

MINISTERIO DE EDUCACIÓN



**INGENIERÍA DEL PETRÓLEO Y GAS
NATURAL**

**DETERMINACIÓN DE EFICIENCIA DE UN
COMPRESOR RECIPROCANTE DE PISTÓN PARA
ACONDICIONAMIENTO AL SISTEMA DE SUCCIÓN
Y COMPRESIÓN DE BIOGÁS EN LA UNIBOL
GUARANI**

TESIS: PARA OBTENER EL TÍTULO DE LICENCIATURA EN PETRÓLEO
Y GAS NATURAL

UNIVERSITARIO: TEC. CARLOS MAMANI CHURA

ASESOR TÉCNICO: MSC ING. KATHERIN SEJAS VELASCO

TERRITORIO GUARANÍ – BOLIVIA

2022

HOJA DE APROBACIÓN

DETERMINACIÓN DE EFICIENCIA DE UN COMPRESOR RECIPROCANTE DE PISTÓN PARA ACONDICIONAMIENTO AL SISTEMA DE SUCCIÓN Y COMPRESIÓN DE BIOGÁS EN LA UNIBOL GUARANI

Presentado por: Carlos Mamani Chura

Ing. Elizabeth Vargas Cáceres

Directora de Carrera Ingeniería del Petróleo y Gas Natural

MSc Ing. Katherin Sejas Velasco.

Asesor Técnico

Ing. Bautista Chávez Rivera.

Asesor Lingüista

MSc. Ing. Rodolfo Francisco Toledo

Escalante.

Tribunal Técnico

Ing. Franz Gabriel Zenteno

Callahuara.

Tribunal Técnico

Mvz. Estela Rivero Guarayo

Tribunal Lengua Indígena

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo de investigación primeramente a Dios por haberme dado sabiduría conocimiento y poder emprender esta idea de trabajo, a mis padres que hicieron lo posible para que pueda continuar mis estudios y tener una formación académica en esta institución, apoyándome en lo económico ya sin ellos no hubiese sido posible este trabajo de investigación.

Dedicar a cada uno de mis familiares por haberme incentivado para que pueda seguir adelante en esta investigación, también a mis amigos que desde distancias lejanas siempre me apoyaron y me dieron palabras de aliento para seguir y acabar mi formación profesional en esta institución.

AGRADECIMIENTO

Primeramente, agradecer a Dios por haberme dado un día más de vida, fuerzas, sabiduría para que sea posible realizar mis labores cotidianas y académicas y cumplir mis metas y objetivos planteados desde el primer momento que pise la institución.

Agradecer a mis padres (Lidia Bárbara Chura Yujra y Agustín Mamani Palli) por el gran apoyo que hicieron para que yo pueda estudiar en esta institución superior de formación académica, a mis hermanos de la misma manera.

Agradecer a los respectivos docentes por su comprensión, apoyo y corrección para llevar adelante mi trabajo hasta su culminación y defensa.

Agradecer a la Institución académica por haberme acogido en las instalaciones de la Unibol Guaraní “APIAGUAKI TÜPA” hasta las culminaciones de mi formación profesional.

ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1.	ANTECEDENTES.....	2
1.2.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.3.	OBJETIVOS.....	4
1.3.1.	Objetivo general.....	4
1.3.2.	Objetivos específicos.....	4
1.4.	HIPÓTESIS.....	4
1.5.	JUSTIFICACIÓN.....	5
1.5.1.	Justificación Técnica.....	5
1.5.2.	Justificación Social.....	5
1.5.3.	Justificación Económica.....	6
II.	MARCO TEÓRICO.....	7
2.1.	COMPRESIÓN DE GAS.....	7
2.1.1.	Uso del gas natural.....	8
2.1.2.	Características del gas.....	9
2.1.3.	Razón de flujo (centrífugos).....	9
2.1.4.	Presión y temperatura de operación.....	10
2.1.5.	Proceso de compresión.....	10
2.1.6.	Funcionamiento y ciclo de compresión.....	10
2.1.7.	Compresión isotérmica.....	12
2.1.8.	Compresión isotrópica.....	12
2.1.9.	Compresión poli trópica.....	12
2.2.	COMPRESORES.....	13
2.2.1.	Definición.....	13
2.3.	TIPOS DE COMPRESORES.....	14
2.3.1.	Compresores dinámicos.....	14
2.3.2.	Compresores de desplazamiento positivo.....	15

2.4.	ALMACENAMIENTO DE GAS.....	19
2.4.4.	Recipientes contenedores de GLP.....	19
2.4.5.	Cilindros para GLP.	20
2.4.6.	Clasificación de gases por su propiedad física.	22
2.4.7.	Clasificación de gases por su propiedad Química.	24
2.4.8.	Especificaciones de los cilindros.	25
2.4.9.	Partes de un tanque de almacenamiento.....	26
2.4.10.	Clasificación de los colores según el peligro	27
III.	MARCO METODOLÓGICO.....	30
3.1.	UBICACIÓN.	30
3.2.	ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN.....	31
3.3.	TIPO DE INVESTIGACIÓN.	31
3.4.	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.	31
3.5.	VARIABLES.....	32
3.5.4.	Definición de variables.....	32
3.6.	SUJETO, UNIVERSO Y MUESTRA.....	32
3.7.	MATERIALES.	33
3.7.1.	Materiales que se utilizaran para la investigación.....	33
3.7.2.	Materiales de redacción.....	33
3.7.3.	Materiales de campo.	33
3.7.4.	Materiales de acopio al trabajo.	34
3.8.	TÉCNICAS E INSTRUMENTACIÓN DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	34
3.9.	PROCEDIMIENTOS,.....	34
3.9.1.	Características de una simulación de Biogás.	34
3.9.2.	Operación para la construcción de un simulador.	35
3.9.3.	Tipo de compresor.	38
3.9.4.	Recipiente de compresión para el metano.	41
3.9.5.	Diseño del sistema de succión y compresión de metano, y pruebas de compresión. 44	
3.9.6.	Simulación de biogás para determinar la eficiencia del compresor.	46
IV.	RESULTADOS.	51
V.	CONCLUSIONES.....	54

VI. RECOMENDACIONES	56
VII. BIBLIOGRAFÍA.....	57
VIII ANEXOS.....	59

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 1. Características de los procesos de compresión.	18
CUADRO 2. Características de los procesos de compresión.	18
CUADRO 3. Norma NTP 399-014-1974.	29
CUADRO 4. Coordenadas UTM.	30
CUADRO 5. Variables dependientes e independientes.	32
CUADRO 6 Características de un compresor recíprocante Embraco.	39
CUADRO 7. Diferencia de presiones.....	48
CUADRO 8. Cuadro de P y V comprimido del metano.	53
CUADRO 9. Diferencia de presiones y volúmenes.....	53

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRAFICO 1. Función de Compresión.	11
GRAFICO 2. Tipos de Compresores.	14
GRAFICO 3. Válvula Fisher.	21
GRAFICO 4. Válvula Premium.	21
GRAFICO 5. Cilindro para GLP de 10Kg.....	22
GRAFICO 6. Partes de un cilindro de almacenamiento.....	27
GRAFICO 7. Clasificación de los colores según el gas.	28
GRAFICO 8. Ubicación.	30
GRAFICO 9. Diseño de simulación de Biogás.....	35

GRAFICO 10. Acoplamiento de partes para la simulación.	36
GRAFICO 11. Construcción de la simulación de Biogás.	37
GRAFICO 12. Simulación de un Biogás.	38
GRAFICO 13. Compresor alternativo de un pistón de refrigerador.....	39
GRAFICO 14. Partes para el almacén de Biogás.	43
GRAFICO 15 Almacén de gas.	43
GRAFICO 16. Diseño del sistema de succión y compresión.	44
GRAFICO 17. Conexión del equipo.....	44
GRAFICO 18. Prueba de fuga en el Almacén.	45
GRAFICO 19. Segunda prueba de fuga en el almacén.	45
GRAFICO 20. Galón con gas	46
GRAFICO 21. Galón con gas y agua de 10 litros.	46
GRAFICO 22. Gas en bolsa plástica de 20 litros.....	47

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. Materiales para compresión.	59
ANEXO 2. Manguera y cilindro de acero alancen.....	59
ANEXO 3Coneccion de simulación con compresor.	60
ANEXO 4. Simulación de Biogás.....	60
ANEXO 5 Almacén para Biogás.....	60
ANEXO 6 Almacén de gas de bolsa plástica	60
ANEXO 7Conecion de compresor a alancen.....	60
ANEXO 8 Prueba de compresión.....	60
ANEXO 9 Almacén de gas en bolsa plástica.....	60
ANEXO 10 Compresión del Gas y presión.	60
ANEXO 11Pruebe de compresión y quema de gas.....	60

RESUMEN

El Gas es una energía no renovable que durante varios años investigadores han adquirido una gran relevancia entre ellas el Biogás, que es elaborada por la degradación de materia orgánica por un proceso anaeróbico. En los establecimientos de la institución de la carrera de Ingeniería Petrolera y Gas Natural, se estableció una Planta Piloto que produce Metano, se pudo determinar que el gas producido no tiene una alta presión para ser transferido a otro tipo de recipiente conservador.

El investigador planteo determinar la eficiencia de un compresor, para lo cual fue necesario conocer sobre los tipos de compresores que existen y la forma de trabajo, mediante la información adquirida sobre los compresores se enfocó sobre los Compresores Recíprocantes que trabajan a bajas, medias y altas presiones, según a la cantidad de pistones con la que cuenta el equipo, los Compresores recíprocantes frigoríficos son utilizados para trabajar con gases ya que ayuda a refrigerarlos y disminuyendo la temperatura. Los Cilindros de Acero al Carbón, Aluminio y Tungsteno son materiales capaces de soportar altas Presiones, algunos cuentan con costura de soldadura otras no y son utilizados para el Almacenamiento y compresión de Gases.

Para determinar la eficiencia de un compresor se realizó la simulación de un biogás con gas domiciliario para las pruebas de compresión, se realizó la compra de un compresor recíprocante frigorífico monofásico de un pistón para la succión y aumento de presión al fluido para su compresión, un cilindro de acero al carbón para la respectiva prueba de compresión que es adquirido a partir de los extintores no utilizados en la cual se utilizó para comprimir el metano. Mediante los materiales obtenidos se realizó un diseño para el armado del sistema de succión de biogás, en la que posteriormente se realizó pruebas de compresión con el gas domiciliario como biogás ya que el biogás obtenido por la materia orgánica de bovino cuenta con contaminantes que acompañan al gas obtenido en la cual podría dañar al sistema de succión de Biogás.

Mediante pruebas realizados con el compresor se determinó que el compresor de pistón puede ser adecuado para el sistema de succión y Biogás ya que logro transferir el mayor porcentaje de gas y comprimirlo a altas presión en el cilindro en al que se determinó cuenta más presión hay existe mayor volumen de gas comprimido.

I. INTRODUCCIÓN

El Gas Natural se ha convertido en uno de las energías más importantes a nivel mundial, su uso se ha hecho tan indispensable que cada año las industrias invierten millones de dólares para poder procesarlo y así también poder distribuirlo bajo especificaciones.

Uno de los procesos más valiosos es la compresión del Gas Natural, este proceso se utiliza cuando se requiere el almacenamiento y transporte, la compresión incrementa el nivel energético del Gas, dicho aumento en los niveles de energía se logra mediante el trabajo que ejerce el compresor sobre el fluido.

Los compresores se emplean para aumentar la presión de una gran variedad de gases y vapores para un gran número de aplicaciones. Un caso común es el compresor de aire, que suministra aire a elevada presión para transporte, pintura a pistola, inflamiento de neumáticos, limpieza, herramientas neumáticas y perforadoras. Otro es el compresor de refrigeración, empleado para comprimir el gas del vaporizador. Otras aplicaciones abarcan procesos químicos, conducción de gases, turbinas de gas y construcción.

En los establecimientos de la casa superior de formación, en el tiempo que transcurrió se observó proyectos de emprendimientos que son útiles para la formación profesional de los mismos estudiantes, en este caso nos basaremos en la Planta Piloto de Biogás a partir de estiércol bovino. Varios de los estudiantes al realizar este proyecto aportaron nuevos conocimientos de estudios para su mejoramiento y métodos para la eliminación de contaminantes que hoy en día a un no son factibles.

En el siguiente trabajo se propone determinar la eficiencia de un compresor de pistón para el sistema de succión de metano (Biogás), para esto se requiere conocer el funcionamiento y la capacidad con el que cuenta el equipo, el tipo de recipiente que es utilizado para la compresión de gas, la cual se logra obtener gracias a estudios y bibliografías de diferentes autores.

1.1. ANTECEDENTES.

La compresión de gases es una de las actividades que se realiza a diario, por lo tanto, se crearon compresores de pistón que podían ser utilizados a bajas, medias y altas presiones, para diferentes tipos de fluidos, posteriormente a esto se empezaron a crear nuevos compresores como ser los rotativos, axiales y de paletas para diferentes tipos de actividades que hoy en día son utilizados en industrias tanto Petrolera y de Gases.

El compresor de Gas Natural desempeña un papel fundamental en la industria del Petróleo y gas. Las empresas construyen estaciones 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, los compresores ayudan a mover el gas de un lado a otro. También 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.

Las industrias de compresión se convirtieron en una de las fuentes más importantes en el mundo, ya que cumple el papel de comprimir los gases en cilindros de acero para las distintas actividades que se realizan cotidianamente en hogares y hospitales entre otros, los compresores hoy en día son utilizados tanto en heladeras, ventiladores y talleres mecánicos según al área de trabajo.

En instalaciones de la casa superior UNIBOL GUARANÍ se precedió la construcción de una planta productora de metano, mediante el transcurso del tiempo se empezó a hacer mejoras para eliminar los contaminantes que acompañan a los gases, pero no se tiene un método adecuado para eliminar los contaminantes a gran escala, de este modo tampoco se logró comprimir el gas en recipientes de cilindros.

De tal forma la investigación es llevada a cabo para realizar un sistema de succión de gas que contará con un galón que contenga gas domiciliario para las pruebas, un compresor y el cilindro donde se comprima el fluido. Mediante esta investigación se planea determinar la eficiencia que tendrá el compresor sobre el fluido aumentando la velocidad y la presión de salida del gas por medio de la succión. Mediante pruebas es posible lograr determinar

la compresión de gas y posteriormente adecuarlo para la planta de Biogás ya que se busca el trabajo de poder comprimir el metano en cilindros a presiones altas.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Los problemas que se presentan en la Planta Piloto de Biogás, son debidos a la falta de equipamiento necesario como se conoce el gas producido a partir de la materia orgánica de bovino no cuenta con un tratamiento adecuado para eliminar las sustancias toxicas que causan daños a la atmosfera y seres vivos, el desgaste y corrosión de equipos que trabajan con este gas, tampoco se cuenta con un equipo adecuado para realizar la compresión de que es de vital importancia, ya conociendo los puntos dados, el trabajo de investigación se enfocara sobre el problema de compresión de metano.

El problema que se presenta es la baja presión que produce el metano, en la que no puede ser comprimido a un recipiente de acero a presiones altas ya que las presiones siempre serán iguales, de esta forma se puede observar que no es posible recuperar todo el gas producido solo un porcentaje, esto se debe a que la presión del gas no es lo suficiente mente alto para poder comprimirse ya que la presión del tanque es igual a la presión atmosférica 1 atm y por lo tanto la presión de salida y entrada siempre serán las mismas, en tal circunstancia tampoco se cuenta con el equipo adecuado para realizar la succión del gas y aumentar la presión de entrada a un nuevo recipiente para su compresión.

En instalaciones de la Planta Piloto de Biogás no se cuenta con un equipo para el sistema de succión y compresión, mediante la investigación de trabajo se pretende determinar la eficiencia de un compresor reciprocante con ayuda de una simulación de biogás, y posteriormente adecuarlo para el sistema de compresión de Biogás aumentando su velocidad de salida del tanque y presión de entrada al cilindro para su compresión, por medio del compresor, haciendo que el trabajo mecánico y la energía puedan utilizarse para poder mover el flujo de gas y comprimirlo a altas presiones y recuperando el mayor porcentaje de gas que existe en su entorno.

1.3. OBJETIVOS.

1.3.1. Objetivo general.

- Determinar la eficiencia de un Compresor Reciprocante de pistón para acondicionamiento al sistema de succión y compresión de Biogás en cilindros de acero en instalaciones de la UNIBOL GUARANÍ.

1.3.2. Objetivos específicos.

- Realizar una simulación similar al Biogás fuera de contaminantes con el gas domiciliario para las respectivas pruebas de compresión.
- Seleccionar un compresor reciprocante de pistón y adecuarlo según a la entrada de succión y compresión del mismo para el metano.
- Seleccionar el tipo de cilindro de acero para la compresión del metano, y el respectivo diseño del sistema de succión y compresión de gas.
- Utilizar la simulación de Biogás con gas domiciliario para determinar la efectividad del compresor en la succión y compresión de gas en cilindros.

1.4. HIPÓTESIS.

Mediante el estudio de un Compresor Reciprocante se podrá determinar la efectividad que tendrá este sobre los gases, de tal manera se adecuara para el sistema de succión de metano, por lo tanto, realizara el trabajo de poder comprimir el gas del tanque donde se produjo a un cilindro de acero a presiones altas.

El compresor reciprocante es un compresor de pistón que puede trabajar a altas y bajas presiones, por lo tanto, podrá adecuarse en el sistema de succión y compresión del metano aumentando la presión y la velocidad de salida del fluido del tanque productor de las instalaciones de la Planta al cilindro de acero para su compresión.

1.5. JUSTIFICACIÓN.

1.5.1. Justificación Técnica.

El Biogás es un gas que se produce por un proceso anaeróbico y la presión que tiene dicho Gas es igual a la presión atmosférica de tal forma se puede determinar que no es posible recuperar todo el metano producido en las instalaciones y comprimirlo a un recipiente de cilindro de acero ya que no tiene la capacidad y la presión suficiente para ser comprimido.

El presente trabajo ha permitido al investigador estudiar sobre el compresor recíprocante y adecuarlo para el sistema de succión, para determinar la eficiencia que tendrá el equipo sobre el fluido, contribuyendo con el trabajo mecánico para el aumento de presión y velocidad de salida del tanque donde se establece el metano y aumentar la presión de entrada al cilindro para la compresión a presiones altas, en la que pueda ser manipulable.

1.5.2. Justificación Social.

El gas producido en las instalaciones de la Planta Piloto no cuenta con un sistema de compresión de metano, de tal manera no es posible recuperar el gas que se produjo.

A consistencia de los problemas que determina el metano, el investigador ha realizado un sistema de compresión de Biogás con el compresor de refrigeración, que podrá beneficiar a la Comunidad Universitaria, ya que al momento de producir el metano en la planta esta podrá comprimirse en cilindros de acero, por tanto ayuda a conservar el gas producido, por parte del mismo se podrá adquirir conocimientos sobre el funcionamiento de los compresores y la función que cumplen en el área de compresión de gases que son utilizados en diferentes instancias y diversos trabajos.

1.5.3. Justificación Económica.

Los compresores son adecuados para el trabajo de los gases, que son utilizados para la compresión a altas presiones, por tal motivo estos equipos puedan costar precios realmente altos. En instalaciones de la casa superior se cuenta con una Planta productora de Biogás, pero no con un equipo adecuado para la compresión del mismo.

La investigación ha contribuido en determinar la eficiencia de un compresor para el sistema de compresión de metano que podrá beneficiar a la Planta de Biogás, reduciendo los gastos al adquirir un compresor de alto rendimiento para gases, ya que el compresor recíprocante de refrigeración monofásico que se utiliza, trabaja a bajas y medias presiones y disminuye el ruido al momento de trabajar ya que cuenta con un silenciador, de tal forma lograr comprimir el metano a cilindros de acero de extintor que soportan presiones altas y son menos costosos y pueden utilizarse para la compresión.

II. MARCO TEÓRICO

La compresión de Gas Natural es una de las actividades que se realizan a diario y se emplearon tanto en las industrias gasíferas para engarrafar a altas presión, por lo cual también se convirtió un factor muy importante para poder reinyectar en pozos de la industria petrolera para mejorar la recuperación del Petróleo, los beneficios que ofrece un compresor es transportar el fluido a altas presiones sin que puedan retornar en sentido contrario.

El abastecimiento y utilización de Biogás se da en diferentes niveles de presión. Por tanto, las salidas de la planta deben tener en cuenta los niveles de presión de modo que puedan proporcionar el uso directo, carga de cilindros o incluso la inyección en redes de Gas. (José Souza, 2013)

2.1. COMPRESIÓN DE GAS.

Los compresores son máquinas que tienen por finalidad aportar una energía a los fluidos compresibles (gases y vapores) sobre los que operan, para hacerlos fluir aumentando al mismo tiempo su presión. En esta última característica precisamente, se distinguen de las soplantes y ventiladores que manejan grandes cantidades de fluidos compresibles (aire, por ejemplo) sin modificar sensiblemente su presión, con funciones similares a las bombas de fluidos incompresibles

El Gas Metano (principal componente del Gas Natural Comprimido o GNC.) es uno de los combustibles más requeridos dentro del Estado Plurinacional de Bolivia. El transporte de este gas se realiza mayormente por medio de gasoductos, que van desde los lugares de extracción del gas hacia los distintos centros de consumo. Dichos gasoductos conducen enormes volúmenes de gas y requieren estaciones compresoras y de re compresión para mantener el flujo constante (Bonilla, 2018, pág. 22)

Antes de utilizar el Gas Natural u otros gases es necesario someterlos a un proceso de compresión fin de elevarles su nivel energético. Para realizar este proceso se utiliza compresores, los cuales son máquinas construidas que tiene como finalidad comprimir fluidos en estado gaseoso a determinadas presiones.

El aumento de energía del gas se logra mediante un trabajo que se ejerce sobre el fluido en un compresor. Este incremento se manifiesta por aumento de presión y en la mayoría de los casos por aumento de temperatura.

La compresión de gas natural se puede representar por un proceso termodinámico, inicialmente, el gas se encuentra en un nivel inferior de presión en cantidades prefijadas. Luego se comprime y posterior mente se descarga a los niveles de presión superiores requeridos. Este proceso se repite de manera continua o permanente. (Figuroa, 2015)

El gas natural bajo las condiciones de presión y temperatura normalmente utilizadas para su manipulación siempre está en estado gaseoso. Ello limita la cantidad de energía por unidad de volumen que se puede obtener en un espacio dado para un gas determinado. Lo anterior es uno de los factores que hace costoso el transporte del gas natural por ductos cuando se compara con el transporte de otros energéticos. En general, cuando la demanda a atender es pequeña y la distancia de transporte es larga, los gasoductos pueden no ser la mejor opción de transporte desde el punto de vista económico. En tal caso puede ser viable utilizar la técnica del gas natural comprimido -GNC- para transportar el gas hasta el centro de consumo y luego distribuirlo a los usuarios a través de redes de gasoductos. (CREG)

2.1.1. Uso del gas natural.

La razón por la que se comprime un gas es para elevarlo de un nivel de energía a otro mayor valor mediante el “trabajo ejercido” sobre el fluido de un compresor. El nivel incrementado de energía se refleja en una presión elevada del gas, y conjuntamente una posible temperatura elevada. Esta dependería del equipo instalado que se utilizaría para intercambiar la energía adquirida por el gas con un agente ajeno de enfriamiento. (acadimico Google)

En esta coyuntura el Gas Natural se torna la alternativa más amigable por su facilidad en el uso, su bajo impacto ambiental luego de su combustión y su costo menor en comparación con otros combustibles fósiles. El gas natural tiene diferentes usos y aplicaciones en la industria. Entre estos usos y aplicaciones se encuentran, el Gas Natural distribuido por red (GN), el Gas Natural Vehicular (GNV), el Gas Natural Licuado (GNL), el Gas Natural Comprimido (GNC), el Biogás (BG) y el Gas To Líquidos (GTL).

El GNC en particular es el producto obtenido mediante un proceso de compresión antes de ser transportado y en muchos casos consumido. Los sistemas energéticos requeridos para llevar el GN de línea a ser gas natural comprimido se denominan Unidades de Compresión de Gas Natural (UCGN) y pueden clasificar según su tipo de accionamiento como 2 UCGN accionados con motores eléctricos de media tensión, UCGN accionados con motores de combustión interna y UCGN accionados con turbinas. (Camargo, 2008)

2.1.2. Características del gas.

- **Comprensión.** -Tomando como referencia el tamaño de las partículas de un gas, existe una gran distancia de espacio vacío entre ellas, lo que hace posible su comprensión o compresibilidad, es decir, la reducción o disminución de los espacios vacíos entre sus moléculas; lo cual se logra aumentando la presión y/o disminuyendo la temperatura.
- **Expansión.** -Cuando se calienta una muestra de gas, aumenta la velocidad promedio de sus partículas, las cuales se mueven en un espacio mayor, dando como resultado que todo el gas aumenta su volumen se han expandido.

2.1.3. Razón de flujo (centrífugos).

Flujo Volumétrico a la Entrada. -El mínimo para máquinas convencionales está cercano a 0.17 m³/s (350 pie³/min) real para gases limpios y 0.24 m³/s (500pie³/min) real para gases sucios. El máximo de unos pocos fabricantes está en el rango de 71 a 90 m³/s (150000 a 190000 pi³/min) para el aire y cerca de la mitad de este nivel para gases. Este nivel ha sido alcanzado por arreglos tanto de flujo sencillo como de flujo doble.

Flujo Volumétrico a la Descarga. -El mínimo es ligeramente más bajo que la limitación a la entrada, típicamente entre 0.14 y 0.19 m³/s (300 a 400 pie³/min) real, actuando a condiciones de descarga. El máximo no es significativo.

2.1.4. Presión y temperatura de operación.

Temperatura de Entrada. -Temperaturas de entrada tan bajas como –115°C (–175°F) pueden ser manejadas por diseños convencionales con la selección de materiales adecuados. Para servicios de más bajas temperaturas, debe consultarse a especialistas.

Temperatura permitida de descarga. -Consideraciones de Proceso – Debido a que el funcionamiento del compresor centrífugo es sensible a las restricciones de flujo, el ensuciamiento por polimerización se debe evitar. Esto limita la temperatura permitida a 120°C (250°F) en la descarga a aquellas corrientes ricas en di olefinas y olefinas.

Presión de Descarga. -Los diseños de compresores centrífugos están disponibles comercialmente para presiones de descarga de 38000 kPa man.

5500 psig), y están siendo desarrollados para presiones de 48000 a 62000 kPa man. (7000 a 9000 psig). (Bonilla, 2018)

2.1.5. Proceso de compresión.

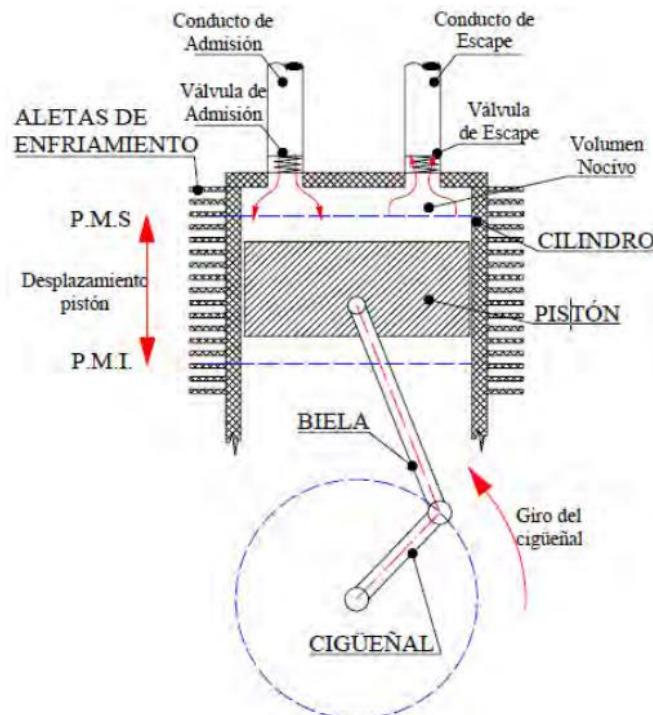
Este proceso se define como la reducción de un volumen de gas dado, por medio de la aplicación de un trabajo necesario para generar la coalescencia de sus moléculas, obteniendo como resultado un cambio de energía manifestada con el aumento en la presión de dicho fluido.

2.1.6. Funcionamiento y ciclo de compresión.

En un compresor de gas de movimiento alternativo el fluido ingresa dentro de la cámara de compresión a una presión P admisión, descargándolo al final del proceso a una presión P escape superior. El proceso de compresión en un compresor a émbolo consta de cuatro etapas, las cuales se describen a continuación (GRAFICO 1).

Las razones por la que se comprime un gas es para elevar el nivel de energía de uno menor a otro mayor, por medio de un trabajo mecánico y energía, la incrementación de energía se puede notar por las presiones altas que ejerce el mismo gas mayor mente esto depende del tipo de compresor que se esté utilizando ya que muchos de estos pueden aumentar la temperatura al momento de transferir la energía.

GRAFICO 1. Función de Compresión.



FUENTE: Bonilla 2018.

1º Ingreso de gas al cilindro. -Ocurre desde el momento en el cual se produce la apertura de la válvula de admisión o A.V.A.

2º Proceso de compresión. -Esta etapa inicia cuando el pistón se encuentra en el P.M.I. Punto Muerto Inferior desplazándose hacia el P.M.S. Punto Muerto Superior, y se prolonga hasta la apertura de la válvula de escape O A.V.E.

3º Egreso del volumen de gas comprimido. -Esta etapa se produce mientras la válvula de escape permanece abierta, es decir entre A.V.E. y C.V.E. En un caso ideal, el C.V.E.

coincidirá con el final de carrera del émbolo de compresión o P.M.S. (Punto Muerto Superior).

4º Expansión sin intercambio de masa. -Este proceso comienza una vez cerrada la válvula de escape O C.V.E. y se prolonga hasta la apertura de la válvula de admisión o A.V.A. (Bonilla, 2018, págs. 28-29)

2.1.7. Compresión isotérmica.

Un proceso isotérmico es aquel en donde la temperatura permanece constante. Este proceso se observa cuando en un pistón que contiene un gas, después de suministrarle calor y producir cambios tanto en la presión como en el volumen su temperatura permanece constante.

Como la energía interna de un gas ideal sólo es función de la temperatura, es decir, la energía interna del sistema se manifiesta por medio de la temperatura; en un proceso isotérmico de un gas ideal la variación de la energía interna es cero ($\Delta U = 0$). De acuerdo con la primera ley de la termodinámica tenemos: $\Delta U = \Delta Q + \Delta W$. Como $\Delta U = 0$, entonces, $\Delta Q = -\Delta W$ En un proceso isotérmico se cumple con la ley de Boyle-Mariotte: $PV = \text{constante}$. Que es una de las ecuaciones características de un proceso isotérmico.

2.1.8. Compresión isotrópica.

Es un proceso de compresión adiabática reversible (isotrópica), es decir sin intercambio de calor con el exterior. Viene a simbolizar el proceso de compresión de la masa fresca en el motor real, en el que el pistón, estando en el punto muerto inferior (PMI), empieza su carrera de ascenso, comprimiendo el aire contenido en el cilindro. Ello eleva el estado termodinámico del fluido, aumentando su presión, su temperatura y disminuyendo su volumen específico, en virtud del efecto adiabático.

2.1.9. Compresión poli trópica.

Una transformación poli trópica es un cambio de estado en el que varían todas las Propiedades (presión, volumen, temperatura, entropía, entalpía, etc.). También en este Proceso existe transmisión o transferencia de calor y para su análisis se lo considera a este proceso como internamente reversible. (Bonilla, 2018)

2.2. COMPRESORES.

Un compresor es una máquina, que tiene la función de incrementar la presión de un fluido mediante el trabajo mecánico y la energía de tal forma consiste en aumentar la presión en fluidos compresibles como ser el aire, el gas.

2.2.1. Definición.

Un compresor es una máquina de fluido que está construida para aumentar la presión y desplazar cierto tipo de fluidos llamados compresibles, tal como lo son los gases y los vapores.

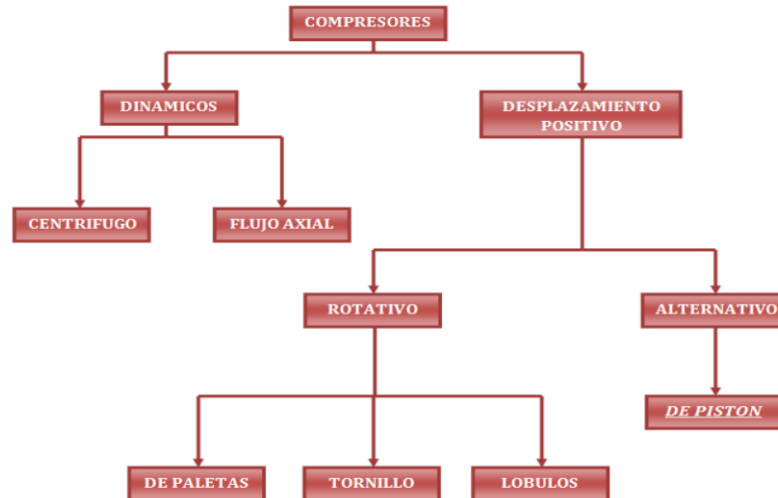
Esto se realiza a través de un intercambio de energía entre la máquina y el fluido en el cual el trabajo ejercido por el compresor es transferido a la sustancia que pasa por él convirtiéndose en energía de flujo, aumentando su presión y energía cinética impulsándola a fluir.

Al igual que las bombas, los compresores también desplazan fluidos, pero a diferencia de las primeras que son máquinas hidráulicas, éstos son máquinas térmicas, ya que su fluido de trabajo es compresible, sufre un cambio apreciable de densidad y, generalmente, también de temperatura; a diferencia de los ventiladores y los sopladores, los cuales impulsan fluidos compresibles, pero no aumentan su presión, densidad o temperatura de manera considerable. (HERNANDEZ, 2012)

La producción de frío se consigue aprovechando el hecho de que los fluidos, en este caso refrigerantes, absorben calor cuando hierven y lo devuelven cuando condensan. En refrigeración interesa quitar calor del recinto frío; y para conseguirlo, el refrigerante debe hervir a una temperatura menor que la temperatura interior de dicho recinto frío (acondicionado). (Procener)

2.3. TIPOS DE COMPRESORES.

GRAFICO 2.Tipos de Compresores.



FUENTE: Hernández 2012.

2.3.1. Compresores dinámicos.

Estos compresores se fundamentan en el principio de impartir velocidad a una corriente de gas y luego convertir esta velocidad en energía de presión. Con frecuencia a estos compresores se les denomina turbocompresores. Las máquinas centrífugas comprenden casi el 80% de los compresores dinámicos. Los compresores centrífugos tienen por lo general muy pocos problemas en el proceso de compresión del gas, y además son confiables para comprimir cualquier tipo de gas.

En este tipo de compresores se tiene: Axiales y Centrífugos

2.3.1.1. Compresores axiales.

Estos compresores se caracterizan, y de aquí su nombre, por tener un flujo axial en forma paralela al eje.

El gas pasa axialmente a lo largo del compresor que, a través de hileras alternadas de paletas, estacionarias y rotativas, comunican cierta velocidad del gas o energía, que después se transforma en presión (P). La capacidad mínima de este tipo de compresores,

viene a ser del orden de los quince metros cúbicos por segundo (m^3/s), utilizan un tambor de equilibrio para contrarrestar la reacción o empuje axial.

Características:

- Gas/Aire libre de aceite.
- Flujo de aire continuo.
- Presiones variables a caudal de flujo fijo.
- Alto caudal de flujo. Presiones moderadas y bajas.

2.3.1.2. Compresores Centrifugos.

En un compresor centrifugo se produce la presión al aumentar la velocidad del gas que pasa por el impulsor y luego al recuperarla en forma controlada para producir el flujo y presión deseada. Estos compresores suelen ser unitarios, salvo que el flujo sea muy grande o que las necesidades del proceso exijan otra cosa. (Bonilla, 2018, pág. 23)

Características:

- El gas o aire sale libre de aceite.
- Un flujo constante de aire.
- Caudal de flujo es variable con una presión fija.
- El caudal es alto a presiones moderadas y bajas.
- Régimen de lubricación es hidrodinámico.
- La lubricación es por aceite de alta calidad. (HERNANDEZ, 2012)

2.3.2. Compresores de desplazamiento positivo.

Son de capacidad constante y tienen descarga de presiones variables. La capacidad se cambia por la velocidad o con el descargador de la válvula de succión. Además, solo hay una pequeña variación en el flujo en una amplia gama de presiones.

2.3.2.1. Compresores rotatorios.

Se denominan compresores rotatorios a aquellos grupos que producen gas o aire comprimido por un sistema rotatorio y continuo, es decir, que empujan el fluido desde la aspiración hacia la salida, comprimiéndolo. (Bonilla, 2018)

Características:

- Silencioso y pequeño.
- Flujo continuo de aire.
- Buen funcionamiento en frío.
- Sensibles a partículas y tierra.
- Fácil mantenimiento.
- Presiones y volúmenes moderados. (HERNANDEZ, 2012)

2.3.2.2. Compresores Reciprocantes.

Los compresores reciprocantes funcionan con el principio adiabático mediante el cual se introduce el gas en el cilindro por las válvulas de entrada, se retiene y comprime el cilindro y sale por las válvulas de descarga, en contra de la presión de descarga. Estos compresores rara vez se emplean como unidades individuales, salvo que el proceso requiera funcionamiento intermitente.

Básicamente un compresor reciprocante está constituido de pistones y cilindros siendo esto por la forma de trabajar lo que le da el nombre. El movimiento es aplicado a un cigüeñal o un equivalente en función y este lo transfiere al pistón o pistones a través de la biela.

Los compresores se clasifican por la cantidad de cilindros como:

1. Mono cilíndrico- un solo cilindro.
2. Polis cilíndricos.
3. Bi cilíndrico- dos cilindros.
4. Tri cilíndrico- tres cilindros.
5. Cuatri cilíndrico- cuatro cilindros.
6. Penta cilíndrico- cinco cilindros.
7. Hecta cilíndrico- seis cilindros Etc.

De acuerdo a la posición de los cilindros, estos se denominan:

- Lineal.
- En V.
- Doble V
- Semi radial.

- Radia

(HERNANDEZ, 2012, pág. 15)

Factores que determinan la capacidad de un compresor recíprocante:

Factores de diseño mecánico- estos son inherentes en el compresor y no se pueden Cambiar.

- Diámetros de los cilindros.
- Recorrido de los cilindros.
- Número de los cilindros.
- Espacio muerto.
- Revoluciones por minutos en los compresores semi herméticos y los herméticos.

Factores de aplicación- estos son los que se pueden cambiar hasta cierto límite.

- La presión de succión.
- La presión de descarga.
- Revoluciones por minutos en compresores abiertos. (HERNANDEZ, 2012, pág. 16)

Clasificación es por su efecto simple, o de efecto doble:

Los de efecto simple. -Baja presión, normalmente usado en talleres para pintar, soplar, inflar neumáticos, operar herramientas neumáticas, etc.

Los de efecto doble. -(Dúplex): Usados para altas presiones en sistemas de compresión de gases a licuados, etc.

Características:

- Ruidoso y pesado.
- Fluido de aire intermitente.
- Funciona en caliente (hasta 220° C).
- Necesita mantenimiento costoso periódico.
- Alta presión con moderado volumen. (HERNANDEZ, 2012, pág. 18)

CUADRO 1. Características de los procesos de compresión.

TIPO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
RECIPROCANTES	<ul style="list-style-type: none"> - Gran flexibilidad en rango operacional. - Maneja mejor caudal a altas presiones. - Menos sensible a cambios en la composición del gas 	<ul style="list-style-type: none"> - Alto costo inicial. - Alto costo de mantenimiento. - Tamaño y peso elevado. - Motores de baja velocidad y alto mantenimiento. - Mayor tiempo de parada.
CENTRÍFUGOS	<ul style="list-style-type: none"> - Menos costo inicial. - Menos costo de mantenimiento. - Menos tiempo parado. - Menor tamaño y masa. - Motores de alta velocidad y bajo mantenimiento. 	<ul style="list-style-type: none"> - Límite inferior de caudal. - Alto costo de potencia del motor. - Sensible a cambios en la composición y densidad del gas. - Rango operativo limitado por golpe de ariete.

FUENTE: Bonilla 2018.

CUADRO 2. Características de los procesos de compresión.

TIPO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
AXIALES	<ul style="list-style-type: none"> - Alta capacidad de flujo. - Mayor eficiencia. - Menor tamaño físico y menor peso. - Más fáciles de manejar en paralelo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Sistemas de control de flujo y Anti-surge más complejos y costosos. - Límites de presión más bajos. - Principalmente diseñado para manejo de aire o gases limpios no corrosivos.
CENTRÍFUGOS	<ul style="list-style-type: none"> - El control de flujo es simple, continuo y eficiente en un alto rango. - Menos costosos. - Pueden manejar suciedad, erosión y gases corrosivos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Menos capacidad de flujo. - Menor eficiencia. - Mayor tamaño y peso.

FUENTE: Bonilla 2018.

2.4. ALMACENAMIENTO DE GAS.

Los almacenamientos de gas o GLP son cilindros de acero al carbón, aluminio, carburo de tungsteno que no tienen costura, están diseñados para llenados iguales o superiores a 200 bar, en ocasiones este tipo de gases se pueden llenar en cilindros con costura cuando la presión de llenado es baja como es el caso del gas propano, son diseñados para este tipo de fluidos la cual sirve para poder almacenar una gran cantidad de los gases, a altas presiones y que puedan ser transportados a diferentes lugares.

En el mundo competitivo de hoy existen compañías que manejan el GLP, entre ellas tenemos a AGIP, REPSOL, SHELL, MÓBIL, TEXACO, como las de mayor popularidad en el ámbito mundial, quienes para lograr la eficiencia en el mercado han recurrido una serie de estrategias como la formación de Holding. (ZAPATA, 2008)

2.4.4. Recipientes contenedores de GLP.

2.4.4.1. Recipientes.

(F., 2003) señala que los “Contenedores a presión, diseñados, construidos y autorizados para almacenar y/o transportar Gases Licuados de Petróleo (GLP). Deben considerarse para el diseño, las temperaturas máximas que sean propias de las variaciones climáticas de la zona geográfica donde serán utilizados.

2.4.4.2. Cilindros.

Son recipientes herméticos, transportables, de capacidad no mayor de 120 litros de agua y de una altura máxima de 1,5 mts construidos de acuerdo con las especificaciones de las Normas Técnicas Vigentes.

2.4.4.3. Capacidad del cilindro.

La capacidad de un cilindro, cuando se especifique de otra manera, se referirá al volumen de agua, en estado líquido, que pueda contener a la temperatura de 15,6 °C (60 °F)”. (NORMA CONVENIR 649 1997).

2.4.5. Cilindros para GLP.

2.4.5.1. Definición.

Son recipientes portátiles fabricados con planchas de acero al carbono que sirven para contener GLP cuyo peso y dimensiones facilitan la carga, el traslado e instalación manualmente. Se tienen cilindros de diferentes capacidades de almacenamiento de GLP, entre los cuales están los de 3 Kg, 5 Kg, 10 Kg, 15 Kg y 45 Kg. (Jesus David Elias Garcia, 2020)

2.4.5.2. Partes de un cilindro.

Válvula de paso semiautomática:

Su función es permitir el ingreso y salida de GLP. La válvula de paso se apertura si se coloca un accesorio. Partes de la válvula de paso de un cilindro:

- Pin (con asiento de jebe).
- Resorte.
- O 'ring o retén (sello, anillo de jebe).
- Válvula de seguridad.
- Popet o asiento de neopreno.

En la actualidad se manejan 2 tipos de válvulas de paso para cilindros con capacidad de 10 Kg: Fisher y Premium.

1. **Válvula Fisher:** Es la más usada en el mercado peruano, tiene un diámetro de 35 mm. También es denominada comúnmente "válvula normal".

GRAFICO 3. Válvula Fisher.



FUENTE: Osinergmin.

2. **Válvula Premium:** Tiene un diámetro de 20 mm, este tipo de válvula representa mayor seguridad para el usuario, esto se debe a que la junta de estanqueidad (Oring) tiene mayores dimensiones que la válvula Fisher, evitando así que se quiebren y por lo tanto se produzca alguna fuga de GLP.

GRAFICO 4. Válvula Premium.



FUENTE: Osinergmin.

3. **Válvula de seguridad.** -Elemento semiautomático (incorporado en la válvula de paso). Su función es aliviar el exceso de presión ejercida por el GLP dentro del cilindro.

4. **Cuerpo del cilindro.** -Conformado por un casquete superior e inferior, unidos por una soldadura circunferencial.
5. **Asa del cilindro.** -Parte del cilindro que da la protección a la válvula y además facilita el transporte manual.
6. **Base de cilindro.** -Base cilíndrica soldada al fondo del cuerpo del cilindro (casquete inferior), la cual brinda soporte y sostenibilidad vertical al cilindro. (Jesus David Elias Garcia, 2020)

GRAFICO 5. Cilindro para GLP de 10Kg.



FUENTE: Osinergmin.

2.4.5.3. Revisión periódica y mantenimiento de cilindros.

La revisión a que deben someterse los cilindros para gas licuado de petróleo, las cuales se deben llevar a cabo cada vez que estos cumplan un periodo de 7 años de servicio, o un periodo menor, cuando por razones técnicas así se requiera. El proceso de revisión periódica, siempre involucra operaciones de mantenimiento menor al mantenimiento mayor dependiendo del estado del cilindro. Dichas operaciones se especifican en la Norma Convenir 3454 (LEONARDO PAUL GUERRERO ESPINEL, 2014, pág. 345).

2.4.6. Clasificación de gases por su propiedad física.

Los gases almacenados en cilindros se distribuyen en tres categorías en donde cada categoría está determinada por el estado del producto en el respectivo cilindro a una temperatura promedio de 15°C. Esta clasificación es la siguiente:

2.4.6.1. Gases Comprimidos o Gases a Presión.

Los gases del aire tales como oxígeno (O₂), nitrógeno (N₂) y argón (Ar) y algunas mezclas de gases se envasan en estado gaseoso en cilindros de acero al carbón y de aluminio a través de procesos de compresión. La presión típica de llenado para los gases del aire es de 200 bar a temperatura ambiente en países como Colombia, cabe resaltar que este tipo de gases pueden envasarse a presiones mayores dependiendo de la presión de trabajo a la que esté diseñado el cilindro y el sistema de llenado (ejemplo: 300 bar).

2.4.6.2. Gases Condensados o Gases Licuados.

Este tipo de gases se mantienen en estado líquido a temperatura ambiente y presión elevada, como por ejemplo el propano, el dióxido de carbono líquido (CO₂) y el óxido nitroso (N₂O). La presión típica de llenado para el propano es de 7 bar y para el dióxido de carbono y el óxido nitroso es de 50 bar a temperatura ambiente. Los términos condensados, gases líquidos y gas licuado son sinónimos.

Al igual que para el llenado de gases comprimidos se utilizan cilindros de acero al carbón; acero-tungsteno o aluminio los cuales no tiene ningún tipo de costura puesto que están diseñados para llenados iguales o superiores a 200 bar, en ocasiones este tipo de gases se pueden llenar en cilindros con costura cuando la presión de llenado es baja como es el caso del gas propano.

2.4.6.3. Gases Disueltos.

Los gases disueltos son aquellos en que el gas se disuelve en un fluido. El acetileno (C₂H₂) es el único gas disuelto común. Debido a la inestabilidad de este gas es necesario que éste se disuelva en un solvente, generalmente acetona para luego ser ingresado en el cilindro el cual está contenido totalmente por una masa porosa para contener el solvente y el gas. Los cilindros que se usan para este tipo de gas son cilindros de acero al carbón con costura ya que la presión de llenado de este gas es de 20 bar como máximo promedio; además de estar contenido totalmente por una masa porosa que acumula el solvente y el gas en su interior como se describió anteriormente, es por esta razón que por lo general los cilindros usados para llenado de acetileno son llamados acumuladores.

2.4.7. Clasificación de gases por su propiedad Química.

2.4.7.1. Gases Inflamables.

Los gases inflamables son aquellos que pueden arder en condiciones normales de oxígeno en el aire. Al igual que con los vapores de líquidos inflamables; los gases inflamables se comportan bajo mismas condiciones de inflamabilidad y temperatura; cualquier gas inflamable, entrará en combustión únicamente dentro de los límites de inflamabilidad o combustibilidad referentes de cada gas según sea la mezcla entre el gas y el aire y a una temperatura específica necesaria para iniciar la ignición la cual se denomina temperatura de ignición.

2.4.7.2. Gases No Inflamables.

Los gases no inflamables son aquellos que no arden bajo ninguna concentración de aire u oxígeno. Estos gases se dividen en dos ramas llamadas Gases Oxidantes y Gases Inertes.

Los gases oxidantes tales como el oxígeno (O₂) o mezclas que contengan oxígeno logran avivar la llama en una situación de ignición; es decir, este tipo de gases si bien no son los generadores de llama si logran mantener la combustión de otras materias. Dentro de estos gases se encuentran el oxígeno (O₂) y el óxido nitroso (N₂O), ambos usados principalmente en el sector medicinal y en segunda medida, aunque no menos importante en el sector industrial.

2.4.7.3. Gases Tóxicos.

Los gases tóxicos son aquellos que pueden representar cierto riesgo para las personas si se liberan en la atmósfera. En ésta categoría se incluyen los que resultan venenosos o irritantes al inhalarlos o al entrar en contacto con la piel, tales como el cloro (Cl), el sulfuro de hidrógeno, el amoníaco y el monóxido de carbono (CO) entre otros. La presencia de tales gases puede complicar seriamente las medidas de lucha contra incendios si los bomberos están expuestos a su acción.

2.4.7.4. Gases Reactivos.

Este tipo de gases son aquellos que reaccionan con otras materias o consigo mismo produciendo cantidades de calor o productos de reacción potencialmente peligrosos mediante una reacción distinta de la combustión y bajo condiciones de iniciación razonablemente previsibles (calor, impacto, etc.). Como ejemplo podemos mencionar el

flúor que reacciona con prácticamente todas las sustancias orgánicas e inorgánicas produciendo generalmente llamas. También el cloro y el hidrógeno pueden reaccionar generando llamas. Otros gases reaccionan consigo mismos ante el calor o impacto, incluida la exposición de sus recipientes al fuego, produciendo cantidades de calor y liberación de energía, se encuentran el acetileno, el propendiendo, y el cloruro de vinilo; estos gases se encuentran generalmente en recipientes mezclados con otras sustancias para estabilizarlos evitando posibles reacciones y así poder brindar seguridad en su transporte entre otras actividades. (PAZ, 2015).

2.4.8. Especificaciones de los cilindros.

2.4.8.1. Materiales de los Cilindros.

- Cilindros de alta presión para gases comprimidos: son los envases de acero de calidad especial, fabricados sin uniones soldadas y tratados térmicamente para optimizar sus propiedades de resistencia y elasticidad.
- Cilindros en aluminio, acero inoxidable o acero carbono para gases de soldadura, según la NTC 1672

2.4.8.2. Accesorios de los Cilindros.

- a) **Válvula.** -Cada cilindro tiene una válvula especial y distinta dependiendo del gas que contenga, que permite llenarlo, transportarlo sin pérdidas y vaciar su contenido en forma segura; además de ser un medio eficiente y seguro de inyección del flujo de gas dentro de un sistema. No son para controlar la presión. Están hechas normalmente en forma de ángulo recto lo cual permite colocarle un tapón de seguridad. Las siguientes son los tipos de válvulas más utilizadas en la industria de gases:
 - RPV: Válvula de Presión Residual, es una válvula que contiene una NRV (Válvula anti-retorno) o un dispositivo tipo MPR (Retención de presión mínima) para evitar que un cilindro se vacíe totalmente en las instalaciones de un cliente y que brinda protección contra el contraflujo.
 - RV: Válvula anti-retorno, evita positivamente el contraflujo y detiene el flujo cuando la presión del cilindro cae a un valor de ajuste por encima de la presión aguas abajo, manteniendo así una presión residual en el cilindro. Empleado generalmente en cilindros con productos de gases especiales.

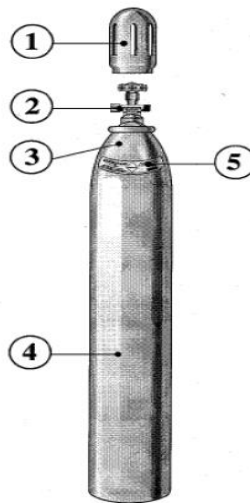
- Integrada: Válvula integrada presente en algunos cilindros medicinales. Este tipo de válvula se denomina integrada puesto que posee el mecanismo de entrada y salida de gas junto con un manómetro y un regulador todo integrado.
 - Válvula CGA: Siglas de la Compressed Gas Asociación, Inc. Asociación técnica sin fines de lucro de EUA, que promueve estándares y procedimientos de seguridad para la producción, almacenamiento, transporte y uso de gases comprimidos. Siglas también comúnmente usadas para referirse a los tipos de conexiones de salida de válvulas de cilindro.
- b) Regulador de presión.** -es un dispositivo mecánico que permite disminuir la elevada presión del gas en el cilindro, hasta la presión de trabajo escogida y mantenerla constante. Cada regulador está diseñado para un rango de presiones determinado y para un tipo de gas específico. Es importante hacer la selección del equipo adecuado para cada aplicación.
- c) Manómetro.** -instrumento que indica la presión a través de un mecanismo sencillo de fuelle y relojería. perteneciente al regulador, generalmente cada regulador cuenta con dos manómetros.
- d) Flujo metros.** -es un instrumento también incorporado al regulador de forma muy especial ya que se deben calibrar para trabajar a una presión de 50 psi e indica el caudal de gas entregado. (PAZ, 2015)

2.4.9. Partes de un tanque de almacenamiento.

El tanque de almacenamiento consta de cinco partes (Grafico 6):

1. **Gorro/ Tapa de protección de la válvula.** -La función principal de este elemento es la protección de la válvula de seguridad contra golpes que puedan dañar dicha válvula.
2. **Válvula.** -Este aparato debe poseer dispositivos de seguridad en contra de repentinos aumentos de presión debido al aumento de temperatura, para evitar la fuga del gas.
3. **Cuello del tanque.** -parte que posee mayor espesor, es en donde debe ir inscrito o estampado el número de identificación del cilindro.
4. **Cuerpo del tanque.** -de menor espesor que el cuello, es la parte más larga del tanque.
5. **Etiqueta de identificación del gas.** -Debe indicar el nombre del gas, así mismo su símbolo químico y su clasificación. (WILMER ERNESTO LINARES RIVERA, 2017, pág. 92)

GRAFICO 6. Partes de un cilindro de almacenamiento.



FUENTE: (NEO-05)

2.4.10. Clasificación de los colores según el peligro.

Cuando se trate de una mezcla de gases, el nombre comercial de la mezcla o sus componentes debe ir pintado en la ojiva. El color del cuerpo de la botella es el correspondiente al grupo al que pertenece el gas mayoritario en la mezcla. (Idi PAZ)

Las botellas disponen de una tulipa o capuchón protector del grifo de salida, que es la parte más débil de la botella, evitando su deterioro por golpes o caídas durante el transporte, almacenamiento o utilización.

El nombre del gas que contiene se graba en la ojiva de la botella, que es la parte superior redonda de esta, y en ella se coloca también, la etiqueta en la que figuran, entre otros datos, las características principales del gas, así como las principales medidas a tener en cuenta para su utilización segura.

Se pintan de distintos colores, según el gas o mezcla de gases que contienen, de acuerdo con las especificaciones del citado reglamento, con el fin de proporcionar una rápida información sobre su contenido. (Jose Avelino Espeso Santiago, 2007)

El cuerpo de la botella depende mucho del grupo de gases que ha contenido, se pintará según lo especificado, las empresas podrán utilizar según a las especificaciones.

GRAFICO 7. Clasificación de los colores según el gas.

COLORES DE IDENTIFICACIÓN DEL CUERPO DE LA BOTELLA	
<i>Grupo</i>	<i>Color</i>
1. Inflamables y combustibles	Rojo
2. Oxidantes e inertes	Negro Gris
3. Tóxicos y venenosos	Verde
4. Corrosivos	Amarillo
5. Butano y propano industriales	Naranja
6. Mezclas industriales*	<i>(Ver punto siguiente)</i>
7. Mezclas de calibración**	Gris plateado

* *Mezclas industriales:* aquellas mezclas que por su volumen de comercialización y su aplicación tienen el mismo tratamiento que los gases industriales.
** *Mezclas de calibración:* Mezclas de gases, generalmente de precisión, utilizados para calibración de analizadores, para trabajos específicos de investigación u otras aplicaciones concretas que requieran especial cuidado en su fabricación y utilización.

FUENTE: Botella de gas.

2.4.10.1. Peligro y riesgo en general.

Los gases comprimidos son suministrados en cilindros transportables para amplia variedad de usos, de los cuales los más comunes son los procesos de soldadura y cortes. También pueden ser utilizados para calentar y una serie de otros usos especiales. También están codificados con colores en función de sus características: (ABB, 2014)

CUADRO 3. Norma NTP 399-014-1974.

Según la NTP 399-014-1974

GAS	COLOR
Acetileno	Rojo
Anhídrido carbónico	Aluminio
Argón	Marrón oscuro
Aire	Negro
Etileno	Violeta
Helio	Marrón claro
Hidrógeno	Amarillo-ocre
Nitrógeno	Amarillo
Oxígeno	Verde
Argón con anhídrido carbónico	Cuerpo y tapa: Marrón oscuro Hombro: Aluminio

FUENTE: Requerimiento de seguridad. (2014).

III. MARCO METODOLÓGICO.

3.1. UBICACIÓN.

El presente trabajo es desarrollado en las instalaciones de la Casa Superior de Estudio Unibol Guaraní “APIAGUAKI TUPA” La cual está ubicado en la Comunidad de Ivo, Municipio de Machareti en la Provincia Luis Calvo – Chuquisaca.

GRAFICO 8. Ubicación.



FUENTE: Google Earth.

CUADRO 4. Coordenadas UTM.

UBICACIÓN GEOGRÁFICA					
DEPARTAMENTO		CHUQUISACA			
MUNICIPIO		MACHARETI			
COMUNIDAD		IVO			
GEOGRÁFICAS			UTM		
LATITUD	-20.451184°	ESTE	455315.00 m	ZONA	20
LONGITUD	-63.425490°	NORTE	7738601.00 m	HEMISFERIO	SUR

FUENTE: Elaboración propia.

3.2. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN.

De acuerdo a los diferentes conceptos de investigación, se ha demostrado que esta investigación tiene un enfoque Cualicuantitativo en la que se realizó el cálculo para cuantificar la cantidad de volumen de metano extraído del reservorio al cilindro, la descripción del compresor recíprocante monofásico de pistón que se adecuó para el sistema de compresión de biogás y la eficiencia del mismo a presiones altas.

Se pudo cuantificar la cantidad de metano comprimido en el tiempo de transferencia, la presión que marcaba y el volumen de fluido extraído, se describió el sistema de compresión según a proceso de pruebas y los cálculos realizados.

3.3. TIPO DE INVESTIGACIÓN.

El presente trabajo de investigación fue de carácter Exploratorio, debido a que el sistema de succión de metano se construyó caseramente para determinar si el compresor puede realizar el trabajo de comprimir el fluido en cilindros de acero, por tanto, nos demuestra que un compresor frigorífico monofásico puede ser empleado para aumentar la velocidad de salida de un gas y aumentar la presión de entrada al recipiente para su compresión, dicha exploración nos determina que es posible implementarlo para el sistema de succión y compresión de Biogás.

3.4. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.

El diseño de investigación es considerado Cuasi Experimental, ya que se realizó el estudio sobre los diferentes tipos de Compresores Recíprocantés y la implementación para el sistema de succión y compresión de metano, para determinar la eficiencia del equipo sobre el fluido, mediante el trabajo realizado el compresor frigorífico pudo adecuarse para la compresión del metano en el cilindro de acero, ya que por medio del manómetro se pudo determinar que dentro del cilindro existe un volumen de gas comprimido a alta presión.

3.5. VARIABLES.

3.5.4. Definición de variables

- **Variable independiente.** - variable independiente es la variable o característica que se controla en un experimento científico.
- **Variable dependiente.** - variable dependiente, en cambio, es el valor que se mide o se espera conocer en un experimento.

CUADRO 5. Variables dependientes e independientes.

VARIABLES	FACTORES	DESCRIPCIÓN
Independiente	T, V, P	Temperatura y presión de salida del gas y la cantidad de fluido almacenado en el recipiente y almacenamiento de gas.
Independiente	E, W	El transporte del fluido depende de la capacidad del trabajo y la energía del compresor.
Dependiente	armado de la succión y compresión	Para transportar el gas a un recipiente depende mucho del tipo de materiales se está utilizando y el armado del equipo.
Dependiente	compresión del metano	Para la compresión del fluido de gas en un recipiente de acero, dependerá mucho del compresor, y la capacidad de trabajo, y la cantidad de volumen de gas que existe.

FUENTE: Elaboración propia.

3.6. SUJETO, UNIVERSO Y MUESTRA.

- El universo fue en la comunidad universitaria.
- La muestra de la investigación se realizó en establecimientos de la universidad.
- El sujeto es la compresión de gas a un cilindro de acero para la respectiva compresión mediante un compresor frigorífico.

3.7. MATERIALES.

Para llevar a cabo la siguiente investigación y la recolección de los datos se utilizaron los siguientes materiales:

3.7.1. Materiales que se utilizaran para la investigación.

- Computadora para la elaboración de la tesis.
- Internet para recopilar información sobre el tema.
- Material de escritorio para la impresión de la Tesis.
- Textos guía para aumentar conocimiento de la temática.

3.7.2. Materiales de redacción.

- Lápiz
- Hojas bon
- Lapicero

3.7.3. Materiales de campo.

Los materiales que se utilizaron para él realizar un sistema de compresión de gas.

- Compresor de pistón.
- Energía eléctrica
- Cilindro de acero de 2 litro o Kg.
- Manómetros.
- Válvula metálica de 1/4" bola de entrada y salida.
- Codo T metálica de 1/2"x 1/4"
- Enrosque de entrada hembra y macho de 1/2".
- 4 abrazaderas.
- Manguera de gas domiciliario de 2 mts.
- Adaptadores para manguera de cocina con entrada hembra.
- Enrosque macho de 1/2" x entrada hembra de 1/4".
- Tubo de 1/2" PVC.

- Válvula de PVC de ½", Codos de ½".
- Galón de 20 litros.
- Spray negro.
- Adaptadores PVC y teflón.

3.7.4. Materiales de acopio al trabajo.

- Desarmadora plana.
- Llave cresen, Stilson.
- Llave 12 y 14.

3.8. TÉCNICAS E INSTRUMENTACIÓN DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Para llevar a cabo la recolección de datos de la presente investigación se realizó:

- Consultas bibliográficas y videos para realizar un diseño óptimo de un compresor adecuado para gas.
- Conocer las presiones del Biogás de la UNIBOL GUARANÍ y consulta a los encargados de la Planta para realizar una simulación de metano idéntica.
- Cálculos de presiones y volúmenes del tanque donde se encuentra el metano hacia el recipiente de compresión.

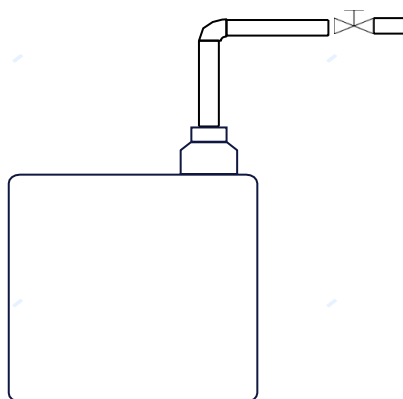
3.9. PROCEDIMIENTOS.

3.9.1. Características de una simulación de Biogás.

Para las características del Biogás casero, se tomó en cuenta las condiciones del Biogás que se tiene en las instalaciones de la universidad en este caso se utilizó gas domiciliario como el Biogás para las respectivas pruebas de simulación y de compresión.

- **Diseño de un simulador de un Biogás.** -para el diseño de un Biogás se tomó en cuenta las características con las que cuentan la Planta Piloto de la Universidad, para lo cual se utilizaron materiales de PVC, válvulas de seguridad y las respectivas conexiones para el llenado de gas.

GRAFICO 9. Diseño de simulación de Biogás



FUENTE: Elaboración propia.

- **Construcción de una simulación de Biogás.** -para la simulación y construcción se utilizó un galón de 20 lts, válvula de entrada y salida de gas de ½ plg, tubos, codos y acoples de PVC de ½ plg, y para asegurar que no viera fugas agua con detergente.

3.9.2. Operación para la construcción de un simulador.

Para llevar a cabo la construcción de la simulación se utilizó materiales que contribuyeron en la construcción del simulador de Biogás pequeño

3.9.2.1. Conexiones de 1/2plg.

Para la investigación se utilizó reductores, acoples, codos y válvulas de ½ plg que fueron necesarios para a ser la simulación similar al Biogás que se tiene en el establecimiento, que cumpla las características similares a la Planta de productora de metano.

GRAFICO 10. Acoplamiento de partes para la simulación.



FUENTE: Elaboración propia.

3.9.2.2. Materiales secundarios de acopio para la construcción.

Para el armado de la simulación de Biogás fue necesario contar con materiales de acopio para terminar el equipo, el spray se utilizó para el pintado del galón de color negro, el teflón para asegurar bien las conexiones, adaptadores y sean más seguras, una terminal este material tubo la función del traslado del gas domiciliario con ayuda de mangueras de gas, por donde el fluido transito hasta llegar a la fuente conservadora de simulación de metano.

FIGURA 1. Materiales para la transferencia de fluido



FUENTE: Elaboración propia.

3.9.2.3. Galón de 20 Litros, bolsas plásticas.

La función del galón fue almacenar el gas domiciliario a una presión atmosférica, mediante el uso de mangueras se logró transferir el gas hasta el recipiente, también se utilizó una bolsa plástica para que al introducirse el gas esta no pueda mezclarse con el aire que hay dentro del recipiente.

GRAFICO 11. Construcción de la simulación de Biogás.



FUENTE: Elaboración propia.

3.9.2.4. Armado de la simulación de Biogás.

En este punto se realizó el respectivo armado del equipo con los materiales mencionados anteriormente se empezó a armar el simulador de Biogás, en la que incluían las respectivas pruebas para determinar si existía alguna fuga, posteriormente se empezó el llenado de Gas Domiciliario mediante mangueras para las pruebas de compresión a un nuevo recipiente, en esta simulación se tomó en cuenta dos parámetros para las pruebas uno que el recipiente tenga solamente gas, y el segundo que el recipiente tenga 50% de gas y el otro porcentaje un líquido (agua), esto referente al Biogás que nos determina que el 50% es gas y el otro 50% materia orgánica.

GRAFICO 12. Simulación de un Biogás.



FUENTE: Elaboración propia.

3.9.3. Tipo de compresor.

Para la compresión de gas se estudió sobre los equipos de compresión de gas, mediante el conocimiento adquirido se determinó que la mayoría de compresores trabajar con gases, tanto rotativos, axiales, de paletas y reciprocantes, en este punto se enfocó más sobre el compresor reciprocante que se acondiciono para la succión de gas.

3.9.3.1. Compresor reciprocante frigorífico.

El compresor reciprocante de refrigeración es considerado monofásico por lo que trabaja con un solo pistón una biela, manivela y un rotor interno, en muchos casos estos no emiten ruido al momento de trabajar y es debido a que cuentan con un silenciador, su uso es tan indispensable que trabajan en un ciclo con el gas R-134^a o butano, es utilizado para heladeras, refrigeradores, son lubricados con aceites para prevenir el desgaste del equipo y mejorar el trabajo.

El investigador realizo la compra del compresor de refrigeración, que se obtuvo de los refrigeradores en mal estado, se empezó adecuarlo para el gas, y posteriormente a esto se conectó un enchufe para que la energía funcione directamente con el equipo, se introdujo un nuevo lubricante para que pueda funcionar correctamente, también se cortó las partes

por donde circulaba el gas R-134^a con el que trabajaba el compresor adecuándolo para el gas con el que se trabajara metano.

GRAFICO 13. Compresor alternativo de un pistón de refrigerador.



FUENTE: Elaboración propia.

CUADRO 6 Características de un compresor recíprocante Embraco.

N°	CARACTERÍSTICAS DEL COMPRESOR	
1	Marca	Embraco
2	Modelo	EGAS80HLR
3	Tipo	Compresor recíproco
4	Tipo de tecnología	Encendido-apagado
5	Desplazamiento	6.36cm ³
6	Compresor de enfriamiento	Estático/no controlado/220
7	Elemento de control	Tubo capilar
8	Refrigerante	R-134a
9	Potencia	1/4hp
10	Voltaje y frecuencia	220-240 V/50Hz
11	Rango de temperatura de evaporación	35°C a -10°C
DATOS ELÉCTRICOS		

1	Tipo de motor	RSIR
2	Par de arranque	LST
3	Amperaje de carga nominal(RLA) a 50Hz	0,89A
DATOS MECÁNICOS		
1	Configuración al tipo de aceite	ESTER
2	Tipo de aceite Viscosidad	ISO10
3	Peso	9,54 Kg
4	Origen	Brasil

FUENTE: Elaboración propia.

3.9.3.2. Adecuación del compresor para metano

Para que el equipo pueda ser adecuado en el trabajo de compresión de gas se observó las cualidades que tenía y las condiciones en la que contaba el equipo, de esta forma se adecuó en al sistema de succión y compresión para el gas.

3.9.3.3. Caudal del compresor.

Para determinar el caudal de trabajo del compresor se realizó un cálculo por la ecuación de Darcy Weisbach donde $Q=V/t$, que contaba en comprimir el aire aun recipiente cilíndrico de volumen definido el tiempo establecido y la presión que marcaba, mediante la fórmula se pudo obtener el caudal de trabajo del compresor que marco 0.192 lts/seg.

DATOS.

$V= 2\text{Lts}$, $D=11\text{cm}$, $L=30.2\text{cm}$, $t=1.48\text{min}$, $P=4.2\text{ Bar}$.

- Determinar el volumen del recipiente

$$V = \frac{5,5\text{cm} \times 5.5\text{cm} \times 3.1416 \times 30.2\text{cm}}{1000} = 2.87 \text{ Litros}$$

- Determinar el caudal del compresor.

$$Q = \frac{V}{t}$$

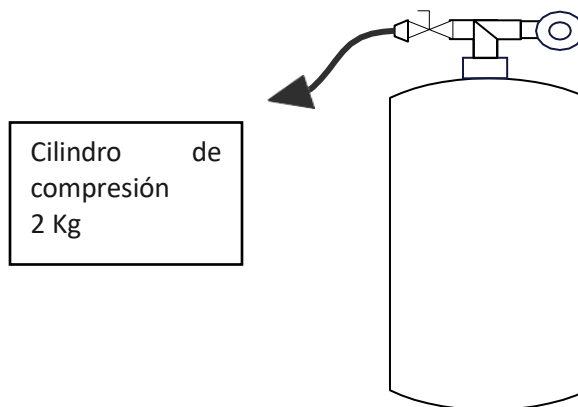
$$Q = \frac{2.87 \text{ Litros} \times 6.1 \text{ Bar}}{1.52 \text{ min}} = 11.52 \text{ Litros/min}$$

$$\frac{11.52 \text{ Litros}}{\text{min}} = \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ seg}} = \frac{0.192 \text{ Litros}}{\text{seg}}$$

3.9.4. Recipiente de compresión para el metano.

Para comprimir el metano en un recipiente se buscó un material que pueda optar con las características de un cilindro similares al de una garrafa o que pueda soportar altas presiones y volúmenes, por tanto, se optó por el cilindro de carbón o aluminio.

FIGURA 2. Almacén de compresión de Biogás.



FUENTE: Elaboración propia.

El investigador optó por el recipiente de acero inoxidable de extintor de 2 kg ya que según investigaciones realizadas nos determinó que soporta presiones no mayores a 27 Bar por lo cual podemos determinar que la presión del metano no es lo suficientemente alto, también se optó ya que el gas (Biogás) producido no cuenta con un gran volumen en su interior, esto es debido a que el equipo es pequeño y produce una mínima cantidad de metano, por tal motivo se pudo determinar que la presión del gas es igual a la presión atmosférica que se muestra en el manómetro y la consulta al encargado de la Planta de la UNIBOL GUARANÍ, una de las cosas que se buscó en la investigación fue de comprimir el gas a presiones altas, y alto volumen dentro del cilindro.

FIGURA 3. Recipiente de compresión.



FUENTE: Elaboración propia.

3.9.4.1. Materiales que forman parte del almacén para la compresión.

Para poder comprimir el gas (Biogás) se utilizó materiales de acero esto se hizo para prevenir cualquier tipo de riesgo a diferencia de los de PVC y las normas que se establecen la UNE para el llenado de un gas a un recipiente los materiales que forman parte del equipo son:

- Válvula de acero de $\frac{1}{4}$ plg que tiene la función de hacer pasar el gas más conocido como llave principal de reten del gas.
- Manómetro utilizado para determinar la cantidad de gas que se está acumulando en el cilindro.
- Adaptador de acero de $\frac{1}{4}$ plg hembra X $\frac{1}{2}$ plg macho el trabajo de este material fue unir al recipiente de compresión con la fuente de entrada y salida del gas.
- T de acero como se mencionaba anteriormente que es adecuada a la válvula, al manómetro y al cilindro de acero.

GRAFICO 14. Partes para el almacén de Biogás.



FUENTE: Elaboración propia.

3.9.4.2. Armado del equipo para la compresión del gas.

El armado del equipo se realizó por partes, para determinar si existen fugas al momento de comprimir el gas, con el teflón y materiales de trabajo se llevó a montar primero el cilindro, el adaptador, T de acero, manómetro y la válvula, en la cual se realizó pruebas.

- Se realizó pruebas para verificar si existía fugas de gas en el cilindro de acero, se comprimió aire, se echó agua con detergente para ver si existía fugas.
- El pintado del almacén de gas fue de color rojo y por debajo un color negro esto se debe a las especificaciones que debe enmarcar nuestro gas, el color rojo determina que se está trabajando con un gas o combustible explosivo, esto es realizado para que las personas puedan ver el tipo de gas que tiene cargado el cilindro.

GRAFICO 15 Almacén de gas.

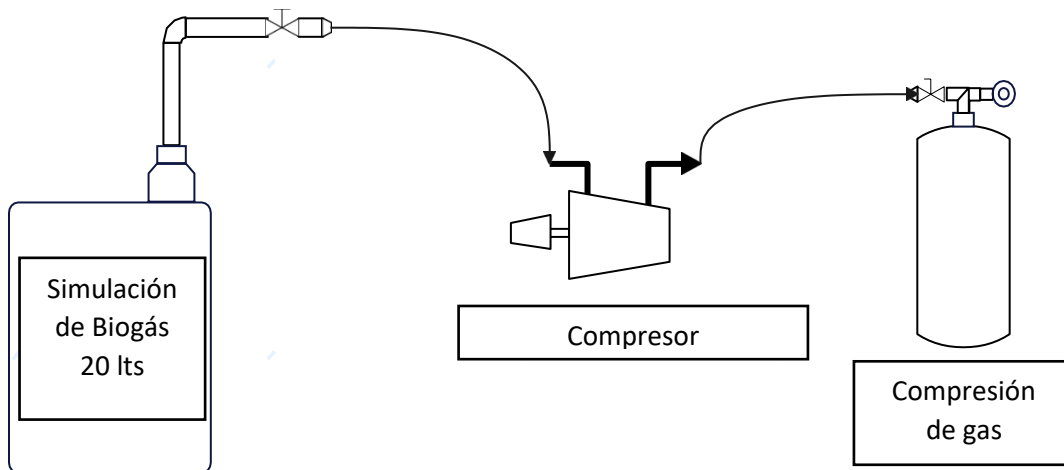


FUENTE: Elaboración propia.

3.9.5. Diseño del sistema de succión y compresión de metano, y pruebas de compresión.

Se empezó a unir el simulador de gas (biogás), el compresor y el cilindro de acero para la compresión, las mangueras y abrazaderas son utilizadas para transferir el fluido para su respectiva compresión, como se muestra en el diseño.

GRAFICO 16. Diseño del sistema de succión y compresión.



FUENTE: Elaboración propia.

GRAFICO 17. Conexión del equipo.



FUENTE: Elaboración propia.

3.9.5.1. Pruebas de compresión.

Para la primera prueba se utilizó gas domiciliario y con el compresor se logró comprimir el gas en el cilindro, donde presentaba fugas en los enrosques del montaje reduciendo la presión que marcaba el manómetro y por la detección del agua con detergente.

GRAFICO 18. Prueba de fuga en el Almacén.



FUENTE: Elaboración propia.

Para la segunda prueba se realizó el mismo procedimiento en este caso se aseguró los enrosques del equipo para no tener fugas, por lo cual no se encontró ninguna fuga de gas en el diseño de compresión.

GRAFICO 19. Segunda prueba de fuga en el almacén.



FUENTE: Elaboración propia.

3.9.6. Simulación de biogás para determinar la eficiencia del compresor.

- **Primera prueba galón con gas.** -para la primera prueba se realizó el llenado de gas domiciliario en el galón de 20 litros, se realizó el pintado de color negro al igual que el Biogás, la cual estaba vacía, en esta situación el compresor no pudo recuperar todo el gas del recipiente porque el material tiene la forma y volumen definido.

GRAFICO 20. Galón con gas



FUENTE: Elaboración propia.

- **Segunda prueba galón con gas y agua.** –se realizó el mismo procedimiento, pero en este caso se utilizó 10 litros de agua en el galón ya que el Biogás tiene el 50% materia y el resto es gas, posteriormente se introdujo el gas domiciliario con la bolsa plástica para que no pueda tener contacto con el agua, por lo tanto, el compresor no recupero todo el metano que existía en su entorno ya que tiene la forma definida.

GRAFICO 21. Galón con gas y agua de 10 litros.



FUENTE: Elaboración propia.

- **Tercera prueba gas en bolsa plástica en ambiente libre.** -En este caso se utilizó el gas domiciliario en una bolsa plástica que estuvo expuesto al medio ambiente, en la siguiente prueba se observa que el compresor puede recuperar el mayor porcentaje de metano y es debido a que el material es flexible.

GRAFICO 22. Gas en bolsa plástica de 20 litros.



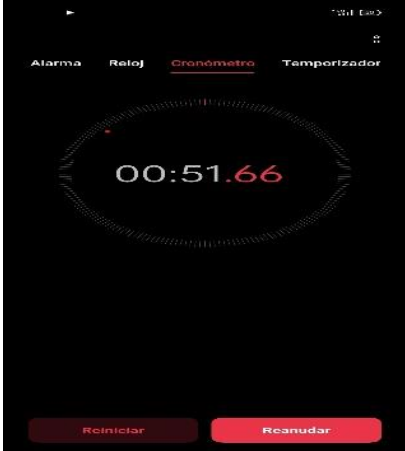

FUENTE: Elaboración propia.

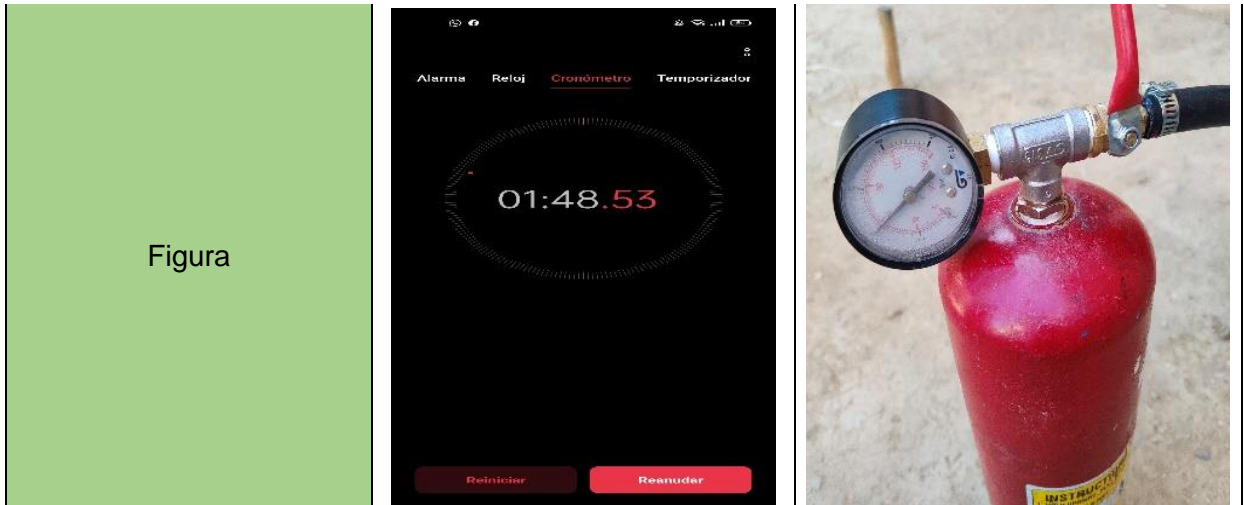
3.9.6.1. Diferencia de pruebas.

La diferencia de las tres pruebas de gas nos demuestra que no es posible recuperar todo el gas que existe en ella y es debido a que el material y el volumen del galón son definidos, a diferencia de la bolsa plástica puede ser recuperado en su totalidad ya que el material es flexible.

El compresor de refrigeración logra aumentar la velocidad de salida del gas y transferir al cilindro de acero aumentando su presión de entrada que se muestra en el manómetro, por lo que se determinó que el compresor logra transferir el mayor porcentaje de gas para la compresión.

CUADRO 7. Diferencia de presiones.

DETALLE	DESCRIPCIÓN DE “t”	DESCRIPCIÓN DE “P”
Primera prueba	Tiempo de transferencia de la simulación de metano fue de 01:35 a 01:50 min	Compresión de gas en el cilindro es de 5.1 a 6 Bar
Figura		
Segunda prueba	Tiempo de transferencia de la simulación de metano con agua fue de 0:55 a 01:15 min	Compresión de gas en el cilindro es de 2. a 3 Bar
Figura		
Tercera prueba	Tiempo de transferencia del metano de la bolsa plástica es de 01:52 a 2 min	Compresión de gas en el cilindro es de 6 a 7 Bar



FUENTE: Elaboración propia.

3.9.6.2. Cálculos de compresión en el cilindro.

LEY DE BOYLE. –Mediante la ley de Boyle se calcula la cantidad de volumen de gas transferido del galón al cilindro y la presión según a la cantidad de volumen de gas comprimido, esto es posible ya que la temperatura no influye por lo tanto trabaja a temperatura ambiente.

$$P_1V_1 = P_2V_2$$

$$P_2 = \frac{P_1 \times V_1}{V_2} \quad V_1 = \frac{P_2 \times V_2}{P_1}$$

- **Primera prueba galón con gas.**

Presión del cilindro que se debería obtener.

$$P_2 = \frac{1 \text{ atm} \times 20 \text{ Litros}}{2,87 \text{ lts}} = 6.97 \text{ atm}$$

Volumen extraído del galón según a la presión del manómetro.

$$V_1 = \frac{5.3 \text{ atm} \times 2.87 \text{ litros}}{1 \text{ atm}} = 15.21 \text{ lts}$$

- **Segunda prueba galón con gas y agua de 10 litros.**

Presión del cilindro que se debería obtener.

$$P2 = \frac{1atm \times 10Litros}{2,87lts} = 3.48 atm$$

Volumen extraído del galón con según a la presión del manómetro

$$V1 = \frac{2.76atm \times 2.87Litros}{1atm} = 7.92 lts$$

- **Tercera prueba bolsa plástica con gas de capacidad de 20 litros.**

Presión del cilindro que se debería obtener.

$$P2 = \frac{1atm \times 20Litros}{2,87lts} = 6.97 atm$$

Volumen extraído de la bolsa plástica según a la presión del manómetro

$$V1 = \frac{6.1atm \times 2.87Litros}{1atm} = 17.5071 lts$$

IV.RESULTADOS

En el presente trabajo de investigación se realizó la adecuación de un compresor frigorífico para el sistema de succión y compresión del gas (Biogás), para demostrar la determinación de eficiencia que tendrá el compresor sobre el fluido, en la que se comprimió el gas por medio de pruebas con una simulación de Biogás con gas domiciliario.

Simulación de un Biogás con gas domiciliario.

Para la siguiente investigación no se tomó en cuenta el tanque del Biogás, ya que el gas que se produce no es lo suficiente mucha para realizar pruebas y existen diversos contaminantes como ser el CO_2 , S_2H N_2 e H_2 que forman parte del CH_4 , que podrían ser muy dañinos para los equipos, ya que tienden a corroer a los materiales de acero, por lo cual en este caso se tomó en cuenta una simulación de Biogás con gas domiciliario fuera de contaminantes que ayudó a determinar la eficiencia de la compresión del gas con el compresor y la cantidad de transferencia.

Compresor recíprocante para la compresión.

Para el sistema de compresión de metano se realizó la búsqueda de un compresor recíprocante que sea adecuado para la simulación de gas (Biogás), mediante los estudios obtenidos sobre el compresor de pistón se realizó la compra de un compresor de refrigeración monofásico de un pistón con sus características como ser el W, hp entre otros, pero no contaba con el caudal con el que trabajaba para esto se realizó un calcula para determinar el caudal de trabajo del equipo que dio como resultado de 0.192 lts/seg, por lo tanto el compresor se adecuo para la entrada de succión de gas y la salida del mismo para comprimir el gas ya que anteriormente habría trabajado con el gas R-134^a en la que demostró buenos resultados con el gas domiciliario.

Cilindro para la Compresión de gas.

Para la compresión del metano se optó por el cilindro de un extintor ya que sus especificaciones nos indica que soportaba 17 Bar y como prueba de 27 Bar, este material también cuenta con una alta resistente de presión y un volumen definido, el recipiente con el que se trabaja para la simulación de Biogás es de 20 litros y se conoce que la presión del gas es igual a la presión atmosférica por lo tanto al comprimirse al cilindro este soporta el volumen de la simulación del gas (Biogás), mediante las pruebas de compresión se pudo determinar la eficiencia del cilindro para la compresión del metano.

Posteriormente se realizó el pintado del cilindro rojo en la parte superior del recipiente y por debajo negro para que pueda ser identificado que en este cilindro comprimido existe un compuesto explosivo o combustible mencionamos al CH_4 .

Determinación de eficiencia del compresor en la compresión de Biogás.

Para esto se realizó tres pruebas de compresión del metano en diferentes instancias para determinar la cantidad de gas que puede ser extraído de la simulación de metano, y la eficiencia del compresor sobre el fluido.

- En la primera se pudo recuperar 15 lts de 20 lts de gas y una presión de 5.3 Bar que nos indica el manómetro, esto se debe a que el recipiente es de plástico y tiene un volumen definido por lo cual el compresor no puede recuperar todo el gas que existe en su interior.
- La segunda prueba se realizó el mismo proceso, pero en este caso se tomó en cuenta los parámetros del Biogás original ya que el 50% es gas y el otro 50% es materia de bovino para esto se reemplazó la materia orgánica por agua el Biogás por gas domiciliario en la cual se pudo recuperar 7.92 lts de gas y una presión de 2.7 Bar, esto es debido a que el material tiene la forma definida y el compresor no pudo recuperar todo el metano del galón.
- En esta prueba se recolecto el gas en una bolsa plástica de capacidad de 20 a 21 lts esto se realizó para poder ver si se podía recuperar todo el gas que existe en su interior, para este caso nos demostró que, si es posible recuperar el mayor porcentaje de gas, esto se debe a que la bolsa no tiene un volumen definido y el material es sencillo. Pero en este caso no se pudo recuperar el volumen debido a que la bolsa tenía una mínima fuga en la parte superior dándonos como dato volumétrico de 17.5 lts y una presión de 6.1 Bar.

CUADRO 8. Cuadro de P y V comprimido del metano.

PRUEBAS	PRESIÓN	VOLUMEN
1°prueba	5.3 Bar	15.21 lts
2°prueba	2.76 Bar	7.92 lts
3°prueba	6.1 Bar	17.5 lts

FUENTE: Elaboración propia.

En este cuadro se realizó la diferencia de presiones y volúmenes que se determinó obtener y lo que se obtuvo mediante el compresor para la succión y compresión del gas (Biogás).

CUADRO 9. Diferencia de presiones y volúmenes.

PRUEBAS	PRESIÓN Y VOLUMEN OBTENIDO	PRESIÓN Y VOLUMEN QUE SE PRETENDÍA TENER	DIFERENCIA
1°prueba	5.3 Bar	6.97 Bar	1.67 =24%
	15.21 lts	20 lts	4.79 =24%
2°prueba	2.76 Bar	3.48 Bar	0.72 =20%
	7.92 lts	10 lts	2.08 =20%
3°prueba	6.1 Bar	6.97 Bar	0.87 = 12%
	17.5 lts	20 lts	2.5 =12%

FUENTE: Elaboración propia.

En este punto se pudo verificar la diferencia que existe entre lo que se pensó recuperar y lo que se recuperó con el compresor, con unos porcentajes de 12% a 24% que nos determina que no todo el gas puede ser recuperado esto se debe a que existía fugas en el caso de la bolsa y en el del galón que tiene una forma definida por lo cual no es posible extraer todo el gas, pero el equipo aumenta la velocidad de salida del gas y aumenta la presión de entrada al cilindro de acero para la compresión.

V. CONCLUSIONES

Mediante el trabajo de investigación para determinar la eficiencia del compresor en la succión y compresión de la simulación de gas (Biogás) y posterior mente adecúalo para las instalaciones de la casa de estudio se llegó a las siguientes conclusiones.

Mediante el estudio de un compresor recíprocante de refrigeración y la función que cumple este con los gases, se pudo adecuar para la succión y compresión de gas ya que cumple la función de enfriar y trabaja a presiones bajas y medias y cuenta con un silenciador dentro del mismo lo cual hace que sea adecuado para el trabajo.

La compresión de gas llega a hacer posible ya que se demostró mediante pruebas con el gas domiciliario y en la que el compresor trabajo anteriormente con el gas R-134^a lo cual hace que pueda trabajar con el gas (Biogás).

Para conocer el caudal de trabajo del compresor se realizó el cálculo de entrada de aire al cilindro que, por medio de la presión, el tiempo de succión, se pudo determinar el caudal de trabaja el compresor que dio como resultado 0.192 lts/seg.

Para trabajar con el Biogás es necesario realizar una deshidratación, y eliminar los contaminantes que existen como ser el H₂S, CO₂ Y N₂, ya que si se trabaja con este tipo de contaminantes podría mostrar daños al equipo, como la corrosión al material de acero y al equipo para la compresión.

Para la compresión del gas es necesario utilizar materiales de acero que soporten altas presiones en este caso se utilizó el de extintor de 2 kg, que soporta presiones de 27 Bar en pruebas y por lo tanto soporta la presión del metano contenido en el galón.

Para poder concluir el trabajo es necesario que el recipiente que se utiliza para la compresión se pinte de color rojo en la parte superior y negro en la parte baja esto para que

pueda distinguirse con el tipo de gas que se está trabajando, ya que el cilindro debe ser pintado según al gas que se tiene comprimido.

Por medio de esta investigación se pudo determinar que no es posible recuperar todo el gas que hay en el interior del galón, esto es debido a que el material del Biogás tiene un volumen definido lo cual a sé que el compresor no pueda recuperar todo el gas, a diferencia de la bolsa plástica se es posible recuperar el mayor porcentaje ya que el material es flexible.

Para determinar la cantidad de gas extraído dependerá mucho del material donde se tiene conservado, por medio de la simulación de Biogás se determinó que del 12-24% de gas no puede ser recuperado y el 75-88% que puede ser recuperado por lo que nos determina que el compresor logro transferir el mayor porcentaje de gas y comprimirlo.

Mediante la determinación de eficiencia del compresor en la succión y compresión con gas domiciliario, nos demuestra que es posible implementarlo en la planta piloto de Biogás.

VI.RECOMENDACIONES

Concluido el trabajo de grado se llega a recomendar lo siguiente:

Para realizar un sistema de compresión para un fluido es necesario indagar e investigar páginas, libros y consultas a expertos en el área de compresores y tener más conocimiento de los compresores y la función que cada uno realiza.

Para realizar un diseño de compresión es necesario contar con los materiales y equipo necesario ya que si no se realiza este pasó podría mostrar consecuencias en el trabajo realizado, como la perdida de gas en el sistema o el equipo no adecuado para el trabajo.

Contar con los materiales de acopia necesarios como ser el pegamento, llaves, desarmadores entre otros, ya que ayuda a realizar un mejor trabajo y armado del equipo para la compresión, haciendo que las partes del sistema sean más seguras para que pueda trabajar con el gas.

Para trabajar con el Biogás de las instalaciones de la universidad, es necesario realizar una eliminación de contenientes ya que si no se realiza este trabajo podría arruinar al equipo por medio de la corrosión en partes internas del cilindro, y al compresor.

Para este tipo de trabajo es necesario contar con el EPP adecuado como ser los guantes, gafas, botas, barbijo, ya que es necesario para prevenir algún tipo de accidente y contar con los equipos necesarios como ser el extintor para cualquier tipo de fuga o fuego de expansión en el sistema esto es necesario para prevenir el riesgo.

Pintar el almacén del Biogás de color rojo y negro para que puedan distinguir que se está trabajando con un tipo de combustible o gas en este caso metano.

Para comprimir se debe contar con un manómetro para ver la cantidad de gas que se está comprimiendo y prevenir un riesgo, un cilindro de acero en buen estado, ya que si se utiliza un material casero como ser un bidón podría existir una explosión o una abertura por las altas presiones tampoco es muy adecuado para la compresión del gas.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- ABB. (2014). Requerimientos de seguridad para transportar,. En ABB, *Requerimientos de seguridad para transportar*, (pág. 1).
- acadimico Google. (s.f.). Compresion de gas. *informe de ingenieria(CAP.8)*, 340. Obtenido de http://www.acading.org.ve/info/ingenieria/pubdocs/documentos/libro/Capitulo_8.pdf
- Bonilla, I. G. (2018). PROCESO DE GAS NATURAL I. En I. G. Bonilla, *LIBRO REFERENCIA DE LA MATERIA DE PROCESO DE GAS NATURAL I* (pág. 22). Santa Cruz: PET 234 R0.
- Camargo, I. J. (agosto de 2008). ANÁLISIS TERMOECONÓMICO DE LA UNIDAD DE COMPRESIÓN DE GAS NATURAL (UCGN) DE UNA ESTACIÓN DE CARGA DE GAS NATURAL COMPRIMIDO (GNC), MEDIANTE EL METODO EXERGY, COST, ENERGY, MASS (EXCEM) PARA DETERMINAR LA RELACIÓN EXISTENTE ENTRE LA EFICIENCIA EXÉRGETICA . PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ ESCUELA DE POSGRADO.
- CREG. (s.f.). COMPRESION Y TRANSPORTE DE GAS NATURAL COMPRIMIDO - GNC PROPUESTA REGULATORIA PARA CONSULTA. 63. Comisión de Regulación de Energía y Gas.
- F., A. A. (Diciembre de 2003). “DIAGNÓSTICO DE SEGURIDAD EN PLANTAS DE LLENADO DE CILINDROS DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO (GLP)” . *TRABAJO ESPECIAL DE GRADO*. Venezuela: Universidad Central de Venezuela.
- Figueroa, J. (2015). *Compresion Del Gas Natural*. SCRIBD.
- HERNANDEZ, J. B. (03 de 01 de 2012). PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LAS 4000 HRS. 7. CHIAPAS, REFINERIA GRAL. LAZARO CARDENAS DEL RIO: INSTITUTO TECNOLOGICO DE TUXTLA GUTIERREZ.
- Idi PAZ. (s.f.). BOTELLAS DE GASES.
- Jesus David Elias Garcia, J. S. (2020). “Propuesta de una mejora en el sistema de producción para aumentar los niveles de stock de. *INFORME DE INVESTIGACIÓN*, 12-13. Peru: UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA INDUSTRIAL.
- Jose Avelino Espeso Santiago, M. E. (2007). SEGURIDAD EN EL TRABAJO. MANUAL PARA LA FORMACION DEL ESPECIALISTA. En M. E. Jose Avelino Espeso Santiago, *SEGURIDAD EN EL TRABAJO. MANUAL PARA LA FORMACION DEL ESPECIALISTA* (pág. 356). LEX NOVA.

- José Souza, L. S. (2013). SISTEMA DE COMPRESIÓN DE BIOGÁS Y BIOMETANO. *BIOTECNOLOGÍA*. Información tecnológica.
- LEONARDO PAUL GUERRERO ESPINEL, J. L. (Mayo de 2014). DISEÑO DE UN SISTEMA DE AUDITORIA AMBIENTAL, BASADO EN LAS BUENAS PRACTICAS AMBIENTALES APLICADOS A LOS PROCESOS DE PRODUCCION DE CILINDROS PARA ENVASADO DE GLP EN LA EMPRESA TECNOESA. *tesis de la obtencion de titulo* . UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA SEDE QUITO.
- PAZ, A. A. (2015). EVALUACIÓN DE LOS BENEFICIOS DE LA UTILIZACIÓN DE LOGÍSTICA INVERSA EN LA RECOLECCIÓN Y RECUPERACIÓN DE ENVASES PARA EL LLENADO DE GASES. *TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TITULO DE MAGISTER EN INGENIERIA INDUSTRIAL*, 42-51. PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA MAESTRÍA EN INGENIERÍA INDUSTRIAL BOGOTÁ DC.
- Procener. (s.f.). GAS NATURAL. *Manual de producción de frio por compresion de gas natural*, 3. Manual de producción de frio por compresion de gas natural.
- WILMER ERNESTO LINARES RIVERA, F. G. (OCTUBRE de 2017). FUNDAMENTOS TEÓRICOS Y PROPUESTA DE UN PROCESO PARA LA PRÁCTICA DEL ENVASADO DE BIOGÁS LIBRE DE CO₂ Y H₂S EN EL SALVADOR. *Trabajo de Graduación*, 91-92. UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR.
- ZAPATA, M. J. (MAYO de 2008). COSTO POR PROCESOS EN LA INDUSTRIA METAL METALICA DE ENVASES PARA GAS LICUADO DE PETROLEO (GLP) DE USO DOMESTICO. *PROYECTO PREVIO A LA OBTENCION DEL TITULO DE TECNOLOGIA EN PROCESOS DE PRODUCCION MECANICA*. QUITO: ESCUELA DE FORMACION DE TECNOLOGOS.

VIII ANEXOS.

ANEXO 1. Materiales para compresión.



FUENTE: Elaboración propia.

ANEXO 2. Manguera y cilindro de acero alancen



FUENTE: Elaboración propia.

ANEXO 3 Conexión de simulación con compresor.



FUENTE: Elaboración propia.

ANEXO 4. Simulación de Biogás.



FUENTE: Elaboración propia.

ANEXO 5 Almacén para Biogás.



FUENTE: Elaboración propia.

ANEXO 6 Almacén de gas de bolsa



FUENTE: Elaboración propia.

ANEXO 7 Conexión de compresor a alancén.



FUENTE: Elaboración propia.

ANEXO 8 Prueba de compresión



FUENTE: Elaboración propia.

ANEXO 9 Almacén de gas en bolsa plástica.



FUENTE: Elaboración propia.

ANEXO 10 Compresión del Gas y presión.



FUENTE: Elaboración propia.

ANEXO 11 Prueba de compresión y quema de gas.



FUENTE: Elaboración propia.