

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE PETRÓLEO, GAS NATURAL Y PETROQUÍMICA



**“DETERMINACIÓN DEL RATIO DE SEGURIDAD EN UN RECINTO
INTERIOR MEDIANTE EL INCREMENTO DE LA POTENCIA TÉRMICA EN
VIVIENDAS QUE UTILICEN GAS NATURAL Y/O GLP EN LA CIUDAD DE
LIMA – PERÚ”**

TESIS

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN CIENCIAS CON
MENCIÓN EN INGENIERÍA DE PETRÓLEO Y GAS NATURAL**

ELABORADO POR:

**JORGE SIMON PAULINO ROMERO
DANIEL BERNARDO CANTO ESPINOZA**

ASESOR:

Dr. ELEODORO MAYORGA ALBA

LIMA – PERU

2014

DEDICATORIA

*A los profesores de la Maestría que nos enseñaron
durante nuestra carrera.*

AGRADECIMIENTO

A nuestros padres, esposas e hijos, que nos ayudaron a que esta tesis se realice.

CONTENIDO

PORTADA	<i>i</i>
DEDICATORIA	<i>ii</i>
AGRADECIMIENTO	<i>iii</i>
CONTENIDO	<i>iv</i>
INDICE DE FIGURAS	<i>viii</i>
ÍNDICE DE TABLAS	<i>x</i>
SUMARIO	<i>xi</i>
	Página
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.1 Formulación del problema	4
1.2 Justificación de la Investigación	4
1.3 Objetivos de la Investigación: general y específicos.	5
1.3.1 Objetivo General	5
1.3.2 Objetivos Específicos.	5
1.4 Limitaciones de la Investigación	5
1.5 Alcances de la Investigación.	5
CAPITULO II: EL MARCO TEÓRICO	6
2.1 Antecedentes de la Investigación	6
2.2 Bases Teóricas Generales	8
2.2.1. Índice de Wobbe	8
2.2.2 Poder Calorífico Superior (PCS).	8
2.2.3 Densidad Relativa (DR).	9
2.2.4 Clasificación y Origen de los Gases.	9
2.2.5 Características del Gas Licuado Petróleo (GLP)	12
2.2.6 Gas Natural Seco (GNS)	13
2.3 Marcos Conceptuales	14
2.3.1 Gasodomésticos	14
2.3.2 Clasificación de los Artefactos a Gas	14

2.3.2.1 Según su Categoría: La Naturaleza de los Gases utilizados	14
2.3.2.2 Según sus Tipos: Instalación y Métodos de los Productos de Combustión.	15
2.3.2.3 Clasificación según su Instalación	18
2.3.2.4 Clasificación según su circuito	20
2.3.3 Potencia de Gasodomésticos	23
2.4 Hipótesis	24
2.5 Identificación de las Variables	24
2.5.1 Variable Independiente	24
2.5.2 Variable Dependiente	24
2.5.3 Variable Interviniente	24
2.6 Matriz de Consistencia	26
2.7 Metodología de la Investigación	27
<i>CAPITULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACION</i>	28
3.1 Tipo, nivel y diseño de Investigación	28
3.2 Población y muestra	28
3.2.1 Mercado de Gas Natural	28
3.2.1.1 Mercado potencial del Gas Natural: Residencias y Comercios.	29
3.2.2 Consumidores de Gas Natural Lima y Callao.	30
3.2.3 Sector Residencial – Consumo Unitario.	31
3.2.4 Precios de la Electricidad y algunos Combustibles en Lima y Callao.	31
3.2.5 Capacidad de Transporte de Gas Natural	32
3.2.6 Procesamiento de Gas Natural y Volúmenes de Producción.	35
3.2.7 Red de Distribución de GN en Lima y Callao	37
3.2.8 Instalaciones Internas de Gas Natural	38
3.2.9 Registro de Instaladores de Gas Natural	39

CAPITULO IV: EFECTOS DEL MONÓXIDO DE CARBONO	40
4.1 Efectos en la Salud	40
4.2 Porcentaje de HbCO, versus los Efectos del CO en el Cuerpo Humano	41
CAPITULO V: DISEÑO DEL SISTEMA DE VENTILACION	43
5.1 Sistema de Ventilación	43
5.2 Ventilación de Recintos	44
5.2.1 Definiciones de Términos.	44
5.3 Recomendaciones de Aireación para Artefactos Tipo A.	45
5.4 Clasificación de los Artefactos a Gas.	46
5.5 Diseño de Instalación	46
5.6 Recomendaciones Generales para el Diseño de Instalación, Ejecución y Puesta en Marcha.	47
5.7. Combustión en Artefactos a Gas Natural y GLP.	48
5.8 Métodos de Ventilación de los Recintos Interiores.	48
5.8.1.- Ventilación para Instalaciones Internas Residenciales Unifamiliar	48
5.8.2.- Ventilación para Instalaciones Internas Residenciales Multifamiliar	49
5.9 Métodos para la Ventilación de Espacios Confinados	53
5.9.1 Comunicación con Otros Recintos Dentro de la Misma Edificación	53
5.9.2 Comunicación Directa con el Exterior	54
5.9.2.1 Comunicación con el Exterior a Través de Dos Aberturas	55
5.10 Rejillas de Ventilación	56
5.11. Soluciones para una Buena Ventilación de Espacios Confinados	57
5.12. Diseño de Sistemas Seguros de Ventilación en Instalaciones de Gas	
Natural Seco	61
5.12.1 Relación Gas Natural / Oxígeno	61
5.13 Métodos Alternativos para la Ventilación de Espacio Confinados	61
5.13.1 Medios Mecánicos	61

CAPITULO VI: RELACIÓN DE VOLÚMENES AIRE-COMBUSTIBLE EN	
LA COMBUSTIÓN DEL GAS NATURAL SECO Y GLP	65
6.1 Reacción del Combustible	65
6.2 Expresión para una Mezcla de Gases Combustibles	66
6.3 Volumen de Aire Necesario para la Combustión de Gas Natural	67
6.4 Volumen de Aire Necesario para la Combustión de GLP	67
6.5 Exceso de Aire en la Combustión	69
CAPITULO VII: CALCULO DEL RATIO DE VENTILACIÓN	70
7.1 Especificaciones de los Equipos Utilizados	70
7.1.1. Calentador de Agua a Gas Automático	70
7.1.2. Cocina 1	70
7.1.3. Cocina 2	71
7.1.4. Cocina 3	71
7.1.5. Analizador de Gases de Combustión	72
7.1.6. Analizador de Gases de Combustión	73
7.1.7. Termómetro	73
7.1.8. Cronómetro	73
7.1.9. Medidor de Caudal de GL	74
7.1.10. Manómetro	74
7.1.11. Regulador de Presión	75
7.1.12. LCD Anemómetro Digital	75
7.1.13. Condiciones Climatológica: Lima – Perú	76
7.1.14. Dimensiones del recinto para los ensayos	76
7.1.15. Uso del GLP como combustible para los ensayos	77
7.2 Calculo del Ratio de Ventilación (R_1) de Artefactos Tipo “A” más Tipo “B”	79
7.2.1 Potencia de los Artefactos Tipo “A” y Tipo “B”	79
7.2.2 Calculo del Ratio (R_1) de Ventilación.	81

7.2.3. Resultados Obtenidos con el Equipo Analizador de Gases	82
7.2.4 Comportamiento de los resultados de los volúmenes de los gases: HC propano, CO ₂ , O ₂ en función del tiempo	85
7.3 Calculo del Ratio de Ventilación (R ₂) de los artefactos Tipo “A”	86
7.3.1 Cálculo de la potencia de los artefactos	87
7.3.2 Resultados obtenidos con el Equipo Analizador de Gases en el recinto	88
7.3.3. Comportamiento de los resultados de los volúmenes de los gases: HC propano, CO ₂ , O ₂ en función del tiempo	89
7.3.4 Análisis de Monóxido de Carbono (CO)	92
7.3.5 Medidas de Emisiones de gases de la combustión por el Exterior del Calentador de Paso	93
7.4 Calculo del Ratio de Ventilación (R ₃) de los Artefactos Tipo “A”	94
7.4.1 Potencia Total de los Artefactos Tipo “A”	94
7.4.2 Calculo del Ratio (R ₃) de Ventilación	95
7.4.3 Resultados obtenidos con el equipo analizador de gases en el recinto	97
7.4.4 Comportamiento de las curvas los Gases: HC Propano, CO, CO ₂ , O ₂	99
CAPITULO VIII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	103
CAPITULO IX: BIBLIOGRAFÍA	105
CAPITULO X: ANEXOS	107
10.1 Reglamento de Seguridad del Taller en el Laboratorio.	107

INDICE DE FIGURAS

Fig. 2.1 Artefacto Tipo A	16
Fig. 2.2 Artefactos Tipo B	17
Fig. 2.3 Artefactos Tipo C	18
Fig. 2.4 Artefactos Clase 1, Clase 2 , Clase 3	19
Fig. 2.5 Partes internas de una Cocina Domestica	20
Fig. 2.6 Partes Internas de un Calentador a Gas	21
Fig. 2.7 Entrada del Agua Fría y Salida de Agua Caliente	21
Fig. 2.8 Tomando la prueba de CO de un calentador de Agua	22
Fig. 2.9 Calentador de ambiente con Cámara Estanca	22
Fig. 3.1 Evolución del Consumo Unitario en el sector Residencial	31
Fig. 3.2 Precios de los combustibles en Lima y Callao	31
Fig. 3.3 Balance de carga y Procesamiento de GN – Junio del 2013	35
Fig. 3.4 balance de Carga y Procesamiento de LGN	35
Fig.3.5 Promedio Diario de Gas Natural Procesado en la Planta de Separación en Malvinas Lote 88 y Lote 56	36
Fig.3.6 Promedio Diario de LGN Procesado en la Planta de Fraccionamiento de Pisco	37
Fig. 3.7 Supervisión de los trabajos constructivos	37
Fig. 3.8 Crecimiento de la Red de Distribución de Gas Natural en Lima y Callao	38
Fig. 3.9 Habilitaciones de Instalaciones Internas de Gas Natural	38
Fig. 3.10 Instaladores Registrados de Gas Natural	39
Fig. 4.1 Tiempo de Exposición en el Recinto en función del % de HbCO	41
Fig. 4.2 Efectos del Monóxido de Carbono CO	42
Fig. 5.1 Conexiones internas y externas del gas	45
Fig. 5.2 Instalaciones de rejillas de ventilación	45
Fig. 5.3 Clasificación de artefactos a gas según circuito de combustión	46
Fig. 5.4 Rejillas de ventilación, comunicación con espacios en el mismo piso a través de dos aberturas. Residencial	54
Fig. 5.5 Rejillas de ventilación, comunicación con el exterior a través de dos aberturas. Residencial.	56
Fig. 5.6 Métodos Alternativos para la Ventilación de Espacio Confinados.	62
Fig. 5.7 Rejillas de ventilación, aberturas en el interior del recinto.	63
Fig. 5.8 Instalaciones Internas Residenciales de Gas Natural	63
Fig.5.9 Ubicación incorrecta de los ductos de evacuación de los productos de la combustión.	64
Fig. 7.1 Calentador de paso de agua a gas.	70
Fig. 7.2 Cocina 4 hornillas con horno Marca MIRRAY.	71

Fig. 7.3 Cocina de 2 hornillas marca SURGE.	71
Fig. 7.4 Cocina de 2 hornillas marca GARAY.	72
Fig. 7.5 Analizador de gas de la combustión Marca Pierburg.	72
Fig. 7.6 Analizador de gases de la combustion Marca RKI Instrument.	73
Fig. 7.7 Cronometro Marca Citizen.	73
Fig. 7.8 Medidor de baja presión Marca ELSTER AMCO.	74
Fig. 7.9 Manómetro de baja presión Marca JAKO.	74
Fig. 7.10 Regulador de baja presión Marca FISHER.	75
Fig. 7.11 Medidor de velocidad de viento LCD Anemómetro digital Marca FISHER	75
Fig. 7.12 Plano del Recinto ubicado en el Laboratorio de Ingeniería de Petróleo y Gas Natural.	78
Fig.7.13 Voucher de los resultados que emite el equipo Pierburg	83
Fig.7.14 Voucher de las lecturas en el recinto del laboratorio de la FIP, del equipo Pierburg. Análisis de gases de fecha 21/11/12	84
Fig.7.15 A medida que el tiempo transcurre hay una disminución del volumen en ppm de Gas propano.	85
Fig. 7.16 Gráfico cartesiano del gas dióxido de carbono vs el tiempo	85
Fig. 7.17 Relación del oxígeno versus el tiempo	86
Fig. 7.18 A medida que el tiempo transcurre hay una disminución del volumen en ppm de Gas propano.	89
Fig. 7.19 Gráfico cartesiano del gas dióxido de carbono vs el tiempo	89
Fig. 7.20 Relación del oxígeno versus el tiempo	90
Fig. 7.21 Voucher de las lecturas en el recinto del laboratorio de la FIP del equipo Pierburg. Análisis de gases de fecha 28/12/12	91
Fig.7.22 Resultados de CO con el equipo Precision Scientific	92
Fig.7.23 Voucher de las lecturas del calentador de paso tomadas detrás del laboratorio de la FIP, con el equipo de Analizador de gases.	93
Fig.7.24 Medida de la parte exterior del calentador con el sensor.	94
Fig.7.25 Parte interna del Calentador	94
Fig.7.26 Voucher de las lecturas en el recinto del laboratorio de la FIP del equipo Pierburg. Análisis de gases de fecha 21/03/13	98
Fig 7.27 A medida que el tiempo transcurre hay un aumento del % de volumen de Gas propano.	99
Fig 7.28 Gráfico cartesiano del gas dióxido de carbono vs el tiempo.	99

Fig.7.29 Relación del oxígeno versus el tiempo.	100
Fig.7.30 Gráfico del ratio de ventilación en función de la potencia nominal.	102

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Clasificación de los Gases	10
Tabla 2.2 Componentes del Gas Natural	13
Tabla 2.3 Unidades de Energía	24
Tabla 2.4 Artefactos usado en las pruebas	25
Tabla 3.1 Demanda del Gas Natural	30
Tabla 3.2 CRD Adjudicada y Contratada en la Primera Etapa	32
Tabla 3.3 CRD Adjudicada y Contratada en la Segunda Etapa	33
Tabla 3.4 CRD Solicitada en la Tercera Etapa, Contratada en la Segunda Etapa	34
Tabla 4.1 Efectos del Monóxido de Carbono en la Sangre	41
Tabla 5.1 Distancias mínimas entre tuberías que conducen gas instaladas a la vista o embebidas y tubería de otros servicios	47
Tabla 5.2 El material de las rejillas de ventilación y su área libre	56
Tabla 5.3 Resultados de las Rejillas de Ventilación	60
Tabla 6.1: Proporción Aire – Combustibles para la Combustión	69
Tabla 7.1 Velocidad del Viento	76
Tabla 7.2 Tamaño de las cocinas	77
Tabla 7.3 Resultados de las cocina1, cocina 2 y calentador de agua	82
Tabla 7.4 Lecturas del equipo de fecha: 21/11/2012	83
Tabla 7.5 Resumen de los Cálculos	87
Tabla 7.6 Lecturas del equipo de fecha: 28/11/2012	88
Tabla 7.7 Resultados de la medición RKI Instrument	92
Tabla 7.8 Resumen de los cálculos	96
Tabla 7.9 Lecturas del equipo de fecha: 21/03/2013	97
Tabla 7.10 Resumen de las Potencias y Ratios de las cocinas tipo “A” y “B”	101
Tabla 7.11 Resultados de la Potencias y Ratios de las cocinas Tipo “A”	101

RESUMEN

El uso del gas natural es cada vez más importante como una alternativa energética, en relación a otros combustibles: el G.L.P, la gasolina, el diesel, el carbón y otros. En este contexto, se requiere desarrollar la cultura del gas natural, que hará posible el empleo creciente de este recurso permitiendo el eficiente aprovechamiento de sus ventajas técnicas, económicas y ambientales.

Para producir gas natural en los pozos de Camisea (Cusco), es necesario contar con un sistema de transporte (TGP) y una red de distribución (empresa CALIDDA) para abastecer el consumo de la ciudad de Lima-PERÚ.

Para el caso de las instalaciones internas residenciales y comerciales se aplican las siguientes Normas Técnicas Peruanas: NTP 111.011-2008 “Sistema de tuberías para instalaciones internas residenciales y comerciales”; NTP 111.022-2008 “Ventilación y Aire para combustión en recintos internos donde se instalan artefactos a gas para uso residencial y comercial” y la NTP 111.023-2008 “Evacuación de los productos de la combustión generado por artefactos a gas natural” y en adición el Reglamento Nacional de Edificaciones-2009 (EM-040).¹

En la Norma NTP111.022-2008, existen dos conceptos importantes, que son: el **Ratio de Ventilación**, que es el volumen de aire (m^3) entre la potencia térmica (KW) instalada en el recinto interior donde se ubicarán los artefactos a gas natural y/o GLP y el **Espacio Confinado**, que es el recinto interior cuyo volumen es menor a $4.8 m^3/KW$ ($50\text{pie}^3/1000 \text{ BTU}$) de potencia nominal agregada o conjunta de todos los artefactos a gas instalados. En la obtención de la potencia no se consideran los artefactos tipo C”.

En la primera parte de la presente tesis se presenta, la parte teórica y cálculos realizados con el espacio confinado con la NTP 111 022-2008.

En la segunda parte, se realizan las pruebas en el laboratorio y los resultados obtenidos se grafican para obtener el Ratio de Ventilación en un recinto interior, ubicado en el laboratorio de Ingeniería de Petróleo y Gas natural – UNI, cuyo cálculo es el objetivo de la tesis.

ABSTRACT

The use of natural gas is an alternative energy source increasingly important against other fuels such as: the GLP, gasoline, diesel, coal and other energy. It is required to develop the culture of natural gas, which will make it possible to the growing use of this resource through the efficient use of its technical, economic and environmental advantages.

To produce natural gas in Camisea (Cusco) Wells, it is necessary to have a system of transportation (TGP) and a network of distribution (company CÁLIDDA) to supply the consumption of the city of Lima - PERÚ.

In the case of domestic residential and commercial installations apply the following Techniques Peruvian Standards: NTP 111.011-2008 "Piping system for domestic residential and commercial facilities"; NTP 111.022-2008 "Ventilation and Air for combustion in internal enclosures where they are installed for residential and commercial use gas artifacts" and the NTP 111.023-2008 "Evacuation of the products of combustion generated by natural gas artifacts" and the national regulation of buildings-2009 (EM-040).¹

In the standard NTP111.022-2008, there are two important concepts, which are: ventilation Ratio, which is the volume of air (m^3) thermal power (Kw) installed in the indoor enclosure where they were installed between the artifacts to natural gas or LPG and the Confined Space, which is the indoor enclosure volume is less than $4.8 m^3/kw$ ($50 pie^3/1000 BTU$) of aggregate or joint rating of all the installed gas appliances. In obtaining the power are not considered artifacts type C".

In the first part of the thesis project will be presented, the theoretical part and calculations performed with the space bordered on the NTP 111 022-2008.

The second part tests will be carried out in the laboratory and results will be to obtain the Ratio of ventilation indoors, in the laboratory of engineering of oil and natural Gas - UNI, which is the aim of the thesis.

INTRODUCCIÓN

En el Perú se encontraron importantes reservas de gas natural no asociado en el Lote 88 en las cercanías del río Camisea, jurisdicción de la provincia de la Convención, departamento del Cuzco.

Los yacimientos San Martín, Cashiriari y Mipaya, que se encuentran en el Lote 88 contienen las reservas de gas natural y líquidos de gas natural más importantes del Perú. De acuerdo al Libro Anual de Reservas de Hidrocarburos al 31 de Diciembre del 2012, publicado por la DGH-MINEM, las reservas probadas (P-90) de dicho Lote 88, son de 10.315 trillones de pies cúbicos (TPC) y 515.07 millones de barriles de líquidos del gas natural (propano, butano y condensados C₅+).¹⁸

De la misma fuente, las reservas probadas más probables (P-50) en el Lote 88 es de 11.957 TPC de gas natural y 614.7 millones de barriles de líquidos del gas natural.

El estimado del factor de recuperación para los campos de la Selva Central y Sur de gas natural y líquidos del gas natural está en el orden de 75% a 85%.

Las reservas de Camisea son diez veces más grandes que cualquier otra reserva de gas natural en el Perú.¹⁸

En febrero del 2000 el gobierno peruano adjudicó un contrato de licencia para la explotación de Camisea al consorcio liderado por PlusPetrol Perú Corporation S.A con la participación HUNT OIL Company of Perú, SK Corporation y Tecpetrol del Perú S.A.C. (100% propiedad del grupo Techint).

El contrato de licencia fue adjudicado de acuerdo a las bases para el concurso preparado por la Comisión Especial del Proyecto Camisea

El proyecto de explotación consiste en un contrato de licencia de 40 años para la extracción de gas natural e hidrocarburos líquidos del gas natural.

Se construye el Gasoducto Camisea (Cusco) – Lurín (Lima) (City Gate) que viene hacer la parte de Transporte; y luego continúa la distribución en Lima - Callao

(administrado actualmente por Calidad) que va desde Lurín hasta Ventanilla (Planta Térmica de ETEVENSA)

A partir de Agosto del 2004, la ciudad de Lima, tiene gas natural por tuberías, estas líneas son conectadas en: estaciones de GNV, industrias, comercios y residencias.

Existen 163 968 vehículos convertidos a gas natural (GNV), a nivel de talleres de conversión 204 unidades y Gasocentros de GNV 219 unidades, hasta Agosto del 2013.¹¹

En las instalaciones internas domiciliarias a gas natural en Lima y Callao, hasta Junio del 2013, hay 112,365 viviendas instaladas. Este crecimiento permitirá alcanzar en el 2016, las 450,000 conexiones residenciales, beneficiando a un promedio de 2 millones de peruanos.^{12,13}

Dentro de estas instalaciones internas de gas natural en residencias y comercios, existen problemas potenciales con respecto a la ventilación y la evacuación de los productos de la combustión, debido que para aplicar la Norma NTP 111.022-2008, han tenido que; en algunos casos romper paredes y en lo concerniente al sistema de evacuación, la contaminación a las personas que viven cerca a estos gases contaminantes, es alto.

A efectos de condiciones de instalación de aparatos de gas y diseño de ventilaciones, dos locales se consideran como uno solo, siempre y cuando se comunican entre sí mediante una o varias aberturas permanentes, cuya superficie libre total sea como mínimo 1,5 m², concepto obtenido de la norma NFPA-54/2006 (EEUU) y también de la NTC 3631 / 2002 (Norma Técnica Colombiana).⁹

En la primera revisión que se hizo a la Norma Técnica Peruana en el periodo de Junio del 2007 hasta Marzo del 2008, el Comité Técnico de Normalización de Gas Natural Seco, acordó tomar el mismo valor de ratio de ventilación de 4.8 m³/kw,

alcanzado por la Norma NFPA 54-2006, sin ningún sustento y sin realizar ensayos experimentales.

Asimismo la propuesta desarrollada, fue cambiar el ratio de ventilación, el cual al respecto, hasta el momento no ha sido objeto de ningún ensayo.

También este valor del ratio de ventilación de $4.8\text{m}^3/\text{Kw}$, se encuentra en el Reglamento Nacional de Edificaciones 2009 EM-40 (aplicado a partir de octubre del 2010 - Perú).^{1,6,10}

Metodología Utilizada:

Ciudades donde existen gran cantidad de habitantes, por ejemplo, en la capital de México exigen que los gasodomésticos eliminen menos de 50 ppm de CO; en la capital de Colombia igualmente menos de 50 ppm.

Con estos ejemplos de otros países, se estaría obligando a todos los fabricantes de artefactos a gas del Perú y de la importación de gasodomésticos, cumplir con la Norma Técnica Peruana (NTP) que señala, que se debe eliminar menos de 50 ppm. de CO; con esta limitación se estaría cuidando la salud del usuario.

Para determinar el Ratio de Ventilación se procedió en forma experimental de la siguiente manera:

- Se eligió un ambiente dentro del laboratorio de petróleo y gas natural de la Facultad de Petróleo, que será usado como recinto interior para la simulación de los ensayos.
- Se obtuvo el volumen físico del recinto interior.
- Mediante ensayos se midieron las potencias de los artefactos gasodomésticos.
- Mediante un analizador de gases, se cuantificó la cantidad de CO (monóxido de carbono), oxígeno (O_2), y otros gases (según NTP).
- Finalmente se determinó el Ratio de Ventilación, que es el volumen Físico del recinto entre la potencia total instalada de los artefactos gasodomésticos.

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Formulación del Problema

¿Es el valor del Ratio de Seguridad tomada de la Norma Americana NFPA-54/2006 de $4.8 \text{ m}^3/\text{kw}$, o es mayor o menor de este valor para su aplicación en Lima-Perú?

¿Existen estudios aplicables para la ciudad de Lima-Perú, respecto al ratio de seguridad en las instalaciones internas de viviendas que utilizan gas natural y/o GLP?

¿Existen diversos problemas en la combustión de los artefactos a gas, ventilación y evacuación del producto de la combustión, siendo el principal de ellos el del monóxido de carbono (CO), que es un producto contaminante, tóxico y puede producir envenenamiento?

En la combustión de los artefactos a gas, los problemas principales son: relación de aire/combustible, exceso de aire y diseño del Venturi.

De los problemas principales, en la actualidad en el Perú, no existe un organismo del estado que controle la fabricación de los artefactos doméstico a gas natural y/o GLP, el Ministerio de la Producción, institución que emite el permiso de fabricación (documento de fabricación que indica modelo y característica técnica del artefactos), pero no certifica la fabricación.

Además existen fabricantes artesanos de cocinas gasodomésticos sin ningún control.

1.2 Justificación de la Investigación

Debido a que la NTP 111.022-2008 considera como referencia el valor de $4.8 \text{ m}^3/\text{kw}$ de la NFPA-54 sin haber realizado ninguna experimentación, sería necesario determinar el ratio de seguridad para la ciudad de Lima-Perú, como lo han realizado en Colombia, Argentina y otros países.

De esta manera se contribuirá al desarrollo cultural, comercial, industrial, empresarial, ambiental y de investigación en el País.

1.3 Objetivos de la Investigación: general y específico.

1.3.1 Objetivo General

Determinar el ratio de seguridad en un recinto interior mediante el incremento de la potencia térmica en viviendas que utilicen gas natural y/o GLP en la ciudad de Lima – Perú.

1.3.2 Objetivo Específico.

Optimizar la seguridad en las instalaciones internas domiciliarias de gas natural y/o GLP en Lima – Perú.

1.4 Limitaciones de la Investigación

No existen limitaciones, con los resultados obtenidos del ratio de ventilación, donde se instalarán los artefactos a GLP y/o Gas Natural Seco, efectuados en el laboratorio de Ingeniería de Petróleo y Gas Natural FIP-UNI, se protegerá la salud del ser humano y su calidad de vida.

1.5 Alcances de la Investigación.

Una vez obtenido el ratio de ventilación para Lima-Perú, se puede solicitar a INDECOPI que se incluya en la Norma Técnica Peruana 111.022-2008, para su uso en las instalaciones internas de gas natural y/o GLP y luego al Ministerio de Vivienda para su inclusión en el Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú.

CAPITULO II: EL MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la Investigación

En las investigaciones que han realizado otros países, los valores obtenidos del Ratio de Ventilación (espacio confinado), fueron los siguientes:

EEUU : 4.8 m³/ kw. (50 pie³/1000 BTU - Norma NFPA 54).¹⁰ Esta norma llamada Código Nacional del Gas Combustible, en su primera edición fue en el año 1974, titulado, instalaciones de tuberías y artefactos de gas combustibles corriente abajo de los medidores del servicio de gas hasta las instalaciones de los consumidores; en su segunda edición fue en el año 1980, en el cual se incorpora parte de la norma ASME B31-2, sistema de tuberías hasta 60 PSIG; en la tercera y cuarta edición en el año 1984 y 1988 respectivamente se incorpora tuberías con presiones mayores a 125 psig; en la quinta edición en el año 1991, se incorpora sistema de evacuación de los producto de la combustión (chimeneas); en la sexta edición en el año 1996, se incorpora el sistema de ventilación, donde define el concepto del Espacio Confinado.

Argentina : 3.00 m³/ kw. Gas del Estado–Argentino “Instalaciones domiciliarias de gas natural y/o GLP - Buenos Aires- 1982. Menciona los diferentes tipos de rejillas de ventilación, varía según la potencia de los artefactos que se instalen, como: cocinas, calentadores de agua, acumuladores de agua, estufas de calefacción, secadoras de ropas, etc

En el año 1996 el Instituto Argentino de Normalización (IRAN), Incluye la aplicación NFPA- 54 / 1996 para sus instalaciones de gas natural y/o GLP.

Colombia : 3.40 m³/ kw. (Norma NTC 3631/2006)

Obtenido en el laboratorio del CDT de GAS/ 2006 (Centro de Desarrollo Tecnológica del Gas), anteriormente se usaba el valor de la Norma NFPA 54 de 4.8 m³/kw. (Norma NTC 3631/ 1996).⁶

Ecuador : No tiene Norma, pero algunos fabricantes de artefactos a gas mencionan la NTC Norma Técnica de Colombia 3631.

España : 2 m³/kw (Norma Técnica UNE 60.670 /2005), para artefactos a gas Tipo "A". Los artefactos TIPO "B" no precisan volumen mínimo, pero se pueden instalar rejillas de ventilación
La potencia instalada dentro del recinto es mayor a 30kw, el local debe contar con un sistema de ventilación mecánica (extractor).
Para el resultado del ratio se realizó investigación.

Chile : 2 m³/kw (D.S. 222/96 Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción – CHILE; basada en la Norma técnica UNE 60.601- UNE 60.670/2005)

Otro aspecto importante relacionado con la seguridad de la instalación es, la emisión de CO, que distintos países han limitado en las siguientes cantidades:

- 1.- México (capital)** : Se exige que los gasodomésticos eliminen menos de 50 ppm de CO.
- 2.- Colombia (capital)** : Menos de 50 ppm de CO.
- 3.- Argentina (capital)** : Menos de 50 ppm de CO.
- 4.- Perú** : Según NTP 111 023-2008, señala que los gases de la combustión de los artefactos gas natural y/o GLP, instalado en un recinto, debe eliminar menos de 50 ppm de CO; Las instituciones del Estado Peruano deben controlar a todos los fabricantes de gasodomésticos, y las importaciones de estos artefactos gas, cumplir con la

norma; así se protegerá posible asfixia o envenenamiento y la calidad de vida al usuario.

2.2 Bases Teóricas Generales

2.2.1. Índice de Wobbe

El Índice de Wobbe es el cociente entre el poder calorífico superior (PCS) y la raíz cuadrada de la densidad relativa del gas con respecto al aire.

$$W = \frac{PCS}{\sqrt{DR}}$$

El Índice de Wobbe es un parámetro importante cuando se quiere mezclar gases combustibles y el aire (en una reacción de combustión).

Dicho índice se controla para asegurar la combustión satisfactoria en un quemador. Es además un indicador de intercambiabilidad de combustibles como el gas natural, gas licuado de petróleo, gas de ciudad, gasolina, gasoil y con frecuencia se define en las especificaciones de suministro de gas y de transporte (de los combustibles).

2.2.2 Poder Calorífico Superior (PCS).

Se llama poder calorífico de un gas combustible, la cantidad de calor que desprende en la combustión completa una unidad de masa o volumen de dicho gas.

El poder calorífico superior (PCS) es la cantidad de calor que desprende en la combustión completa una unidad de masa o volumen de gas cuando los productos de combustión son enfriados hasta la condensación del vapor del agua que lo contiene.

El poder calorífico inferior (PCI) es la cantidad de calor que desprende en la combustión completa una unidad de masa o de volumen de gas cuando los productos de la combustión son enfriados sin que llegue a producirse la condensación del vapor de agua.

En ambos casos se expresan por unidad de masa o volumen.

Por unidad de masa: mj /kg, kwh / kg ,keal / kg

Por unidad de volumen: mj /m³; kwh / m³ ,keal /m.³

2.2.3 Densidad Relativa (DR).

La densidad relativa de un gas con respecto al aire es la relación entre densidad absoluta del gas y la densidad del aire en las mismas condiciones referencia.

$$DR = \frac{D_{gas}}{D_{aire}}$$

Si la densidad es menor que 1, el gas es menos denso que el aire, y en caso de una fuga tendería el gas a elevarse.

Si la densidad es mayor que 1, el gas es más denso que el aire, en ese caso de una fuga tendería a acumularse en el suelo.

Los más densos que el aire son: el gas butano, el gas propano y la mezcla de estos gases GLP (gas licuado de petróleo)

Las características de los gases serán aquellas de que los identifican para su utilización como combustibles y entre otras la composición química, poder calorífico superior (PCS), poder calorífico inferior (PCI), Índice de Wobbe y de combustión, olor, toxicidad, corrosión, y humedad.

2.2.4 Clasificación y Origen de los Gases.

Los gases combustibles se clasifican en tres grandes familias o grupos según la NTP 111.023-2008 función del Índice de Wobbe.

a) Primera familia

Los gases representativos de la primera familia son:

- Gas manufacturado (gas ciudad).
- Aire propanado o butanado de bajo Índice de Wobbe.
- Aire metanado (mezcla aire y metano).

b) Segunda familia

- Gas natural seco (mayormente metano).

c) Tercera familia

- GLP (gas licuado de petróleo).
- Butano comercial
- Propano comercial

Tabla N° 2.1 Clasificación de los Gases

Familias y grupos de gases	Número Wobbe de referencia a las condiciones de referencia de 15°C y 1013.25 mbar.	
	Mínimo (Mj/m ³)	Máximo (Mj/m ³)
Primera familia (Gas Ciudad)		
Grupo A	22.4	24.8
Segunda familia (Gas Natural)	39.1	54.7
Grupo H	45.7	54.7
Grupo L	39.1	44.8
Grupo E	40.9	54.7
Tercera familia (GLP)	72.9	87.3
Grupo B/P	72.9	87.3
Grupo P	72.9	76.8
Grupo B	81.8	87.3

Fuente: Norma Técnica Peruana NTP 111.027-2008

Nota: en el Perú únicamente se comercializan gases de la segunda y tercera familia

La primera familia se compone de gases manufacturados (gas fabricado) su principal representante es el “gas ciudad” cuya utilización es cada vez menor, ya que está siendo sustituido principalmente por gas natural.

También pertenece a la primera familia del aire metanado que es una mezcla de aire y de gas natural intercambiable con el gas manufacturado o “gas ciudad” y que se distribuye transitoriamente en algunas zonas donde ya no se fabrica gas manufacturado, pero todavía no se ha realizado el cambio a gas natural.

La segunda familia es el gas natural seco, a diferencia del gas manufacturado, no requiere ningún proceso intermedio para agregar aire.

El gas natural seco debe procesarse para eliminar impurezas, como el H_2S , CO_2 y debe transportarse desde los yacimientos hasta los centros de consumo.

Para el transporte normalmente se utiliza gaseoductos o bien se transporta en barco, licuándolo previamente para aumentar la capacidad de transporte y se re gasifica cuando llega a su destino donde se distribuye a través de gaseoductos de transporte y las redes de distribución.

La tercera familia la compone los gases licuados de petróleo (GLP) son principalmente el butano comercial y el propano comercial, que son una mezcla de hidrocarburos donde predomina el butano o el propano, respectivamente, en una proporción de más de 85 % en volumen.

La composición de los gases combustibles es variable y, por lo tanto también sus características. Los datos de los gases relacionados han de considerarse “gases tipos” por lo que pueden tener ligeras variaciones según las zonas de procedencia.

Un quemador diseñado para quemar gas de una familia no puede quemar gas de otra familia si previamente no se sustituye el inyector y se ajusta el aire de la combustión.

2.2.5 Características del Gas Licuado de Petróleo (GLP)

Mezcla de gases condensables presentes en el gas natural o disuelto en el petróleo. Los componentes del GLP, aunque a temperaturas y presión ambientales

son gases fáciles de condensar en la práctica, se puede decir que el GLP es una mezcla de propano y butano.

El gas natural tiene cantidades variables de propano y butano, los cuales pueden ser extraídos en procesos consistentes, reducción de temperatura del gas hasta que estos componentes y otros se condensen. Los procesos usan refrigeración o turbos expansores para lograr temperaturas menores $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Propiedades del GLP:

- Gravedades Especificas : 1.53
- Poder Calorífico : 2,500 B.T.U/pe³ ó
99,600 B.T.U/m³
- Mezcla Explosiva : 1.8 – 9.3% de gas en el aire
- Incoloro
- Inodoro
- No es toxico
- Liquido más liviano que el agua
- Estado gaseoso más pesado que el aire

2.2.6 Gas Natural Seco (GNS)

El gas natural es una mezcla de hidrocarburos que contiene a los componentes más livianos de la cadena de hidrocarburos (desde C₁, hasta C₁₅) puede contener impurezas (CO₂, H₂S) o inertes como N₂ y O₂ dependiendo del tipo de reservorio en el que se encuentra como gas seco (drygas) o gas húmedo (wet) o una combinación de ambos, también puede clasificarse como gas asociado o gas no asociado referido al petróleo. Su principal constituyente es el metano.

Es un fluido combustible que juega un papel importante en el nuevo orden mundial de la preservación del medio ambiente. El gas natural es una fuente importante para obtener la materia prima de la industria petroquímica.

En la siguiente tabla, se nombra los componentes del gas natural.¹⁵

Tabla 2.2 Componentes del Gas Natural

Gas seco o Residual 92.5%	Metano C1 Etano C2
Gas natural de pozo 100%	Mezcla de metano C1 y etano C2 ó metano solo. Existen pozos que producen gases más ricos.
GLP (gas licuado de petróleo)	Propano C3 Butano C4 Mezcla C3 + C4
LGN (líquidos del gas natural)	Gasolina Natural , +C5 y otros

FUENTE: El Gas Natural / Autor: Luis Cáceres Graziani

Entre los componentes del gas natural se tiene:

- El Metano: Primer constituyente del gas natural se encuentra con más del 75 % del gas.
- El Etano: Existe como líquido a elevadas presiones o temperaturas bajas para su transporte, también es usado en la Petroquímica.
- El Propano: Recuperado y comercializado, como un líquido para combustible automotor, sistema de refrigeración, con el butano se obtiene el GLP.

- El Butano: Recuperado y comercializado como líquido bajo presión moderada, mezclado con el propano se obtiene GLP, se usa en sistema de refrigeración.
- Gas Licuado de Petróleo (GLP): Mezcla de propano 60% y butano 40%, en balones se encuentra en estado líquido debido a la presión, al salir a la atmósfera se gasifica.
- Líquido del Gas Natural (LGN): Es la parte líquida del gas natural, que es la mezcla del pentano e hidrocarburos más pesados con pequeñas cantidades de butano, propano, etc.

Propiedades del Gas Natural:

Gravedad Específica	: 0.61
Poder Calorífico	: 9500 Kcal/m ³ ó 37699 BTU/m ³
Mezcla Explosiva	: 5 – 15% de gas en el aire

2.3 Marcos Conceptuales

2.3.1 Gasodomésticos

Los artefactos a gas de uso doméstico, son los que funcionan con combustible GNS. y/o GLP, que pueden ser usados en residencias y/o comercios.

2.3.2 Clasificación de los Artefactos a Gas

Estos artefactos se clasifican de acuerdo con:

- La naturaleza de los gases utilizados (categorías)
- Instalación y método de los productos de combustión (tipos)
- Según la forma de instalación.
- Según su circuito

2.3.2.1 Según su Categoría: La Naturaleza de los Gases utilizados

Se clasificaran en tres categorías:

CATEGORIA I

Gasodomésticos que utilizan gas de una sola familia

CATEGORIA II

Gasodomésticos que utilizan gases de dos familias

CATEGORIA III

Gasodomésticos que utilizan gases de las tres familias

2.3.2.2 Según sus Tipos: Instalación y Métodos de los Productos de Combustión.

Según sus tipos se tiene:

TIPO A

TIPO B: B1 y B2

TIPO C: C1, C2 y C3

➤ **Artefacto a Gas Tipo A:**

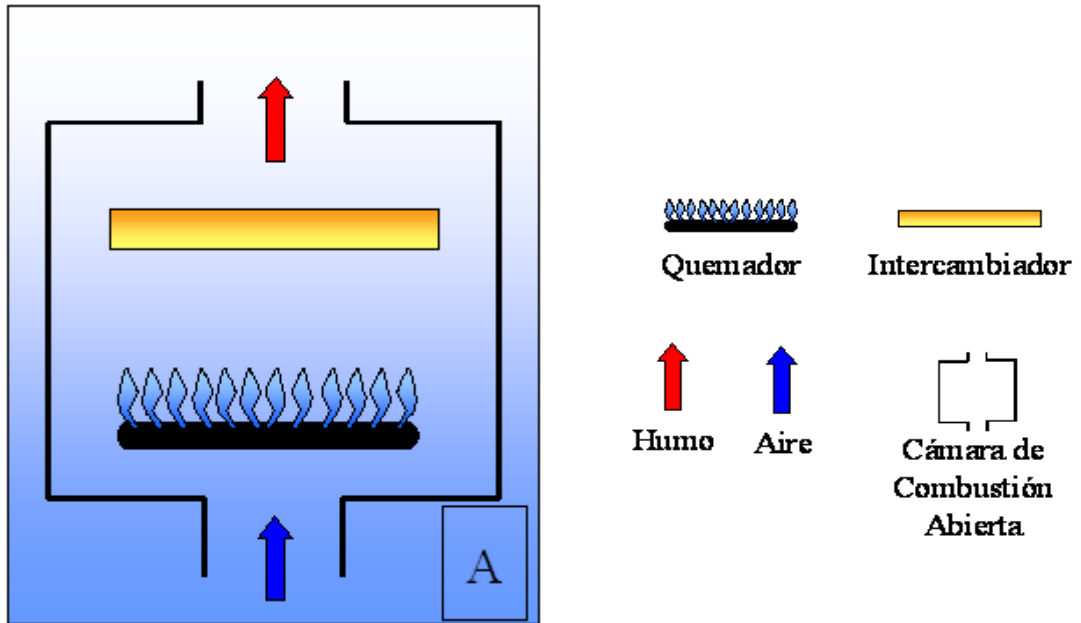
Es el artefacto diseñado para ser usado sin conexión a un conducto de evacuación de los productos de la combustión, dejando que éstos se mezclen con el aire del recinto en que está ubicado el artefacto; el aire para la combustión se obtiene desde el recinto interior o espacio interno en que está instalad el artefacto a gas.

Algunos artefactos de Tipo "A" son los siguientes:

- Cocinas domesticas
- Cocinas comerciales (según su potencia)
- Calentadores de agua de paso que no necesitan tubos de evacuación
- (Caudal=5 litros/min).
- Hornos domésticos.
- Hornos comerciales.
- Freidoras.
- Calentadores Acumuladores de 10 galones.

En la figura 2.1 se presenta un modelo de artefacto tipo "A" y sus principales partes.

Fig.2.1 artefacto Tipo A



FUENTE: EM-040 Reglamento Nacional de edificación-2009

Estos artefactos a gas NO necesitan ducto de evacuación.

Se Instalan en un local de Volumen $> 12 \text{ m}^3$

Potencia Total instalada $< 207 \text{ W/m}^3$

➤ **Artefacto a gas tipo B**

Es el artefacto diseñado para ser usado con conexión a un sistema de conducto de evacuación de los productos de la combustión hacia el exterior del recinto en que está ubicado el artefacto; el aire para la combustión se obtiene desde el recinto interior o espacio interno en que está instalado el artefacto a gas.⁴

Se distinguen dos clases de artefactos tipo B:

Tipo B.1: artefactos para conductos de evacuación por tiro natural.

Tipo B.2: artefactos para conductos de evacuación por tiro mecánico.

Algunos artefactos a gas:

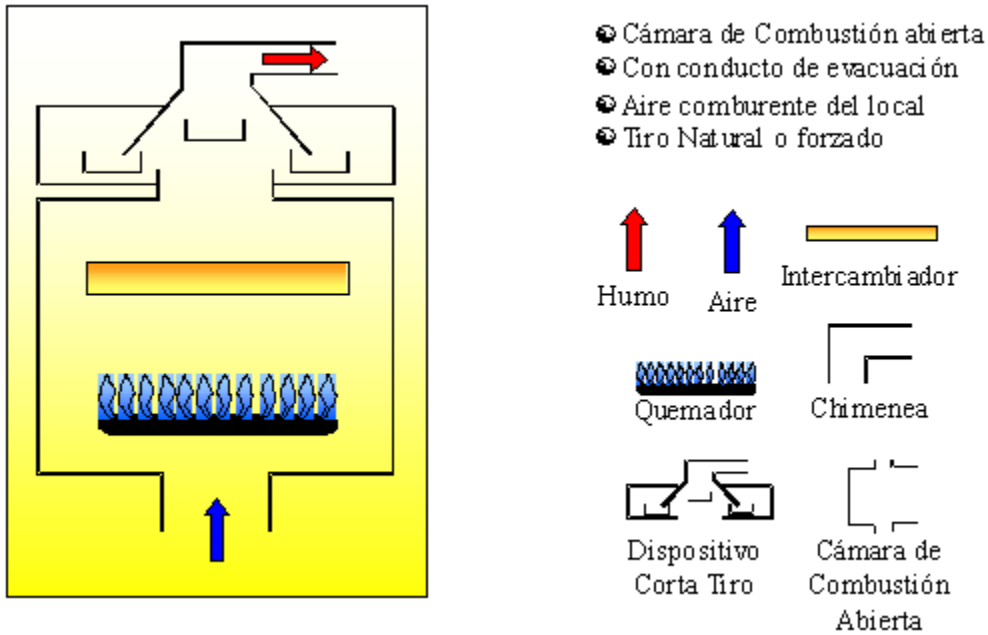
- Calentadores de agua de paso de 25 Kw
- Acumuladores de agua mayor o igual a 30 galones.

- Cocinas comerciales según su potencia
- Hornos industriales: de panaderías, otros.

A continuación se muestra en la figura 2.2 un artefacto tipo “B” y sus partes principales.

Fig.2.2 artefactos Tipo B

FUENTE: EM-040 Reglamento nacional de edificación-2009



➤ **Artefacto a gas tipo C**

Es el artefacto diseñado para usarse con conexión a un sistema de conducto de evacuación de los productos de la combustión hacia el exterior del recinto en que está ubicado el artefacto; el aire para la combustión se obtiene desde el exterior del recinto en que está instalado el artefacto a gas.

TIPO C 1

Son artefactos que tienen dos ductos concéntricos; uno para la toma de aire y el otro para evacuar.

TIPO C 2

Son artefactos con solo ducto por donde toma el aire y a la vez evacuan los gases de la combustión.

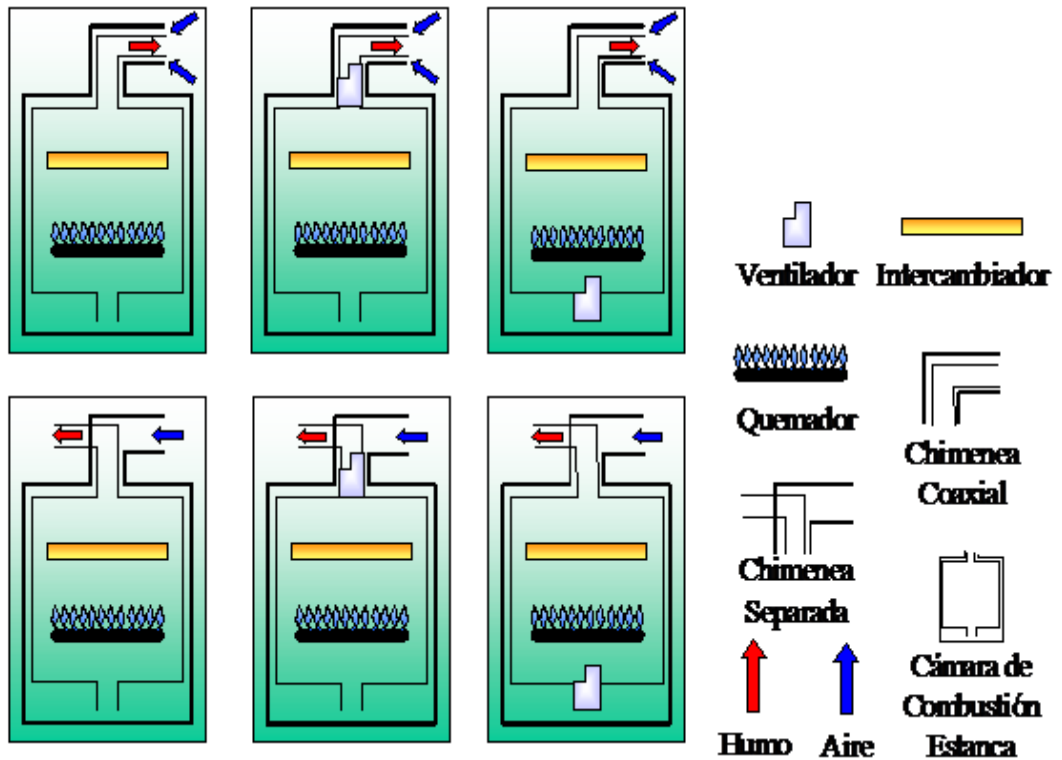
TIPO C 3

Son artefactos con dos ductos independiente uno par el aire y el otro para evacuar gases de la combustión.

En la figura 2.3 muestra los diferentes artefactos tipo "C" y sus partes principales.

Fig.2.3: artefactos Tipo C

FUENTE: EM-040 Reglamento nacional de edificación-2009



2.3.2.3 Clasificación según su Instalación

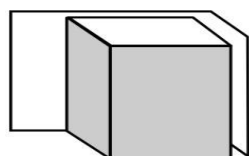
Clase 1: artefactos auto soportables.

Clase 2: artefactos para ubicar en medio de dos unidades de muebles.

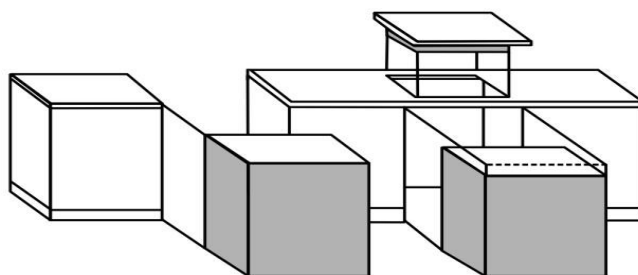
Clase 3: artefactos para empotrar dentro de un módulo de cocina o alacena.

En la siguiente figura 2.4 se presentan los artefactos clasificados según la instalación.

Fig. 2.4: artefactos Clase 1, Clase 2 , Clase 3



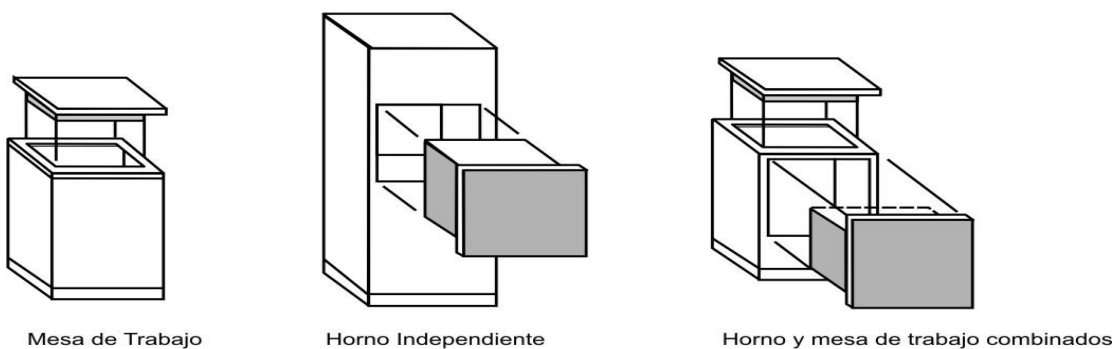
(A) Clase 1. Artefacto autoportable



Clase 2. Subclase 1

Clase 2. Subclase 2

(b) Clase 2. Artefactos para empotrar entre dos unidades de cocina



Mesa de Trabajo

Horno Independiente

Horno y mesa de trabajo combinados

(c) Clase 3. Artefactos empotrado en una unidad de cocina

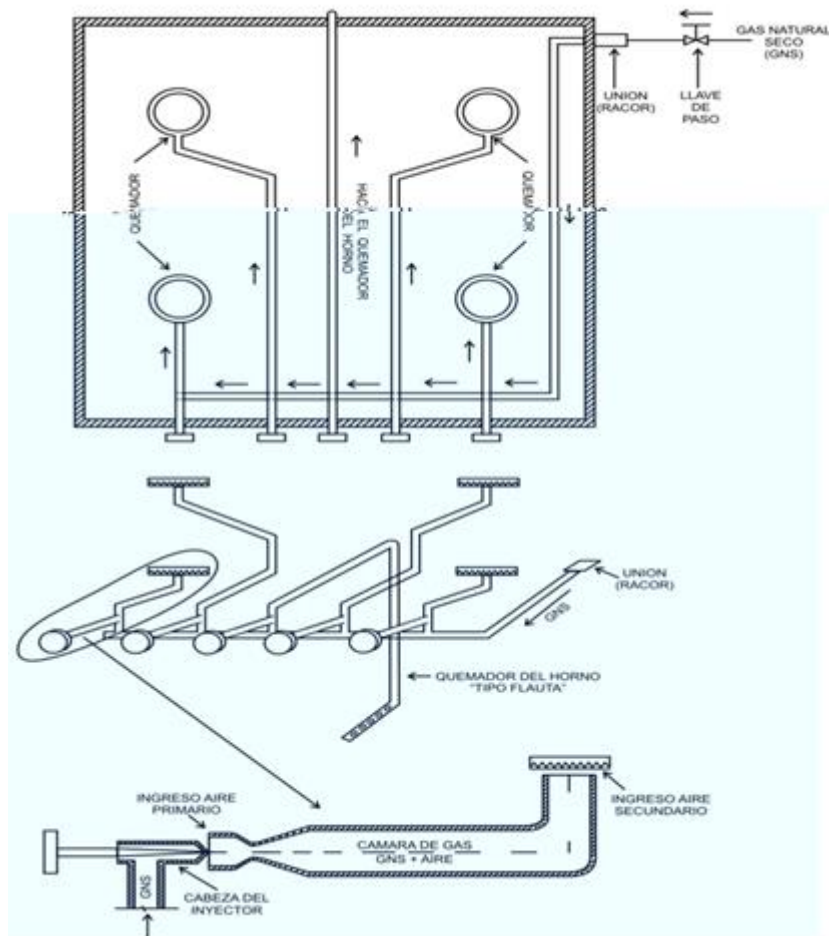
FUENTE: Norma Técnica Peruana NTP 111 027 - 2009

2.3.2.4 Clasificación según su circuito

- Artefactos de circuito abierto: combustión de los quemadores a la atmosfera
- Artefactos de circuito cerrado: combustión en una cámara estanca

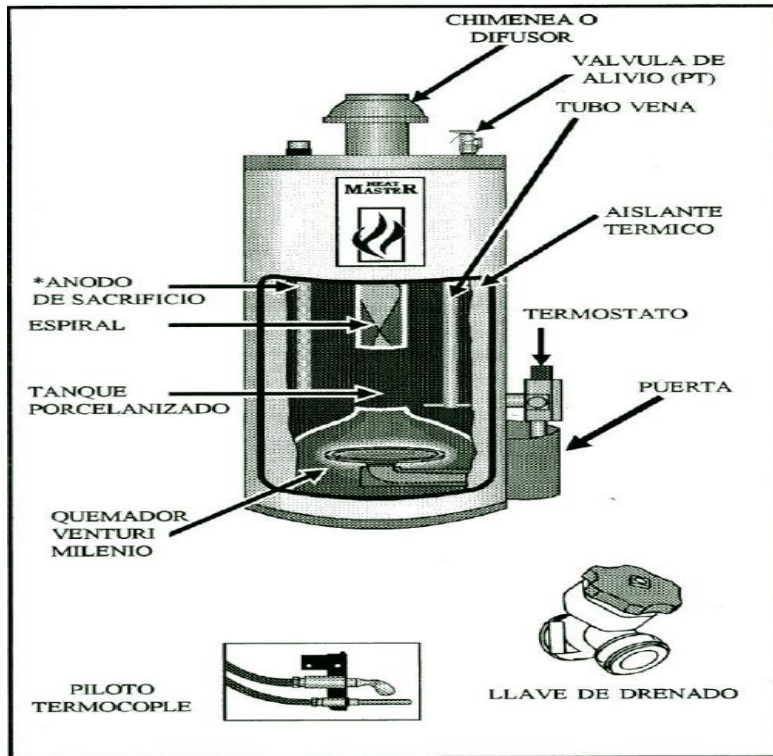
En la figura 2.5, figura 2.6, figura 2.7 y figura 2.8 son artefactos de circuito abierto

Fig. 2.5 partes internas de una cocina doméstica



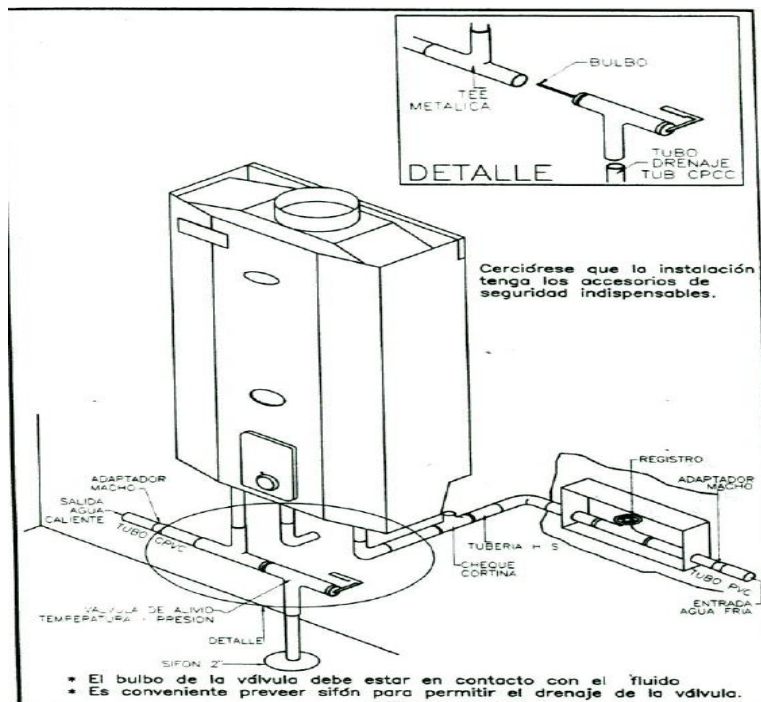
FUENTE: Norma Técnica Peruana NTP 111 027 - 2009

Fig. 2.6 partes Internas de un tanque acumulador de agua a Gas



FUENTE: EM-040 Reglamento nacional de edificación-2009

Fig.2.7 entrada del Agua Fría y Salida del Agua Caliente en un Calentador de agua de paso a gas



FUENTE: EM-040 Reglamento nacional de edificación-2009

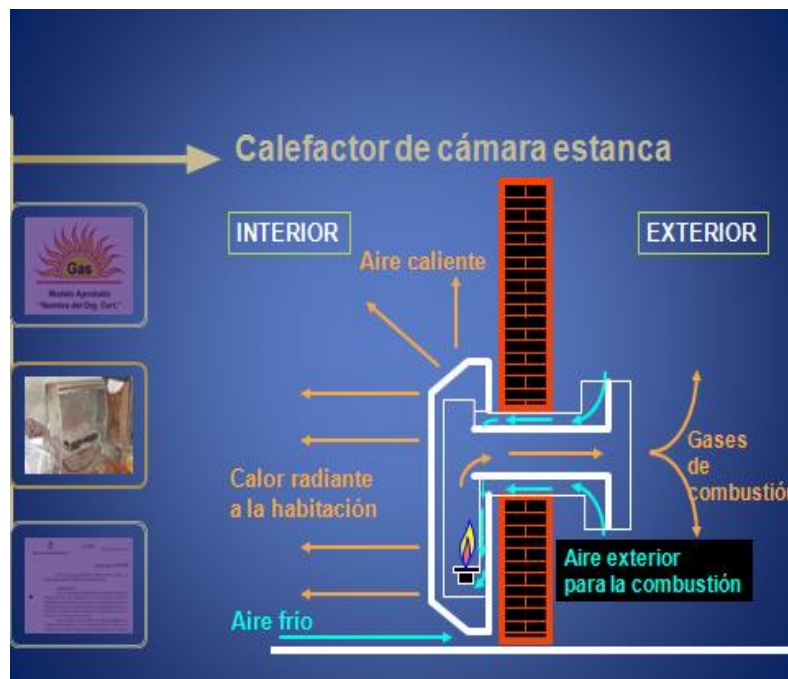
Fig. 2.8 tomando la prueba de CO de un calentador de agua



FUENTE: EM-040 Reglamento nacional de edificación-2009

En la siguiente figura 2.9 se muestra artefacto de circuito cerrado

Fig.2.9 Calentador de ambiente con Cámara Estanca



FUENTE: Ente Regulador Argentino de Gas ENARGAS/ 2009

2.3.3 Potencia de Gasodomésticos

La potencia de una hornilla se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Potencia} = m \times \text{P.C.}$$

donde:

m = Flujo de masa de combustible kg/ seg.

P.C.= Poder calorífico del combustible kj/Kg





$$\text{Potencia} = V \times \text{P.C.}$$

donde:

V = flujo de volumen del combustible m³/seg.

P.C. = poder calorífico del combustible kj/m³

Equivalencias de la Presión del Gas

- Una llanta de un vehículo se infla con 30 PSI (2 bares)  = 30 PSI
- La presión atmosférica que sentimos en el ambiente a nivel del mar (Lima, Pisco, Paracas) es de 14 PSI (1 bar)  = 14 PSI
- Un globo de fiesta se infla con 3 PSI (0,2 bares), al ser inflado a puro pulmón.  = 3 PSI
- En tu cocina, la presión del gas natural será de 0.23 PSI (0.0 16 bares).  = 0.23 PSI

En la tabla 2.3 se presenta las equivalencias entre las unidades de energía para ser utilizadas en el presente trabajo.

Tabla 2.3 Unidades de Energía

Sistema Internacional		Sistema Ingles	
Joule: J=Ws		British thermal unit: BTU	
<u>Tabla de Equivalencias</u>			
Gas Natural	BTU	kcal	kW-h
1 SCF	1000.0	252.0	0.29
1 M3	35314.0	8899.12	10.27
	kWatt	BTU/h	kcal/h
1 kcal/h	0.0012	0.252	1.0
1 BTU/h	3.968	1.0	0.2519
1 kWatt	1.0	3412.14	860.0
1 BHP		33446.0	8450

FUENTE:<http://html.rincondelvago.com/sistema-general-de-unidades-de-medida.html>

2.4 Hipótesis

Mediante el incremento de la potencia térmica se determinará el ratio de seguridad en un recinto interior en viviendas que utilicen gas natural y/o GLP en la ciudad de Lima – Perú, en el laboratorio de Ingeniería de Petróleo y Gas Natural FIP-UNI.

2.5 Identificación de las Variables

Las variables son los siguientes:

2.5.1 Variable Independiente

Determinación del ratio de seguridad en un recinto interior.

2.5.2 Variable Dependiente

Incremento de la potencia térmica en viviendas que utilicen gas natural y/o GLP en la ciudad de Lima-Perú

2.5.3 Variable Interviniente

Para realizar las diferentes pruebas en el laboratorio se considera lo siguiente:

- El combustible GLP comercial (uso residencial)

- El volumen del ambiente es permanente (recinto interior)
- La potencia térmica de los artefactos a gas instalados.
- La humedad relativa del sitio.
- El tiempo para las diferentes pruebas.
- La temperatura ambiente.
- La presión atmosférica.
- Velocidad del Aire

En las pruebas de laboratorio para calcular las potencias térmicas total instaladas, se usaron los siguientes artefactos a gas llamados gasodomésticos:

Tabla 2.4 Artefactos usado en las pruebas

ARTEFACTO	CARACTERÍSTICAS	MARCA
Cocina de mesa	2 hornillas de tipo "A"	Surge
Cocina	4 hornillas de tipo "A"	Miray
Cocina de mesa	2 hornillas de tipo "A"	Garay
Calentador de paso de agua caliente	Tipo "B"	Silvertone

Fuente: ELABORACION PROPIA

Todos estos artefactos se instalaron en un volumen físico de un recinto interior, que es de una cocina habitación para la simulación, dentro del Laboratorio de Petróleo y Gas Natural, se midió con el equipo Analizador de Gases de la Combustión, la cantidad de Monóxido de Carbono CO, Oxígeno y otros gases de la combustión, para diferentes tiempos; con la intención de hallar si es un Espacio Confinado.

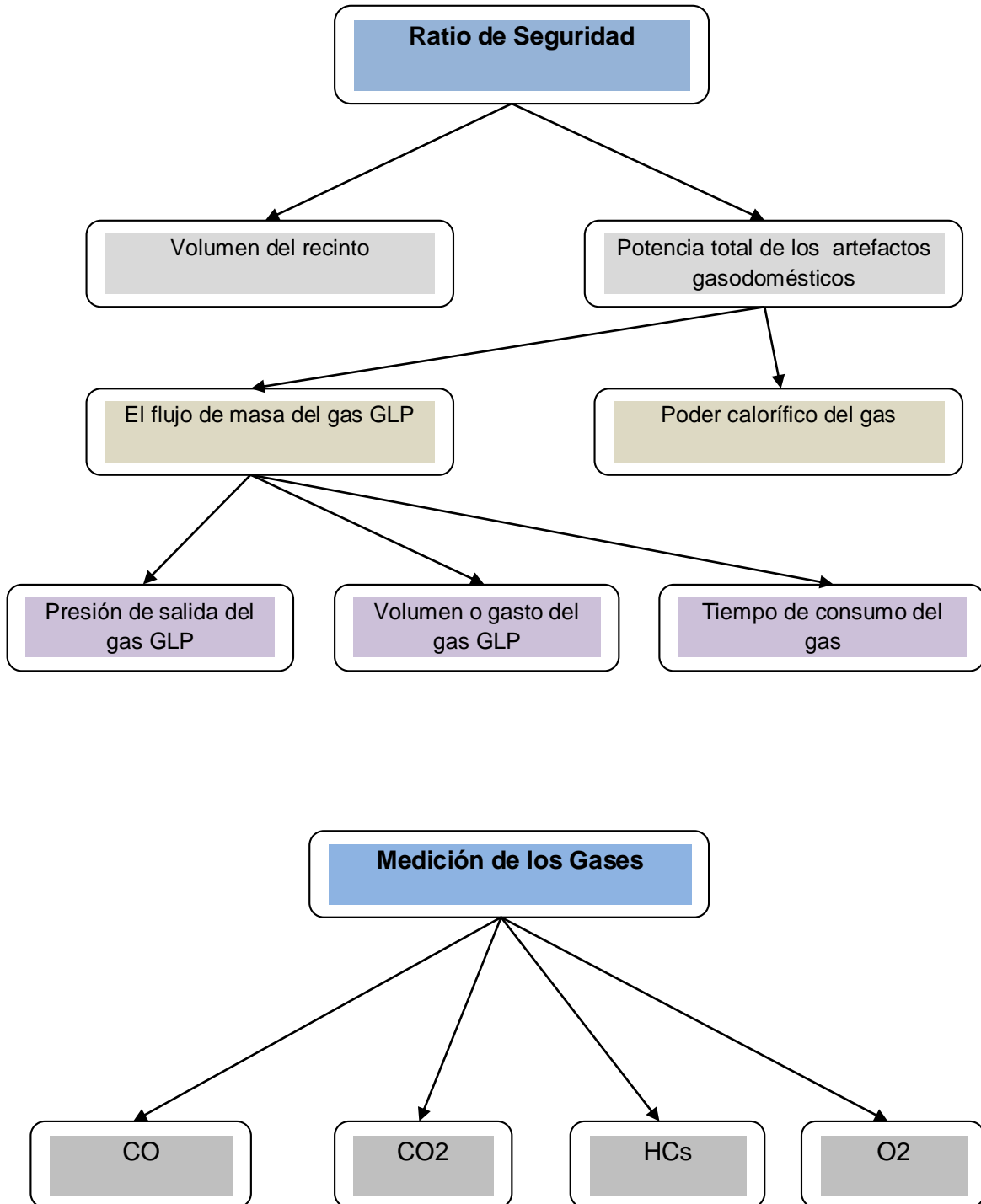
Se realizaron los gráficos correspondientes y se obtuvo el Ratio de Ventilación.

2.6 Matriz de Consistencia

	Descripción
TITULO	Determinación del Ratio de Seguridad en un Recinto Interior Mediante el Incremento de la Potencia Térmica en Viviendas que Utilicen Gas Natural y/o GLP en la Ciudad de Lima – Perú.
PROBLEMA GENERAL	¿Existen estudios aplicables para la ciudad de Lima- Perú, respecto al ratio de seguridad en las instalaciones internas de viviendas que utilizan gas natural y/o GLP?
PROBLEMA ESPECÍFICO	¿Es el valor del Ratio de Seguridad tomada de la Norma Americana NFPA-54/2006 de 4.8 m ³ /kw, mayor o menor de este valor para su aplicación en Lima-Perú?
OBJETIVO GENERAL	Determinar el ratio de seguridad en un recinto interior mediante el incremento de la potencia térmica en viviendas que utilicen gas natural y/o GLP en la ciudad de Lima – Perú.
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	Optimizar la seguridad en las instalaciones internas domiciliarias de gas natural y/o GLP en Lima – Perú.
HIPÓTESIS GENERAL	Mediante el incremento de la potencia térmica se determinará el ratio de seguridad en un recinto interior en viviendas que utilicen gas natural y/o GLP en la ciudad de Lima – Perú, en el laboratorio de Ingeniería de Petróleo y Gas Natural FIP-UNI.
VARIABLES DEPENDIENTES E INDEPENDIENTES DE LA HIPÓTESIS	La variable independiente, es la determinación del ratio de seguridad en un recinto interior. Las variables dependientes, son los diferentes incrementos de la potencia térmica en viviendas que utilicen gas natural y/o GLP en la ciudad de Lima-Perú
¿COMO SE MEDIRÁN LAS VARIABLES?	Se midió el volumen físico del recinto interior, que es la cocina habitación para la simulación, luego se obtendrá las potencias térmicas en forma práctica, se medirán el flujo de volumen, la presión y se obtiene el flujo de masa. El producto del flujo de masa con el poder calorífico se obtendrá la potencia térmica instalada en el recinto interior. Con el analizador de gases mediremos los % del producto de la combustión: CO, CO ₂ HC, O ₂ ; tomando los tiempos de 2 a 4 horas, para la medición principalmente del % de monóxido de carbono (CO). Luego se calculará el ratio de seguridad en cada caso, obteniendo el ratio óptimo

2.7 Metodología de la Investigación.

La metodología es como sigue:



CAPITULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACION

3.1 Tipo, nivel y diseño de Investigación

La investigación realizada, es la determinación del ratio de ventilación, que relaciona el volumen del recinto entre la potencia total, en recintos donde se instalaran artefactos a gas y también saber si es un espacio confinado.

El tipo es experimental.

El nivel es técnico y de seguridad al usuario.

El diseño de investigación es que se realizó dentro de una habitación que se encuentra dentro del Laboratorio de Petróleo y gas natural, luego se instalaran una línea de gas para alimentar a los artefactos a gas y luego realizar las pruebas.

Se colocó un medidor de gases de la combustión, principalmente para la medición del monóxido de carbono CO, aplicando las normas correspondientes (teniendo presente el valor máximo de 50 ppm de CO).

3.2 Población y muestra

3.2.1 Mercado de gas Natural

Actualmente el mercado del Gas Natural Seco a nivel de LIMA está dividido en los siguientes sectores:

- **Sector Eléctrico:** las centrales térmicas como:
 - ETEVENSA (Ventanilla-CALLAO)
 - CHILCA I y II (Chilca-LIMA)

- **Sector Industrial**

La mayoría de las industrias como:

Fábrica de cemento, Fábrica de vidrios, Fábricas de ladrillos, Fábrica de Cerámica, etc

- **Sector comercial**

En los centros de preparación de alimentos: Restaurantes, Panaderías, Pollerías, Pastelerías, Hoteles, Tintorerías, Lavanderías, Hospitales, Clínicas, etc.

- **Sector Residencial**

Instalaciones internas residenciales unifamiliares:

Se usa para la cocción de alimentos; calentar el agua para bañarse, lavandería y lavado de utensilios de cocina; secadora de ropa y otros.

Instalaciones internas residenciales Multifamiliares/ Edificios:

Se usa para la cocción de alimentos, calentar el agua para bañarse, lavandería y lavado de utensilios de cocina secadora de ropa, y otros.

- **Sector Transporte.**

Estaciones de GNV, vehículos que trabajan con GNV

3.2.1.1 Mercado potencial del Gas Natural: Residencias y Comercios

En el sector Residencial

En Lima actualmente se tiene una demanda de construcciones de departamentos por todos los distritos, por diferentes programas como:

- Mi Vivienda
- Techo Propio
- También construcciones de edificios particulares de diferentes diseños y tamaño según la zona.

En el sector Comercial:

En este sector se consideran los: Restaurantes, panaderías, lavanderías (teñidos), hospitales, secadores de alimentos.

En la oferta y demanda del gas natural seco y GLP, el GNS es más económico que el GLP, en sus mismas aplicaciones como: en cocción de alimentos y para el calentamiento del agua.

Con respecto a la Energía Eléctrica, cuando se cambia el calentador de agua eléctrico por un calentador o acumulador, que funciona con gas natural seco, la oferta es que el GNS es más barato que la energía eléctrica (kw-H).

3.2.2 Consumidores de Gas Natural Lima y Callao.

En la siguiente tabla se señala los tipos de consumidores del Gas Natural y un aproximado consumo mensual.

Tabla N° 3.1 Demanda del Gas Natural

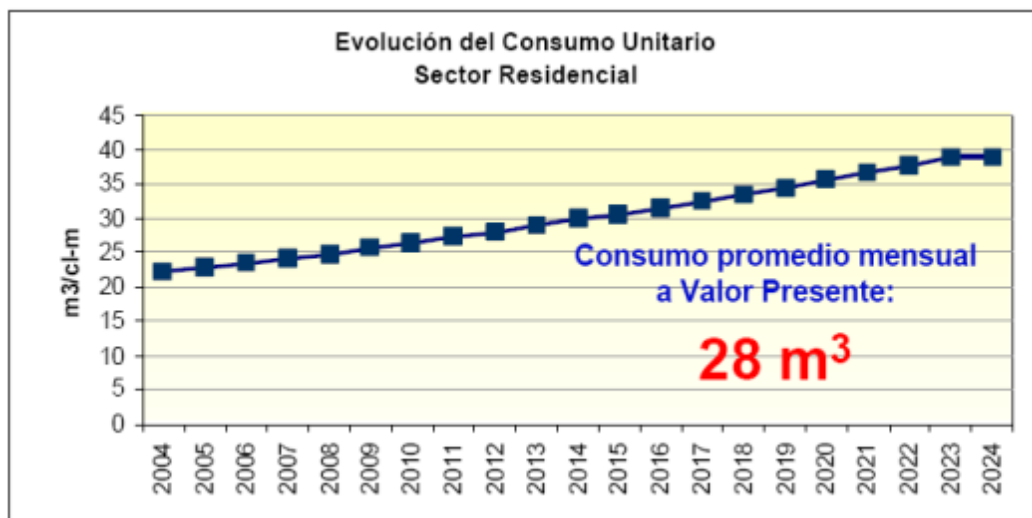
Categorías Tarifarias	Tipo de Consumidores	Rango de Consumo Mensual
A	Residencial	Hasta 300 m ³
B	Comercial	De 301 a 17,500 m ³
C	Industrial	De 17,501 a 300,000 m ³
D	Gran Industria y GNV	Más de 300,000 m ³

Fuente: Boletín Informativo de Gas Natural – OSINERGMIN-primer semestre del 2011

3.2.3 Sector Residencial – Consumo Unitario.

En la siguiente figura 3.1 se muestra el consumo promedio mensual a valor presente.

Fig 3.1 evolución del consumo unitario en el sector residencial

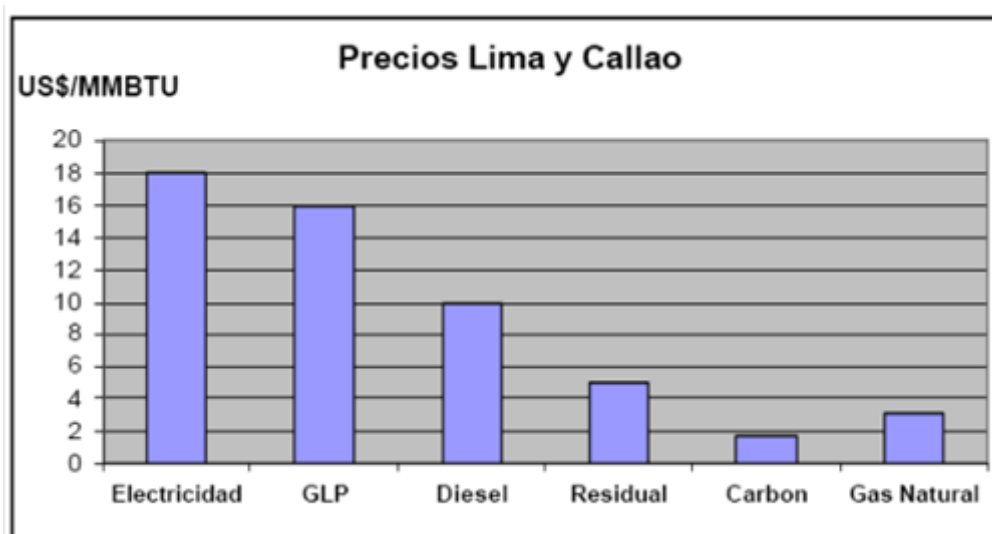


Artefactos	Cocina (GLP)	Terma Electrica	Total Consumo
M³/mes	15	24	39

Fuente: Boletín Informativo de Gas Natural – OSINERGMIN-2011

3.2.4 Precios de la Electricidad y algunos Combustibles en Lima y Callao

Fig. 3.2 precios de los combustibles en Lima y Callao



Fuente: OSINERG-GART -2012, publicación de precios de combustibles

3.2.5 Capacidad de Transporte de Gas Natural

En la Contratación del Servicio de Transporte Firme y para la Contratación del Servicio de Transporte Interrumpible de Gas Natural, la empresa Transportadora de Gas del Perú (TGP) realizó un concurso (open season) los días 26 y 27 de julio del año 2011.

La adjudicación de capacidad de transporte y de cantidades interrumpibles máximas diarias se efectuó el 26 de agosto de 2011.¹⁴

La capacidad ofertada para contratar el servicio de transporte firme, hasta un valor máximo de 11.044 Mm³/día (390 MMPCD) en tres etapas:

- La primera de 120 MMPCD.
- La segunda de 200 MMPCD y,
- La tercera de 70 MMPCD.

En la siguiente tabla 3.2, se muestra la capacidad de reserva diaria (CRD) adjudicada y contratada en la primera etapa.

Tabla 3.2: CRD Adjudicada y Contratada en la Primera Etapa

EMPRESA	CRD ADJUDICADA (Mm ³ std/día)	CRD CONTRATADA (Mm ³ std/día)	FECHA DE FIN DE SERVICIO
Distribuidores por Red de Ductos			
Contugas S.A.C.	76,4	76,4	31 - dic - 2021
Gas Natural de Lima y Callao S.A.	1.642,4	1.642,4	19 - ago - 2031
Otros Usuarios			
Cementos Lima S.A.A.	7,4	7,4	14 - ago - 2015
Cerámica Lima S.A.	8,6	8,6	14 - dic - 2017
Corporación Cerámica S.A.	1,3	1,3	20 - ago - 2018
Enersur S.A.	128,4	128,4	01 - feb - 2024
Fenix Power Perú S.A.	851,6	851,6	31 - may - 2032
Irradia S.R.L.	20,3	-----	01 - jul - 2022
Kallpa Generación S.A.	195,2	195,2	31 - mar - 2030
Owens Illinois Perú S.A.	1,4	1,4	20 - ago - 2014
Pluspetrol Perú Corporation S.A.	7,9	7,9	17 - feb - 2019
SDF Energia S.A.C.	49,2	-----	01 - set - 2033
Termochilca S.A.C.	408,0	408,0	30 - dic - 2026

Fuente: Boletín Informativo de Gas Natural – OSINERGMIN-2011
Fecha de inicio prevista de prestación del servicio: 01/ene/2013

En las siguientes tablas 3.3 y tabla 3.4, se muestra la CRD adjudicada y contratada para la segunda etapa.

Tabla 3.3: CRD Adjudicada y Contratada en la Segunda Etapa

EMPRESA	CRD ADJUDICADA (Mm ³ std/día)	CRD CONTRATADA (Mm ³ std/día)	FECHA DE FIN DE SERVICIO
CRD solicitada en la Primera Etapa; adjudicada y contratada en la Segunda Etapa			
Cementos Lima S.A.A.	64,1	64,1	14 - ago - 2015
	41,8	41,8	01 - ene - 2034
Cerámica Lima S.A.	41,4	41,4	14 - dic - 2017
	60,1	60,1	01 - ene - 2023
Cerámica San Lorenzo S.A.	37,1	37,1	01 - ene - 2023
Corporación Cerámica S.A.	5,7	5,7	20 - ago - 2018
Enersur S.A.	317,6	317,6	01 - feb - 2024
Fenix Power Perú S.A.	1.528,4	1.528,4	31 - may - 2032
Kallpa Generación S.A.	369,9	369,9	31 - mar - 2030
Minsur S.A.	15,5	15,5	01 - ene - 2018
Owens Illinois Perú S.A.	18,6	18,6	20 - ago - 2014
Pluspetrol Corporation S.A.	31,1	31,1	17 - feb - 2019
Refinería La Pampilla S.A.A.	115,0	115,0	31 - dic - 2022
Termochilca S.A.C.	867,0	867,0	30 - dic - 2026
Solicitudes de la Segunda Etapa			
Contugas S.A.C.	837,5	837,5	31 - dic - 2021
Gas Natural de Lima y Callao S.A.	346,1	346,1	19 - ago - 2031
EGESUR S.A.	90,0	90,0	01 - ene - 2033

*Fuente: Boletín Informativo de Gas Natural – OSINERGMIN-2011
Fecha de inicio prevista de prestación del servicio 01/ene/2014*

Así mismo, luego de haberse adjudicado las solicitudes presentadas en la Segunda Etapa, se adjudicó la totalidad de solicitudes presentadas para la Tercera Etapa; tal como se observa en la siguiente tabla 3.4:

Tabla 3.4: CRD Solicitada en la Tercera Etapa, Contratada en la Segunda Etapa

EMPRESA	CRD ADJUDICADA (Mm ³ std/día)	CRD CONTRATADA (Mm ³ std/día)	INICIO DE SERVICIO	FECHA DE FIN DE SERVICIO
Cementos Lima S.A.A.	90,0	90,0	15 - ago - 2015	22 - ago - 2015
	90,0	90,0	23 - ago - 2015	02 - ene - 2034
	31,4	31,4	01 - ene - 2015	01 - ene - 2034
Cerámica Lima S.A.	92,0	92,0	15 - dic - 2017	01 - ene - 2018
	22,0	22,0	02 - ene - 2018	23 - ago - 2018
Contugas S.A.C.	34,0	34,0	01 - ene - 2015	31 - dic - 2022
	85,0	85,0	01 - ene - 2016	31 - dic - 2022
	34,0	34,0	01 - ene - 2020	31 - dic - 2022
	5,7	5,7	01 - ene - 2021	31 - dic - 2022
	2,8	2,8	01 - ene - 2022	31 - dic - 2022
Owens Illinois Perú S.A.	62,0	62,0	21 - ago - 2014	21 - ago - 2018
Pluspetrol Perú Corporation S.A.	339,8	339,8	18 - feb - 2019	30 - jun - 2024
	283,0	283,0	01 - jul - 2024	31 - dic - 2029

Fuente: Boletín Informativo de Gas Natural – OSINERGMIN-2011

Respecto a la adjudicación y contratación de las cantidades interrumpibles máximas diarias, las solicitudes admitidas por TGP fueron adjudicadas y contratadas.

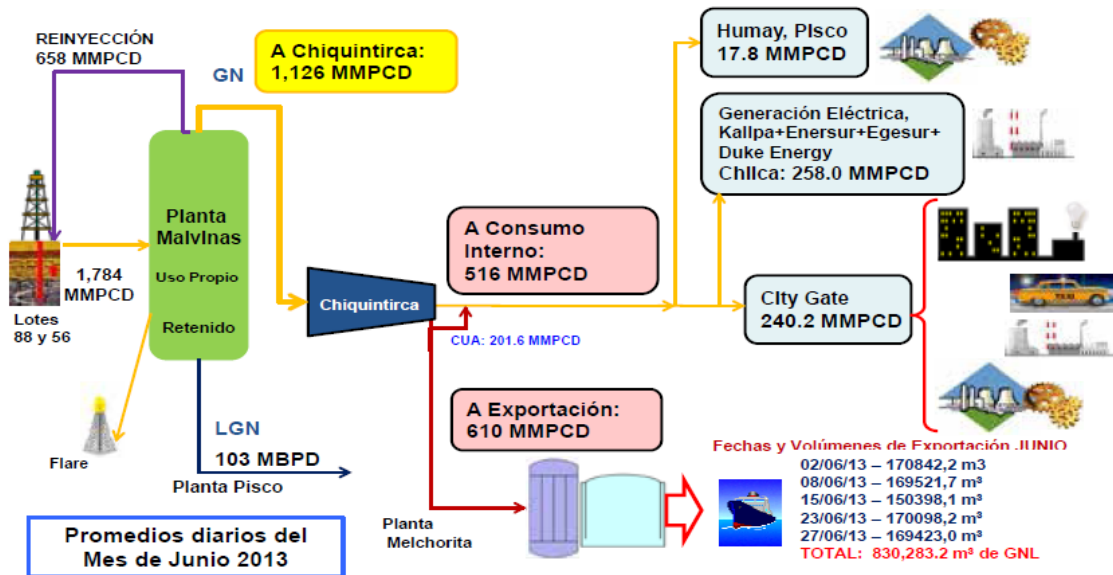
Como resultado de este proceso se suscribieron 15 contratos de servicio de transporte firme; para el servicio de transporte interrumpible, se suscribieron 2 contratos y 14 adendas.

En la presente oferta pública no se adjudicó la capacidad disponible correspondiente a la tercera etapa, la cual deberá ser adjudicada en un próximo proceso.

3.2.6 Procesamiento de Gas Natural y Volúmenes de Producción

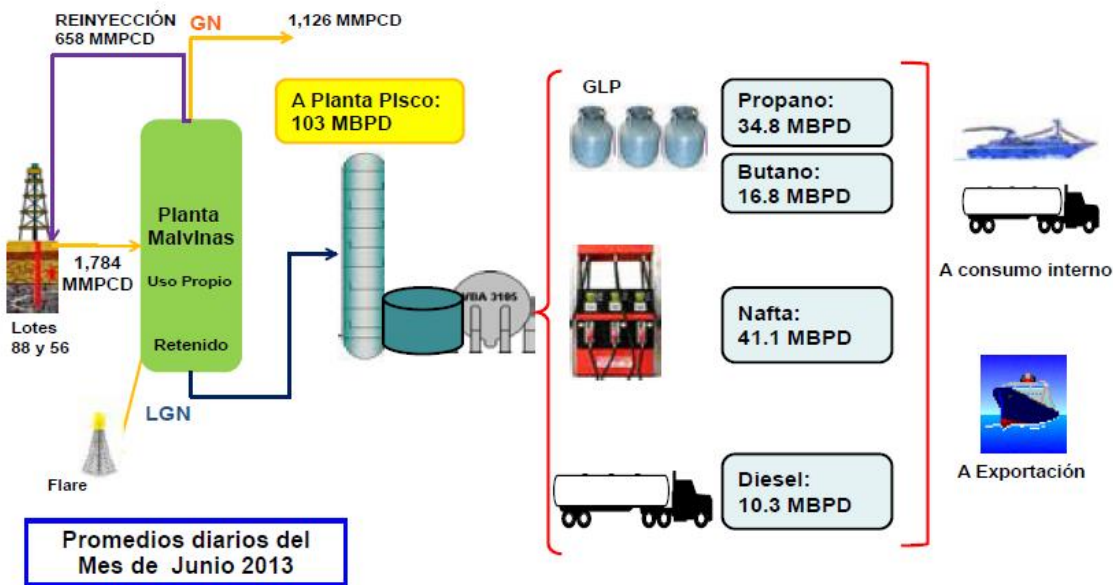
En los siguientes gráficos se muestra el Balance de Carga de la Producción de Gas Natural (GN) y de los Líquidos de Gas Natural (LGN) del Proyecto Camisea en Junio del 2013.¹³

Fig. 3.3 balance de carga y Procesamiento de GN – Junio del 2013



Fuente: Boletín Informativo de Gas Natural – OSINERGMIN-2013-1

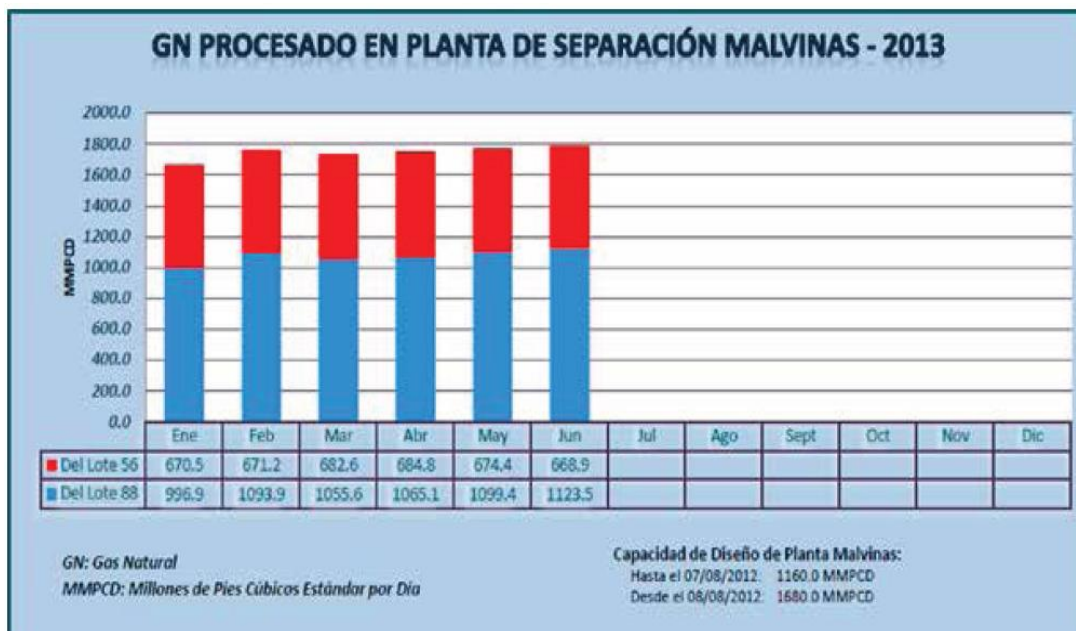
Fig. 3.4 balance de Carga y Procesamiento de LGN



Fuente: Boletín Informativo de Gas Natural – OSINERGMIN-2013-1

El volumen promedio diario de gas natural procesado en la Planta de Separación de Malvinas, de enero a Junio del 2013, es lo siguiente:

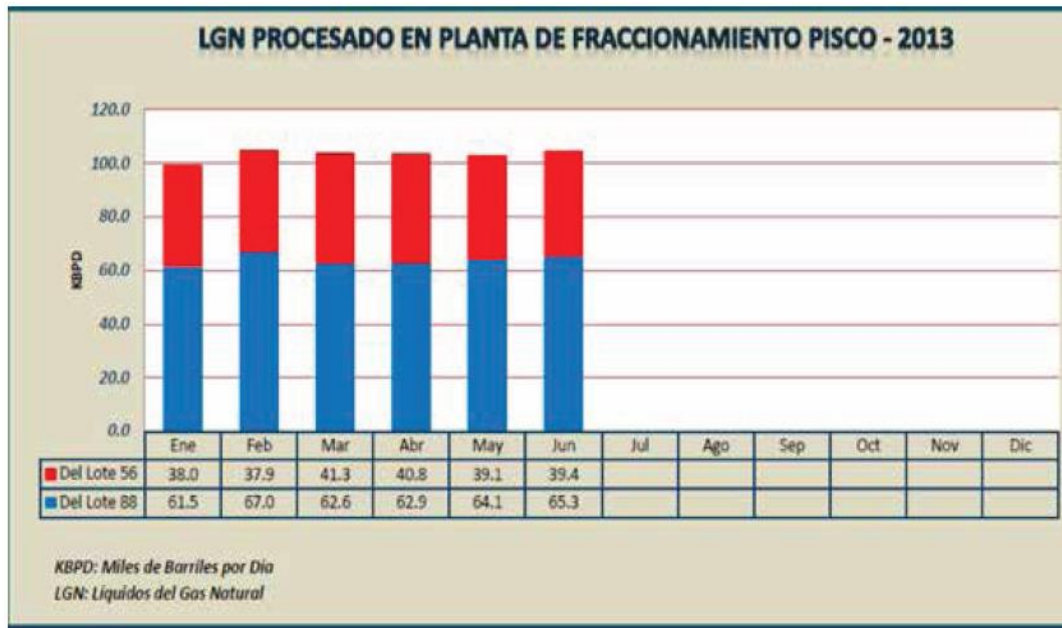
Fig. 3.5 promedio diario de Gas Natural procesado en la planta de separación en Malvinas Lote 88 y Lote 56



Fuente: Boletín Informativo de Gas Natural – OSINERGMIN-2013-1

Los volúmenes promedio diarios de líquidos de gas natural procesados en la Planta de Fraccionamiento de Pisco durante el periodo Enero – Junio de 2013.¹³, se muestran en la figura 3.6.

Fig.3.6 promedio diario de LGN procesado en la planta de fraccionamiento de Pisco

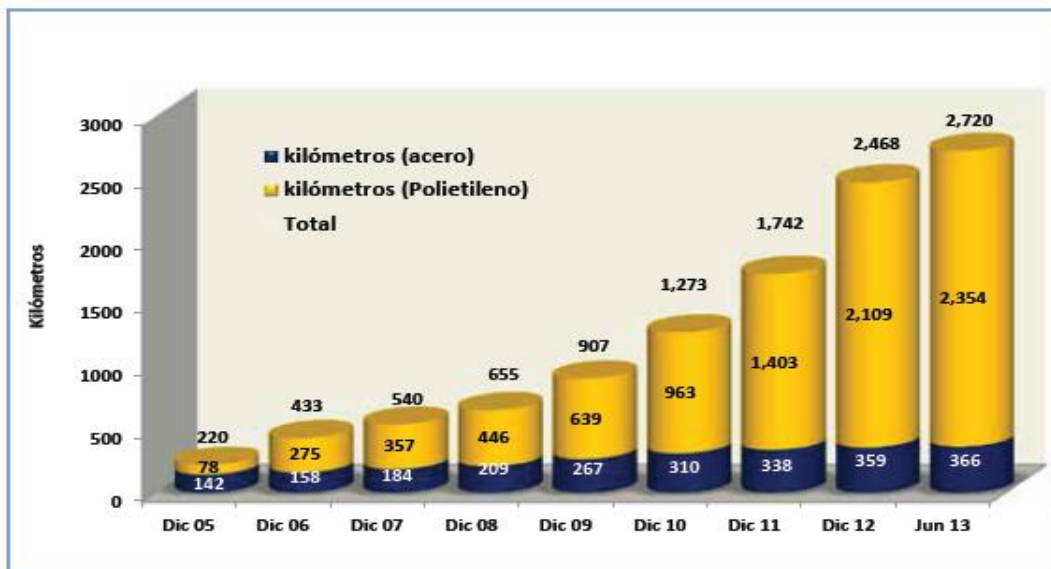


Nº 6: Gas Natural Procesado en la Planta de Separación en Malvinas,
Fuente: Boletín Informativo de Gas Natural – OSINERGMIN-2013-1

3.2.7 Red de Distribución de GN en Lima y Callao.

En la Figura 3.8, se aprecia que al mes de junio de 2013 la infraestructura que forma parte del Sistema de Distribución de Gas Natural en Lima y Callao se ha incrementado en un 10.2% respecto a lo registrado a fines del año 2012; teniendo como resultado 2 720 km de la red construida, de la cual 366 km corresponden a redes de acero y 2 354 km corresponden a redes de HDPE (polietileno de alta densidad).

Fig. 3.8 crecimiento de la red de distribución de Gas Natural en Lima y Callao

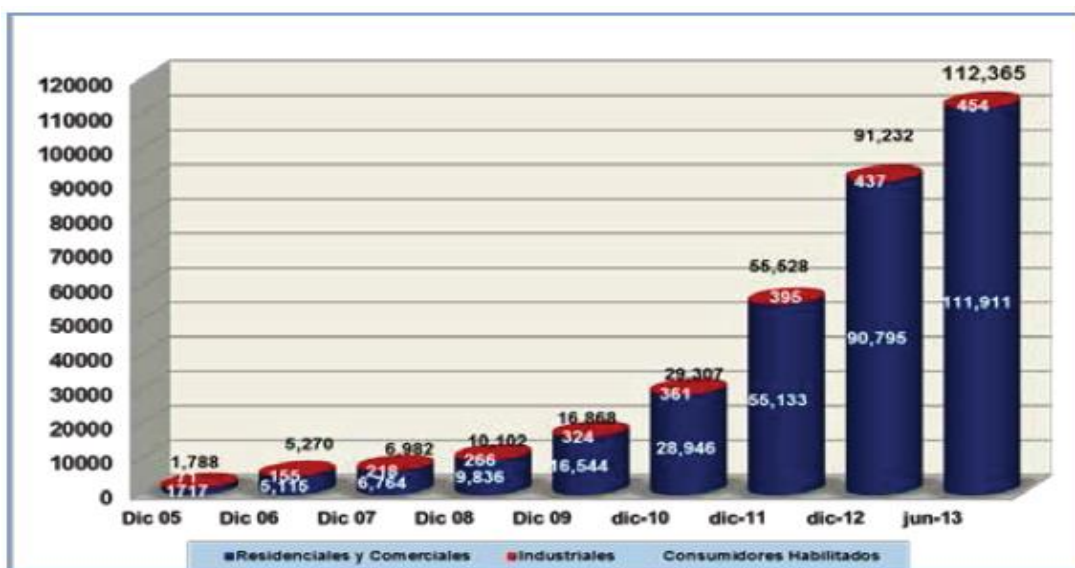


Fuente: Boletín Informativo de Gas Natural – OSINERGMIN-2013

3.2.8 Instalaciones Internas de Gas Natural

Durante el año 2013, el número de instalaciones internas, habilitadas por el concesionario de gas natural en Lima y Callao, se ha incrementado en un 23.2%, de 91,232 usuarios registrados en el 2012 a 112,365 usuarios a junio de 2013; de los cuales 454 son usuarios con instalaciones industriales, 111,911 son usuarios con instalaciones residenciales y comerciales.

Fig. 3.9 habilitaciones de instalaciones internas de Gas Natural



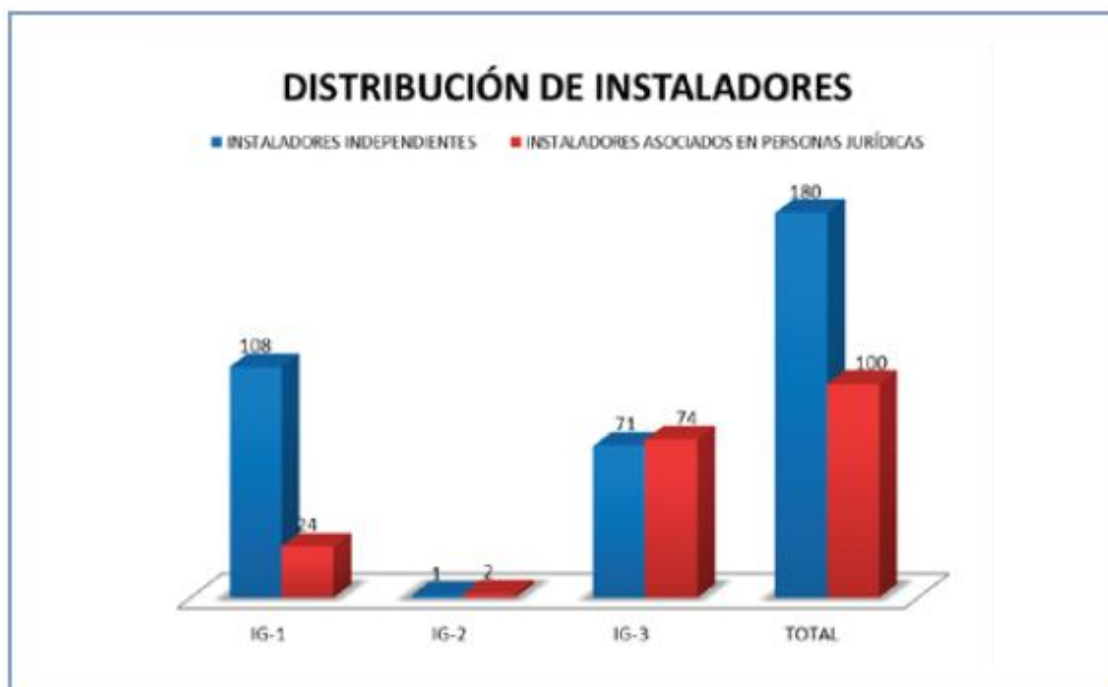
Fuente: Boletín Informativo de Gas Natural – OSINERGMIN-2013

3.2.9 Registro de Instaladores de Gas Natural

Con relación al registro de instaladores de gas natural, al mes de junio de 2013 se cuenta con 280 instaladores registrados como personas naturales, de los cuales 180 son instaladores independientes y 100 son instaladores asociados a empresas (personas jurídicas); lo cual significa un incremento significativo respecto a lo reportado en diciembre de 2012.

En la Fig. N° 3.10 se muestra el número de instaladores de gas natural de acuerdo a la categoría a la que pertenecen.

Fig. 3.10 instaladores registrados de Gas Natural



Fuente: Boletín Informativo de Gas Natural – OSINERGMIN-2013

En una combustión incompleta con exceso de aire, existe en los productos de la combustión el monóxido de carbono (CO), que es muy tóxico (que pueda causar la muerte) para el ser humano.

El monóxido de carbono (CO) es un gas incoloro, inodoro e insípido, ligeramente menos denso que el aire. Es consecuencia de la combustión incompleta de Gases combustibles que contienen carbono.

Combustión completa:



Combustión incompleta:



4.1 Efectos en la Salud

El CO interfiere fundamentalmente en el transporte de oxígeno en la sangre, el CO tiene una afinidad 240 veces mayor que la del O₂ con la Hemoglobina de la sangre.

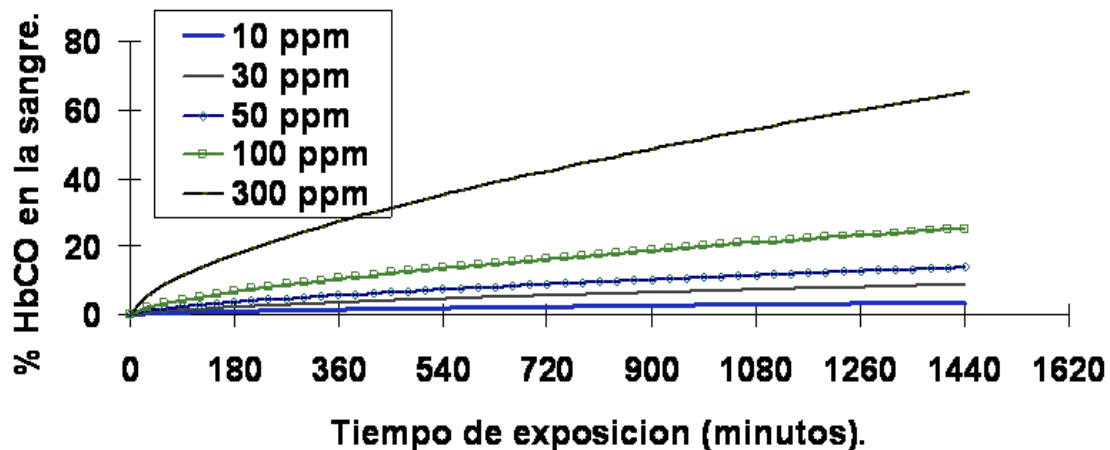
El CO forma en la sangre Carboxihemoglobina (HbCO), que en porcentajes altos puede llegar a causar la muerte de las personas expuesto a ello.

La ecuación siguiente es el resultado del estudio empírico realizado por **Peterson y Stewart** en 1970, que se basó en exposiciones vigiladas a concentraciones de 1, 25, 50, 100, 200, 500 y 1000 ppm; durante periodos entre 30 min y 24 horas.^{16, 17}

$$[HbCO] (\%) = 0,005 * [CO]^{0,858} * t^{0,63} \quad (\text{Ec. 4.1})^{16}$$

La figura 4.1 presenta el tiempo de exposición en función del % de HbCO, se puede verificar que a mayor tiempo de exposición por cantidad de CO encontrado, se encontrara mayor % de HbCO en la sangre, resultando peligrosa para la salud del usuario.

Fig. 4.1 tiempo de exposición en el recinto en función del % de HbCO



Fuente: SGS Colombia / 2008

Todo individuo debe ser protegido de exposiciones del CO, para que no produzcan concentraciones de HbCO en la sangre y que las personas particularmente sensible no deben ser sometidas a exposiciones al CO que causen concentraciones HbCO mayores al 20%.

4.2 Porcentaje de HbCO, versus los Efectos del CO en el Cuerpo Humano

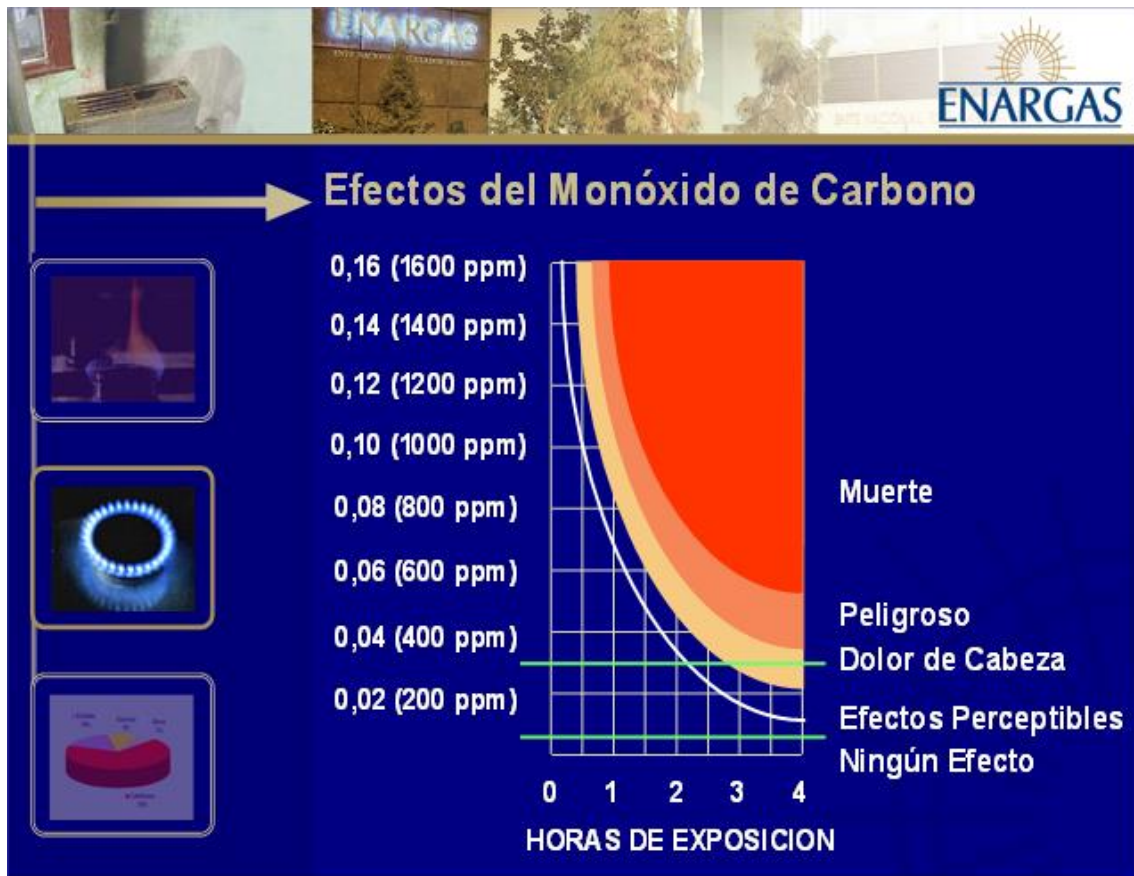
Tabla 4.1: efectos del monóxido de carbono en la sangre

SATURACIÓN (% HbCO)	EFFECTOS
0-10	Ninguno.
10-20	Tensión en la frente, posible dolor de cabeza.
20-30	Dolor de cabeza, pulsaciones en las sienes.
30-40	Fuerte dolor de cabeza, debilidad, mareos, oscurecimiento de la vista, nauseas, vómitos y colapso.
40-50	Igual a 30-40 con más posibilidad de colapso y síncope, aumento del pulso y la respiración.
50-60	Síncope, aceleración de la respiración y pulso, coma con convulsiones intermitentes.
60-70	Coma con convulsiones intermitentes, disminución de la acción cardiaca y respiratoria, posiblemente muerte.
70-80	Pulso débil, respiración lenta, paro respiratorio y muerte.

Fuente: SGS – Colombia/ 2008

En la figura 4.2, es una gráfica del Ente argentino regulador de gas, donde la cantidad de CO puede causar la muerte a un ser humano.

Fig. 4.2 efectos del monóxido de carbono CO



Fuente: Ente Argentino Regulador de Gas ENGARGAS – Argentina/2010

CAPITULO V: DISEÑO DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN

En las Instalaciones de gas natural seco, se va a diseñar un sistema de ventilación en residencias: unifamiliar, multifamiliar y/o edificios; para diferentes casos y para comercios; aplicando las normas técnica peruana NTP 111.022-2008 y el Reglamento Nacional de Edificaciones EM 040-2009 Perú.

En Instalaciones Residenciales, se analizaran para diferentes casos:

- 1.- Variar el volumen donde se instalaran artefactos a gas natural seco y/o GLP.
- 2.- Variar la potencia instalada (total de artefactos a gas natural y/o GLP)

5.1 Sistema de Ventilación

El Sistema de Ventilación es la acción de introducir aire hacia un recinto interior, para suplir las necesidades adicionales de aire de combustión, renovación y dilución de los artefactos de gas instalados en el recinto, en caso que la infiltración natural del aire no sea suficiente para este propósito. El aire abastecido por el sistema de ventilación debe provenir directamente de la atmósfera exterior.

- **Espacio Confinado.**

“Recinto interior cuyo volumen es menor a $4.8 \text{ m}^3/\text{kw}$ de potencia nominal agregada o conjunta de todos los artefactos a gas instalados. En la obtención de la potencia no se consideran los artefactos tipo C”.

- **Espacio No Confinado.**

“Recinto interior cuyo volumen es mayor o igual a $4,8 \text{ m}^3/\text{kw}$ de potencia nominal agregada o conjunta de todos los artefactos a gas instalados. Cualquier recinto comunicado en forma permanente a través de aberturas peatonales o de tamaño comparables, se considera parte integral del espacio no confinado”.

5.2 Ventilación de Recintos

5.2.1 Definiciones de Términos.

Aire Circulante.

Aire de enfriamiento, calefacción o ventilación, distribuido en el espacio habitable de una edificación.

Aire de Combustión.

Aire necesario para llevar a cabo la combustión completa del gas en el quemador de un artefacto.

Aire de Dilución.

Aire que ingresa al corta tiros de un artefacto, mezclándose con los productos de la combustión del gas o el necesario para diluir hasta niveles seguros la concentración de los productos de la combustión que no sean evacuados hacia la atmósfera exterior.

Aire de Renovación.

Aire necesario para reponer el aire consumido por la combustión del gas de un artefacto instalado en el recinto interior de $4,8 \text{ m}^3/\text{Kw}$

Infiltración de aire.

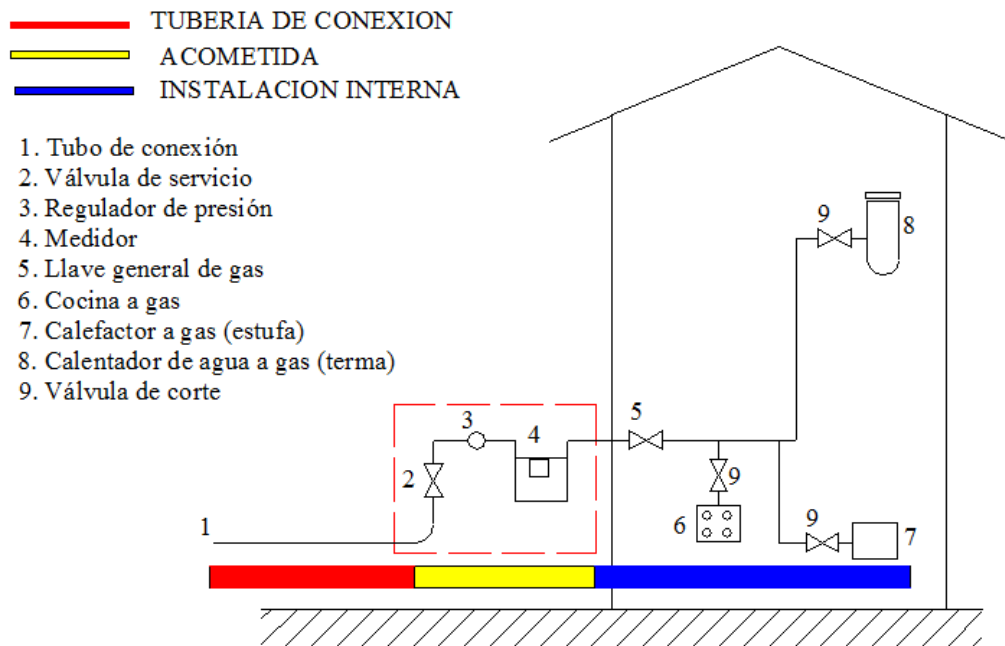
Proceso natural de renovación del aire circulante dentro de un recinto.

Recinto Interior.-

Espacio de una edificación cuyas características constructivas le impiden la comunicación temporal o permanente con la atmósfera exterior.

En la figura 5.1 se muestran las instalaciones internas y externas a gas natural de una vivienda, con sus tuberías, accesorios, válvulas y equipos gasodomésticos.

Fig. 5.1 conexiones internas y externas del gas natural

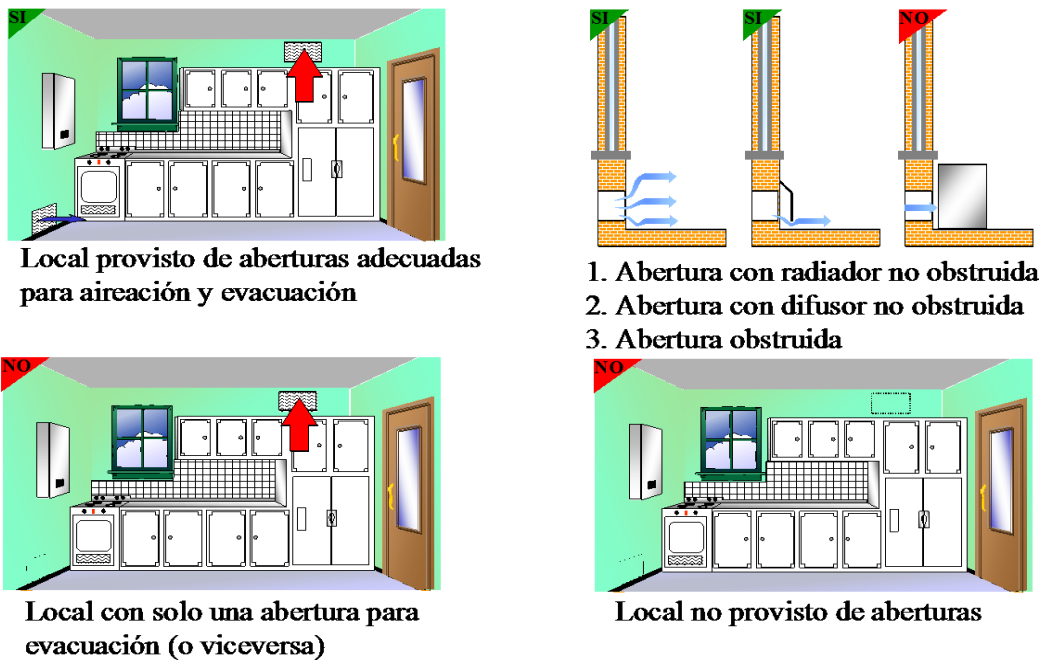


FUENTE: OSINERGMIN: Seminario de Desarrollo del Gas Natural en el Perú – 2009.

5.3 Recomendaciones de Aireación para Artefactos Tipo A.

En las siguientes figuras se hacen las recomendaciones pertinentes en un recinto donde se instalan artefactos tipo A.

Fig. 5.2 instalaciones de rejillas de ventilación

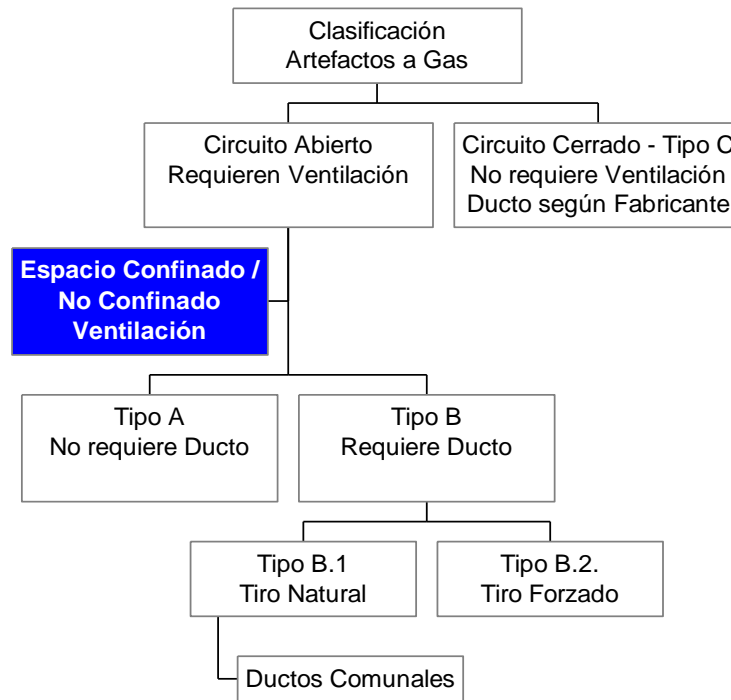


Fuente: OSINERGMIN: Seminario de Desarrollo del Gas Natural en el Perú – 2009.

5.4 Clasificación de los Artefactos a Gas.

En el siguiente árbol se muestra la clasificación de los artefactos a gas, según el circuito desarrollado.

Fig. 5.3 clasificación de artefactos a gas según circuito de combustión



Fuente: SGS – Colombia/ 2008

5.5 Diseño de Instalación de los artefactos a gas natural

En cada casa o departamentos en el cual se va a instalar los gasodomeísticos como: una cocina, un horno doméstico, un calentador de paso de agua, un tanque acumulador de agua o una secadora de ropa; estos artefactos a gas siempre serán instalados en la cocina habitación y/o en la lavandería; se tiene que tener cuidado con las líneas o tuberías de otros servicios.

En la Tabla N° 5.1 presenta las distancias mínimas de seguridad que existen entre las líneas o tuberías de gas con otros servicios.

Tabla Nº 5.1 Distancias mínimas entre tuberías que conducen gas instaladas a la vista o embebidas y tubería de otros servicios

Tubería de otros servicios	Curso paralelo	Cruce
Conducción agua caliente	3 cm	1 cm
Conducción eléctrica	3 cm	1 cm
Conducción de vapor	5 cm	5 cm
Chimeneas	5 cm	5 cm

FUENTE: Norma Técnica Peruana NTP 111011-2008

5.6 Recomendaciones Generales para el Diseño de Instalación, Ejecución y Puesta en Marcha.

Las siguientes recomendaciones generales para el **diseño de instalación** son:

- Contratar una Empresa Instaladora de Gas para el diseño de la instalación interna de gas natural seco.
- Dibujar un “lay out” general de la instalación.
- Especificar los materiales de instalación, los accesorios adecuados y los equipos de consumo.
- Calcular los diámetros de las tuberías.
- Solicitar la aprobación del diseño a la Autoridad Competente.

Las recomendaciones generales **para la ejecución** son:

- Contratar una Empresa Instaladora de Gas para ejecutar/instalar la instalaciones internas de gas natural seco.
- Diseñar el plano de “lay out”.
- Usar los materiales anteriormente especificados
- Trabajar la construcción del sistema de tuberías respetando las medidas de seguridad.
- Las recomendaciones generales para la puesta en marcha de la instalación son:
- Realizar la prueba de presión de hermeticidad, mínimo 1.5 x MAPO
- Solicitar la aprobación del Distribuidor para la habilitación de la instalación interna

- Habilitar el servicio en presencia del Distribuidor
- Purgar la instalación hasta alcanzar 100% de gas natural seco en el sistema de tubería
- Habilitar los equipos de consumo

5.7. Combustión en Artefactos a Gas Natural y GLP.

Se entiende por combustión, la combinación química violenta del oxígeno (o comburente), con determinados cuerpos llamados combustibles, que se produce con notable desprendimiento de calor y formación de llama.

Para que se produzca la combustión, las 3 condiciones que deben cumplirse son:

- Una composición química (antes de producir la combustión se tiene combustible y oxígeno).
- Que tenga velocidad de propagación de llama alta
- Que produzca desprendimiento de calor (depende del tipo de combustibles).

5.8 Métodos de Ventilación de los Recintos Interiores.

Según el tipo de recinto Interior, confinado o no confinado, se presenta un cuadro de resumen con los métodos de ventilación natural para recintos cerrados.

Para todos los casos se calcula el espacio confinado y luego las áreas de las rejillas de ventilación según sea el caso:

5.8.1.- Ventilación para Instalaciones Internas Residenciales Unifamiliar

Para el caso cuando la instalación interna en una residencia unifamiliar, hubiera problema con el espacio confinado; se realizaría lo siguiente; el artefacto a gas natural seco y/ GLP, simplemente se retira este artefacto a otro lugar o a otro ambiente. Generalmente a un jardín, a un patio interior, a un tragaluz o a la azotea; según sea el caso. Y no tendríamos el problema del espacio confinado

5.8.2.- Ventilación para Instalaciones Internas Residenciales Multifamiliar

En este caso se tiene que realizar los cálculos para diferentes áreas de construcción en edificios y/o conjuntos habitacionales. En los cálculos se usará el ratio de ventilación de $4.8 \text{ m}^3/\text{kw}$

A.- Área Construída Del Departamento Menor a 70 m^2

Cuando el departamento es pequeño ($A= 70 \text{ m}^2$) entonces el volumen total del recinto de la cocina debe tener las siguientes dimensiones:

Área	2 x 4	8,0 m^2
Altura		2,4 m
Volumen Total		19, 20 m^3

Donde se instalara los siguientes artefactos a gas, según indicada en la NTP 111 022.

Artefactos	Potencia (Kw)
Una Cocina domestica de 4 hornillas 1.1 x 4	4,4
Un horno doméstico	4,3
Total	8,7

Según la NTP Gas Natural Seco: 111.022, el espacio Confinado: Recinto cuyo volumen es menor de $4,8 \text{ m}^3/\text{Kw}$ de Potencia Nominal de todos los artefactos de gas instalados en el recinto.

Entonces se necesita:

$$8.7 \text{ Kw} \times 4,8 \text{ m}^3 / \text{Kw} = 41.8 \text{ m}^3$$

Finalmente:

Volumen del recinto es 19,20 m ³	<	Volumen del recinto que se necesita 41,8 m ³
---	---	---

Conclusión:

El recinto es confinado, entonces se debe instalar rejilla de ventilación.

B.- Área Construida del Departamento mayor a 70 m² y menor 100 m²

Cuando el departamento es mediano (A= 80 m²) entonces el volumen total del recinto de la cocina debe tener las siguientes dimensiones:

Área	4 x 3	12,0 m ²
Altura		2,4 m
Volumen Total		28,80 m³

Donde se instalará los siguientes artefactos a gas, según indicada en la NTP 111 022.

Artefactos	Potencia (Kw)
Una Cocina domestica de 4 hornillas 1.2 x 4	4,8
Un calentador de paso continuo de 5 litros/minuto	10,0
Un horno doméstico	4,3
Total	19,1

Según la NTP Gas Natural Seco: 111.022, el espacio Confinado: Recinto cuyo volumen es menor de 4,8 m³/Kw de Potencia Nominal de todos los artefactos de gas instalados en el recinto.

Entonces se requiere:

$$19,1 \text{ Kw} \times 4,8 \text{ m}^3 / \text{Kw} = 91,68 \text{ m}^3$$

Finalmente:

Volumen del recinto es 28,80 m ³	<	Volumen del recinto que se necesita tener 91,68 m ³
---	---	--

Conclusión:

El recinto es confinado, entonces se debe instalar rejilla de ventilación

C.- Área Construida a 100 m²

Cuando el departamento es mediano (A= 100 m²) entonces el volumen total del recinto de la cocina debe tener las siguientes dimensiones:

Área	4 x 4	16,0 m ²
Altura		2,4 m
Volumen Total		38.4 m³

Donde se instalará los siguientes artefactos a gas, según indicada en la NTP 111 022.

Artefactos	Potencia (Kw)
Una Cocina domestica de 4 hornillas 1.2 x 4	4,8
Un calentador de paso continuo de 13 litros/minuto	25,0
Un horno doméstico	4,3
Total	34,1

Según la NTP Gas Natural Seco: 111.022, el espacio Confinado: Recinto cuyo volumen es menor de 4,8 m³/Kw de Potencia Nominal de todos los artefactos de gas instalados en el recinto.

Entonces se requiere:

$$34,1 \text{ Kw} \times 4,8 \text{ m}^3 / \text{Kw} = 163,68 \text{ m}^3$$

Finalmente:

Volumen del recinto es 38.4 m ³	<	Volumen del recinto que se necesita tener 163,68 m ³
--	---	---

Conclusión:

El recinto es confinado, entonces se debe instalar rejilla de ventilación

D.- Área Construida Mayor a 100 m²

Cuando el departamento es grande (A= 140 m²) entonces el volumen total del recinto de la cocina debe tener las siguientes dimensiones.

Área	5 x 4	20,0 m ²
Altura		2,4 m
Volumen Total		48,0 m³

Donde se instalará los siguientes artefactos a gas, según indicada en la NTP 111 022.

Artefactos	Potencia (Kw)
Una Cocina domestica de 4 hornillas 1.2 x 4	4,8
Un calentador de paso continuo de 13 litros/minuto	25,0
Un horno doméstico	4,3
Una secadora de ropa de 15 kg.	8.0
Total	42,1

Según la NTP Gas Natural Seco: 111.022, el espacio Confinado: Recinto cuyo volumen es menor de 4,8 m³/Kw de Potencia Nominal de todos los artefactos de gas instalados en el recinto.

Entonces se requiere:

$$42,1 \text{ Kw} \times 4,8 \text{ m}^3 / \text{Kw} = 202.08 \text{ m}^3$$

Finalmente:

Volumen del recinto es 48.0 m ³	<	Volumen del recinto que se necesita tener 202,08 m ³
--	---	---

Conclusión:

El recinto es confinado, entonces se debe instalar rejilla de ventilación.

5.9 Métodos para la Ventilación de Espacios Confinados

La adecuada ventilación de un recinto confinado puede ser provista utilizando algunos de los métodos descritos a continuación:

- Comunicación con otros recintos dentro de la misma edificación
- Comunicación directa con el exterior
- Métodos alternativos para la ventilación de espacio confinado.

5.9.1 Comunicación con Otros Recintos Dentro de la Misma Edificación

Se trata de proveer el aire necesario a través de aberturas permanentes que comuniquen el espacio confinado con recintos aledaños, de manera tal, que el volumen conjunto de todos los espacios comunicados, satisfaga los requerimientos de un espacio no confinado.

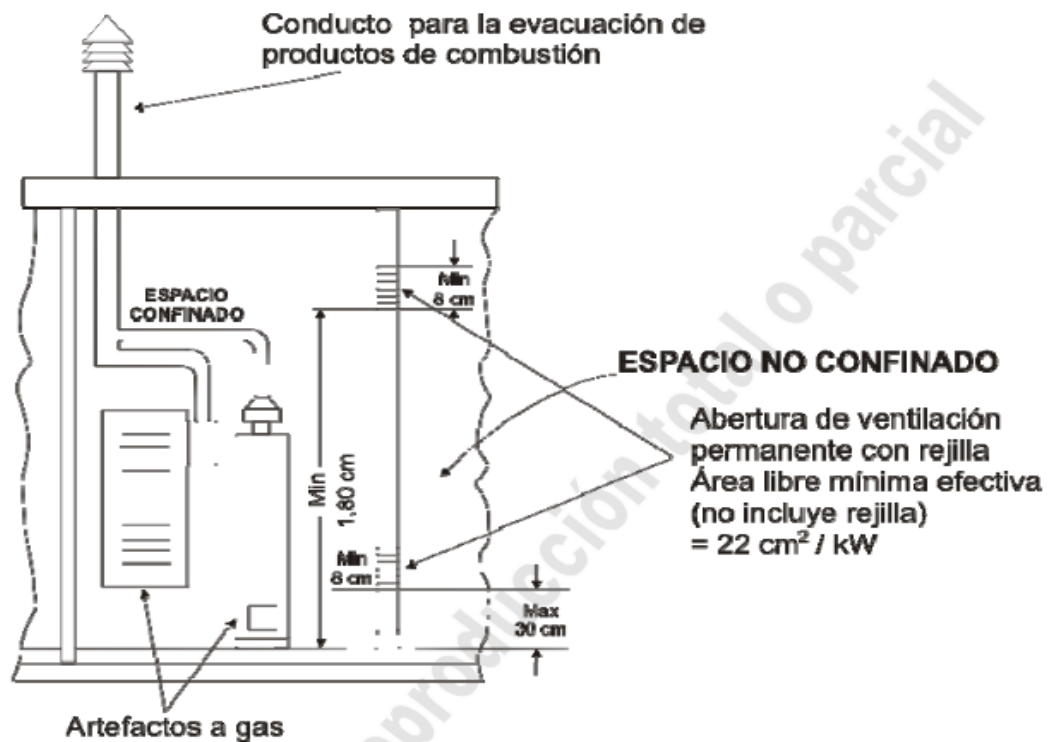
Este método de ventilación puede ser aplicado comunicando espacios ubicados en el mismo o diferente piso de la edificación, para lo cual se debe tener en cuenta:

- **Comunicación con Espacios en el mismo Piso**

Se debe proveer dos aberturas, una superior y una inferior, cada una con un área libre mínima, igual al mayor valor entre 645 cm² o 22 cm²/kw de potencia nominal agregada o al conjunto de artefactos a gas instalados en el espacio confinado.

La ubicación de las aberturas es como se indica en la Figura N° 5.4 para residencias, y la mínima dimensión de la rejilla no puede ser inferior a 8 cm.

Fig. 5.4: rejillas de ventilación, comunicación con espacios en el mismo Piso a través de dos aberturas. Residencial



FUENTE: NTP 111 022 -2008

5.9.2 Comunicación Directa con el Exterior

Se trata de proveer el aire necesario a través de aberturas o conductos permanentes que comuniquen el espacio confinado con el exterior de la edificación de manera tal, que se provea del aire de combustión, renovación y dilución, demandado por los artefactos.

Este método de ventilación puede ser aplicado utilizando una o dos aberturas permanentes que comuniquen el espacio no confinado con el exterior:

5.9.2.1 Comunicación con el Exterior a Través de Dos Aberturas

Se utilizan dos aberturas permanentes, una superior y una inferior instaladas como se indica en las figura N° 5.5, teniendo en cuenta que:

Las aberturas directamente a un patio interior o a la calle; debe tener un área libre mínima de $6 \text{ cm}^2/\text{kW}$ de potencia nominal agregada o conjunto de los artefactos a gas instalados en el espacio confinado.

Además se debe tener en cuenta:

- **Comunicación con el Exterior a Través de Conductos Verticales.**

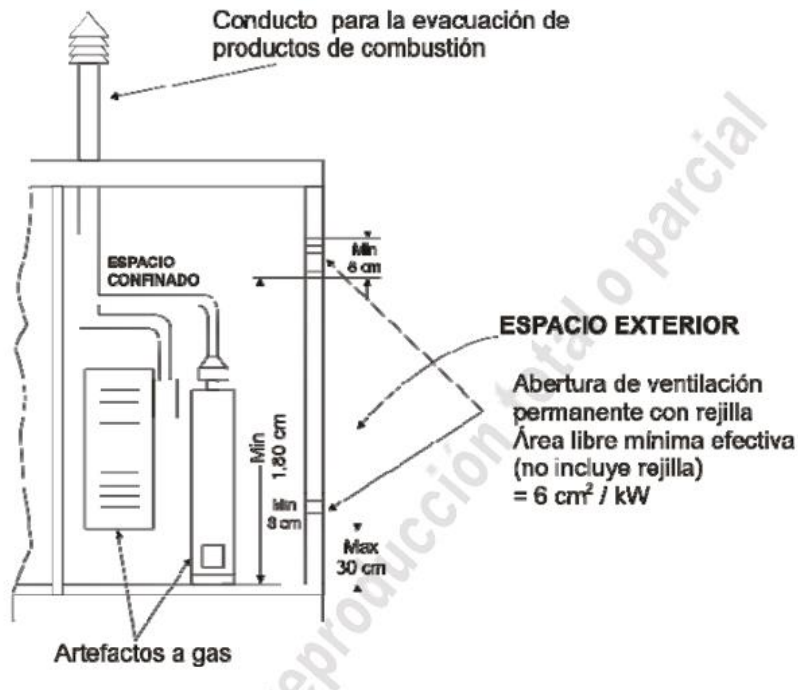
Cuando la comunicación es directa o se realiza por medio de conductos verticales, cada abertura debe tener un área libre mínima efectiva (no incluye rejilla) obtenida de multiplicar 6 cm^2 por cada kW de potencia nominal agregada o conjunto de los artefactos a gas instalados en el espacio confinado. Por seguridad el área libre efectiva (no incluye rejilla) de cada abertura no debe ser menor a 100 cm^2 .

- **Comunicación con el Exterior a Través de Conductos Horizontales**

Cuando la comunicación se realiza a través de conductos horizontales, cada abertura debe tener un área libre mínima efectiva (no incluye rejilla) obtenida de multiplicar 11 cm^2 por cada kW de potencia nominal agregada o el conjunto de los artefactos a gas instalados en el espacio confinado. Por seguridad el área libre efectiva (no incluye rejilla) de cada abertura no debe ser menor a 100 cm^2 .

En la figura 5.5 es ventilación hacia al exterior, el tamaño de los lados de la rejilla no deben ser menor de 8 cm.

Fig. 5.5: rejillas de ventilación, comunicación con el exterior a través de dos aberturas residencial



Fuente: NTP 111 022 - 2008

5.10 Rejillas de Ventilación

Las rejillas utilizadas para proteger las aberturas permanentes deben ser fabricadas en un material no combustible y que ofrezca una resistencia mecánica adecuada. Los tipos de aberturas se presentan en la tabla 5.2.

Tabla N° 5.2 El material de las rejillas de ventilación y su área libre

Material	Características de la Abertura
Plásticas o Metálicas	75 % del área de la abertura correspondiente a Área Libre
Madera	25 % del área de la abertura correspondiente a Área Libre
Mallas	90 % del área de la abertura corresponde a Área Libre. La mínima tamaño de malla debe ser de 6300 micrones.

FUENTE: ELABORACION PROPIA

5.11. Soluciones para una buena Ventilación de Espacios Confinados

Para todos los casos en viviendas residenciales se aplica la ventilación al exterior y/o a otro recinto del mismo departamento, baño, sala de estudio y biblioteca, pero no en el dormitorio.

Por ello se tiene las siguientes ventilaciones:

A.- Área Construída Menor a 70 m²

Método de Ventilación por Comunicación con Espacios en el Mismo Piso.

Norma NTP 111 022.

$$22 \text{ cm}^2/\text{Kw.} \times 8.7 \text{ Kw.} = 191.4 \text{ cm}^2$$

Luego:

Rejilla de Metal	191,4/0.75	254.66 cm ²
Rejilla Cuadrada	16 cm	Lado de la rejilla

Rejilla de Madera	191,4/0.25	765.6 cm ²
Rejilla Cuadrada	28 cm	Lado de la rejilla

Método de Ventilación por Comunicación con el Exterior a Través de Dos

Aberturas Permanentes. Norma NTP 111 022.

$$6 \text{ cm}^2/\text{Kw.} \times 8.7 \text{ Kw.} = 52,2 \text{ cm}^2$$

Entonces:

Rejilla de Metal	52,2/0.75	69.6 cm ² (se asume 100 cm ² según la Norma NTP)
Rejilla Cuadrada	10 cm	Lado de la rejilla

Rejilla de Madera	52,2/0.25	208.8 cm ²
Rejilla Cuadrada	15 cm	Lado de la rejilla

B.- Área Construida Mayor a 70 m² y Menor 100 m²

Método de Ventilación por Comunicación con Espacios en el Mismo Piso.

Norma NTP 111 022.

$$22 \text{ cm}^2/\text{Kw} \times 19.1 \text{ Kw} = 420.2 \text{ cm}^2$$

Por ello:

Rejilla de Metal	420,2/0.75	560 cm ²
Rejilla Cuadrada	24 cm	Lado de la rejilla
Rejilla de Madera	420,2/0.25	1680 cm ²
Rejilla Cuadrada	41 cm	Lado de la rejilla

Método de Ventilación por Comunicación con el Exterior a Través de Dos Aberturas Permanentes. Según la norma NTP 111 022.

$$6 \text{ cm}^2/\text{Kw} \times 19.1 \text{ Kw} = 114.6 \text{ cm}^2$$

Entonces:

Rejilla de Metal	114,6/0.75	152.8 cm ²
Rejilla Cuadrada	13 cm	Lado de la rejilla
Rejilla de Madera	114,6/0.25	458.4 cm ²
Rejilla Cuadrada	22 cm	Lado de la rejilla

C.- Área Construida a 100 m²

Método de Ventilación por Comunicación con Espacios en el Mismo Piso.

Según la Norma NTP 111 022

$$22 \text{ cm}^2/\text{Kw} \times 34,1 \text{ Kw} = 750,2 \text{ cm}^2$$

Entonces:

Rejilla de Metal	750,2/ 0.75	1000,26 cm ²
Rejilla Cuadrada	35 cm	Lado de la rejilla

Rejilla de Madera	750,2/ 0.25	3000.8 cm ²
Rejilla Cuadrada	55 cm	Lado de la rejilla

Método de Ventilación por Comunicación con el Exterior a Través de Dos Aberturas Permanentes. Según la Norma NTP 111 022.

$$6 \text{ cm}^2/\text{Kw} \times 34.1 \text{ Kw} = 205 \text{ cm}^2$$

Entonces:

Rejilla de Metal	205/0.75	273.3 cm ²
Rejilla Cuadrada	17 cm	Lado de la rejilla
Rejilla de Madera	205/ 0.25	820 cm ²
Rejilla Cuadrada	29 cm	Lado de la rejilla

D.- Área Construida Mayor a 100 m²

Método de Ventilación por Comunicación con Espacios en el Mismo Piso. Según la Norma NTP 111 022

$$22 \text{ cm}^2/\text{Kw} \times 42,1 \text{ Kw} = 926,2 \text{ cm}^2$$

Entonces:

Rejilla de Metal	926,2/ 0.75	1234.93 cm ²
Rejilla Cuadrada	36 cm	Lado de la rejilla
Rejilla de Madera	926,2/ 0.25	3704,8 cm ²
Rejilla Cuadrada	61 cm	Lado de la rejilla

Método de Ventilación por Comunicación con el Exterior a Través de Dos Aberturas Permanentes. Según la Norma NTP 111 022.

$$6 \text{ cm}^2/\text{Kw} \times 42.1 \text{ Kw} = 252.6 \text{ cm}^2$$

Entonces:

Rejilla de Metal	252.6/0.75	336.8 cm ²
Rejilla Cuadrada	19 cm	Lado de la rejilla
Rejilla de Madera	252.6/ 0.25	1010,4 cm ²
Rejilla Cuadrada	32 cm	Lado de la rejilla

Tabla N° 5.3 resultados de las rejillas de ventilación

ITEM	Áreas del Departamento (m²)	Área del Recinto (m²)	Potencia Instalada (kw)	Espacio Confinado	Área de las Rejillas Internas	Área de las Rejillas Externas
01	Menor a 70	8	8,7	SI	300 cm2	100 cm2
02	De 70 - 100	12	19,1	SI	600 cm2	200 cm2
03	Igual a 100	16	34,1	SI	1000 cm2	300 cm2
04	Mayor de 100	20	42,1	SI	1300 cm2	400 cm2

FUENTE: ELABORACION PROPIA

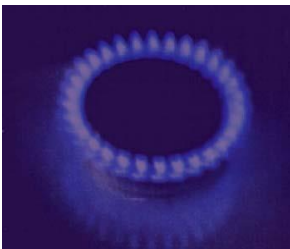
5.12. Diseño de Sistemas Seguros de Ventilación en Instalaciones de Gas Natural

Seco

5.12.1 Relación Gas Natural / Oxígeno



→ Cuando la cantidad de oxígeno es deficiente se genera una llama amarilla, contenido de monóxido de carbono



Gas Natural más insuficiente oxígeno

→ La combustión genera monóxido de carbono, combustión incompleta



Gas Natural más oxígeno suficiente

→ La combustión produce Anhidrido Carbónico más Vapor de Agua, que corresponde a una combustión completa, se genera una llama azul.

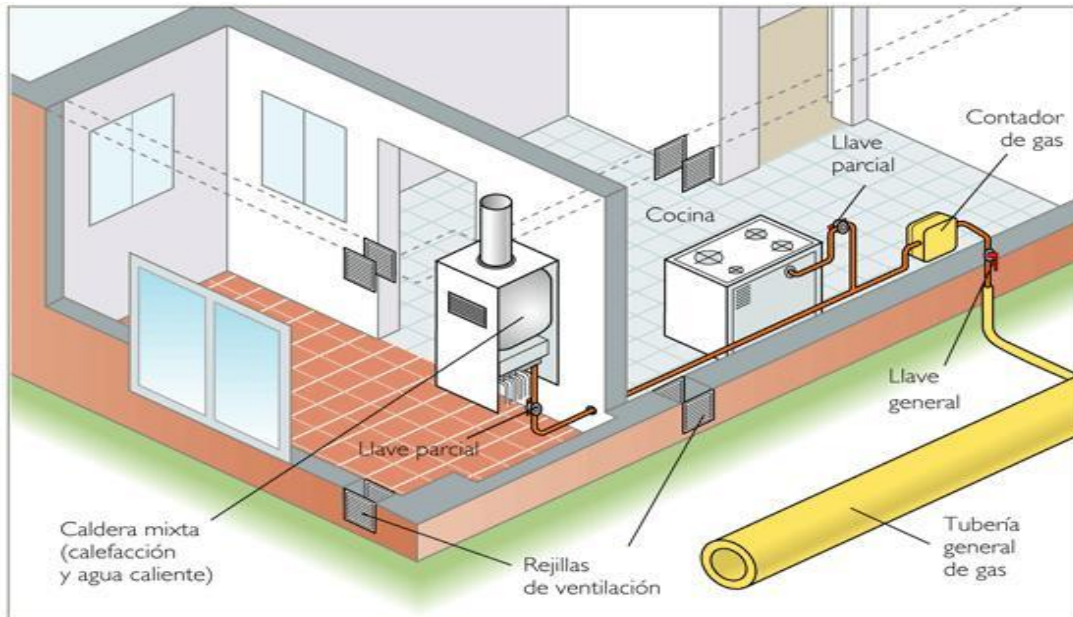
5.13 Métodos Alternativos para la Ventilación de Espacio Confinados

5.13.1 Medios Mecánicos

Existe la posibilidad de suministrar el aire para combustión a través de medios mecánicos en cuyos casos, este debe provenir del exterior un flujo mínimo de 0.034 m³/min por cada kilovatio instalado en el recinto. Ver figura 5.6

En este caso cada artefacto debe ser provisto de un sistema de seguridad que impida el funcionamiento del quemador principal del artefacto cuando el sistema de ventilación no funcione adecuadamente.

Fig.5.6 Métodos Alternativos para la Ventilación de Espacio Confinados



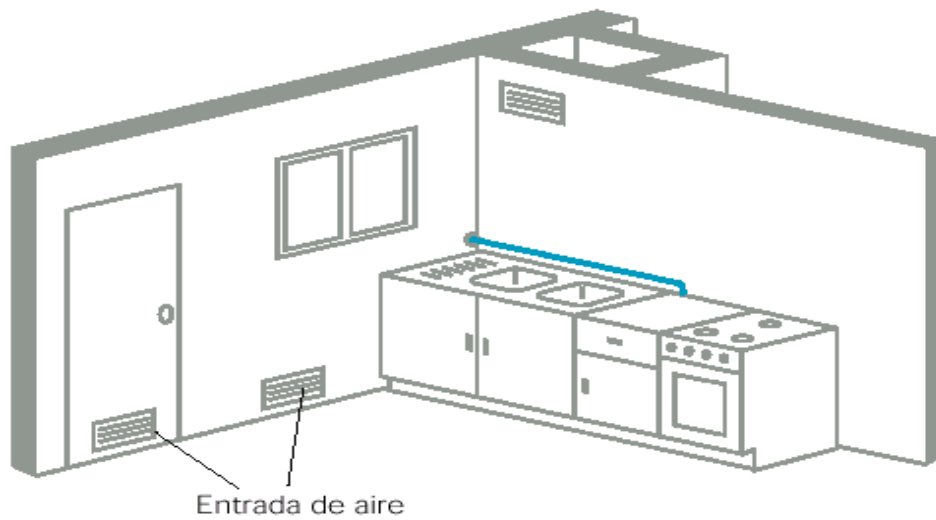
FUENTE: OSINERGMIN: Seminario de Desarrollo del Gas Natural en el Perú – 2009

Respecto a las distancias y ubicación se tiene:

- El área libre mínima es igual para ambas aberturas, superior e inferior.
- Las aberturas pueden estar en cualquier lugar del recinto.
- Las aberturas deben ser “permanentes” y no obstruirse.
- Se puede hacer tantas aberturas como sea necesario hasta completar el área libre mínima.

En la figura 5.7 muestra dos rejillas de ingreso de aire: una en la parte inferior de la puerta y otra en la parte inferior de la pared del recinto y una rejilla en la parte superior de salida de aire, hacia un ducto de ventilación.

Fig.5.7 rejillas de ventilación, aberturas en el Interior del Recinto



FUENTE: *Manual de Instalación a Gas de España - 2009*

En la figura 5.8 muestra 2 instalaciones con tuberías a gas natural, la figura de la izquierda con tubería de cobre a la vista con una cocina empotrada, en la figura derecha la instalación de un tanque acumulador de agua, ambas instalaciones en una casa de la ciudad de Lima.

Fig. 5.8 instalaciones internas residenciales de Gas Natural



FUENTE: Fotografías de instalaciones de Gas Natural en Lima- Perú

En la figura 5.9 muestra instalaciones de rejillas de ventilación en viviendas multifamiliares y/o edificios en un tragaluz donde está prohibido.

Fig. 5.9 ubicación incorrecta de los ductos de evacuación de los productos de la combustión, junto con las rejillas de ventilación.



FUENTE: Fotos de instalaciones de gas natural en la ciudad de Santa Fe de Bogotá Colombia- SGS /2008

CAPITULO VI: RELACIÓN DE VOLÚMENES AIRE-COMBUSTIBLE EN LA COMBUSTIÓN DEL GAS NATURAL SECO Y GLP

Considerando la composición química de los gases combustibles mencionados como:

Gas Natural seco (*):

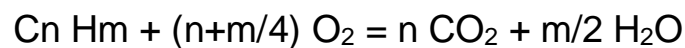
Metano (CH ₄)	= 80%
Etano (C ₂ H ₆)	= 10%
Propano (C ₃ H ₈)	= 4%
Butano (C ₄ H ₁₀)	= 2%
Pentano (C ₅ H ₁₂)	= 3%
Otros	= 1%

Gas GLP (*)

Propano (C ₃ H ₈)	= 30 %
Butano (C ₄ H ₁₀)	= 70%

6.1 Reacción del Combustible

La ecuación general para la combustión de un combustible es la siguiente expresión



Donde n y m son el número de átomos de carbono e hidrogeno neto, respectivamente en el combustible.

La cantidad mínima de oxígeno (del aire) que se necesita para poder quemar un combustible es (n+m/4).

Se observa en la reacción que por cada volumen de gas C_n H_m se necesita (n+m/4) volúmenes de oxígeno. Si se toma el oxígeno del aire, cuya composición contiene 21% en volumen de oxígeno y 79% en volumen de nitrógeno se tiene entonces:

(*) Fuente: *El Gas Natural- Luis Cáceres Graziani*

- Volumen oxígeno = 0.21 volumen aire

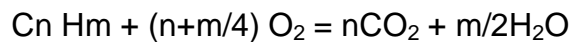
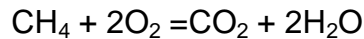
Luego el volumen de aire teórico será:

- Vaire teórico = 4.76 V oxígeno

En forma general se tiene para cualquier combustible

- Vaire = 4.76(n+m/4) Vaire/ V C_nH_m

Ejemplo práctico, donde la reacción se expresa como:



Donde los valores de los coeficientes serán: n=1, m=4

La relación nos indica que por cada mol de metano se requiere 2 moles de oxígeno, para que se pueda realizar una combustión completa; por lo tanto el volumen de aire teórico será:

$$\text{Vaire teórico} = 4.76 (1+4/4) = 9.52 \text{ V. aire / V. metano}$$

Si se señala los volúmenes en metros cúbicos; por cada m³ de gas metano se necesita 9.52 m³ de aire para la combustión respectiva.

Por lo tanto mediante la relación estequiometría se podrá obtener los volúmenes para todos los gases combustibles como el propano, butano etc.

$$\text{Propano: Relación} = 23.8 \text{ V. aire / V propano}$$

$$\text{Butano: Relación} = 31.1 \text{ V. aire / V butano}$$

6.2 Expresión para una Mezcla de Gases Combustibles

Para una mezcla de gases de combustibles se calcula el volumen de aire teórico por medio de la expresión siguiente:

$$\mathbf{V_{am} = (\sum X_i V_{ai}) - 4.76 X_{O_2}}$$

Donde: V_{am} = Volumen de aire teórico de la mezcla

X_i = Fracción molar (volumen) del componente i

V_{ai} = Volumen de aire teórico del componente i

X_{O_2} = Fracción de oxígeno en el combustible.

6.3 Volumen de Aire Necesario para la Combustión de Gas Natural.

Se toma como referencia la siguiente composición del gas natural seco:

$$CH_4 = 80\%$$

$$C_2H_6 = 10\%$$

$$C_3H_8 = 4\%$$

Aplicando la expresión, para cada componente de la mezcla combustible se tiene:

$$V \cdot CH_4 = 4.76 (2) = 9.52 V. \text{ aire} / V. \text{ metano}$$

$$V \cdot C_2H_6 = 4.76 (3.5) = 16.66 V. \text{ aire} / V. \text{ etano}$$

$$V \cdot C_3H_8 = 4.76 (5) = 23.80 V. \text{ aire} / V. \text{ propano}$$

Aplicando la segunda expresión para la mezcla de gases combustibles:

$$V_{am} = [0.80 (9.52) + 0.10 (16.66) + 0.04 (23.80) - 4.76 (0)]$$

Donde la expresión $4.76 (0) = 0$, cantidad de oxígeno que pudiera haber en la mezcla

Desarrollando la expresión se tiene:

$$V_{am} = 10.472 V \text{ aire} / V \text{ combustible}$$

Si se tiene los volúmenes en metros cúbicos; entonces por cada m^3 de gas seco (mezcla combustible), se necesita $10.472 m^3$ de aire para la combustión respectiva.

6.4 Volumen de Aire Necesario para la Combustión de GLP

En el cálculo del requerimiento de aire se toma como referencia la siguiente composición de GLP.

$$C_3H_8 = 30\%$$

$$C_4H_{10} = 70\%$$

Aplicando la expresión para cada componente de la mezcla combustible se tiene:

$$V C_3H_8 = 4.76 (5) = 23.80 V. \text{ aire} / V. \text{ metano}$$

$$V \cdot C_4H_{10} = 4.76 (6.5) = 30.94 V. \text{ aire} / V. \text{ etano}$$

Aplicando la segunda expresión para la mezcla de gases combustibles se tendrá:

$$V_{am} = [0.30 (23.8) + 0.70 (30.94) - 4.76 (0)]$$

$$V_{am} = 28.78 V_{\text{aire}} / V_{\text{combustible}}$$

Expresando la relación de volúmenes en metros cúbicos, por cada m³ de gas GLP (mezcla combustible), se necesita 28.78 m³ de aire para la combustión respectiva.

Aplicación de los cálculos para otro porcentaje en la mezcla del GLP:

En el caso del Perú la composición promedio del GLP es 60% de propano y 40% de butano, se considera: $C_3H_8 = 40\%$ $C_4H_{10} = 60\%$

Aplicando la expresión para cada componente de la mezcla combustible se tiene:

$$V_{C_3H_8} = 4.76 (5) = 23.80 V_{\text{aire}} / V_{\text{metano}}$$

$$V_{C_4H_{10}} = 4.76 (6.5) = 30.94 V_{\text{aire}} / V_{\text{etano}}$$

Aplicando la segunda expresión para la mezcla de gases combustibles se tendrá:

$$V_{am} = [0.40 (23.8) + 0.60 (30.94) - 4.76 (0)]$$

$$V_{am} = 28.084 V_{\text{aire}} / V_{\text{combustible}}$$

Expresando la relación de volúmenes en metros cúbicos, considerando que por cada m³ de gas GLP (mezcla combustible), se requiere 28.084 m³ de aire para la combustión respectiva.

En la tabla 6.1 presenta un resumen del requerimiento de aire según el combustible usado. Se verifica que a medida que el peso molecular del hidrocarburo se incrementa, los volúmenes de aire necesarios para la combustión también aumentan.

Tabla 6.1: Proporción Aire – Combustibles para la Combustión

Combustible	Vol. O₂ / Vol.Combustible	Vol. aire / Vol.Combustible
Metano	2.0	9.52
Etano	3.5	16.66
Propano	5.0	23.80
Butano	6.5	31.10
Gas Natural Seco	2.2	10.47
GLP	6.0	28.78

FUENTE: ELABORACION PROPIA

6.5 Exceso de Aire en la Combustión

- La combustión teórica raramente se consigue debido a la disociación y mezcla imperfecta
- Generalmente para tener combustión completa es necesario suministrar aire en exceso más del teóricamente necesario para oxidar el combustible.
- En una combustión completa de un hidrocarburo, todo el carbono y demás elementos que se encuentren como impurezas como el azufre se oxidan.
- En la práctica, los equipos de combustión se diseñan para que operen con aire en exceso a fin de asegurar que el combustible no será desperdiciado.
- El aire en exceso se expresa como porcentaje del aire teórico o como el aire total dividido por el aire. Se puede determinar conociendo la composición de los productos de la reacción.

CAPITULO VII: CÁLCULO DEL RATIO DE VENTILACIÓN

Para el cálculo del ratio de ventilación, se tienen las especificaciones de los equipos utilizados en el laboratorio de Ingeniería de Petróleo y Gas Natural FIP-UNI

7.1 Especificaciones de los Equipos Utilizados

7.1.1.- Calentador de Agua a Gas Automático

Marca	: Silverstone – México 00465066
Potencia	: 20 kw.
Eficiencia de trabajo	: 80 %
Capacidad	: 10 litros/minuto de agua
Presión de trabajo	: 2,8 kpa.
Presión Máximo	: 10 kpa
Caudal Máximo	: 2.5 m ³ /h
Caudal Mínimo	: 0.016 m ³ /h

Fig. 7.1 Calentador de paso de agua a gas



FUENTE: Fotografía del calentador instalado en el laboratorio de Petróleo y gas natural

7.1.2.- Cocina 1

Marca	: MIRAY
Modelo	: 4 hornillas
Potencia de cada quemador	: Se calculará.
Eficiencia de los quemadores	: 70 %

Fig. 7.2 cocina 4 hornillas con horno Marca MIRRAY



Fuente: fotografía de cocina instalada en el laboratorio de petróleo y gas natural

7.1.3.- Cocina 2

Marca	: Surge
Modelo	: Roca - Sobremesa 2 Hornillas
Potencia de cada quemador	: Se calculará.
Eficiencia de cada quemador	: 70 %

Fig. 7.3 cocina de 2 hornillas marca SURGE



Fuente: fotografía de cocina instalada en el laboratorio de petróleo y gas natural

7.1.4.- Cocina 3

Marca	: GARAY
Modelo	: Industrial 2 Hornillas
Potencia de cada quemador	: Se calculará.
Eficiencia de cada quemador	: 70 %

Fig. 7.4 cocina de 2 hornillas marca GARAY



Fuente: fotografía de cocina instalada en el laboratorio de petróleo y gas natural

7.1.5.- Analizador de Gases de Combustión:

Marca	: Pierburg Instruments Hermana
Modelo	: HGA 400 GR
Serie	: 672
Rango de la Escala	: CO: 0 A 10.00% vol. CO ₂ : 0 a 20.00% vol. HC: 0 a 20000 ppm
División de la Escala	: CO: 0,01% vol. CO ₂ : 0, 1% vol. HC: 1 ppm vol C ₃ H ₈

Fig. 7.5 analizador de gas de la combustión Marca Pierburg



Fuente: foto del Analizador de gases de la combustión instalado en el laboratorio de petróleo y gas natural

7.1.6.- Analizador de Gases de Combustión:

Marca	: RKI Instrument
Modelo	: GX-2009
Rango de Escala	: CH ₄ màx 100 % O ₂ màx. 40% CO max 500 ppm H ₂ S màx. 100 ppm

Fig. 7.6 Analizador de gases de la combustion del equipo RKI Instrument



Fuente: fotografía del Analizador de gases de la combustión instalado en el laboratorio de petróleo y gas natural

7.1.7.- Termómetro

Marca	: PrecisionScientific CO
Modelo	: ASTM 6F
Escala	: -10°C @ 60°C

7.1.8.- Cronómetro:

Marca	: Citizen
Modelo	: QT 9017-A

Fig. 7.7 Cronometro Marca Citizen



Fuente: foto del cronometro instalado en el laboratorio de petróleo y gas natural

7.1.9. Medidor de Caudal de GLP

Marca :ELSTER AMCO
Modelo : BK-G1,6
Escala : Qmax. 2,5 m³/h
Qmin. 0.016 m³/h
Pmax. 10 kpa

Fig. 7.8 Medidor de baja presión Marca ELSTER AMCO



Fuente: foto del Medidor instalado en el laboratorio de petróleo y gas natural

7.1.10. Manómetro

Marca :JAKO
Escala : 0-100 mbar

Fig. 7.9 manómetro de baja presión Marca JAKO



Fuente: fotografía del Manómetro instalado en el laboratorio de petróleo y gas natural

7.1.11. Regulador de Presión

Marca	: Fisher
Modelo	: R-6-22-DFF, (7/32)"
Max. Presión	: 10 psi (680 mbar)

Fig. 7.10 Regulador de baja presión Marca FISHER



Fuente: foto del Regulador instalado en el laboratorio de petróleo y gas natural

7.1.12. LCD Anemómetro Digital

Marca	: Fisher
Rango de temperatura	: - 50°C a +70°C
Resolución	: +/- 0.1°
Rango de velocidad del aire	: 0 a 45 m/seg.
Resolución	: 0.1
Exactitud	: +/- 2% para todos los rangos

Fig. 7.11 medidor de velocidad de viento LCD Anemómetro digital Marca FISHER



Fuente: foto del Anemómetro instalado para la prueba en el laboratorio de petróleo y gas natural

7.1.13. Condiciones Climatológica: Lima - Perú

Presión Atmosférica	: 758 mmhg
Humedad Relativa	: 80%
Temperatura Ambiental	: 19°C
Altitud	: 154 msnm
Velocidad del Viento	: 0.62 m/seg.
Dirección del viento	: SW (SUR-OESTE)

En la tabla 7.1, se indican los valores tomados de la velocidad del viento y temperatura exterior del recinto del laboratorio de la UNI-FIP.

Tabla N° 7.1 Velocidad del Viento

N° de Tomas	Velocidad del viento (exterior del ambiente) m/seg.	Temperatura °C (exterior del ambiente)
1	0.70	17.7
2	0.60	18.1
3	0.70	17.6
4	0.60	19.2
5	0.40	17.6
6	0.70	18.2
Promedio	0.62 m/seg.	18.10 °C

FUENTE: Elaboración Propia.

7.1.14. Dimensiones del recinto para los ensayos.

Según el Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú- 2009, clasifica el tamaño de las cocinas habitación según sus áreas:

Tabla N° 7.2 Tamaño de las cocinas

Equipo	Dimensión	Superficie
Cocina pequeña	1.5m x 2m	3m ²
Cocinas medianas	2m x 2m	4m ² hasta 6m ²
Cocinas grandes		Mayores a 6m ²

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones del PERU

El Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú, también indican que la altura mínima de viviendas es de H= 2.30 m

Considerando la superficie de 6m² y una altura de 2.70 m, el volumen del recinto para los ensayos es de 16.30m³. En la figura 7.12 se indican las dimensiones.

7.1.15. Uso del GLP como combustible para los ensayos.

Las pruebas que se realizarán en el laboratorio de Ingeniería de Petróleo y Gas Natural de la FIP, se utilizará como gas combustible el GLP, porque la relación volumen de aire / volumen de combustible es más crítico.

Esto quiere decir que el GLP consume mayor cantidad de aire en la combustión que el gas natural seco, en una proporción aproximadamente de 3:1, como se verifica en la tabla N° 6.1.

Está demostrado como una práctica de las empresas distribuidoras de gas natural, que en la conversión de artefactos que funcionan con GLP, para uso con gas natural, se requiere ampliar el diámetro del quemador para obtener la misma potencia térmica del artefacto. El valor del diámetro del quemador de GLP es de 0.67mm. y el diámetro para gas natural es de 1.00mm.

El uso de un recinto con volumen fijo (ejemplo 16.3m³, apartado 7.1.14) en cuyo interior se desarrolla la combustión del GLP, este consumirá mucho mayor cantidad de aire que el gas natural seco. Se deduce que los valores del ratio de ventilación calculados en el apartado 7.2 son aplicables para ambos tipos de gases.

7.2 Cálculo del Ratio de Ventilación (R_1) de Artefactos Tipo "A" más Tipo "B"

7.2.1 Cálculo de la Potencia de los Artefactos TIPO "A" más TIPO "B"

Para el cálculo del Ratio ventilación se usó los siguientes artefactos:

- Cocina 1 de 4 hornillas (TIPO A). Se usó solo 2 hornillas.
- Cocina 2 de 2 hornillas (TIPO A)
- Calentador de paso de agua de 20 kw. de potencia (TIPO B1)

A) Datos calculados de la Cocina 1 (se utilizaron 2 hornillas) en el laboratorio, para el cálculo de la potencia del artefacto:

- Volumen de GLP = $7.15 \times 10^{-3} \text{ m}^3$
- Tiempo = 10 minutos = 600 segundos.

Cálculo de la masa del gas (GLP)

$$PV = m R T$$

$$m = \frac{P \cdot V}{R \cdot T} \quad (\text{Ec.1})$$

Donde:

- $R = 0.1659 \text{ KJ/Kg } ^\circ\text{K}$ (Tablas termodinámica)
- $T = \text{Temperatura} = 10^\circ\text{C} + 273 = 283^\circ\text{K}$
- $P = \text{Presión absoluta del gas}$
- $P_1 = \text{Presión de salida del gas GLP} = 30 \text{ mbar}$
- $m = \text{masa del gas en Kg/seg}$

Reemplazando valores en la Ec.1:

$$m = \frac{103\text{KPa} \times 7.15 \times 10^{-3} \text{ m}^3}{0.1659 \text{ KJ/Kg } ^\circ\text{K} \times 283^\circ\text{K} \times 600 \text{ seg}}$$

$$m = 2.6 \times 10^{-5} \text{ Kg/seg}$$

Cálculo de la Potencia del Artefacto:

$$\text{Potencia} = m \times PC \quad (\text{Ec.2})$$

Donde:

PC = Poder Calorífico del GLP = 47 063 BTU/Kg ó 49651.45 KJ/Kg

Reemplazando valores en la Ec.2:

Potencia = 2.6×10^{-5} Kg/seg * 49651.45 KJ/Kg

Potencia = 1.29 KW

B) Datos calculados de la Cocina 2 en el laboratorio, para el cálculo de la potencia del artefacto:

- Volumen o Gasto de GLP = 8.7×10^{-3} m³
- Tiempo = 10 minutos = 600 segundos.

Cálculo de la masa del gas (GLP)

PV = m R T

$$m = \frac{P * V}{R * T}$$

Donde:

- R = 0.1659 KJ/Kg °K (Tablas termodinámica)
- T = Temperatura = 10°C + 273 = 283°K
- P = Presión de salida del gas GLP = 30 mbar
- m = masa del gas en Kg/seg

Reemplazando valores en la Ec.1:

$$m = \frac{103\text{KPa} \times 8.7 \times 10^{-3} \text{ m}^3}{0.1659 \text{ KJ/Kg } ^\circ\text{K} \times 283^\circ\text{K} \times 600 \text{ seg}}$$

m = 3.18×10^{-5} Kg/seg

Cálculo de la Potencia del Artefacto:

Potencia = m x PC

Donde:

PC = Poder Calorífico del GLP = 47 063 BTU/Kg ó 49651.45 KJ/Kg

Reemplazando valores en la Ec.2:

Potencia = m x PC

Potencia = 3.18×10^{-5} Kg/seg * 49651.45 KJ/Kg

Potencia = 1.57 KW

7.2.2 Calculo del Ratio (R_1) de Ventilación

El ratio de ventilación será igual a la relación del volumen en el recinto (volumen físico) y la potencia total instalada.

$$R_1 = \frac{\text{Volumen Físico (m}^3\text{)}}{\text{Potencia Instalada (kw.)}}$$

$$R_1 = \frac{\text{Volumen Físico (m}^3\text{)}}{\text{Pot. Cocina 1 * E1 + Pot. Cocina 2 * E2 + Pot. Calentador * E3}} \quad (\text{Ec.3})$$

Donde:

- Volumen Físico = Volumen del Recinto (ver Fig. 7.1) = 16.30 m³
- E1 y E2: Eficiencia de las cocinas 1 y cocina 2 = 70% (datos del fabricante)
- E3: Eficiencia del calentador de paso de agua =80% (datos del fabricante)

Reemplazando valores en la Ec.3:

$$R_1 = \frac{16.30 \text{ m}^3}{(2 \times 1.29 \text{ Kw}) * 0.70 + (2 \times 1.57 \text{ Kw}) * 0.70 + (20 \text{ Kw} * 0.80)}$$

$$R = \frac{16.30 \text{ m}^3}{20.004 \text{ Kw}}$$

R = 0.8148 m³/Kw

En la tabla N° 7.3 se presenta un resumen de los cálculos efectuados:

Equipo	Hornillas usadas	Flujo masivo GLP (Kg/seg)	Potencia consumida (Kw)	Eficiencia de las cocinas (%)	Volumen del recinto donde se encuentran los artefactos (m3)	Ratio de Ventilación (m3/Kw)
Cocina 1 (datos técnicos apartado 7.1.2)	2	$2.6 \cdot 10^{-5}$	2.58	0,7	16.3	0.8148
Cocina 2 (datos técnicos apartado 7.1.3)	2	$3.18 \cdot 10^{-5}$	3.14	0,7		
Calentador de agua (datos técnicos apartado 7.1.1)	20	0,8		

Observación: El ratio de ventilación es menor que el crítico, porque en el artefacto tipo "B" que tiene una chimenea que ayuda a evacuar el CO del recinto interior. Es por ello que en adelante se realizaran las determinaciones del ratio con los artefactos tipo "A".

Con esta potencia total, no se consiguió la cantidad máxima de monóxido de carbono como considera la NTP ($CO=50ppm$).

Lo cual justifica el valor del ratio de ventilación, ya que el contenido de oxígeno es alto, como se ve en el figura 7.3.

7.2.3. Resultados Obtenidos con el Equipo Analizador de Gases.

En la Fig. 7.14 muestra los voucher de los resultados que el equipo emite las mediciones de O_2 %, Propano (ppm), CO_2 , CO en %. En la tabla 7.4 se presenta un resumen de dichos resultados.

Tabla 7.4: Lecturas del equipo de fecha: 21/11/2012

ESTACION: OTOÑO

POR LA TARDE

Hora	Tiempo (min)	O ₂ (%) Volumen	Propano (ppm)	CO ₂ (%)	CO (%) volumen	Lambda (λ)
16:10 hr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16:22 hr.	12.00	20.15	57	0.40	0.00	0.00
16:39 hr.	29	20.19	14	0.40	0.00	0.00
16:57 hr.	35	20.28	6	0.30	0.00	0.00
17:13 hr.	51	20.30	6	0.40	0.00	0.00
17:24 hr.	62	20.30	6	0.40	0.00	0.00

FUENTE: ELABORACION PROPIA

En la figura 7.13 muestra las impresiones de los resultados de los componentes de O₂, propano, CO₂, CO y lambda (λ).

Fig.7.13 Voucher de los resultados que emite el equipo Pierburg



Fuente: Fotografías tomadas de los resultados de la prueba en el laboratorio de petróleo y gas natural

Fig.7.14 Voucher de las lecturas en el recinto del laboratorio de la FIP, del equipo Pierburgde
Análisis de gases de fecha 21/11/12

Hermann Analizador gases HGA 400
Versión-Software: 21/01/07
fecha: 21.11.2012 Hora: 16:22

PIERBURG INSTRUMENTS HGA 400 4GR
HOM. Nro G(R)-002-2002-DGASA-MTC
RD No 179-2010-MTC/16 Serie: 672
MASIVAMA E.I.R.L.
JR.CUZCO 635 A-C MAGDALENA DEL
MAR TELF.2626603

Vehículo: _____

Placa: _____

CO	[% vol]:	0.00
HC propano	[ppm vol]:	57
CO2	[% vol]:	0.40
O2	[% vol]:	20.15
Lambda	[-]:	-.----
CO + CO2	[% vol]:	0.40
Rpm	[1/min]:	0
Temp. motor.	[°C]:	96

Hermann Analizador gases HGA 400
Versión-Software: 21/01/07
fecha: 21.11.2012 Hora: 16:39

PIERBURG INSTRUMENTS HGA 400 4GR
HOM. Nro G(R)-002-2002-DGASA-MTC
RD No 179-2010-MTC/16 Serie: 672
MASIVAMA E.I.R.L.
JR.CUZCO 635 A-C MAGDALENA DEL
MAR TELF.2626603

Vehículo: _____

Placa: _____

CO	[% vol]:	0.00
HC propano	[ppm vol]:	14
CO2	[% vol]:	0.40
O2	[% vol]:	20.19
Lambda	[-]:	-.----
CO + CO2	[% vol]:	0.40
Rpm	[1/min]:	0
Temp. motor.	[°C]:	96

Hermann Analizador gases HGA 400
Versión-Software: 21/01/07
fecha: 21.11.2012 Hora: 16:57

PIERBURG INSTRUMENTS HGA 400 4GR
HOM. Nro G(R)-002-2002-DGASA-MTC
RD No 179-2010-MTC/16 Serie: 672
MASIVAMA E.I.R.L.
JR.CUZCO 635 A-C MAGDALENA DEL
MAR TELF.2626603

Vehículo: _____

Placa: _____

CO	[% vol]:	0.00
HC propano	[ppm vol]:	6
CO2	[% vol]:	0.30
O2	[% vol]:	20.28
Lambda	[-]:	-.----
CO + CO2	[% vol]:	0.30
Rpm	[1/min]:	0
Temp. motor.	[°C]:	99

Hermann Analizador gases HGA 400
Versión-Software: 21/01/07
fecha: 21.11.2012 Hora: 17:13

PIERBURG INSTRUMENTS HGA 400 4GR
HOM. Nro G(R)-002-2002-DGASA-MTC
RD No 179-2010-MTC/16 Serie: 672
MASIVAMA E.I.R.L.
JR.CUZCO 635 A-C MAGDALENA DEL
MAR TELF.2626603

Vehículo: _____

Placa: _____

CO	[% vol]:	0.00
HC propano	[ppm vol]:	6
CO2	[% vol]:	0.40
O2	[% vol]:	20.30
Lambda	[-]:	-.----
CO + CO2	[% vol]:	0.40
Rpm	[1/min]:	0
Temp. motor.	[°C]:	94

Hermann Analizador gases HGA 400
Versión-Software: 21/01/07
fecha: 21.11.2012 Hora: 17:24

PIERBURG INSTRUMENTS HGA 400 4GR
HOM. Nro G(R)-002-2002-DGASA-MTC
RD No 179-2010-MTC/16 Serie: 672
MASIVAMA E.I.R.L.
JR.CUZCO 635 A-C MAGDALENA DEL
MAR TELF.2626603

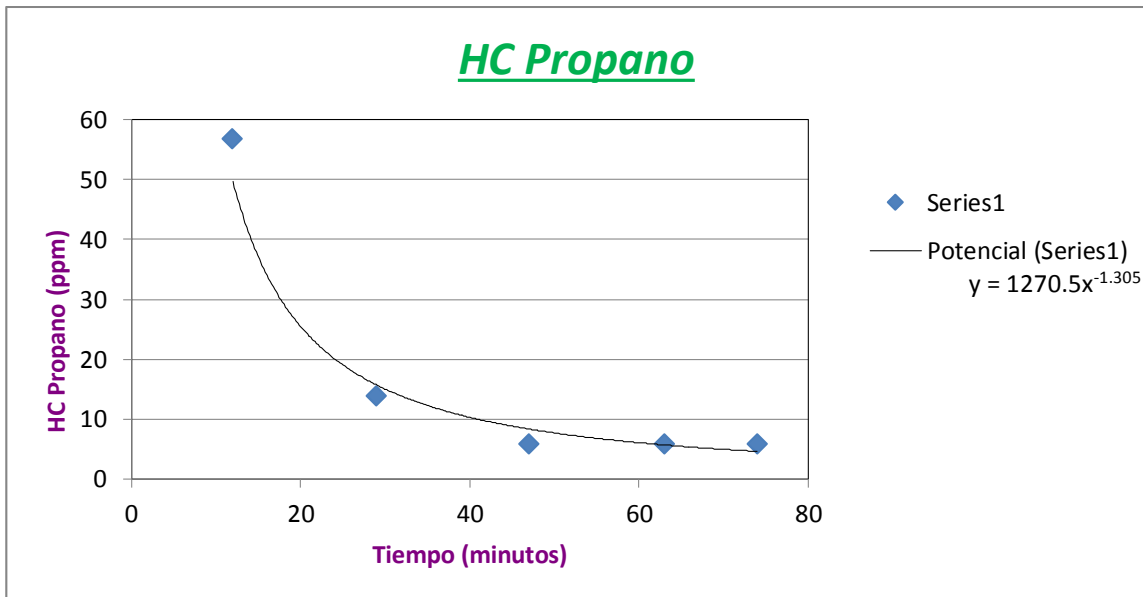
Vehículo: _____

Placa: _____

CO	[% vol]:	0.00
HC propano	[ppm vol]:	6
CO2	[% vol]:	0.40
O2	[% vol]:	20.30
Lambda	[-]:	-.----
CO + CO2	[% vol]:	0.40
Rpm	[1/min]:	0
Temp. motor.	[°C]:	98

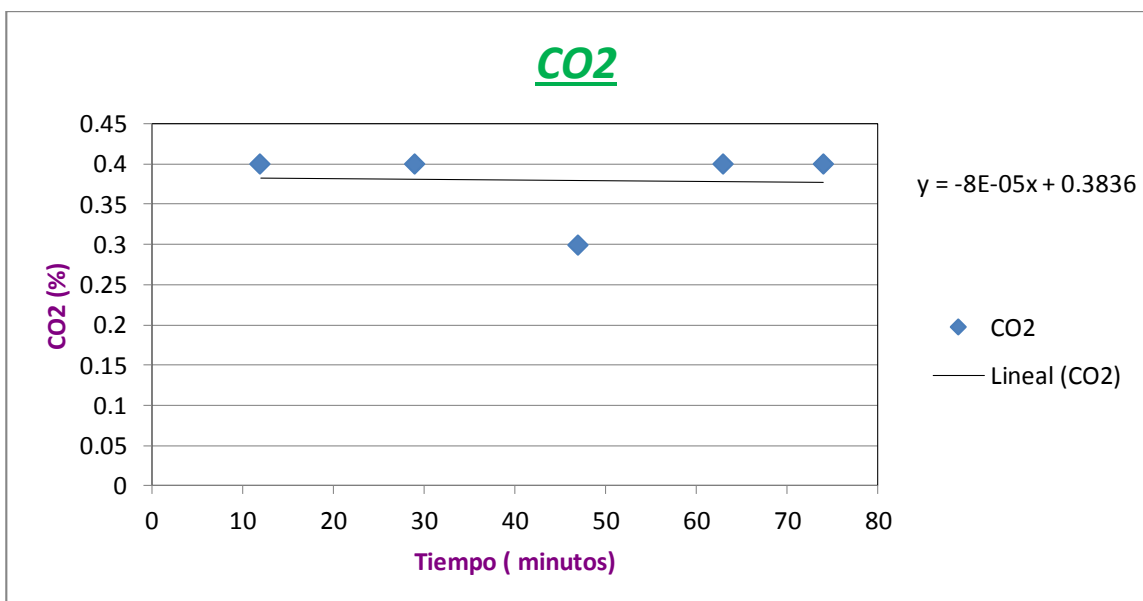
7.2.4 Comportamiento de los resultados de los volúmenes de los gases: HC propano, CO₂, O₂ en función del tiempo

Fig. 7.15 A medida que el tiempo transcurre hay una disminución del volumen en ppm de Gas propano



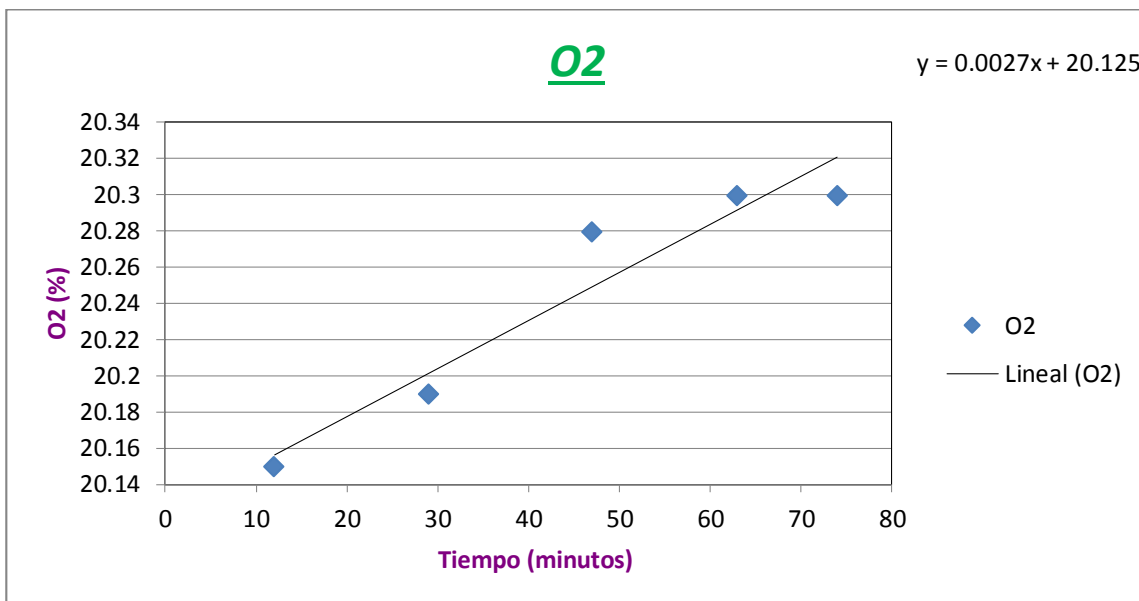
Fuente: Elaboración propia.

Fig. 7.16 gráfico cartesiano del gas dióxido de carbono vs el tiempo



Fuente: Elaboración propia.

Fig.7.17 Relación del oxígeno versus el tiempo



Fuente: Elaboración propia.

7.3 Cálculo del Ratio de Ventilación (R₂) de los artefactos TIPO “A”

7.3.1 Cálculo de la potencia de los artefactos.

En este caso no se considera el artefactos de tipo B ya que las cocinas usadas deben tener chimenea para la evacuación, entonces la ecuación sería :

$$R_2 = \frac{\text{Volumen Físico (m}^3\text{)}}{\text{Pot. Cocina 1 * E1 + Pot. Cocina 2 *E2}} \quad \text{Ec.5}$$

Reemplazando valores en la Ec.5:

$$R_2 = \frac{16.30 \text{ m}^3}{(2 \times 1.29 \text{ Kw}) * 0.70 + (2 \times 1.57\text{Kw}) * 0.70}$$

$$R_2 = \frac{16.30 \text{ m}^3}{1.806 \text{ kw} + 2.198\text{kw}} = \frac{16.30 \text{ m}^3}{4.004 \text{ kw}}$$

$$R_2 = 4.07 \text{ m}^3/\text{kw}$$

Tabla 7.5 Resumen de los Cálculos

Equipo	Hornillas usadas	Flujo masivo GLP (Kg/seg)	Potencia consumida (Kw)	Eficiencia de las cocinas (%)	Volumen del recinto donde se encuentran los artefactos (m ³)	Ratio de Ventilación (m ³ /Kw)
Cocina 1 (datos técnicos apartado 7.1.2)	2	2.6*10 ⁻⁵	2.58	0,7	16.3	4.07
Cocina 2 (datos técnicos apartado 7.1.3)	2	3.18*10 ⁻⁵	2,14	0,7		

Con este resultado del ratio a la potencia total de los artefactos tipo A, no se obtuvo la cantidad máxima de monóxido de carbono como considera la NTP (CO=50ppm).

Ver tabla 7.5

7.3.2 Resultados obtenidos con el Equipo Analizador de Gases en el recinto

En la figura 7.21 se muestran los vouchers de los resultados que el equipo emite para las mediciones de O₂, propano (ppm), CO₂, CO en % y lambda ((λ)).

En la tabla N° 7.5 se presenta una tabla de resumen de los resultados de emisión.

Tabla 7.6: Lecturas del equipo de fecha: 28/11/2012

ESTACION: OTOÑO

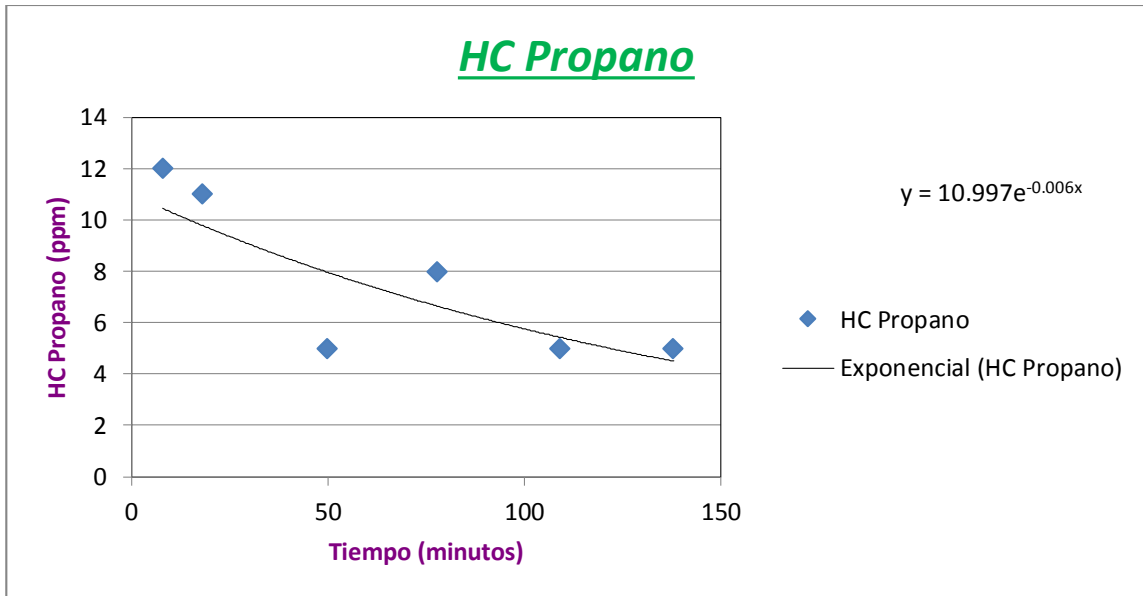
POR LA MAÑANA

Hora	Tiempo (min)	O ₂ (%) Volumen	Propano (ppm)	CO ₂ (%)	CO (%)	Lambda (λ)
09:48 hr	0.0	0.00	0	0.00	0.00	0.00
09:58 hr.	10	19.92	12	0.40	0.00	0.00
10:08 hr.	20	20.46	11	0.30	0.00	0.00
10:40 hr.	52	20.37	5	0.30	0.00	0.00
11:08 hr.	80	20.26	8	0.40	0.00	0.00
11:39 hr.	111	20.45	5	0.30	0.00	0.00
12:08 hr.	140	20.45	5	0.30	0.00	0.00

FUENTE: ELABORACION PROPIA

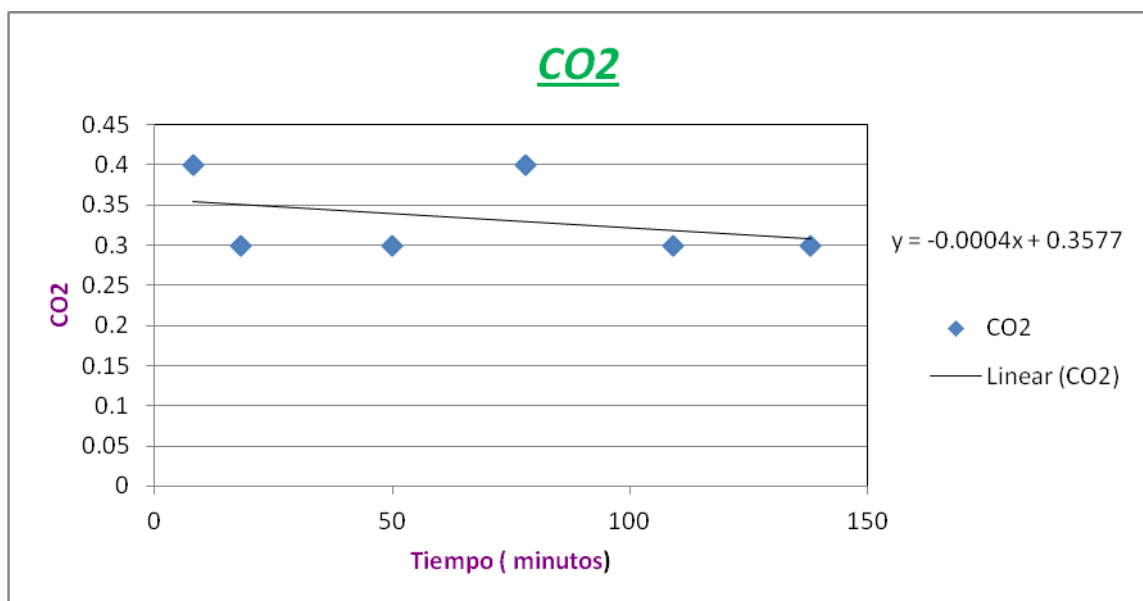
7.3.3. Comportamiento de los resultados de los volúmenes de los gases: HC propano, CO₂, O₂ en función del tiempo.

Fig. 7.18 A medida que el tiempo transcurre hay una disminución del volumen en ppm de Gas propano



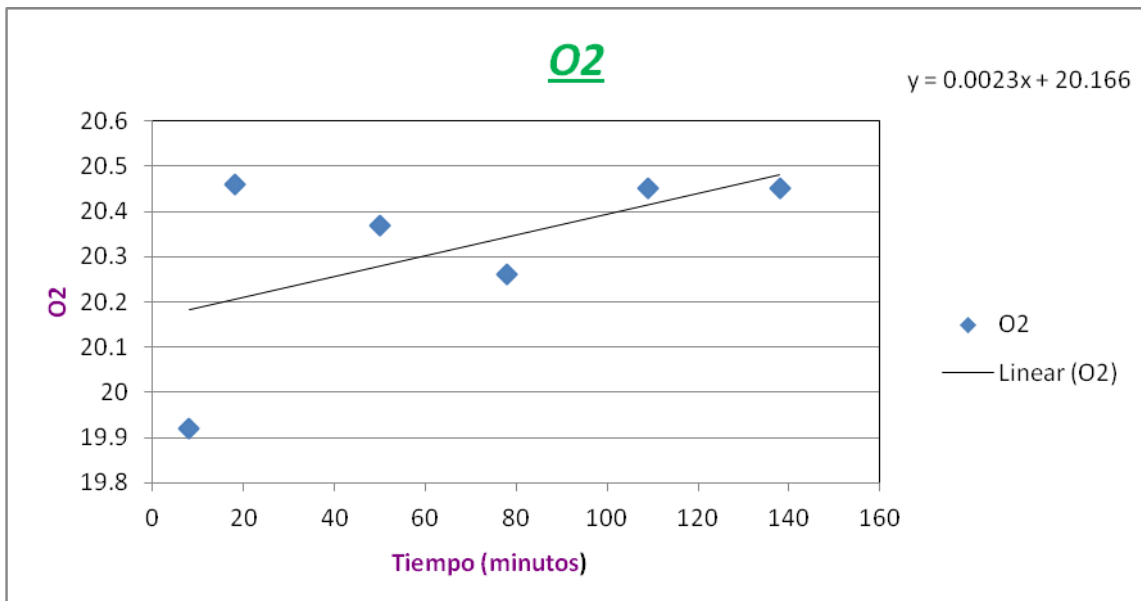
Fuente: Elaboración propia.

Fig.7.19 gráfico cartesiano del gas dióxido de carbono vs el tiempo



Fuente: Elaboración propia.

Fig.7.20 relación del oxígeno versus el tiempo



Fuente: Elaboración propia.

Fig. 7.21 Voucher de las lecturas en el recinto del laboratorio de la FIP del equipo Pierburgde
Análisis de gases de fecha 28/12/12

Hermann Analizador gases HGA 400
Versión-Software: 21/01/07
fecha: 28.11.2012 Hora: 09:58

PIERBURG INSTRUMENTS HGA 400 4GR
HDM. Nro G(R)-002-2002-DGASA-MTC
RD No 179-2010-MTC/16 Serie: 672
MASIVAMA E.I.R.L.
JR.CUZCO 635 A-C MAGDALENA DEL
MAR TELF.2626603

Vehículo: _____
Placa: _____

CO	[% vol]:	0.00
HC propano	[ppm vol]:	12
CO2	[% vol]:	0.40
O2	[% vol]:	19.92
Lambda	[-]:	-.---
CO + CO2	[% vol]:	0.40
Rpm	[1/min]:	0
Temp. motor.	[°C]:	142

Hermann Analizador gases HGA 400
Versión-Software: 21/01/07
fecha: 28.11.2012 Hora: 10:08

PIERBURG INSTRUMENTS HGA 400 4GR
HDM. Nro G(R)-002-2002-DGASA-MTC
RD No 179-2010-MTC/16 Serie: 672
MASIVAMA E.I.R.L.
JR.CUZCO 635 A-C MAGDALENA DEL
MAR TELF.2626603

Vehículo: _____
Placa: _____

CO	[% vol]:	0.00
HC propano	[ppm vol]:	11
CO2	[% vol]:	0.30
O2	[% vol]:	20.46
Lambda	[-]:	-.---
CO + CO2	[% vol]:	0.30
Rpm	[1/min]:	0
Temp. motor.	[°C]:	130

Hermann Analizador gases HGA 400
Versión-Software: 21/01/07
fecha: 28.11.2012 Hora: 10:40

PIERBURG INSTRUMENTS HGA 400 4GR
HDM. Nro G(R)-002-2002-DGASA-MTC
RD No 179-2010-MTC/16 Serie: 672
MASIVAMA E.I.R.L.
JR.CUZCO 635 A-C MAGDALENA DEL
MAR TELF.2626603

Vehículo: _____
Placa: _____

CO	[% vol]:	0.00
HC propano	[ppm vol]:	5
CO2	[% vol]:	0.30
O2	[% vol]:	20.37
Lambda	[-]:	-.---
CO + CO2	[% vol]:	0.30
Rpm	[1/min]:	0
Temp. motor.	[°C]:	107

Hermann Analizador gases HGA 400
Versión-Software: 21/01/07
fecha: 28.11.2012 Hora: 11:08

PIERBURG INSTRUMENTS HGA 400 4GR
HDM. Nro G(R)-002-2002-DGASA-MTC
RD No 179-2010-MTC/16 Serie: 672
MASIVAMA E.I.R.L.
JR.CUZCO 635 A-C MAGDALENA DEL
MAR TELF.2626603

Vehículo: _____
Placa: _____

CO	[% vol]:	0.00
HC propano	[ppm vol]:	8
CO2	[% vol]:	0.40
O2	[% vol]:	20.26
Lambda	[-]:	-.---
CO + CO2	[% vol]:	0.40
Rpm	[1/min]:	0
Temp. motor.	[°C]:	82

Hermann Analizador gases HGA 400
Versión-Software: 21/01/07
fecha: 28.11.2012 Hora: 11:39

PIERBURG INSTRUMENTS HGA 400 4GR
HDM. Nro G(R)-002-2002-DGASA-MTC
RD No 179-2010-MTC/16 Serie: 672
MASIVAMA E.I.R.L.
JR.CUZCO 635 A-C MAGDALENA DEL
MAR TELF.2626603

Vehículo: _____
Placa: _____

CO	[% vol]:	0.00
HC propano	[ppm vol]:	5
CO2	[% vol]:	0.30
O2	[% vol]:	20.45
Lambda	[-]:	-.---
CO + CO2	[% vol]:	0.30
Rpm	[1/min]:	0
Temp. motor.	[°C]:	77

Hermann Analizador gases HGA 400
Versión-Software: 21/01/07
fecha: 28.11.2012 Hora: 12:08

PIERBURG INSTRUMENTS HGA 400 4GR
HDM. Nro G(R)-002-2002-DGASA-MTC
RD No 179-2010-MTC/16 Serie: 672
MASIVAMA E.I.R.L.
JR.CUZCO 635 A-C MAGDALENA DEL
MAR TELF.2626603

Vehículo: _____
Placa: _____

CO	[% vol]:	0.00
HC propano	[ppm vol]:	5
CO2	[% vol]:	0.30
O2	[% vol]:	20.45
Lambda	[-]:	-.---
CO + CO2	[% vol]:	0.30
Rpm	[1/min]:	0
Temp. motor.	[°C]:	77

Fuente: Elaboración propia.

7.3.4 Análisis de Monóxido de Carbono (CO)

En el análisis del CO se utilizó el Equipo RKI Instrument (ver 7.1.6) para lo cual se determinó el CO en el recinto, hasta que el equipo marque el pico de máximo valor a un tiempo de dos horas.

En la tabla 7.7 presenta un resumen de la medición.

Tabla 7.7 Resultados de la medición RKI Instrument

Compuesto	ppm	% V
CO	24	0.0024
H ₂ S	3	0.0003

Fuente: Elaboración propia.

Fig.7.22 Resultados del equipo PrecisionScientific CO



De la lectura del monóxido de carbono CO de 24 ppm, podemos observar, no hay ningún efecto del CO en el organismo humano a los usuarios que se encuentren en el recinto, debido a la baja lectura (Ver fig. 4.2).

7.3.5 Medidas de Emisiones de gases de la combustión por el Exterior del Calentador de Paso

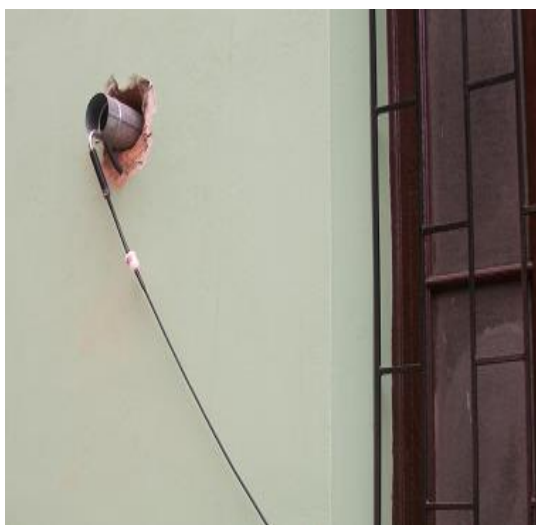
Se tomó las lecturas a la salida del calentador de paso (ver figura 7.23) para saber principalmente cuanto es el valor del monóxido de carbono CO que emite al medio ambiente. El valor obtenido es de 0.08% de CO ó 800 ppm.

También se observa el resultado de Lambda igual a 3.2, que nos indica que la combustión es incompleta, por lo tanto emite alto contenido de monóxido, lo cual es necesario colocar chimeneas de evacuación; este artefacto es de Tipo "B".

Fig. 7.23 Voucher de las lecturas del calentador de paso detrás del laboratorio de la FIP del equipo de análisis de gases

```
-----  
Hermann Analizador gases HGA 400  
Versión-Software: 21/01/07  
fecha: 28.11.2012 Hora: 12:33  
-----  
PIERBURG INSTRUMENTS HGA 400 4GR  
HDM. Nro G(R)-002-2002-DGASA-MTC  
RD No 179-2010-MTC/16 Serie: 672  
MASIVAMA E.I.R.L.  
JR.CUZCO 635 A-C MAGDALENA DEL  
MAR TELF.2626603  
-----  
Vehículo: _____  
Placa: _____  
-----  
CO [% vol]: 0.08  
HC propano [ppm vol]: 2  
CO2 [% vol]: 4.40  
O2 [% vol]: 14.16  
Lambda [-]: 3.200  
CO + CO2 [% vol]: 4.40  
Rpm [1/min]: 0  
Temp. motor. [°C]: 89  
-----
```

Fig.7.24 Medida de la parte exterior con el Sensor



Fuente: Elaboración propia.

Fig.7.25 Parte interna del Calentador.



Fuente: Elaboración propia.

7.4 Cálculo del Ratio de Ventilación (R_3) de los Artefactos Tipo "A"

7.4.1 Cálculo de la potencia de los artefactos.

Para esta 3ra prueba del cálculo del Ratio ventilación se usó los siguientes artefactos:

- Cocina 1 de 4 hornillas MIRAY (TIPO A) se usaron 2 hornillas
- Cocina 2 de 2 hornillas SURGE (TIPO A)
- Cocina 3 de 2 hornillas GARAY (TIPO A)

Se ha determinado la potencia total de estas 6 hornillas en función de la cantidad de monóxido de carbono que emitió estos artefactos domésticos, cuyo resultado del analizador de gases fue de $CO = 0.010\%$ de volumen = 100 ppm. Ver figura 7.26.

Cálculo de la masa del gas GLP:

Datos calculados de las 6 hornillas: 2 hornillas de la Cocina 1, 2 hornillas de la cocina 2 y 2 hornillas de la cocina , para el cálculo de la potencia del artefacto:

- Volumen de GLP = 0.7750 m^3
- Tiempo = 2 horas y 10 minutos = 7800 segundos.

Como:

$$PV = m R T$$

$$m = \frac{P * V}{R * T}$$

Dónde:

- R = 0.1659 KJ/Kg °K (Tablas termodinámica)
- T = Temperatura = 283°K
- P = Presión de salida del gas GLP = 30 mbar
- m = masa del gas en Kg/seg

Reemplazando valores en la Ec.1:

$$m = \frac{103\text{KPa} \times 0.7750 \text{ m}^3}{0.1659 \text{ KJ/Kg } ^\circ\text{K} \times 283^\circ\text{K} \times 7800 \text{ seg}}$$

$$m = 2.18 \times 10^{-4} \text{ Kg/seg}$$

$$\text{Potencia} = m \times \text{PC}$$

Dónde:

$$\text{PC} = \text{Poder Calorífico del GLP} = 47 \text{ 063 BTU/Kg } \text{ ó } 49651.45 \text{ KJ/Kg}$$

Reemplazando valores en la Ec.2:

$$\text{Potencia} = m \times \text{PC}$$

$$\text{Potencia} = 2.18 \times 10^{-4} \text{ Kg/seg} * 49651.45 \text{ KJ/Kg}$$

$$\text{Potencia} = 10.823 \text{ KW}$$

7.4.2 Calculo del Ratio (R₃) de Ventilación:

El ratio de ventilación será igual a la relación del volumen en el recinto (volumen físico) y la potencia total instalada.

$$R_3 = \frac{\text{Volumen Físico (m}^3\text{)}}{\text{Potencia Total Instalada (kw.)}}$$

$$R_3 = \frac{\text{Volumen Físico (m}^3\text{)}}{(\text{Potencia total de las Cocinas 1,2 y 3}) * \text{Eficiencia (E)}} \quad (\text{Ec.7})$$

- Volumen Físico = Volumen del Recinto = 16.30 m³ (ver figura 7.12)
- Eficiencia (E) = Eficiencia de las tres cocinas = 70%

Reemplazando valores en la Ec.7:

$$R_3 = \frac{16.30 \text{ m}^3}{10.823 * 0.70} = \frac{16.30 \text{ m}^3}{7.5761 \text{ kw}}$$

$$R_3 = 2.15 \text{ m}^3/\text{Kw}$$

Por lo tanto el valor de **2.15 m³/Kw** será el Ratio Crítico de Seguridad en un sistema de ventilación. Se logró obtener el valor permitido de monóxido de carbono que se debe cumplir con la NTP 111.22-2008. Ver figura 7.26.

En la tabla N° 7.8 se presenta el resumen de los resultados obtenidos en el recinto.

Tabla 7.8 Resumen de los cálculos

Equipo	Hornillas usadas	Flujo masivo GLP (Kg/seg)	Potencia consumida (Kw)	Eficiencia de la cocina	Volumen del recinto donde se encuentran los artefactos (m ³)	Ratio de Ventilación (m ³ /Kw)
Cocina 1 (datos técnicos apartado 7.1.2)	2	2.18*10 ⁻⁴	10.823	0.7	16.3	2.15
Cocina 2 (datos técnicos apartado 7.1.3)	2					
Cocina 3 (datos técnicos apartado 7.1.4)	2					

FUENTE: ELABORACION PROPIA

7.4.3 Resultados obtenidos con el equipo analizador de gases en el recinto.

En la figura 7.26 se muestran los vouchers de resultados y en la tabla 7.9 el resumen de dichas lecturas

Tabla 7.9: Lecturas del equipo de fecha: 21/03/2013

ESTACION: Verano

POR LA MAÑANA

Hora	Tiempo (min)	O ₂ (%) Volumen	Propano (ppm)	CO ₂ (%)	CO (%)	Lambda (λ)
9:00 hr	0.0	0.00	0	0.00	0.00	0.00
09:50 horas	50	20.84	2	0.0	0.0	0.00
09:51 horas	51	20.80	0.0	0.0	0.01	0.00
10:29 horas	89	20.80	0.0	0.0	0.01	0.00
10:37 horas	97	20.08	5	0.5	0.00	0.00
11:05 horas	125	20.22	11	0.4	0.00	0.00
12:15 horas	195	20.32	12	0.4	0.00	0.00

Fuente: Elaboración propia

Observación:

En el tiempo 97 minutos para adelante se registra el valor de 0% de CO, porque en ese momento entramos al recinto para medir la temperatura, es donde ingresa aire y el CO que se encontraba dentro, desciende y no registra en el equipo de medidor de gas.

**Fig. 7.26 Voucher de las lecturas en el recinto del laboratorio de la FIP del equipo Pierburgde
Análisis de gases de fecha 21/03/13**

Hermann Analizador gases HGA 400
Versión-Software: 21/01/07
fecha: 21.03.2013 Hora: 09:50

PIERBURG INSTRUMENTS HGA 400 4GR
HOM. Nro G(R)-002-2002-DGASA-MTC
RD No 179-2010-MTC/16 Serie: 672
MASIVAMA E.I.R.L.
JR.CUZCO 635 A-C MAGDALENA DEL
MAR TELF.2626603

Vehículo: _____

Placa: _____

CO	[% vol]:	0.00
HC propano	[ppm vol]:	2
CO2	[% vol]:	0.00
O2	[% vol]:	20.84
Lambda	[-]:	----
CO + CO2	[% vol]:	0.00
Rpm	[1/min]:	0
Temp. motor.	[°C]:	57

Aprobado:

Desaprobado:

Hermann Analizador gases HGA 400
Versión-Software: 21/01/07
fecha: 21.03.2013 Hora: 09:51

PIERBURG INSTRUMENTS HGA 400 4GR
HOM. Nro G(R)-002-2002-DGASA-MTC
RD No 179-2010-MTC/16 Serie: 672
MASIVAMA E.I.R.L.
JR.CUZCO 635 A-C MAGDALENA DEL
MAR TELF.2626603

Vehículo: _____

Placa: _____

CO	[% vol]:	0.01
HC propano	[ppm vol]:	0
CO2	[% vol]:	0.00
O2	[% vol]:	20.80
Lambda	[-]:	----
CO + CO2	[% vol]:	0.01
Rpm	[1/min]:	0
Temp. motor.	[°C]:	58

Aprobado:

Desaprobado:

Hermann Analizador gases HGA 400
Versión-Software: 21/01/07
fecha: 21.03.2013 Hora: 10:29

PIERBURG INSTRUMENTS HGA 400 4GR
HOM. Nro G(R)-002-2002-DGASA-MTC
RD No 179-2010-MTC/16 Serie: 672
MASIVAMA E.I.R.L.
JR.CUZCO 635 A-C MAGDALENA DEL
MAR TELF.2626603

Vehículo: _____

Placa: _____

CO	[% vol]:	0.01
HC propano	[ppm vol]:	0
CO2	[% vol]:	0.00
O2	[% vol]:	20.80
Lambda	[-]:	----
CO + CO2	[% vol]:	0.01
Rpm	[1/min]:	0
Temp. motor.	[°C]:	58

Aprobado:

Desaprobado:

Hermann Analizador gases HGA 400
Versión-Software: 21/01/07
fecha: 21.03.2013 Hora: 10:37

PIERBURG INSTRUMENTS HGA 400 4GR
HOM. Nro G(R)-002-2002-DGASA-MTC
RD No 179-2010-MTC/16 Serie: 672
MASIVAMA E.I.R.L.
JR.CUZCO 635 A-C MAGDALENA DEL
MAR TELF.2626603

Vehículo: _____

Placa: _____

CO	[% vol]:	0.00
HC propano	[ppm vol]:	5
CO2	[% vol]:	0.50
O2	[% vol]:	20.08
Lambda	[-]:	----
CO + CO2	[% vol]:	0.50
Rpm	[1/min]:	0
Temp. motor.	[°C]:	143

Aprobado:

Desaprobado:

Hermann Analizador gases HGA 400
Versión-Software: 21/01/07
fecha: 21.03.2013 Hora: 11:05

PIERBURG INSTRUMENTS HGA 400 4GR
HOM. Nro G(R)-002-2002-DGASA-MTC
RD No 179-2010-MTC/16 Serie: 672
MASIVAMA E.I.R.L.
JR.CUZCO 635 A-C MAGDALENA DEL
MAR TELF.2626603

Vehículo: _____

Placa: _____

CO	[% vol]:	0.00
HC propano	[ppm vol]:	11
CO2	[% vol]:	0.40
O2	[% vol]:	20.22
Lambda	[-]:	----
CO + CO2	[% vol]:	0.40
Rpm	[1/min]:	0
Temp. motor.	[°C]:	138

Aprobado:

Desaprobado:

Hermann Analizador gases HGA 400
Versión-Software: 21/01/07
fecha: 21.03.2013 Hora: 12:15

PIERBURG INSTRUMENTS HGA 400 4GR
HOM. Nro G(R)-002-2002-DGASA-MTC
RD No 179-2010-MTC/16 Serie: 672
MASIVAMA E.I.R.L.
JR.CUZCO 635 A-C MAGDALENA DEL
MAR TELF.2626603

Vehículo: _____

Placa: _____

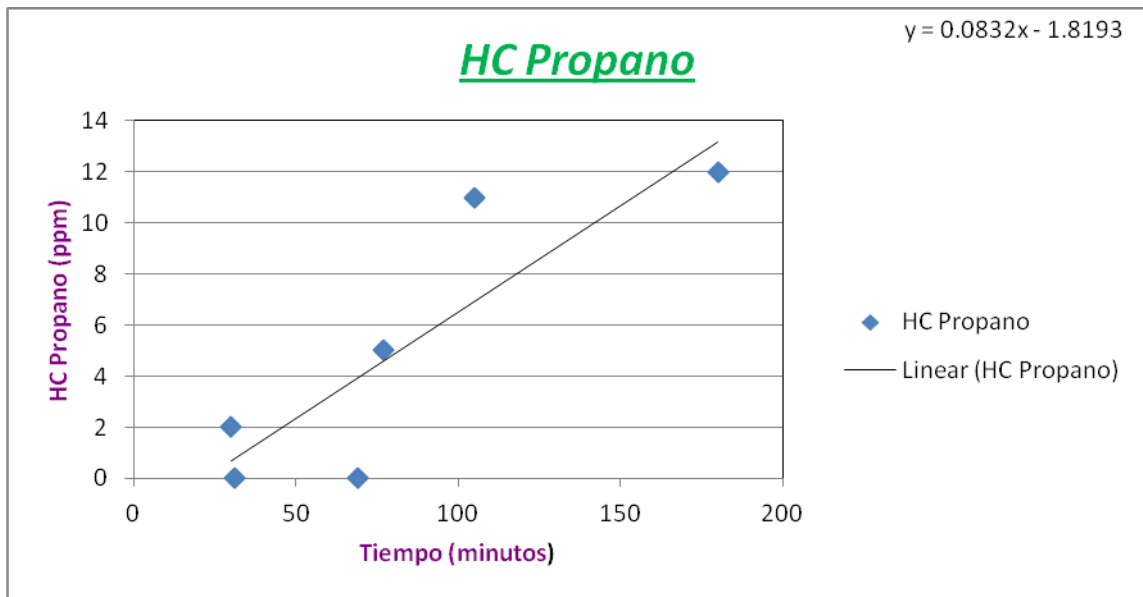
CO	[% vol]:	0.00
HC propano	[ppm vol]:	12
CO2	[% vol]:	0.40
O2	[% vol]:	20.32
Lambda	[-]:	----
CO + CO2	[% vol]:	0.40
Rpm	[1/min]:	0
Temp. motor.	[°C]:	60

Aprobado:

Desaprobado:

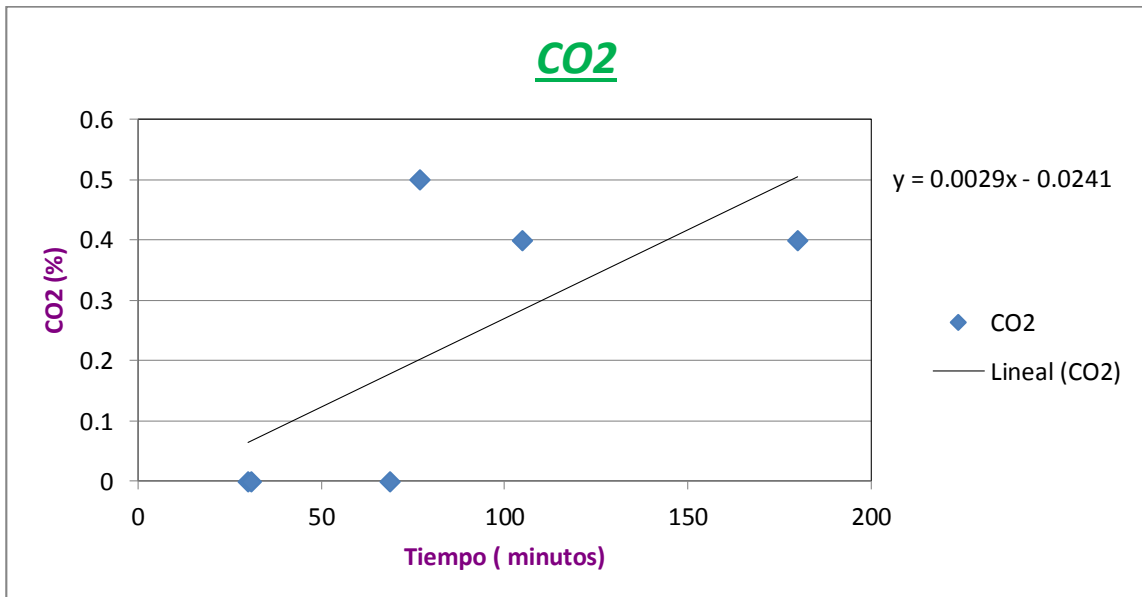
7.4.4 Comportamiento de las curvas los Gases: HC Propano, CO, CO₂, O₂.

Fig 7.27 A medida que el tiempo transcurre hay un aumento del % de volumen de Gas propano



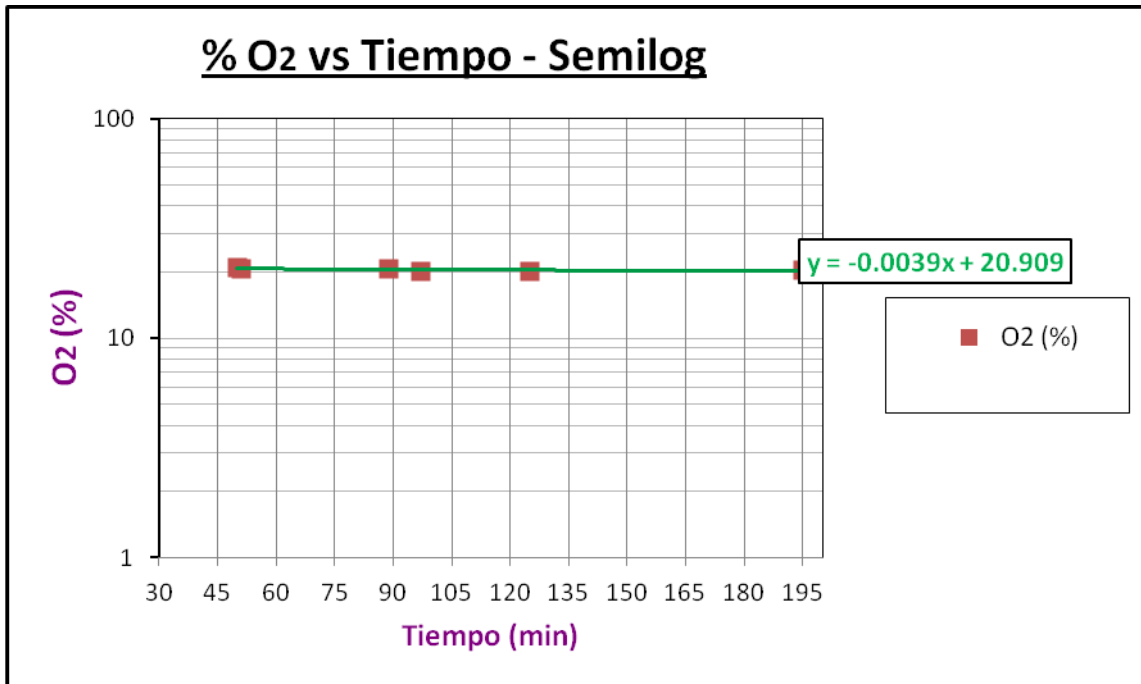
Fuente: Elaboración propia

Fig 7.28 gráfico cartesiano del gas dióxido de carbono vs el tiempo



Fuente: Elaboración propia

Fig.7.29 relación del oxígeno versus el tiempo



Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 7.10, es un resumen de las tablas 7.3, 7.5 y 7.7 y los cálculos relacionados con los tipos de artefactos domésticos, potencia y ratio de ventilación.

Tabla N° 7.10 Resumen de las potencias y ratios de las cocinas tipo “A” y tipo “B”

ITEM	TIPO DE ARTEFACTO	POTENCIA (kw)	RATIO DE VENTILACION
PRUEBA N° 1	TIPO “A” +TIPO”B”	19.962	0.8165
PRUEBA N° 2	TIPO “A”	4.004	4.07
PRUEBA N° 3	TIPO “A”	7.5761	2.15

Fuente: Elaboración propia

Luego, si disminuye la potencia al retirar una hornilla de la cocina 3, entonces se tiene una potencia total de 5.790 Kw y un ratio de 2.815 Kw/m³, que sería el **ratio óptimo de seguridad** para la ciudad de Lima-Perú.

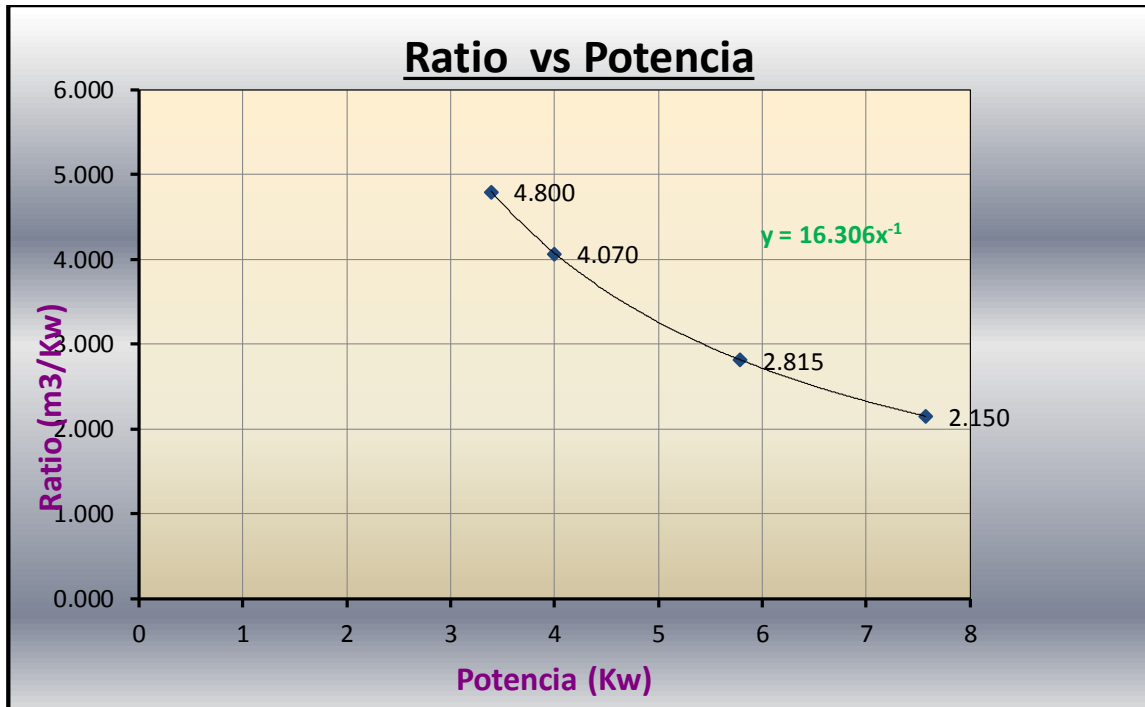
En la tabla N° 7.11 se muestra los resultados de la potencia total solo de los artefactos Tipo ”A”, considerando como primer punto el ratio de 4.8 kw/m³ y el volumen de 16.30m³ del recinto, en relación con el ratio de ventilación y en la fig. 7.30 el valor óptimo del ratio de seguridad.

Tabla N° 7.11 resultados de las potencias y ratios de las cocinas tipo “A”

TIPO DE ARTEFACTO	POTENCIA (kw)	RATIO DE VENTILACION (Kw/m ³)
TIPO “A”	3.395	4.8
TIPO “A”	4.004	4.07
TIPO “A”	5.790	2.815
TIPO “A”	7.5761	2.15

Fuente: Elaboración propia

Fig. 7.30 Gráfico del ratio de ventilación en función de la potencia nominal.



Fuente: Elaboración propia

CAPITULO VIII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Todas las pruebas se han realizado, en el mismo recinto interior con un volumen físico de 16.30 m³ (volumen fijo). Según el Reglamento Nacional de Edificación del Perú tamaños de las cocinas habitación medianas. En las pruebas realizadas, han variado las potencias térmicas totales instaladas, para hallar el factor de ventilación. Para las pruebas realizadas en el laboratorio de petróleo y gas natural de la Facultad de Petróleo, se usó como gas combustible el GLP, porque la relación de Volumen aire/volumen de combustible (según tabla N° 6.1) es el más crítico.
- Del cálculo del Ratio de Ventilación en el laboratorio de Ingeniería de Petróleo y Gas Natural de la Facultad de Petróleo, Gas Natural y Petroquímica, se obtuvo el ratio crítico de 2.15 m³/kw y el ratio óptimo de 2.815 m³/kw, que es diferente a 4.8 m³/kW, como se estipula en la Norma NTP 111.022-2008 y en el Reglamento Nacional de Vivienda /2009; este valor es para la ciudad de Lima-Perú. Así mismo, concluye que el aire u oxígeno (O₂,) es suficiente para el volumen del recinto para los tres ensayos.
- Los artefactos a gas en su operación de funcionamiento varían según su altitud con respecto a nivel del mar, la tesis es aplicable para Lima- Perú, según las normas la variación de las potencias térmicas de estos artefactos, es a partir de los 2000 pies (600 m) (NFPA -54).
- En la primera prueba de laboratorio se realizó con artefactos Tipo “A” y Tipo “B” y se concluye que, a pesar de tener más potencia instalada en el recinto, la cantidad de monóxido no llega a las 100ppm de CO; esto quiere decir que las chimeneas que usan los artefactos Tipo “B” ayuda a eliminar el monóxido de carbono CO del recinto.

En la segunda prueba de laboratorio se realizó con artefactos solo de Tipo “A” la potencia instalada total fue de 4.004 kw y se obtuvo un ratio de seguridad de 4.07 Kw.; en el cual la presencia de monóxido de carbono CO, no llega a 100 ppm.

En la tercera prueba de laboratorio que se realizó también con artefactos Tipo “A” la potencia total instalada en el recinto fue de 7.5761 Kw. y se obtuvo un ratio de seguridad de 2.15 m³/kw (ratio crítico), donde si hay presencia de monóxido de carbono (CO) de 100 ppm.

- Se obtuvo el ratio de seguridad, para masificar el uso del gas natural en viviendas (D.S. 018/2013 M.E.M.), dentro de la ciudad de Lima y otras ciudades del Perú donde coincidan condiciones similares a las aplicadas en el laboratorio.
- El valor de lambda (λ) en los resultados de las pruebas (ver figura 7.23), con el analizador de gases, nos indica que no hay una combustión completa; es por ello el valor alto de CO en el artefacto doméstico y en el calentador de paso de agua, que es de 800 ppm, tomado en la parte exterior del recinto, es por ello que los fabricantes de estos artefactos recomiendan colocar chimenea (se considera artefacto tipo “B”).

RECOMENDACIONES

- Recomendar al INDECOPI la incorporación del ratio de seguridad de 2.815 m³/kw, para Lima-Perú, y reemplazarlo de dicho valor en el Reglamento Nacional de Edificaciones EM-040.
- La construcción del gasoducto sur del Perú, significará la conexión del gas por ciudades de la Sierra. Por tanto, se debe investigar su ratio de seguridad en instalaciones internas residenciales donde se instalen artefactos a gas natural y/ o GLP; por las variaciones climatológicas como: presión, temperatura, altitud, humedad, etc.

CAPITULO IX: BIBLIOGRAFIA

1. Reglamento Nacional de Edificaciones del PERU-2009 inciso EM 040
2. Norma NTP 111.011-2008 (Norma Técnica Peruana) Gas natural seco. Sistema de tuberías para instalaciones internas residenciales y comerciales.
3. Norma NTP 111.022:2008 (Norma Técnica Peruana) Gas natural seco. Ventilación y aire para combustión en recintos internos donde se instalan artefactos a gas para uso residencial y comercial.
4. Norma NTP 111.023:2008 (Norma Técnica Peruana) Gas Natural Seco. Evacuación de los productos de la combustión generados por los artefactos a gas natural.
5. Norma NTP 111.027:2009 (Norma Técnica Peruana) Gas Natural Seco. Fabricación de cocinas domésticas.
6. Norma NTC 3631:1996(Norma Técnica Colombiana) Ventilación de recintos interiores donde se instalan artefactos que emplean gases combustibles para uso doméstico, comercial e industrial.
7. Norma NTC 3643 (Norma Técnica Colombiana) Especificaciones para la instalación de gasodomésticos para la producción instantánea de agua caliente para uso doméstico. calentadores de paso continuo.
8. Manual de Instalaciones Receptoras – España. Comunidad Carriles y León - 1993.
9. Norma NTC 3833 (Norma Técnica Colombiana) Revisión periódica de instalaciones para suministro de gas natural destinadas a usos residenciales y comerciales y sus correspondientes artefactos a gas.
10. Norma Americana NFPA-54/2006 National Fuel Gas Code (EEUU).
11. Cámara Peruana de Gas natural Vehicular. Año 2012. Lima Perú
12. Boletín Informativo CALLIDA. Año 2013.
13. Boletín Informativo de Gas Natural OSINERGMIN. Año 2013-1.
14. El Gas Natural. Luis Cáceres Grazini. Año 2012.

15. Boletín Informativo de Gas Natural OSINERGMIN. Año 2012.
16. Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud. Paterson y Stewart 1970
Pag. 48-53.
17. Efectos en la salud humana debido a la contaminación interna de CO. F. Motta,
J. Salas. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez Chihuahua. Méjico. Pag. 37-
42
18. Libro Anual de Reservas de Hidrocarburos. Resumen Ejecutivo al 31 de
Diciembre del 2012.
19. Ente Reguladora de Gas Natural de Argentina ENARGAS- 2008.
20. OSINERGMIN: Seminario de Desarrollo del Gas Natural en el Perú – 2009.
21. Norma Técnica de España, UNE 60.670 /2005
22. Norma Técnica de Española, UNE 60.601-UNE 60.670/2005

CAPITULO X: ANEXOS

10.1 Reglamento de Seguridad del Taller en el Laboratorio

CAPITULO I

Del Acceso y Uso del Taller de Instalaciones en Cobre, Acero, Polietileno y Reparaciones de Tuberías de PVC.

Art. 1. Las normas de este reglamento son de orden interno y solo se aplican a quienes de alguna manera pertenecen a la Facultad de Ingeniería de Petróleo, Gas Natural.

Art. 2. Para poder hacer uso del taller, el alumno debe ser la Facultad o tener algún permiso para su uso.

Art. 3. La entrada al taller es de carácter académico y para uso exclusivo del interesado, por lo que no se permite, por ningún motivo, la entrada con acompañantes, salvo aprobación por escrita del Coordinador Académico.

Art. 4. Queda estrictamente prohibida la entrada al taller con animales, alimentos o bebidas y objetos que no sean de trabajo, tales como pelota, etc.

Art. 5. Queda estrictamente prohibido fumar, comer e ingerir bebidas dentro del área del taller.

CAPITULO II

Del Uso de las Instalaciones

Art. 6. Se deberán observar las medidas de seguridad indicadas para cada equipo al hacer uso de ellas.

Art. 7. Cada usuario de maquina o equipo deberá sujetarse a un tiempo límite fijado por el jefe de taller o el maestro de la materia.

Art. 8. El maestro será el responsable, de la observancia de las medidas de seguridad del taller y del buen uso de las maquinas cuando él se encuentre en el taller. En caso de que durante la hora de clase, el maestro no asista al área, el alumno no podrá hacer uso de las instalaciones, ya que no cuenta con las indicaciones y normas de seguridad

necesarias para evitar cualquier percance salvo que el profesor designe un responsable. Solo así será posible que el alumno trabaje en el área sin la Presencia del maestro o si este ya ha acordado previamente con el técnico todo lo referente al buen desempeño de la actividad.

Art. 9. Queda estrictamente prohibido encender un equipo sin autorización del responsable del taller.

Art. 10. Queda estrictamente prohibido jugar en el taller observar comportamientos violentos, tener riñas, maltratar las instalaciones, lanzar objetos o propiciar cualquier situación anómala que ponga en riesgo las instalaciones y la seguridad de los usuarios.

Art. 11. Cualquier deterioro en las instalaciones será sujeto a castigo y al pago correspondiente de los daños, por quien los cometa.

Art. 12. Para cualquier comportamiento fuera de lo estipulado en el reglamento dentro del área de talleres y laboratorios, el profesor tiene la autorización de pedirle al alumno que abandone el lugar. Si dicho comportamiento persiste, se le informara a la coordinación y la dirección, para la suspensión del uso de este o aplicarle la sanción que el consejo académico decida.

CAPITULO III

Del Préstamo de la Herramienta

Art. 13. Es responsabilidad exclusiva del usuario el préstamo de la herramienta.

Art. 14. El préstamo de herramienta se hará mediante la entrega de una credencial vigente y de una forma o vale, en donde se asentara en forma de recibo y los datos del alumno.

Art. 15. La forma del préstamo se entregara al usuario responsable del almacén a la cual se anexara la credencial vigente, misma que se entregara contra entrega de la herramienta en el caso mismo estado en que se recibió.

Art.16. En caso de pérdida, descompostura o maltrato de la herramienta el usuario deberá reponerla por otra de su mismo tipo y calidad o bien hacer el pago correspondiente a fin de reponerla.

Art.17. Por ningún motivo la herramienta podrá salir del taller, salvo autorización expresa y por escrito del Coordinador o de la Dirección.

Art.18.queda estrictamente prohibida la entrada de alumnos o personas ajenas al almacén de herramientas.

Art.19.Se requiere del 100% de atención por parte de los usuarios en el uso de las maquinas, equipo y herramienta.

Art.20.Para hacer uso de cualquier máquina y equipo en general, el alumno deberá tener el conocimiento y entrenamiento previos en las mismas.

Art.21.Es responsabilidad y obligación de los maestros dar las bases de seguridad a los alumnos al inicio de sus cursos.

Art.22.Cuando el usuario desconozca las medidas básicas de seguridad o bien cuando desconozca el funcionamiento de las maquinas, equipo o herramientas, es su responsabilidad y obligación pedir a su maestro o bien al técnico.

Art.23.Es obligación y responsabilidad del usuario, por cuestiones de seguridad e higiene traer al taller para su uso particular, guantes, mascarilla y casco.

Art.24.Se deberá hacer uso de indumentaria (camia dril) y equipo de protección, así como observar las medidas de seguridad necesarias para cada puesto de trabajo.

Art.25.Evitar mangas sueltas, tanto para mujeres como para hombres.

Art.26.queda estrictamente prohibido portar alhajas, tales como anillos, collares, pulseras, cadenas, etc., al estar trabajando en una máquina.

Art.27.Ls mujeres y hombres que tengan cabello largo deberán sujetarlo, ya que se prohíbe por seguridad, llevar el cabello largo y suelto.

Art.28.Es de vital importancia tomar $\frac{1}{4}$ de litro de leche después de la utilización de equipos desoldar.

Art.29.En caso de accidentes y/o fallas mecanas o de cualquier tipo se deberá dar aviso inmediato al técnico responsable del taller.

Art.30.Cualquier accidente derivado de la falta de observancia de estas medidas básicas dentro del taller.

Art.31.Es responsabilidad del Instructor dar a conocer a los alumnos las medidas básicas de seguridad, así como los requisitos para el uso del taller.

Art.32.Es responsabilidad del maestro que sus alumnos observen las medidas básicas de seguridad

Art.33.Es responsabilidad del maestro asistir a los alumnos en caso de dudas.

Art.34.Durante las horas de clases es responsabilidad de los maestros estar dentro del taller.

Art.35.El maestro será responsable del mal comportamiento de sus alumnos, de que no respeten las reglas internas del taller y de cualquier percance que se presente.

Art.36.Es responsabilidad de los alumnos la buena observación del reglamento.

➤ **Ingresar Correctamente Equipado**

- Llevar lentes de protección
- Tener guantes suaves de cuero
- Usar casco permanentemente
- Uso obligatorio de mascarilla
- Hacer el uso correcto de las herramientas
- Mantener el orden y limpieza al inicio, a la hora de trabajar y al final, entregar las herramientas limpias

➤ **Mantenimiento de las Instalaciones:**

- **Equipos de Detención de fugas de gases**

En cada departamentos contara con su detector de fuga de gas principalmente en la cocinas

- **Mantenimiento Preventivo de la Instalaciones Internas**

En los departamentos están obligados a que los artefactos a gas instalados cuentan con una certificación o de lo contrario obedecer las NTP 111 023 de Gas Natural donde nos indica que los artefactos no deberán emitir en CO más de 50 ppm

- **Reparación de Instalación**

Los gasodomésticos deberán tener su cronograma de mantenimiento y también según la norma las instalaciones internas, se debe de realizar revisiones periódicas cada 5 años.