulas en los sistemas de compresión, es necesario conocer las características generales y los pasos que se deben seguir para su correcta selección, así el equipo trabajara en las mejores condiciones. (Arveng Training & Engineering, 2022)

2.1.1.9.1 Válvula

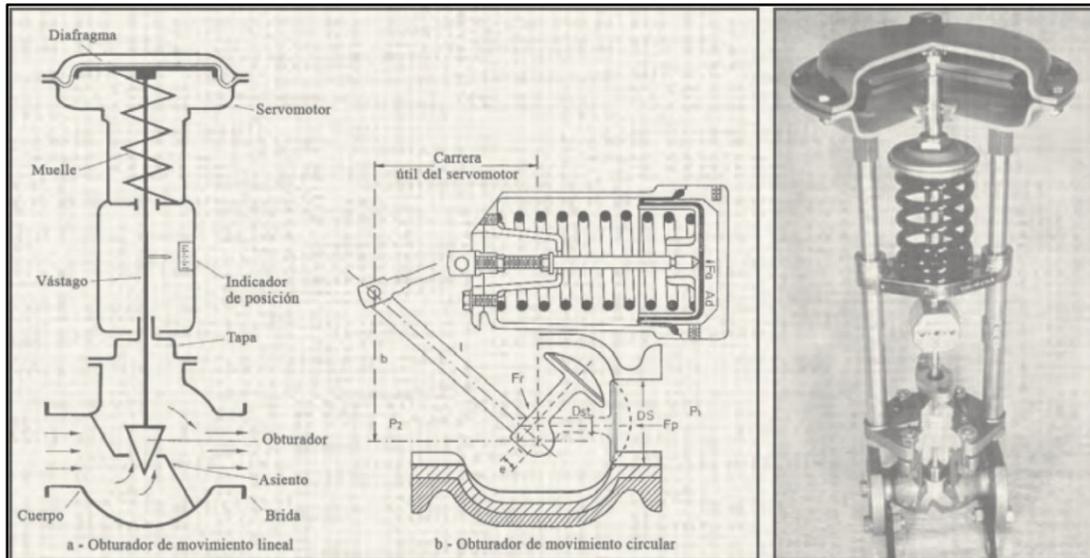
Una válvula se puede definir como un elemento mecánico con el cual se puede iniciar, detener o regular la circulación de líquidos o gases mediante piezas móviles que abren o cierran, de forma parcial o total, el paso del fluido. Las válvulas hay que entenderlas dentro del contexto de una instalación con tuberías, accesorios de unión y bombas. (Carlos Borrás, 2022)

2.1.1.9.2 Válvula de Control

La válvula automática de control generalmente constituye el último elemento en un lazo de control instalado en la línea de proceso y se comporta como un orificio cuya sección de paso varia continuamente con la finalidad de controlar un caudal en una forma determinada. (Pachano A. Lizandro y Perez R. Frank, Universidad Nacional Experimental del Tachira).

Unas de las funciones más importantes es hacer variar el caudal, se comporta como un sistema que ayuda a controlar el caudal por un orificio variable.

Figura 82: *Válvula de Control Típica*



Fuente: Figura extraída del documento Elementos finales de Control

2.1.1.10 Tipología Según su Función

Una válvula de control, es una válvula controlada por una señal eléctrica, neumática, hidráulica, etc. Según función se clasifica en:

2.1.1.10.1 Válvulas de Control de Regulación:

Es una válvula de tipo modulante, que busca un valor objetivo, esta válvula posee un posicionador que busca un valor de consigna

2.1.1.10.2 Válvulas de Control Todo o Nada

Estas válvulas abren del todo o cierran, también se utilizan para controlar niveles discretos del tanque, por ejemplo, en un nivel bajo la válvula se abrirá para poder meter fluido en el tanque y si el nivel es muy alto la válvula cerrara para que no se presente rebalse.

2.1.1.10.3 Válvulas de Control con Posiciones Intermedias

Esta válvula se diseñar de tal manera que según ciertas condiciones de la Planta se tome en una posición y en otras condiciones se cierre del todo o se abra, no es tan exigente como una válvula de control de regulación.

2.1.1.10.4 Tipología Según el Obturador y Cuerpo

Dentro de este grupo están:

2.1.1.10.5 Válvulas con Obturador de Movimiento Lineal

- **Válvula de Globo:**

Llamada así por disponer de un obturador en forma de globo, se caracteriza porque el flujo de entrada o salida es perpendicular al eje del obturador. Pueden verse en las figuras 3a, 3b y 3c yson de simple asiento, de doble asiento y de obturador equilibrado. (UTEPSA, 2020)

Las válvulas de simple asiento, que cierran en contra de la presión del proceso, precisan de un actuador de mayor tamaño. Por lo tanto, se emplean cuando la presión diferencial del fluido es baja y se precisa que las fugas, a través de la válvula con el obturador en posición de cierre, sean mínimas. El cierre estanco se logra con asientos provistos de una arandela de teflón o de otros materiales blandos.

En la válvula de doble asiento, o de simple asiento con obturador equilibrado, la fuerza de desequilibrio desarrollada por el fluido a través del obturador es menor que en la válvula de simple asiento. Esto es debido a que, en la válvula de doble asiento, el fluido actúa en sentidos contrarios sobre los obturadores, y en la válvula con obturador equilibrado lo hace por encima y por debajo del único obturador. Por este motivo se emplean en válvulas de gran tamaño o bien cuando deba trabajarse con una alta presión diferencial. En posición de cierre, las fugas a través de la válvula son mayores que en una válvula de simple asiento, debido a que es mecánicamente imposible que el doble obturador asiente perfectamente sobre los dos asientos. Como dato operativo, puede señalarse que según la norma ANSI/FCI 70-2-2006, las fugas admisibles son del 0,01% del caudal máximo en la válvula de simple asiento (clase IV metal a metal) y de 0,1% en la válvula de doble asiento (clase III). Asimismo, las válvulas con asiento dotado de anillo

de teflón para cierre estanco (clase VI) admiten un caudal de fuga del 0,00001%, o 0,15 a 6,75 ml/minuto de aire o nitrógeno. (UTEPSA, 2020)

- **Válvula de Angulo:**

La válvula en ángulo (figura 3d) presenta un flujo de salida perpendicular al flujo de entrada con un recorrido menos curvilíneo que en una válvula de globo, por lo que permite obtener un flujo de caudal regular sin excesivas turbulencias y es, además, adecuada para sustituir una válvula de globo cuando el fluido circula con sólidos en suspensión o a excesiva velocidad provocada por una alta presión diferencial de trabajo. (UTEPSA, 2020)

El diseño de la válvula es idóneo para el control de fluidos que vaporizan (flashing), es decir para los fluidos que dentro del estrechamiento existente en las partes internas (entre el obturador y el asiento) y debido a una alta presión diferencial, han aumentado su velocidad y se encuentran a una presión inferior al punto de vaporización. En estas condiciones, el fluido está en estado líquido a la entrada y salida de la válvula y en estado de vapor/líquido dentro de la misma. De este modo, las burbujas de vapor formadas implosionan (pasando a líquido) y pueden provocar daños mecánicos graves al chocar contra las partes internas o contra el cuerpo de la válvula. (UTEPSA, 2020)

- **Válvula de Tres Vías:**

La válvula de tres vías se emplea generalmente para mezclar fluidos –válvulas mezcladoras (figura 3e)– o bien para derivar, de un flujo de entrada, dos de salida –válvulas divisoras (figura 3f). Las válvulas de tres vías intervienen típicamente en el control de temperatura de intercambiadores de calor, facilitando un control muy rápido de la temperatura, gracias a que el fluido de calefacción (vapor o fluido térmico) puede derivar, a través de la válvula, sin pasar por el intercambiador. (UTEPSA, 2020)

- **Válvula de Jaula:**

La válvula de jaula (figura 3g) recibe esta denominación por la forma de jaula que tiene, bien con los orificios dispuestos en una jaula fija en cuyo interior desliza el obturador, en cuyo caso

se denomina válvula de jaula fija o bien con orificios en el obturador, en cuyo caso se denomina válvula de jaula móvil. (UTEPSA, 2020)

- **Válvula de Compuerta:**

Esta válvula (figura 3h), denominada también válvula de tajadera, efectúa su cierre con un disco vertical plano, o de forma especial, y que se mueve verticalmente al flujo del fluido

Por su disposición es adecuada generalmente para control todo-nada, ya que en posiciones intermedias tiende a bloquearse. Tiene la ventaja de presentar muy poca resistencia al flujo de fluido cuando está en posición de apertura total y, por lo tanto, se caracteriza por una baja caída de presión.

- **Válvula en Y:**

La válvula en Y (figura 3i) tiene el asiento y el obturador inclinados 45° respecto al flujo del fluido. Si el cuerpo está instalado en horizontal, es difícil desmontar las partes internas inclinadas 45° con relación a la horizontal. Es adecuada como válvula de cierre y de control. Como válvula todo-nada se caracteriza por su baja pérdida de carga y como válvula de control presenta una gran capacidad de caudal.

Posee una característica de autodrenaje cuando está inclinada con un cierto ángulo. Se emplea usualmente en instalaciones criogénicas.

- **Válvula de Cuerpo Partido:**

Esta válvula (figura 3j) es una modificación de la válvula de globo de simple asiento teniendo el cuerpo partido en dos partes entre las cuales está presionado el asiento.

Esta disposición permite una fácil sustitución del asiento y facilita un flujo suave del fluido sin espacios muertos en el cuerpo. Se emplea principalmente para fluidos 11viscosos y en la industria alimentarla.

- **Válvula Saunders:**

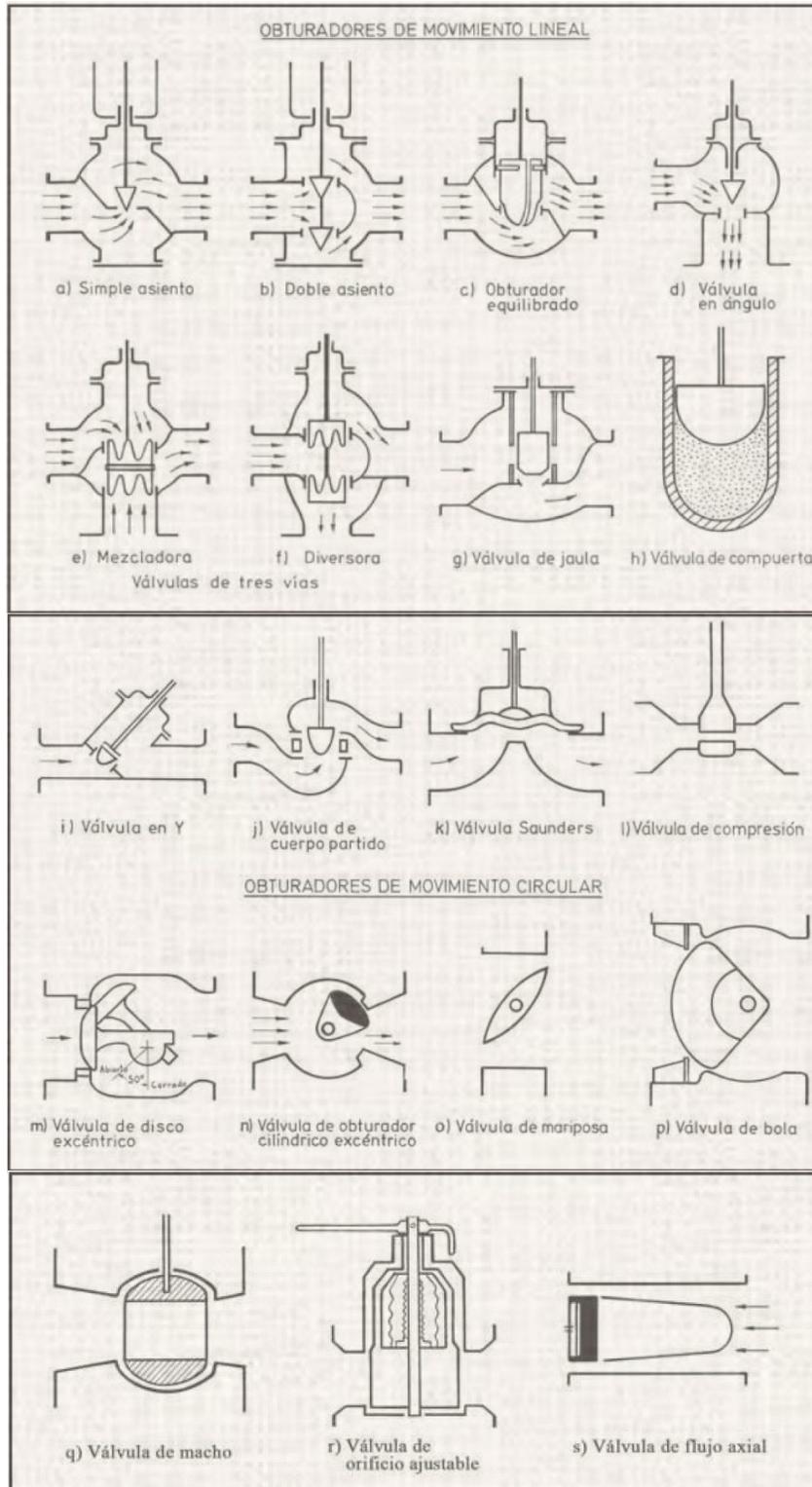
En la válvula Saunders o de diafragma (figura 3k) el obturador es una membrana flexible que, a través de un vástago unido a un servomotor, es forzada contra un resalte del cuerpo, que actúa de asiento, cerrando así el paso del fluido. La válvula se caracteriza porque el cuerpo puede revestirse fácilmente de goma o de plástico para trabajar con fluidos agresivos. Tiene la desventaja de que el servomotor de accionamiento debe ser muy potente.

Se utiliza principalmente en procesos químicos difíciles, en particular en el manejo de fluidos negros o agresivos o bien en el control de fluidos conteniendo sólidos en suspensión.

- **Válvula de Manguito o Compresión:**

La válvula de manguito, que puede verse en la figura 3l, funciona mediante el pinzamiento de dos o más elementos flexibles, por ejemplo, un tubo de goma. Igual que las válvulas Saunders o de diafragma, se caracteriza porque proporciona un óptimo control en posición de cierre parcial y se aplica, fundamentalmente, en el manejo de fluidos negros corrosivos, viscosos o conteniendo partículas sólidas en suspensión

Figura 162:Tipos de Válvulas de Control



Fuente: Figura extraída del documento Elementos finales de Control

2.1.1.10.6 Válvulas con obturador de movimiento rotativo

- **Válvula de disco excéntrico (Camex)**

La válvula de disco excéntrico (Camfex) (figura 3m) consiste en un obturador de superficie segmentada esférica que se autoalinea durante el movimiento de giro excéntrico, proporcionando un cierre estanco y unas bajas fuerzas dinámicas del fluido. Esto permite utilizar un servomotor de par reducido. Por otra parte, la tapa de extensión permite la operación para un margen amplio de temperaturas. (UTEPSA, 2020)

- **Válvula de obturador cilíndrico excéntrico**

Esta válvula (figura 3n) tiene un obturador cilíndrico excéntrico que asienta contra un cuerpo cilíndrico. El cierre hermético se consigue con un revestimiento de goma o de teflón en la cara del cuerpo donde asienta el obturador.

La válvula es de bajo coste y es adecuada para fluidos corrosivos o conteniendo sólidos en suspensión. (UTEPSA, 2020)

- **Válvula de mariposa**

En la válvula de mariposa (figura 3o) el cuerpo está formado por un anillo cilíndrico dentro del cual gira transversalmente un disco circular. La válvula puede cerrar herméticamente mediante un anillo de goma encastrado en el cuerpo.

Un servomotor exterior acciona el eje de giro del disco y ejerce su par máximo cuando la válvula está casi cerrada (en control todo-nada se consideran 90° y en control continuo 60° , a partir de la posición de cierre, ya que la última parte del giro es bastante inestable), siempre que la presión diferencial permanezca constante. En la selección de la válvula es importante considerar las presiones diferenciales correspondientes a las posiciones de completa apertura y de cierre; se necesita una fuerza grande del actuador para accionar la válvula en caso de una caída de presión elevada. (UTEPSA, 2020)

- **Válvula de bola**

En estas válvulas, el cuerpo tiene una cavidad interna esférica que alberga un obturador en forma de esfera o de bola (de ahí su nombre). La bola tiene un corte adecuado (usualmente en V) que fija la curva característica de la válvula, y gira transversalmente accionada por un servomotor exterior. El cierre estanco se logra con un aro de teflón incorporado al cuerpo contra el cual asienta la bola cuando la válvula está cerrada. En posición de apertura total, la válvula equivale aproximadamente al 75% del tamaño de la tubería. La válvula de bola se emplea principalmente en el control de caudal de fluidos negros, o bien en fluidos con gran porcentaje de sólidos en suspensión. (UTEPSA, 2020)

El tipo más común de las válvulas de bola es la válvula de bola segmentada, llamada así por la forma de segmento esférico del obturador (figura 3p).

- **Válvula de macho**

Es una válvula de bola típica (figura 3q) que consiste en un macho u obturador de forma cilíndrica o troncocónica con un orificio transversal igual al diámetro interior de la tubería. El macho ajusta en el cuerpo de la válvula y tiene un movimiento de giro de 90°.

Se utiliza generalmente en el control manual todo-nada de líquidos o gases y en regulación de caudal.

- **Válvula de orificio ajustable**

En la válvula de orificio ajustable el obturador consiste en una camisa de forma cilíndrica que está perforada con dos orificios, uno de entrada y otro de salida, y que gira mediante una palanca exterior accionada manualmente o por medio de un servomotor. El giro del obturador tapa, parcial o totalmente, las entradas y salidas de la válvula, controlando así el caudal. La válvula incorpora, además, una tajadera cilíndrica que puede deslizarse dentro de la camisa gracias a un macho roscado de accionamiento exterior. Así, la tajadera puede fijarse manualmente en una posición determinada para limitar el caudal máximo (figura 3r).

- **Válvula de flujo axial**

Las válvulas de flujo axial consisten en un diafragma accionado neumáticamente que mueve un pistón, el cual, a su vez, comprime un fluido hidráulico contra un obturador formado por un material elastómero. De este modo, el obturador se expande para cerrar el flujo anular del fluido. Este tipo de válvulas se emplea para gases y es especialmente silencioso. Otra variedad de la válvula de flujo axial es la válvula de manguito, que es accionada por compresión exterior del manguito a través de un fluido auxiliar a una presión superior a la del propio fluido. Se utiliza también para gases (ver figura 3s).

2.1.1.11 Bridas

Las bridas suelen utilizarse en sistemas de tubería para unir las partes que los conforman, las cuales pueden ser tubos, válvulas, bombas u otros elementos que formen parte del sistema. Su uso responde a la necesidad de que la unión pueda desmantelarse sin operaciones destructivas.

2.1.1.12 Tipos de Bridas

- **Brida deslizante:** En este tipo de bridas, el tubo penetra en el cubo de la misma sin llegar al plano de la cara de contacto, al que se une por medio de cordones de soldadura interna y externamente.
- **Brida de cuello:** Se utiliza con el fin de minimizar el número de soldaduras en pequeñas piezas a la vez que contribuyen a contrarrestar la corrosión de la propia junta. Su aplicación puede verse en líneas de vapor, petróleo, gas natural, hidrocarburos refinados, redes de incendio, instalaciones petroquímicas, etc.
- **Brida de anillo:** Junta tipo anillo, Las juntas RTJ (Ring Type Joint) están diseñadas para ir alojadas en bridas con ranuras específicas para este tipo de sellado. Son especialmente adecuadas para muy altas presiones, hasta 1000psi. El material de la junta RTJ debe ser un poco más blando que el propio de la brida para evitar daños en sus caras. Bridas Cara Realzada (RF) Bridas Cara Plana (FF) Bridas Junta de Anillo (RTJ).

- Brida solape: Las bridas de unión de solape son configuraciones de dos piezas, con anilla de respaldo y extremo de la abrazadera.
- Brida de escape: La pieza de fijación del sistema de escape se encarga de mantener firmemente entre una y otra pieza dos secciones de tubo de escape conectadas mediante encaje y de garantizar la estanqueidad de la unión. Puede adoptar diversas formas en función de la marca y del modelo de su vehículo. Casi siempre está formada por dos semi-collarines unidos mediante pernos, o bien por un sistema de fleje metálico con tornillos de apriete, o un dispositivo rígido en forma de U con puente y tuercas

2.1.1.13 Presión de Operación

Una presión de operación es la cantidad de fuerza interna aplicada a las paredes de algún tipo de recipiente a presión durante condiciones normales. Cuando un sistema está a su presión de operación, generalmente funciona con un rendimiento óptimo. Si no se mantiene la presión de operación, podría fallar todo el sistema presurizado.

2.1.1.14 Temperatura de Operación

Una temperatura de funcionamiento o temperatura de operación es la temperatura a la que funciona un dispositivo eléctrico o mecánico.

2.1.1.15 Velocidad de Gas

La velocidad media de la corriente de gas se determina utilizando un tubo Pitot para proporcionar la velocidad puntual, V , en los puntos seleccionados de la sección transversal del conducto, sección de medida

2.1.1.16 Caudal del Gas

El caudal de un único aparato a gas se calcula como el cociente entre el consumo calorífico del aparato, también llamado potencia nominal y el poder calorífico del gas

2.1.1.17 Caída de Presión

La caída de presión es la cantidad de presión de línea que se pierde permanentemente a medida que el gas pasa a través de un instrumento en la línea de gas. Esta pérdida de presión se debe a la resistencia de fricción de los componentes que toca el gas

2.1.1.18 Cavitación

La cavitación es la formación y explosión repentina de burbujas de vapor. Este proceso tiene lugar en puntos del interior de la bomba en los que la presión cae por debajo de la presión de vapor del medio bombeado. La presión de vapor de un líquido es la presión a la que el líquido entra en ebullición o comienza a evaporarse. La cavitación (que puede dañar la bomba) se produce cuando la altura de aspiración neta positiva (NPSHR) que necesita la bomba no está disponible.

2.1.1.19 Flashing

El flashing se genera en un flujo en estado líquido cuando la presión interna del líquido cae por debajo de la presión de vapor y permanece inferior a ella. Durante esta fase se forman burbujas de vapor que fluyen con el líquido a altas velocidades causando erosión en las válvulas y tuberías.

2.1.2 Marco Contextual

2.1.2.1 Generalidades

Como su nombre lo dice, el marco contextual nos permite delimitar el ámbito o el ambiente físico dentro del cual se desarrollará nuestro trabajo de investigación, es decir, define la investigación, aporta argumentos únicos y propios que permiten puntualizar el alcance que deberá aplicarse en el trabajo en congruencia con los objetivos planteados.

Es la delimitación espacio-temporal de la investigación y puede entenderse en dos sentidos según el método de la investigación elegido; de ser teórico, el ámbito o contexto está dado por las áreas específicas del conocimiento en las cuales se realiza la investigación. (Seminario de tesis II, UTEL UNIVERSITE, p.2).

2.1.2.2 Contexto

El sistema de estudio y el objeto de estudio es la selección de las válvulas de control para el óptimo funcionamiento del sistema de compresión de venta en la Planta Yapacaní (YPC).

2.1.2.3 Sistema de la Planta Yapacani

La producción de los pozos del campo Yapacani es recolectada y transportada mediante líneas de recolección desde la planchada de cada pozo hasta los cuatro colectores de campo que se tienen posteriormente, el flujo se dirige al manifold de Planta donde es direccionado a los 7 separadores. El agua de formación es enviada a la Planta PIA (Inyección de Agua) en la Planta Víbora, donde recibe tratamiento para ser reinyectada a un pozo sumidero. (YPFB ANDINA SA, 2020)

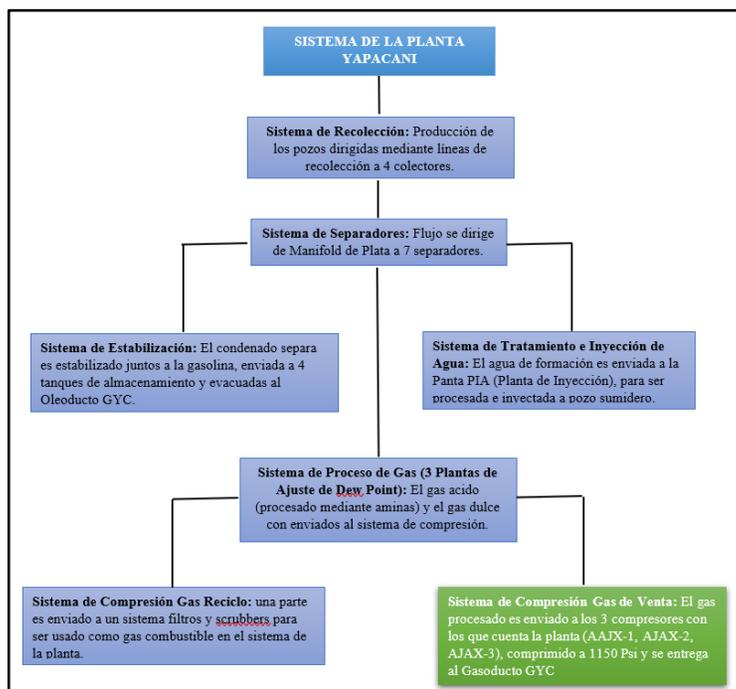
El condensado separado es enviado a las Plantas Dew Point 1 y 2 para su estabilización, la gasolina es recuperada de la corriente de gas natural por un proceso de refrigeración con propano. Posteriormente el condensado y la gasolina estabilizada son almacenados en los 4 tanques de almacenamiento con los que cuenta la Planta, para finalmente ser bombeados a través del oleoducto OCY (Oleoducto Carraso-Yapacani). (Fichas técnicas de las plantas que operan en Bolivia, YPFB ANDINA SA, p.3)

El gas procesado es enviado a los 3 compresores con los que cuenta la planta (AAJX-1, AJAX-2, AJAX-3), una parte es enviado a un sistema filtros y scrubbers para ser usado como gas combustible en el sistema de la planta (Generadores, Compresores de Gas Natural), el resto es comprimido a 1150 Psi y se entrega al Gasoducto GCY. (Fichas técnicas de las plantas que operan en Bolivia, YPFB ANDINA SA, p.3)

El Sistema de compresión está dividido en Sistema de Compresión Gas Reciclo, mismo usado como energía para el funcionamiento de la Planta y el Sistema de Compresión de Gas de Venta que desemboca al Gasoducto GCY (Gasoducto Carrasco-Yapacani). (Fichas técnicas de las plantas que operan en Bolivia, YPFB ANDINA SA, p.3).

El Sistema de compresión está dividido en Sistema de Compresión Gas Reciclo, mismo usado como energía para el funcionamiento de la Planta y el Sistema de Compresión de Gas de Venta que desemboca al Gasoducto Gcy (Gasoducto Carrasco-Yapacani).

Figura 234: Diagrama funcionamiento de Planta Yapacani



Fuente: Elaboración propia extraído de Fichas técnicas de las plantas que operan en Bolivia

2.1.2.4 Sistema de Compresión de Gas de Venta

En el Sistema de Compresión, los compresores de venta actualmente operan a una presión de succión de 950 psi y para cumplir la presión de entrega de contrato (1420 psig) los compresores llegan a descargar a 1500 psig. Actualmente se tienen 4 compresores de venta, tres compresores de la Marca AJAX con una capacidad de 33 MMSCFD cada uno y un compresor de la marca Dresser Rand de 50 MMSCFD de capacidad de compresión total de 149 MMSCFD.

El sistema de compresión de venta, cuenta con válvulas de control de presión, en cabezales de succión y descargas, las cuales cumplen la función de control de control de presión en la succión y descargas del Sistema de Compresión de Venta, ambas válvulas de control cuentan con su sistema de alivio, donde será enviado el gas cuando se presente un escenario de alta presión. Así

mismo está conformado por una válvula compensadora la cual compensa caudal en caso que falte gas.

2.1.2.5 Condiciones de Diseño de los Compresores del Gas de Venta

Actualmente los 4 compresores de venta, los trabajan de la siguiente manera:

Tabla 1: *Condiciones Operativas del Compresor C-5010*

Moto Compresor N°1 C-5010	
Presión de Succión	950 PSI
Presión de Descarga	1360 PSI
Temperatura de Succión	108 °F
Temperatura de Descarga	160 °F

Fuente: Extraído del documento AND-21N08-YPC-BG-MD-003 Informe de Relevamiento 2021
Datos actuales de diseño de la compresión C-5010, los mismo se evaluarán para la configuración de la selección de nuevas válvulas para el optimo funcionamiento del sistema de compresión de gas de venta.

Tabla 2: *Condiciones Operativas del Compresor C-5020*

Moto Compresor N°2 C-5020	
Presión de Succión	950 PSI
Presión de Descarga	1360 PSI
Temperatura de Succión	108 °F
Temperatura de Descarga	160 °F

Fuente: Extraído del documento AND-21N08-YPC-BG-MD-003 Informe de Relevamiento 2021
Datos actuales de diseño de la compresión C-5020, los mismo se evaluarán para la configuración de la selección de nuevas válvulas para el óptimo funcionamiento del sistema de compresión de gas de venta.

Tabla 3: *Condiciones Operativas del Compresor C-5030*

Moto Compresor N°3 C-5030	
Presión de Succión	950 PSI
Presión de Descarga	1360 PSI
Temperatura de Succión	108 °F
Temperatura de Descarga	160 °F

Fuente: Extraído del documento AND-21N08-YPC-BG-MD-003 Informe de Relevamiento 2021

Datos actuales de diseño de la compresión C-5030, los mismo se evaluarán para la configuración de la selección de nuevas válvulas para el óptimo funcionamiento del sistema de compresión de gas de venta.

Tabla 4: *Condiciones Operativas del Compresor C-5040*

Moto Compresor N°4 C-5040	
Presión de Succión	950 PSI
Presión de Descarga	1360 PSI
Temperatura de Succión	108 °F
Temperatura de Descarga	160 °F

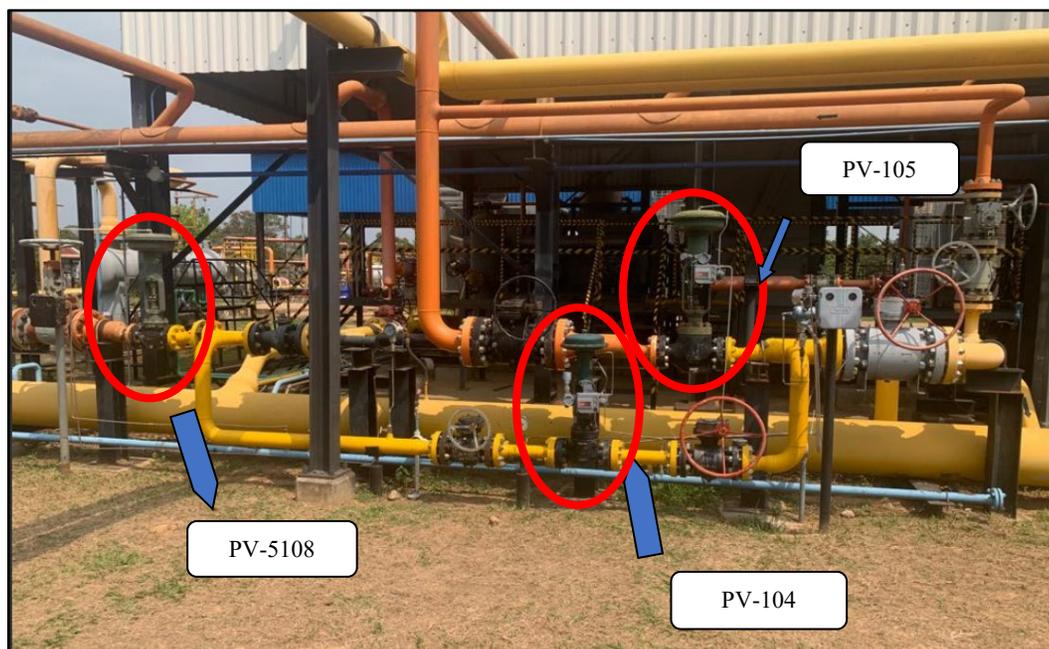
Fuente: Extraído del documento AND-21N08-YPC-BG-MD-003 Informe de Relevamiento 2021

Datos actuales de diseño de la compresión C-5040, los mismo se evaluarán para la configuración de la selección de nuevas válvulas para el óptimo funcionamiento del sistema de compresión de gas de venta.

2.1.2.6 Descripción Actual de Diseño de las Válvulas de Control

El Sistema de Compresores de Venta, cuenta con válvulas de control de presión, en cabezales de succión y descarga, las cuales cumplen la función de control la presión en la succión y descarga del Sistema de Compresión de Venta.

Figura 282: Área compresión de venta – válvula compensadora y de quema



2.1.2.6.1 Válvula de Control de Presión (quema), Succión PV-5018

Tabla 5: Condiciones de Diseño de Válvula de Control de (quema) Succión

Válvula de Control de Presión (quema), Succión PV-5018	
Presión de Seteo	1000 PSI
Presión en Cabezal de Succión	950 PSI
Temperatura en Cabezal de Succión	108 °F
Diámetro	3 inch
Fabricante	Fisher
Tipo	ET
Port Size	3 7/16

Fuente: Extraído del documento AND-21N08-YPC-BG-MD-003 Informe de Relevamiento 2021

Actualmente la válvula de control de quema de succión, esta seteada a 1000 PSI para liberación a quema en caso de llegar a esa presión, trabaja con parámetros en cabezal de succión de 950 PSI presión en cabezal y 108 de Temperatura en cabezal de succión. Esta válvula tiene un diámetro de 3 inch.

Figura 298: Arreglo de Válvula de Quema (Succión) PV-5018



Fuente: Extraído del documento AND-21N08-YPC-BG-MD-003 Informe de Relevamiento 2021

2.1.2.6.2 Válvula de Control de Presión (quema), Descarga PV-105

Tabla 6: Condiciones de Diseño de Válvula de Control de (quema) Succión

Válvula de Control de Presión (quema), Descarga PV-105	
Presión de Seteo	1405 PSI
Presión en Cabezal de Descarga	1360 PSI
Temperatura en Cabezal de Descarga	108 °F
Diámetro	3 inch
Fabricante	Fisher
Tipo	EHD
Port Size	2 7/8

Fuente: Extraído del documento AND-21N08-YPC-BG-MD-003 Informe de Relevamiento 2021

Actualmente la válvula de control de presión (quema) descarga, esta instrumentada con lazo de control con PIT-105, esta seteada a 1405 PSI para liberación a quema en caso de llegar a esa presión, trabaja con parámetros en cabezal de descarga de 1360 PSI presión en cabezal de descarga y 108 de Temperatura en cabezal de descarga. Esta válvula tiene un diámetro de 3 inch.

Figura 7: Arreglo de Válvula de Quema (Descarga) PV-105



Fuente: Extraído del documento AND-21N08-YPC-BG-MD-003 Informe de Relevamiento 2021

Figura 379: Conexión con PIT-104 - PV-105



Fuente: Extraído del documento AND-21N08-YPC-BG-MD-003 Informe de Relevamiento 2021

2.1.2.6.3 Válvula de Control de Presión (quema), Succión PV-104

Tabla 7: Condiciones de Diseño de Válvula de Control de (quema) Succión

Válvula Compensadora de Descarga a Succión PV-104	
Presión de Seteo	950 PSI
Presión en Cabezal de Descarga	1360 PSI
Temperatura en Cabezal de Descarga	108 °F
Diámetro	2 inch
Fabricante	Fisher
Tipo	ED
Port Size	2 5/16

Fuente: Extraído del documento AND-21N08-YPC-BG-MD-003 Informe de Relevamiento 2021

Actualmente la válvula compensadora de descarga a succión, esta instrumentada con lazo de control con PIT-104, esta seteada a 950 PSI para liberación a quema en caso de llegar a esa presión, trabaja con parámetros en cabezal de descarga de 1360 PSI presión en cabezal de descarga y 108 de Temperatura en cabezal de descarga. Esta válvula tiene un diámetro de 2 inch.

Figura 460: Arreglo de Válvula Compensadora - PV-104



Fuente: Extraído del documento AND-21N08-YPC-BG-MD-003 Informe de Relevamiento 2021

Figura 540: Control de Presión con PIT-104 - PV-104



Fuente: AND-21N08-YPC-BG-MD-003 Informe de Relevamiento 2021

2.1.2.7 Condiciones Actuales de los Parámetros en el Sistema de Compresores de Gas de Venta

2.1.2.7.1 Compresores

Tabla 8: Condiciones Actuales de los Parámetros en los Compresores de Venta

Parámetros	C-5010	C-5020	C-5030	C-5040
Presión de Succión	950 PSI	950 PSI	950 PSI	950 PSI
Presión de Descarga	1450 PSI	1450 PSI	1450 PSI	1450 PSI
Temperatura de Succión	120 °F	120 °F	120 °F	120 °F
Temperatura de Descarga	160 °F	160 °F	160 °F	160 °F

Fuente: Datos indicados por operación en Planta

Se tomará estos datos para el dimensionamiento y selección de válvulas, ya que las presiones de descargas aumentaron actualmente y en época de verano, la Temperatura de succión alcanza los 120°F, valor indicado por el personal de operaciones de Planta Yapacani.

Los Compresores de Venta, trabajan en configuración 3 de 4, es decir 3 en operación y 1 en stand by, configuración necesaria para cumplir con el actual caudal de operación de 96 MMSCFD, caudal entregado por Planta de Procesamiento de Yapacani.

La distribución de caudales de operación para cada compresor en funcionamiento será la siguiente;

- C-5010 – 36,5 MMSCFD
- C-5030 – 36,5 MMSCFD
- Compresor Dresser Rand – 55 MMSCFD

Se mantiene la configuración de 3 de 4 donde el Compresor C-5020 se encuentra en Stand By.

2.1.2.7.2 Cromatografía del Gas

Tabla 9: *Composición del Gas de Venta*

COMPONENTE	% MOLAR
N2	2,30
CO2	1,45
C1	91,90
C2	2,52
C3	1,01
iC4	0,1641
nC4	0,3398
iC5	0,1069
nC5	0,1054
C6	0,0936
C7	0,0936
TOTAL	100

Fuente: Datos indicados por operación en Planta

2.1.2.7.3 Velocidad del Gas- Líneas de Proceso

La velocidad V_g no deberá superar los 60 ft/seg, de acuerdo a la API 14E.

2.1.2.7.4 Caída de Presión

Caída de presión máxima permisible adoptada no deberá exceder los siguientes valores:

Tabla 10: *Caída de Presión en líneas de gas*

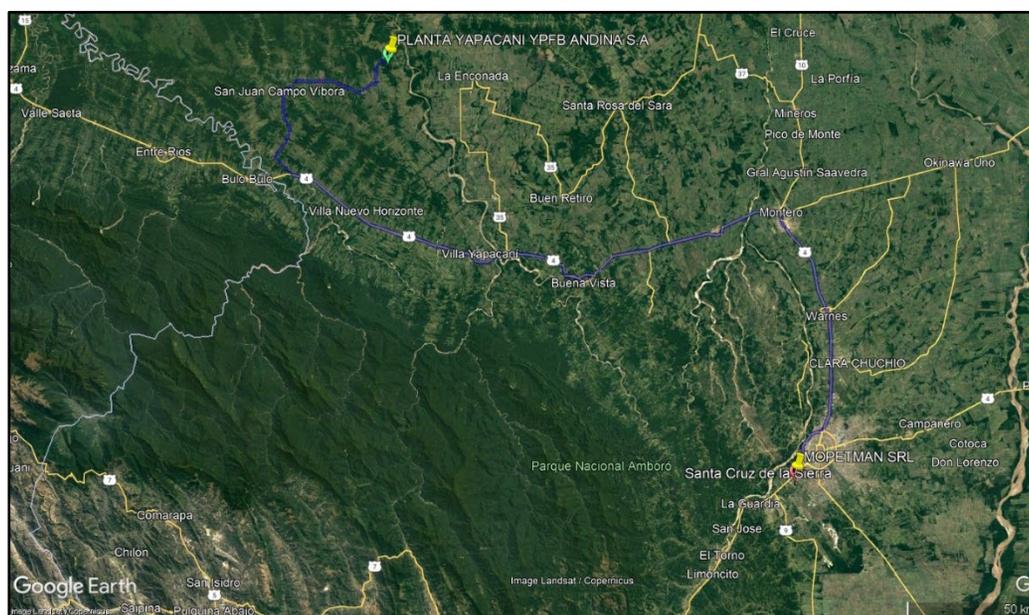
Presión de Operación (Psig)	Caída de Presión Máxima (Psi/100 ft)
14.7 - 100	0.14 - 0.58
101 – 500	0.58 – 1,59
501 – 2030	1,59 – 3,91
> 2030	P/500

Fuente: Datos extraídos del documento. 09 – PI-SUP-5

2.1.2.8 Ubicación de la Plata Yapacani

La Planta Yapacani se encuentra ubicada en la provincia Ichilo del Departamento de Santa Cruz, distante a 235 Km. Está diseñada para procesar hasta 128 MMpcd.

Figura 612: *Ruta Santa Cruz a Planta Andina*



Fuente: Imagen extraída de Google Earth

2.2 INFORMACIÓN Y DATOS OBTENIDOS

2.2.1 Estudios de Válvulas de Control Según los Lineamientos de Normas Vigentes

2.2.1.1 Estudio de Normativas para la selección de válvulas

- API American Petroleum Institute (Instituto Americano del Petróleo): Representa todos los segmentos de la industria del gas natural y el petróleo de Estados Unidos que establecen estándares para mejorar la seguridad operativa y ambiental, la eficiencia y la sostenibilidad.
- API 5L Specification for Line Pipe (Especificación para tuberías de conducción): Es una aleación de gran utilización en la industria petrolera especialmente en la fabricación de tubos para el transporte de hidrocarburos.
- API 6D Specification for Pipeline Valves (Gate, Plug, Ball, and Check Valves)-Especificación para válvulas de tubería (válvulas de compuerta, de obturador, de bola y de retención): El API 6D es el estándar principal basado en la ISO 14313 que especifica los requisitos de las válvulas y ofrece sugerencias para el diseño, la fabricación, la inspección y la notación de las válvulas de cheque, bola, plug y compuerta en sistemas de tuberías.
- API 598 Specifications for Valves Inspection and Test- Especificaciones para inspección y prueba de válvulas: La norma define el fluido y las condiciones de presión de prueba en función del tipo-tamaño-rating de la válvula a testar.
- API 601 Metallic Gaskets for Raised-Face Pipe Flanges and Flanged Connections (Double-Jacketed Corrugated and Spiral-Wound)- Juntas metálicas para bridas de tuberías con cara elevada y conexiones bridadas (corrugadas con doble revestimiento y enrolladas en espiral):Facilita un sellado seguro y positivo a altas temperaturas y presiones de vapor, aceites, gases y líquidos, incluyendo la mayoría de productos químicos. Se construyen de tiras bobinadas en espiral de metal, previamente formado y acanalado en "V", y capas del adecuado material de relleno, laminado, para crear la predestinada densidad de la junta, satisfaciendo los valores de carga que precisa el diseño de la unión.

- ANSI B16.5 Pipe Flanges and Flanged Fittings- Bidas de tuberías y accesorios bridados: Es la especificación estándar de uso más común para la fabricación de tuberías de acero fundidas y forjadas. Las bridas que pertenecen al sistema ANSI (American National Standards Institute) son compatibles entre sí en tamaño y distancia de orificios, independientemente del material del que sean; es decir, una brida de acero o hierro fundido es compatible con una plástica

2.2.1.2 Criterios básicos para la Selección de las Válvulas

En esta monografía se estudiará los criterios lógicos que cualquier ingeniero de aplicación seguiría paso a paso para la selección de las válvulas de acuerdo al proceso o proyecto de instalación.

2.2.1.2.1 Elección de Tipo de Válvula de Acuerdo a su Función

- Aislamiento: Cuando se desea interrumpir el flujo de la línea de forma total y cuando sea preciso.
- Retención: Impedir que el flujo no retroceda hacia la zona presurizada cuando esta decrece o desaparece.
- Regulación: Cuando se quiere modificar el flujo en cuanto a la cantidad, desviarlo, mezclarlo o accionarlo.
- Seguridad: Cuando se requiere proteger equipos y personal contra la presión.

También es necesario determinar las condiciones del servicio en el que se emplearan las válvulas. Es de importancia primordial conocer las características químicas y físicas de los fluidos que se manejan, las cuales pueden ser:

- Líquidos
- Gases
- Líquidos con gases
- Líquidos con solidos
- Gases con solidos
- Vapores generados instantáneamente por la reducción de la presión del sistema

- Con corrosión o sin corrosión
- Con erosión o sin erosión

2.2.1.2.2 Determinación de la Presión Nominal

El siguiente factor es determinar la Presión Nominal de Diseño de la válvula, este factor está determinado por los datos de proceso en planta, fundamentalmente por la intersección entre presión de trabajo efectiva y temperatura de trabajo efectiva.

De acuerdo a la operación de la planta: Presión y temperatura, según Anexo

Mayormente las válvulas tienen bridas en sus extremos las cuales deben tener las mismas características que las bridas de las tuberías.

La clase es la designación de “ANSI B16.5” para un rango de presiones según su aplicación, el rango de presiones y temperaturas que una brida puede soportar es referido por diferentes nombres para indicar su clase: 300LB, 300 LBS, 300#.

2.2.1.2.3 Determinación de los Materiales Constructivos

En función del factor anterior (presión x temperatura) así como la compatibilidad química y la resistencia de la corrosión y erosión de los fluidos, se debe escoger los materiales constructivos de las diversas partes de la válvula, se deben tomar las siguientes consideraciones:

- Cuerpo retenedor de presión, parte húmeda en contacto con el fluido.
- Partes blandas o empaques
- Tornillería de unión y recubrimientos exteriores

No solamente se debe tener en cuenta la compatibilidad de los materiales, sino de las condiciones de procesos: Velocidad o naturaleza del fluido (considerar revestimientos internos).

Para la determinación de los empaques es necesario tener en cuenta la compatibilidad de los materiales de las válvulas, así como las condiciones de temperatura (tener en cuenta las recomendaciones de los fabricantes). Hay empaques internos y externos.

2.2.1.2.4 Selección de accionamiento

Las válvulas pueden ser accionadas de diversas formas:

- Manualmente
- Auto accionadas por el propio fluido
- Accionadas por actuadores externos

La determinación de la selección está condicionada por las necesidades de la planta:

- Accesibilidad
- Frecuencia de Operación
- Disponibilidad de energía auxiliar
- Economía
- Grado de exactitud requerido

2.2.1.2.5 Selección del Tamaño (DN) Diámetro Nominal

Las válvulas están normalizadas a un tamaño o diámetro nominal de acuerdo a los estándares internacionales.

El dimensionamiento de la válvula se realiza de acuerdo al caudal de circulación en línea y otros factores del proceso.

Se debe tener aspectos como la cavitación y presión diferencial para la selección de válvulas.

2.2.1.2.6 Criterios Comerciales Generales

Todas las pautas antes indicadas, finalmente deben ser juzgadas bajo criterios de disponibilidad y economía.

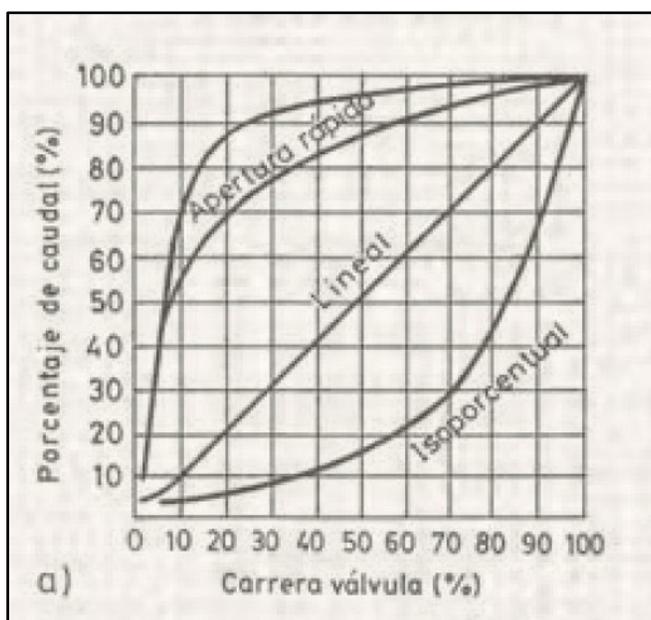
Con la utilización de materiales y un Rating de alto rendimiento nunca erraremos en una instalación de fluidos neutros con poca presión, pero esto no sigue un criterio comercial.

Se debe lograr la selección de la válvula correcta para el proceso correcto, sin margen de error y con la fiabilidad que pueda respaldar el sector profesional integrado por fabricantes de Válvulas, fabricantes de componentes, especialistas de producto e ingenieros de aplicación.

2.2.1.3 Dimensionamiento de Válvulas de Control

2.2.1.3.1 Características Inherentes de las Válvulas

Figura 660: Curvas Características Inherentes de las Válvulas



Fuente: Figura extraída del documento Elementos finales de Control

En la figura 12 se puede identificar las curvas características de una válvula de control isoporcentual, lineal y de apertura rápida, la zona de operación segura o normal está en el rango de 10 % al 85% de apertura de la válvula:

- Apertura rápida, al iniciarse la apertura, con poco avance del vástago, deja pasar gran caudal, esta válvula está en fusión al tiempo de operación, si se requiere abrir una válvula en menor tiempo se usa una válvula de apertura rápida.
- Lineal, el caudal es proporcional al grado de apertura de la válvula, cuando la caída de presión es constante la válvula es de tipo lineal.

- Igual Porcentaje, para pequeños incrementos sucesivos e iguales al grado de apertura, produce un cambio en el caudal que es proporcional al caudal que fluía antes de la variación cuando la válvula la caída de presión es variable se usa una válvula isoporcentual.

Ecuación de Coeficiente de flujo de válvulas de control C_v = Capacidad de la válvula

$$Q = C_v \sqrt{\frac{\Delta P}{SG}} \rightarrow C_v = Q \sqrt{\frac{SG}{\Delta P}} \quad (\text{Ecuación 1})$$

Lo primero que se debe seleccionar es si la válvula será lineal o isoporcentual según la caída de presión, considerando las caídas de presión de la tabla 1 se evidencia que se requiere una válvula isoporcentual, este coeficiente se debe calcular en condiciones mínimas, normales y máximas. (C_v max; Q max, SG max, ΔP max)

Teniendo las condiciones limites se debe calcular el C_v máximo a válvula 100% abierta, dependiendo si la válvula es isoporcentual o línea.

$$C_v@100\% \text{isoporcentual} = \frac{C_v@85\%}{50^{(0.85-1)}} \quad (\text{Ecuación 2})$$

$$C_v@100\% \text{lineal} = \frac{C_v@85\%}{0.85} \quad (\text{Ecuación 3})$$

- Se selecciona si la válvula será lineal o isoporcentual (ΔP Constante =lineal, ΔP variable = isoporcentual)
- Se selecciona un valor FL (factor de recuperación de la válvula):

Válvulas de globo:	FL=0.90
Válvulas de mariposa (60°)	FL=0.70
Válvulas de bola (70°)	FL=0.74
- Se determina el factor de Presión Crítica Líquidos F_f $F_f = 0.96 - 0.28 \sqrt{\frac{P_v}{P_c}}$
(Ecuación 4)
- Se determina la Caída de Presión Crítica $\Delta P_{critica} \Delta P \geq F_l^2 * (P_1 * F_f * P_v)$ (Ecuación 5)

- Se determina la Caída de Presión en la válvula $\Delta P_v = P_1 - P_2$ (Ecuación 6)
- Se determina el tipo de régimen
Subcrítico: $\Delta P_v < \Delta P_{critica}$
Crítico: $\Delta P_v > \Delta P_{critica}$

Si la caída de presión en la válvula es menor a la P_v , se tiene problemas de cavitación (esto causa problemas en los asientos, obturadores poniendo en riesgo la integridad de la válvula)

- Se determina el factor N_6 (ANEXO)
- Se determina el factor de geometría de tubería F_p (Se fija el diámetro actual de tubería y válvula)
- Se determina el C_v de la válvula @85% apertura

Régimen crítico
$$C_v = \frac{W}{N_6 - FPL \sqrt{(P_1 - F_f * P_v) * Y_1}} \text{ (Ecuación 7)}$$

Régimen subcrítico
$$C_v = \frac{W}{N_6 - FPL \sqrt{(P_1 - P_2) * Y_1}} \text{ (Ecuación 8)}$$

- Se determina el C_v de la válvula @100%
- Se selecciona una VC (válvula cercana) de referencia (Anexo 4), se obtienen los valores C_v , F_l , X_t , y el diámetro VC
- Se determina en C_v minde apertura controlable con CV determinado en base al anterior paso anterior.

Rangeabilidad 1:50 para válvulas isoporcentuales

Rangeabilidad 1:30 para válvulas lineales

Tabla 11: Condiciones de Servicio del Gas de Venta (Fluido y Estado)- Válvula de Control de (quema) Succión PV-5108

Escenarios	Mín	Norm	Máx
Caudal, MMscfd	36.50	55.00	73.00
Presión de entrada P1, psig	1000	1000	1000
Presión de salida P2, psig	800	800	600
Temperatura de entrada, °F	120	120	120
Densidad, lb/ft3		3.2	
Mol. Peso		17.84	
Viscosidad, Cp		0,0135	
Presion de vapor (psig) Cp/Cv		1,493	
Z Factor		0.82	
CV calculado	46.06	69.72	72.09
CV requerido	95	95	95
Porcentaje de elevación de válvula, máx./norma. /min	48.48	73.39	75.88
Prensa de sonido prevista. nivel (a 1 m.)	73	73	83

Fuente: Datos recolectados de hojas de datos, encuestas con operación de planta, datos de campo

Los datos descritos en la tabla son los parámetros actuales del gas de venta, caudal, presión, temperatura, densidad, peso molecular, viscosidad, factor Z. Se realiza el caculo de la capacidad de la válvula Cv.y a su se da la capacidad requerida.

Tabla 12: Condiciones de Servicio del Gas de Venta (Fluido y Estado)- Válvula de Control de (quema) Succión PV-104

Escenarios	Mín	Norm	Máx
Caudal, MMscfd	20	36.50	45.00
Presión de entrada P1, psig	1444	1444	1444
Presión de salida P2, psig	950	950	950
Temperatura de entrada, °F	128	128	128
Densidad, lb/ft3		5	
Mol. Peso		17.84	
Viscosidad, Cp		0,0135	
Presion de vapor (psig) Cp/Cv		1,493	
Z Factor		0.881	
CV calculado	14.40	26.29	32.410
CV requerido	50	50	50

Escenarios	Mín	Norm	Máx
Porcentaje de elevación de válvula, máx./norma. /min	28.80	52.58	64.82
Prensa de sonido prevista. nivel (a 1 m.)	78	81	82

Fuente: Datos recolectados de hojas de datos, encuestas con operación de planta, datos de campo

Los datos descritos en la tabla son los parámetros actuales del gas de venta, caudal, presión, temperatura, densidad, peso molecular, viscosidad, factor Z. Se realiza el caculo de la capacidad de la válvula Cv.y a su se da la capacidad requerida.

Tabla 13: *Condiciones de Servicio del Gas de Venta (Fluido y Estado)- Válvula de Control de Presión (quema), Descarga PV-105*

Escenarios	Mín	Norm	Máx
Caudal, MMscfd	36.50	55.00	73.00
Presión de entrada P1, psig	1500	1500	1500
Presión de salida P2, psig	1200	1200	800
Temperatura de entrada, °F	160	160	160
Densidad, lb/ft3		5	
Mol. Peso		17.84	
Viscosidad, Cp		0,014	
Presion de vapor (psig) Cp/Cv		1,493	
Z Factor		0.859	
CV calculado	31.86	48.090	47.220
CV requerido	65	65	65
Porcentaje de elevación de válvula, máx./norma. /min	49.02	73.98	72.65
Prensa de sonido prevista. nivel (a 1 m.)	71	73	85

Fuente: Datos recolectados de hojas de datos, encuestas con operación de planta, datos de campo

Los datos descritos en la tabla son los parámetros actuales del gas de venta, caudal, presión, temperatura, densidad, peso molecular, viscosidad, factor Z. Se realiza el caculo de la capacidad de la válvula Cv.y a su se da la capacidad requerida.

Tabla 14: Lectura de Resultados Anexo 2 y Anexo 4

Válvula	Tamaño de la Válvula (PULG)	Estilo del Obturador de la Válvula	Estilo del Obturador de la Válvula	Característica del Fluido	Capacidad de la Válvula Cv	Factor de Recuperación de la válvula FL
PV-5108	3” 600#	ANSI	Guiado por Jaula	Isoporcentual	136	0.82
PV-104	3” 900#	ANSI	Guiado por Jaula	Isoporcentual	136	0.82
PV-105	4” 900#	ANSI	Guiado por Jaula	Isoporcentual	224	0.82

Fuente: Datos seleccionados según criterios de selección de válvulas de control, elaboración Propia

Con los datos de las **tablas 11, 12, 13** se pudo leer los datos del **anexo 4** la capacidad de la válvula (Cv), este define el tamaño de la válvula y el factor de recuperación de la válvula (FL) que determina el tipo de válvula requerida.

2.3 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

2.3.1 Análisis de Selección para Válvulas de Control del Sistema de Compresión de Venta

La selección de las válvulas de control se realizó según los criterios:

2.3.1.1 Según su función

Según las válvulas instaladas actualmente PV-5108, PV-104, PV-105, se mantiene la selección de válvulas de Control de Regulación, debido a que este tipo de válvulas buscan el valor objetivo-

2.3.1.2 Tipología Según el Obturador y Cuerpo

Según los datos descritos en la tabla 14, se define un factor de recuperación de la válvula FL de 0.82 para las 3 válvulas PV-5108, PV-104, PV-105, esto indica que las válvulas seleccionadas serán Válvulas Globo, las misma son recomendadas como válvulas de control debido a que el

flujo ingresa de forma perpendicular al eje del obturador, manejando diferentes grados de caudal.

Como obturador se seleccionó válvula jaula, según tabla 14

2.3.1.3 Selección Según la Presión Nominal y Brida

Para Válvula de Control de (quema) Succión PV-5108, se hace una selección de PN 100 clase ANSI 600# equivalente a 1450.38 psi, este criterio se toma debido a que la presión de succión es de 1000 psi, la lectura se realiza del anexo 2. El tipo de brida ser RTJ 3” (junta tipo anillo) adecuados para alta presión.

Para Válvula de Control de (quema) Succión PV-104, se hace una selección de PN 150 clase ANSI 900# equivalente a 2175.57 psi, este criterio se toma debido a que la presión de succión es de 1444 psi, la lectura se realiza del anexo 2. El tipo de brida ser RTJ 3” (junta tipo anillo) adecuados para alta presión.

Para Válvula de Control de Presión (quema), Descarga PV-105, se hace una selección de PN 150 clase ANSI 900# equivalente a 2175.57 psi, este criterio se toma debido a que la presión de succión es de 1500 psi, la lectura se realiza del anexo 2. El tipo de brida ser RTJ 4” (junta tipo anillo) adecuados para alta presión.

2.3.1.4 Selección de los Materiales Constructivos

La selección del material se realizó según Anexo 3, Acero Inoxidable El AISI 316 describe acero inoxidable austenítico de cromo-níquel-molibdeno tiene buena resistencia en ácidos no oxidantes y medios que contienen cloro. Debido a la composición química, el material 316 es aleación metálica naturalmente resistente a la corrosión. Esta selección se realizó para las tres válvulas de control.

2.3.2 Descripción el proceso de instalación de las válvulas de control

2.3.2.1 Cabezal Principal de Succión

Se realizará la adecuación de la válvula de control de quema PV-5108 que esta seteada @ 1000 Psig para ventear el gas al sistema de alivios y venteos de la Planta Yapacani en caso de alta presión. Actualmente la válvula de control no cumple con el nivel de ruido por lo cual se cambiará la válvula de control de tal manera que sus internos sean tipo anti ruido y se cumpla con el nivel de ruido menor a 85 dBA.

Para realizar el cambio de la válvula se realizará un tie-in de interconexión con conexión bridada RJT de 3"-600# en la entrada de la válvula de control y 3"-600# en la salida de la válvula de control.

Se implementará un transmisor con indicador de presión PIT-5108 que haga lazo de control con la PV-5108 y que por alta presión (seteada @ 1000 Psig) abra la misma para ventear el gas.

Figura 708. Modificación para válvula de quema PV-5108



Fuente: Elaboración propia Fotografía actual en Planta Yapacani

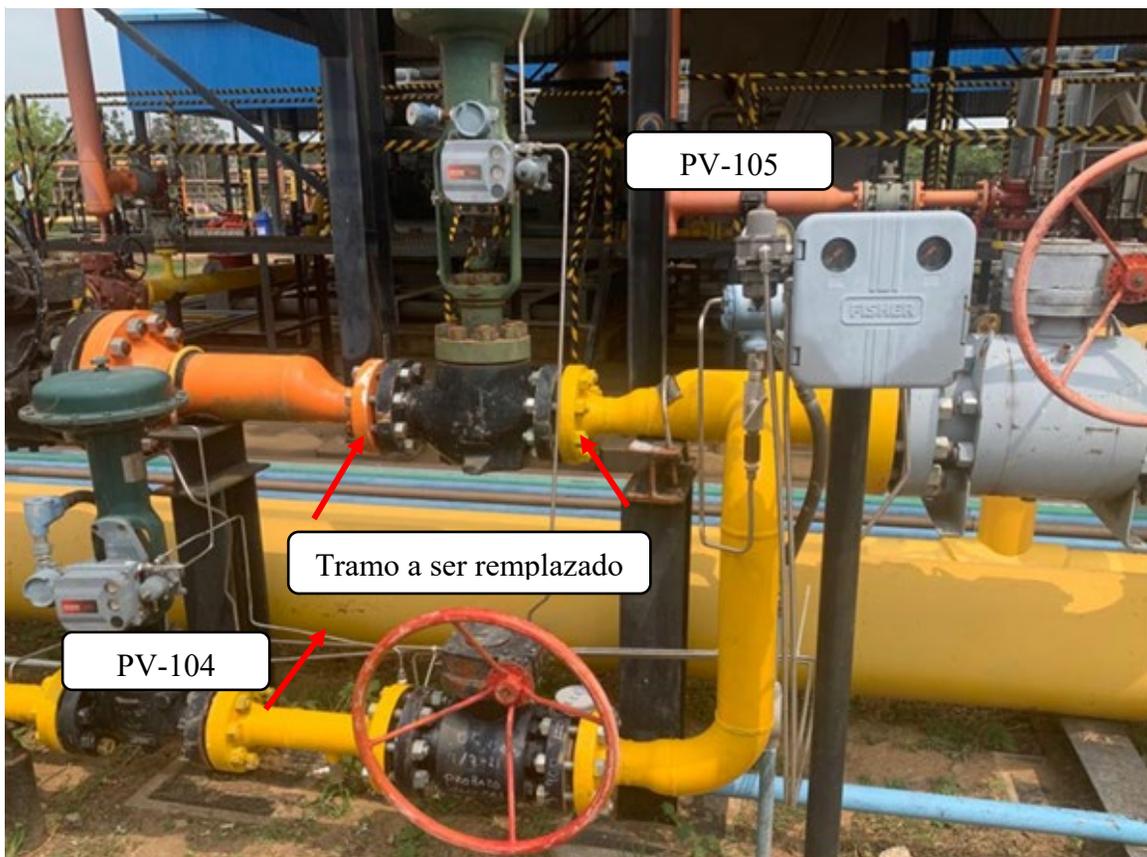
Se realizará la adecuación de la válvula de control de compensación PV-104 que esta seteada @ 950 Psig para compensar caudal en caso de que le falte gas a los compresores de venta en la

Planta Yapacani Actualmente la válvula de control no cumple con el nivel de ruido por lo cual se cambiara la válvula de control de tal manera que sus internos sean tipo anti ruido y se cumpla con el nivel de ruido menor a 85 dBA.

Para realizar el cambio de la válvula se realizará un tie-in de interconexión para el spool con conexión bridada RTJ de 3"-900# en la entrada de la válvula de control y 3"-900# en la salida de la válvula de control.

Se implementará el lazo de control entre el PT-104 y PV-104 que realizará la compensación (seteada @ 950 Psig) La misma que abrirá cuando les falte gas a los compresores de venta.

Figura 739: *Modificación para válvula de quema PV-105 y válvula compensadora PV-104*



Fuente: Elaboración propia Fotografía actual en Planta Yapacani

Se realizará la adecuación de la válvula de control de quema PV-105 que esta seteada @ 1500 Psig para ventear el gas al sistema de alivios y venteos de la Planta Yapacani en caso de alta presión. Actualmente la válvula de control no cumple con el nivel de ruido por lo cual se

cambiará la válvula de control de tal manera que sus internos sean tipo anti ruido y se cumpla con el nivel de ruido menor a 85 dBA.

Para realizar el cambio de la válvula se realizará un tie-in de interconexión con conexión bridada RTJ de 4"-900# en la entrada de la válvula de control y un tie-in de interconexión con conexión bridada RTJ de 4"-900# en la salida de la válvula de control.

CAPÍTULO III: CONCLUSIONES

En la presente investigación se Identificó el estado actual Del Sistema de Compresión de Gas de Venta en la Planta Yapacaní, lo más importante de esta investigación fue identificar el funcionamiento el Sistema de Compresión completo, tanto de compresores, válvulas de control ubicadas entre el Cabezal de Succión / Descarga y condiciones a las que se encuentra el gas de venta, gracias a esto se tiene una criterio adecuado para cumplir con el objetivo del tema, lo que más favorable fue la accesibilidad que se tenía para obtener la información, esto ayudo a copilar la información requerida.

En este trabajo se Realizó un estudio de válvulas de control según los lineamientos de las normas vigentes para un eficiente funcionamiento del sistema de compresión de venta en la Planta Yapacaní, fue de suma importancia realizar el estudio de los criterios básicos para selección de válvulas y los criterios para selección de válvulas de control, esto ayudo a tener un pantallazo de los datos que se requieren para pasar al siguiente objetivo. Se estudio el funcionamiento, características, tipos de válvulas para ampliar el conocimiento de las mismas.

En esta monografía se Seleccionó las válvulas de control adecuadas para un óptimo trabajo de los compresores de gas de venta, según las condiciones actuales de producción en la Planta de Yapacaní, cumplir el objetivo 1 y 2 fue esencial para poder cumplir con este objetivo, las válvula seleccionadas en el cabezal de succión son Válvula de Control de (quema) Succión PV-5108 está válvula es una válvula globo, con obturador jaula RTJ 3” ANSI 600# de acero inoxidable AISI 316, así mismo se seleccionó la Válvula de Control de (quema) Succión PV-104 válvula globo, con obturador jaula RTJ 3” ANSI 900# de acero inoxidable AISI 316, por ultimo en cabezal de descarga se optó por la Válvula de Control de Presión (quema), Descarga PV-105 globo, con obturador jaula RTJ 4” ANSI 900# de acero inoxidable AISI 316, cumpliendo con el objetivo general de la investigación.

Para finalizar con la monografía se Describió el proceso de instalación de las válvulas de control que se seleccionaron para la optimización del sistema de compresión de venta, con la implementación de válvulas de control, se cumplió con la descripción y un esquema fotográfico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arveng Training & Engineering. (23 de febrero de 2022). *Pagina de Youtube de Arveng Training & Engineering*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=XC7Or82SSu0>
- Departamento de Planificacion y Evaluacion Institucional. Universidad San Francisco Xavier de Chuquisaca. (2021). *Directrices Específicas y Operativas de Formulación del POA. Cronograma de Formulación. Objetivos de Gestión Institucionales, Específicos, Catálogo Básico de Indicadores*. Obtenido de <https://usfx.bo/>
- Dirección de Planificación. Ministerio de Economía y Finanzas Bolivia. (2020). *Formulacion del POA*. Obtenido de https://www.google.com/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=0CAIQw7AJahcKEwjoiZWz7-7_AhUAAAAAHQAAAAAQAw&url=https%3A%2F%2Frepositorio.economiayfinanzas.gob.bo%2Fdocumentos%2FDGPLA%2FTutorial%2520de%2520Formulaci%25C3%25B3n%2520del%2520POA_Transcrip
- Facultad de Ciencias y Tecnologia. (marzo de 2006). *Revista Informativa de la Facultad de Tecnología. 1*, 120. Sucre, Bolivia: Imprenta Editorial Tupac Katari.
- Facultad de Ciencias y Tecnología. (03 de 2023). *Documentación Administrativa Facultad de Ciencias y Tecnología*. Sucre, Bolivia.
- Facultad de Ciencias y Tecnologia. (30 de 04 de 2023). *SITIO OFICIAL DE LA FACULTAD DE CIENCIAS TECNOLOGIA*. Obtenido de <https://tecnologia.usfx.bo>
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2023). *Clasificadores Presupuestarios Gestión 2023*. Obtenido de https://repositorio.economiayfinanzas.gob.bo/documentos/VPCF/DGPGP/2023/Clasificadores_Presupuestarios_Gestion_2023.pdf
- Ortega, C. (2023). *Método analítico: Qué es, para qué sirve y cómo realizarlo*. Obtenido de <https://www.questionpro.com/blog/es/metodo-analitico/>
- Ortiz Limón, M. (2023). *INFORME DE RENDICION DE CUENTAS DE LA GESTION 2022 DE LA FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA*. Sucre.
- quincycompressor. (18 de mayo de 2021). *Pagina Oficial de quincycompressor*. Obtenido de <https://www.quincycompressor.com/es/natural-gas-compressor-guide/>
- Ramírez Martínez, I. F. (2013). *APUNTES DE METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN. Un Enfoque Crítico*. Sucre: Servicios Gráficos PRISMA - 6465261. Obtenido de https://usfx.bo/Documentos/RepositorioLibros/APUNTES_DE_METODOLOGIA_DE_LA_INV.pdf

- Ramírez, I. (2013). *Apuntes de metodología de la investigación: Un enfoque crítico*. Sucre: Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca.
- Reyes Martínez, I., Cadena Martínez, L., & De León Vázquez, I. (s.f.). *La importancia del análisis de los estados financieros en la toma de decisiones*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Obtenido de <https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/tlahuelilpan/n4/e2.html>
- Sánchez Ruiz, E. E. (1991). *Apuntes sobre una metodología histórico-estructural (con énfasis en el análisis de medios de difusión)*. Obtenido de <http://biblioteca.udgvirtual.udg.mx/jspui/handle/123456789/2613>
- UTEPSA. (2020). Obtenido de PDF: <file:///C:/PROYECTO%20FINAL%20UTEPSA/Elementos%20finales%20de%20control.pdf>
- YPFB ANDINA SA. (2020). Fichas técnicas de las plantas que operan en Bolivia. En Y. A. SA.

ANEXOS

Anexo 1: Unidades de Medida- Sistema Internacional

Magnitud	Unidad
Temperatura	°F - °C
Viscosidad	cP
Viscosidad cinemática	cSt
Densidad	lb/ft ³
Capacidad calorífica másica	BTU/lb.°F
Conductividad	BTU/h.ft.°F
Presión manométrica	psig
Presión absoluta	psia
Volumen	Bbl - ft ³
Flujo másico	lb/h
Flujo estándar de gases	MMSCFD
Flujo volumétrico de liquido	BPD
Conductividad térmica - liquido	BTU/hr-ft-°F
Flujo de calor	MMBTU/hr
Diámetro de cañerías	in
Espesor	in
Longitud	mm - m - ft
Área	ft ² - m ²
	in ²
Potencia	HP
Tensión	V

Fuente: Extraído del documento AND-21N08-YPC-BG-MD-003
Informe de Relevamiento 2021

Anexo 2: Tabla de Equivalencias PN (Presión Nominal) y Clase (ASME)

PN Según en EN 1092-1 o ISO-7268	Clase según ASME B16.34.
PN 20	CL 150
PN 50	CL 300
PN 64	CL 400
PN 100	CL 600
PN 150	CL 900
PN 250	CL 1500
PN 420	CL 2500

Fuente: Imagen extraída del documento REDFLUID, diccionario sobre Válvulas de Presión

Anexo 3: Selección de Válvulas según los Materiales Constructivos

FLUIDOS	COMPONENTES METALICOS							ELASTOMEROS							
	H. FUNDIDO	FUND. NODULAR	BRONCE	ACERO AL CARBONO	ACERO INOX AISI 304	ACERO INOX AISI 316	MONEL	BUNA-M	BUTILO	ETILENO PROPILENO	HYPALON	CAUCHO NAT.	NEOPRENO	SILICONA	VITON
Acido cloroacético	D	D	C	D	D	D	C	D	D	A	A	D	D	D	D
Acido clorosulfónico (húmedo)	D	D	D	D	D	D	C	D	D	A	A	C	D	D	D
Acido clorosulfónico (seco)	B	B	B	B	B	B	A	D	D	A	A	C	D	D	D
Cloro (húmedo)	D	D	D	D	D	D	C	D	B	A	A	B	B	D	A
Cloro gas (seco)	B	B	C	B	B	B	B	D	B	A	A	B	B	D	A
Clorobenceno (seco)	B	B	B	B	A	A	C	A	B	D	B	D	B	D	A
Cloroformo (seco)	B	B	B	B	A	A	A	A	B	D	B	D	B	D	A
Percloroetileno (seco)	B	B	C	B	A	A	B	D	C	A	C	C	C	D	D
Tricloroetileno	C	A	B	B	B	B	A	B	D	D	D	D	C	D	A

Fuente: Imagen extraída de la página Comeval, criterios de selección

Anexo 4: Coeficiente de Dimensionamiento Representativo para Cuerpos de Válvulas de Estilo Globo de Puerta Única

Tamaño de válvula (NPS)	Estilo del obturador de la válvula	Características de flujo	Diám. de puerto (in.)	Carrera nominal (in.)	C _v	F _L	X _T	F _o
1/2	Guiado por poste	Igual porcentaje	0,38	0,50	2,41	0,90	0,54	0,61
3/4	Guiado por poste	Igual porcentaje	0,56	0,50	5,92	0,84	0,61	0,61
1	Micro-Form	Igual porcentaje	3/8	3/4	3,07	0,89	0,66	0,72
	---	---	1/2	3/4	4,91	0,93	0,80	0,67
	---	---	3/4	3/4	8,84	0,97	0,92	0,62
	Guiado por jaula	Lineal	1-5/16	3/4	20,6	0,84	0,64	0,34
		Igual porcentaje	1-5/16	3/4	17,2	0,88	0,67	0,38
1-1/2	Micro-Form	Igual porcentaje	3/8	3/4	3,20	0,84	0,65	0,72
	---	---	1/2	3/4	5,18	0,91	0,71	0,67
	---	---	3/4	3/4	10,2	0,92	0,80	0,62
	Guiado por jaula	Lineal	1-7/8	3/4	39,2	0,82	0,66	0,34
		Igual porcentaje	1-7/8	3/4	35,8	0,84	0,68	0,38
2	Guiado por jaula	Lineal	2-5/16	1-1/8	72,9	0,77	0,64	0,33
		Igual porcentaje	2-5/16	1-1/8	59,7	0,85	0,69	0,31
3	Guiado por jaula	Lineal	3-7/16	1-1/2	148	0,82	0,62	0,30
		Igual porcentaje			136	0,82	0,68	0,32
4	Guiado por jaula	Lineal	4-3/8	2	236	0,82	0,69	0,28
		Igual porcentaje			224	0,82	0,72	0,28
6	Guiado por jaula	Lineal	7	2	433	0,84	0,74	0,28
		Igual porcentaje			394	0,85	0,78	0,26
8	Guiado por jaula	Lineal	8	3	846	0,87	0,81	0,31
		Igual porcentaje			818	0,86	0,81	0,26

Fuente: Imagen extraída del documento Guía de Válvulas de Control, 5ta Edición Emerson

Anexo 5: Hoja de Datos Válvula PV-104

Masoneilan Valves		88-41655		Spec Data Sheet			
Quote No: Quote			Project:				
Customer:			End User:				
RFQ No:			End User Location:				
CustomerPO:			Revision:				
			ValSpeq v4.04.0				
Tag:	PV-404		PID No				
General	Item No	001	Item Revision	Service			
	Quantity	1	Serial No	Line No			
Area Class / PED 97/23 CE Pass / Category		Leakage Class / NACE		ANSI Class IV			
Line Size - Schedule - OD - Wall Inlet / Outlet		3 in - 80		- 3.5 - 0,3 / 3 in - 80 - 3,5 - 0,3			
Process Fluid / Fluid State		Air		/ Gas			
Design Press / Design Temp		1900 psi g		/ 400/128,4 deg F			
Service Inputs	Sizing Conditions		Units	Min	Norm	Max	Other
	Flow Rate (total)						
	Flow Rate		MM scfd	20	36,5	45	55
	Inlet Pressure		psi g	1444	1444	1444	1444
	Outlet Pressure		psi g	949,7	949,7	949,7	949,7
	Temperature		deg F	128,4	128,4	128,4	128,4
	Z			0,882	0,882	0,882	0,882
MW			17,84	17,84	17,84	17,84	
k			1,493	1,493	1,493	1,493	
Service Results	Flowing Cond. required Cv		dBA	14,4	26,29	32,41	39,61
	Sound Level, IEC			78	81	82	83
	% Travel			28,8	52,58	64,82	79,22
	FL sonic diameter		in	0,95	0,95	0,95	0,95
	Mach No.		Mach # Valve Outlet	0,6589	0,8902	0,9884	1,093
				0,05022	0,09164	0,113	0,1381
Body Bonnet	Model No	88-41655		Body & Bonnet Matl		A216 gr WCC	
	Body Type	Globe, Reciprocating		Bonnet Type / Bellows		Standard/	
	Size (In x Body x Out)	3 in		Packing Type		PTFE with carbon fiber	
	Rating / End Conn /sch	CL 900 / RTJ Flanges		Body Studs		A193 gr B7 without plating	
	Face Finish			Body Nuts		A194 gr 2H without plating	
Trim	Rated Cv	50		Plug Type		Balanced/PTFE	
	Trim Type	LoDB 2 Stage - Linear		Plug:Ball:Disk Matl		17-4PH St. St.	
	Characteristic	Linear		Seat Ring Mtl		410 St. St.	
	Size	reduced area		Cage:Retnr / Guide Matl		6 NM St.St. Cr.Plated / 440C St. St.	
	Flow Action	Flow to Open		Stem/Shaft Mtl		630(H1075) St. St.	
Actuator	Type	Spring-diaphragm		Model / Size		88 / 16	
	Fail Position	Closed		Shutoff Pressure		1900 psi g	
	Manual Override	Side Mounted		Bench Range / Travel		11-23 psi g / 2 in	
	Limit Stop			Supply Pressure / Oversize Factor		33 psi g / 1	
	Mounting / Installation	1 / Vertical Line, Up Flow		Yoke Matl / Volume Chamber		Cast Iron / -	
Positioner	Model	SVi1000		Type		Digital HART	
	Input Signal / Characteristic	4-20 mA / Linear		Agency / Approval		/	
	Diagnostics Level / Position	Easy Smart / -		Approval Description:			
	Transmit			Enclosure Rating			
	Air Connection /Elect Conn	.25 NPT / .5 Inch NPTF		Airset / Gauge		78-40 / 1.5 inch st. st.	
Tag			Stainless steel / st.st. double Ferrule / 0.375 inch / psi-kPa-bar-kg/cm2				
FN Notes							
ITP: ITP-1			Serial Plate Language(s): English / English				
Paint System / Prep: P01-1 MN Standard CES 1036 Table 1 /Solvent Cleaning, standard				Body Paint Color: Red, standard (RAL 3011)			
Actuator Case: Red, standard (RAL 3011)				Yoke: Red, standard (RAL 3011)			
				Handwheel: Red, standard (RAL 3011)			
Notes to Customer:							

Fuente: Imagen extraída del documento Hoja de datos- Válvula Compensadora AND-21N08-YPC-BF-HD-001

Anexo 6: Hoja de Datos Válvula PV-5108

Masoneilan Valves		87-41335		Spec Data Sheet			
Quote No: Quote			Project:				
Customer:			End User:				
RFQ No:			Revision:				
CustomerPO:			End User Location:				
			ValSpeQ v4.04.0				
Tag:	PV-5108		PID No				
General	Item No	001	Item Revision	Service			
	Quantity	1	Serial No	Line No			
Area Class / PED 97/23 CE Pass / Category		Leakage Class / NACE		ANSI Class IV			
Line Size - Schedule - OD - Wall Inlet / Outlet		4 in - 80		4.5 - 0.33 / 6 in - 80 - 6.625 - 0.432			
Process Fluid / Fluid State		Air		/ Gas			
Design Press / Design Temp		1265 psi g		/ -20/400 deg F			
Service Inputs	Sizing Conditions		Units	Min	Norm	Max	Other
	Flow Rate (total)		MM scfd	36,5	55	73	24,95
	Flow Rate		MM scfd	36,5	55	73	24,95
	Inlet Pressure		psi g	1000	1000	1000	1000
	Outlet Pressure		psi g	800	800	600	980
	Temperature		deg F	108	108	108	108
	Z			0.82	0.82	0.82	0.82
MW			17.84	17.84	17.84	17.84	
k			1.493	1.493	1.493	1.493	
Service Results	Flowing Cond. required Cv		46,06	69,72	72,09	92,87	
	Sound Level, IEC		73	75	83	< 70	
	% Travel		48,48	73,39	75,88	97,76	
	FL		0,94	0,94	0,94	0,94	
	sonic diameter		in	0,9426	1,157	1,535	0,7053
	Mach No.		Mach # Valve Outlet	0,0907	0,1367	0,2404	0,05078
Body Bonnet	Model No	87-41335		Body & Bonnet Matl	A216 gr WCC		
	Body Type	Globe, Reciprocating		Bonnet Type / Bellows	Standard/		
	Size (In x Body x Out)	3 in		Packing Type	PTFE with carbon fiber		
	Rating / End Conn /sch	CL 600 / RF Flanges		Body Studs	A193 gr B7 without plating		
Trim	Face Finish	125 - 250 AARH		Body Nuts	A194 gr 2H without plating		
	Rated Cv	95		Plug Type	Balanced/Spring Energized		
	Trim Type	LoDB 1 Stage - Linear		Plug:Ball:Disk Matl	17-4PH St. St.		
	Characteristic	Linear		Seat Ring Mtl	410 St. St.		
Actuator	Size	reduced area		Cage:Retnr / Guide Matl	6 NM St.St. Cr.Plated / 440C St. St		
	Flow Action	Flow to Open		Stem/Shaft Mtl	630(H1075) St. St.		
	Type	Spring-diaphragm		Model / Size	87 / 16		
	Fail Position	Open		Shutoff Pressure	1265 psi g		
Positioner	Manual Override	Side Mounted		Bench Range / Travel	3-15 psi g / 2 in		
	Limit Stop	Yes Open @ %		Supply Pressure / Oversize Factor	26 psi g / 1		
	Mounting / Installation	1 / Horizontal Line (Default)		Yoke Matl / Volume Chamber	Cast Iron / -		
	Model	SV1000		Type	Digital HART		
Notes	Input Signal / Characteristic	4-20 mA / Linear		Agency / Approval	/		
	Diagnostics Level / Position	Easy Smart / -		Approval Description:			
	Transmit			Enclosure Rating			
	Air Connection /Elect Conn	.25 NPT / .5 Inch NPTF		Airset / Gauge	78-40 / 1.5 inch st. st.		
Tubing Matl / Fitting Type / Tubing Size(min.) / Gauge scale:			Stainless steel / st.st. double Ferrule / 0.375 inch / psi-kPa-bar-kg/cm2				
FN Notes							
ITP:	ITP-1		Serial Plate Language(s): English / English				
Paint System / Prep: P01-1 MN Standard CES 1036 Table 1 /Solvent Cleaning, standard			Body Paint Color: Red, standard (RAL 3011)				
Actuator Case: Red, standard (RAL 3011)			Yoke: Red, standard (RAL 3011)				
			Handwheel: Red, standard (RAL 3011)				
Notes to Customer:							

Seller, at its option and at no expense to the customer, may make design changes to goods or materials not impacting form, fit, or function

Fuente: Imagen extraída del documento Hoja de datos- Valvula de Alivo y Control de Venteo AND-21N08-YPC-BF-HD-002

Anexo 7: Hoja de Datos Válvula PV-105

Masoneilan Valves		87-41335		Spec Data Sheet			
Quote No: Quote			Project:				
Customer:			End User:				
RFQ No:			End User Location:				
CustomerPO:			Revision:				
			ValSpeQ v4.04.0				
Tag:	PV-105		PID No				
General	Item No	001	Item Revision	Service			
	Quantity	1	Serial No	Line No			
Area Class / PED 97/23 CE Pass / Category		/ / /					
Leakage Class / NACE		ANSI Class IV /					
Line Size - Schedule - OD - Wall Inlet / Outlet		6 in - 120 - 6,625 - 0,562 / 6 in - 120 - 6,625 - 0,562					
Process Fluid / Fluid State		Air / Gas					
Design Press / Design Temp		1900 psi g / -20/400 deg F					
Service Inputs	Sizing Conditions		Units	Min	Norm	Max	Other
	Flow Rate (total)						
	Flow Rate		MM scfd	36,5	55	73	24,95
	Inlet Pressure		psi g	1500	1500	1500	1500
	Outlet Pressure		psi g	1200	1200	800	1470
	Temperature		deg F	128,4	128,4	128,4	128,4
	Z			0,859	0,859	0,859	0,859
MW			17,84	17,84	17,84	17,84	
k			1,57	1,57	1,57	1,57	
Service Results	Flowing Cond. required Cv		dBa	31,86	48,09	47,22	64,13
	Sound Level, IEC			71	73	85	< 70
	% Travel			49,02	73,98	72,65	98,66
	FL			0,94	0,94	0,94	0,94
	sonic diameter		in	0,7781	0,9551	1,344	0,5819
	Mach No.		Mach # Valve Outlet	0,03801	0,05727	0,1133	0,02125
Body Bonnet	Model No		87-41335		Body & Bonnet Matl		A216 gr WCC
	Body Type		Globe, Reciprocating		Bonnet Type / Bellows		Standard/
	Size (In x Body x Out)		4 in		Packing Type		PTFE with carbon fiber
	Rating / End Conn /sch		CL 900 / RTJ Flanges		Body Studs		A193 gr B7 without plating
Face Finish				Body Nuts		A194 gr 2H without plating	
Trim	Rated Cv		65		Plug Type		Balanced/Spring Energized
	Trim Type		LoDB 1 Stage - Linear		Plug:Ball:Disk Matl		17-4PH St. St.
	Characteristic		Linear		Seat Ring Mtl		410 St. St.
	Size		reduced area		Cage:Retnr / Guide Matl		6 NM St.St. Cr.Plated / 440C St. St.
Flow Action		Flow to Open		Stem/Shaft Mtl		630(H1075) St. St.	
Actuator	Type		Spring-diaphragm		Model / Size		87 / 16
	Fail Position		Open		Shutoff Pressure		1900 psi g
	Manual Override		Side Mounted		Bench Range / Travel		3-15 psi g / 2 in
	Limit Stop		Yes Open @ %		Supply Pressure / Oversize Factor		28 psi g / 1
Mounting / Installation		1 / Horizontal Line (Default)		Yoke Matl / Volume Chamber		Cast Iron / -	
Positioner	Model		SVi1000		Type		Digital HART
	Input Signal / Characteristic		4-20 mA / Linear		Agency / Approval		/
	Diagnostics Level / Position		Easy Smart / -		Approval Description:		
	Transmit				Enclosure Rating		
Air Connection /Elect Conn		.25 NPT / .5 Inch NPTF		Airset / Gauge		78-40 / 1.5 inch st. st.	
Tag							
Tubing Mat l / Fitting Type / Tubing Size(min.) / Gauge scale:			Stainless steel / st.st. double Ferrule / 0.375 inch / psi-kPa-bar-kg/cm2				
FN Notes							
ITP: ITP-1			Serial Plate Language(s): English / English				
Paint System / Prep: P01-1 MN Standard CES 1036 Table 1 /Solvent Cleaning, standard			Body Paint Color: Red, standard (RAL 3011)				
Actuator Case: Red, standard (RAL 3011)			Yoke: Red, standard (RAL 3011)				
			Handwheel: Red, standard (RAL 3011)				
Notes to Customer:							

Fuente: Imagen extraída del documento Hoja de datos- Valvula de Alivo y Control de Venteo AND-21N08-YPC-BF-HD-002