

**PROPUESTA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA REGULACIÓN DEL
SISTEMA DE GASES ESPECIALES DEL LABORATORIO DE
INVESTIGACIONES EN QUÍMICA AMBIENTAL USTA-
BUCARAMANGA.**

**JHON ALEXANDER GOMEZ CAMARGO
ALEXANDER ARIZA NADJAR**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
SECCIONAL BUCARAMANGA
ESCUELA DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRONICA
ESPECIALIZACION EN CONTROL E INSTRUMENTACION
INDUSTRIAL
2011**

**PROPUESTA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA REGULACIÓN DEL
SISTEMA DE GASES ESPECIALES DEL LABORATORIO DE
INVESTIGACIONES EN QUÍMICA AMBIENTAL USTA-BUCARAMANGA.**

**JHON ALEXANDER GOMEZ CAMARGO
ALEXANDER ARIZA NADJAR**

**TRABAJO DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO
PARA OPTAR AL TÍTULO DE ESPECIALISTA EN CONTROL E
INSTRUMENTACION INDUSTRIAL**

DIRECTOR

**RAUL RESTREPO AGUDELO
Ingeniero Electricista, Msc.**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
SECCIONAL BUCARAMANGA
ESCUELA DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRONICA
ESPECIALIZACION EN CONTROL E INSTRUMENTACION INDUSTRIAL
2011**

NOTA DE ACEPTACIÓN

FIRMA

Nombre:
Presidente del Jurado

FIRMA

Nombre:
Jurado

FIRMA

Nombre:
Jurado

Bucaramanga, Febrero 19 de 2011

DEDICATORIA

Para todas aquellas personas que en el transcurso de nuestras vidas confiaron en nuestras capacidades, a todos aquellos que de una u otra forma han aportado en este largo caminar y en alcanzar esta meta, dedicamos este trabajo.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por todas las capacidades otorgadas.

A nuestras familias por su apoyo incondicional, su paciencia y constancia.

Al laboratorio de Investigaciones en Química Ambiental de la Universidad Santo Tomás y el personal de apoyo por permitirnos realizar el proyecto.

Al ingeniero Rafael García de Linde de Colombia, por la información brindada.

Al ingeniero Sergio Gualdrón por su inmenso apoyo y asesoría técnica y científica.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
2. JUSTIFICACIÓN	15
3. OBJETIVOS	16
3.1 OBJETIVO GENERAL	16
3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	16
4. MARCO TEORICO	16
4.1 CARACTERISTICAS DE LOS GASES ESPECIALES	17
4.2 USOS DE LOS GASES ESPECIALES	18
4.3 SISTEMAS DE SUMINISTRO PARA GASES ESPECIALES	20
4.4 SISTEMAS CENTRALIZADOS DE SUMINISTROS	21
4.5 COMPONENTES DE LOS SISTEMAS CENTRALIZADOS	23
4.6 SISTEMAS DE REGULACION DE LOS GASES ESPECIALES	23
5. METODOLOGIA	27
5.1 CARACTERIZACION TÉCNICA DE LAS REDES	27
5.2 PRUEBAS DE GASES CRUZADOS	27
5.3 PRUEBAS DE ESTANQUEIDAD	28
5.4 ESTADO DIAGNOSTICO	30
5.5 PROPUESTA DE MEJORAMIENTO	30
5.6 ANALISIS DE RESULTADOS	31
6. RESULTADOS	32
6.1 CARACTERIZACION TÉCNICA	32
6.2 PRUEBA DE GASES CRUZADOS	36
6.3 PRUEBAS DE ESTANQUEIDAD	38
6.4 FUNCIONALIDAD DE LAS REDES	44
6.5 ESTADO DIAGNOSTICO	45
7. PROPUESTA DE MEJORAMIENTO	48
8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	51
BIBLIOGRAFIA	53
ANEXOS	54

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Componentes de un regulador de presión	21
Figura 2: Diseño de caseta de gases especiales USTA	33
Figura 3. Esquema de componentes de Unidades de regulación de cilindros URC	34
Figura 4. Esquema de componentes de Unidades de regulación de puestos de Trabajo URPT	37
Figura 5: Resultados de prueba de estanqueidad línea acetileno	40
Figura 6. Resultados de Prueba de estanqueidad línea Argón	42
Figura 7: Resultados de prueba de estanqueidad línea Oxígeno	42
Figura 8: Resultados de prueba de estanqueidad línea Oxido Nitroso	44
Figura 9: Diseño del sistema de alarmas de presión según condiciones técnicas del laboratorio de investigaciones en química ambiental USTA	50
Figura 10: Central de gases del laboratorio de Investigaciones en Química Ambiental	54
Figura 11: Organización Central de gases especiales del laboratorio de Investigaciones en química Ambiental. Cilindros, unidades de Regulación de los cilindros.	54
Figura 12: Identificación de la central de gases industriales.	54
Figura 13: Unidades de regulación de los cilindros (URC)	55
Figura 14: Trayecto de Líneas de gases especiales, Tubing en acero inoxidable 1/4"	56
Figura 15: Puestos de uso de gases en el área analítica	56
Figura 16: Unidades de regulación de Puestos de Trabajo (URPT) Línea Acetileno	56

Figura 17: Unidades de regulación de Puestos de Trabajo (URPT) Línea Oxígeno pág. 57

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1: Usos de los gases especiales	19
Tabla 2. Nomenclatura de gases especiales del laboratorio de Investigaciones en Química Ambiental	33
Tabla 3: Características de regulación de las redes de gases especiales	36
Tabla 4. Demanda de flujo de gases en las pruebas más comunes, según software equipo A.A	37
Tabla 5: Resultados de pruebas de gases cruzados	38
Tabla 6: Prueba de estanqueidad Básica	38
Tabla 7: Pruebas de estanqueidad de línea acetileno	39
Tabla 8: Pruebas de estanqueidad de línea Argón	40
Tabla 9: Pruebas de estanqueidad de línea Oxígeno	41
Tabla 10: Pruebas de estanqueidad de línea Oxido Nitroso	43
Tabla 11: Funcionalidad de las redes de gases en A.A	45

RESUMEN

TITULO: PROPUESTA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA REGULACIÓN DEL SISTEMA DE GASES ESPECIALES DEL LABORATORIO DE INVESTIGACIONES EN QUÍMICA AMBIENTAL USTA-BUCARAMANGA

AUTORES: Jhon Alexander Gómez Camargo, Alexander Ariza Nadjar

FACULTAD: Ingeniería Electrónica; Especialización en control e Instrumentación industrial

DIRECTOR: Raúl Restrepo Agudelo

El laboratorio de investigaciones en química ambiental de la universidad Santo Tomás, cuenta con un sistema de gases especiales para equipos de Absorción atómica y reacciones libres. Sin embargo desde su instalación en agosto de 2009 el sistema ha presentado fallas por supuestas variaciones de presión en el punto de llegada que impiden la estandarización de las reacciones químicas y el correcto funcionamiento de los equipos. Por otra parte los equipos de control y cierre total de las líneas están ubicados a distancia por lo que en los casos de sospechas de fugas ha sido imposible controlar las pérdidas masivas de estos gases y por ende el costo que implican. El mejoramiento de los sistemas de control de las redes de gases o el rediseño de las mismas serian una estrategia que mejoraría los procedimientos analíticos que se desarrollan en el laboratorio de investigaciones en química Ambiental.

En el presente trabajo se realizó una propuesta de actividades de mejoramiento técnico para las redes de gases especiales del laboratorio de investigaciones en Química Ambiental basada en el estado diagnóstico, la caracterización de los componentes de cada una de las líneas y las demandas de uso de las mismas. Para ello se realizaron inspecciones directas, se solicitó información al proveedor, se realizaron pruebas de estanqueidad y se recolectaron datos proporcionados por los equipos de química analítica que usan los gases. La propuesta incluye la calibración y certificación de los medidores de presión, el ajuste de medidores a la escala de necesidades, la reubicación de la caseta de gases y la instalación de válvulas de emergencia y un panel de control del estado de las mismas.

PALABRAS CLAVE: GASES ESPECIALES, PRESION, CONDUCCION DE GASES, UNIDADES REGULADORAS DE PRESION.

ABSTRACT

TITLE: PROPOSAL FOR IMPROVING THE REGULATION OF GAS DELSISTEMA SPECIAL RESEARCH LABORATORY OF ENVIRONMENTAL CHEMISTRY USTA-BUCARAMANGA

AUTHORS: Jhon Alexander Gómez Camargo, Alexander Ariza Nadjar
SCHOOL: Electronic Engineering, Industrial Instrumentation and Control specialization.
DIRECTOR: Raúl Restrepo Agudelo

The laboratory's research environmental in chemistry from St. Thomas University has a special gas system for atomic absorption equipment and free reactions. However, since its installation in August 2009 the system has failed for alleged pressure variations in the arrival point for preventing the standardization of chemical reactions and the proper functioning of equipment. Moreover the control equipment and total closure of the lines are located at a distance as in cases of suspected leakage is impossible to control the massive loss of these gases and therefore the cost involved. Improved control systems of gas networks or redesigning them would be a strategy to improve the analytical procedures developed in the laboratory of Environmental Chemistry Research.

In this paper we proposed technical improvement activities for special gas networks the laboratory's research environmental in Chemistry diagnostic status based on the characterization of the components of each of the lines and the demands of use them. For direct inspections were conducted, information was requested to the supplier, were tested for leaks and collected data from analytical chemistry equipment using gas. The proposal includes the calibration and certification of pressure gauges, meters adjusting the scale of needs, the relocation of the gas house and installation of emergency valves and a control panel of the same state.

KEY WORDS: SPECIAL GASES, PRESSURE, RUNNING OF GASES, PRESSURE CONTROL UNITS.

INTRODUCCION

Los gases especiales son un grupo de elementos o compuestos químicos en estado gaseoso, con diversas e innumerables aplicaciones en la industria, la medicina y en el campo de la investigación científica y ambiental. Estos gases suelen presentarse en recipientes de almacenamiento a presión o licuados. La elección de un sistema de suministro sea tipo botella o central de gases, tiene como criterio principal la presión adecuada que garantice la seguridad en el manejo, la preservación de la pureza del mismo y el flujo continuo a los equipos, personas o reactores que lo requieran.

El sistema de gases especiales del laboratorio de Investigaciones en Química Ambiental USTA, consiste en una red de suministro de cuatro gases: Acetileno, Argón, Oxido Nitroso y Oxígeno Industrial. Los gases son aplicados en análisis químicos con un espectrofotómetro de Absorción Atómica y en reactores libres. Para estos usos los requisitos de presión constante son muy exigentes por lo que el sistema cuenta con doble regulación de la presión. Sin embargo desde su instalación en agosto de 2009 la red no ha podido ser usada de manera continua, por presentar en varias ocasiones fugas no detectables a tiempo que consumieron el contenido de los cilindros o por aparentes variaciones en la presión durante el uso lo que impide realizar análisis químicos reproducibles. Por tanto resultó perentorio establecer las características técnicas del sistema, identificar los posibles puntos críticos y proponer las adecuaciones e instalaciones que serian necesarias para garantizar el correcto funcionamiento y en condiciones seguras del sistema de gases del laboratorio.

Con este trabajo se elaboró una propuesta de actividades para el mejoramiento técnico del suministro y regulación de la red de gases especiales del laboratorio de Investigaciones en Química Ambiental USTA que al ser ejecutada permitirá optimizar el uso de los gases, los procesos realizados en los equipos de análisis instrumental y las condiciones de seguridad industrial del laboratorio.

El documento presenta inicialmente la identificación del problema a investigar y las razones para realizar este estudio técnico. Seguidamente se muestra una revisión teórica de los sistemas de suministro para gases especiales, con las características generales, sus componentes y los tipos de gases de interés en el laboratorio de investigaciones ambientales. También se describen los procedimientos para obtener la información y las pruebas de estanqueidad. Finalmente se presenta una descripción de las características del sistema y un balance diagnóstico del funcionamiento, como conclusión se hace una propuesta de mejoramiento y reajuste al sistema.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Uno de los procesos inherentes al laboratorio de investigaciones en química ambiental USTA es el manejo y control de la red de gases especiales. Durante su corto tiempo de uso las líneas han presentado problemas en el suministro de gas producto de fluctuaciones amplias y pérdidas de presión del punto de suministro al punto de llegada. Este inconveniente se asume está relacionado con la distancia y ubicación entre la central de gases (Sótano) y el laboratorio (Cuarto piso), involucrando un tramo crucial de 200 metros lineales que deben ser recorridos por un ducto desde la base del edificio hasta el cuarto piso.

Lo anterior se traduce en el mal funcionamiento de los equipos, de las técnicas y adicionalmente demanda el ejercicio informal de un control y comunicación artesanal entre el operario de equipo (Laboratorio, cuarto piso) y un auxiliar verificador y operador de los gases (Central de gases). Este ejercicio de control, lejos esta de garantizar y optimizar un buen funcionamiento de las líneas; puesto que la información que brindan las Unidades de regulación de Cilindros (URC) y Unidades de regulación de puestos de trabajo (URPT) no es en tiempo real y en cada inconveniente para poder garantizar un nuevo suministro con las condiciones ideales, se debe purgar las líneas con cada gas, generando pérdidas económicas y prácticas.

Otra situación crítica es el riesgo inherente al manejo de mezcla de gases oxidantes y comburentes al mismo tiempo y como agravante se tiene que el control de distribución final es de acceso remoto al operario y que en una eventual emergencia afectaría no solo al área de laboratorios si no también a toda la comunidad científica del lugar, puesto que no se podría tener la certeza en poco tiempo de un cierre y control total de las líneas.

2. JUSTIFICACIÓN

Las redes de transporte de gases especiales usadas en los laboratorios de investigaciones en Química Ambiental, por la ubicación remota de las centrales de suministro requieren, la supervisión y el control desde los niveles más bajos. Errores en las mediciones, daños en los equipos analíticos e incidentes y accidentes de tipo ocupacional, son las situaciones que con mayor frecuencia se presentan cuando como en este laboratorio, el control es exclusivamente manual (Hombre-Sistema tradicional). La creciente demanda de operación continuada, distribución y seguridad en las redes de transporte de gases hacen que surja la necesidad de ajustar técnicamente el suministro y control de las mismas.

Actualmente el laboratorio de investigaciones en química Ambiental no cuenta con alternativas encaminadas a caracterizar técnicamente el sistema de suministro y control de gases especiales. Por tanto se hace evidente la necesidad de establecer el estado real de funcionamiento y proponer soluciones técnicas que respondan a la necesidad de regular las líneas de gases especiales en tiempo real. Esto mejorará el funcionamiento de los equipos, la calidad de los análisis y el sistema de prevención de riesgos a la población en contacto, la infraestructura y al entorno ecológico.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVOS GENERALES

Elaborar una propuesta de mejoramiento técnico para el suministro y regulación de la red de gases especiales del laboratorio de Investigaciones en Química Ambiental USTA.

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Realizar un estado diagnóstico del funcionamiento de las líneas de gases especiales del laboratorio de investigaciones en Química Ambiental.
- Identificar los requerimientos técnicos para el suministro y regulación de las líneas de gases especiales del laboratorio de investigaciones en Química Ambiental-USTA Bucaramanga.
- Realizar una propuesta para la implementación del sistema de regulación de las líneas de gases especiales del laboratorio de investigaciones en Química Ambiental.

4. MARCO TEORICO

4.1 CARACTERISTICAS DE LOS GASES ESPECIALES

Se caracterizan por su alta pureza así como por su aplicación en campos distintos de la industria. Se consideran gases especiales a los siguientes: Gases que requieren de alta pureza, mezclas de gases en proporciones muy exactas y certificadas, mezclas de gases no normalizadas y diseñadas por los usuarios, gases y mezclas de consumo reducido, gases con propiedades toxicas, corrosivas o inflamables, gases envasados en botellas de características especiales, ya sea por su tamaño, válvula u otras características ¹.

En relación a su comportamiento los gases pueden agruparse en: Gases comprimidos, licuados y disueltos. Los gases comprimidos son aquellos que en condiciones habituales de temperatura y sometidos a presión se encuentran en estado gaseoso, tal es el caso de gases como el nitrógeno, oxígeno, argón, helio, aire sintético, hidrógeno, metano, etc. La presión de llenado suele ser de 200 bar equivalente aproximadamente 2900 psi, a 15 °C (excepcionalmente 150 bar equivalente aproximadamente 2175 psi o incluso menos en ciertas mezclas de gases, dependiendo de los componentes y concentraciones). La indicación de presión es directamente proporcional al contenido de gas, aunque influenciada por la temperatura ^{1,2}.

Los gases licuados son aquellos que se encuentran en dos fases distintas, líquido y gas, en equilibrio; como el dióxido de carbono, protóxido de nitrógeno, hexafluoruro de azufre, butano, propano, amoníaco, etc. La presión es función de la temperatura y de las características del propio gas. La lectura de la presión no es indicativa del contenido de gas. Los gases

disueltos, como el acetileno, se suministran en disolución con acetona como solvente, impregnando una masa porosa inerte. Como en los gases licuados, la lectura de la presión no es indicativa del contenido de gas^{1, 2}.

Los gases especiales pueden clasificarse también según los grados y las especificaciones, en:

- Grado analítico: usados en cromatografía y análisis instrumental, por tanto son de alta pureza.
- Grado FID: usados en cromatografía FID, con bajo contenido de hidrocarburos.
- Grado Laser.
- Grado Absorción atómica (AA).
- Grado Emisión: para control de emisiones para equipos automotrices y fuentes fijas.
- Grado Plasma: para análisis de materiales por espectrofotometría³.

4.2 USOS DE LOS GASES ESPECIALES

Los gases de alta pureza y mezclas de calibración tienen diversas aplicaciones en procesos industriales, en la investigación, el desarrollo, la medicina entre otros. Los gases especiales se utilizan en una gran variedad de sectores, entre otros para facilitar la detección y medición de la contaminación en el suelo, en el agua y en el aire y mejorar el ambiente de trabajo. Son también un componente vital a la hora de proporcionar al mundo

actual herramientas como: comunicación inalámbrica, teléfonos móviles, microprocesadores, chips de memoria y fibra óptica ¹. En la tabla 1, se muestran algunos de los usos más comunes.

Tabla 1. Usos de los gases especiales²

GASES PUROS	MEZCLAS DE GASES
Analítica y técnicas de laboratorio -Industria de automoción -Fabricación de cemento -Hospitales y centros de salud -Fabricación de semiconductores -Síntesis en industria farmacéutica y química -Instrumentación y control de procesos -Centrales nucleares -láseres de corte e investigación -control del medio ambiente -universidades y centros docentes -sistemas de comunicación por cable -desgasificado de aluminio -depuración de aguas residuales -detección de explosivos -fabricación de rótulos luminosos Sistemas de control de calidad -refinerías e industria petroquímica	Control del medio ambiente -Alimentación -Instrumentación analítica -Láseres de CO2 -Detección de fugas -Automoción -Medicina y biología

4.3 SISTEMAS DE SUMINISTRO PARA GASES ESPECIALES

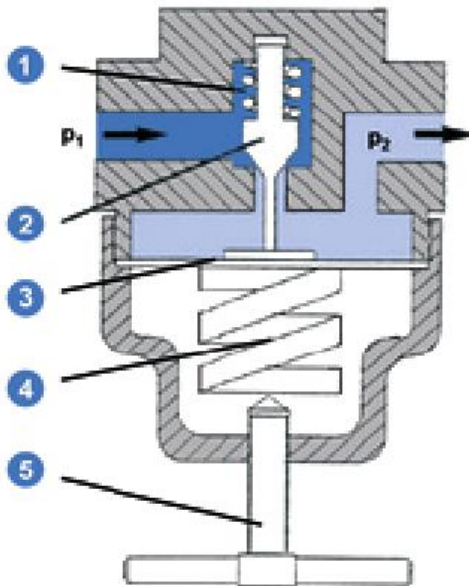
Los sistemas de suministro permiten obtener el gas a la presión deseada como elemento de seguridad y preservación de la pureza del gas. Cualquiera que sea el mecanismo de suministro, todos los sistemas cuentan con un dispositivo de extracción del gas cuya principal función es permitir la salida a una presión determinada estando siempre acoplado a un regulador de presión⁴.

Un regulador de presión ejerce su función bajo el principio de las fuerzas que actúan en las válvulas cónicas; una que es la presión del recipiente o de entrada P1 que esta otorgada por la presión del resorte de cierre y otra que es la presión del resorte de ajuste o presión de salida P2. En la interdependencia de la una y la otra, si se reduce la presión de entrada por ejemplo por el vaciado de los cilindros la presión de salida aumentara paulatinamente con el tiempo si no se regula con el tornillo de ajuste respectivo (Ver Figura 1). Para muchos usos estas variaciones no son aceptable por lo que existen reguladores de una etapa en el que un compensador de salida ayuda a eliminar estas fluctuaciones. Por otra parte también existen reguladores de dos etapas que compensan tanto la presión de entrada como la de salida^{2,3}.

Para elegir un sistema de suministro de una línea o un conjunto de gases, se hace necesario contar con los siguientes criterios:

- Tipo y pureza del gas.
- Forma de suministro: Cilindros de gas o central de gases.
- Presiones requeridas en cilindro y puesto de trabajo.
- Volumen necesario de circulación.
- Fluctuaciones de presión aceptable o no aceptable.

Fig. 1: Componentes de un regulador de presión³



- 1) Resorte de cierre
- 2) Válvula cónica
- 3) Diafragma
- 4) Resorte de ajuste
- 5) Tornillo de ajuste

Con respecto a los materiales para el suministro se usan reguladores con diafragma de goma, mientras que para gases con pureza hasta 6 o mezclas no corrosivas se recomienda el uso de latón cromado o niquelado y diafragmas en metal como acero fino. Para las mezclas inestables y corrosivas se deben usar en su totalidad de acero fino para evitar la corrosión y contaminación de la mezcla con restos liberados por el regulador⁴.

4.4 SISTEMAS CENTRALIZADOS DE SUMINISTRO:

Los sistemas centralizados de suministro de gases, se caracterizan por concentrar todos los cilindros en un área diseñada para tal fin fuera del lugar

de trabajo. Son muchos los factores que llevan a tomar la decisión de realizar un sistema centralizado de suministro de gases especiales, entre ellos se puede mencionar la seguridad, la calidad del gas en el punto de uso, la funcionalidad, la necesidad de espacio en el laboratorio y un uso más eficiente de los cilindros ^{3,5}. Un suministro central de gases presenta ventajas tales como: la calidad, la fiabilidad de un suministro ininterrumpido de gas, los costos y la seguridad⁵.

En los sistemas centralizados se reduce el riesgo de accidentes puesto que no hay necesidad de manejar cilindros de gases dentro del lugar de trabajo, donde sólo están presentes equipos de baja presión y pequeñas cantidades de gas. Todos los cilindros de gas son ubicados en un mismo recinto bajo techo, lo que facilita su recambio y manejo seguro. Ante un problema de fuga, la ventilación es esencial, especialmente cuando se manejan gases inflamables y tóxicos, todo esto se ve facilitado al disponer de un recinto especialmente dedicado a los cilindros de gas^{1,5}.

Un suministro de gas continuo a cada estación de trabajo significa menos “tiempos muertos” y menores paradas no planificadas para el recambio de cilindros. También ofrece la posibilidad de tener un menor stock de cilindros de mayor capacidad, los cuales abastecen a todos los usuarios en forma simultánea³.

El diseño de un buen sistema de suministro comienza con la selección de los componentes apropiados. La selección está determinada por el tipo de gas a ser distribuido y por el nivel de contaminación aceptable para dicho gas.

4.5 COMPONENTES DE LOS SISTEMAS CENTRALIZADOS

4.5.1 Centrales de gases:

Las centrales de gases son utilizadas para reducir la alta presión en los cilindros a presiones secundarias más manejables. Estas centrales pueden ser consideradas el corazón regulador del sistema. Existen distintos tipos y configuraciones de centrales de gases, entre las más usuales podemos mencionar las centrales simples, dobles y las semiautomáticas. Asimismo, las centrales de gases pueden venir equipadas con sistemas de purga, alarmas audibles y visuales de contenido de gas en los cilindros, y están diseñadas para manejar los más variados gases (corrosivos, inflamables, etc.)².

4.5.2 Tubería:

El material estándar que garantiza que durante su transporte al punto de uso se mantiene la calidad y pureza del gas es el acero inoxidable. Este es fácil de limpiar y presenta un buen acabado superficial. Su amplio uso también se debe a que en la actualidad se pueden hacer numerosos ensambles aún en lugares de difícil acceso e instalación.

4.5.3 Puestos de Toma:

Consiste en un dispositivo de suministro y regulación si no similar o igual al usado en las centrales de gases. Se usan para obtener una presión de suministro estable y conocida. Existen diversos modelos, pero todos cuentan con estos mismos elementos: Válvula de corte y regulador de presión o válvula aguja.

4.6 SISTEMAS DE REGULACION DE LOS GASES ESPECIALES:

Los reguladores de presión o manorreductores son los dispositivos más utilizados para reducir la presión de los contenedores de gases a una presión

inferior o presión de trabajo, siendo uno de los sistemas más simples para su utilización. No se pueden considerar elementos de regulación de caudal por sí mismos, sino tan sólo reguladores de presión.

En términos generales, los reguladores de presión están equipados con espiga y tuerca de conexión a botella según Norma 3 MIE AP7, manómetro de alta presión que indica el contenido de la botella (excepto gases licuados y disueltos), manómetro de baja presión que indica la presión de regulación de salida y válvula de seguridad. Opcionalmente en la salida del regulador pueden acoplarse diferentes accesorios como válvulas de paso o de regulación, caudalímetros, etc^{1, 2,3}.

Todos los reguladores de presión para gases especiales deben estar fabricados bajo la norma ISO 2503. Para seleccionar de forma correcta un regulador de presión deben tenerse en cuenta una serie de variables que condicionan dicha elección en función de cada aplicación concreta:

- Gas del proceso que determina desde la tuerca de conexión al regulador, el material de construcción del mismo y la presión en el contenedor, que será la presión máxima a la que está sometido el regulador; hasta los accesorios que deban acoplarse a la salida del regulador, como por ejemplo válvulas anti retroceso de llama en caso de gases combustibles o comburentes.
- El caudal de trabajo y presión dinámica necesarias, obligan a analizar las curvas de caudal de los diferentes reguladores de presión para optar por el modelo más adecuado, a la vez que determinan la elección de la presión de salida o caudal requeridos en el regulador de presión. Las válvulas de regulación se emplean para regular un caudal de gas pero sin

control de la presión: o bien directamente desde una botella de gas o bien a la salida de un regulador de presión. Debe observarse que en un sistema cerrado, la presión alcanzada será igual a la presión de la botella o la presión previamente regulada ^{3, 4,5}.

4.6.1 Unidades de Regulación de los Cilindros (URC):

Estos sistemas permiten conectar uno y/o dos cilindros de gas de 6,5 m³ de capacidad a 2.000 Psi. Aquí ocurre la primera regulación de presión, a partir de ella, el gas es distribuido a través de la tubería hasta el equipo de análisis a una presión de 100 Psi. Consta de un sistema de venteo que permite la purga de la central cuando el cilindro es reemplazado evitando que el sistema sea contaminado.

La unidad está compuesta por:

- Una válvula de purga y una válvula de aislamiento al sistema.
- Regulador de proceso, simple etapa o doble etapa.
- Serpentín para transportar el gas desde el cilindro hasta la unidad reguladora.

4.6.2 Unidad de Regulación de los Puestos de Trabajo (URPT):

El gas que viene de la Unidad de cilindros es conducido a una o más Unidades Reguladoras de puesto de trabajo donde se produce la segunda regulación de presión.

Esta unidad está compuesta por:

- Regulador de línea de simple etapa.
- Válvula para cerrar o dar paso al gas.
- Tubería que conecta la central con el regulador y el regulador con el equipo.^{6, 7}

5 METODOLOGIA

El presente estudio se realizó en dos fases: la primera, que consistió en la recolección información para la caracterización técnica de la red de gases especiales y en la segunda se evaluó el funcionamiento de la misma a través de las pruebas gases, de estanqueidad y de funcionalidad.

5.1 CARACTERIZACIÓN TÉCNICA DE LAS REDES:

Para determinar las características de las redes se realizaron inspecciones en las instalaciones del laboratorio de Investigaciones en Química Ambiental y la central de gases. Se observaron y describieron las propiedades de cada uno de los componentes es decir cilindros y unidades de regulación, se midieron los trayectos de cada red, las características de las tuberías, las presiones de diseño y trabajo, recomendados por el fabricante de los equipos. A través del software del equipo de Absorción atómica (A.A) se identificó el flujo de gases necesario para el funcionamiento del equipo. También se realizó revisión bibliográfica de las condiciones de trabajo recomendadas para cada gas principalmente presión y se compararon con las condiciones reales^{4, 6}.

5.2 PRUEBAS DE GASES CRUZADOS⁸:

A través de esta prueba se estableció que la red de tubería que sale de la unidad de regulación del cilindro corresponde con la que llega a la unidad de regulación del puesto de trabajo. Es así como se descartaron cruces del trayecto de tuberías entre los gases.

Previamente se realizó el vaciado de la tubería de todas las redes a través de las válvulas de purga ubicadas en las URC. Se verificó que los reguladores tanto de la central de gases como de las unidades de trabajo

permanecieran en cero durante más de 2 horas después del vaciado y que todas las válvulas estuvieran totalmente cerradas. Para evitar pérdidas económicas de los gases se utilizó como gas de prueba el Nitrógeno, excepto para la línea de acetileno.

Se presurizó cada red con el gas. Para hacerlo de manera organizada se realizó una prueba de red por día iniciando por la línea marcada como acetileno. Según la red se realizó la apertura del cilindro y de la válvula de presión del mismo, teniendo como límite 200 psi o según el caso (central de gases). Después de la apertura se verificó que solo la toma del gas seleccionado tuviera presión y flujo, por el movimiento de la aguja del manómetro. De manera simultánea un segundo observador verificó en la unidad de trabajo del gas seleccionado la presión y flujo (laboratorio de Investigación en Química Ambiental). Después de 15 minutos de apertura se inspeccionó la toma de los otros gases en los puestos de trabajo y se verificó con la apertura de la válvula del regulador que ninguna tuviera presión o flujo. Este procedimiento se repitió durante cuatro días para cada una de las líneas de tubería.

5.3 PRUEBAS DE ESTANQUEIDAD⁹

Estas pruebas se realizaron para detectar caídas de presión en las redes de gases debidas a posibles fugas o para establecer si la distancia y trayecto de una instalación permite alcanzar la presión de trabajo.

Previamente se realizó la purga de todas las líneas a través de las válvulas de seguridad presentes en las unidades de regulación de los cilindros, dejando todos los manómetros en cero.

Para evitar pérdidas económicas mayores se realizaron las pruebas con gas Nitrógeno –Excepto acetileno-, sin embargo para evitar contaminación de las

redes y por recomendaciones del instalador no se realizó la prueba al 100% de la escala de los manómetros.

Se realizó una prueba de estanqueidad básica en la que las redes fueron presurizadas en un valor conocido, por encima de la presión de trabajo- excepto la línea acetileno- tanto en las URC como URPT. Se desconectó el suministro de gas y luego de 24 horas, se registró la caída de presión y se calculó si esta era mayor al 1% con respecto al valor inicial ajustado en el manómetro. Esta se realizó por triplicado en días diferentes.

Posteriormente se realizó una prueba de estanqueidad por líneas, se presurizaron las líneas ajustando la presión de inicio, que depende de la presión de diseño y de la escala del manómetro (siempre debe realizarse máximo 25% por encima de la presión seleccionada) tanto en las URC como URPT. Para seleccionar la presión del gas también se tuvieron en cuenta las máximas presiones seguras y la sensibilidad del equipo, pues presiones muy altas podrían deteriorar las válvulas del mismo. Se desconectó el suministro de gas y, se cerraron las válvulas de salida

Luego de ajustar en los reguladores las presiones y lograr su estabilización (15 minutos por recomendación del instalador) se esperó durante una hora cronometrada y se registró el valor de presión a la hora en las URC y URPT, posteriormente se reajustaron los reguladores aumentado en 25% el valor de presión inicial y se registró nuevamente el valor de presión cada hora hasta llegar a la hora cuatro. Todos los datos fueron registrados en formatos diseñados para tal fin. Este procedimiento se realizó por triplicado en tres días diferentes.

Por recomendaciones del instalador y para evitar errores de cálculo debidos a la posible disminución de presión por la distancia y el trayecto en subida

entre la central y el puesto de trabajo, las presiones de las URPT siempre fueron menores que las ajustadas en las URC.

5.4 ESTADO DIAGNOSTICO:

Para determinar la funcionalidad de las redes, se registraron las condiciones de uso por los operadores del laboratorio y las variaciones y caídas de presión cuando el equipo de A.A está siendo utilizado. Estas condiciones solo se determinaron para Acetileno, Argón y Oxido Nitroso, puesto que el oxígeno se usa en reacciones libres y las condiciones de uso tienen rangos muy amplios según el tipo de procedimiento.

Se purgaron las líneas, se hizo un llenado previo con el gas correspondiente, se purgaron y presurizaron según las recomendaciones para lograr una presión de aplicación estable en la URPT. Se determinó si bajo estas condiciones se lograban las de uso y se registraron los ajustes empíricos realizados por los operadores de los equipos.

5.5 PROPUESTA DE MEJORAMIENTO:

Con base en los datos obtenidos y las características del sistema, se realizó una revisión relacionada con las estrategias de ingeniería que aplicadas mejorarían el funcionamiento de la red. Estas estrategias fueron descritas a través de un comunicado formal que incluía el estado diagnóstico y el concepto técnico de mejoramiento. Esta propuesta fue puesta a consideración de los ingenieros de aplicaciones de la empresa instaladora de la red como evaluadores.

5.6 ANALISIS DE RESULTADOS

- Los registros de presión fueron expresados en libras por pulgada cuadrada (PSI). Los registros de tiempo fueron expresados en horas (H) o minutos (min), según el intervalo usado en la prueba.
- Para garantizar la fiabilidad de cada registro, se contó con dos observadores cuyos datos se registraban en formatos separados.
- Todas las pruebas de gases cruzados se interpretaron como rechazadas o aprobadas.
- Para las pruebas de estanqueidad se calculó la pérdida de presión en porcentaje usando la siguiente fórmula: $\text{Diferencia de presión } (P1 - P2) * 100 / P1$. Se estableció que las variaciones mayores al 1% para cualquiera de las dos pruebas de estanqueidad eran un criterio de rechazo.
- Para minimizar los errores en los cálculos de las pruebas de estanqueidad debidos a la pérdida normal de presión por la distancia y trayectoria de las redes, se tomaron como valores verdaderos las presiones marcadas por las URC, cada hora.
- Los datos de las pruebas de estanqueidad y funcionalidad fueron incluidos en una base de datos en el programa Excel (Microsoft).
- Se realizó análisis univariado y se calcularon las medidas de tendencia central y de dispersión de cada una de las pruebas realizadas. Para determinar si las variaciones de presión fueron estadísticamente significativas se aplicó a los datos la prueba *t* de Student usando el software SPSS18.

6. RESULTADOS

6.1 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA RED DE GASES ESPECIALES DEL LABORATORIO DE INVESTIGACIONES EN QUÍMICA AMBIENTAL

La red de gases especiales del laboratorio funciona bajo el modelo de central de suministro o caseta de gases. La central está ubicada en la fachada posterior área Sótano, del edificio Santander del campus Floridablanca (Ver Fig. 2), fue diseñada, instalada y construida por la USTA seccional Bucaramanga bajo la aprobación técnica.

La central cumple con los siguientes requisitos:

- Sitio ventilado naturalmente, previniendo el confinamiento de gases en posibles fugas.
- De fácil acceso carretable para la instalación y desinstalación de los Cilindros.
- Construida con elementos no combustibles y con acceso restringido.

La central de suministros cuenta con el sistema de red para cuatro gases especiales: Acetileno, Argón, Oxido Nitroso y Oxígeno. Las características de nomenclatura y especificaciones químicas de los gases empleados se muestran en la tabla 2.

El sistema de la red está diseñado con tres componentes: Unidades de regulación de los cilindros (URC), sistema de conducción y unidades de regulación de puestos de trabajo (URPT). Se establecieron las características de cada uno de ellos.

Figura 2: Diseño de caseta gases especiales USTA ⁷

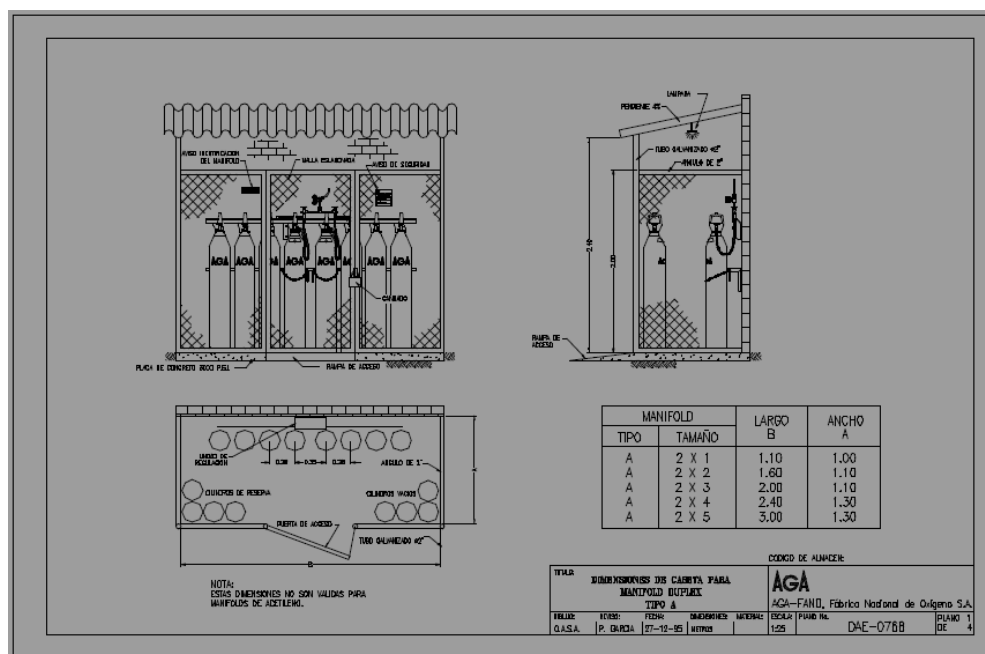


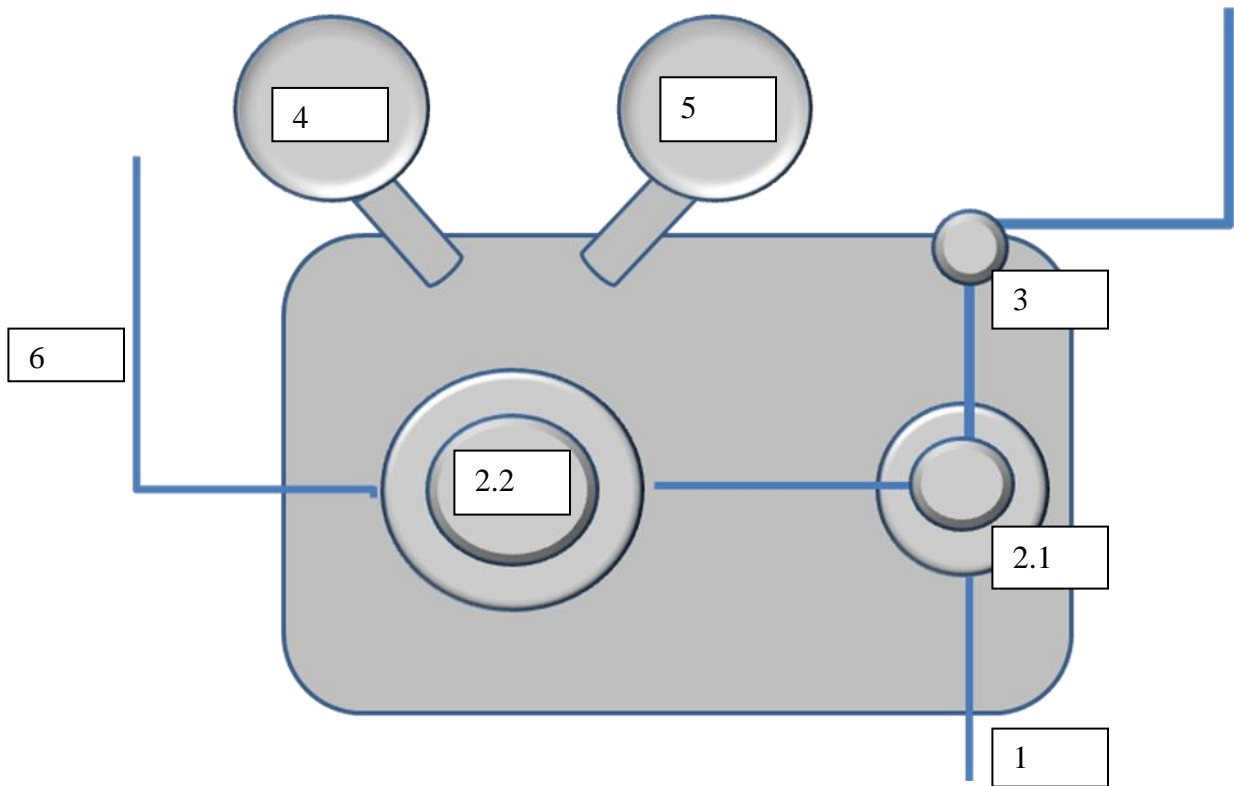
Tabla 2. Nomenclatura de gases especiales del laboratorio de Investigaciones en Química Ambiental.

Nombre	Fórmula	Aplicación	Grado Pureza	Pureza (%)	Propiedad
Acetileno	C ₂ H ₂	A.A ¹	2	99.5	Inflamable
Argón	Ar	Analítico	5	99.999	No inflamable
Oxido Nitroso	N ₂ O	A.A	2	99.9	oxidante
Oxígeno	O ₂	Industrial	NA ²	NA ²	No inflamable

¹ AA: Absorción Atómica; ² NA: No Aplica

A partir de los cilindros de cada gas se desprenden las URC cuyos componentes se muestran en la figura 3 y se describen a continuación:

Fig 3: Esquema de componentes de Unidades de regulación de Cilindros (URC)⁶



- 1. Serpentin:** Tubing en acero inoxidable, previamente lavado, $\frac{1}{4}$ ", que conduce el gas hasta la unidad reguladora. Presión primaria de entrada máxima: 3000 psi.
- 2. Regulador de proceso:** Etapa simple para alta presión, tiene un diafragma (2,1) con válvula de aislamiento del sistema y otra válvula para ajustar la presión (2,2). Sus características son: presión de entrada máxima 3000 psi; presión de salida 0-400 psi.
- 3. Sistema de purga:** válvula de purga sin empaque, resistente a la difusión con diafragma en acero inoxidable 316 L, para alta presión.

4. **Manómetro de red:** dispositivo para conocer y ajustar la presión de salida del regulador según las recomendaciones. La escala varía según el gas y la presión de aplicación (Ver tabla 3).
5. **Manómetro de cilindro:** Dispositivo para conocer y ajustar la presión de entrada del gas al sistema de regulación, también indica la cantidad de gas contenida en el cilindro. La escala varía según el gas y la presión de aplicación (Ver tabla 3).
6. **Sistema de conducción:** El sistema de conducción del gas a los equipos y reactores comprende tubing $\frac{1}{4}$ " en acero inoxidable 316L, contramarcado químicamente lavado y certificado. El tubing permite curvaturas con dobladora de tubo evitando la utilización de codos y permitiendo una línea continua sin fugas o riesgos de contaminación (Fig 4).

Las URPT están compuestas por un regulador de línea (1) de simple etapa con cuerpo en latón cromado (excepto para la línea de Acetileno que contiene solo arrestados de llama), diafragma en acero inoxidable 316 L, con manómetro de regulación entre 0-125 psi (2), válvula ON-Off (3) del sistema con diafragma en acero inoxidable. Tubing $\frac{1}{4}$ " en acero inoxidable que conecta la red al URPT (4), Tubing $\frac{1}{8}$ " para gas de baja presión que conecta el puesto a los equipos de análisis.

Se recolectó información con el instalador y se estableció según las características del tubing que todo el sistema de gases especiales fue diseñado para una presión de 3000 psi, siendo máximo límite de seguridad 5000 psi. Los reguladores tanto de los cilindros como de las unidades de trabajo fueron instalados para una presión de operación máxima de 200 psi y presiones de aplicación menores.

Las características de regulación y longitud de cada una de las redes fueron recolectadas y se muestran en la tabla 3.

Tabla 3: Características de regulación de las redes de gases especiales

Gas especial	Tramo Tubing (mL) ¹	Rango P ^{o2}		Rango P ^o URPT (PSI)	Presión aplicación (PSI)
		URC (PSI) ³			
		Red	Cilindro		
Acetileno	55.5	0-30	0-400	0-30	9
Argon	57.5	0-400	0-4000	0-200	17
Oxido Nitroso	60.5	0-200	0-400	0-60	40
Oxígeno	62.5	0-400	0-400	0-200	30

₁: Metros Lineales, ₂: Presión, ₃: Pulgadas por segundo.

Se encontró que las demandas de gases por parte de los equipos son mínimas siendo el mayor valor el requerido para análisis de Cadmio por Absorción Atómica, cuyo requerimiento de flujo de gas Acetileno es 1.0-1.3L/min, (Ver tabla 4).

6.2 PRUEBAS DE GASES CRUZADOS:

Todas las líneas fueron aprobadas y no presentaron cruces de presión. Los resultados se observan en la tabla 5.

Fig 4: Esquema de componentes de Unidades de regulación de Puestos de Trabajo (URPT)⁶

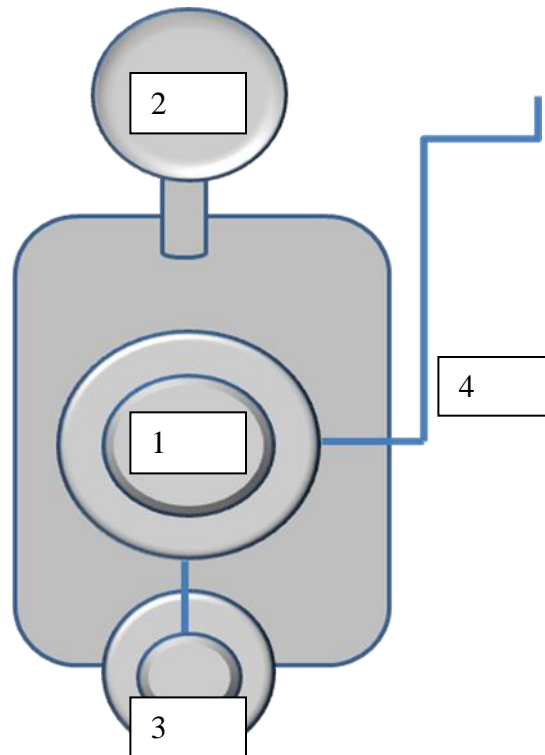


Tabla 4. Demanda de flujo de gases en las pruebas más comunes, según software equipo A.A¹

Análisis	Flujo de gas (Según método)
Arsénico	150-250 ml/min ²
Mercurio	50-150 ml/min
Plomo	0.9-1.2 L/min ³
Hierro	0.8-1.0 L/min
Cadmio	1.0-1.3 L/min

1:A.A: Absorción atómica 2: ml/min: Mililitros por minuto, 3:L/min: Litros por minuto.

Prueba	Caseta de gases/Puestos de trabajo	Presión de Línea (PSI)			
		Acetileno	Argón	Oxido Nitroso	Oxígeno
P1	Acetileno	15	0	0	0
P2	Argón	0	100	0	0
P3	Oxido Nitroso	0	0	110	0
P4	Oxígeno	0	0	0	200

6.3 PRUEBAS DE ESTANQUEIDAD:

6.3.1 Estanqueidad básica:

Las pérdidas de presión de las URC y URPT entre las cero y 24 horas fueron mayores al 1% (tabla 6), por tanto la prueba de estanqueidad básica fue rechazada. Las presiones evaluadas en esta prueba, fueron discutidas con el instalador y eran diferentes entre URC y URPT para evitar errores debidos a pérdidas normales de presión por la distancia y el trayecto. Sin embargo las diferencias observadas mostraban la posible presencia de fugas en todos los sistemas. Los resultados se muestran en la tabla 6.

Línea	Tiempo (H)	Presión (PSI)		Pérdida de presión	Presión (PSI)		Pérdida de presión
		URC	DE ¹	(%)	URPT	DE ¹	(%)
Acetileno	0	15	NA ²	6,6	15		26,66
	24	14	1		11	2	
Argón	0	200	NA	3,75	140		5,35
	24	192,5	2,5		132,5	2,5	
Oxido Nitroso	0	95	NA	2,63	60		8,33
	24	92,5	2,5		55	0	
Oxígeno	0	200	NA	3,75	140		26,66
	24	192,5	7,5		132,5	2,5	

¹DE: Desviación Estandar; ²NA: No Aplica

6.3.2 Pruebas de estanqueidad por línea:

Las pruebas de estanqueidad por línea mostraron que la presión de inicio se mantiene estable durante la primera hora. Sin embargo al aumentar la presión en la red se inicia la caída de la misma, y se hace evidente por la disminución del valor de presión que registran los manómetros URC y URPT. Este fenómeno no se presentó para la línea de Oxido Nitroso.

6.3.2.1 Línea acetileno:

El manómetro del URC de esta línea solo tiene valores numéricos hasta 15 psi, debido a que es la máxima presión segura con la que se puede trabajar este gas. Por ello la prueba de estanqueidad se realizó solo en un valor y se midió durante 4 horas.

La estanqueidad de esta línea fue rechazada pues la caída de presión alcanzó hasta 28,93%. Se determinó que en esta línea existe una pérdida estadísticamente significativa a partir de la hora dos ($p=0,005$), ver tabla 7. Este hecho se demuestra por las disminuciones de presión en las URPT con relación al valor ajustado en la URC. Los resultados del gráfico 5 ilustran la disminución constante y a través del tiempo en los puestos de trabajo.

Tiempo (H)	Presión (PSI)			P^2	Pérdida de presión (%)
	URC	URPT	DE ¹		
0	15	15	0	NA ³	NA
1	15	13	0,81	0,07	13,36
2	15	12,66	0,47	0,01	15,66
3	15	11,66	0,47	0,009	22,26
4	15	10,66	0,47	0,005	28,93

¹DE: Desviación Estandar; ²Resultados prueba T; ³NA: No Aplica

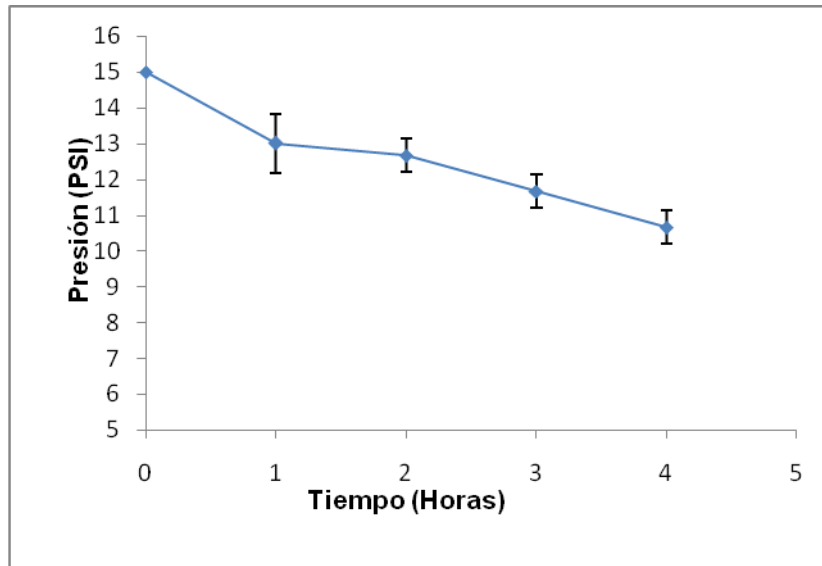


Figura 5: Resultados de prueba de Estanqueidad línea acetileno

6.3.2.2 Línea Argón:

La estanqueidad de la línea de Argón fue rechazada, la pérdida de presión entre la URC y la URPT alcanzo valores de 8,47%. Por otra parte las diferencias de presión en los dos reguladores fueron estadísticamente significativas a partir de la hora dos ($p=0,005$), exceptuando la hora 4. Los resultados se muestran en la tabla 8 y gráfico 6.

Tabla 8: Pruebas de estanqueidad de línea Argón

Tiempo (H)	Presión (PSI)				P^2	Pérdida de presión (%)
	URC	DE ¹	URPT	DE ¹		
0	50	0	46,66	2,35	0,116	NA
1	74,66	0,47	68,33	2,35	0,020	8,47
2	98,33	2,35	90	0	0,007	8,47
3	118,33	4,71	113,33	4,71	0,348	4,22
4	148,33	2,35	140	4,08	0,066	5,61

¹DE: Desviación Estandar; ² Resultados prueba T; ³NA: No Aplica

6.3.3.3 Línea Oxígeno:

La estanqueidad de la línea fue rechazada. Las pérdidas de presión mostraron valores desde 4,5 hasta 6,7% entre URC y URPT. Sin embargo estadísticamente las diferencias de presión de la hora cero a la tres no fueron significativas ($p>0,05$). Los resultados se muestran en la tabla 8 y gráfico 7.

Tabla 9: Pruebas de estanqueidad de línea Oxígeno

Tiempo (H)	Presión (PSI)				P^2	Pérdida de presión
	URC	DE ¹	URPT	DE ¹	URC-URPT	(%)
0	50	0	50	0	NA	NA
1	73,33	2,35	70	0	0,11	4,5
2	100	0	93,33	4,714	0,11	6,7
3	125	0	120	0	NA	4,0
4	148,33	2,35	140	0	0,007	5,6

¹DE: Desviación Estandar; ² Resultados prueba T; ³NA: No Aplica

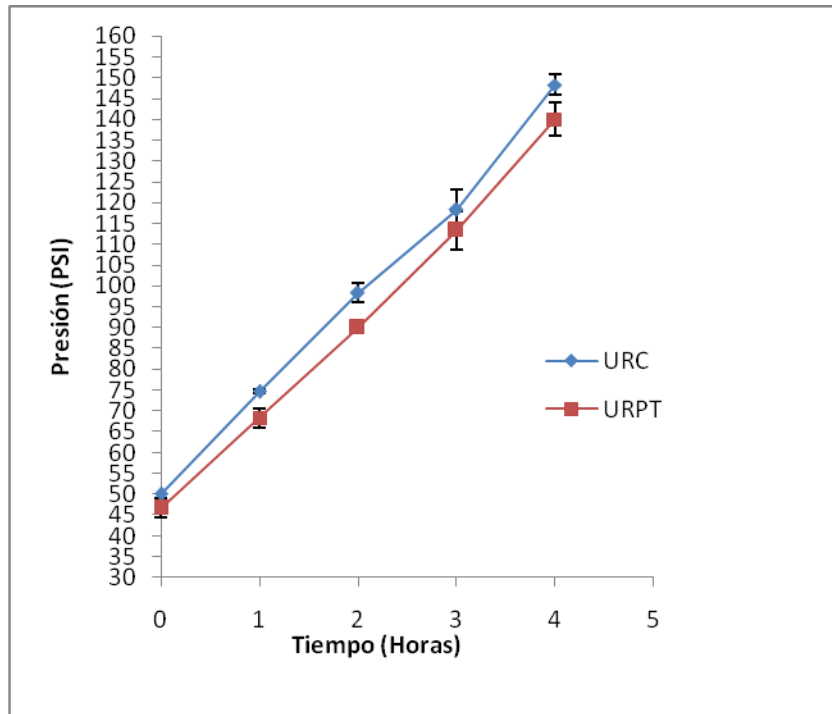


Figura 6: Resultados de prueba de Estanqueidad línea Argón

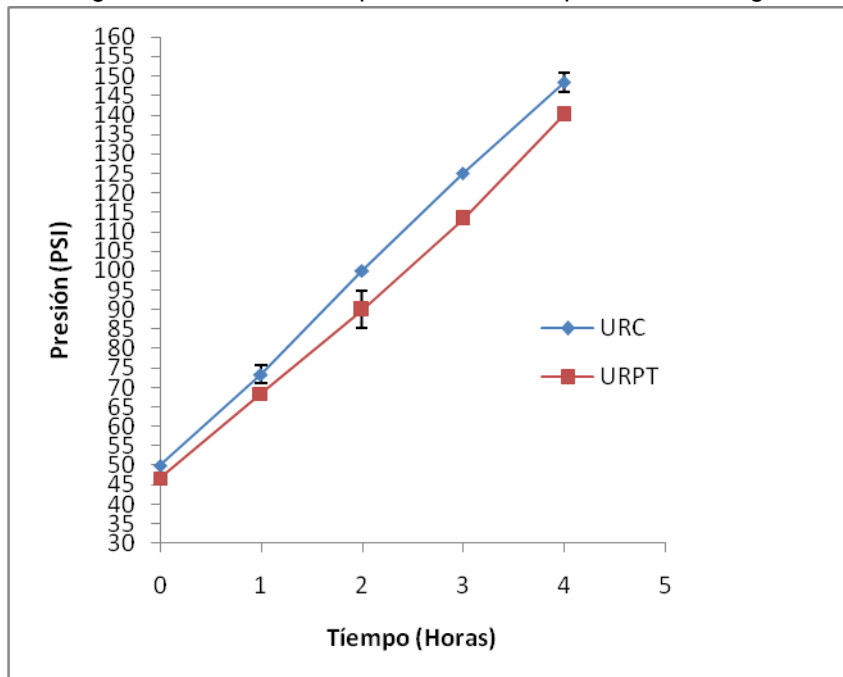


Figura 7: Resultados de prueba de Estanqueidad línea Oxígeno

6.3.3.4 Línea Oxido nitroso:

La prueba de estanqueidad para esta línea fue rechazada. Las pérdidas fueron mayores al 1%, sin embargo se estableció que estas disminuyeron con el tiempo y el aumento de presión de 9,1 a 2,83%. Este fenómeno puede atribuirse al hecho de que la línea requiere calentamiento en la válvula de salida pues este es un gas refrigerado y probablemente al pasar el tiempo aumenta la temperatura y el gas fluye en la red con mayor facilidad. Las diferencias entre las presiones URC y URPT no fueron estadísticamente significativas en el tiempo, excepto para la hora 2. Los resultados se muestran en la tabla 10 y gráfico 8.

Tabla 10: Pruebas de estanqueidad de línea Oxido Nitroso

Tiempo (H)	Presión (PSI)				URC- URPT	P ²	Pérdida de presión (%)
	URC	DE ¹	URPT	DE ¹			
0	18,33	1,52	16,66	0,94	0,20	9,1	
1	28	2	26,66	1,88	0,49	4,78	
2	38,66	1,15	36,33	0,47	0,035	5,17	
3	47,66	1,52	46,33	0,47	0,23	2,79	
4	59	1	57,33	1,69	0,279	2,83	

¹DE: Desviación Estandar; ² Resultados prueba T;

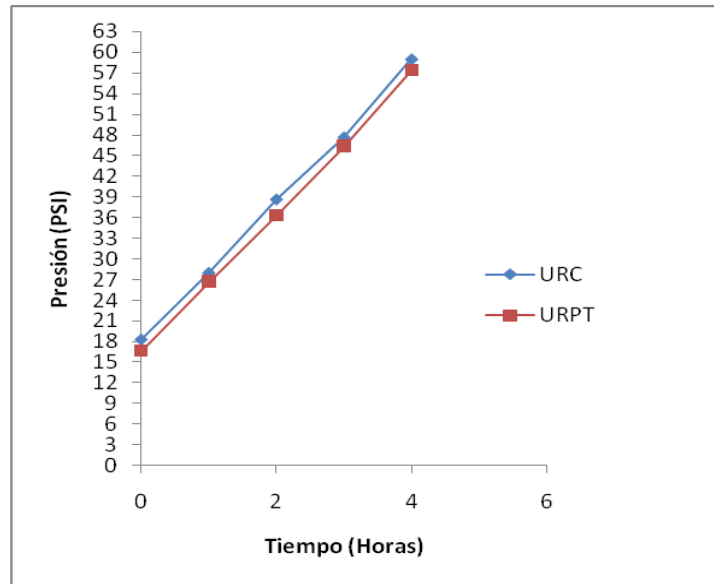


Figura 8: Resultados de prueba de Estanqueidad línea Oxido Nitroso

6.4 FUNCIONALIDAD DE LAS REDES:

Se estableció que las redes no tienen condiciones estándar de funcionalidad en relación a las URC. Además el ajuste que se realiza en la central de suministros es empírico y poco efectivo. Si bien las presiones de aplicación en las URPT son invariables pues los equipos pueden deteriorarse si se aumentan, durante el ajuste de las URC se presentaron varias veces estos fenómenos.

Se considera que las redes no son funcionales bajo las condiciones usadas por el operador y que al ajustar las condiciones de trabajo se pueden presentar problemas de sobre presión. Algunas condiciones y ajustes de trabajo se muestran en la tabla 11.

Tabla 11: Funcionalidad de las redes de gases en A.A

Línea	Operadores			Ajustes		
	URC- Presión uso (PSI)	URPT- Presión aplicación (PSI) Teórica	Tiempo de estabilización (min)	Indicador	URC- presión uso (PSI)	Tiempo de estabilización (min)
Acetileno	15	9	No se estabiliza a la presión de uso	Alarma en el equipo de presión insuficiente Caída general de presión (URC, URPT)	No se puede por seguridad	NA ¹
Argón	50	17	20	Caída general de presión (URC, URPT)	70	13
Oxido Nitroso	70	40	No se estabiliza	Alarma en el equipo presión insuficiente	95	22

1NA: No Aplica

6.5 ESTADO DIAGNÓSTICO:

Con los procedimientos realizados se establece el siguiente concepto del funcionamiento actual de las redes:

El sistema cuenta con los componentes básicos y debidamente instalados. Sin embargo se ha dado uso de las redes sin establecer la funcionalidad de los mismos.

La red de gases especiales del laboratorio de investigaciones en química Ambiental no cuenta dentro del área analítica con un sistema de monitoreo y/o alarma que de manera práctica le indique al operario o laboratorista cuando las presiones de las URC de la caseta de gases se disminuyen o el cilindro se está agotando.

La red de gases especiales no cuenta actualmente con un sistema de regulación de sobrepresiones. Este debe existir siempre que se manejan presiones mayores en el punto de suministro que en el punto de trabajo.

Las redes de gases especiales no aprobaron las pruebas de estanqueidad. Es por ello que las amplias pérdidas de presión estarían relacionadas con fugas en las redes y fallas en la distribución de la tubería.

En la línea acetileno es evidente la presencia de fugas. Debido al estrecho margen entre la presión de trabajo y la máxima presión segura, a las características de este gas y las amplias pérdidas de presión aún en valores muy bajos, es necesario dar de baja la línea hasta su reparación.

Las condiciones de trabajo (presión URC) de las redes de Acetileno, Argón y Oxido Nitroso, utilizadas por los operarios no son las óptimas y tampoco responden a las necesidades de funcionamiento de los equipos.

No existen condiciones estándar para que los valores ajustados en la URC garanticen las presiones de aplicación en las URPT durante el

funcionamiento de los equipos. Los ajustes empíricos de los operadores en varias ocasiones generaron sobrepresión las URPT.

Los cambios en las condiciones de trabajo de las URC que realizan los operarios del laboratorio aumentando la presión de las URC, cuando se presentan las disminuciones en la misma, ha enmascarado la magnitud de las pérdidas y la estabilidad de la red a nivel de las URPT.

El sistema de redes de gases especiales debe entrar en fase de mejoramiento, puesto que la instalación actual no otorga condiciones analíticas y tampoco de seguridad industrial.

7. PROPUESTA DE MEJORAMIENTO:

A continuación se describen los ítems de la propuesta:

1. Solicitar a la empresa instaladora u otro agente experto, realice una revisión minuciosa de cada uno de los trayectos de la tubería, las juntas-uniones $\frac{1}{4}$ "x $\frac{1}{4}$ " y serpentines que fueron instaladas con el fin de descartar que las pérdidas de presión sean debidas a fugas en las redes y realice los correctivos necesarios para eliminar este factor de riesgo.
2. Solicitar al instalador los certificados de calibración de cada uno de los manómetros instalados en las unidades de regulación o contratar a una empresa certificada según la norma 17025 para que realice el procedimiento y emita el documento correspondiente. De esta forma se asegura que se están realizando registros apropiados de presión y que las pruebas del presente trabajo son válidas. Se aclara que durante el tiempo de realización de la pruebas no fue posible acceder a este material.
3. Después de ajustar las condiciones físicas de las líneas, se propone la realización de nuevas pruebas de estanqueidad y a partir de ellas una ingeniería de proceso que permita calcular las pérdidas de presión "aceptables" en cada línea según la longitud y por ende las condiciones de uso de las URC para lograr las presiones óptimas y estables en las URPT.
4. Por la ubicación de la central de gases y la distancia con el laboratorio de investigaciones, se propone la instalación de un sistema de alarma,

que permita reaccionar de manera inmediata frente a cambios de presión. El diseño de este sistema se muestra en la gráfica 9.

El objetivo es permitir al o los operadores tener información *in situ* del estado de la presión en la central de gases. El sistema permitirá detectar las disminuciones en esta variable bien sea por fuga o por el consumo del contenido del cilindro antes de que las presiones de aplicación en las URPT disminuyan y por ende se interrumpan las condiciones de trabajo.

Por otra parte además de dar tiempo para que se ajusten las condiciones por cambio de cilindro por ejemplo, también le permitirá al operador reportar con seguridad la presencia de fugas, pues si el contenido del cilindro está bien, la disminución de presión será por una falla en algún componente del paso del gas.

De acuerdo a las características del laboratorio se propone un sistema que consiste en un tablero con 4 o (según el número de líneas de gases) switches de presión, con sus respectivos indicadores luminosos tipo led. El sistema podrá ser instalado bajo las condiciones eléctricas estándar pues su consumo máximo será de 15 amperios.

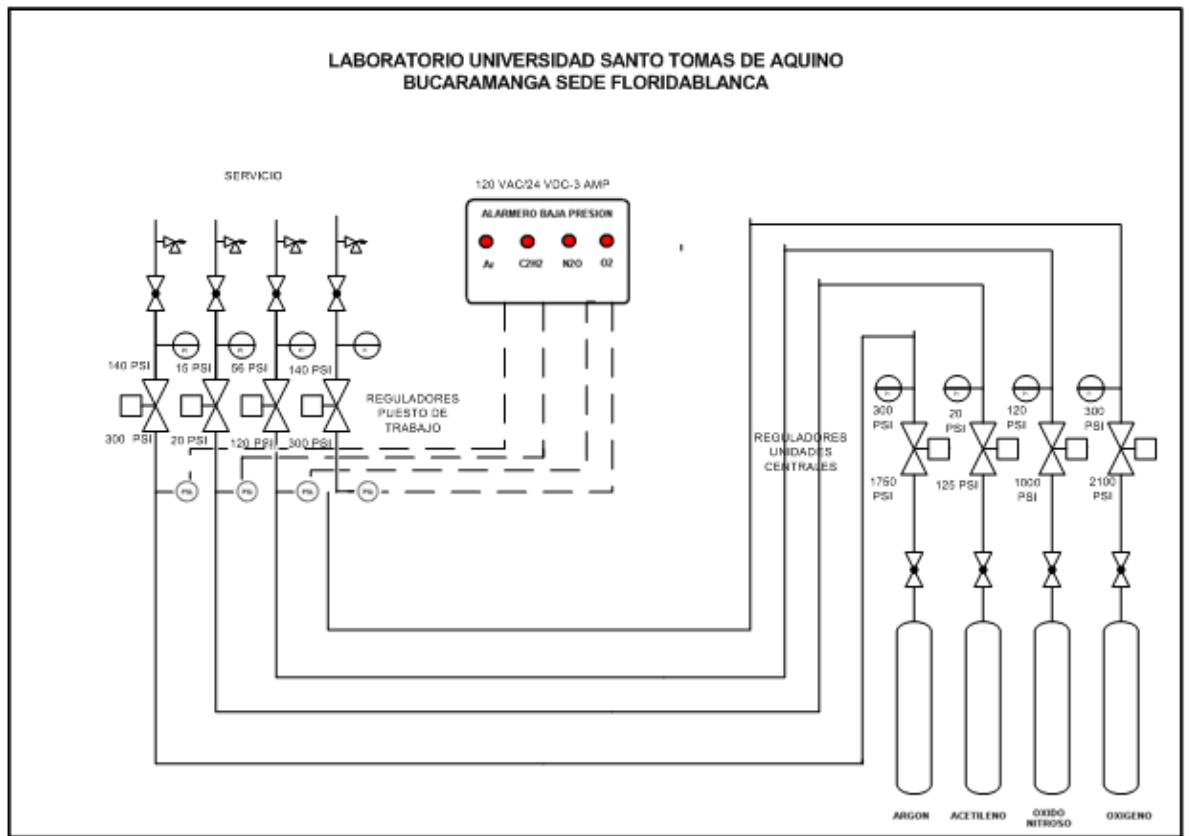


Figura 9: Diseño del sistema de alarmas de presión según condiciones técnicas del laboratorio de investigaciones en química ambiental USTA

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Con los datos recolectados se logró elaborar un documento que contiene las características técnicas y el funcionamiento del sistema de regulación de las redes de gases especiales del laboratorio de investigaciones ambientales de la USTA. Documento que respondió a las necesidades de protocolo y reconocimiento de infraestructura para los laboratoristas y operadores de los equipos.
- Con las pruebas realizadas a las líneas de gases especiales se logró elaborar, documentar y socializar el estado diagnóstico del funcionamiento de las líneas con el fin de sensibilizar a los usuarios y directivos. Al presentar este estado del arte se estableció que la red de gases debe entrar en etapa de mantenimiento.
- A través del presente estudio se identificaron los siguientes puntos críticos en la red de gases especiales del laboratorio de investigaciones ambientales de la USTA. El primero la estanqueidad de las líneas puesto que se estableció que presentan fugas. El Segundo las condiciones de regulación de las URC que no han sido estandarizadas y tercero el sistema de monitoreo a distancia de la central de gases que no está presente actualmente en los componentes de la red.
- Por la presencia de dispositivos de medición de presión, tales como los manómetros en las URC y URPT y su papel crucial en la aplicación y seguridad de la red de gases en estudio, se subrayó la importancia de que estos instrumentos cuenten con la calibración respectiva según la SIC y de esta manera se establezca un

programa de registro y control de las datos proporcionados por los manómetros con la certeza de valores verdaderos.

- De acuerdo al estado diagnóstico se proponen una serie de actividades en diversos niveles (técnicos, obra civil y de instrumentación y control) encaminadas al mejoramiento no solo técnico sino también de seguridad de las redes de gases especiales en estudio. Las actividades se concentran en reparación de fugas, calibración y certificación de manómetros, estandarización de condiciones de regulación e instalación de un sistema de monitoreo de la central de gases dentro del área de trabajo.
- En la actualidad no se puede realizar la ingeniería de procesos para calcular las pérdidas de presión y elaborar un modelo teórico de funcionamiento y una posible corrección al mismo a través de un PID debido a la presencia de fugas en las redes. Sin embargo se espera que con las mejoras existan futuros estudios técnicos para realizar estos procesos.

9. BIBLIOGRAFIA

1. http://www.abellolindesa.es/international/web/lq/es/like35lges.nsf/docbyalias/nav_productos_gasesp. Consultado el 22 de Noviembre de 2010
2. <http://www.laflordelorbigo.com/gases/tiposgases/especiales/index.html>. Consultado el 17 de Noviembre de 2010
3. Sistemas de suministro de gases especiales.2010. Messer Iberica de Gases S.A.
4. Equipos, materiales y accesorios para Gases especiales.2010. Abello Linde.
5. NRF-130-PEMEX-2007.- SISTEMAS DE CONTROL SUPERVISORIO Y ADQUISICIÓN DE DATOS PARA DUCTOS.
6. García R. suministro, instalación y puesta en marcha de la red de gases especiales para el laboratorio de química instrumental. **AGA** member of linde gas group. 2009.
7. Zapata R. Propuesta de un control de presión para la estación de regulación gas Belén de Empresas Públicas de Medellín, ESP. Tesis para optar al título de especialista en automatización. 2007. Universidad Pontificia Bolivariana.
8. Cuadernillo de gases especiales. 2010. Praxair.
9. <http://www.jmcprl.net/NORMATIVA%20COMPLEMENTARIA/20-Rig/itc9.htm>. Consultado el 01 de febrero de 2011.

10.ANEXO



Figura 10: Central de gases especiales del laboratorio de Investigaciones en química Ambiental.



Figura 11: Organización Central de gases especiales del laboratorio de Investigaciones en química Ambiental. Cilindros, unidades de Regulación de los cilindros.



Figura 12: Identificación de la central de gases industriales.



Figura 13: Unidades de regulación de los cilindros (URC)
Arriba: URC línea Argón
Abajo: URC línea Oxígeno

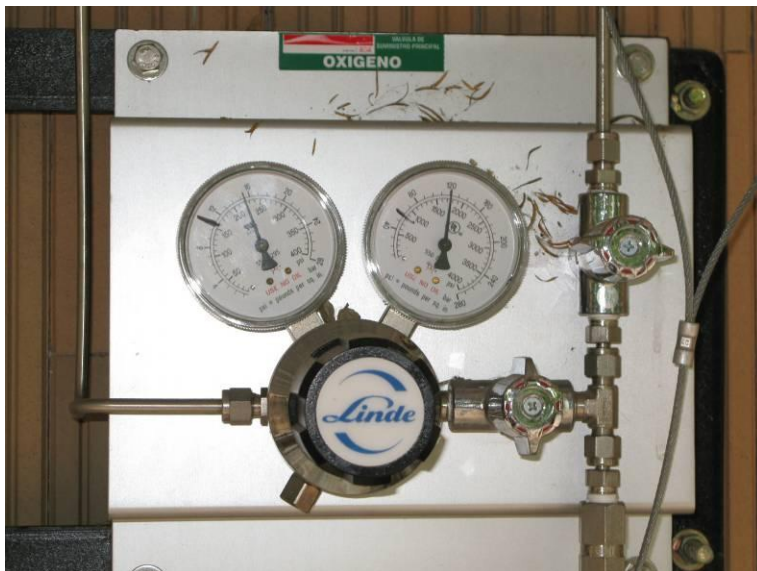




Figura 14: Trayecto de Líneas de gases especiales, Tubing en acero inoxidable 1/4"



Figura 15: Puestos de uso de gases en el área analítica



Figura 16: Unidad de regulación de Puesto de Trabajo (URPT) para línea Acetileno



Figura 17: Unidad de regulación de Puesto de Trabajo (URPT) para línea Oxígeno