



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Química

**DISEÑO DE UN EQUIPO DE USO DIDÁCTICO EN EL ÁREA DE
FISICOQUÍMICA, PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS
PROPIEDADES DE ESTADO DE UN GAS**

José Carlos Méndez Cutzal

Asesorado por el Ing. Federico Guillermo Salazar

Guatemala, marzo de 2009

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE UN EQUIPO DE USO DIDÁCTICO EN EL ÁREA DE
FISICOQUÍMICA, PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS
PROPIEDADES DE ESTADO DE UN GAS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

JOSÉ CARLOS MÉNDEZ CUTZAL

ASESORADO POR EL ING. FEDERICO GUILLERMO SALAZAR
AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO QUÍMICO

GUATEMALA, MARZO DE 2009

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO:	Ing Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I:	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II:	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III:	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV:	Br. José Milton De León Bran
VOCAL V:	Br. Isaac Sultán Mejía
SECRETARIA:	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO:	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR:	Ing. Oscar Alberto Martínez Lobos
EXAMINADOR:	Ing. Edwin Manuel Ortiz Castillo
EXAMINADOR:	Ing. Jaime Domingo Carranza González
SECRETARIA:	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

DISEÑO DE UN EQUIPO DE USO DIDÁCTICO EN EL ÁREA DE FISICOQUÍMICA, PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE ESTADO DE UN GAS,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, con fecha 12 de septiembre de 2007.

José Carlos Méndez Cutzal

AGRADECIMIENTOS A:

Hoy no podría alcanzar una de mis metas sin el apoyo que he recibido de muchas personas y sobre todo de Dios, quien me ha guiado a lo largo de toda mi vida, presento mis más sinceros agradecimientos a:

Mis padres, Marco Tulio Méndez y Candelaria Cutzal, quienes con su esfuerzo y ejemplo de lucha en la vida, me han demostrado que las metas no fáciles, pero nunca son imposibles, mil gracias por todo.

Mis hermanos Marlon y Mishelle, por demostrarme su apoyo y comprensión.

El ingeniero Federico Salazar, por su amistad, orientación y apoyo en este trabajo de graduación.

El ingeniero Víctor Ruiz, al ingeniero Vherny Flores y Pablo Galeano, por brindarme desinteresadamente su tiempo y experiencia para la construcción del equipo.

Carmencita y Justa Joaquín, por colaborar grandemente en mi trabajo.

Mis tíos Encarnación Méndez y Víctor Citalán, gracias por su colaboración.

Los ingenieros, Carlos Salvador Wong, Eduardo Calderón, Otto Raúl de León, Zenón Much, Héctor Gudiel, Isabel Monzón, Otto Samayoa y Moisés Dubon, gracias por brindarme su ayuda y amistad.

Mis padrinos Doctora Alba Tabarini Molina y al Licenciado Marvin Sajquim, quienes son ejemplo para muchas personas.

ACTO QUE DEDICO A:

Lo que sé, es una gota de agua; lo que ignoro es el océano.

Dios, quien con un soplo dio luz a mi vida y la lleno de entendimiento y sabiduría, para que hoy pueda alcanzar una meta más en mi vida, hazme un instrumento para tu servicio.

Mis padres Marco Tulio Méndez y Candelaria Cutzal, por la oportunidad que me brindaron, este triunfo es fruto de su apoyo incondicional.

Mis hermanos Marlon Omar y Linda Mishelle, mis sobrinos Gabriel Omar, Marco Aníbal y Frida Nataly, este triunfo también es de ustedes.

Mi abuelita, Rosario Vásquez, gracias por su apoyo y consejos brindados, mis tíos, primos y demás familia, por estar siempre atentos de mis logros y derrotas.

Mis amigos, Carmencita Joachín, Héctor Malchic, Natalia Espinal, Henry Villatoro, Eduardo Zetina, Massiel Vargas, Gabriela Hernández, Minor Tepe, Ivan Orozco, Ricardo, Ramón y a todos mis demás amigos, con los cuales he tenido la oportunidad de compartir tristes y alegres momentos de la vida.

Viviana Pisquiy de Paz, por sus palabras de aliento, apoyo y cariño.

Mi país Guatemala y a Quetzaltenango, mi Luna de Xelajú, pedacito de mi corazón.

No basta saber, se debe también aplicar; no es suficiente querer, se debe hacer.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
GLOSARIO	IX
LISTA DE ABREVIATURAS	XI
RESUMEN	XIII
JUSTIFICACIÓN	XV
HIPÓTESIS	XVII
OBJETIVOS	XIX
INTRODUCCIÓN	XXI
1. MARCO TEÓRICO	
1.1 Físicoquímica	1
1.1.1 Métodos para estudiar la Físicoquímica	2
1.1.1.1 Método sistemático	2
1.1.1.2 Método fenomenológico	2
1.1.2 Conceptos básicos	2
1.1.2.1 Sistema	2
1.1.2.2 Propiedades intensivas y extensivas	3
1.1.2.3 Ecuación de estado ¿qué es?	3
1.1.2.4 Equilibrio	4
1.1.3 Gases	5
1.1.3.1 Leyes de los gases	6
1.1.3.2 Ecuación de estado del gas ideal	7
1.1.3.3 Ley de Dalton de las presiones parciales	9
1.1.3.4 Proceso a volumen constante reversible	9
1.1.3.5 Proceso a temperatura constante reversible	9
1.1.3.6 Proceso a presión constante o isobárico	10

1.2 Creación de equipo experimental y su utilización	10
1.2.1 Recipientes llenos de gas ideal inerte	12
1.2.2 Diseño de tanques y tuberías	12
1.2.3 Combustión	13
1.2.4 Riesgo de vacío	14
1.2.5 Importancia de los manuales y/o instructivos	14
1.2.5.1 Ventajas de los manuales	16
1.2.5.2 Estructura de un manual	17
1.2.5.2.1 Encabezamiento	17
1.2.5.2.2 Cuerpo del manual	17
1.2.5.2.3 Glosario de términos	18
1.2.5.3 Beneficios de los manuales	18
2 METODOLOGÍA	
2.1 Localización	19
2.2 Recursos humanos	19
2.3 Criterios de diseño	19
2.4 Materiales de construcción	21
2.5 Diseño del equipo	25
2.6 Construcción del equipo “Boyle-Méndez Primero”	27
2.7 Metodología experimental	34
2.7.1 Reactivos y equipo a utilizar en la experimentación	34
2.7.1.1 Reactivos	34
2.7.1.2 Equipo	34
2.7.2 Método experimental de cómo realizar el ensayos con el equipo “Boyle-Méndez Primero”.	34
2.7.3 Diagrama de flujo del ensayo	37
3 ANÁLISIS ECONÓMICO	
3.1 Compra de los materiales en el mercado local	39
3.1.1 Costo de los materiales y accesorios	40

3.1.2 Costo de los materiales y accesorios no contemplados	42
3.1.3 Mano de obra	43
3.1.4 Costo total del equipo	44
4 RESULTADOS	
4.1 Diseño y construcción del equipo	45
4.2 Equipo de uso didáctico	45
4.3 Validación	46
CONCLUSIONES	51
RECOMENDACIONES	53
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55
BIBLIOGRAFÍA	57
ANEXOS	59

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Tubos de PVC	21
2	Cilindros de PVC	21
3	O-ring	22
4	Tee y Niple de cobre	22
5	Manómetro Analógico	22
6	Barra roscada	23
7	Termómetro digital	23
8	Válvulas de Laboratorio de PVC	23
9	Plancha de Hierro	24
10	Manguera Hidráulica	24
11	Tuercas y Roldadas	24
12	Inflador	25
13	Equipo demostrativo de la ley de Boyle-Marriot	25
14	Vistas del dibujo en 3D de las tapaderas inferiores	27
15	Vistas del dibujo en 3D de las tapaderas superiores	27
16	Rectificación de los Tubos en el Torno	28
17	Rectificación de los Cilindros de PVC en el Torno	28
18	Cilindros ya rectificadas	29
19	Taladrado para la ranura del O-ring	29
20	Tapadera con O-ring	29
21	Tapadera marcada	30
22	Tapadera ya perforada	30
23	Avellanado de las tapaderas	30
24	Equipo armado y terminado	33

25	Detalle de válvulas del equipo “ <i>Boyle-Méndez</i> <i>Primero</i> ”	36
26	Disposición de los estudiantes utilizar el equipo	46
27	Comprensión de un proceso isotérmico	47
28	Relación de un proceso isotérmico con otros temas	48
29	Comprensión de un proceso isotérmico	29

TABLAS

I	Descripción de la armazón del equipo “ <i>Boyle-Méndez Primero</i> ”	31
II	Costo de materiales y accesorios para la construcción del equipo “ <i>Boyle-Méndez Primero</i> ”	41
III	Costo de materiales y accesorios no contemplados para la construcción del equipo “ <i>Boyle-Méndez Primero</i> ”	42
IV	Cálculo de mano de obra directa para la construcción del equipo “ <i>Boyle-Méndez Primero</i> ”	43
V	Mano de obra indirecta para la construcción del equipo “ <i>Boyle-Méndez Primero</i> ”	43
VI	Costo total para la construcción del equipo “ <i>Boyle Méndez Primero</i> ”	44

GLOSARIO

“Boyle-Méndez Primero”	Nombre dado al equipo construido, para la realización de ensayos relacionados a la teoría de los gases.
Diagrama	Representación gráfica que sirve para esquematizar alguna situación o estado en particular.
Didáctica	Parte de la pedagogía que se ocupa de los sistemas y métodos prácticos de enseñanza destinados a plasmar en la realidad las pautas de las teorías pedagógicas.
Equilibrio	Estado de un sistema cuya configuración o propiedades macroscópicas no cambian a lo largo del tiempo.
Fisicoquímica	La fisicoquímica representa una rama donde ocurre una combinación de diversas ciencias, como la química, la física, termodinámica, electroquímica y la mecánica cuántica donde funciones matemáticas pueden representar interpretaciones a nivel molecular y atómico estructural.
Gas	Se denomina gas al estado de agregación de la materia que no tiene forma ni volumen propio. Su principal composición son moléculas no unidas, expandidas y con poca fuerza de atracción, haciendo que no tengan volumen y forma definida.
Gases nobles	Son un grupo de elementos químicos con propiedades muy similares: bajo condiciones estándar, son gases monoatómicos inodoros, incoloros, con una reactividad química muy baja.

Hipótesis	Proposición aceptable que no está comprobada todavía, pero que sirve para responder de forma tentativa a un problema con base científica.
Manufactura	Describe la transformación de materias primas en productos terminados para su venta. También involucra procesos de elaboración de productos semi-manufacturados.
Mol	Es la cantidad de cualquier sustancia que contiene el mismo número de entidades elementales (átomos, moléculas, iones, etc.) que el que hay en exactamente 0.012 Kg. de carbono 12.
PVC	Abreviatura de Cloruro de Polivinilo, polímero compuesto por tres elementos hidrogeno, carbono y cloro.
Termodinámica	La termodinámica es la parte de la física que describe y relaciona las propiedades físicas de la materia de los sistemas macroscópicos, así como sus intercambios de energía.

LISTA DE ABREVIATURAS

cm²	Centímetro cuadrado
cm³	Centímetro cúbico
Cm	Centímetro
R	Constante universal de los gases
°C	Grados Celsius
Mm	Milímetro
Psi	Presión (libras / pulgada cuadrada)
P	Presión absoluta (libras / pulgada cuadrada)
P_i	Presiones parciales
P_t	Presión total
Q	Quetzales
°K	Temperatura absoluta, grados Kelvin
ΔV	Variación en el volumen
V	Volumen (metro cúbico)

RESUMEN

El siguiente informe presenta el diseño y la construcción de un equipo de uso didáctico que mide las propiedades de estado de los gases ideales o una mezcla de gases como lo es el aire, y que está destinado a ser utilizado por los estudiantes de la carrera de Ingeniería Química que se encuentran cursando el área de fisicoquímica, con el fin que los estudiantes comprendan la temática que tienen al someter a cambios las propiedades (presión, temperatura y volumen) de los Gases en uso. Es por ello que el presente trabajo de investigación de graduación lleva a cabo el diseño de un equipo, desde el por qué del diseño hasta la construcción de éste.

Se inicio con el diseño del equipo, el cual sufrió algunos cambios, debido a la falta de presupuesto, materiales o la falta de estos últimos, con lo cual se llegaron a generar tres distintos diseños uno mejorado del anterior propuesto, una vez definido el diseño se llevó a cabo la compra de los materiales en base a los factores de diseño y presupuesto, seguidamente se procedió a la construcción del equipo en el laboratorio de procesos de manufactura de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, utilizando para éstos las máquinas herramientas necesarias tales como el taladro, el torno, escuadras, etc. Hay que tomar en cuenta de que algunas partes del equipo no se trabajaron en el laboratorio debido a razones de tiempo o falta de herramientas. Como parte final se acoplaron las piezas compradas y fabricadas en el laboratorio. Una vez terminada la construcción se empezaron con las pruebas para comprobar el buen funcionamiento del equipo y la resistencia de los materiales y de esta manera comprobar que no existieran desperfectos de fabricación.

Por último, se desarrollaron ensayos con estudiantes para que probaran el funcionamiento del equipo y dieran su punto de vista del mismo, tales opiniones llegaron a dar mejoras del equipo o proponerlas para realizarle futuros cambios que fueran en mejora del aprendizaje de los estudiantes que es a quienes va dirigido este trabajo de graduación.

Cabe resaltar que se cuenta con un manual del usuario para que al utilizar el equipo sea fácil y de esta manera poder sacarle mas provecho a la experiencia de utilizar el equipo "*Boyle-Méndez Primero*".

JUSTIFICACIÓN

La ingeniería como tal, utiliza diversas disciplinas y el ingenio humano para manipular, modificar, resolver, diseñar, construir, crear, etc., con el objeto de hacer algo útil para una población. Entonces, la ingeniería para su desarrollo necesita experimentar, por lo que es importante contar con equipos, herramientas, métodos y personal especializado. Por lo que se han desarrollado metodologías de aprendizaje y que son necesarias que el estudiante las conozca y las desarrolle, con lo cual comprobará si son adecuadas y eficientes

Los laboratorios prácticos, aulas virtuales, experimentos sencillos y talleres forman parte de estas nuevas prácticas, pues a través de la experiencia se comprende con mayor certeza y confiabilidad. La Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala, para realizar prácticas académicas cuenta con laboratorios, según el área de estudio: Laboratorio del Área de Química, Laboratorio del Área de Físicoquímica y Laboratorio de Operaciones Unitarias. Dichos laboratorios permiten al estudiante desarrollar ensayos temáticos, observando y comprendiendo lo que realmente sucede.

En los laboratorios del Área de Físicoquímica se desarrollan prácticas de laboratorio, en las que se observan y describen propiedades físicas y/o químicas, de tipo cualitativo y cuantitativo de gases, líquidos y sólidos, por lo que es necesario su estudio (químico y/o físicoquímico) y para esto se utilizan equipos específicos que cuentan la Escuela de Ingeniería Química.

El estudio de los gases ideales forma parte importante en el desarrollo de la termodinámica; pues se trata de los sistemas más sencillos experimentados. Algunos de los procesos simples que se han obtenido del estudio de los gases ideales pueden adaptarse fácilmente a sistemas más complicados, como las soluciones.

El estudio de las propiedades de los gases ideales es de gran importancia pero no se tiene la posibilidad de verlo en forma practica, lo que hace necesario diseñar y construir un equipo que permita observar el comportamiento de las propiedades de estado (temperatura T, presión P y volumen V) de un gas ideal cuando se desarrolla un proceso simple termodinámico.

Con esto se logra vincular a los estudiantes con este tema, proponiendo aumentar su capacidad de análisis y de solucionar problemas teóricos o prácticos, y comprender su comportamiento. La enseñanza se podría volver más sencilla y efectiva, pues por un lado está la teoría y por otro la experimentación a través de práctica, complementándose mutuamente.

HIPÓTESIS

La utilización de equipo didáctico para experimentos sobre propiedades de estado, diseñado y construido a bajo costo en los laboratorios de la facultad, favorece el aprendizaje de los estudiantes de ingeniería química

OBJETIVOS

GENERAL

- Diseñar y construir un equipo que permita la determinación de las propiedades de estado (presión P , temperatura T y volumen V) de un gas ideal

ESPECÍFICOS:

1. Construir un equipo para que pueda ser utilizado por los estudiantes de ingeniería química en el estudio de gases y mezcla de gases, en los cursos que incluyan esta temática, tomando en cuenta parámetros de fácil manejo y a un bajo costo.
2. Colaborar con el estudiante a que su formación y su comprensión sea eficaz, por medio de la observación y experimentación, en el comportamiento del aire o de gases ideales, como un complemento a las clases magistrales
3. Reunir y aplicar todos los conocimientos de la ingeniería en este trabajo de graduación, a través de las diferentes áreas que esta compuesta la carrera, entre ellas diseño de equipo, química, termodinámica e ingeniería económica.

INTRODUCCIÓN

En Guatemala, la enseñanza superior o universitaria en los últimos días se ha vuelto más compleja debido al déficit académico que se presenta en los niveles previos a cursar una materia específica, lo cual se refleja en la cantidad de personas que no pueden ingresar a la universidad o por la repitencia constante de cursos del área básica (a veces sobrepasa el 80%) y que no excluye a los del área profesional. Esto se debe a que la enseñanza de nivel medio no cumple a cabalidad con los programas de estudio establecidos por el Ministerio de Educación o porque las metodologías de enseñanza son ineficientes, tanto a nivel medio como a nivel superior.

Es por ello que el presente trabajo de investigación se diseñó y construyó un equipo que pueda medir la presión, el volumen y la temperatura de los gases ideales y, a la vez poder contribuir al área de fisicoquímica de la Escuela de Ingeniería Química, con la donación del equipo y de esta manera ayudar a los estudiantes de esta área para que por medio de su uso amplíen sus conocimientos.

La construcción del equipo requirió de materiales y accesorios sencillos, que permitirá a los estudiantes operarlo fácilmente y observar lo que sucede en el interior del mismo, por lo que se utilizó un material transparente. El equipo está provisto de medidores de presión y temperatura, y una escala graduada para el volumen. Se podrá manipular la presión y el volumen por medio de un compresor. Con ello se observará el comportamiento de los gases o una mezcla de gases como lo es el aire.

Con el diseño y la construcción concluida se realizaron primeramente pruebas y posteriormente ensayos con estudiantes de la escuela de ingeniería química de la Universidad de San Carlos de Guatemala, que permitió conocer la opinión de los estudiantes respecto al equipo y sus posibles mejoras al mismo para el futuro.

Se realizó un manual para el equipo que se construyó, el cual tiene las especificaciones, forma de uso, precauciones y teoría respecto al tema de gases.

1. MARCO TEÓRICO

1.1 Físicoquímica

La ciencia como tal, comprende una diversidad de estudios, como lo es Físicoquímica. La cual comprende la aplicación de los métodos de la física a problemas químicos, además de estudios cualitativos y cuantitativos, de tipo experimental y teórico, principios generales que determinan el comportamiento de la materia y la transformación de una sustancia en otra. El estudio de propiedades como la presión de vapor, la tensión superficial, la viscosidad, el índice de refracción y la densidad, así como al estudio de los llamados aspectos clásicos del comportamiento de los sistemas químicos, como son las propiedades térmicas, el equilibrio, la velocidad de reacción, los mecanismos de las reacciones y el fenómeno de ionización.

En sus aspectos más teóricos, la química física intenta explicar las propiedades espectrales de las sustancias en términos de la teoría cuántica fundamental; la interacción de la energía con la materia; la naturaleza de los enlaces químicos; las relaciones entre el número y estado energético de los electrones en los átomos y moléculas, y las propiedades observables en esos sistemas, y los efectos eléctricos, térmicos y mecánicos individuales de los electrones y protones sobre los sólidos y líquidos. Es importante hacer mención que la físicoquímica no se preocupa por describir las sustancias químicas y sus reacciones (a la química orgánica e inorgánica le corresponde), sino los principios teóricos y los problemas cuantitativos.

La físicoquímica abarca la estructura de la materia en equilibrio y los procesos de cambio químico; sus temas principales son la termodinámica, la química cuántica y la cinética química.

1.1.1 Métodos para estudiar la Fisicoquímica

1.1.1.1 Método sistemático

Estudia la fisicoquímica investigando los constituyentes básicos de la materia (partículas fundamentales) y de forma conceptual construye sistemas de mayor tamaño a partir de ellos. Para referirse a los diminutos constituyentes se utiliza el adjetivo microscópico

1.1.1.2 Método fenomenológico

El estudio de la fisicoquímica se comienza investigando material macroscópico, por ejemplo una muestra de líquido o sólido, los cuales puedan observarse a simple vista. Algunas de las propiedades macroscópicas medibles son la presión, la temperatura y el volumen.

1.1.2 Conceptos básicos

1.1.2.1 Sistema

El sistema es una porción en particular del mundo, con límites definidos, en fisicoquímica es necesario definir el objeto que se estudia. Si el estudio se efectúa con gran número de componentes individuales este es un sistema macroscópico. En cambio si el estudio se centra en átomos y moléculas individuales, el sistema es microscópico.

Además del sistema se encuentran los alrededores, que es lo que está fuera del sistema, y el sistema más los alrededores constituyen un universo.

Se dice que un sistema abierto existe transferencia de calor y de materia. Un sistema cerrado es aquel que no permite la transferencia de materia entre el sistema y los alrededores, pero si hay transferencia de calor. Pero en un sistema que se encuentra aislado, no hay intercambio de materia ni de calor a través de sus límites

1.1.2.2 Propiedades intensivas y extensivas

Cuando el valor de la propiedad no cambia según la cantidad de materia presente, es decir, si no cambia cuando se subdivide el sistema, se dice que la propiedad es Intensiva. Algunos ejemplos son la presión, la temperatura y el índice de refracción.

Si el valor de una propiedad cambia según la cantidad de materia presente, se dice que se trata de una propiedad Extensiva. El volumen y la masa son extensivos. Pero la relación entre dos propiedades extensivas es una propiedad intensiva.

1.1.2.3 Ecuación de estado ¿qué es?

Es preciso medir un número mínimo de propiedades para determinar de manera completa el estado de un sistema macroscópico. Luego, se puede escribir una ecuación para determinada cantidad de material, que describa su estado en términos de variables intensivas.

Esta ecuación de estado es un intento de relacionar datos empíricos que se resumen en términos de variables definidas en forma experimental. Por ejemplo, si el sistema es un gas, su estado se describe especificando propiedades cantidad de materia, temperatura y presión. El volumen del gas es otra propiedad que cambia a medida que la temperatura y la presión varían, pero esta cuarta variable se fija mediante una ecuación de estado que relaciona las cuatro variables.

Estas variables se conocen como funciones de estado o variables de estado, estas propiedades macroscópicas tienen valores fijos para un estado en particular del sistema. Una característica importante de éstas es que una vez que se especifica el estado de un sistema asignando los valores de algunas funciones de estado, los valores de las demás funciones de estado quedan fijos. Además que cuando varía el estado de sistema, el cambio de cualquier función de estado depende solamente de los estados inicial y final del sistema, y no de la trayectoria que se siga para efectuar el cambio.

1.1.2.4 Equilibrio

Estado de un sistema cuya configuración o propiedades macroscópicas no cambian a lo largo del tiempo, es decir cuando las variables que especifican el estado del sistema no cambian

Aunque la configuración o propiedades macroscópicas de un sistema en equilibrio no cambian con el tiempo, su configuración microscópica no es necesariamente estática. Por ejemplo, si se considera una reacción química reversible. En uno de los sentidos (reacción directa), las moléculas A y B reaccionan para

formar las moléculas C y D; en el otro sentido (reacción inversa), las moléculas C y D reaccionan para formar las moléculas A y B.

Desde el punto de vista microscópico, la configuración del sistema no es estática porque en todo momento se están produciendo la reacción directa e inversa. En general, las propiedades microscópicas de un sistema en equilibrio se compensan de forma que las propiedades a gran escala sean constantes.

Como se ha mencionado, la termodinámica es parte de la fisicoquímica; entonces la termodinámica estudia directamente los estados de equilibrio en los cuales las funciones de estado tienen valores constantes en todo el sistema. Proporcionan información acerca de las circunstancias en las cuales los estados de no equilibrio se desplazarán hacia el equilibrio, pero en sí no indica nada acerca de los estados en que no hay equilibrio

1.1.3 Gases

La temperatura de un sistema gaseoso puede determinarse mediante su relación con la presión y el volumen. Al considerar la relación entre la presión y el volumen a temperatura constante. Un gas dentro de un recipiente cerrado ejerce una fuerza sobre las paredes que lo contienen. Esta fuerza se relaciona con la presión P del gas (la fuerza F dividida por el área A de la pared) y es una cantidad escalar, es decir, independiente de la orientación. La presión de un gas contenido en un recipiente cerrado se mide mediante un manómetro. Otros métodos para determinar la presión incluyen el uso de una propiedad eléctrica sensible a la presión que se modifica, por ejemplo, la conductividad.

1.1.3.1 Leyes de los gases

La ley que actualmente se conoce como Ley de Boyle, fue enunciada por primera vez por Boyle en 1662 y se puede expresar como. La presión de una cantidad fija de gas varía inversamente con el volumen cuando se mantiene a temperatura constante la ley de Boyle es sorprendentemente precisa para muchos gases a presiones moderadas

La influencia de la temperatura sobre la presión de un volumen constante de diversos gases y la predicción que a medida que el aire se enfría, la presión tiende a cero a temperaturas bajas, la determinó el físico francés Guillaume Amontons, anticipándose a las investigaciones de Jacques Alexandre Charles, quien derivó la proporcionalidad directa entre el volumen de un gas y la temperatura. El químico francés Joseph Louis Gay Lussac, efectuó un estudio más cuidadoso con mercurio para confinar el gas, y reportó que todos los gases presentan la misma dependencia de V con respecto a la temperatura.

A través del concepto de la temperatura del cero absoluto y calcular que su valor es de $-273.15\text{ }^{\circ}\text{C}$ se desarrolló la escala de temperatura absoluta Kelvin o escala de temperatura Kelvin. Por lo tanto, la ley de Gay-Lussac se expresa de manera conveniente en términos de la temperatura absoluta $V \propto T$, $V = \text{constante} \cdot T$ (válido para P y n constantes). El comportamiento de muchos gases a una presión cercana a la atmosférica se aproxima bastante bien mediante esta ley a temperaturas de moderadas a altas.

La hipótesis de Avogadro dice que un volumen dado de cualquier gas (a temperatura y presión constantes) debe contener el mismo número de unidades independientes. Amedeo Avogadro especificó también que las partículas del gas pueden ser átomos o combinaciones de átomos, y propuso la palabra molécula para estas últimas.

Un mol no es más que la cantidad de cualquier sustancia que contiene el mismo número de entidades elementales (átomos, moléculas, iones, etc.) que el que hay en exactamente 0.012 kg de carbono 12. El número de entidades elementales se relacionan con la cantidad de sustancia mediante la constante de Avogadro, que se representa con el símbolo L y tienen el valor de $6.022137 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$, dicho valor numérico es el número de entidades elementales en un mol

1.1.3.2 Ecuación de estado del gas ideal

Experimentalmente, la presión, el volumen y la temperatura de un gas no se pueden elegir de manera arbitraria para describir el estado de una cantidad determinada de gas. (Los efectos de los campos gravitacional, eléctrico y magnético se ignoran en este tratamiento.) Para una cantidad fija de gas, las propiedades fundamentales se relacionan mediante una ecuación de estado.

Dicha ecuación que interrelaciona la presión, el volumen, la temperatura y la cantidad de un gas, se expresa en forma matemática. Para un gas ideal (o sea, un gas hipotético cuyas moléculas son infinitamente pequeñas y no ejercen fuerzas de atracción o repulsión entre ellas), la ecuación de estado puede

escribirse de manera aproximada como: $PV = nRT$, donde P es la presión, V es el volumen, n es el número de moles de la sustancia, R es la constante universal de los gases, y depende de las unidades en que se midan P y V y T es la temperatura absoluta (medida en kelvin).

La cual establece que en cualquier muestra de gas con comportamiento ideal, se permite que una de las cuatro variables (cantidad, presión, volumen o temperatura) cambie, los valores de las otras tres variables serán tales que se mantendrá un valor constante para R .

Para los gases reales, la ecuación es más complicada, y contiene otras variables, debido al efecto de los tamaños finitos y de los campos de fuerza de las moléculas.

A continuación se indican tres postulados del modelo cinético molecular y se demuestra cómo dicho modelo conduce a las leyes de los gases ideales. Este modelo de un gas ideal se adapta al comportamiento de muchos gases reales.

- Se supone que el gas está compuesto por partículas individuales (átomos o moléculas) cuyas dimensiones reales son pequeñas en comparación con las distancias entre ellas.
- Estas partículas tienen movimiento constante y, por lo tanto, poseen energía cinética
- No hay fuerzas de atracción o de repulsión entre las partículas

1.1.3.3 Ley de Dalton de las presiones parciales

Con los estudios del químico inglés John Dalton, se demostró que en 1801, la presión total que se observa en una mezcla de gases es igual a la suma de las presiones que cada componente gaseoso individual ejercería si ocupara por sí solo el recipiente a la misma temperatura. Este enunciado recibe el nombre de ley de Dalton de las presiones parciales. Pero para que se cumpla es preciso que no ocurran reacciones químicas entre los gases componentes, y que éstos se comporten de manera ideal.

El término presión parcial se emplea para expresar la presión que ejerce un componente de la mezcla de gas. Por lo tanto $P_t = P_1 + P_2 + \dots + P_i$, donde P_t es la presión total. También puede escribirse así: $P_t = (n_1 + n_2 + \dots + n_i) RT / V$, donde los valores de P_i son las presiones parciales y los valores de n_i son las cantidades de gases individuales

1.1.3.4 Proceso a volumen constante reversible

Al suponer que un mol de gas ideal se lleva del estado inicial $P_1, V_{m,1}, T_1$ al estado final $P_2, V_{m,1}, T_2$. La presión P_1 es superior P_2 y para efectuar esto a volumen constante es necesario eliminar calor hasta la temperatura T_2 . De nuevo, el cambio se efectúa de manera reversible.

1.1.3.5 Proceso a temperatura constante reversible

Un proceso isotérmico es aquel en el que la temperatura permanece constante identificada como T , a través de una isoterma. Las condiciones iniciales son $P_1, V_{m,1}$ y las finales son

$P_2, V_{m,2}$. Si es una compresión $V_{m,1} > V_{m,2}$. Si es una expansión $V_{m,1} < V_{m,2}$.

1.1.3.6 Proceso a presión constante o isobárico

Aquellos sistemas químicos que ocurren en recipientes abiertos, se da un proceso a presión constante más que a volumen constante. Hay procesos químicos que ocurren a presión constante en donde el sistema absorbe una cantidad positiva de calor, llamados procesos endotérmicos, y otros que producen calor (liberación de calor) llamados procesos exotérmicos

1.2 Creación de equipo experimental y su utilización

Diseño se refiere al plan o estrategia concebida para responder a las preguntas de investigación. El diseño señala al investigador lo que debe hacer para alcanzar sus objetivos de estudio, contestar las interrogantes que se ha planteado y analizar la certeza de las hipótesis formuladas en un contexto en particular. Si el diseño está concebido, el producto final de un estudio tendrá mayores posibilidades de ser válido. No es lo mismo seleccionar un tipo de diseño que otro; cada uno tiene sus características propias.

El primer requisito de un experimento puro es la manipulación intencional de una o más variables independientes. La variable independiente es considerada como supuesta causa en una relación entre variables; es la condición antecedente, y al efecto provocado por dicha causa se le denomina variable dependiente (consecuente). Un experimento se lleva a cabo para analizar si una o más variables

independientes afectan a una o más variables dependientes y por qué lo hacen.

La variable independiente resulta de interés para el investigador por ser la variable hipotética. El investigador manipula la variable independiente y observa si la dependiente varía o no. La variable dependiente se mide no se manipula, para ver el efecto de la manipulación de la variable independiente sobre ella.

El segundo requisito es medir el efecto que la variable independiente tiene en la variable dependiente. En la planeación de un experimento se debe precisar cómo se van a manipular las variables independientes y cómo a medir las dependientes.

El tercer requisito que todo experimento "verdadero" debe cumplir es el control o validez interna de la situación experimental. En la estrategia de la investigación experimental, "el investigador no manipula una variable sólo para comprobar lo que le ocurre con la otra, sino que al efectuar un experimento es necesario realizar una observación controlada".

Crear un equipo significa planear y diseñarlo de modo que reúna las características pertinentes para desarrollar un experimento o una práctica según el tema de investigación.

En el diseño de un equipo debe seguirse una secuencia completa de pasos para asegurar que el diseño es el apropiado, así mismo elegir los materiales y accesorios adecuados para su construcción, estableciendo algunos criterios de diseño según sea el caso; no olvidando las variables de operación, obteniéndose un análisis objetivo que conduzca a deducciones válidas con respecto al experimento establecido.

1.2.1 Recipientes llenos de gas ideal inerte

La energía disponible para un trabajo exterior, como consecuencia de una desintegración rápido del recipiente, se calcula suponiendo que el gas dentro del mismo se expande de forma adiabática hasta alcanzar la presión atmosférica.

En los casos de recipientes para alta presión con paredes gruesas, la energía de deformación del recipiente puede contribuir a la energía disponible, pero para recipientes por debajo de 20 MN/m² (200 bar. manométrico) tal efecto es despreciable y puede ignorarse

La energía disponible se disipa de varias maneras; por ejemplo, energía de deformación hasta el momento del fallo, energía de deformación plástica en los fragmentos, energía cinética de los mismos, generación de la onda de presión, energía cinética del contenido del recipiente, energía térmica en el contenido del recipiente, etc.

En el equipo a construir es necesario que se tome en cuenta que el líquido utilizado en el equipo como líquido de transmisión debe tener algunas propiedades como: compatibilidad con el gas, baja presión de vapor, calor específico elevado, viscosidad baja, inflamabilidad baja, punto de fusión bajo, conductividad térmica elevada, inmiscibilidad con el gas, coste reducido y disponibilidad fácil

1.2.2 Diseño de tanques y tuberías

La temperatura mínima de diseño debe ser la más baja a la que pueda someterse al tanque, teniendo en cuenta la temperatura mínima del material que accede al mismo, la temperatura mínima a la

que el material puede autorrefrigerarse por evaporación rápido de líquidos a bajo punto de ebullición, o a la que pueda refrigerarse mecánicamente, así como la temperatura mínima ambiental de la zona donde se localice el tanque

En la instalación de un tanque para almacenamiento, la buena práctica de diseño debe incluir el de un drenaje y un venteo. Los tanques para almacenamiento a baja presión son particularmente susceptibles de resultar dañados si no se siguen unas prácticas correctas de venteo.

Un venteo que no funciona adecuadamente en todo momento puede causar daño al tanque, bien por presiones demasiado altas, bien por presiones demasiado bajas

Las tuberías deben diseñarse con número mínimo de uniones, accesorios y válvulas. Las uniones deben ser embridadas o soldadas a tope. Las uniones roscadas no deben usarse. Deben eliminarse pulsaciones de vibración severa. Deben evitarse los fuelles de expansión, las conexiones flexibles y el equipo de vidrio.

1.2.3 Combustión

Para que arda un líquido es necesario que primero se produzca vapor en su superficie. Muchos líquidos de uso común generan concentraciones inflamables de vapores en aire, sin necesidad de calentarse y algunas veces incluso a temperaturas bastante por debajo de las del ambiente, un ejemplo de estos es la gasolina. Otros líquidos como el fuelóleo y el queroseno, necesitan calentarse hasta que se produce vapor suficiente para dar lugar a una concentración inflamable.

Cuando la concentración de vapor es demasiado baja, hay combustible insuficiente para quemar; cuando dicha concentración es demasiado alta, existe oxígeno insuficiente para lo mismo

La inflamabilidad de una sustancia depende intensamente de la presión parcial de oxígeno en la atmósfera que la rodea. El uso de aire enriquecido con oxígeno o del oxígeno puro puede incrementar de manera importante los riesgos de las reacciones de combustión.

También se encuentran los halógenos como agentes oxidantes que pueden reaccionar de manera exotérmica con combustible convencional y mostrar un comportamiento propio de la combustión, como lo es el oxígeno

1.2.4 Riesgo de vacío

Ha habido muchos incidentes en recipientes que estaban diseñados para presiones internas de 25 psig o superiores, han colapsado bajo vacío. La presión interna de diseño no es una indicación buena de vacío de diseño. Si el equipo puede estar sujeto a vacío, conviene diseñarlo para vacío total. Ello puede eliminar la necesidad de dispositivos complicados tales como válvulas e instrumentos para alivio, sin embargo resulta más caro diseñar un equipo para vacío total.

1.2.5 Importancia de los manuales y/o instructivos

“Entre los elementos más eficaces para el desarrollo o funcionamiento de un programa, equipo, administración, etc.; así como su mantenimiento se destaca lo relativo a los manuales, ya que

facilitan el aprendizaje al personal o usuarios, proporcionan la orientación precisa que requiere la acción humana en el ámbito operativo, de ejecución o administrativo; pues son una fuente en las cuales se trata de mejorar y orientar los esfuerzos del personal o usuarios, para lograr la realización de las tareas que se le han encomendado. Los manuales son probados en la práctica como puntos de referencia para la instrucción del nuevo personal o usuarios” (Ref. 6)

“Los manuales representan una herramienta indispensable para toda empresa u organización, ya que les permite cumplir con sus funciones y procesos de una manera clara y sencilla pues contienen la información necesaria para que los usuarios o personal utilicen correctamente el equipo, programas, o puedan administrar”. (Ref. 6)

“A escala mundial los procedimientos administrativos y tecnológicos vienen a transformarse en rutinas que al paso del tiempo se van modificando con el desempeño mismo de las tareas cotidianas, el creciente grado de especialización, como consecuencia de la división del trabajo, hace necesario el uso de una herramienta que establezca los lineamientos en el desarrollo de cada actividad dentro de una estructura organizacional”. (Ref. 6)

“Así pues los manuales representan una alternativa para este problema, ya que son de gran utilidad en la reducción de errores, en la observancia de las políticas del organismo, facilitando la capacitación de nuevos empleados, proporcionando una mejor y más rápida inducción a empleados en nuevos puesto, pues deben presentarse de forma que sea entendible para el personal o usuarios”. (Ref. 6)

En este sentido las organizaciones con visión futurista, están en la búsqueda constante de mejorar cada día los procedimientos que ayudan a la completa realización de funciones a cabalidad y dentro de estas herramientas se cuenta con uno de los más utilizados como son los manuales.

La finalidad de los manuales es que permiten plasmar la información clara, sencilla y concreta. A través de esta herramienta se orienta y facilita el acceso de información a los miembros de la organización, mediante cursos de acción cumpliendo estrictamente los pasos para alcanzar las metas y objetivos obteniendo buenos resultados para la misma.

Documento elaborado sistemáticamente en el cual se indican las actividades, a ser cumplidas por los miembros de un organismo y la forma en que las mismas deberán ser realizadas, ya sea conjunta ó separadamente. Con el propósito de ampliar y dar claridad a la definición, se incluyen algunos conceptos de diferentes autores.

1.2.5.1 Ventajas de los manuales

Entre las principales ventajas de los manuales se encuentran las siguientes:

- Son un compendio de la totalidad de funciones y procedimientos que se desarrolla en una organización, elementos éstos que por otro lado sería difícil reunir.
- La gestión administrativa y la toma de decisiones no quedan supeditadas a improvisaciones o criterios personales del funcionario actuante en cada momento.

- Clarifican la acción a seguir o la responsabilidad a asumir en aquellas situaciones en las que pueden surgir dudas respecto a qué áreas debe actuar o a que nivel alcanza la decisión o ejecución.
- Mantienen la homogeneidad en cuanto a la ejecución de la gestión administrativa y evitan La formulación de la excusa del desconocimiento de las normas vigentes.
- Sirven para ayudar a que la organización se aproxime al cumplimiento de las condiciones que configuran un sistema.
- Son un elemento cuyo contenido se ha ido enriqueciendo con el transcurso del tiempo.
- Facilitan el control por parte de los supervisores de las tareas delegadas al existir

1.2.5.2 Estructura de un manual

1.2.5.2.1 Encabezamiento

Este debe tener el nombre de la empresa u organización; departamento, sección o dependencia en las cuales se llevan a cabo los procedimientos descritos. Título bastante bueno que de idea clara y precisa de su contenido y, el índice o tabla de contenido de un criterio de relación de los elementos que contiene el manual.

1.2.5.2.2 Cuerpo del manual

Este debe contener la Descripción de cada uno de los términos o actividades que conforman el procedimiento, con indicaciones de cómo y cuando desarrollar las actividades

1.2.5.2.3 Glosario de términos

Al final del manual se deben incluir los anexos o apéndices como complementos explicativos de aquellos aspectos del manual que lo ameriten, la fecha de emisión del procedimiento para determinar su vigencia y el nombre de la entidad responsable de la elaboración del manual y su contenido.

1.2.5.3 Beneficios de los manuales

- Flujo de información administrativa.
- Guía de trabajo a ejecutar.
- Coordinación de actividades.
- Uniformidad en la interpretación y aplicación de normas.
- Revisión constante y mejoramiento de las normas, procedimientos y controles.
- Simplifica el trabajo como análisis de tiempo.

2 METODOLOGÍA

2.1 Localización

La localización de las instalaciones para el diseño, la construcción y la parte experimental se llevaron a cabo en los siguientes lugares:

- Para el diseño y la construcción, se llevó a cabo en el Laboratorio de Procesos de Manufactura de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Para la parte experimental, se realizó en el laboratorio de Físicoquímica de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Salones de Clase de la facultad de ingeniería de la USAC.

2.2 Recursos humanos

- Investigador: Br. José Carlos Méndez Cutzal
- Asesor: Ing. Qco. Federico Guillermo Salazar
- Elementos de Prueba: Estudiantes del área de físicoquímica de la Escuela de Ingeniería Química

2.3 Criterios de diseño

El presente trabajo de graduación se refiere al diseño y construcción de un equipo que pueda medir las propiedades físicoquímicas de los gases, cuyo objetivo principal es de uso didáctico, el cual dirigido para los

estudiantes que cursen el área de fisicoquímica y por lo tanto se tomaron en cuenta los siguientes criterios de diseño:

- a.** Los materiales de construcción son livianos pero resistentes: se requiere que el equipo no sea tan pesado para que pueda ser fácilmente manejado por un máximo de dos personas, pero que al mismo tiempo presente la suficiente resistencia mecánica para que no se destruya con el manejo y su operación.
- b.** Facilidad de uso del equipo: se requiere que sea de fácil operación para cualquier estudiante que este cursando el área de fisicoquímica pueda utilizarlo sin ninguna complicación, contando para ello con un manual del usuario, que le servirá como una guía excepcional y poder sacarle mas provecho al uso del equipo. Se procura que para la operación baste un mediano conocimiento.
- c.** Capacidad de operación: es indispensable que el equipo sea lo suficientemente resistente para manejar un máximo de 70 libras de presión y 35 °C de temperatura que es el punto donde el material de PVC utilizado en el equipo (según su numero de cédula 400CL-20H, ver figura 34 del apéndice) tiene comportamiento elástico. Cabe destacar que las propiedades del PVC en su punto de deformación plástica son 120 y libras de presión, 70 °C de temperatura, esto tomando en cuenta un rango de seguridad que casi es del doble de su capacidad de operación.
- d.** Disponibilidad local de los materiales: se procura que los materiales utilizados en la construcción del equipo sean fáciles de conseguir en el mercado local, esto debido a que los materiales sufran deterioro o un percance.

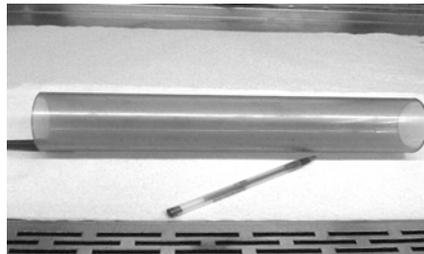
- e. Factor económico: Este trabajo de graduación no cuenta con el apoyo económico de la Escuela de Ingeniería Química, ni de la Facultad de Ingeniería o de alguna entidad, por lo que todo es financiado por el investigador. Este factor es de mucha importancia ya que en la selección y compra de los materiales se busco que fueran de menor costo, mas sin embargo anteponiendo la calidad de los materiales.

2.4 Materiales de construcción

Partiendo de los criterios de diseño establecidos, se eligieron los siguientes materiales para su construcción:

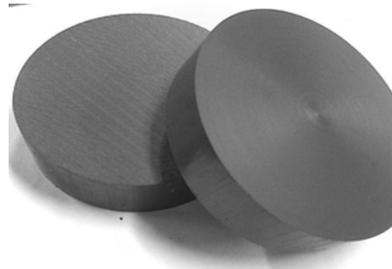
- Tubos de PVC (polivinilo de cloro) semitransparente de 4 mm de pared, como recipiente contenedor del gas (analito) a analizar.

Figura 1. Tubo de PVC



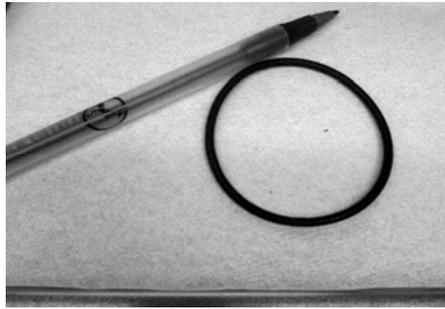
- Cilindros de PVC, para las tapaderas de los cilindros, de 20 mm de espesor por 4 pulgadas de diámetro.

Figura 2. Cilindros de PVC



- O-ring (empaques), como sellador para las tapaderas en los tubos, 46 mm de radio interno y 2.5 mm de grosor.

Figura 3. O-ring



- Tee de cobre y Niples de cobre de 1/8 de pulgada, como conectores de las corrientes.

Figura 4. Tee y niple de cobre



- Manómetro de analógico, como medidor de presión.

Figura 5. Manómetro analógico



- Barra roscada grado 2 de 3/8 de pulgada, funcionan como espárragos para unir las tapaderas que están separadas por el tubo de PVC.

Figura 6. Barra roscada



- Termómetro digital, como medidor de temperatura en grados centígrados (°C).

Figura 7. Termómetro digital



- Válvulas de laboratorio de PVC, permitirán el paso de la corriente de aceite que ejercerá la presión dentro de lo tubos o para drenar el mismo.

Figura 8. Válvulas de Laboratorio de PVC



- Plancha de hierro negro de ¼ de pulgada, servirá como la base del equipo.

Figura 9. Plancha de Hierro



- Manguera hidráulica de 1/8 de pulgada, servirá como conductor del aceite entre un tubo y otro.

Figura 10. Manguera Hidráulica



- Tuercas y roldadas, servirán para ajustar y asegurar los espárragos en los tubos y tapaderas.

Figura 11. Tuercas y Roldadas



- Compresor

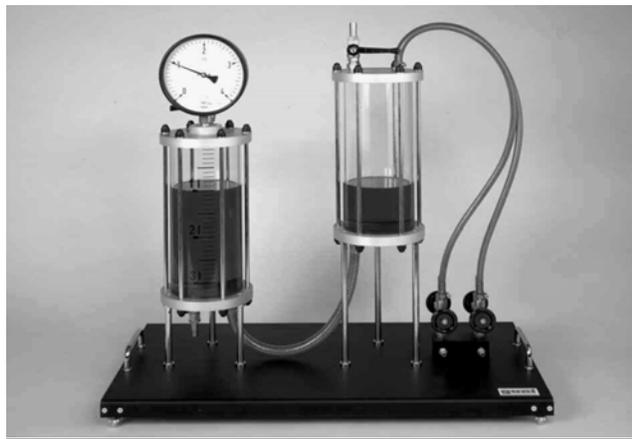
Figura 12. Inflador



2.5 Diseño del Equipo

Como el objetivo principal de la construcción del equipo es únicamente didáctico, se diseñó para que su uso y funcionamiento fuese lo más factible posible desde los puntos de vista técnico y académico. La idea empezó con el diseño de un equipo que demuestra la ley de Boyle-Marriot (Figura No.13), motivo por el cual al equipo se le establece el nombre de “*Boyle-Méndez Primero*”, este patrón permitió establecer las bases para los criterios de diseño bajo los cuales se rigió e inició dicho trabajo de graduación.

Figura 13. Equipo demostrativo de la ley de Boyle-Marriot



Fuente: G.U.N.T. Gerätebau GmbH

Hay que aclarar que el equipo inicial que se definió como patrón no es más que una referencia y no como una copia u imitación del mismo, ya que los alcances que pretende el equipo "*Boyle-Méndez Primero*" va mas allá que la demostración de una ley si no que reúne o trata de realizar ensayos que permitan al estudiante entender o afirmar las distintas teorías de los gases.

Una vez establecido una guía, bajo la cual se inicio el trabajo, se trazo un plano de este último el cual se muestra en la figura 30 del apéndice, esto permitió realizar un bosquejo en el cual se pudiera adaptarse a un equipo que cumpliera con los objetivos de este trabajo y hacerle todos los cambios posibles.

Entre los cambios realizados se tuvieron los siguientes:

- Las dimensiones de los tubos, son de 2 pulgadas de diámetro y de material de PVC de color semitransparente.
- El tamaño de la base es de 75mm X 45mm y es de hierro negro, esto dará una cierta resistencia mecánica a los movimientos, y suficiente espacio superficial para colocar en la misma base el compresor.
- La entrada del aire se cambio de dos a una sola entrada, debido a que solamente se trabajara con presión positiva.

Tomando siempre en cuenta las variables de diseño, se empezó con el análisis de diseño con un segundo plano (Figura 31 del apéndice), esto debido a que en el primer plano se noto que al área superficial que tenía la tapadera para el tubo era un poco pequeña, entonces se hizo un arreglo geométrico, de tal forma que se redujera los espacios para que se llegara a conectar 2 válvulas de laboratorio y el termómetro digital como lo muestran las figuras 14 y 15.

Figura 14. Vistas del dibujo en 3D de las tapaderas inferiores

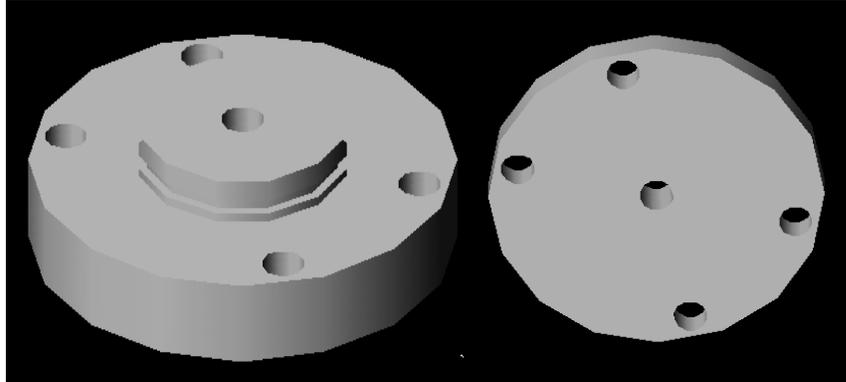
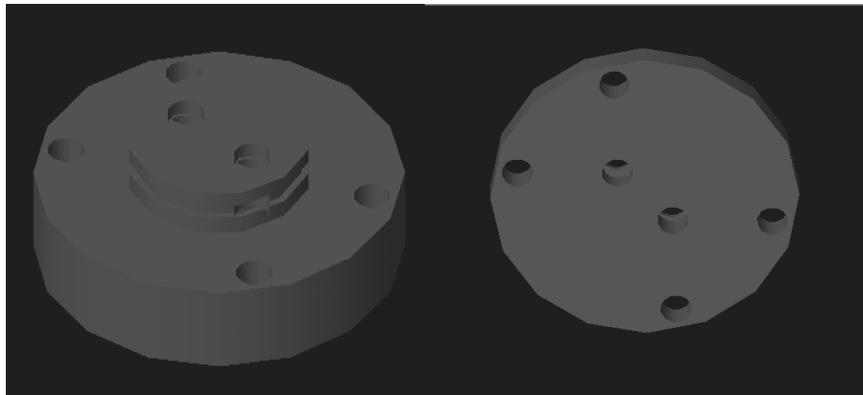


Figura 15. Vistas del dibujo en 3D de las tapaderas superiores.



2.6 Construcción del Equipo “Boyle-Méndez Primero”

Se construyó el equipo “Boyle-Méndez Primero” un equipo que en principio se destino para la medición y el control de las propiedades termodinámicas de los gases, pero por la falta de presupuesto se limitó solo a la medición de ellas como lo son la presión y la temperatura. Cabe destacar también que se medirá el volumen del gas. Las medidas del equipo son de 75 cm de largo X 45 cm de ancho X 45 cm de alto, un plano más detallado del equipo de las medidas se encuentra en la figura 3 del apéndice.

Las medidas de los tubos de PVC de 2 pulgadas se eligieron en base a los criterios de diseño. Estos tubos necesitaron de una rectificación en sus extremos para que al tener contacto con las tapaderas existiera el menor espacio posible para evitar las fugas, lo cual se logro con la ayuda de un torno, así como lo muestra la figura 16.

Figura 16. Rectificación de los tubos en el torno



Seguidamente de la rectificación de los tubos se procedió hacer la misma rectificación a los cilindros de PVC y posteriormente se empezaron desgastar por unos de los extremos a los cilindros, de tal forma que se lograra tener un cilindro con dos radios diferentes como lo muestran las figuras 17 y 18.

Figura 17. Rectificación de los cilindros de PVC en el torno

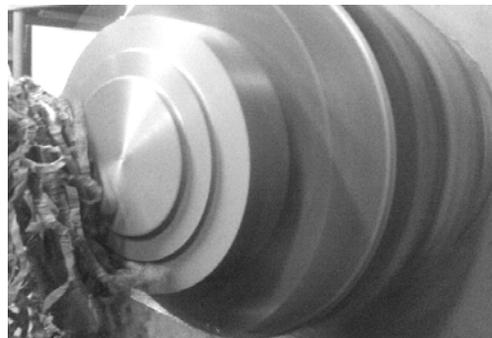
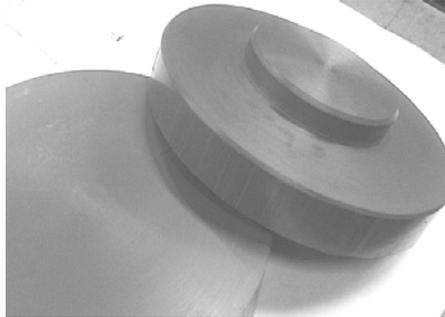


Figura 18. Cilindros ya rectificados



El motivo por el cual se optó por tener esta forma a los cilindros, es debido a que así se lograrían menos fugas de los gases debido a la presión y tener mediciones más precisas.

Con el diseño de las tapaderas para los cilindros ya hechas se necesitaba tener un sello que asegurara las posibles fugas, por lo que se le ajustó un O-ring (Figura 3) a la parte más angosta de la tapadera, nuevamente con el torno se le hizo una pequeña ranura donde se colocaría el accesorio que funcionaría como sellador, como lo muestran las figuras 19 y 20.

Figura 19. Taladrado para la ranura del O-ring

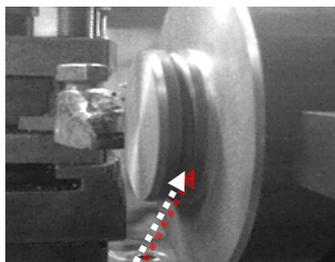


Figura 20. Tapadera con O-ring



Ya con las tapaderas terminadas y con su o-ring ajustado, con la ayuda de un taladro se le abrieron agujeros en el centro y perímetro a las 4 tapaderas, los cuales fueron distribuidos geométricamente, lugares que serán ocupadas por las barras roscadas (figura 6) y que servirán como apoyo de los cilindros para la base de hierro, así como lo muestran las figuras 21 y 22.

Figura 21. Tapadera marcada

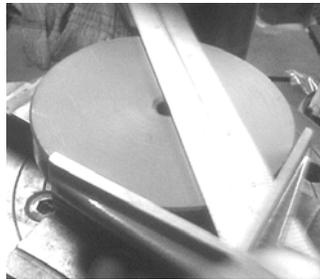


Figura 22. Tapadera ya perforada



Cabe destacar que todos los agujeros se les hicieron rosca de 1/8 en el centro y de 3/8 en el perímetro, como lo muestra la figura 23.

Figura 23. Avellanado de las tapaderas



Como parte final se pintaron las tapaderas con pintura de poliuretano, esto último se realizó debido a la presentación del equipo dando así una mejor presentación, de la misma manera se retocaron los tubos de PVC primeramente lijándolos y después cubrirlos de con una capa transparente de poliuretano. Terminado de ajustar las piezas, se empezó a armar el equipo, dando como resultado el equipo “*Boyle-Méndez Primero*” terminado. La forma de ir acoplado una por una las piezas se describe en la siguiente tabla.

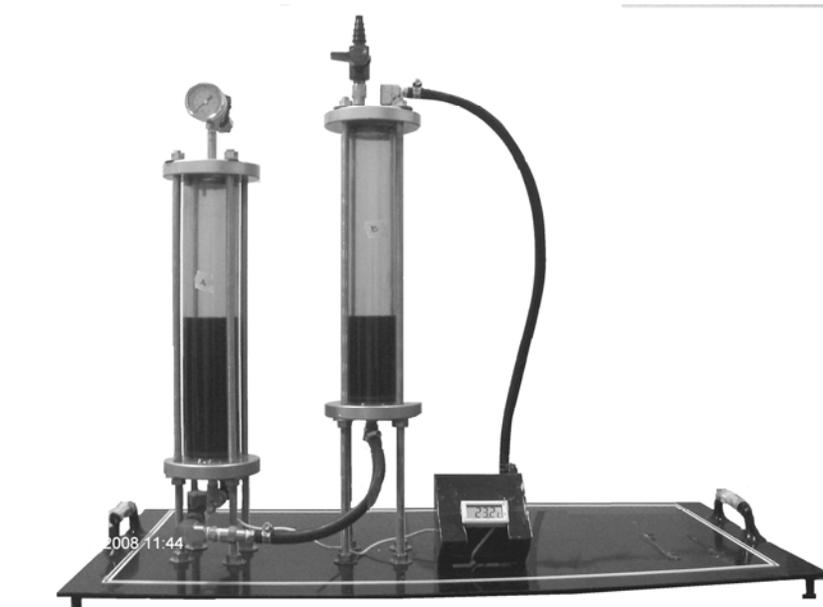
Tabla I Descripción de la armazón del equipo “*Boyle-Méndez Primero*”

PIEZAS O ACCESORIOS	DESCRIPCION
Plancha de hierro	Se perforó la plancha de acuerdo al plano realizado, quedando así ordenados los accesorios y las piezas.
Barra roscada	Se cortaron las barras de acuerdo al tamaño de los tubos (1pie) y se dejaron a 2 pulgadas de la superficie de la plancha, seguidamente ingresándolas por los agujeros de esta ultima. Se ajustaron con roldanas y tuercas por debajo y sobre la plancha de hierro.
Tubos y tapaderas de PVC	Con las tapaderas ya hechas a la medida de los tubos de PVC, se ajustaron ambas piezas por presión y para evitar fugas se les agrego pegamento, funcionando esté también como un sellador. Se realizo la misma función para las tres tapaderas restantes.
Tubos y tapaderas de PVC	Con los tubos y tapaderas ya como solo una pieza, se le introdujeron las barras roscadas por los agujeros de las tapaderas que se

	encuentran en el perímetro de las mismas. Para ajustar la pieza nuevamente se utilizaron tuercas y roldanas, por la parte inferior y superior de los tubos.
Niples	Estos van en la parte inferior y superior de las tapaderas y sirven como conectores, a uno de los lados se le agrego teflón al otro lado no. La parte sin teflón es la que va conectada a la tapadera, la otra sirve para conexión de la Tee de cobre. En total se utilizaron seis niples de 1/8" y uno de 1/4 ".
Tee de cobre	Estas se conectaron seguidamente de los niples pero únicamente en un tubo, que es el que va hacer objeto de medición así como contenedor del analito. Se utilizaron un total de tres, dos en el tubo y una en la salida de la corriente de aire en el compresor.
Válvulas de laboratorio	Estas se conectaron en uno de los extremos de la Tee de cobre de la parte superior y en ambos lados de la Tee que se encuentra en la parte inferior. También se ajusto una válvula que servirá como válvula de escape en el tubo que va a contener el aceite hidráulico. Además se instalo una válvula mas en la salida del aire del compresor, esta ayudara a regular la compresión. En total se utilizaron cuatro válvulas de 1/4" y una de 1/8", las primeras con su adaptador a 1/8".
Manguera	Esta se conecto seguidamente de las válvulas; van ajustadas con su respectivo fitting y abrazadera para dar mayor seguridad y así

	evitar posibles fugas. Se colocó además para darle una mayor extensión al inflador de pedal.
Inflador de pedal	Se colocó a un costado de los tubos y está con una extensión de manguera para que pueda ser colocado en el piso y poder pedalear sin ningún problema.
Termómetro digital y manómetro	Estos dos accesorios fueron los últimos en colocar debido a su sensibilidad, ya que son el corazón del equipo " <i>Boyle-Méndez Primero</i> ". El termómetro cuenta con su termocupla que es la única parte que va dentro del tubo. El manómetro fue conectado en la parte superior del tubo y anexo a una Tee de cobre.

Figura 24. Equipo armado y terminado



2.7 Metodología experimental

2.7.1 Reactivos y equipo a utilizar en la experimentación

2.7.1.1 Reactivos

- Aire, es abundante y gratis.
- Gases Nobles, entre ellos argón, neón y helio, por ser gases inertes, adquisición rápida y algunos a moderado costo.
- Halógenos, entre ellos cloro y yodo (posiblemente), el manejo de estos necesita de experiencia, es riesgoso y de precio un poco alto.

2.7.1.2 Equipo

- Inflador de pedal
Capacidad máxima: 100 libras / pulgada²
- Termómetro digital
Lectura máxima: 99.9 grados Celsius
Lectura mínima: - 40 grados Celsius
- Manómetro análogo
Lectura máxima: 60 libras / pulgada²
Lectura mínima: 0 libras / pulgada²

2.7.2 Método experimental de cómo realizar el ensayo con el equipo “Boyle-Méndez Primero”.

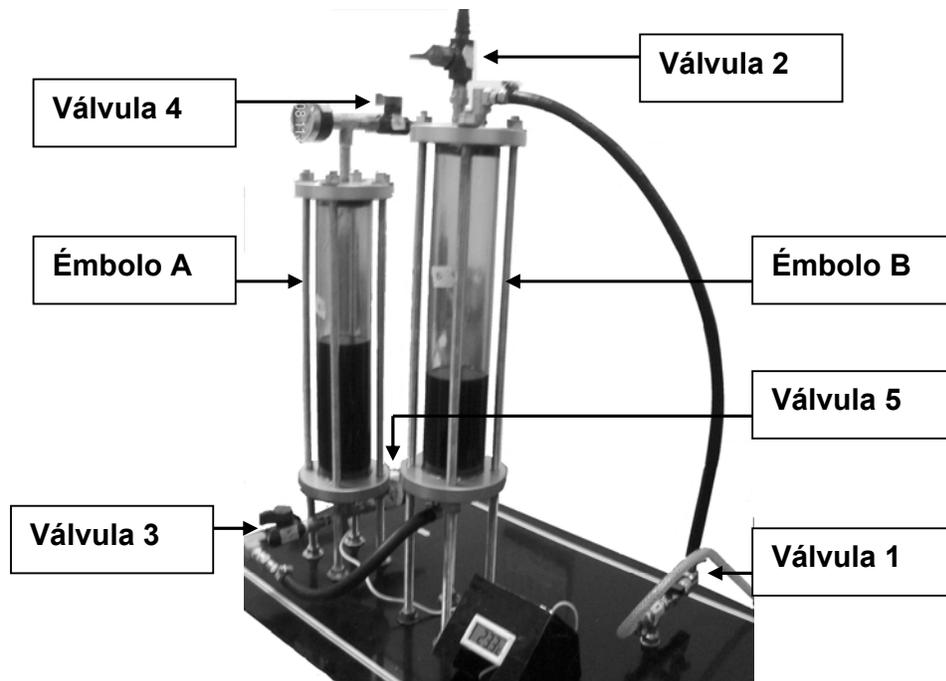
El equipo “Boyle-Méndez Primero” cuenta con un juego de válvulas y un par de émbolos, los cuales para su fácil ubicación se han identificado

con números y letras mayúsculas respectivamente, estos mismos se detallan en la figura 25.

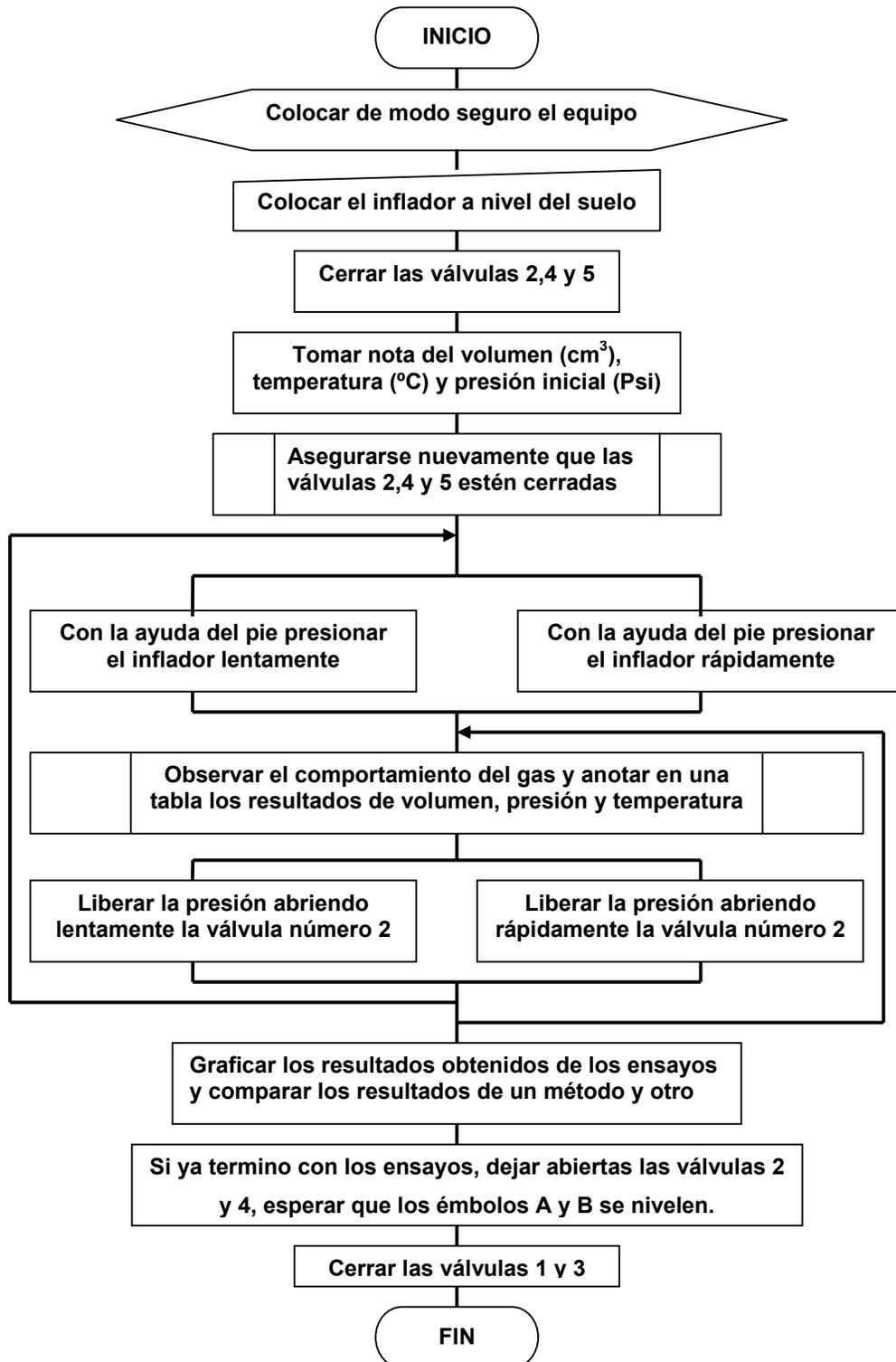
- a. Colocar de modo seguro el equipo, que es sobre una mesa de base ancha, plana (80X50 centímetros), forma horizontal y mirando hacia el frente las letras que identifica cada émbolo.
- b. Colocar el inflador de pedal a nivel del suelo de manera que sea fácil y cómodo al momento de pedalear con el pie.
- c. Asegurarse que todas las válvulas con las que cuenta el equipo estén abiertas. Excepto la válvula número cinco que siempre debe de estar cerrada
 - **NOTA:** La válvula número cinco (5) no debe de ser abierta por ningún motivo, ya que puede ocasionar el derrame del aceite hidráulico que se encuentra en el émbolo A, solo se debe de abrir en caso del cambio del aceite o cambio del gas a analizar.
- d. Cerrar únicamente las válvulas número dos (2) y cuatro (4).
- e. Tomar nota de los datos iniciales de presión y temperatura, en libras/pulgada² y grados Celsius (°C) respectivamente.
- f. Asegurarse nuevamente que las válvulas número dos (2) y cuatro (4) estén cerradas correctamente.
- g. Con la ayuda del pie presionar el inflador que se ubica en el suelo de forma lenta, para que el aceite que se encuentra en el émbolo B se desplace al émbolo A.
 - **NOTA:** Para liberar la presión obtenida en el émbolo B, abrir lentamente la válvula número dos (2) hasta dejar totalmente descomprimado el sistema.
- h. Anotar los resultados de presión y temperatura en una tabla. Registrar por lo menos cuatro datos de cada uno de los parámetros.
- i. Liberar la presión abriendo la válvula número dos (2).
- j. Repetir el paso número 7, solo que ahora el inflador se debe de pedalear más rápido que la primera vez.

- k. Anotar los resultados de presión y temperatura en una tabla. Registrar por lo menos cuatro datos de cada uno de los parámetros, vera que los datos sufren cambio en menos tiempo, especialmente la temperatura.
- l. Liberar la presión abriendo la válvula número dos (2).
- m. Repetir las veces que sean necesarias y por favor no olvide de anotar sus resultados.
- n. Graficar los resultados obtenidos de los ensayos.
- o. Si ya termino con los ensayos, dejar abiertas las válvulas número dos (2) y cuatro (4). Esperar que los émbolos A y B se nivelen.
- p. Cerrar las válvulas una (1) y tres (3).
- q. Colocar el inflador sobre la base del equipo con su respectivo seguro, y por último tape el equipo.

Figura 25. Detalle de válvulas del equipo “Boyle-Méndez Primero”



2.7.3 Diagrama de flujo del ensayo.



3 ANÁLISIS ECONÓMICO

3.1 Compra de los materiales en el mercado local

Para realizar este trabajo de graduación se realizó un análisis económico en donde se tomaron los siguientes aspectos:

- Para la compra de los tubos se optó por comprar material de PVC debido a la disponibilidad, su bajo costo y las propiedades que presenta este polímero, su precio es de Q 90.00/pie. Otra opción pudo haber sido el policarbonato pero su elevado costo de Q 2,200.00/pie limitó la compra.
- Para las tapaderas de los tubos el material de PVC resultó también ser muy bueno, no solo por su precio y disponibilidad sino por su fácil moldeo en el torno, este material ofrece también buena resistencia mecánica y corrosiva, su precio es de Q 755.00/pie. Opciones como el acero inoxidable o hierro, resultan ser buenas pero su elevado precio y fácil corrosión respectivamente, los hacen vulnerables.
- La plancha se compró de acero al carbón, en comparación con otros materiales como el acero inoxidable o el PVC, el precio resultó ser más económico, da buena resistencia mecánica a los movimientos, su pequeño inconveniente es el peso. Su precio es de Q 97.00/pie².
- Válvulas de bola, estas son de PVC, soportan tolerables temperaturas, corrosión y presiones de hasta 125psi. Su precio es de Q 275.00/válvula. Además se utilizó una válvula de cobre de 1/8 de pulgada, especial para regular el paso del aire, su precio es de Q 60.59. Se pudieron haber utilizado más válvulas

de cobre pero su desmontaje o limpieza futura puede ser complicada. En total se utilizaron cinco.

- Para conectar las diferentes corrientes con las que cuenta el equipo, se utilizaron accesorios de cobre entre ellos: niples, Tee, codos, fittings y adaptadores de 1/4 a 1/8 de pulgada; sus precios son Q 7.30/unidad, Q 12.00/unidad, Q 10.57/unidad y Q 9,55/unidad, respectivamente.
- Manguera hidráulica, para la compra se tomo en cuenta la presión que se va a manejar en el equipo, la cual no sobre pasa los 70psi. El precio es de Q 40.00/pie. Existieron más materiales y accesorios que fueron necesarios para la construcción del equipo, los cuales se describen en la Tabla II.

3.1.1 Costo de los materiales y accesorios

Tabla II Costo de materiales y accesorios para la construcción del equipo “Boyle-Méndez Primero”

Material o accesorio	Precio unitario (Quetzales)	Cantidad comprada	Costo Total (Quetzales)
Plancha de hierro	97.00/pie ²	3.09pie ²	299.73
Tuvo de PVC	90.00/pie	4 pies	360.00
Cilindro de PVC	437.80/pie	0.6 pie	262.69
Válvula de bola de PVC ¼ pulgada	208.00	4	832.00
Válvula de bola mixta 1/8 pulgada	60.59	1	60.59
Niple de cobre de 1/8 pulgada	7.30	10	73.00
Niple de cobre de ¼ pulgada	7.50	1	7.50
VAN			1 895.51

VIENEN			1895.51
Manguera hidráulica de ¼ de pulgada	31.50	3 pies	94.50
Roldada negra 3/8 de pulgada	0.15	50	7.50
Tee cobre rosca NPT de 1/8 de pulgada	12.00	3	36.00
Termómetro digital con termocupla	116.00	1	116.00
Abrazadera de ¼ de pulgada	2.34	8	18.72
Adaptador cobre de 1/8 a ¼ de pulgada	10.57	5	52.85
Tornillo hexagonal Rosca extrafina	5.63	1	5.63
Tuerca hexagonal de 3/8 de pulgada	0.25	50	12.50
Barra roscada 3/8 de pulgada. Grado 2	11.50	4	46.00
Aceite hidráulico marca ATF	16.50	1	16.50
Base para termómetro digital	35.00	1	35.00
Codos de cobre de 1/8 de pulgada	12.35	4	49.40
Manómetro análogo	40.00	1	40.00
Inflador de pedal	59.10	1	59.10
Manguera	2.50 /pie	3 pie	7.5
Subtotal			2 492.71
TOTAL			2 492.71

3.1.2 Costo de materiales y accesorios no contemplados

Tabla III Costo de materiales y accesorios no contemplados para la construcción del equipo “Boyle-Méndez Primero”

Material o accesorio	Precio unitario (Quetzales)	Cantidad comprada	Costo Total (Quetzales)
Lagartos para batería (par)	3.55	1	3.55
Cinta eléctrica No.320	2.50	1	2.50
Tapón macho de 1/8 de pulgada	6.66	1	6.66
Cinta sella roscas	5.70	2	11.20
Pegamento para PVC	15.00	1	15.00
Pegamento epóxico transparente	30.00	1	30.00
Tornillos busca rosca de 10*3/4	0.21	5	1.06
Tornillos busca rosca de 10* ½	0.17	5	0.84
Spray plateado	15.00	1	15.00
Base para batería	40.00	1	40.00
Compresor	125.00	1	125.00
Subtotal			250.37
TOTAL			250.37

3.1.3 Mano de obra

La mano de obra directa para la construcción del equipo fue a cargo del investigador y con la ayuda de un técnico del Laboratorio de Procesos de Manufactura de la Universidad de San Carlos de Guatemala, siendo esta última persona la única que intervino para la construcción. Si se tomara en cuenta la mano de obra directa se estima que su precio sería como lo indica la tabla IV.

Tabla IV Cálculo de mano de obra directa para la construcción del equipo “Boyle-Méndez Primero”

Mano de obra directa	Cantidad	Costo por día (Quetzales)	Total de días	Costo Total (Quetzales)
Operario	2	61.61*	8	985.76

*El costo por día se calculó en base al sueldo mínimo por trabajo en el campo de Q.46.67/día más Q.14.94/día que incluyen proporcionalmente el bono 14, el aguinaldo, la indemnización y por aparte la bonificación de ley de Q 250.00 / mes.

Algunas de las partes del equipo no fueron manufacturadas en el laboratorio por lo que se contó con mano de obra indirecta, la cual consistió en una mejor presentación, por lo que se pintaron las tapaderas, cilindros y base con un recubrimiento de pintura de poliuretano. Esto no tuvo costo alguno ya que fue donado, pero por razones de costos se estima y se detalla el precio de pintura y mano de obra por las partes indicadas en la tabla V.

Tabla V Mano de obra indirecta para la construcción del equipo “Boyle-Méndez Primero”

Mano de obra indirecta	Cantidad	Costo Total (Quetzales)
Operario	1	650.00

Tabla VI Costo Total para la construcción del equipo “Boyle-Méndez Primero”

Descripción	Cantidad (Quetzales)	Cantidad (Quetzales)
Costo de los materiales y accesorios	2 492.71	
Costo de materiales y accesorios no Contemplados	250.37	
Inversión		2 743.08
Mano de obra directa	985.76	
Mano de obra indirecta	650.00	
Costo mano de obra		1 635.76
COSTO TOTAL DEL EQUIPO		4 378.84

4. RESULTADOS

4.1 Diseño y construcción del equipo

El diseño y la construcción del equipo “*Boyle-Méndez Primero*” fueron fundamentales en este trabajo de graduación, ya que se pusieron de manifiesto los principios y conceptos de la Ingeniería Química; donde se llevo a cabo por medio de un modelo, y bajo ciertos criterios de diseño un equipo original, el cual sufrió varios cambios durante su construcción debido a factores de materiales y costos primordialmente. El diseño obtenido finalmente logró reunir las características de bajo costo y de fácil uso, ya que fue construido para que estudiantes de la carrera de Ingeniería Química lo utilizaran sin ningún problema y se relacionarán fácilmente con él.

Para la construcción del equipo se utilizaron materiales encontrados en el mercado nacional, aunque algunas de las piezas fueron manufacturadas. Al final se obtuvo un equipo resistente, económico y sobre todo de uso didáctico para los estudiantes,

4.2 Equipo de uso didáctico

El objeto principal de este trabajo de graduación es construir un equipo que pudiera ser utilizado por los estudiantes, por lo que su fin es únicamente de uso didáctico, esto pensando en poder ayudar a los estudiantes de Ingeniería Química de la Facultad de Ingeniería en la Universidad de San Carlos de Guatemala, los cuales hicieron uso del equipo y además creen que trabajos como este facilitan y ayudan a comprender de mejor manera la temática de los gases.

4.3 Validación

De una muestra de 24 estudiantes comprendidos de los cursos de Termodinámica 3 y Fisicoquímica 1 que es donde se trata la temática de los gases, la validación se llevo a cabo por medio de los estudiantes al utilizar el equipo, con los cuales se obtuvieron los siguientes resultados:

La totalidad de los estudiantes a los que se les ofreció utilizar el equipo se prestaron para el ensayo, con lo que se observo la buena voluntad de los estudiantes al realizar practicas como esta. La participación fue notoria.

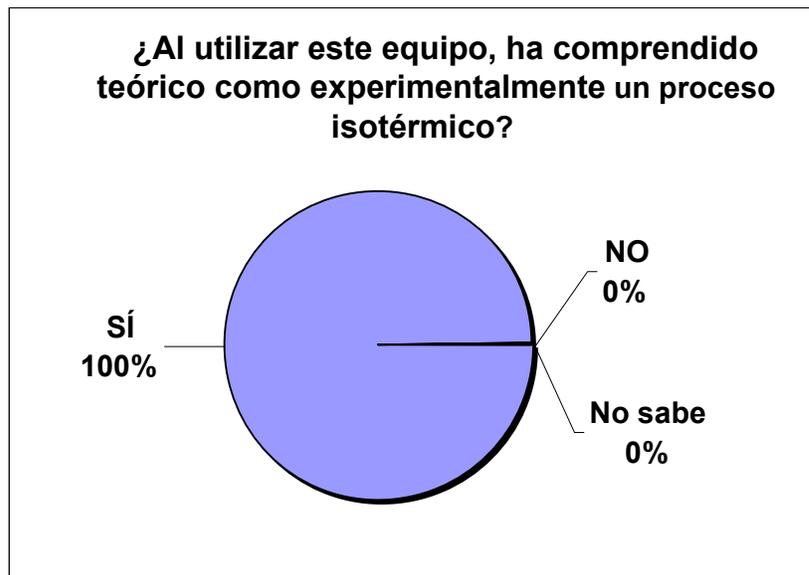
Figura 26. Disposición de los estudiantes utilizar el equipo.



Fuente: Boleta de validación

El 100% de los encuestados respondieron que habían comprendido el fenómeno de un proceso isotérmico que se había realizado en el equipo “*Boyle-Méndez Primero*” e hicieron saber su comentario positivamente. A los estudiantes se les dio una charla previa al uso del equipo con lo que ellos empezaron y utilizaron el equipo.

Figura 27. Comprensión de un proceso isotérmico.



Fuente: Boleta de validación

El apoyo que ofreció el equipo al comprender el tema de los gases, ayudara a los estudiantes comprender de mejor forma los temas relacionados en su curso del área de fisicoquímica o con otros cursos. Como lo muestra la siguiente figura todos los encuestados creen que el tema puede o esta relacionado con distintos temas del área.

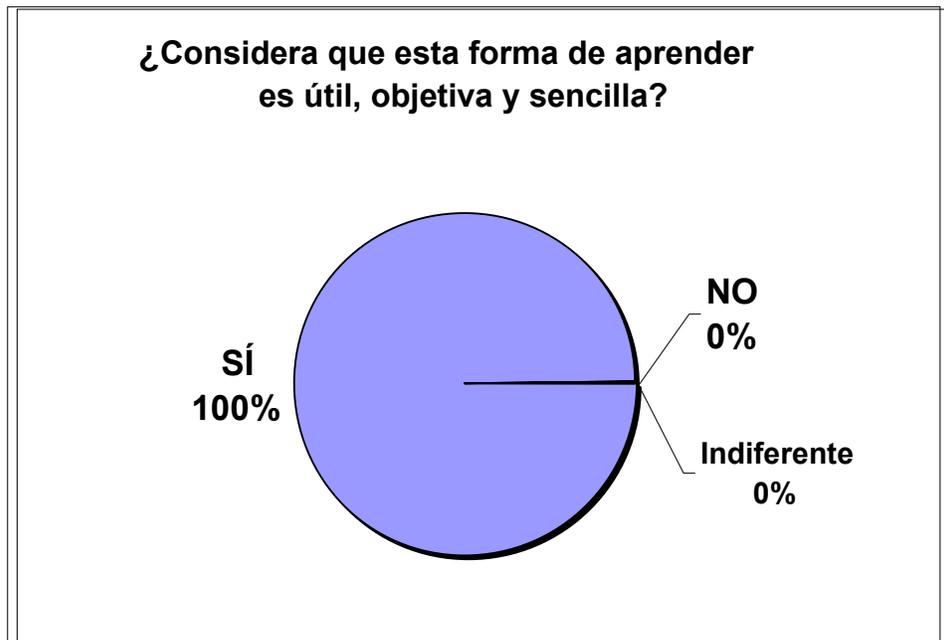
Figura 28. Relación de un proceso isotérmico con otros temas.



Fuente: Boleta de validación

Como se observa en la figura 29 la totalidad de los estudiantes consideran esta una forma útil, objetiva y sencilla de aprender los temas relacionados con los gases, dando como resultado la comprobación de la hipótesis formulada al inicio del trabajo.

Figura 29. Comprensión de un proceso isotérmico



Fuente: Boleta de validación

CONCLUSIONES

1. La utilización de equipo didáctico para experimentos sobre propiedades de estado, diseñado y construido a bajo costo, en los laboratorios de la Facultad, el cual favorece el aprendizaje de los estudiantes de Ingeniería Química
2. Según los resultados de la encuesta el uso de equipos en los salones de clase, como el equipo "*Boyle-Méndez Primero*", permite percibir los temas de una forma más clara y concisa, logrando un proceso de aprendizaje eficiente, motivador y duradero.
3. El uso de equipos en los salones de clase promueve la participación individual y grupal, logrando en los estudiantes la inquietud por desarrollar sus propios modelos o prototipos de equipos.
4. La construcción del equipo "*Boyle-Méndez Primero*" tuvo un costo total de Q 4 378.84, pero con la ayuda de personas ajenas y los laboratorios de la Facultad de Ingeniería requirió solo una inversión de Q 2 743.08, logrando así reducir los costos en un 38% haciéndolo rentable.
5. Al utilizar aire en el equipo como único analito del ensayo, lo vuelve inerte y barato, haciéndolo de esta forma aun más rentable para la educación.
6. Con el equipo "*Boyle-Méndez Primero*" puede realizarse y demostrarse un proceso isotérmico para un gas.

7. El equipo se queda en calidad de donación para que sea utilizado y mejorado por catedráticos y estudiantes del área de fisicoquímica.

RECOMENDACIONES

1. Para tener mejores resultados de los datos obtenidos en el equipo, se sugiere leer el manual del equipo, ya que éste contiene información necesaria para hacer un mejor ensayo, así como los cuidados que se deben de tener además de las normas de seguridad.
2. El equipo puede servirle al docente como un complemento para el contenido del curso, convirtiéndose en una herramienta muy útil logrando así una mejor atención y captación por parte de los estudiantes de ingeniería, optimizando así el tiempo destinado para su período.
3. Debe contemplarse una ubicación exclusivamente para el equipo, evitando de esta manera que pueda averiarse o desajustar alguna pieza.
4. Como una mejora al equipo, se recomienda la implementación de un controlador de temperatura digital (pirómetro) con su respectiva resistencia, así como también una chaqueta de fibra de vidrio, para poder experimentar procesos a volumen y presión constante.
5. Se recomienda darle un mantenimiento mensual y limpieza superficial al equipo cada vez que se utilice, así como una revisión de válvulas, mangueras, cilindros y accesorios, para evitar posibles fugas o deterioro del equipo.

6. Al momento de cualquier anomalía debe detenerse el uso del equipo y, hasta que no sea solucionado el problema no se debe seguir con su uso.

7. Realizar actividades conjuntas a este método de enseñanza, como complemento tales como: hojas de trabajo, investigaciones, exámenes, exposiciones, etc.

8. La Escuela de Ingeniería Química debe implementar programas de ayuda para el estudiante que desee desarrollar este tipo de trabajos en beneficios de él mismo y sobre todo, en mejora de nuestra Escuela y Facultad, ya que hay mucho interés y poco apoyo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Laidler Keith J. y John H. Meiser. **Fisicoquímica**, 1ra. ed. en español de la 2ª. ed. en inglés. México, Compañía Editorial Continental, 2003. 980 pp
2. Perry Robert H. y otros. **Manual del ingeniero químico**. 4ª. ed en español de la 7ª. ed en inglés (volumen I y volumen IV) España, McGraw Hill, 2001
3. Centro Interamericano de Investigación y Documentación sobre Formación Profesional CINTERFOR. **Competencia Laboral, ¿Qué es la evaluación de competencias laborales?** Artículo electrónico de la Organización Internación del Trabajo OIT, actualización 28/02/2007 (08 de mayo de 2007) disponible en www.cinterfor.org.uy
4. Fernández March Amparo. **Nuevas metodologías docentes, aprendizaje eficaz en las metodologías**. Boletín electrónico de la Universidad Politécnica de Valencia, febrero 2005. (14 de marzo de 2007) disponible en:
www.upm.es/estudios/eduSup/actividades/Nuevas_metodologias_docentes/NUEVAS_METODOLOGIAS_DOCENTES.pdf -
5. Pombo José L. **Aprender haciendo, pensando descubriendo y reflexionando** (en línea) UTecNoticias :: Número 7 - Docencia: Aprender haciendo..., 2,004 (22 de marzo de 2007) disponible en:
<http://www.frbb.utn.edu.ar/utec/7/n04.html-8k-extension@frbb.utn.edu.ar>

6. Hamm Karina. Diseño de un manual de procedimientos administrativos de entradas y salidas de materiales importados en la empresa Nacional Oilwell de Venezuela C. A. Anaco edo. Anzoátegui. Publicación de trabajo de graduación Instituto Universitario de Tecnología de Administración Industrial IUTA sede nacional Anaco estado Anzoátegui. Venezuela, febrero 2004 (08 de mayo de 2007)

BIBLIOGRAFÍA

1. FARRINGTON, Daniels, "***Experimental Physical Chemistry***", 7ma Edición en inglés, McGraw-Hill, Estados Unidos, 1970. Pág. 45-52.
2. Daniel Enrique Domínguez. Diseño y elaboración de una aplicación computacional para el estudio del equilibrio de fases y su desarrollo en el manejo de la información experimental en el laboratorio de fisicoquímica 2. Trabajo de Graduación, Ing. Química. Guatemala, USAC, Facultad de Ingeniería, 2006.
3. José Francisco Monzón Monroy. Diseño y construcción de un secador solar portátil destinado para la producción de carne deshidratada de lombriz roja californiana (*eisenia foetida*) para su posible utilización en la fortificación de alimentos para consumo humano. Trabajo de Graduación, Ing. Química. Guatemala, USAC, Facultad de Ingeniería, 2006.
4. José Franco. Diseño de un simulador por computadora de procesos de evaporación en una línea de evaporadores de múltiple efecto. Trabajo de Graduación, Ing. Química. Guatemala, USAC, Facultad de Ingeniería, 2005.
5. Gil S. y E. Rodríguez. Experimentos de física usando nuevas tecnologías (en línea) Publicación de Física re-Creativa, 22 de abril de 2000 (11 de abril de 2007) disponible en:
www.fisicarecreativa.com/libro/exper_propuest.html-10k

ANEXOS

A. Formato de encuesta realizada a los estudiantes que cursan el área de fisicoquímica

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

1. Por qué cree que al estudiante se le complica aprender la temática de los cursos que abarcan el área de fisicoquímica

2. Cuál de las siguientes opciones de enseñanza ayudaría a que el estudiante aprenda fácilmente lo mencionado en la anterior

Clases Magistrales	<input type="checkbox"/>
Aulas Virtuales	<input type="checkbox"/>
Laboratorios Prácticos y/o teóricos	<input type="checkbox"/>
Investigaciones y/o experimentos realizadas por el estudiante	<input type="checkbox"/>
Otros	<input type="checkbox"/>

3. Le gustaría que las metodologías de enseñanza-aprendizaje fueran más dinámicas a través de experimentación y práctica

Si No

4. El proyecto consistió en diseñar y construir un equipo para la enseñanza en Ingeniería Química sobre los Procesos Termodinámicos de los Gases Ideales, está dispuesto a utilizar este equipo

Si No

5. Al utilizar este equipo, ha comprendido teórico como experimentalmente lo que es un Proceso Isotérmico.

Si No

6. Cree que con este experimento comprenderá otros temas que estén relacionados con el mismo

Si No No sabe/no aplica

7. Considera que esta forma de aprender es útil, adecuada, objetiva y sencilla

Si No No sabe/no aplica

B. Resultados gráficos de la encuesta realizada

Figura 30 Resultado de la pregunta 2 de la encuesta realizada.

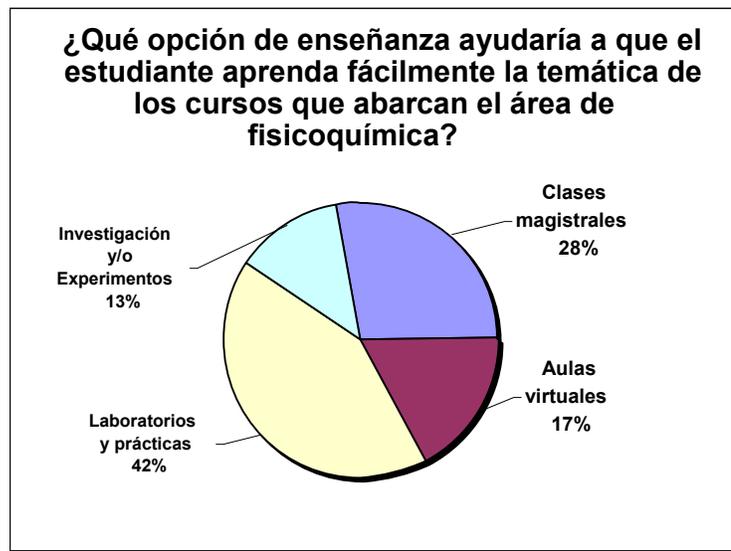


Figura 31 Resultado de la pregunta 3 de la encuesta realizada.



C. Determinación del volumen en el émbolo A del equipo

Herramienta de medición: Vernier

Marca: Mitutoyo

Serie: 00157822

Medición mínima: 00.01 mm

Tabla VII Medición del diámetro interno del tubo de PVC.

	Día			
	1	2	3	4
Medida (Centímetros)	5.110	5.135	5.100	5.100
	5.100	5.120	5.095	5.095
	5.105	5.030	5.110	5.110

Fuente: Medición de Laboratorio

Promedio = 5.101 cm = diámetro interno

radio = diámetro interno / 2

radio = 5.101 / 2

radio = 2.550

$$\text{Volumen}_{\text{cilindro}} = \pi \cdot R^2 \cdot H$$

Donde:

R = radio interno del tubo de PVC

H = altura del tubo de PVC

$$\text{Volumen}_{\text{cilindro}} = \pi \cdot R^2 \cdot H$$

$$\text{Volumen}_{\text{cilindro}} = (3.1416) \cdot (2.550 \text{ cm})^2 \cdot (30.22 \text{ cm})$$

$$\text{Volumen}_{\text{cilindro}} = 617.342 \text{ cm}^3$$

D. Datos de ensayos, utilizando el equipo “Boyle-Méndez Primero”

Los siguientes datos son de un ensayo realizado por alumnos

Tabla VIII Datos obtenidos del primer ensayo.

P (Psi)	V (Cm³)	T (°C)	P*V (Psi* Cm³)
0.00	295.00	19.70	0
2.00	235.00	19.80	470
6.00	195.00	19.80	1170
9.00	165.00	19.80	1485
12.00	145.00	19.90	1740
15.00	125.00	19.90	1875
18.00	120.00	20.00	2160

Fuente: Ensayo de clase

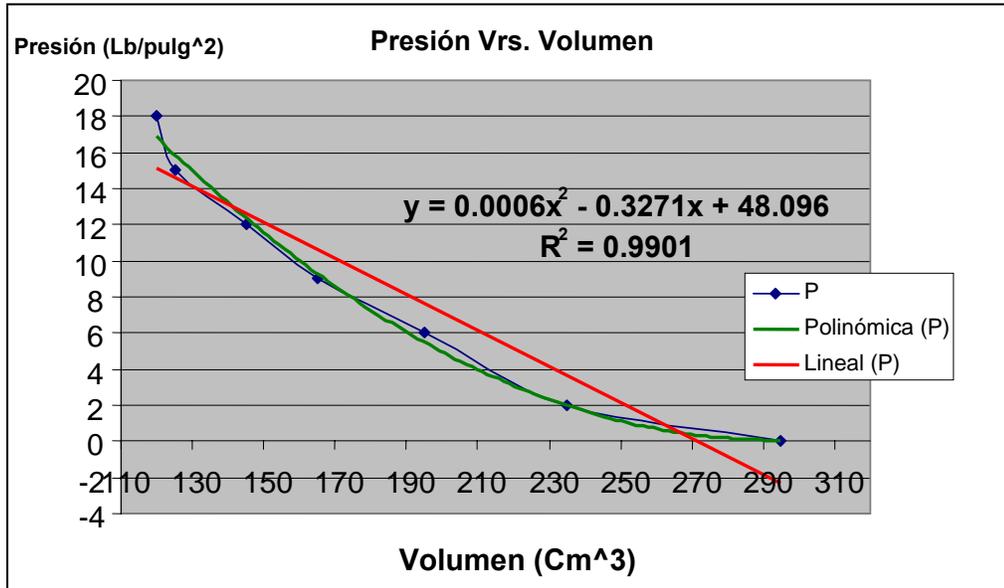
Tabla VIII Datos obtenidos del segundo ensayo.

V (Psi)	P (Cm³)	T (°C)	P*V (Psi* Cm³)
530	0	20.4	0
425	3	20.5	1275
355	6	20.6	2130
305	9	20.7	2745
270	12	20.7	3240
240	14	20.7	3360
215	17	20.7	3655
200	20	20.8	4000
185	22	20.8	4070
170	25	20.9	4250
160	27	20.9	4320
150	30	20.9	4500
130	35	21.0	4550

Fuente: Ensayo de clase

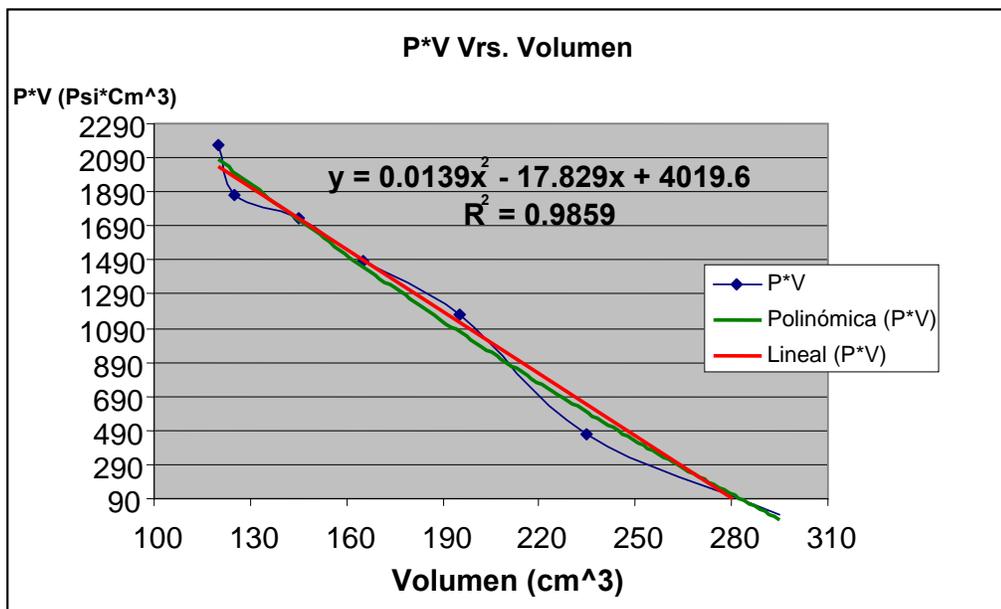
Las siguientes graficas se obtuvieron con los datos del primer ensayo.

Figura 32 Diagrama P*V Vrs. V, Aire de 19.70 °C a 20.00°C



Fuente: Ensayo de Clase

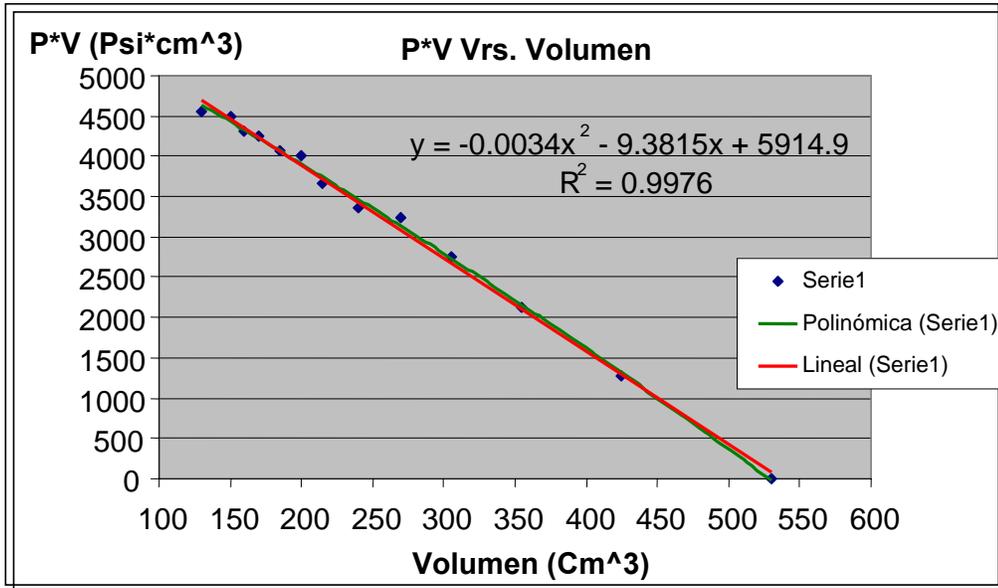
Figura 33 Diagrama P*V Vrs. V, Aire de 19.70 °C a 20.00°C



Fuente: Ensayo de Clase

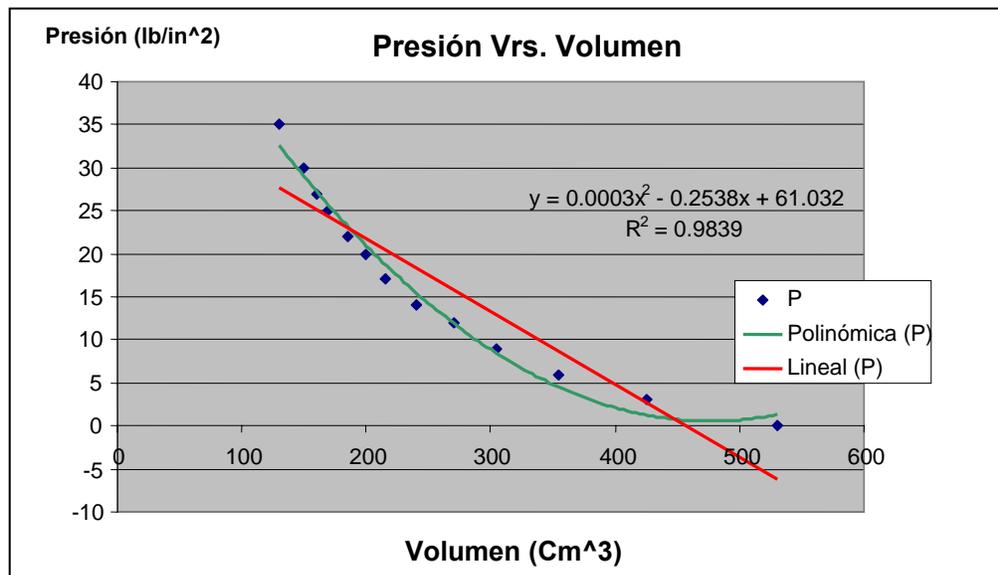
Las siguientes graficas se obtuvieron con los datos del segundo ensayo.

Figura 34 Diagrama P*V Vrs. V, Aire a 21°C



Fuente: Ensayo de Clase

Figura No.35 Diagrama P Vrs. V, Aire a 21°C



Fuente: Ensayo de Clase

E. Plano del equipo

Figura 36. Plano inicial del equipo “Boyle-Méndez Primero”.

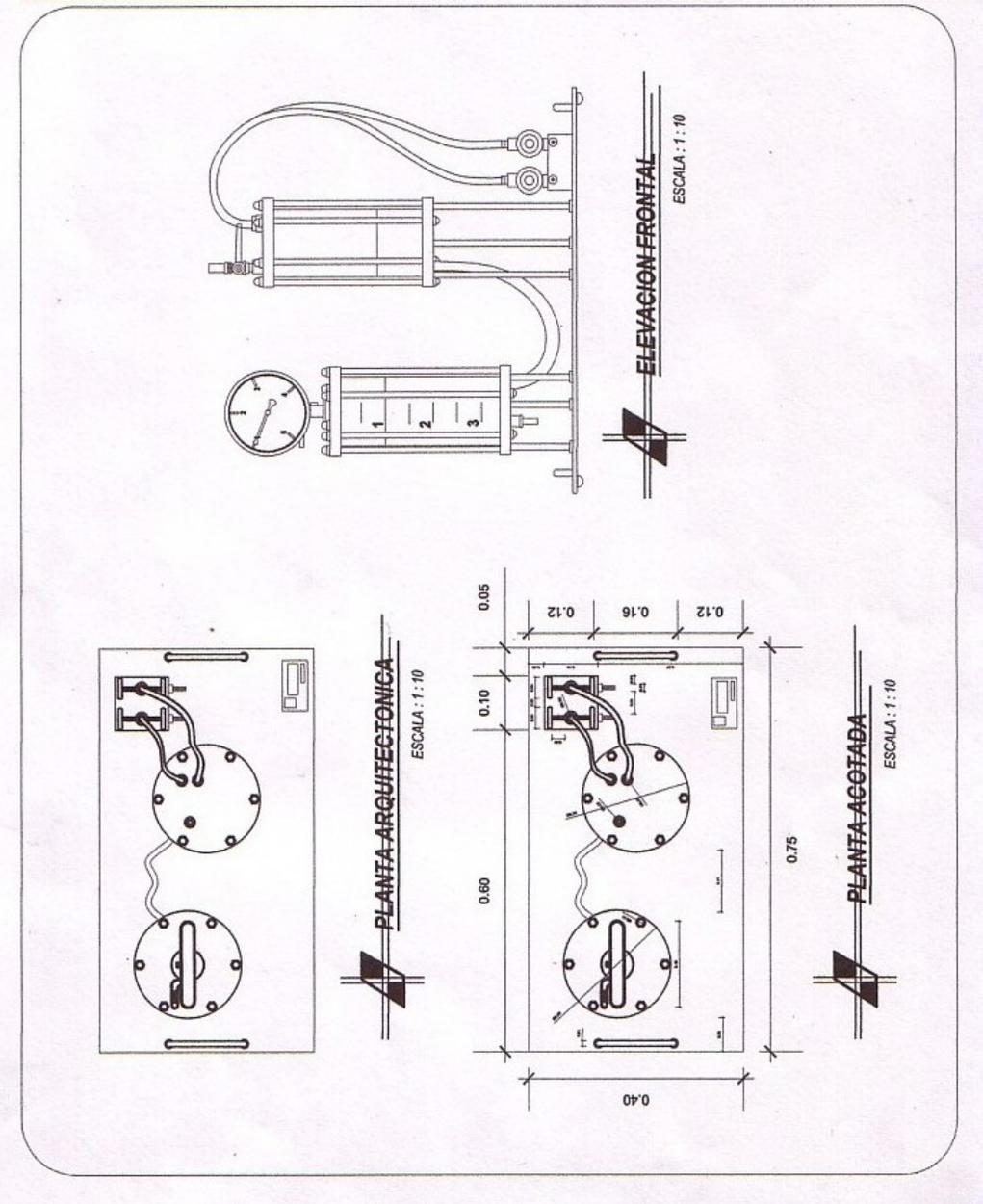


Figura 37. Plano modificado del equipo “Boyle-Méndez Primero”.

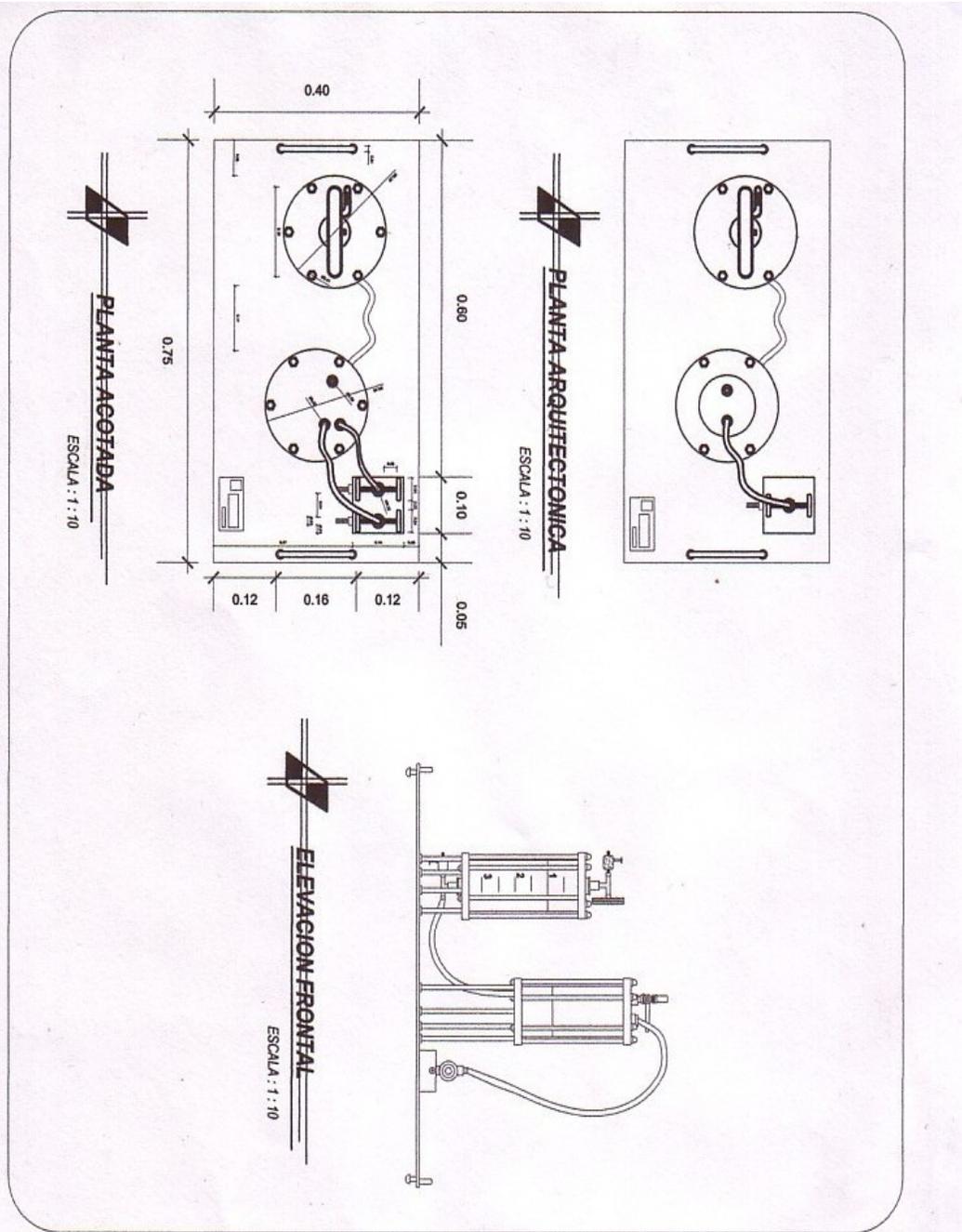


Figura 38. Plano final del equipo "Boyle-Méndez Primero".

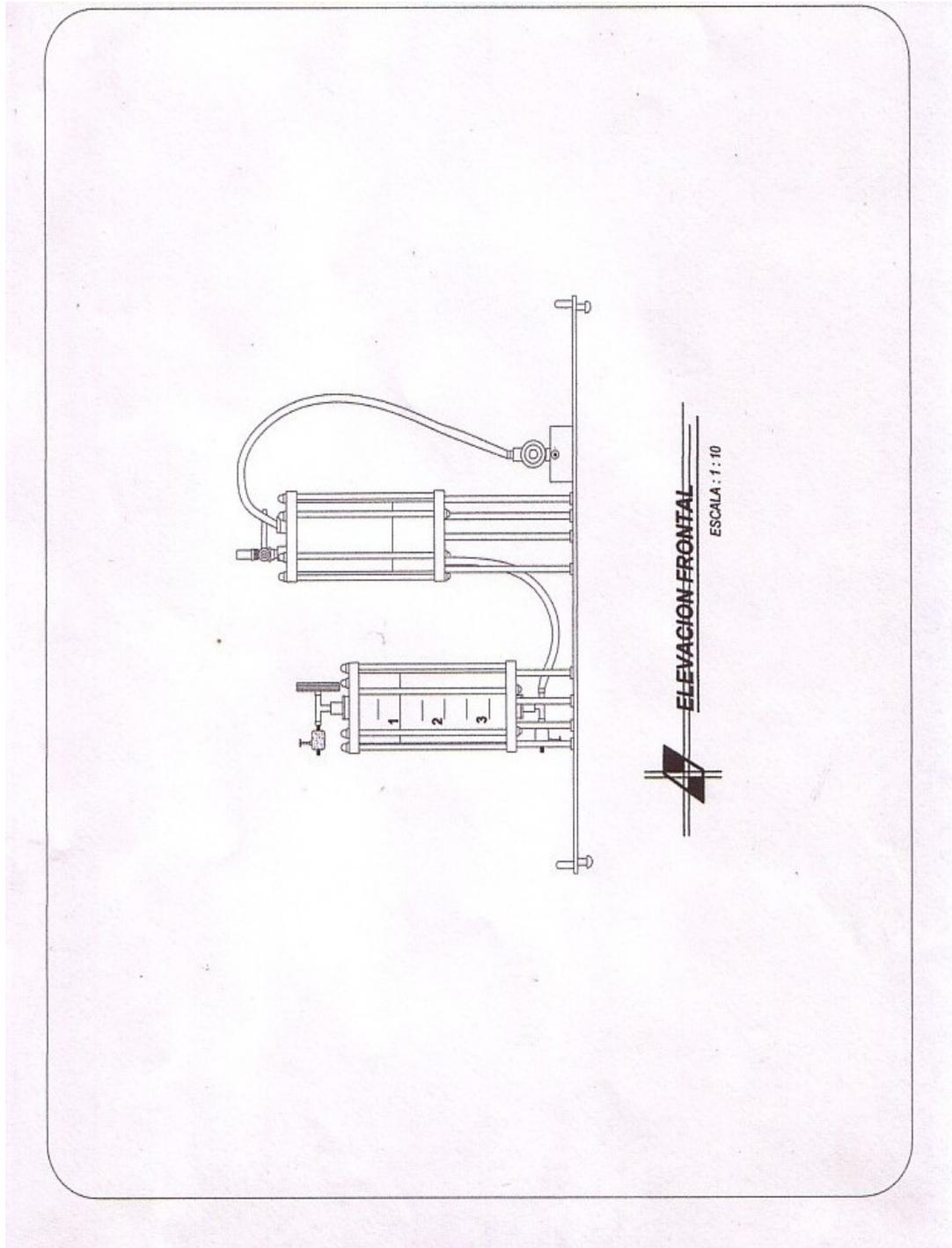


Figura 39. Plano final del equipo "Boyle-Méndez Primero".

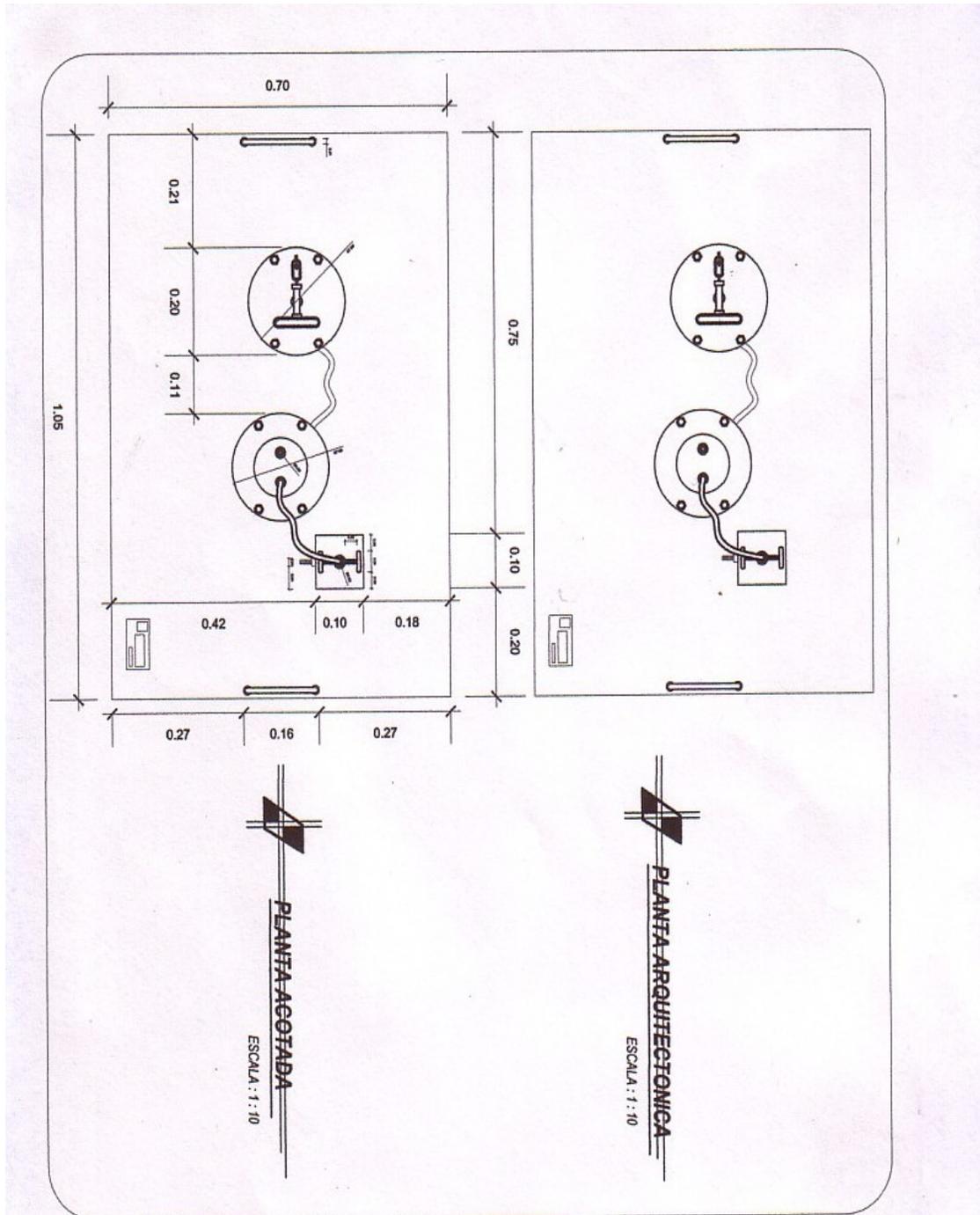
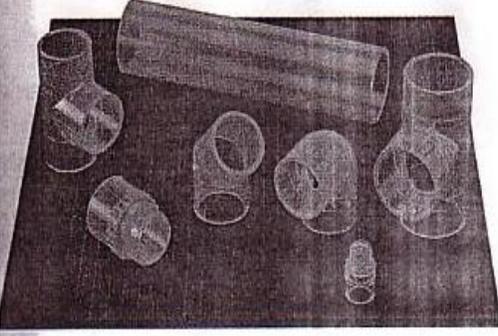


Figura 40. Tabla indicadora de presiones para tubos de PVC.

CLEAR RIGID PVC Pipe and Fittings For more information and orders call 1-800-



Near Water Clear Rigid PVC Pipe

Size (In.)	Part Number	Average O.D.	I.D.	Min. Wall Thickness	Max. Working Pressure psi	Weight/Ft.
1/4	400CL-002H	.540	.354	.088	390	.081
3/8	400CL-003H	.675	.483	.091	310	.109
1/2	400CL-005H	.840	.608	.109	300	.161
3/4	400CL-007H	1.050	.810	.113	240	.214
1	400CL-010H	1.315	1.033	.133	220	.315
1 1/4	400CL-012H	1.660	1.384	.140	180	.426
1 1/2	400CL-015H	1.900	1.592	.145	170	.509
2	400CL-020H	2.375	2.049	.154	140	.682
2 1/2	400CL-025H	2.875	2.445	.203	150	1.076
3	400CL-030H	3.500	3.042	.216	130	1.409
3 1/2	400CL-035H	4.000	3.520	.226	120	1.697
4	400CL-040H	4.500	3.998	.237	110	2.006
6x1/4	400CL-065H	6.625	6.355	.125	45	1.647
6	400CL-060H	6.625	6.031	.280	90	3.535
8	400CL-080H	8.625	7.943	.322	80	5.305

Figura 41. Cotización de acetileno como sustituto del aire en el equipo.

Productos del Aire de Guatemala, S.A. IMPRESION DE PEDIDO PAGINA: 1
FECHA.: 07/08/2008
HORA.: 10:38:21

FACPEE19
MFlohr

No. Pedido.....: 52345 Vendedor: 9-Agencia Teculután
 Fecha.....: 07/08/2008 Forma de Pago: 1-Credito (30 días)
 Sucursal.....: 01 - Agencia zona 8
 Centro operativo...: 001 - Bodega General Zona 8
 Cliente.....: 1018 - FABRIGAS,S.A.
 NIT.....: 32529-5 C. Pago Autorizado : Credito (30 días)
 Dirección Cliente.: 41 CALLE 6-27 ZONA 8
 Dirección Envío...: 41 CALLE 6-27 ZONA 8

+ - - - - Datos del Cliente - - - - + + - - - - Notas del Pedido - - - - - +

L-mite de Cr?dito .: 2,000,0000.00
 Saldo Actual: 0.09
 Saldo Vencido: 0.09
 Acepta sobregiro.....: No

PRODUCTO	CANTIDAD	PRESENTACION	PRECIO UNITARIO	SUBTOTAL
B2165002 - KAP-40B-200V CILINDRO P/ACET. CGA-300	1.00000	Unidad	1660.59040	1660.59
B2165004 - KAP-HP-40 CILINDRO P/OX. CGA-540	1.00000	Unidad	1803.84960	1803.85
BONIFICADO				
SUBTOTAL				3464.44
TRES MIL CUATROCIENTOS SESENTA Y CUATRO CON 44/100				TOTAL GENERAL 3464.44

El cliente tiene facturas con saldo vencido

3
FIRMA

Figura 43. Propiedades del PVC utilizado en el equipo “Boyle-Méndez Primero”.



PVC CLORURO DE POLIVINILO:

El Cloruro de polivinilo, distribuido por ESSA, S.A. es un plástico llamado PVC, que se compone de una combinación física de carbono, hidrogeno y cloro. El PVC es un material termoplástico, es decir, que bajo la acción del calor se reblandece, y puede así moldearse fácilmente; al enfriarse recupera la consistencia inicial conservando la nueva forma. Otra de sus muchas propiedades es su larga duración. Esta pensado y formulado para durar. Por este motivo, el PVC es utilizado a nivel mundial en un 55% de su producción en la industria de la construcción. El 64% de las aplicaciones del PVC tiene una vida útil entre 15 y 100 años, y es esencialmente utilizado para la fabricación de tubos y accesorios, ventanas, puertas, persianas, muebles, cortinas, empaques, accesorios, etc.

Propiedades:

- Resistente a la intemperie
- Peso ligero
- Inerte y completamente inocuo
- Resistente al fuego (no propaga la llama)
- Económico respecto a su relación Calidad-Precio
- Baja absorción de humedad
- Excelente aislante Térmico, Eléctrico y acústico
- Es Reciclable
- Buena resistencia química

Figura 44. Propiedades del PVC utilizado en el equipo “Boyle-Méndez Primero”.

Valores Típicos de PVC			
Propiedades	Metodo de Prueba	Unidades	PVC
FISICAS:			
Densidad	D792	libras/pulg*3	1.4
Absorcion de agua: 24 horas a 23°C (73°F)	D570	%	0.05
Flamabilidad	UL94	---	V-0
MECANICAS:			
Gravedad especifica	D792	g/cm*3	1.41
Esfuerzo último de tensión	D638	libras/pulg*3	7,000
Elongación última	D638	%	25
Módulo de Tensión	D638	libras/pulg*2	4.1x10*5
Dureza Rockwell	D785	---	R112
Resistencia al impacto	D256	pies-libra/pulg	1.3
Resistencia a la flexión	D790	libra/pulg*2	12,500
Modulo de flexión	D790	libra/pulg*2	4.2x10*5
Coefficiente de fricción 40PSI 50fp	---	Estatico/dinámico	--- Dinámico
TERMICAS:			
Punto de fusión	---	°C , °F	182 , 360
Temperatura de deflexión a 66PSI	D648	°C , °F	49 , 167
Temperatura de deflexión a 264PSI	D648	°C , °F	67 , 154
Temperatura máxima de servicio intermitente	UL94	°C , °F	--- , ---
Temperatura máxima de servicio continuo	UL94	°C , °F	71 , 160
Conductividad térmica	---	---	4
Calor específico	---	Btu / libra - °F	---
ELECTRICAS:			
Constante dieléctrica a 60Hz	D150	---	---
Factor de disipación a 60Hz	D257	---	---
Resistencia volumétrica	D150	ohm - cm	10*16
Fuerza dieléctrica	D149	V / mil	552

Material Disponible:

Barras: Diámetros: 1/8 a 10 pulgadas
Longitud: 10 pies

Láminas: 1/16 a 2 pulgadas de espesor **Tamaño:** 48x96 pulgadas



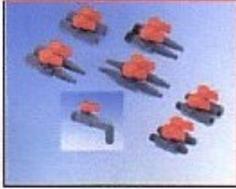
Equipos, Servicios, Sistemas Anticorrosivos, S.A.
 2ª. Calle 16-53 Zona 4, Mixco C.C. Valle del Sol Bodega # 12
 PBX: (502) 2437-2553 Telefax: (502) 2437-2573
 E-mail: marketing@essaonline.com
 Guatemala, Centroamérica
www.essaonline.com

Figura 45. Información de las válvulas de PVC utilizadas en el equipo “Boyle-Méndez Primero”.



Product Catalog

Labcock Valves®



Resources

- [Datasheet](#) - 455 kb
- [Specifications](#) - 22 kb
- [Chemical Resistance Selector](#)
- [O&M Manual](#) - 257 kb

Request Quote
Request Literature
Request Technical Help

Description

Ball valves perform a quarter turn on/off or modulating function. A flow-controlling ball located within the body of the valve contains a hole through its center along one axis, which connects the inlet and outlet ports of the body. The ball itself is held in place by, and rotates 90° within, PTFE seats. These provide permanent lubrication and keep the valve "bubble-tight." They are backed by elastomeric cushions, which provide pressure against the ball and at the same time compensate for wear. Elastomer O-rings are used for stem and carrier seals to prevent leakage to the atmosphere. In the open position, the flow is straight through with minimal pressure drop as long as the porting through the ball is the same size as the inside diameter of the pipe.

Features and Benefits

- Pressure rated at 150 psi at 120° F (water)
- Precise fingertip control
- Calibrated flow indicator
- Rugged unibody construction, sturdy stem
- Full vacuum rated, 29.9" Hg
- 90° turn operation with lever handle
- Cv = 1.6
- Optional FKM seats and stem O-ring conforming to ASTM D1784 Cell Classification 12454-A
- **NSF-61 Certified** - Size: 1/4", Material: PVC, EPDM



Certified to
NSF/ANSI 61

Figura 46. Equipo “Boyle-Méndez Primero”.

