

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA



PROYECTO TÉCNICO
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO

Tema:

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN Y MEDICIÓN DE GASES PRODUCIDOS EN LA CÁMARA DE INFLAMABILIDAD DEL LABORATORIO DE INGENIERÍA MECÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO.

AUTOR: Alex Mauricio Gualpa Caisachana

TUTOR: Ing. Mg. Cristian Pérez

Ambato-Ecuador

2019

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del Proyecto Técnico, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico, con el tema "DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN Y MEDICIÓN DE GASES PRODUCIDOS EN LA CÁMARA DE INFLAMABILIDAD DEL LABORATORIO DE INGENIERÍA MECÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO." elaborado por el señor Alex Mauricio Gualpa Caisachana egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Mecánica, CERTÍFICO que el presente proyecto técnico es original de su autor, ha sido revisado cada uno de sus capítulos y está concluido en su totalidad.



Ing. Mg. Cristian Pérez
TUTOR

AUTORÍA DEL PROYECTO TÉCNICO

Las opiniones, comentarios, críticas e ideas presentadas en el Proyecto técnico que lleva por tema “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN Y MEDICIÓN DE GASES PRODUCIDOS EN LA CÁMARA DE INFLAMABILIDAD DEL LABORATORIO DE INGENIERÍA MECÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO.” Nos corresponde exclusivamente al egresado Alex Mauricio Gualpa Caisachana y al Ing. Mg. Cristian Pérez



Alex Mauricio Gualpa Caisachana
0502757354

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la universidad Técnica De Ambato, para que haga de este proyecto técnico o parte de él un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación según las normas de la institución.

Cedo los derechos en línea patrimoniales de mi proyecto técnico con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este proyecto técnico, de acuerdo a las regulaciones de la universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.



Alex Mauricio Gualpa Caisachana

0502757354

APROBACIÓN TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del tribunal de grado aprueban el informe del **Proyecto Técnico** realizado por el estudiante **Alex Mauricio Gualpa Caisachana** de la carrera de Ingeniería Mecánica, bajo el tema **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN Y MEDICIÓN DE GASES PRODUCIDOS EN LA CÁMARA DE INFLAMABILIDAD DEL LABORATORIO DE INGENIERÍA MECÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO.”**

Ambato, Noviembre 2019

Para constancia firman



Ing. Mg. Cristian Pérez
TUTOR



Ing. Mg. Christian Castro
Miembro Calificador



Ing. Mg. Victor Espín
Miembro Calificador

DEDICATORIA

El agradecimiento es eterno e indescriptible hacía varias personas que me brindaron el apoyo afectivo y emocional que hicieron posible este logro.

El camino se ha tornado extenso y sin embargo hubo personas que nunca decayeron con su confianza y anhelo de prosperidad y éxito en una vida profesional.

Por ello deseo dedicar el presente proyecto a mis Padres Juan y Lebdin, mi hermano Santiago y a Mery que con su amor incondicional no perdieron la fe.

AGRADECIMIENTO

*La verdadera gratitud se plasmará con el tiempo y se reforzara
con las acciones.*

*Un eterno agradecimiento hacia mis padres y hermano, no cabe
duda que el camino nos enseña lo verdaderamente valioso, amor
incondicional.*

*Gratitud hacia mis maestros, que de principio a fin forjaron mis
conocimientos y carácter.*

*En el camino la vida nos prepara sorpresas gratas que hacen de
ella momentos especiales, gracias Mery, por permanecer en este
trajín y el apoyo incondicional.*

*La meta se torna cercana cuando existe una guía desinteresada y
eficaz que nos permite llegar de una manera más clara y concisa,
gracias Ing. Cristian Pérez, por la tutela y enseñanza.*

Índice de contenidos

CERTIFICACIÓN	i
AUTORÍA DEL PROYECTO TÉCNICO.....	ii
DERECHOS DE AUTOR	iii
APROBACIÓN TRIBUNAL DE GRADO	iv
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
Tabla de contenidos.....	viii
Lista de tablas.....	xii
Lista de figuras	xiv
RESUMEN EJECUTIVO	xvi
CAPÍTULO I.....	1
MARCO TEÓRICO.....	1
1.1 Antecedentes Investigativos	1
1.2 Objetivos	2
1.2.1 Objetivo General.....	2
1.2.2 Objetivos Específicos	2
1.3 Marco Teórico	3
1.3.1 Proceso de combustión	3
1.3.2 Materiales comúnmente usados en carrocerías.....	4
1.3.3 Fuentes fijas de combustión.....	9
1.3.4 Ventilación.....	10
1.3.5 Humos.....	10
1.3.6 Medidas para evitar la propagación de humo	13

1.3.6.1 Ignifugación de productos	13
1.3.6.2 Sistema de extracción localizada	13
1.3.7 Conductos	15
1.3.8 Codos	15
1.3.9 Ventilador	16
1.3.9.1 Tipos De Ventiladores De Acuerdo A Su Función.....	16
1.3.9.2 Tipos De Ventiladores Atendiendo La Trayectoria Del Aire	17
1.3.10 Inflamabilidad.....	18
CAPÍTULO II	19
METODOLOGÍA	19
2.1 Materiales	19
2.1.1 Ducto helicoidal acero galvanizado	19
2.1.2 Lámina de acero galvanizado	21
2.1.3 Analizador de gases FYRITE INSIGHT PLUS	25
2.1.4 Ventilador centrifugo SODECO NEOLINEO V 150.....	22
2.1.5 Probetas de material compuesto con refuerzo sintético de fibra de vidrio	23
2.1.6 Probetas de material compuesto con refuerzo de fibra natural	23
2.1.7 Probetas de Microsuede	24
2.1.8 Probetas de Tela para Tapizado (Alcantara).....	24
2.2 Métodos	26
2.2.1 Dimensionamiento, y selección del sistema de extracción.....	28
2.2.1.1 Presión dinámica.....	29
2.2.1.2 Pérdidas a la entrada de campana	30
2.2.1.3 Corrección por elevación	30
2.2.1.4 Pérdidas por altura en sombrero.....	31

2.2.1.5 Dimensionamiento de sombrerete	31
2.2.1.6 Caudal corregido	31
2.2.1.7 Pérdidas por codos	32
2.2.1.8 Espesor del ducto	32
2.2.1.9 Presión estática en el ventilador.....	34
2.2.1.10 Deflexión en el ducto	35
2.2.2 Puntos de muestreo	36
2.2.3 Selección de analizador de gases de combustión.....	38
2.2.4 Selección de Ventilador	41
2.2.5 Proceso para la medición de gases productos de la combustión en la cámara de inflamabilidad	44
2.2.6 Parámetros para la medición de gases productos de la combustión.	48
2.2.6.1 Normas.....	48
2.2.6.2 Equipos y materiales utilizados	48
2.2.6.3 Condiciones para el ensayo.....	48
2.3.7 Procedimiento basado en el analizador FIRYTE, según EPA MÉTODO 3A.51	
2.3.8 Validación del procedimiento.....	51
2.3.9 Procedimiento FYRITE INSIGHT PLUS 0024-8516.....	51
CAPÍTULO III	56
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	56
3.1 Análisis y discusión de los resultados.	56
3.1.1 Determinación de CO en material compuesto con refuerzo de fibra natural.....	56
3.1.2 Determinación de CO en material compuesto con resina poliéster y fibra de vidrio.	58
3.1.3 Determinación de CO en Microsuede (Corosil)	60

3.1.4 Determinación CO en alcántara.....	62
3.1.2 Análisis complementario en el gas producto de la combustión.	64
3.1.2.1 Análisis en Material Compuesto con refuerzo de fibra natural.....	64
3.1.2.2 Análisis en material compuesto con resina poliéster y Fibra de Vidrio	65
3.1.2.3 Análisis en Microsuede	66
3.1.2.4 Análisis en Alcántara.....	67
3.2 Presupuesto.....	68
3.2.1 Costo de materiales.	68
3.2.2 Costo Mano de obra.....	68
3.2.3 Costos varios	69
3.2.4 Costo Total	69
3.3 Manual de operaciones y mantenimiento	69
3.3.1 Manual de operaciones	71
3.3.2 Manual de Mantenimiento	76
CAPITULO IV	78
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	78
4.1 Conclusiones	78
4.2 Recomendaciones	80
BIBLIOGRAFÍA	81
Anexos	85

Índice de tablas

Tabla 1. Valores máximos permisibles de emisiones al aire para fuentes fijas de combustión.....	10
Tabla 2. Composición de humos durante la combustión.	11
Tabla 3. Condiciones ambientales.....	28
Tabla 4. Dimensión general campana de captación.	29
Tabla 5. Hoja de cálculos	33
Tabla 6. Distancias porcentuales para cada punto transversal de referencia	37
Tabla 7. Puntos de muestreo.	38
Tabla 8. Criterios para ponderación.	39
Tabla 9. Parámetro costo de implementación.	40
Tabla 10. Parámetro durabilidad.....	40
Tabla 11. Parámetro disponibilidad en el mercado.....	40
Tabla 12. Parámetro mantenimiento	40
Tabla 13. Parámetro funcionalidad	41
Tabla 14. Criterios para ponderación de material.	42
Tabla 15. Parametro costo de implementación	43
Tabla 16. Parámetro soldabilidad.....	43
Tabla 17. Parámetro resistencia a la corrosión.....	43
Tabla 18. Parámetro facilidad de conformado	43
Tabla 19. Parámetro funcionalidad.	44
Tabla 20. Métodos de ensayo.....	45
Tabla 21. Hoja de datos para presión.....	49
Tabla 22. Hoja de datos para gases de combustión (co).	49
Tabla 23. Hoja de datos para temperatura.....	50
Tabla 24. Hoja de datos para otros gases de combustión.....	50
Tabla 25. Análisis de combustión en material compuesto con refuerzo de fibra natural.	57
Tabla 26. Análisis de combustión en material compuesto con resina poliéster y fibra de vidrio.....	59

Tabla 27. Análisis de combustión en microsuede (corosil)	60
Tabla 28. Análisis de combustión en alcántara	63
Tabla 29. Valores de temperatura ambiente, temperatura y porcentaje de O ₂ en material compuesto con refuerzo de fibra natural.	64
Tabla 30. Valores de temperatura ambiente, temperatura y porcentaje de O ₂ en material compuesto con resina poliéster y fibra de vidrio.	65
Tabla 31. Valores de temperatura ambiente, temperatura y porcentaje de O ₂ microsuede	66
Tabla 32. Valores de temperatura ambiente, temperatura y porcentaje de O ₂ en alcántara	67
Tabla 33. Valores en costos de materiales	68
Tabla 34. Valores en mano de obra.....	68
Tabla 35. Valores de costos varios.....	69
Tabla 36. Costo total	69
Tabla 37. Manual de uso para sistema de extracción y medición de gases productos de la combustión en la cámara de inflamabilidad.....	71
Tabla 38. Ficha técnica equipo sistema de extracción localizada.....	75
Tabla 39. Matriz amfe sistema de extracción de gases.	76
Tabla 40. Mantenimiento preventivo programado.....	77

Índice de figuras

Figura 1. Tetraedro de fuego	4
Figura 2. Clasificación de materiales compuestos	5
Figura 3. Aplicaciones de materiales compuestos	6
Figura 4. Fibras textiles naturales.	7
Figura 5. Fibras textiles sintéticas	7
Figura 6. Propiedades de policarbonatos	8
Figura 7. Policarbonato	8
Figura 8. Aplicación de policarbonatos	9
Figura 9. Movimiento de humo.....	12
Figura 10. Cabina de captación.....	14
Figura 11. Campana suspendida	14
Figura 12. Campana para laboratorios, manejo de químicos.....	15
Figura 13. Ejemplos codos rectos	16
Figura 14. Ejemplos de codos circulares	16
Figura 15. Ductos acero galvanizado	20
Figura 16. Lámina de acero galvanizado	21
Figura 17. Características lamina de acero galvanizado	22
Figura 18. Kit de reporte insigth plus galvanizado.	26
Figura 19. Ventilador centrifugo	23
Figura 20. Material compuesto	23
Figura 21. Probetas de material compuesto con refuerzo de fibra natural.....	24
Figura 22. Probetas de microsuede	24
Figura 23. Probeta de alcantara.....	25
Figura 24. Diagrama de flujo del procedimiento de diseño del sistema de ventilación localizado.	27
Figura 25. Campana vertical.	28
Figura 26. Tramos del sistema de extracción.....	33
Figura 27. Variación de presiones en tramos del sistema de extracción.....	35
Figura 28. Distancia entre puntos para toma de muestras.....	36

Figura 29. Número de puntos transversales para materiales no particulados	37
Figura 30. Distribución de puntos de muestra (16 en la sección transversal) en el diámetro del ducto de ventilación.....	38
Figura 31. Pérdidas de presión vs caudal en ventiladores.....	41
Figura 32. Diagrama de flujo del procedimiento.	47
Figura 33. Botón de encendido y apagado de dispositivo bacharach insigth plus	51
Figura 34. Partes externas del dispositivo bacharach insigth plus.....	52
Figura 35. Partes externas del dispositivo bacharach insigth plus.....	52
Figura 36. Menú de combustibles.....	53
Figura 37. Combustibles de dispositivo bacharach insigth plus	53
Figura 38. Menú de presión bacharach insight plus.....	54
Figura 39. Menú de temperatura bacharach insigth plus	54
Figura 40. Menú oxígeno de referencia.....	54
Figura 41. Botón de inicio y fin de prueba	55
Figura 42. Selección de tipo de lectura de temperatura	55
Figura 43. Probetas ensayadas de material compuesto con refuerzo de fibra natural.....	56
Figura 44. Partes por millón de CO en material compuesto reforzado con fibra natural. .	57
Figura 45. Probetas ensayadas de material compuesto con refuerzo de fibra natural.....	58
Figura 46. Partes por millón de CO en material compuesto reforzado con resina poliéster y fibra de vidrio.....	59
Figura 47. Probetas ensayadas microsuede (corosil)	60
Figura 48. Análisis de combustión en microsuede	61
Figura 49. Probetas ensayadas en alcántara.....	62
Figura 50. Análisis de combustión en alcántara	63
Figura 51. Temperatura (a) y porcentaje de O ₂ (b) presentes en material compuesto con refuerzo de fibra natural.....	64
Figura 52. Temperatura (a) y porcentaje de O ₂ (b) presentes en resina poliéster y fibra de vidrio	65
Figura 53. Temperatura (a) y porcentaje de O ₂ (b) presentes en microsuede	66
Figura 54. Temperatura (a) y porcentaje de O ₂ (b) presentes en alcántara	67

RESUMEN EJECUTIVO

La seguridad en el ambiente laboral así como el control en las emisiones gaseosas hacia el medio ambiente son tendencias en el entorno moderno industrial, puesto que se busca implementar procesos que sean amigables con el ambiente y minimizar el impacto sobre este, motivo por el cual el presente proyecto técnico constituye el estudio de alternativas de diseño y construcción de un sistema de extracción localizada para la cámara de inflamabilidad horizontal y vertical de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, así como determinar el grado de contaminación en partes por millón que se genera al ensayar un material en dicha cámara. Se estableció los parámetros necesarios para el diseño y construcción del sistema de ventilación localizada basada en la norma ACGIH (AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS), como los son altura, densidad y temperatura de los gases, caudales, etc. Se identificó las condiciones necesarias para realizar el test de combustión y la emisión de gases productos de la combustión en fuentes estacionarias conforme lo establece NT 001 y la normativa EPA PART 60 apéndice A. luego se procedió a ensayar materiales en la cámara de inflamabilidad para constatar el funcionamiento adecuado del sistema de extracción y realizar test de combustión basado en EPA PART 60 APÉNDICE A MÉTODO 3A, 6C, 7E, considerando las características del Analizador de Gases Insigth Fyrite Plus. Con los ensayos realizados se comprobó que el material compuesto por resina y refuerzo de fibra natural tiene una concentración de 8 PPM de CO_2 (correspondiente a 14.39 mg/m³) una temperatura promedio de 23.22 °C y 20.9 % de O_2 , con una coloración gris-oscura, el material compuesto por resina poliéster y refuerzo de fibra vidrio tiene una concentración de 3 PPM de CO_2 (correspondiente a 5,4mg/m³), una temperatura promedio de 23.13°C y 20.9% de O_2 , con una coloración gris, el material microsuede (corosil), tiene una concentración de 11 PPM de CO_2 (correspondiente a 19,79 mg/m³), una temperatura promedio de 18,03 °C y 20.9 % de O_2 , con una coloración gris-oscura, el material alcántara tiene una concentración de 3 PPM de CO_2 , (correspondiente a 5,4 mg/m³) una temperatura promedio de 20.91 °C y 20.9 % de O_2 , con una coloración gris.

SUMMARY

Safety and health in the work environment as well as control of gaseous emissions towards the environment are trends in the modern industrial environment, since it seeks to implement processes that are friendly to the environment and minimize the impact on it, which is why This technical project constitutes the study of design and construction alternatives for a localized extraction system for the horizontal and vertical flammability chamber of the Faculty of Civil and Mechanical Engineering, as well as determining the degree of contamination in parts per million that is generated by test a material in said chamber. The necessary parameters were established for the design and construction of the localized ventilation system based on the ACGIH (AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS) standard, such as height, density and temperature of gases, flow rates, etc. The necessary conditions were identified to carry out the combustion test and the emission of combustion products gases in stationary sources as established by NT 001 and EPA PART 60 appendix A. Then, materials in the flammability chamber were tested to verify the proper functioning of the extraction system and perform a combustion test based on EPA PART 60 APPENDIX A METHOD 3A, 6C, 7E, considering the characteristics of the Insigth Fyrite Plus Gas Analyzer. With the tests carried out it was found that the material composed of resin and natural fiber reinforcement has a concentration of 8 PPM of CO_2 (corresponding to 14.39 mg / m³) an average temperature of 23.22 ° C and 20.9% of O_2 , with a gray-dark color, the material composed of polyester resin and fiberglass reinforcement has a concentration of 3 PPM of CO_2 (corresponding to 5.4mg / m³), an average temperature of 23.13 ° C and 20.9% of O_2 , with a gray color, the microsuede material (corosil), has a concentration of 11 PPM of CO_2 (corresponding to 19.79 mg / m³), an average temperature of 18.03 ° C and 20.9% of O_2 , With a gray-dark coloration, the alcantara material has a concentration of 3 PPM of CO_2 , (corresponding to 5.4 mg / m³) an average temperature of 20.91 ° C and 20.9% of O_2 , with a gray coloration.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes Investigativos

El estudio realizado por Simms, M. y Otros, 04, 2019 en su estudio sobre “AUTOTRACKING FUME EXTRACCION EXHAUST HOOD” hace referencia a la importancia de un sistema de extracción de humos en espacios confinados como talleres de soldadura o similares, lugares en los cuales existen considerables fuentes de generación de humos, vapores y/o partículas contaminantes que deben ser evacuados del lugar de trabajo. Se implementa un sistema automático de extracción de humos, que permite la detección automática del foco de contaminación sean estas pistolas de soldadura ubicados en distintas posiciones del laboratorio, accionando el sistema de extracción e identificando la posición de estos, para la adecuada evacuación de gases del medio.

Según estudios realizados los sistemas de extracción localizada permiten la evacuación de gases y humos, así como la limpieza efectiva de contaminantes que existen en el medio. Se realizan medidas de concentraciones de gases con la finalidad de seleccionar el sistema adecuado de ventilación y lectura de gases. [24]

Otro estudio concluye que el sistema de ventilación más eficiente y eficaz para procesos de carácter industrial es el sistema Localizado de Extracción, puesto que capta las emisiones desde el foco de generación, evitando la propagación en el medio. Se toma en consideración características como velocidades, caudales, propiedades físicas y químicas del contaminante evitando así cualquier tipo de atascamiento o sedimentación en los ductos de ventilación, tomando en cuenta factores de ahorro energéticos, así como procesos amigables con el medio ambiente, además de garantizar un ambiente seguro para el operador cumpliendo las normas vigentes de control ambiental del país que permitan estar bajos estándares nacionales. [25]

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

DISEÑAR Y CONSTRUIR UN SISTEMA DE VENTILACIÓN Y MEDICIÓN DE GASES PRODUCIDOS EN LA CÁMARA DE INFLAMABILIDAD DEL LABORATORIO DE INGENIERÍA MECÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Establecer parámetros de diseño para la cámara de extracción de gases producidos en la cámara de inflamabilidad.

Determinar el tipo de fluido, mediante las ecuaciones de Bernoulli, para el estudio del comportamiento de los gases en los conductos del sistema de ventilación, considerando alturas, presiones dinámicas, velocidades, alturas geométricas, así como características como presión y temperatura de gases a la salida de la cámara de inflamabilidad, además selección de materiales cumpliendo requerimientos y características todo esto según la norma EPA 40 CFR PART60 APÉNDICE A (STANDARDS OF PERFORMANCE FOR NEW STATIONARY SOURCES)

- Determinar el proceso y establecer equipos para la medición de gases (CO) en la cámara de inflamabilidad.

De acuerdo a la norma EPA 40 CFR PART60 establecer las condiciones para la medición de CO en el conducto de ventilación de acuerdo a la normativa vigente, y así garantizar la correcta lectura de los gases productos de la combustión. La selección del equipo necesario se efectúa bajo especificaciones requeridas por EPA40 CFR PART60 Apéndice A.

- Construir un sistema de ventilación y adaptar un sistema medición de gases producidos en la cámara de inflamabilidad del Laboratorio De Ingeniería Mecánica De La Universidad Técnica De Ambato.

Elegir el sistema mejor adaptable a las condiciones, es decir un sistema de ventilación localizada por extracción. Ya establecido el sistema se prosigue con la construcción de la campana de captación de acuerdo a normativas vigentes, según normativas ACGIH (AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS) y SMACNA (SHEET METAL & AIR CONDITIONING CONTRACTORS' NATIONAL ASSOCIATION). Establecer velocidades mínimas para el transporte de gases, calcular de acuerdo a esto las secciones y dimensiones de los conductos de ventilación y de acuerdo a la predisposición física el cálculo de tramos que formaran parte del sistema, considerando todo tipo de pérdidas que se presenten en el sistema.

Calcular pérdidas dinámicas, por accesorios y por pérdidas de presiones para finalmente redefinir las secciones y dimensiones de los conductos de ventilación bajo normativa ACGIH. Y SMACNA.

- Realizar pruebas de funcionamiento midiendo concentraciones de CO producidas en la combustión de materiales en la cámara de inflamabilidad

Elaborar muestras de materiales generalmente ensayados en la cámara de inflamabilidad, para su combustión y posterior medición de CO en los especímenes.

1.3 Marco Teórico

1.3.1 Proceso de combustión

Es una reacción exotérmica de un combustible y un comburente, en el cual se genera aumento de temperatura y emisión de luz generalmente. [17]

La combustión de un sólido o líquido va precedido por la formación de gases procedentes de la vaporización (líquidos) o pirolisis (combustión de sólidos), pirolisis se conoce a la descomposición de sustancias en otras más sencillas por acción del calor. [17]

Para que la combustión se lleve a cabo son necesarios tres factores:

- Combustible
- Comburente

- Energía de activación

Los combustibles comerciales se pueden clasificar en:

Naturales o primarios

- Sólidos: carbón, madera y otros tipos de biomasa
- Líquido: Petróleos y sus derivados
- Gaseosos: Gas natural y gases licuados de petróleo.

Artificiales o secundarios

- Sólidos: coque, carbón vegetal, aglomerado de hulla, biomasa residual
- Líquido: alcoholes, aceites de nafta y benzol
- Gaseosos: destilados de madera, destilados de hulla, destilados de las naftas del petróleo.

La presencia de un combustible (elemento que arde) y el comburente (oxígeno gaseoso generalmente) generan un proceso de combustión donde existe liberación de calor así como se muestra a continuación en la figura 1.



Figura 1. Tetraedro de Fuego [16].

1.3.2 Materiales comúnmente usados en carrocerías

Generalmente cumplen con características específicas como buena resistencia al impacto, peso ligero, no inflamables, y otras propiedades según la función a desempeñar del elemento a construir, comúnmente se usan materiales como elastómeros, fibras, materiales termoplásticos, etc [13].

Elastómeros: tienen la capacidad de soportar grandes deformaciones pudiendo recuperar su forma inicial, tienen alta tenacidad, resistencia a aceites y buena flexibilidad a bajas temperaturas [13].

Su uso se simplificaba para neumáticos, sin embargo su aplicación se amplió hacia el uso de cierres herméticos, adhesivos y partes flexibles.

Materiales Compuestos: se forman de la unión de dos materiales monofásicos de diferente naturaleza o composición, la idea es obtener un material con las mejores características posibles que los materiales iniciales de su composición [16].

A nivel atómico constan de dos partes: la matriz (aglutinante) y refuerzos (fibras o láminas). Según la figura 2, los materiales compuestos pueden ser:

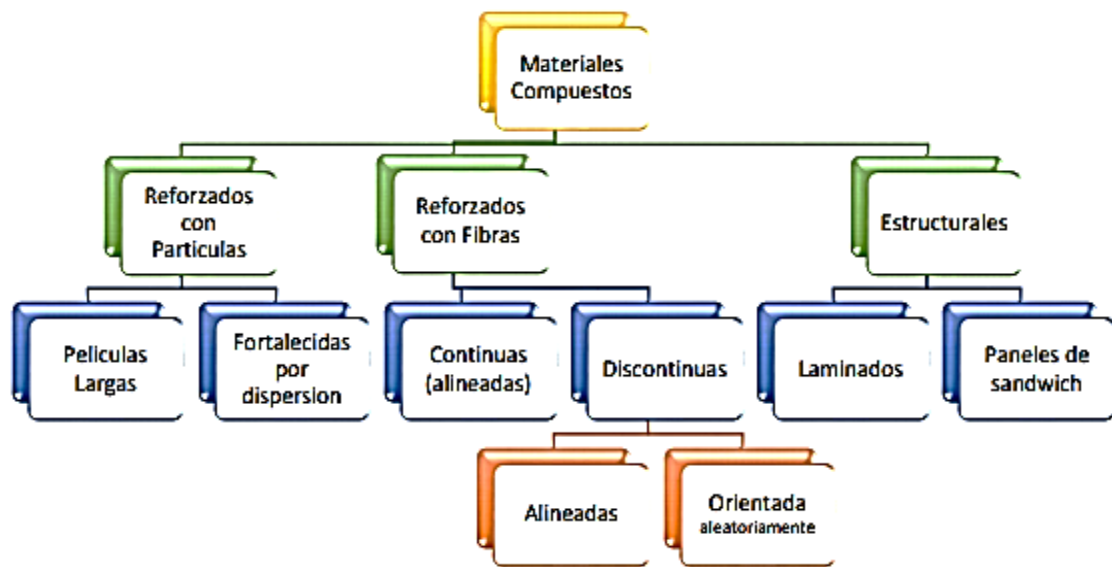
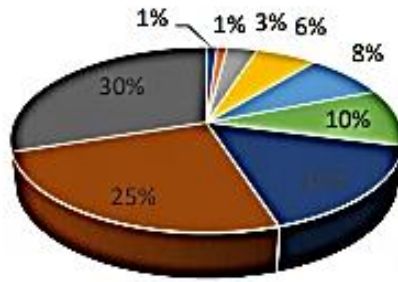


Figura 2. Clasificación de materiales compuestos [14].

La nueva tendencia industrial es la implementación de materiales compuestos por alguna clase de resina y refuerzos de fibras naturales, como fibra de yute, abaca, ubicados en diferentes orientaciones o tejidos de distintas formas que brindaran al material diferentes características y propiedades tanto mecánicas como físicas.

El uso de materiales compuestos es muy diverso, en la figura 3, se puede observar sus campos de aplicación:



- Medicina
- Aeronautica
- Deportes
- Electricidad y Electronica
- Construccion e Ingenieria Civil
- Ferrocarriles
- Construccion Naval
- Mecánica y la Industria
- Industria Automotriz y Transporte

Figura 3. Aplicaciones de Materiales compuestos [16].

Fibra de Vidrio: generalmente usados en parachoques de los autobuses, es un filamento continuo o no, obtenido mediante el estiramiento del vidrio fundido, es el material más usado en las fabricación de materiales compuestos [16].

Presenta un bajo costo, resistencia a la corrosión, una buena adherencia fibra y matriz, un buen aislante térmico y permeabilidad dieléctrica [16].

Tejidos: Obtenidos de hilos, filamentos o fibras para la obtención de telas, se usan mayormente en el recubrimiento de los interiores de vehículos o tapizado de los asientos, son anisótropos (oposición a deformarse en sus direcciones) [17].

Uno de los materiales usados en la tapicería para automótores es el MICROSUEDE, proveniente de una marca especifica utilizada comúnmente en automóviles de alta gama.

Clasificación de fibras textiles: Existen dos grandes grupos que son:

Fibras naturales: provienen del procesamiento de materias primas naturales como vegetales, animales o minerales, mediante un proceso de limpieza, desenredado, su uso se generaliza para la industria carrocer para forros de asientos, tapizados. De forma general se identifica una fibra natural textil como se muestra en la figura 4.



Figura 4. Fibras textiles naturales [16].

Fibras sintéticas: creadas químicamente, se usan en fabricaciones textiles, sus propiedades dependen de la composición química y la orientación molecular de esta, poseen buena resistencia, dureza e impermeabilidad, como se muestra en la figura 5.



Figura 5. Fibras textiles sintéticas [16].

Actualmente el uso de fibras textiles en la industria carrocera ha incrementado ya sea para tapizado de asientos en automóviles, buses así como para el uso de moquetas, recubrimientos para tableros, etc. La ficha técnica de la fibra textil microsuede se presenta en la figura 6.

Termoplásticos: Son materiales con facilidad de moldeo con la aplicación de calor, se puede aplicar varias veces calor sin que esto afecte sus propiedades, son polímeros que permiten la aplicación de calor. Son solubles en disolventes orgánicos, la principal característica que debe cumplir es una temperatura de transición vítrea (punto intermedio de temperatura entre el estado rígido y estado fundido, punto en el cual el material

disminuye su densidad, dureza y rigidez), o temperatura de fusión superior a la temperatura ambiente [17].

Policarbonato: fácil de moldear y termo formar, posee buenas propiedades mecánicas principalmente formado por Bisfenol A y fosgeno. Su uso se ha ampliado a la construcción de ventanillas, faros, techos transparentes como el ejemplo de la figura 17. Las propiedades del Policarbonato se muestran en la figura 6.

Eléctricas	Mecánicas	Físicas	Térmicas	Ópticas	Acústicas
Constante dieléctrica a 1 MHz 2.9	Alargamiento a la rotura 100-150%	Absorción de agua en 24h 0.35%	Calor específico 1200 J/(K*Kg)	Transmisión luminosa total de luz (3mm): 87%, ISO 489	Aislamiento acústico (4mm): 27 dB
Factor de disipación a 1 MHz 0.01	Coefficiente de fricción 0.31	Densidad 1.20g/cm ³	Conductividad térmica a 23°C: 0.19-0.22 W/(m*K)		
Resistencia dieléctrica 15 – 67 kV/mm	Resistencia a la tracción 55-75 MPa	Índice de oxígeno limite 5-27%	Temperatura máxima de utilización 115-130°C		
	Relación de Poisson 0.37	Inflamabilidad V0-V2	Temperatura mínima de utilización -135°C		
	Límite elástico 65 MPa	Baja resistencia a rayos ultra-violetas			

Figura 6. Propiedades de Policarbonatos [16].

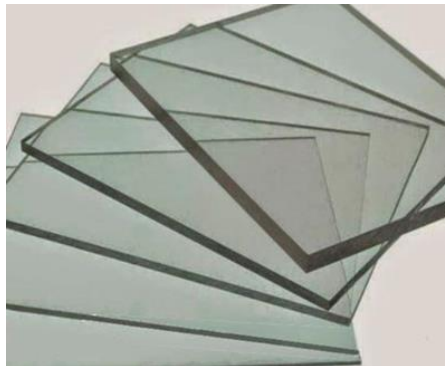


Figura 7. Policarbonato [15].

El policarbonato es un material que tiene buenas propiedades mecánicas por lo que las aplicaciones son diversas en la industria, como se muestran en la figura 8.

Aplicaciones	
Eléctrico y Electrónica	Celulares, computadoras, fusibles, enchufes
Medios Ópticos	Cd's, DVD's
Automotor	Cubiertas de espejos, luces traseras, direccionales
Seguridad	Cascos, gafas de sol, cubiertas de brújulas, luces de barcos
Botellas y Empacados	Biberones, botellas de agua y leche, recipientes para microondas
Cuidado de la Salud	Incubadoras plásticas, tubo respirador
Vidriado y Lamina	Escudos de policía, láminas de esmaltado.
Transporte	Señales de tráfico, motos de nieve, cajas de fusibles, tableros de control
Ingeniería Mecánica	Filtros, válvulas, componentes para los neumáticos, pulsadores.

Figura 8. Aplicación de Policarbonatos [16].

1.3.3 Fuentes fijas de combustión

Aquellas instalaciones o conjunto de estas que desarrollan operaciones o procesos que emiten o pueden emitir contaminantes al aire debido a procesos de combustión desde un lugar fijo e inamovible [3].

Según la norma técnica para la emisión a la atmósfera de fuentes fijas pueden ser:

- Fuentes fijas que emplean combustibles sólidos.
- Fuentes fijas que emplean combustibles líquidos.
- Fuentes fijas que emplean combustibles gaseosos.
- Generadores eléctricos.
- Generadores termoeléctricos.

Los valores máximos permisibles de emisiones al aire para fuentes fijas de combustión varían de acuerdo al tipo de combustible utilizado así como de su estado físico (sólido, líquido, etc.) como muestran a continuación en la tabla 1.

Tabla 1. Valores máximos permisibles de emisiones al aire para fuentes fijas de combustión.

CONTAMINANTE EMITIDO	COMBUSTIBLE UTILIZADO	UNIDADES ⁽¹⁾	Valores máximos fuentes fijas antes de Enero del 2003	Valores máximos fuentes fijas después de Enero del 2003
Material Particulado	Sólido	mg/Nm ³	200	150
	Bunker	mg/Nm ³	150	150
	Diesel	mg/Nm ³	150	100
	Gaseoso	No Aplicable	No Aplicable	No Aplicable
Óxidos de Nitrógeno	Sólido	mg/Nm ³	900	850
	Bunker	mg/Nm ³	700	550
	Diesel	mg/Nm ³	500	500
	Gaseoso	mg/Nm ³	140	140
Dióxido de Azufre	Sólido	mg/Nm ³	1650	1650
	Bunker	mg/Nm ³	1650	1650
	Diesel	mg/Nm ³	1200	1000
	Gaseoso	No Aplicable	No Aplicable	No Aplicable
Monóxido de Carbono	Sólido	mg/Nm ³	1800	1800
	Bunker	mg/Nm ³	300	300
	Diesel	mg/Nm ³	250	200
	Gaseoso	mg/Nm ³	100	100

Fuente: Autoridad Ambiental Distrital Y Norma Nacional NT001

1.3.4 Ventilación

Es un método común para minimizar la exposición a contaminantes que se originan en procesos industriales y evitar enfermedades de carácter profesional, es decir tratar de mantener la calidad y el movimiento del aire, en condiciones convenientes para la protección del personal [3].

1.3.5 Humos

Está conformado por una mezcla de aire, oxígeno, nitrógeno, dióxido de carbono, monóxido de carbono, partículas de carbón en suspensión y pequeñas partículas de combustible. El humo se produce cuando la combustión es incompleta y no se queman completamente los materiales combustibles. El color del humo dependerá en gran medida de los materiales que estén ardiendo y de la atmósfera en la que se desarrolla el fuego, así como el tipo de combustible.

Dependiendo del tipo de combustible que esté ardiendo los gases que se producen pueden ser tóxicos o inocuos. Muchos de estos gases pueden ser totalmente indetectables por un ser humano sin aparatos de medición adecuados. Por ejemplo el monóxido de carbono es un gas extremadamente tóxico, que se cobra muchas vidas cada año en todo el mundo, es inodoro, incoloro e insípido por lo que resulta muy difícil de detectar. Produce somnolencia y la muerte [5]. La composición de humos durante la combustión se muestra a continuación en la tabla 2.

Tabla 2. Composición de Humos durante la combustión.

Material Combustionado	Composición De Humo
<p>Todo tipo de compuesto orgánico que contenga carbono: compuestos madera, papel, lanas, algodón, hidrocarburos, etc.</p> <p>Nitrogenados: plásticos, poliamida, poliuretanos, resinas, melanina, lacas, etc.</p>	<p>Aire Caliente con bajas concentraciones de oxígeno</p> <p>Partículas en suspensión</p> <p>Gases Irritantes: Acroleína, Ácido Clorhídrico, Benceno, Formaldehído, Óxido de Azufre, etc.</p> <p>Gases Asfixiantes simples como CO₂</p> <p>Gases Asfixiantes (Tóxicos Celulares):</p> <p>Monóxido de Carbono CO</p> <p>Cianuro o Acido Cianhidrico CN, primordialmente en combustión de compuestos nitrogenados.</p>

Fuente: [1].

Según Mercado (2005) las llamas se mantienen autosostenidas por la acción de radicales de alta energía que descomponen al material y oxidan al carbono, formando dióxido de carbono liberando en el proceso calor.

El uso de halogenados (Cl y Br) y óxidos de antimonio presentan una gran desventaja puesto que incrementan la producción de gases tóxicos considerablemente eliminando radicales de H⁻ y OH⁻ durante la combustión del material compuesto. La presencia de gases irritantes, asfixiantes como el monóxido de carbono hacen importante el mantener un área de trabajo libre de este tipo de componentes que perjudican directamente la salud del usuario.

.En otros casos también se utiliza trióxido de antimonio (Sb_2O_3) que da lugar a gases fuertemente ácidos por ejemplo HCl y HBr los cuales son liberados durante la combustión del polímero.

En el proceso de combustión completa el CO_2 es el compuesto predominante, tomando en consideración que existen concentraciones de CO siempre que no exista un agotamiento total de H_2O y O_2 .

a) **Movimiento de Humos**

El movimiento de los humos se basa en el efecto de flotabilidad por la menor densidad y alta temperatura durante la combustión. Al no existir extracción de humos, los sectores involucrados se llenan con el humo y los gases calientes del incendio. La inundación de humo puede llegar a ser total, afectando a otras zonas del recinto y por tanto producir y propagar un incendio.

La inhalación de humo es la primera causa de asfixia y muerte en las víctimas de incendios, el humo mata por intoxicación debido a sus componentes tóxicos, como el monóxido de carbono y las pequeñas partículas sólidas.

De forma genérica se considera humos, a pequeñas partículas en suspensión que no han ardido, mezcla de aire caliente, partículas en suspensión, gases tóxicos e irritantes, como se muestra en la figura 9.

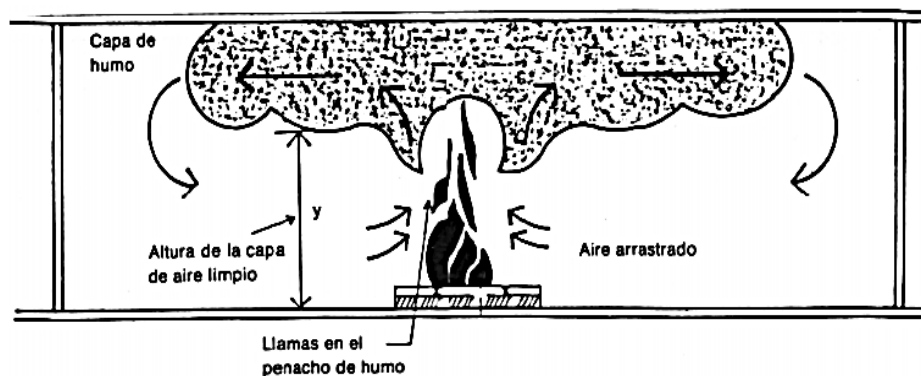


Figura 9. Movimiento de Humo [1].

Por tanto, hay que evitar la propagación de humo y se debería utilizar soluciones técnicas apropiadas, como por ejemplo la evacuación de los humos. Si éstos pueden ser descargados al exterior, la propagación se reduce significativamente.

1.3.6 Medidas para evitar la propagación de humo

1.3.6.1 Ignifugación de productos

Proceso en el cual un material es sometido a un proceso de ignifugación (disminución de la inflamabilidad) mejorando la reacción al fuego de dicho material disminuyendo la inflamabilidad y la velocidad de propagación de la llama. Esto, además, produce una disminución en la producción del humo.

SCTEH (Sistemas de control de la temperatura y evacuación de humo)

Con este tipo de sistemas se extraen los humos y gases calientes de combustión y se aporta, o no, aire fresco de reposición en el sistema. Dentro de este tipo de sistemas podemos disponer de barreras de humo, cortinas, aireadores naturales, ventiladores mecánicos, compuertas de control de humo, etc.

1.3.6.2 Sistema de extracción localizada

Tiene como finalidad captar el contaminante en el lugar más próximo posible donde se ha generado el foco contaminante, evitando que se difunda en el ambiente del laboratorio o inmediatez en la que se desenvuelva el proceso. Este tipo de sistemas consta de cuatro elementos básicos:

a) Campana o cabina de captación o extracción

Parte del sistema donde los contaminantes son captados efectivamente en el punto más cercano posible al foco de contaminación. No existen fugas y su uso es esencialmente en laboratorios químicos con altas concentraciones de contaminantes presentes en el proceso. Garantiza la total evacuación de agentes contaminantes, siendo uno de sus componentes los filtros que evitan la emisión de gases directamente a la atmósfera, como se muestra en la figura 10.

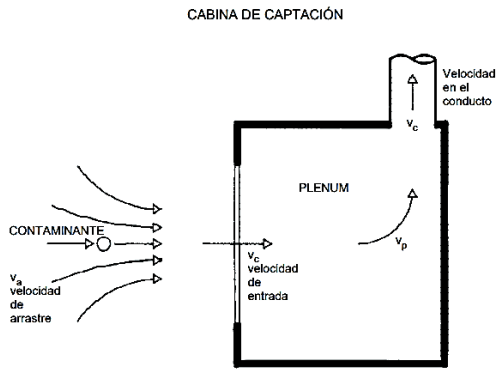


Figura 10. Cabina de Captación [3].

b) Campanas Externas

Se coloca a un lado de la fuente de emisión se utilizan cuando no es posible encerrar el proceso, su diseño es de vital importancia para lograr la captación eficaz.

c) Campana suspendida

Generalmente ubicada en la parte superior o lateral de la fuente de emisión, por ejemplo en tanques abiertos que contengan líquidos calientes, en este caso la campana actúa como un colector pasivo, pues que las emisiones serian succionados hacia la campana por tiro natural, Como se muestra en la figura 11.

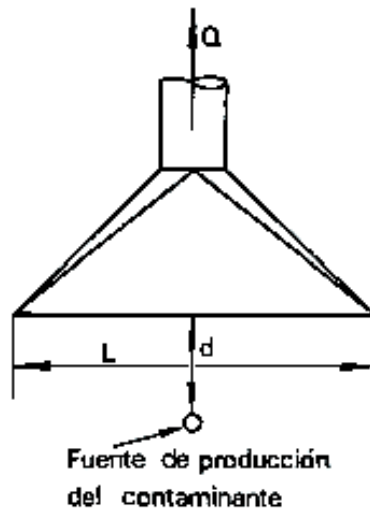


Figura 11. Campana Suspendida [2].

d) Campana de laboratorio

Usado generalmente para materiales de toxicidad normal. Como se muestra en la figura 12.

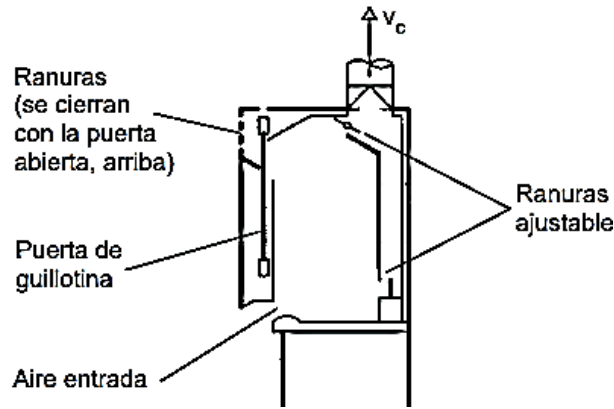


Figura 12. Campana para laboratorios, manejo de químicos [2].

1.3.7 Conductos

Una vez captadas las emisiones por la campana, son conducidos al equipo de control a través de un sistema de conductos. Este sistema de conductos, que va desde la captura hasta el equipo de control, incluye conductos rectos, accesorios, tales como codos y entradas, dispositivos de control de caudal (compuertas) y soportes de los conductos que deben garantizar la correcta evacuación de los gases producidos en el foco de contaminación hacia el medio ambiente, debiendo tomar precauciones antes de emitir el contaminante al ambiente si fuese necesario.

1.3.8 Codos

Accesorios que se utilizan para el cambio de dirección de la corriente de aire. Existen codos dependiendo de la sección a utilizarse ya sea para ductos rectangulares o ductos circulares, siendo los últimos aptos para todo tipo de proceso industrial con una mayor eficiencia evitando pérdidas por fricción como es el caso de los ductos rectangulares, de la misma manera se encuentran en distintos ángulos de 30° , 60° y 90° , los más utilizados, dependiendo del espacio disponible y la distribución seleccionada por el diseñador. De la misma manera existen codos que se fabrican por partes, ya sean 3, 5, 6 partes que forman

el ángulo, siendo este el método más utilizado para la construcción de codos. Se pueden establecer diferentes tipos: como se muestra a continuación en la figura 13 y 14.

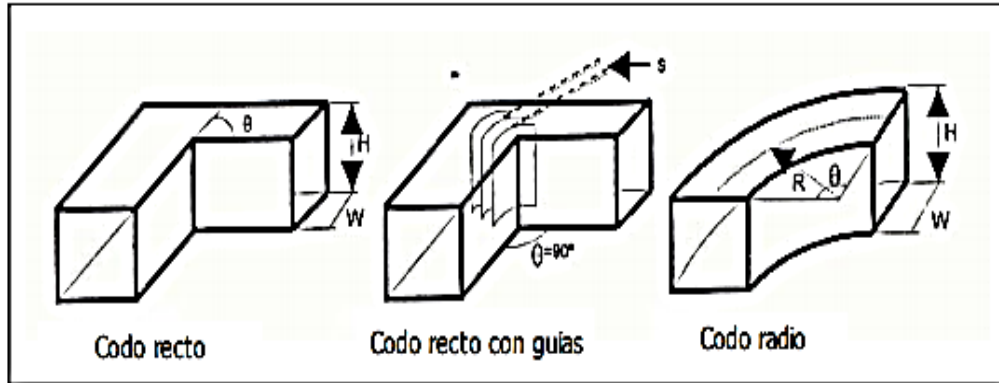


Figura 13. Ejemplos Codos rectos [2].

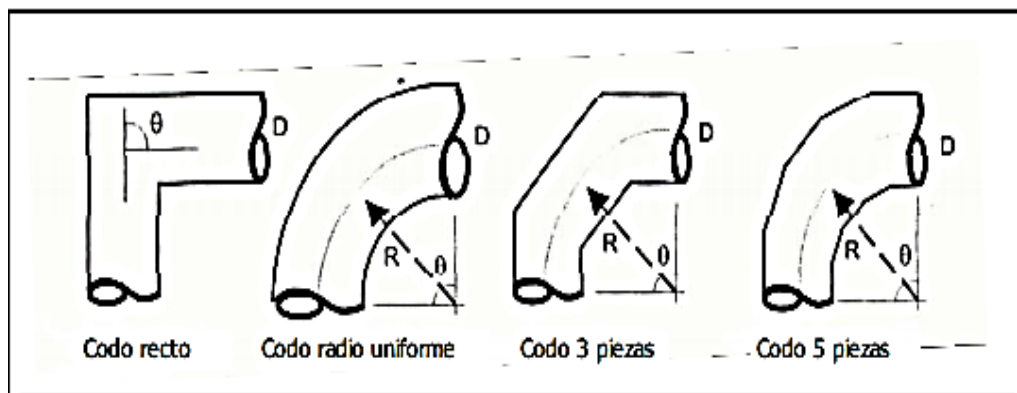


Figura 14. Ejemplos de Codos circulares [3].

1.3.9 Ventilador

Mecanismo que proporciona la energía necesaria para que el contaminante circule a través de la campana, conductos y depurador a un caudal establecido, tomando en consideración las pérdidas de carga del sistema [18].

1.3.9.1 Tipos De Ventiladores De Acuerdo A Su Función

a. Ventiladores con envolvente

Suele ser tubular, a su vez pueden ser, Impulsores con entrada libre, Extractores de descarga libre o Impulsores-Extractores de entrada y salida entubadas [18].

b. Ventiladores murales

Conocidos así por su capacidad de trasladar aire de un punto a otro, a través de un muro o pared [18].

c. Ventiladores de chorro

Utilizados para proyectar una corriente de aire incidiendo sobre personas o cosas [18].

1.3.9.2 Tipos De Ventiladores Atendiendo La Trayectoria Del Aire

d. Ventiladores centrífugos

El aire entra en el ventilador a través de una abertura concéntrica con el eje, el aire circula a través de los alabes hacia el exterior a causa de una fuerza centrífuga y abandona el rotor con una velocidad mayor que en la entrada. El aire de salida se recoge en una carcasa en espiral llamada voluta y sale del ventilador a través de una conducción tangencial a la voluta [18].

El diseño de las aletas determina las características de velocidad, es así que los ventiladores centrífugos con aletas hacia adelante son apropiados para bajas velocidades y las aletas hacia atrás para velocidades mayores [18].

Los ventiladores de aletas curvas hacia atrás consumen menos potencia y se utilizan comúnmente para mover gases, vapores, neblinas y rocío [11].

Este tipo de ventiladores son utilizados para sistema de calefacción, ventilación y aire acondicionado con exigencias de presión baja, medias y altas [18].

e. Ventiladores Axiales

Transmiten la energía al aire por medio de un movimiento de giro en remolino provocado por el rotor, el movimiento de aire a través del rotor se realiza conservando la dirección del eje, como lo muestra la figura, generalmente son utilizados para mover grandes cantidades de aire en espacios abiertos. Se fabrican para una amplia gama de combinaciones entre caudal y presión, para usos tanto comerciales como industriales [18].

1.3.10 Inflamabilidad

Es un término que relaciona la capacidad de un material de encenderse de manera sencilla y desprender llamas [18].

Inflamabilidad V0: se determina a partir de un ensayo de inflamabilidad vertical, por lo general el fuego debe auto extinguirse antes de los 5 segundos, los valores individuales no deben superar los 10 segundos. Si existe desprendimiento de material (goteo), no deberá incendiar los tejidos, la post combustión no debe sobrepasar los 30 segundos [18].

Inflamabilidad V1: En el test de inflamabilidad vertical, por lo general el fuego deberá extinguirse a los 25 segundos (para valores individuales no deberá superar los 30 segundos). Por otro lado los posibles goteos (desprendimiento de material) no deben inflamar el tejido. La postcombustión debe terminar a los 30 segundos [18].

Inflamabilidad V2: En el test de inflamabilidad vertical, por lo general el fuego deberá extinguirse a los 25 segundos (para valores individuales no deberá superar los 30 segundos). De existir goteo, puede incinerar los tejidos que se encuentren debajo, sin embargo la postcombustión no debe exceder los 60 segundos [18].

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1 Materiales para el sistema de ventilación

Como se muestra en la figura 15 el sistema consta de 5 elementos principales, la campana de captación, el ducto, ventilador, los codos ya el sombrero para lo cual se realiza la selección del material para cada componente en función de las tareas específicas.

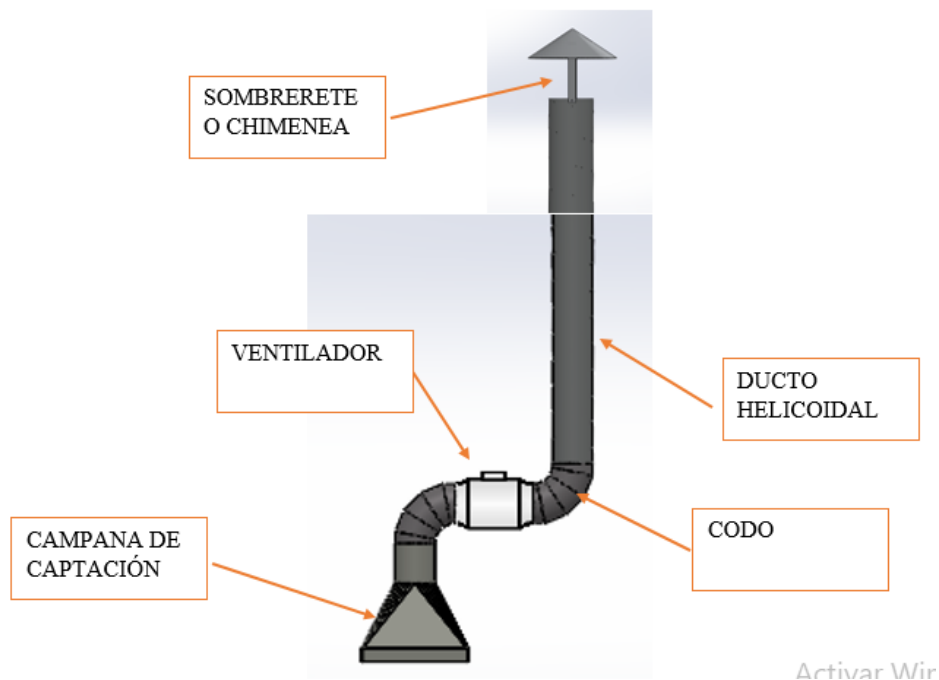


Figura 15. Componentes del sistema de extracción

Fuente: [Autor].

2.1.1 Ducto helicoidal de acero galvanizado para la conducción de los gases

Su utilización permite la solución de gastos operáticos e inversión inicial, fugas de aire o descargas. Poseen armonía estética que lo hacen ideales para proyectos de ductos a la vista. Sus usos varían desde transportes neumáticos de chips de madera, extracción de gases para procesos industriales.

- Los diámetros disponibles varían entre 50 mm a 2500 mm.
- Las medidas estándar varían entre 3, 6 y 12 metros.
- Cumplen con la Norma de sellado u hermeticidad DIN 24194 o su homologada Eurovent 2.2 clase C [mayor grado de hermeticidad existente).
- Resistencia a temperaturas entre - 30 °C Y +120 ° C.
- Resistencia a presiones entre -4670 mm de vacío y 5000 mm de agua de presión

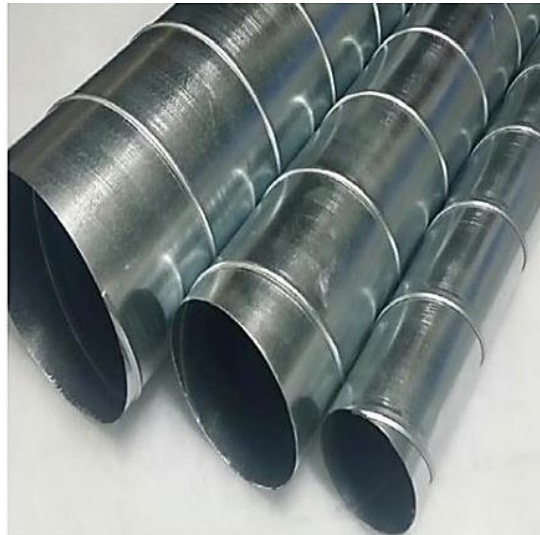


Figura 16. Ductos acero galvanizado [26].

Ventajas:

- Rapidez de entrega y fabricación.
- Rapidez en su instalación, sin partes sueltas ni problemas de ajuste ya que las piezas son estandarizadas
- Amplia gama de ductos homologados, embatellados en costura helicoidal a prueba de fugas, golpes, anti colapsos y sin problemas de ajustes.
- Ahorran hasta un 30% de energía al no presentar fugas, por su rigidez ahorran en acero u otro material y reduce costos de instalación
- Su costura helicoidal los estabiliza y rigidiza, haciéndolos hasta 4 veces más resistentes que el ducto tradicional de las mismas dimensiones. Por tal motivo necesita menos material y menos soporte.

2.1.2 Lámina de acero galvanizado para campana de extracción

Se obtiene a través de la inmersión en zinc para evitar su oxidación, proceso conocido como galvanización. Su uso es amplio en la industria, se usan en arandelas, alambres, mallas expandidas, tubos, ductos, encofrados, etc.

Su uso se puede extender hasta 15 años. En la figura 17 se muestra físicamente una lámina de acero galvanizado.

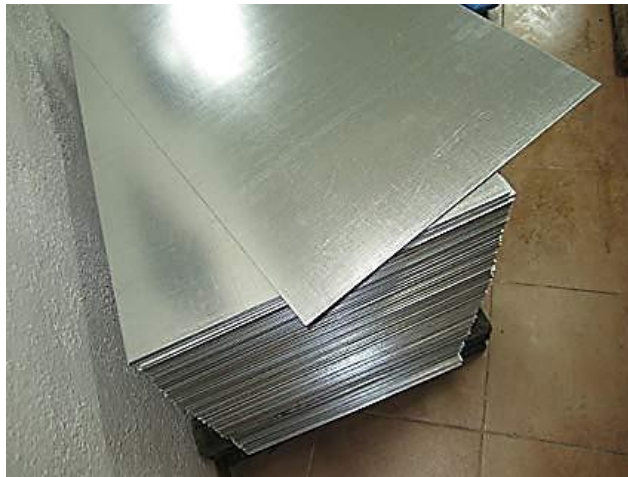


Figura 17. Lámina de acero galvanizado [26].

Ventajas:

- Alta dureza.
- Protección integral del elemento (interno y externo).
- Triple protección: física ya que el recubrimiento es el de mayor dureza existente en el mercado, protección electroquímica al formarse una pequeña capa de óxido de zinc que actúa como aislante galvanizado y auto curado ante raspaduras superficiales.
- Cumple con normativa.
- Fácil accesibilidad de adquisición en el mercado, presenta varios tamaños y espesores que hace de este material versátil.

A continuación se muestra las características de las láminas de acero galvanizado en la figura 18.

GALVANIZADAS

Especificaciones Generales:

Acero Base:	Calidad comercial o según tabla de laminado al frío
Norma:	NTE INEN 115
Espesores:	0,30mm a 2,90mm
Rollos:	X 1219mm y por flejes
Planchas:	4 x 8 pies y medidas especiales
Flor:	Regular, Mínima, Zero



Recubrimiento	(Total ambas caras)	
	oz / pie ²	gr / m ²
G-40	40	120
G-60	60	180
G-90	90	270

Figura 18. Características lamina de acero galvanizado [27].

2.1.3 Ventilador centrifugo SODECO NEOLINEO V 150

Ventilador lineal de última generación, ideal para procesos industriales que disponen de poco espacio o geometrías de difícil acceso. Presenta dos velocidades de trabajo, alta y baja velocidad que puede seleccionarse de acuerdo a los requerimientos del usuario.

- Motor con rodamientos a bolas de larga duración.
- Protección IPX 4 de dos velocidades.
- Monofásico 110 V / 220 V 60 Hz.
- Temperatura de trabajo de 10 °C a 80 °C.
- Ventilador envolvente en material autoextinguible V0.
- Caja de bornes con posición variable.
- Instalación rápida y sencilla.

Se muestra a continuación un ventilador neolineo centrifugado V150, figura 19.

NEOLINEO/V



Figura 19. Ventilador centrifugo [29].

2.1.4 Materiales utilizados en ensayos

2.1.4.1 Probetas de material compuesto con refuerzo sintético de fibra de vidrio

Se muestra a continuación posibilidades de probetas de material compuesto con refuerzo sintético de fibra de vidrio, figura 20.

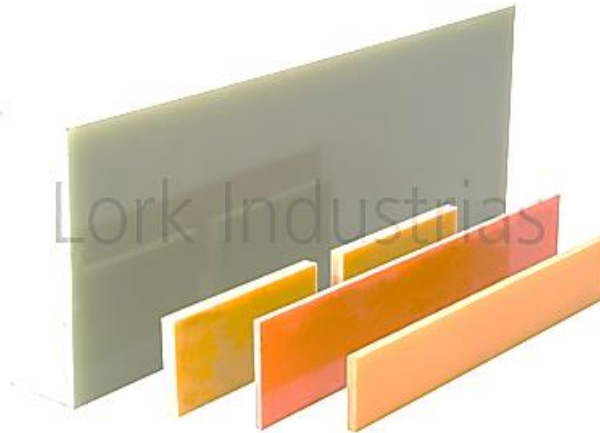


Figura 20. Material compuesto
Fuente. Autor

2.1.4.2 Probetas de material compuesto con refuerzo de fibra natural

Se muestra a continuación las probetas del material compuesto con refuerzo de fibra natural, figura 21.



Figura 21. Probetas de Material Compuesto con Refuerzo de Fibra Natural }
Fuente: [autor]

2.1.4.3 Probetas de Microsuede

Se muestra a continuación las probetas del material compuesto Microsuede, figura 22.



Figura 22. Probetas de Microsuede
Fuente: [Autor]

2.1.4.4 Probetas de Tela para Tapizado (Alcántara)

Se muestra a continuación las probetas del material Alcántara, figura 23.



Figura 23. Probeta de Alcantara
Fuente: [autor]

2.1.5 Analizador de gases FYRITE INSIGHT PLUS

Es un analizador de gases productos de una combustión, es adaptable y versátil, su análisis se limita a la determinación de CO, CO₂, O₂, temperatura ambiente, temperatura de gases, presiones presentes en chimeneas, en fuentes fijas de combustión. Su adaptabilidad con la normativa EPA 40 CFR método 60 Anexo A, lo hace el equipo analizador ideal para el análisis de los procesos de combustión que se generan en cámaras de inflamabilidad. Su uso se generaliza para:

- Ventilación y aire acondicionado
- Inspectores de hogares
- Personal de mantenimiento
- Auditores de energías

Cumple con normativa europea:

Directiva 2004/108/EC

EN 50270:2006: Compatibilidad electromagnética (inmunidad): aparato eléctrico para detección y análisis de gases combustibles, gases tóxicos y de oxígeno

EN 50379-1 PARTE 1: requisitos generales y métodos de prueba: especificaciones para aparatos eléctricos portátiles diseñados para medir parámetros de gas de combustión de artefactos de calefacción

EN 50379-3 PARTE 3: Requisitos de rendimiento para aparatos utilizados en servicios no estatuario de artefactos de calefacción a gas.

Contiene dos tipos de configuraciones, ecuaciones de combustión para lectura de datos, Norteamericano y Siegerest. Se muestra a continuación un kit de reporte Insigth Plus en la figura 24.



Figura 24. Kit de reporte Insigth Plus galvanizado [28].

2.2 Método para diseño de sistemas de extracción

Tomando en consideración los parámetros establecidos para el adecuado diseño del sistema de ventilación localizado según AIGCH, se sigue el siguiente diagrama de flujo, figura 25, que resume el proceso de dimensionamiento para el sistema completo. El proceso se complementa mediante hojas de cálculo que facilitan las iteraciones matemáticas hasta obtener el resultado requerido y adecuado para dicho sistema. Es necesario tener presente que cada sistema es único y exclusivo para los fines para los cuales es diseñado, no es aconsejable realizar variaciones en el sistema sin antes validarlo matemáticamente.

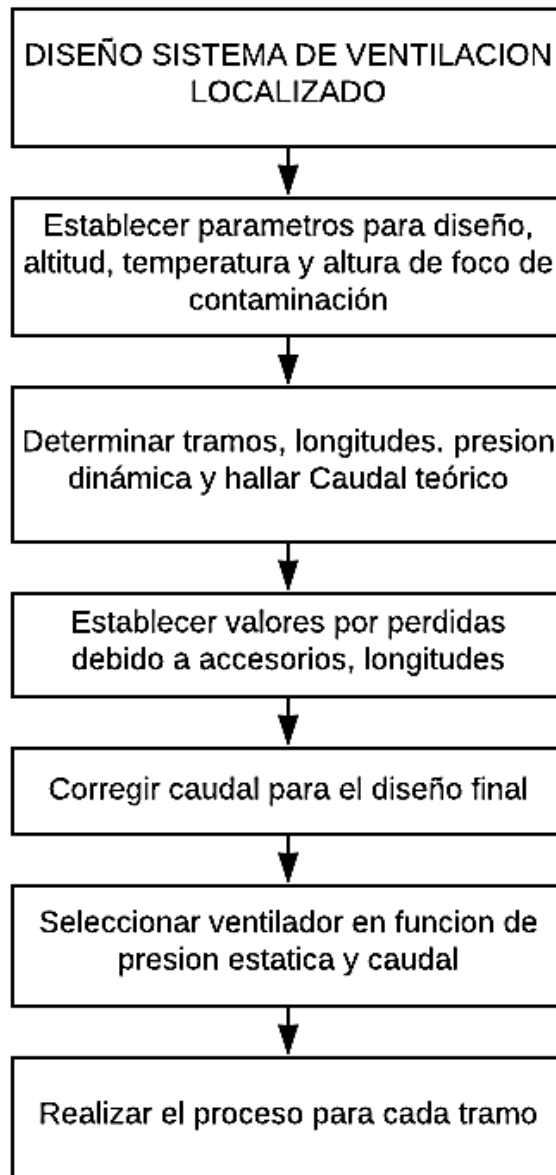


Figura 25. Diagrama de Flujo del procedimiento de diseño del sistema de ventilación localizado.

Fuente: [Autor]

Las condiciones ambientales se deben tomar en cuenta para el diseño del sistema de ventilación, puesto que el comportamiento de los gases variara en función de la temperatura, y presión del medio en el cual se desarrolla el proceso de combustión, las condiciones establecidas se muestran en la tabla 3.

Tabla 3. Condiciones Ambientales

Característica	Dimensión	Unidad
Altitud	2500	msnm
Presión atmosférica estándar	609	mmHg
Temperatura bulbo seco máximo	20	°C
Temperatura bulbo seco mínimo	9	°C
Densidad del aire	1,0236	kg/m ³
Viscosidad aire	0,000182	Ns/m
Humedad específica	0,0010	lb/lba

Fuente: [Autor]

2.2.5 Dimensionamiento, y selección del sistema de extracción

Por las características del componente sometido a ventilación, la geometría del espacio físico y accesibilidad se selecciona una campana de captación vertical según AICGH, 6-3, para lo cual es necesario establecer ciertos valores a las variables de ancho, profundidad e inclinación de la campana como lo muestra la figura 26.

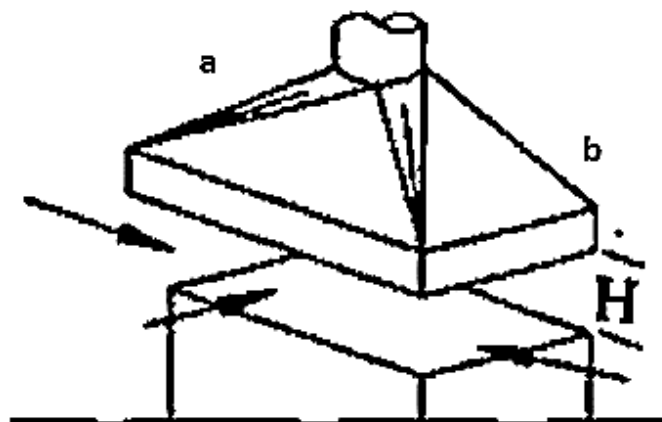


Figura 26. Campana Vertical [2].

A continuación en la Tabla N° 4 se muestra las dimensiones generales de la campana de captación en consideración a AICGH capítulo 6 y 3. [Anexo 3].

Tabla 4. Dimensión General Campana de captación.

Profundidad	Lago	Factor	Altura
a	b	x	H
0,485	0,404	0,08	0,2

Fuente. [Autor]

2.2.5.1 Caudal de diseño

Se procede al cálculo en función de la geometría, considerando las correcciones necesarias como temperatura.

Δt = Temperatura entre el foco de calor y el medio ambiente es 364

Q_t = caudal de diseño

a= ancho de campana

b= profundidad de campana

$$\frac{Q_t}{b} = 0,06 * a^{1.33} * \Delta t^{0.42} \quad [\text{Ec 1}]$$

$$Q_t = 0,107 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

2.2.5.2 Presión dinámica

La presión dinámica es la que se encuentra presente dentro del ducto y es producida por el movimiento del fluido, la presión dinámica depende de la velocidad y densidad del fluido, y se calcula con la siguiente fórmula:

$$P_D = \delta * \left(\frac{V_D}{4.043} \right)^2 \quad [\text{Ec 2}]$$

Como datos se tiene la velocidad recomendada para ductos y la densidad.

V_D = velocidad recomendada para ductos $7,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, [Anexo 2]

$\delta = \text{densidad } 1,138 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$, [Anexo 3]

Se reemplazan los valores en la ecuación y tenemos como resultado una presión dinámica de:

$$P_D = 3,302 \text{ mmcda}$$

2.2.5.3 Pérdidas a la entrada de campana

Las pérdidas a la entrada de la campana se calculan con la siguiente fórmula

$$h_{ce} = F_C * P_D \quad [Ec 3]$$

Donde:

$F_C = \text{Factor de pérdida } 0,04$, [Anexo 3]

$P_D = \text{Presión dinámica}$

Se reemplazan los valores en la ecuación y se obtiene como pérdidas a la entrada de la campana un valor de:

$$h_{ce} = 0,244$$

2.2.5.4 Corrección por elevación

La corrección por elevación se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$df_e = [1 - (6,73 * 10^{-6}) * z]^{5,258} \quad [Ec 4]$$

Donde:

$Z = \text{altura en Ambato En pies sobre nivel del mar}$

Se reemplaza el valor de Z en la ecuación y se obtiene como resultado la corrección por elevación un valor de:

$$df_e = [1 - (6,73 * 10^{-6}) * 8200]^{5,258} = 0,74$$

2.2.5.5 Pérdidas por altura en sombrerete

Las pérdidas por altura en sombrerete se la encuentran en tablas del anexo 3.

$$hfch = 0,1 \text{ [Anexo 3]}$$

2.2.5.6 Dimensionamiento de sombrerete

Para el dimensionamiento del sombrerete se utilizó la fórmula siguiente:

$$d_{CH} = 2 * D \quad \text{[Ec 5]}$$

Donde se considera que:

$$H = D = \text{Diámetro}$$

Remplazando el valor de H tenemos:

$$d_{CH} = 2 * 0,15$$

$$d_{CH} = 0,30$$

Se encuentra el valor de h_{CH} con la siguiente fórmula:

Donde: h_{CH} son las pérdidas por el sombrerete

$$h_{CH} = \frac{D}{3} \quad \text{[Ec 6]}$$

$$h_{CH} = 0,05 \text{ m}$$

2.2.5.7 Caudal corregido

Para el cálculo del caudal corregido se utilizó la siguiente fórmula

$$Q_{\text{corregido}} = Q_{\text{diseño}} * \sqrt[2]{\frac{P_{ec}}{P_{etramo}}} \quad \text{[Ec 7]}$$

$$Q_{\text{corregido}} = 0,132 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

2.2.5.8 Pérdidas por codos

El valor de las pérdidas por codos se la tomó de la tabla del anexo 2.

$$h_{Co} = 1,8 \quad \text{Anexo 2}$$

h_{Co} = Pérdidas en codos

2.2.5.9 Espesor del ducto

El espesor necesario para el diseño del ducto se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$\frac{t}{D} = \sqrt[3]{0,001406 * p * \left(\frac{1-\sigma^2}{E}\right) (1321 + D)} \quad [\text{Ec 8}]$$

Donde:

t =Espesor del material en (mm)

D =Diámetro del ducto en (mm)

P =Magnitud de la presión negativa sobre el ducto (kg/cm²)

E =Módulo de elasticidad 2141404,047 (kg/cm²)

σ =Módulo de poisson 0,3

Remplazando los valores tenemos como resultado:

$$t = 0,175 \text{ mm}$$

Bajo el criterio de SMACNA se considera un factor de seguridad de 4, se obtiene:

$$t = 0,658 \text{ mm}$$

Se consideran tramos a la sección del sistema de extracción en el cual existan alteraciones en el fluido, ya sea velocidad, presión o dirección de éste. Generalmente se denominan con letras o números que se identifique el intervalo.

Dichas alteraciones del sistema se dan en codos, ventiladores, campanas, dumpers, etc. A continuación se muestra una figura con los tramos del sistema de extracción identificados para el proceso, figura 27.

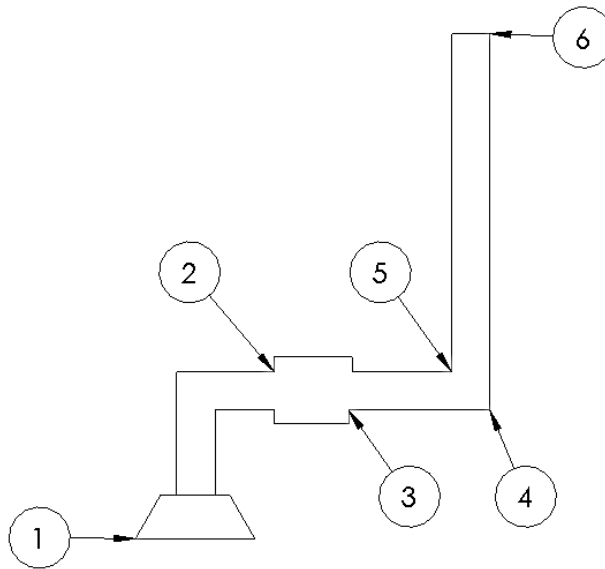


Figura 27. Tramos del sistema de extracción

Fuente: [Autor]

A continuación se presenta una hoja de cálculos con los valores encontrados para cada tramo del sistema de extracción, tabla 5.

Tabla 5. Hoja De Cálculos

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO						
Empresa: Carrera de Ingeniería Mecánica.		Altitud: 250 msnm		Elaborado por: Alex Gualpa		
Ubicación: Laboratorio De Materiales		Temperatura Ambiente: 25 °C				
Ítem	Propiedad	Característica	Tramos			
1	Identificación Del Tramo		1-2	2-3	3-4	5-6
2	Caudal		0,132	0,132	0,132	0,132
3	Velocidad Mínima De Transporte		7,500		7,500	7,500
4	Diámetro Del Conducto		0,142		0,142	0,142
5	Sección Del Conducto		0,016		0,016	0,016
6	velocidad real en el conducto		7,500		18,710	65,486
7	Presión Dinámica		3,302		3,302	3,302
8		Área En Rendija	0,000			
9		Velocidad En Rendija	0,000			
10		Presión Dinámica En Rendija	0,000			
11		Fac. Pérdida rendija	0,000			
12		factor de aceleración	0,000			

13	Succión De Campana	Pérdidas En Pleno Pd	0,000				
14		Pe En Pleno ^{10*13}	0,000				
15		Fac. Pérdida entrada	0,490				
-16		Factor De Aceleración	1,000				
17		Pérdida En Entrada Pd	1,490				
18		Pérdida En La Entrada	4,920				
19		Otras Pérdidas					
20		Succión En Campana 141819	4,920		0,000	0,000	
21		Conductos Rectos	Longitud Conducto Recto	0,150		7,350	0,600
22			Factor De Pérdidas Hf 5-18	0,027		0,027	0,027
23	Pérdidas En Pd		0,004		0,198	0,016	
24	Codos	N° de codos 90	2,000				
25		Pérdidas En Codos En Pd	1,600				
26	Uniones	N° de uniones					
27		Pérdida En Uniones En Pd					
28		Factor De Pérdidas En Accesorios Especiales					
29		Pérdidas En Tramo En Pd	1,604		0,198	0,016	
30		Pérdidas En El Tramo Pd	5,296		0,655	0,053	
31		Pérdidas En Pe En Tramo	10,216		0,655	0,053	
32		Pe Acumulada	-10,216		-0,655	-0,709	
33		Pe Controlado	8,222		3,302	3,302	
34		Caudal Corregido	0,118		0,296	1,037	
35		Presión Dinámica Resultante	3,302		3,302	3,302	

Fuente. [Autor]

2.2.5.10 Presión estática en el ventilador

La presión estática a diferencia de la presión dinámica, esta no está en función del movimiento del fluido y se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$P_{EV} = P_{TV} - P_{DS} \quad [\text{Ec } 9]$$

$$P_{EV} = 8,15 \text{ mmcda}$$

Las variaciones de presiones en el ducto para cada tramo está representado en la figura 28.

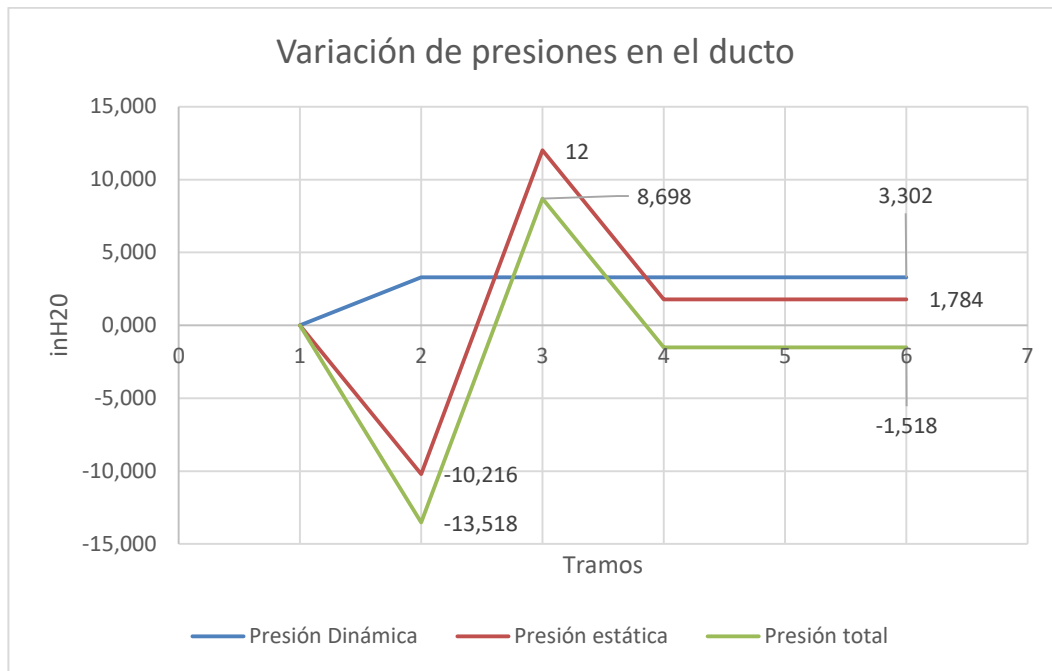


Figura 28. Variación de presiones en tramos del sistema de extracción

Fuente: [Autor]

2.2.1.10 Deflexión en el ducto

La deflexión en el ducto es el desplazamiento que se produce debido a los esfuerzos sometidos y se calcula mediante la siguiente ecuación

$$D = \frac{(P - P1) * a * (3L^2 - 4a^2)}{2 * (24 * El)} + \frac{P1 * L^3}{48El}$$

Donde:

$$P = 3,8 \text{ kg}$$

$$P1 = 35,91$$

$$L = 600 \text{ mm}$$

$$a = 0.05 \text{ mm}$$

$$E = 200 * 10^6 \text{ kpa}$$

$$I = 8035,714 \text{ mm}^4$$

Remplazando los valores tenemos:

$$D = 1,78 * 10^{-4} \text{ mm}$$

Es permisible el valor de deflexión según SMACNA, [Anexo 2]

2.2.6 Puntos de muestreo

Se considera EPA 40 CFR MÉTODO 1A para ductos entre 0,1 m y 0,3 m excluyendo flujos ciclónicos, el cual indica que el punto de muestreo se lo realiza aguas abajo (por lo menos 2 diámetros) del lugar de perturbación del flujo, esto estabilizará y desarrollará la medición de partes por millón, para flujos constantes o inestables. El flujo volumétrico debe ser constante (dentro del 10%), tomando lecturas antes y después de la recolección de datos. La distancia entre puntos para la toma de muestra está representada a continuación en la figura 29.

$$\phi = 0,15m$$

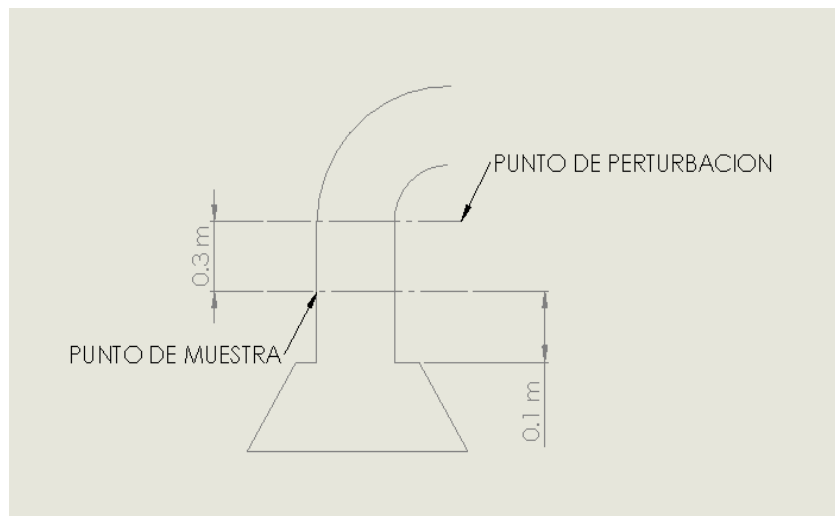


Figura 29. Distancia entre puntos para toma de muestras
Fuente [Autor]

Los puntos para muestras se consideran en función de la disposición y accesibilidad, para test de combustión permanente.

De acuerdo al punto seleccionado, se divide el valor de la distancia seleccionado aguas arriba y aguas abajo para el valor del diámetro, se diagrama en la figura 30 y se selecciona el número de puntos transversales.

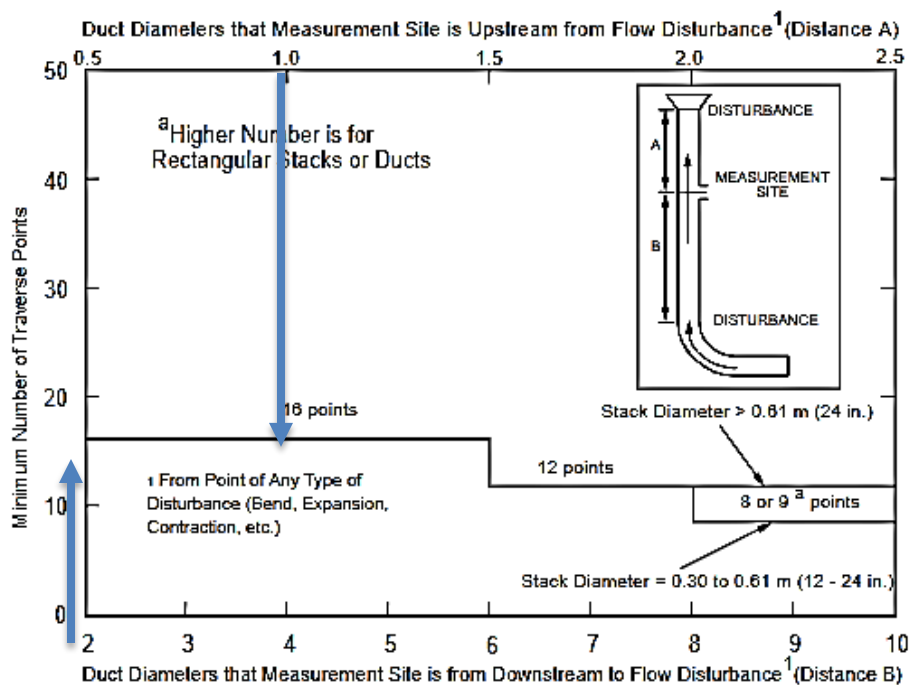


Figura 30. Número de puntos transversales para materiales no particulados [7].

Como resultado se obtiene 16 puntos de muestra según criterio de EPA 40 CFR MÉTODO 1A, se selecciona el porcentaje y la distribución de los puntos para la toma de muestras según la tabla 6.

Tabla 6. Distancias porcentuales para cada punto transversal de referencia

Número de puntos transversales	Número de puntos transversales											
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
1	14,6	6,7	4,4	3,2	2,6	2,1	1,8	1,6	1,4	1,3	1,1	1,1
2	85,4	25,0	14,6	10,5	8,2	6,7	5,7	4,9	4,4	3,9	3,5	3,2
3		75,0	29,6	19,4	14,6	11,8	9,9	8,5	7,5	6,7	6,0	5,5
4		93,3	70,4	32,3	22,6	17,7	14,6	12,5	10,9	9,7	8,7	7,9
5			85,4	67,7	34,2	25,0	20,1	16,9	14,6	12,9	11,6	10,5
6			95,6	80,6	65,8	35,6	26,9	22,0	18,8	16,5	14,6	13,2
7				89,5	77,4	64,4	36,6	28,3	23,6	20,4	18,0	16,1
8				96,8	85,4	75,0	63,4	37,5	29,6	25,0	21,8	19,4

Fuente. [7]

A continuación se muestra la gráfica de distribución de puntos para la obtención de muestras (16 en la sección transversal) en el diámetro del ducto de ventilación. Figura 31.

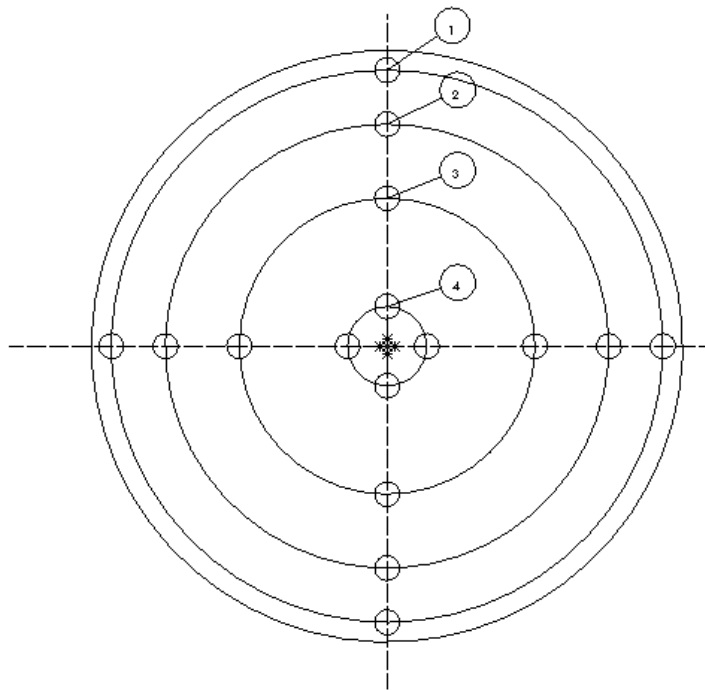


Figura 31. Distribución de puntos de muestra (16 en la sección transversal) en el diámetro del ducto de ventilación.

Fuente. [Autor]

En la tabla 7 se detallan las distancias desde la pared hasta el centroide del ducto para los puntos de muestreo a lo largo del eje transversal del ducto

Tabla 7. Puntos de muestreo.

Punto/sección	Porcentaje	Diámetro total (mm)
1	6,7	10,05
2	25	37,5
3	75	112,5
4	93,3	139,95

Fuente. [Autor]

2.2.7 Selección de analizador de gases de combustión

El analizador debe cumplir con ciertas características que son ponderadas para obtener la mejor opción, bajo los siguientes criterios:

- 0.1 El criterio de la columna es de mucho menor importancia que el valor de fila
- 0.2 El criterio de la columna es de menor importancia que el valor de fila

- 0 Los criterios de fila como de columna son de igual importancia
- 5 El criterio columna es más importante que el criterio de la fila
- 10 El criterio de la columna es mucho más importante que el valor de la fila

Los criterios a manejar son los siguientes:

- Costo de implementación
- Durabilidad
- Disponibilidad en el mercado
- Mantenimiento
- Funcionalidad

Para la selección del analizador de gases de combustión se utilizó una tabla de ponderación a las que se asignaron valores como se muestra a continuación en la tabla 8, 9, 10, 11, 12, 13.

Tabla 8. Criterios para ponderación.

	Costo de implementación	Durabilidad	Disponibilidad en el mercado	Mantenimiento	Funcionalidad	Total	Peso ponderado
Costo de implementación		1	0,2	0,2	0,1	1,5	0,015
Durabilidad	1		0,2	0,1	0,2	1,5	0,015
Disponibilidad en el mercado	5	5		5	0,2	15,2	0,154
Mantenimiento	5	5	0,2		1	11,2	0,113
Funcionalidad	5	10	5	1		21	0,213
Total						50,4	1

Fuente: [Autor]

Tabla 9. Parámetro costo de implementación.

Costo de implementación	Bacharach fyrite insight	Classic insight fyrite	Transductor	Total	Peso ponderado
Bacharach fyrite insight		5	0,2	5,2	0,3333
Classic insight fyrite	0,2		0,2	0,4	0,0256
Transductor	5	5		10	0,641
Total				15,6	1

Fuente. [Autor]

Tabla 10. Parámetro Durabilidad

Durabilidad	Bacharach fyrite insight	Classic insight fyrite	Transductor	Total	Peso ponderado
Bacharach fyrite insight		5	1	6	0,7895
Classic insight fyrite	0,2		0,2	0,4	0,0526
Transductor	1	0,2		1,2	0,1579
TOTAL				7,6	1

Fuente. [Autor]

Tabla 11. Parámetro Disponibilidad en el mercado

Disponibilidad en el mercado	Bacharach fyrite insight	Classic insight fyrite	Transductor	Total	Peso ponderado
Bacharach fyrite insight		1	0,2	1,2	0,0968
Classic insight fyrite	1		0,2	1,2	0,0968
Transductor	5	5		10	0,8065
Total				12,4	1

Fuente: [Autor]

Tabla 12. Parámetro Mantenimiento

Mantenimiento	Bacharach fyrite insight	Classic insight fyrite	Transductor	Total	Peso ponderado
Bacharach fyrite insight		1	5	6	0,4839
Classic insight fyrite	1		5	6	0,4839
Transductor	0,2	0,2		0,4	0,0323
TOTAL				12,4	1

Fuente. [Autor]

Tabla 13. Parámetro Funcionalidad

Funcionalidad	Bacharach fyrite insight	Classic insight fyrite	Transductor	Total	Peso ponderado
Bacharach Fyrite Insight		5	10	15	0,7317
Classic insight fyrite	0,2		5	5,2	0,2537
Transductor	0,1	0,2		0,3	0,0146
Total				20,5	1

Fuente. [Autor]

Tomando en consideración estos criterios, basados en EPA 40 CFR Parte 60 apéndice A MÉTODO 3 A, así como el estudio de mercado se toma como selección el Analizador De Gases de Combustión Bacharach Insight Plus.

2.2.8 Selección de Ventilador

Tomar en consideración los valores de Presión estática y caudal requeridos por el sistema, después de considerar pérdidas por tramos y accesorios.

Cada ventilador posee su curva característica de caudal vs presión estática variado sus prestaciones y otras características de importancia en la selección, ver figura 32.

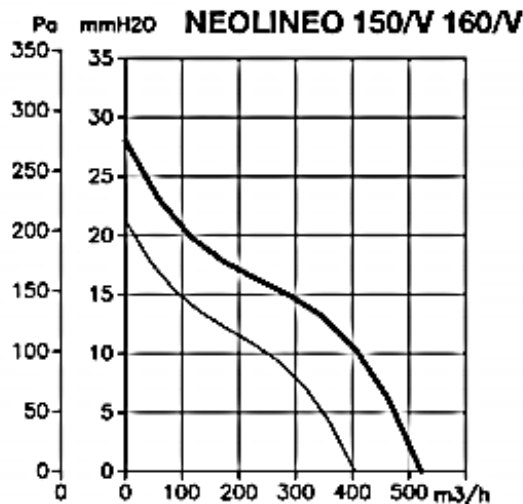


Figura 32. Pérdidas de Presión vs caudal en Ventiladores [28].

Inflamabilidad: Según la AICGH, determina el uso de elementos autoinifugos V0 y protección IPX4.

Selección de material para ductos y campana de extracción

El material debe cumplir con ciertas características que son ponderadas para obtener la mejor opción, bajo los siguientes criterios:

- 0.1 El criterio de la columna es de mucho menor importancia que el valor de fila
- 0.2 El criterio de la columna es de menor importancia que el valor de fila
- 0 Los criterios de fila como de columna son de igual importancia
- 5 El criterio columna es más importante que el criterio de la fila
- 10 El criterio de la columna es mucho más importante que el valor de la fila

Los criterios a manejar son los siguientes:

- Costo de implementación
- Soldabilidad
- Funcionalidad
- Facilidad de Conformado
- Disponibilidad

Para la selección de los materiales se utilizó una tabla de ponderación como se muestra a continuación en la tabla 14, 15, 16, 17, 18, 19.

Tabla 14. Criterios para ponderación de material.

	Costo de implementación	Soldabilidad	Funcionalidad	Facilidad de conformado	Disponibilidad	Total	Peso ponderado
Costo de implementación		0,2	0,1	0,1	1	1,4	0,031
Soldabilidad	5		1	1	5	12	0,263
Funcionalidad	10	1		1	5	17	0,372
Facilidad de conformado	10	1	1		1	13	0,284
Disponibilidad	1	0,2	0,1	1		2,3	0,050
Total						45,7	1

Fuente: [Autor]

Tabla 15. Parametro Costo de Implementación

Costo de implementación	Acero galvanizado ASTM A653	Acero inoxidable 304	Acero inoxidable 403	Total	Peso ponderado
Acero galvanizado ASTM A653		0,1	0,2	0,3	0,01463415
Acero inoxidable 304	10		0,2	10,2	0,49756098
Acero inoxidable 403	5	5		10	0,48780488
TOTAL				20,5	1

Fuente: [Autor]

Tabla 16. Parámetro Soldabilidad

Soldabilidad	Acero galvanizado ASTM A653	Acero inoxidable 304	Acero inoxidable 403	Total	Peso ponderado
Acero galvanizado ASTM A653		0,1	0,1	0,2	0,00787402
Acero inoxidable 304	10		0,2	10,2	0,4015748
Acero inoxidable 403	10	5		15	0,59055118
TOTAL				25,4	1

Fuente. [Autor]

Tabla 17. Parámetro Resistencia a la Corrosión

Resistencia a la corrosión	Acero galvanizado ASTM A653	Acero inoxidable 304	Acero inoxidable 403	Total	Peso ponderado
Acero galvanizado ASTM A653		0,2	0,2	0,4	0,03225806
Acero inoxidable 304	5		1	6	0,48387097
Acero inoxidable 403	5	1		6	0,48387097
TOTAL				12,4	1

Fuente. [Autor]

Tabla 18. Parámetro Facilidad de Conformado

Facilidad de conformado	Acero galvanizado ASTM A653	Acero inoxidable 304	Acero inoxidable 403	Total	Peso ponderado
Acero galvanizado ASTM A653		5	5	10	0,6097561
Acero inoxidable 304	1		5	6	0,36585366
Acero inoxidable 403	0,2	0,2		0,4	0,02439024
TOTAL				16,4	1

Fuente: [Autor]

Tabla 19. Parámetro Funcionalidad.

Funcionalidad	Acero galvanizado astm a653	Acero inoxidable 304	Acero inoxidable 403	Total	Peso ponderado
Acero galvanizado astm a653		10	5	15	0,73170732
Acero inoxidable 304	0,1		0,2	0,3	0,01463415
Acero inoxidable 403	0,2	5		5,2	0,25365854
Total				20,5	1

Fuente. [Autor]

Los distintos materiales cumplen con los requerimientos de SMACNA, en este caso se considera para el efecto al Acero galvanizado ASTM A653 como el idóneo, debido a sus características y al tipo de proceso a realizarse. [Anexo 2]

Sus características anticorrosivas, propiedades mecánicas y su bajo costo son características importantes a la hora de construir.

Considerando que las pérdidas por el tipo de material no son elevados en comparación a los distintos aceros inoxidables del mercado existente.

2.2.9 Proceso para la medición de gases productos de la combustión en la cámara de inflamabilidad

De acuerdo con NT 001 Norma Técnica Para Emisiones A La Atmosfera De Fuentes Fijas, normativa usada en el entorno nacional que permite evaluar la emisión de gases hacia el medio ambiente, los métodos de ensayo están detallados en la tabla 20, [30].

Tabla 20. Métodos de ensayo.

PARÁMETRO	MÉTODO DE MEDICIÓN
Ubicación de Puertos	EPA. Parte 60, Apéndice A, Método 1 ó 1 ^a
Velocidad	EPA. Parte 60, Apéndice A, Método 2
Humedad	EPA. Parte 60, Apéndice A, Método 4
Presión	EPA. Parte 60, Apéndice A, Método 2
Temperatura	EPA. Parte 60, Apéndice A, Método 2
Material Particulado	Chimenea de diámetro mayor de 30 cm: EPA. Parte 60, Apéndice A, Método 5 Chimenea de diámetro entre 10 y 30 cm: EPA. Parte 60, Apéndice A, Método 1 ^a
Oxígeno y Dióxido de Carbono	EPA. Parte 60, Apéndice A, Método 3 o Celdas electroquímicas
Monóxido de Carbono	EPA, Parte 60, Apéndice A, Método 10 o Celdas electroquímicas
Óxidos de Nitrógeno	EPA, Parte 60, Apéndice A, Método 7 o Celdas electroquímicas
Dióxido de Azufre	EPA. Método 6, 6A, 6B, 6C o Celdas electroquímicas

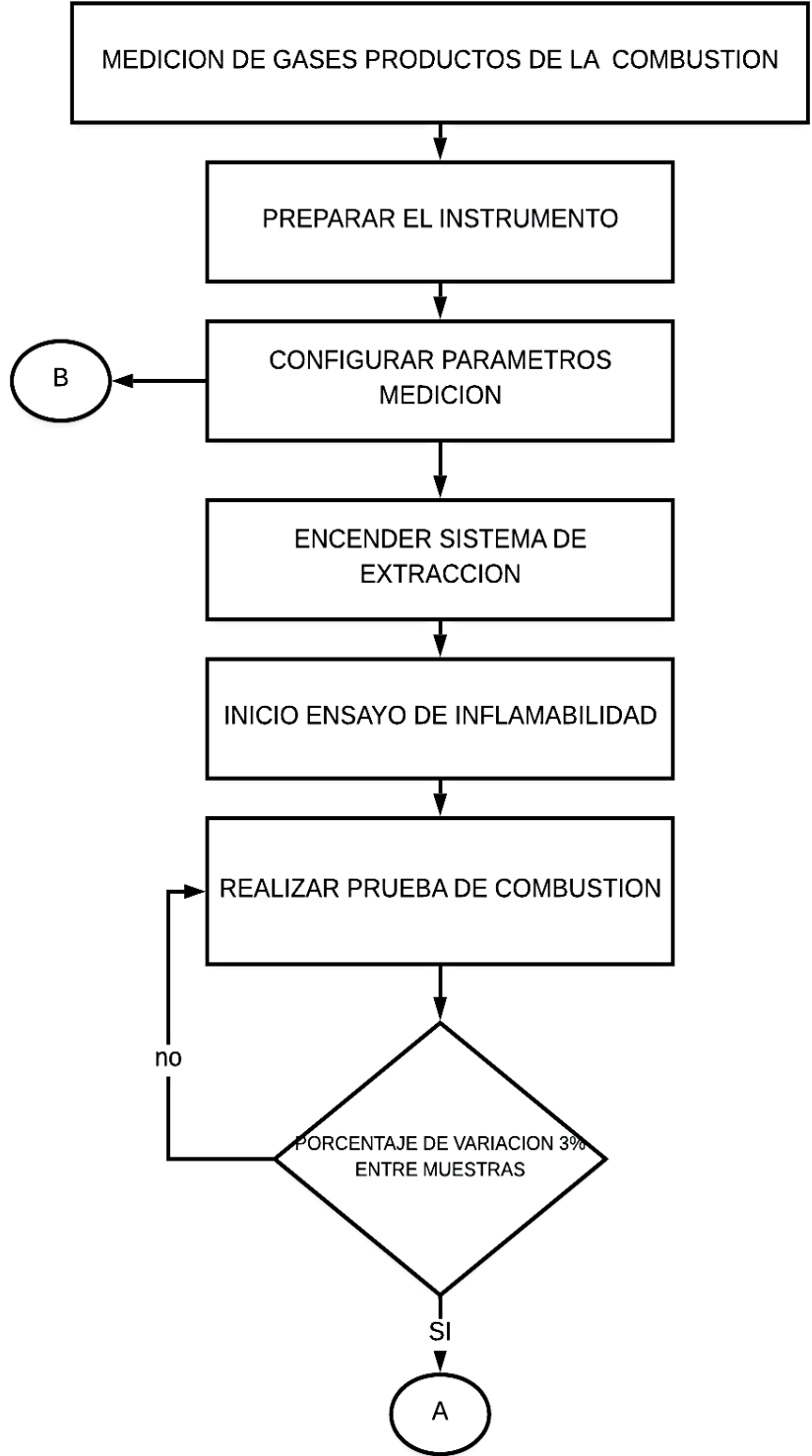
Fuente [1].

De acuerdo a EPA PART 60 APÉNDICE A MÉTODO 10, 3 A, 6C, 7E el procedimiento es el siguiente, tomando en consideración los puntos de muestra establecidos anteriormente.

El dispositivo analizador dispone de los componentes necesarios para realizar el test de combustión aplicado a fuentes estacionarias de emisión de contaminantes, según lo establecen los métodos de ensayo establecidos por NT 001.

Es imprescindible disponer del equipo de extracción (ventilador) encendido para evitar cualquier tipo de contaminación por combustión de algún material.

La adecuada purga del sistema analizador previo al inicio de un nuevo test, garantiza una adecuada lectura y alarga la vida útil de los componentes del analizador. A continuación se muestra el diagrama de proceso con el que se realizó los análisis de combustión en la cámara de inflamabilidad, como se muestra en la figura 32.



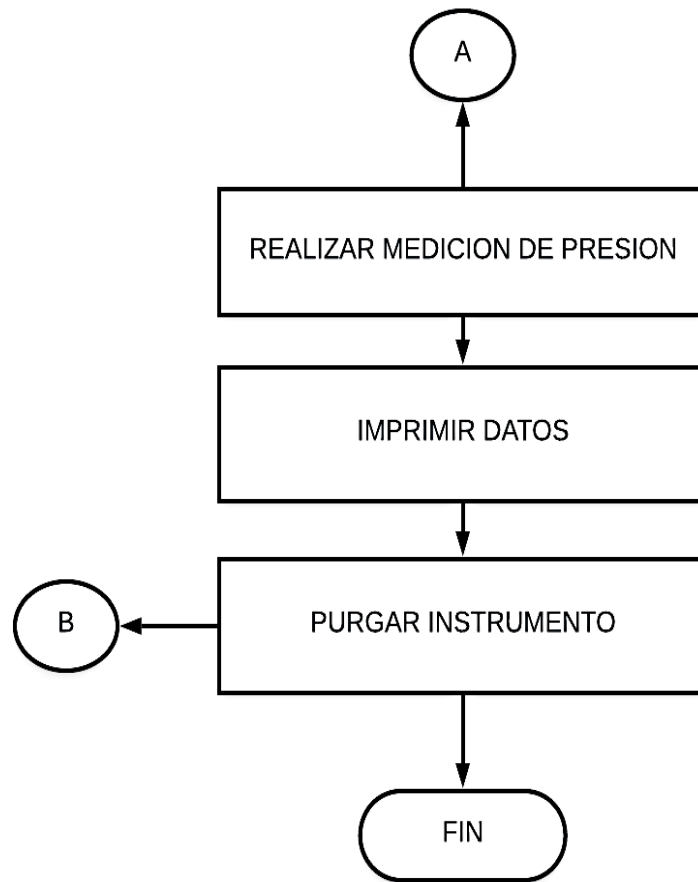


Figura 33. Diagrama de Flujo del Procedimiento.
Fuente: [Autor]

Es importante recalcar que según la NT 001 NORMA TECNICA PARA EMISIONES A LA ATMOSFERA DE FUENTES FIJAS los responsables de fuentes fijas de combustión deberán llevar bitácoras de operación y mantenimiento de los equipos de combustión y de control de emisiones si tuviera, ya sea en formato electrónico o impreso.

La bitácora debe estar debe estar disponible para la revisión por la autoridad competente con la siguiente información: Nombre, marca y capacidad nominal de los equipos de combustión y en caso de contar con equipos de control de emisiones y de medición de contaminantes, su nombre y marca. En los registros se anotara: fecha, turno, tipo de combustible, porcentaje de capacidad de diseño que opero el equipo, temperatura promedio de los gases de chimenea y cualquier otro dato que el operador considere

necesario en un apartado de observaciones. Así como los datos que justifiquen los datos presentados

2.2.6 Parámetros para la medición de gases productos de la combustión.

2.2.6.1 Normas

- NT 001 Norma Técnica para emisiones a la atmosfera de fuentes fijas y de procesos industriales
- EPA CFR PARTE 60, APÉNDICE A, MÉTODO, 1A, 3A-10 A. [Anexo 9]

2.2.6.2 Equipos y materiales utilizados

- Analizador de CO_2 Y DE O_2 , CO
- Filtros para CO_2 y O_2 , CO
- Sonda para muestra
- Cámara de inflamabilidad
- Ducto de extracción
- Guantes
- Mandil
- Software

2.2.6.3 Condiciones para el ensayo

- Flujos en conductos y chimeneas menor a 0.30 cm de diámetro, [Anexo 9]
- Punto de muestreo en el centroide o en un punto no más cercano a 1m de la pared del conducto. [Anexo 9]
- Punto de muestreo único distribuido en el sentido transversal del ducto de acuerdo a CFR PARTE 60 APÉNDICE A, MÉTODO 1A
- Dispositivo de medición de temperatura con presión mínima de $\pm 2\%$ de la temperatura absoluta de la temperatura absoluta de la chimenea, de $\pm 5\%$ mmHg para medición de presión, según EPA PARTE 60 MÉTODO 2D. [Anexo 9]


Tabla 21. Hoja de datos para presión

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO						
	Fecha:		Presión barométrica		Altura	
	Ejecución		Hora inicio		Operador	
	Distancia		Hora fin		Dispositivo	
Hora		Presión estática mmhg			Temperatura °C	
Ejemplo 1						
Ejemplo 2						

Fuente. [7]. [EPA 60, MÉTODO 2D]

- Flujos en conductos y chimeneas menor a 0.30 cm de diámetro según EPA parte 60 método 3 A, 7E
- Reactivos Cloruro de Zinc, ácido clorhídrico e hidróxido de potasio o cloruro de cromo.
- Recipiente de gas de 2 a 4 % de CO y aproximadamente 15 % De O₂
- Punto de muestreo en el centroide o especificado por el operador, basado en la metodología de EPA 40 CFR MÉTODO 2 A. [Anexo 9]
- Taza constante de muestra de $\pm 10\%$ a menos que el administrador especifique lo contrario.
- Sensibilidad $\leq 2\%$ del rango de calibración para CO, CO₂ u O₂

Tabla 22. Hoja de datos para gases de combustión (CO).

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO						
	Fecha:		Operador		Altura	
	Tiempo		Hora inicio		Dispositivo	
	Análisis		Hora fin		Serie	
Ítem	Run 1 [PPM]	run 2 [PPM]	Run 3 [PPM]	Variación en PPM de CO	Error	
Ejemplo 1						
Ejemplo 2						

Fuente. [7]. [EPA 60, método 7E]



Tabla 23. Hoja de datos para temperatura

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO						
	Fecha:		Presión barométrica		Altura		
	Ejecución		Hora inicio		Operador		
	Distancia		Hora fin		Dispositivo		
Hora		Presión estática mmHg			Temperatura °C		
Ejemplo 1							
Ejemplo 2							

Fuente. [7]. [EPA 60, MÉTODO 2D]

- Flujos en conductos y chimeneas menor a 0.30 cm de diámetro según EPA parte 60 método 3 A, 7E
- Reactivos Cloruro de Zinc, ácido clorhídrico e hidróxido de potasio o cloruro de cromo.
- Recipiente de gas de 2 a 4 % de CO y aproximadamente 15 % De O₂
- Punto de muestreo en el centroide o especificado por el operador, basado en la metodología de EPA CFR MÉTODO 2 A. [Anexo 9]
- Taza constante de muestra de ± 10 % a menos que el administrador especifique lo contrario.
- Sensibilidad ≤ 2 % del rango de calibración para CO, CO₂ u O₂

Tabla 24. Hoja de datos para CO₂.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO						
	Fecha:		Operador		Altura		
	Tiempo		Hora inicio		Dispositivo		
	Análisis		Hora fin		Serie		
Ítem	Run 1 [PPM]	run 2 [PPM]	Run 3 [PPM]	Variación en PPM de CO	Error		
Ejemplo 1							
Ejemplo 2							

Fuente. [7]. [EPA 60, método 7E]

2.3.7 Procedimiento basado en el analizador FIRYTE, según EPA MÉTODO 3A

- Colocar la sonda de muestreo en el primer punto de medición de manera que permita al menos tres mediciones, el tiempo para la recolección de datos será el doble del tiempo de respuesta del analizador. [Anexo 1]
- Repetir el análisis hasta que la diferencia entre las tres lecturas sea menor a 3 ppm y emitir informe cuando los resultados estén cerca de 1 ppm [Anexo 1]
- El porcentaje de aceptación para la lectura según el analizador es del 10% para lecturas entre 0 y 200 PPM, y para lecturas de 201-4000 PPM el error permisible es del 6 %.
- Registrar datos obtenidos en la memoria del dispositivo o realizar una impresión de éstos resultados. [Anexo 1]
- Obtener bitácoras de cada valor obtenido con fechas, estas bitácoras pueden ser digitales o impresas.

2.3.8 Validación del procedimiento

- Tres puntos de muestra con una variación de ± 1 ppm de CO_2 u O_2 , en el sentido diametral
- Único punto de muestreo o multipuntos según EPA 40 CFR EPA MÉTODO 3, [Anexo 9]

2.3.9 Procedimiento FYRITE INSIGHT PLUS 0024-8516

1. Encender dispositivo PWR, como se muestra en la figura 34.



Figura 34. Botón de Encendido y Apagado de dispositivo Bacharach Insight Plus [28].

2. Conectar colector de gas y colector de variación de presión. Como se muestra en la figura 35.

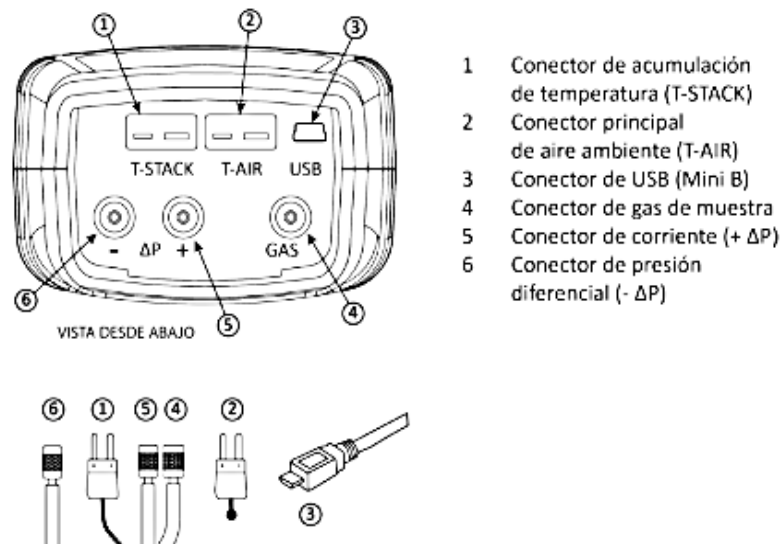


Figura 35. Partes externas del Dispositivo bacharach Insigth Plus [28].

3. Verificar el filtro en el colector de agua y el colector. Como se muestra en la figura 36. De ser necesario reemplazar el colector si existen fugas, o reemplazar filtro de agua si existe saturación del filtro de manera que se evite errores en la lectura de datos.

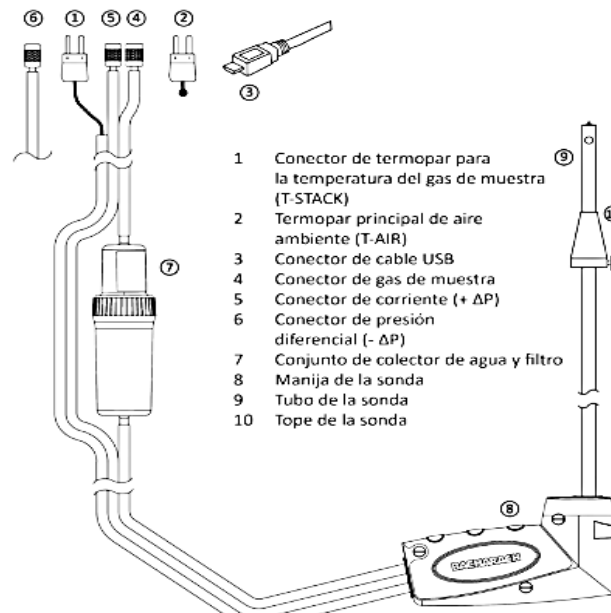


Figura 36. Partes externas del dispositivo Bacharach Insigth Plus [28].

4. Seleccionar parámetros para medición: como se muestra en la figura 37, 38.
 - Combustible: Menu > Combustible.

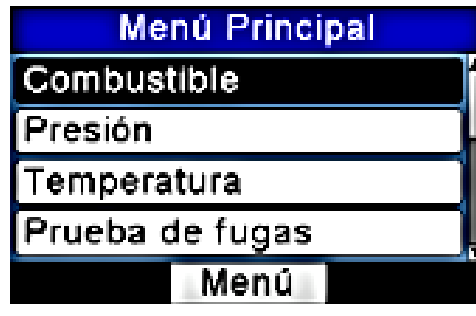


Figura 37. Menú de Combustibles [28].

Lista de combustibles de NA	Lista de combustibles de Siegert
Gas natural	Gas natural
Petróleo 2	KOKS
Petróleo 4	LEG
Petróleo 6	Propano
Propano	Petróleo 2
Carbón	Petróleo 6
Madera	Carbón
Keroseno	Biocombustible
B5 (Biodiesel 5%)	LPG
<i>Personalizado #1*</i>	Butano
<i>Personalizado #2*</i>	<i>Personalizado #1*</i>
	<i>Personalizado #2*</i>

Figura 38. Combustibles de Dispositivo bacharach Insgith Plus [28].

La selección adecuada del tipo de combustible permite activar los sensores para la medición correcta de los elementos de la combustión. Para opción de combustible personalizado se debe solicitar software administrado por e fabricante.

- Presión: Menú › presión

Permite realizar lecturas de presión actuales, presión de gas, presión diferencial a través de intercambiadores de calor, lecturas del tiro y presión diferencial, como se muestra en la figura 39.

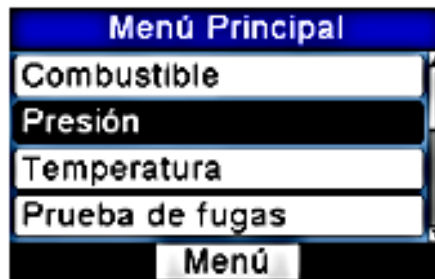


Figura 39. Menú de Presión Bacharach Insight Plus [28].

- Temperatura: Menú > Temperatura

Permite visualizar valores de temperatura actual, diferencial a través del intercambiador de calor y temperatura diferencial, como se muestra en la figura 40.

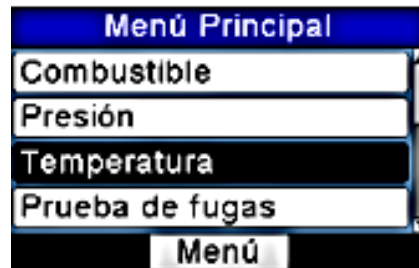


Figura 40. Menu de Temperatura Bacharach Insigth Plus [28].

5. Insertar la sonda en el punto de recolección de muestra.
6. Seleccionar como referencia de O_2 al 7%, según se establece los valores para medición de CO_2 EPA parte 60 método 3 A, 7E de la Menú > menú de instalación > O_2 Referencia. Como se muestra en la figura 41.



Figura 41. Menu Oxigeno de Referencia [28].

7. Presionar RUN/HOLD para iniciar la recolección de la muestra, en el lado superior izquierdo deberá aparecer un indicador “ENCENDIDO”, caso contrario presione nuevamente RUN/HOLD, como se muestra en la figura 42.



Figura 42. Botón de Inicio Y Fin de Prueba [28].

8. Para realizar mediciones de presión, es necesario encerrar la lectura. Seleccionar ZERO, botón F2, desconectar la termocupla y presionar ENTER para encerrar el sensor de presión. Reconectar las mangueras, si la última medición se realizó en el puerto $-\Delta P$, conectar en el puerto $+\Delta P$. Como se muestra en la figura 43.

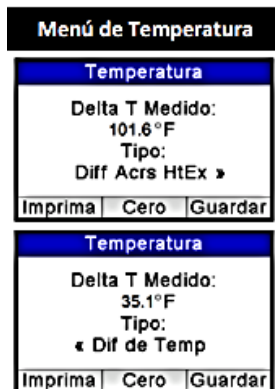


Figura 43. Selección de Tipo de Lectura de Temperatura [28].

9. Imprimir o guardar el informe en la memoria, F1 o F3 según sea el caso.
10. Presionar RUN/HOLD para detener el test, deberá aparecer una etiqueta de “APAGADO” en la parte superior, lo que apagará la bomba.
11. Para repetir el procedimiento presionar RUN/HOLD y proseguir con lo establecido.
12. Presionar por 3 segundos PWR y apagar el equipo, el apagado incluye una purga de los filtros y el equipo, para que sea usado nuevamente cuando se encienda.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis y discusión de los resultados.

3.1.1 Determinación de CO en material compuesto con refuerzo de fibra natural

Antecedentes

Se evaluó el material en la cámara de inflamabilidad horizontal de La Facultad De Ingeniería Mecánica Obteniendo como resultado que es un material autoinifugo, es decir el fuego no superó la barrera de los 40 mm y se extinguió. Sin embargo se realizó la lectura bajo los parámetros establecidos bajo norma.

Para la probeta 1 se estableció un tiempo de 11 minutos y 12 segundos sin traspaso de la barrera establecida.

Para la probeta 2 se estableció un tiempo de 11 minutos y 28,1 segundos sin traspaso de la barrera establecida.

Para la probeta 3 se estableció un tiempo de 11 minutos y 41,5 segundos sin traspaso de la barrera establecida. Se presenta las probetas antes del ensayo y después del ensayo, figura 44.

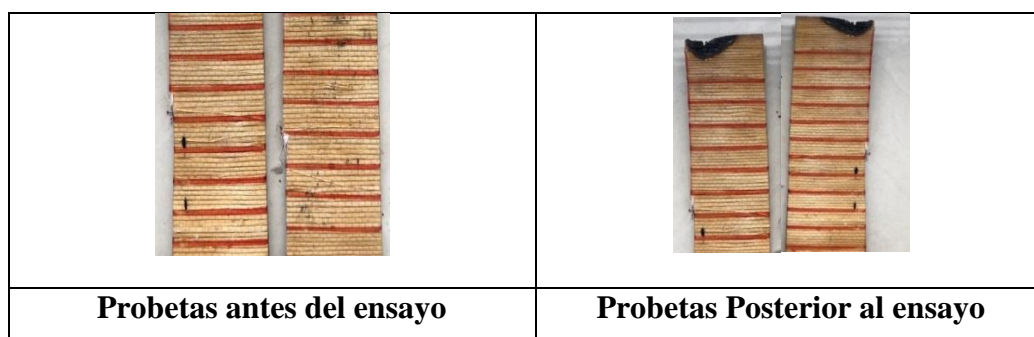


Figura 44. Probetas ensayadas de material compuesto con refuerzo de fibra natural
Fuente: [Autor]

Se ensayan tres probetas de material compuesto reforzado con fibra natural obteniendo vales similares, considerando para objeto de análisis el valor más alto, es decir, 8 PPM de CO. Como lo indica la tabla 25.

Tabla 25. Análisis de CO en combustión de Material Compuesto Con Refuerzo De Fibra Natural.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO						
	Fecha:	10/02/2019	Op.	A. GUALPA	Altura	2500 msnm
	Tiempo	36 min	Hora inicio	15:36:50	Dispositivo	INSIGHT BACHARACH
	Análisis N°	1	Hora fin	16:12:50	Serie	0024-8516
	Gas	GLP	T	23.22 °C	Operación	20 %
						
Ítem	Run 1	Run2	Run 3	Variación de CO EN PPM	Porcentaje de error (%)	
Probeta 1	8	8	8	0	0	
Probeta 1	8	8	8	0	0	
Probeta 1	8	7	8	1	9	
Probeta 2	8	8	7	1	9	
Probeta 2	8	8	7	1	9	
Probeta 2	8	8	8	0	0	
Probeta 3	8	8	8	0	0	
Probeta 3	8	7	8	1	9	
Probeta 3	8	8	8	0	0	

Fuente: [Autor]

A continuación se tiene el gráfico que representa la concentración de CO en PPM de material compuesto reforzado con fibra natural, figura 45.

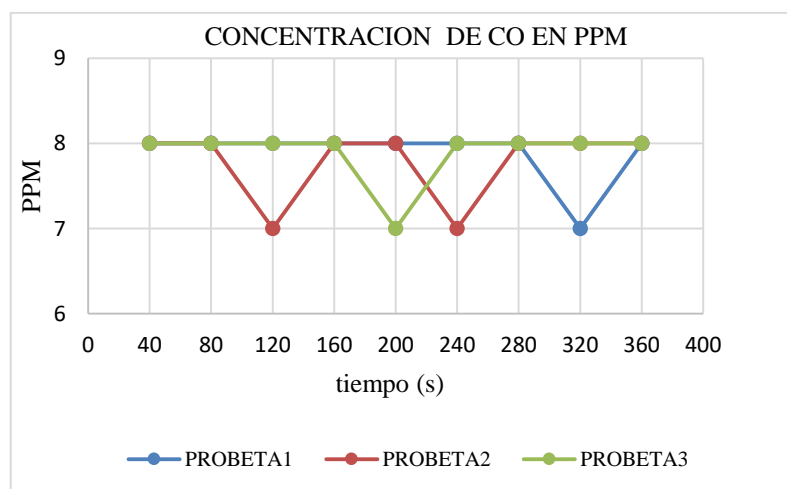


Figura 45. Partes por Millón de CO en Material Compuesto reforzado con fibra natural.

Fuente: [Autor]

3.1.2 Determinación de CO en material compuesto con resina poliéster y fibra de vidrio.

Antecedentes

Se evaluó el material en la cámara de inflamabilidad horizontal de La Facultad de Ingeniería Mecánica obteniendo como resultado que es un material autoinifugo, es decir el fuego no superó la barrera de los 40 mm y se extinguió. Sin embargo se realizó la lectura bajo los parámetros establecidos bajo norma.

Para la probeta 1 se estableció un tiempo de 2 minutos y 30 segundos sin traspaso de la barrera establecida.

Para la probeta 2 se estableció un tiempo de 2 minutos y 53 segundos sin traspaso de la barrera establecida.

Para la probeta 3 se estableció un tiempo de 2 minutos y 58 segundos sin traspaso de la barrera establecida. A continuación se muestra las probetas antes del ensayo y después del ensayo figura 46.

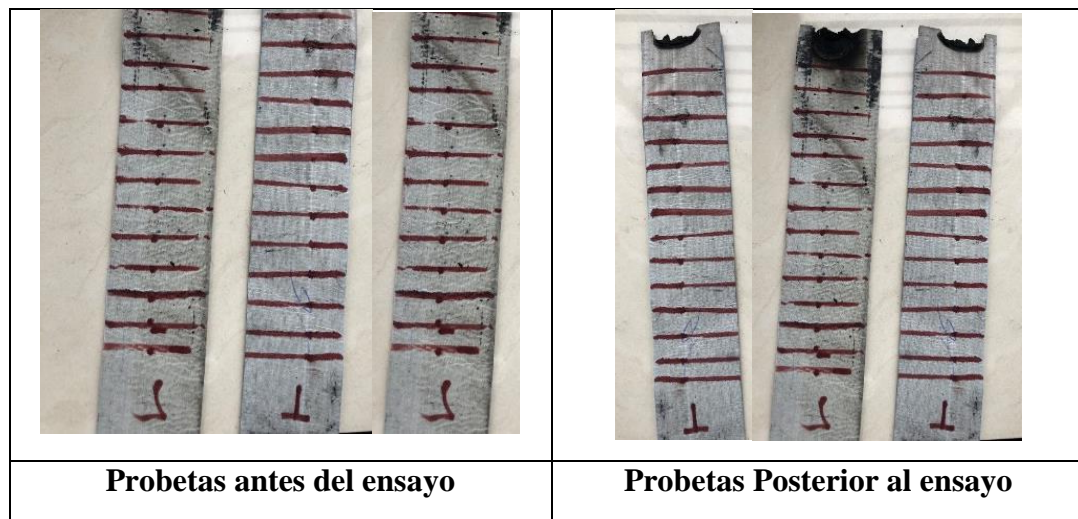


Figura 46. Probetas ensayadas de material compuesto con refuerzo de fibra natural

Fuente: [Autor]

Se ensayan tres probetas de material compuesto con resina poliéster y fibra de vidrio obteniendo vales similares, considerando para objeto de análisis el valor más alto, es decir, 3 PPM de CO. Como lo indica la tabla 26.

Tabla 26. Análisis de CO en combustión de material compuesto con resina poliéster y fibra de vidrio.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO						
	Fecha:	10/02/2019	Op.	A. GUALPA	Altura	2500 msnm	
	Tiempo	36 min	Hora inicio	15:36:50	Dispositivo	INSIGHT BACHARACH	
	Análisis N°	10	Hora fin	16:12:50	Serie	0024-8516	
Gas	GLP	T	23.13°C	Operación	20 %		
Ítem	Run 1	Run 2	Run 3	Variación de CO EN PPM	Porcentaje de error (%)		
Probeta 1	3	3	3	0	0		
Probeta 1	3	3	3	0	0		
Probeta1	3	3	3	0	0		
Probeta 2	3	3	3	0	0		
Probeta 2	3	3	3	0	0		
Probeta2	3	3	3	0	0		
Probeta 3	4	3	3	1	9		
Probeta 3	3	4	3	1	9		
Probeta 3	3	3	3	0	0		

Fuente: [Autor]

A continuación se tiene el gráfico de la concentración de CO en PPM del material compuesto de resina poliéster y fibra de vidrio, figura 47.

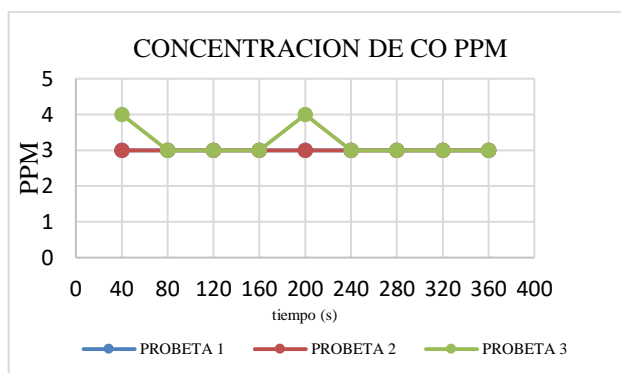


Figura 47. Partes por Millón de CO en Material Compuesto reforzado con resina poliéster y fibra de vidrio.

Fuente: [Autor]

3.1.3 Determinación de CO en Microsuede (Corosil)

Antecedentes

Se evaluó el material en la cámara de inflamabilidad horizontal de La Facultad de Ingeniería Mecánica obteniendo como resultado que es un material inflamable, es decir el fuego superó la barrera de los 40 mm. Se realizó la lectura bajo los parámetros establecidos bajo norma.

Para la probeta 1 se estableció un tiempo total de 42 segundos incluido el tiempo para traspasar la barrera de medición.

Para la probeta 2 se estableció un tiempo total de 42,58 segundos incluido el tiempo para traspasar la barrera de medición.

Para la probeta 3 se estableció un tiempo total de 45,08 segundos incluido el tiempo para traspasar la barrera de medición. A continuación se muestra las probetas antes del ensayo y después del ensayo, figura 48.

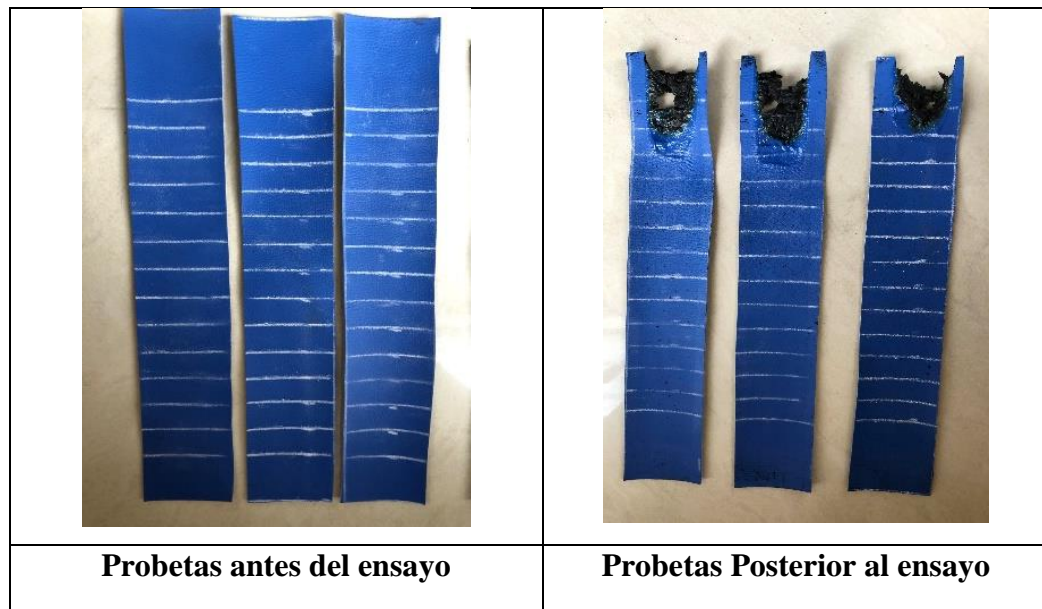




Figura 48. Probetas ensayadas Microsuede (Corosil)

Fuente: [Autor]

Se ensayan tres probetas de microsuede obteniendo vales similares, considerando para objeto de análisis el valor más alto, es decir, 11 PPM de CO . Como lo indica la tabla 27.

Tabla 27. Análisis de CO en combustión de En Microsuede (Corosil)

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO						
	Fecha:	10/16/19	Op.	A. GUAA	Altura	2500 msnm
	Tiempo	7 min 14s	Hora inicio	10:51:32	Dispositivo	INSIGHT BACHARACH
	Análisis N°	10	Hora fin	10:59:18	Serie	0024-8516
	Gas	GLP	T	18.03 °C	Operación	35 %
						
ITEM	RUN 1	RUN 2	RUN 3	Variación de CO EN PPM	ERROR (%)	
Probeta 1	11	10	11	1	4,5	
Probeta 1	11	11	10	1	4,5	
Probeta 1	11	11	11	0	0	
Probeta 2	11	11	11	0	0	
Probeta 2	11	11	11	0	0	
Probeta 2	11	11	11	0	0	
Probeta 3	11	11	11	0	0	
Probeta 3	11	11	11	0	0	
Probeta 3	11	11	11	0	0	

Fuente: [Autor]

A continuación se presenta el gráfico de la concentración de CO en PPM del microsuede (corosil), figura 49.

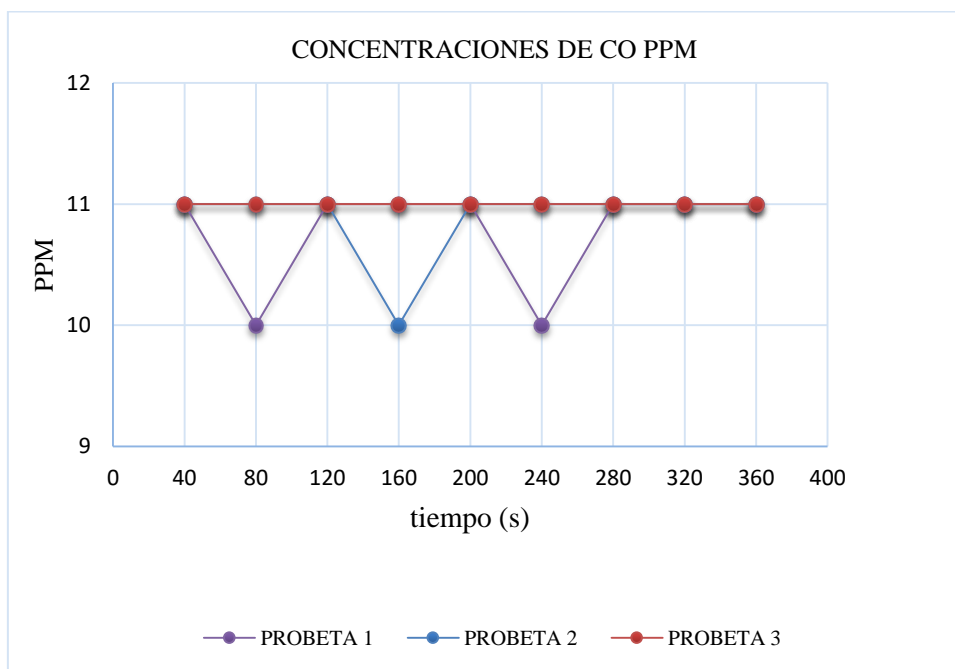


Figura 49. Análisis de combustión en microsuede

Fuente: [Autor]

3.1.4 Determinación CO en alcántara.

Antecedentes

Se evaluó el material en la cámara de inflamabilidad horizontal de la Facultad De Ingeniería Mecánica obteniendo como resultado que es un material inflamable, es decir el fuego superó la barrera de los 40 mm. Se realizó la lectura bajo los parámetros establecidos bajo norma.

Para la probeta 1 se estableció un tiempo total de 4 minutos 52 segundos en incinerarse los 254 mm establecidos por el procedimiento.

Para la probeta 2 se estableció un tiempo total de 4 minutos y 5 segundos en incinerarse los 254 mm establecidos por el procedimiento.

Para la probeta 3 se estableció un tiempo total de 3 minutos y 58 segundos en incinerarse los 254 mm establecidos por el procedimiento. A continuación se presenta las probetas antes del ensayo y después del ensayo, figura 50.

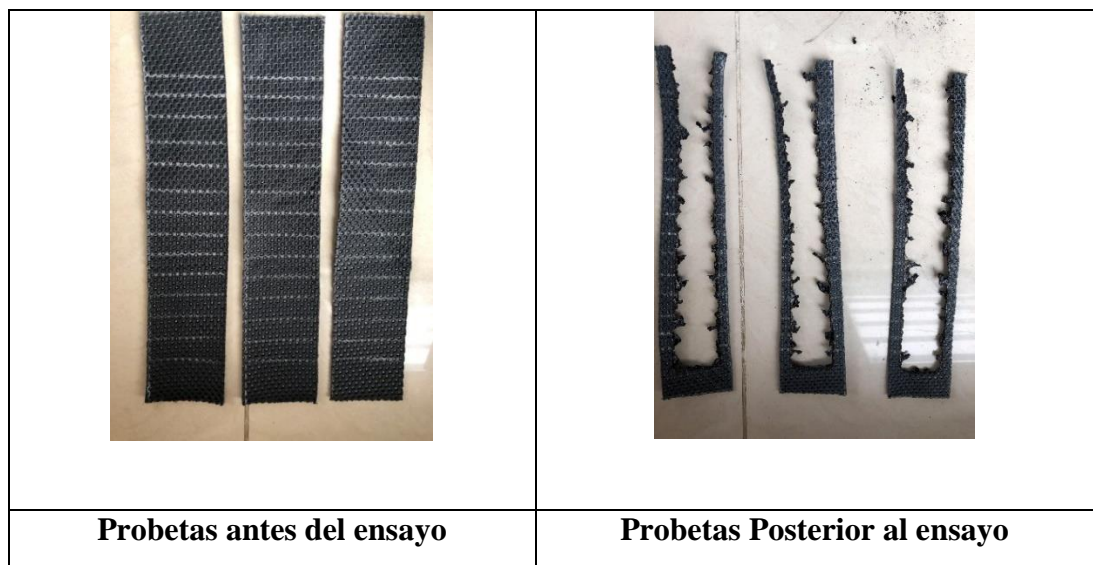


Figura 50. Probetas ensayadas en alcántara.

Fuente: [Autor]

Se ensayan tres probetas de material compuesto reforzado con fibra natural obteniendo vales similares, considerando para objeto de análisis el valor más alto, es decir, 8 PPM de CO. Como lo indica la tabla 25.

Tabla 28. Análisis de CO en combustión de alcántara.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO						
	Fecha:	10/16/19	Op.	A. GUALPA	Altura		2500 msnm
	Tiempo	23 min 10 s	Hora inicio	11:05:39	Dispositivo		INSIGHT BACHARACH
	Análisis N°	10	Hora fin	11:29:49	Serie		0024-8516
	Gas	GLP	T	20.91 °C	Operación	100 %	
ITEM	RUN 1	RUN 2	RUN 3	Variación de CO EN PPM	ERROR (%)		
Probeta 1	3	3	2	1	0		
Probeta 1	3	3	2	1	0		
Probeta 1	3	3	3	0	0		
Probeta 2	3	3	3	0	0		
Probeta 2	3	2	3	1	0		
Probeta 2	3	3	3	0	0		
Probeta 3	3	3	3	0	0		
Probeta 3	2	3	3	1	0		
Probeta 3	3	3	3	0	0		

Fuente: [Autor]

A continuación se presenta el grafico que representa la concentración de CO en PPM en alcántara, figura 51.

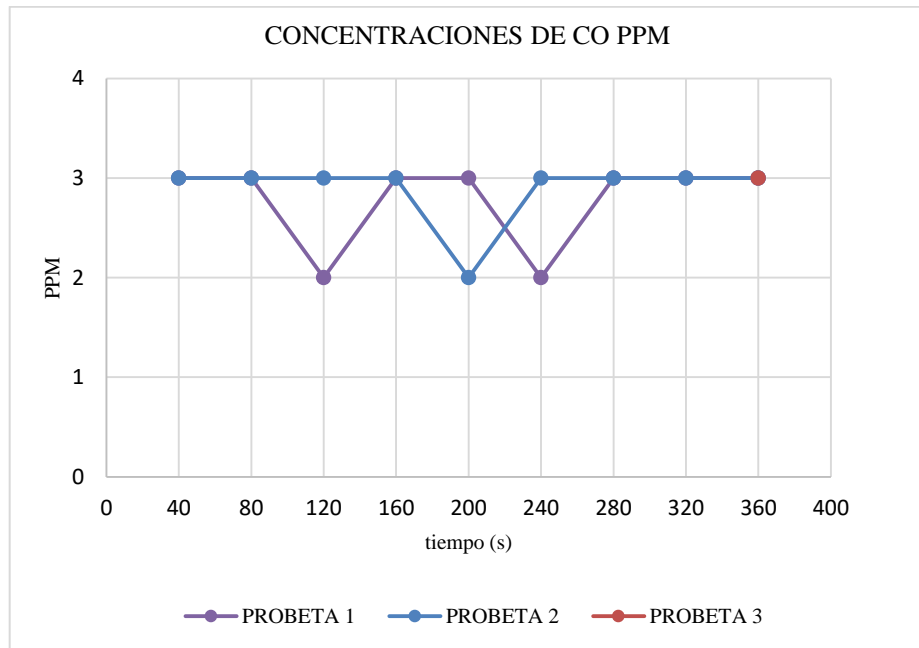


FIGURA 51. Análisis de combustión en alcántara


Fuente: [autor]

3.1.2 Análisis complementario en el gas producto de la combustión.

3.1.2.1 Análisis en Material Compuesto con refuerzo de fibra natural

La tabla 29 y figura 52 presentan valores adicionales de oxígeno, temperatura de gas y comportamiento del gas producto de la combustión.

Tabla 29. Valores de Temperatura ambiente, temperatura y porcentaje de O_2 en Material Compuesto con refuerzo de fibra natural.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO										
	Fecha:	10/16/19	Presión barométrica	A. GUALPA	Altura	2500 msnm				
	Tiempo	23 min 10 s	Hora inicio	11:05:39	Operador	Gualpa A.				
	Distancia	10	Hora fin	11:29:49	Dispositivo	Bacharach				
PORBETA 1										
RUN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
O ₂	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	%
T AIR	20	19	20	19	19	19	19	19	19	°C
T STICK	23,4	23,4	23,2	23,2	23,2	23,2	23,2	23,4	23,2	°C
PORBETA 2										
RUN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
O ₂	20,8	20,8	20,8	20,8	20,8	20,8	20,8	20,8	20,8	%
T AIR	20	20	19	20	20	19	20	20	20	°C
T STICK	23,2	23,2	23,2	23,2	23,2	23,2	23,2	23,2	23,2	°C
PORBETA 3										
RUN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
O ₂	20,8	20,8	20,8	20,8	20,8	20,8	20,8	20,8	20,8	%
T AIR	20	20	19	20	20	19	19	19	19	°C
T STICK	23,2	23,2	23,2	23,2	23,2	23,2	23,2	23,2	23,2	°C

Fuente: [Autor]

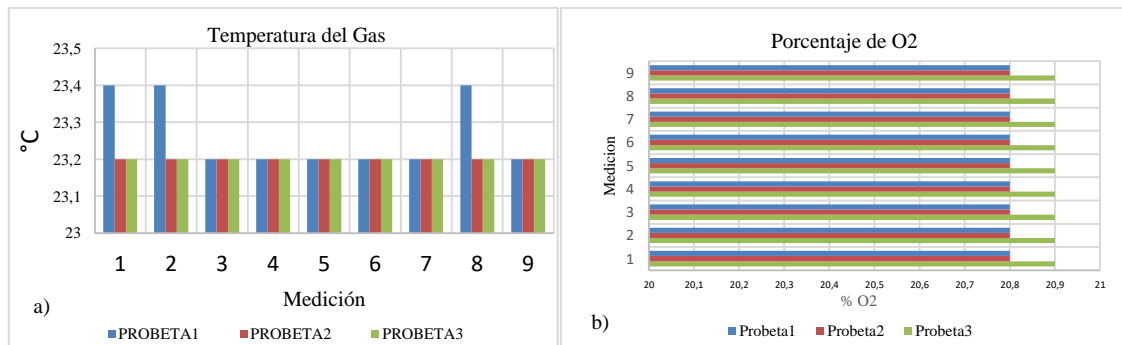


Figura 52. Temperatura (a) y porcentaje de O₂ (b) presentes en Material Compuesto con refuerzo de fibra natural

Fuente: [Autor]

3.1.2.2 Análisis en material compuesto con resina poliéster y Fibra de Vidrio

La tabla 30 y figura 31 presenta valores adicionales de oxígeno, temperatura de gas y comportamiento del gas producto de la combustión.

Tabla 30. Valores de Temperatura ambiente, temperatura y porcentaje de O_2 en Material Compuesto con resina poliéster y Fibra de Vidrio.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO										
	Fecha:	10/16/19	Presión barométrica	A. GUALPA	Altura	2500 msnm				
	Tiempo	35 min	Hora inicio	15:05:39	Operador	Gualpa A.				
	Distancia	10	Hora fin	15:40:49	Dispositivo	Bacharach				
PROBETA 1										
RUN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
O ₂	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	%
T AIR	18	18	19	19	19	19	19	19	19	C
T STICK	23,2	23,2	23,2	23,2	23,2	23,2	23,2	23,2	23,2	C
PROBETA 2										
RUN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
O ₂	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	%
T AIR	19	19	19	19	19	19	19	19	19	C
T STICK	23	23	23	23	23	23	23	23	23	C
PROBETA 3										
RUN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
O ₂	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	%
T AIR	19	19	19	19	19	19	19	19	19	C
T STICK	23,2	23,2	23,2	23,2	23,2	23,2	23,2	23,2	23,2	C

Fuente: [Autor]

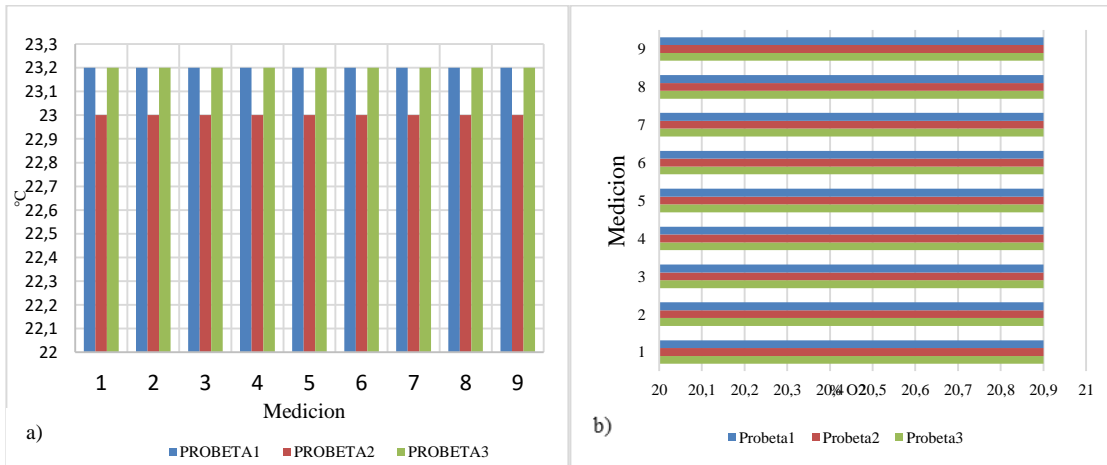




Figura 53. Temperatura (a) y porcentaje de O_2 (b) presentes en resina poliéster y Fibra de Vidrio

Fuente: [Autor]

3.1.2.3 Análisis en Microsuede

La tabla 31 y figura 54 presenta valores adicionales de oxígeno, temperatura de gas y comportamiento del gas producto de la combustión.

Tabla 31. Valores de Temperatura ambiente, temperatura y porcentaje de O_2 Microsuede

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO									
	Fecha:	11/16/19	Presión barométrica	A. GUALPA	Altura	2500 msnm				
	Tiempo	21 min	Hora inicio	09:15:20	Operador	Gualpa A.				
	Distancia	10	Hora fin	09:36:20	Dispositivo	Bacharach				
PROBETA 1										
RUN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
O₂	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	%
T AIR	18	18	19	19	19	19	19	19	19	C
T STICK	23,2	23,2	23,2	23,2	23,2	23,2	23,2	23,2	23,2	C
PROBETA 2										
RUN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
O₂	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	%
T AIR	19	19	19	19	19	19	19	19	19	C
T STICK	23	23	23	23	23	23	23	23	23	C
PROBETA 3										
RUN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
O₂	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	%
T AIR	19	19	19	19	19	19	19	19	19	C
T STICK	23,2	23,2	23,2	23,2	23,2	23,2	23,2	23,2	23,2	C

Fuente: [Autor]

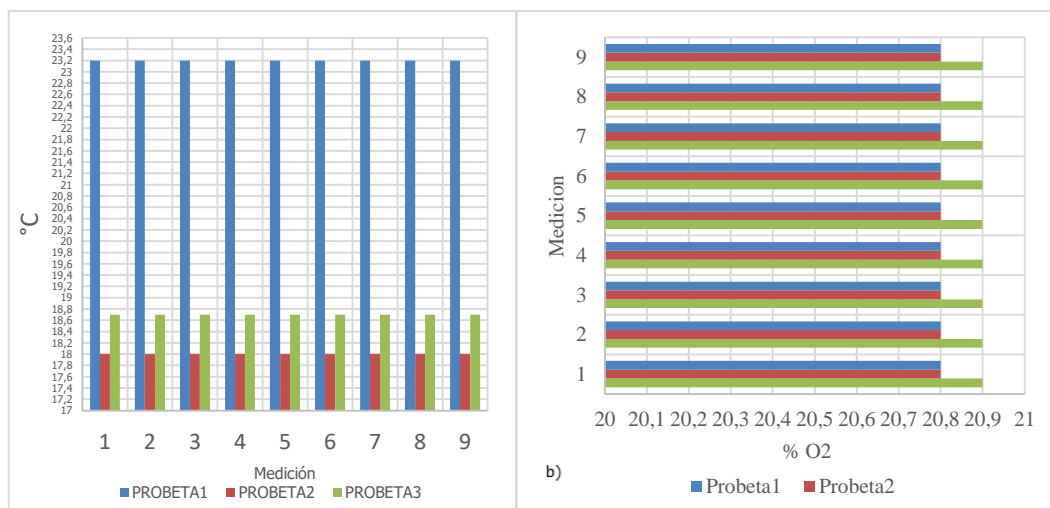




Figura 54. Temperatura (a) y porcentaje de O_2 presentes en Microsuede
Fuente: [Autor]

3.1.2.4 Análisis en Alcántara

La tabla 32 y figura 55 presenta valores adicionales de oxígeno, temperatura de gas y comportamiento del gas producto de la combustión.

Tabla 32. Valores de Temperatura ambiente, temperatura y porcentaje de O_2 en Alcántara

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO									
		Fecha:	12/16/19	Presión barométrica	A. GUALPA	Altura	2500 msnm				
		Tiempo	16 min	Hora inicio	11:03:36	Operador	Gualpa A.				
		Distancia	10	Hora fin	11:19:36	Dispositivo	Bacharach				
PROBETA 1											
RUN		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
O2		20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	%
T AIR		18	17	18	18	18	18	18	18	18	C
T STICK		18,6	19,7	19,8	19,9	20	20	20	20	20	C
PROBETA 2											
RUN		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
O2		20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	%
T AIR		17	17	17	18	18	18	18	18	18	C
T STICK		21,1	21,1	21,1	21,2	21,2	21,2	21,2	21,3	21,3	C
PROBETA 3											
RUN		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
O2		20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	%
T AIR		18	18	18	19	18	19	18	19	19	C
T STICK		21,6	21,7	21,7	21,7	21,8	21,8	21,8	21,9	21,9	C

Fuente: [Autor]

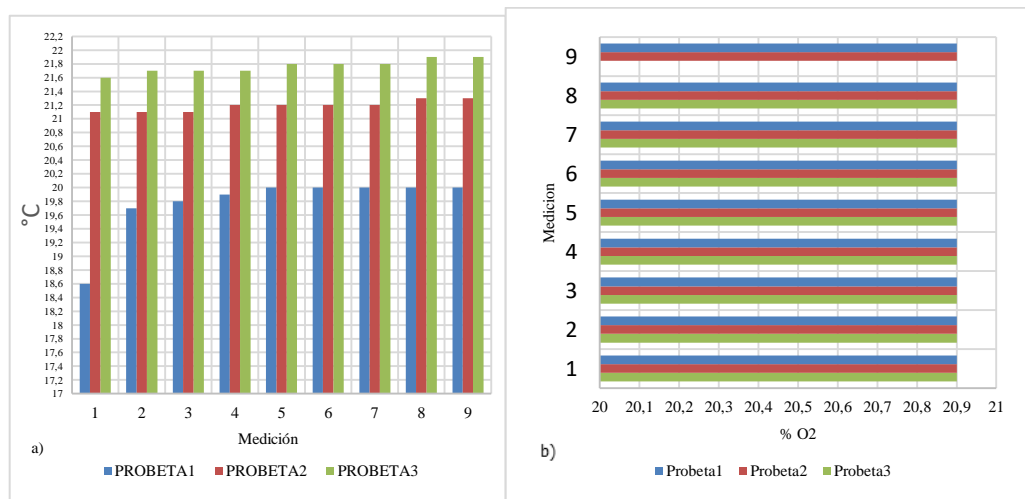


Figura 55. Temperatura (a) y porcentaje de O_2 (b) presentes en Alcántara
Fuente: [Autor]

3.2 Presupuesto

3.2.1 Costo de materiales.

Los costos de los materiales están detallados a continuación en la tabla 33.

Tabla 33. Valores en costos de Materiales

Detalle	Descripción	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
Lámina de acero galvanizado	Plancha de acero galvanizado para la campana	1	22,17	22,17
Ducto helicoidal acero galvanizado	Ducto para transporte de gases	5 m	10	50
Ventilador NEOLINE 150 V	Ventilador con motor a bolas de larga duración IPX4, VO	1	145	145
Remaches	Diámetro 2,5 mm	50	0,1	5
Codo de acero galvanizado	Codos de 90° de acero galvanizado	2	30	60
Varilla	Para soporte de ductos	1	4	4
Brocas	varios diámetros	5	5	5
Silicona	Uso para altas temperaturas, que no desprendan gases en la presencia de variación de temperatura	1	1	7,5
GLP	Gas licuado de petróleo		1,75	1,75
Analizador de gases FYRITE INSIGHT PLUS	Analizador de gases productos de combustión	1	1000	1000
TOTAL				1300,42

Fuente: [Autor]

3.2.2 Costo Mano de obra

Los costos de la mano de obra están detallados a continuación en la tabla 34.

Tabla 34. Valores en mano de obra

Detalle	Descripción	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
Soldadura	Soldadura tig para juntas en la campana	1	5	5
Costo de manufactura	Doblado, varolado, corte, superficies para embonado, lijado, etc.	1	120	120
Instalación	Perforación, varios	1	40	40
TOTAL				165

Fuente: [Autor]

3.2.3 Costos varios

Los costos varios están detallados a continuación en la tabla 35.

Tabla 35. Valores de costos varios

Detalle	Descripción	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
Transporte		1	15	5
Material de oficina		1	20	20
Internet		1	25	40
Probetas		1	15	15
TOTAL				80

Fuente: [Autor]

3.2.4 Costo Total

El costo total sumado los materiales la mano de obra y costos varios están detallados a continuación en la tabla 36.

Tabla 36. Costo total

Detalle	Descripción	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
Materiales		1		1300,42
Mano de obra		1		165
Varios		1		80
TOTAL				1545,42

Fuente: [Autor]

3.3 Manual de operaciones y mantenimiento del sistema de ventilación y medición de gases

Generalidades

Para el funcionamiento correcto debemos verificar el área de trabajo, debe estar libre de productos que alteren la combustión normal de las probetas (material inflamable), así como libre de objetos que dificulten o alteren normal funcionamiento del sistema de extracción.

El correcto almacenamiento y purga del analizador garantiza el tiempo de vida de los filtros usados en el test de combustión.

Es necesario realizar una limpieza anual en los ductos de extracción con la finalidad de evitar la segregación de material articulado (hollín) que restrinja o vuelva ineficiente el desarrollo del sistema de ventilación.

Comprobar antes de iniciar el test la correcta sujeción de la base del ventilador con sus acoples, así evitaremos vibraciones innecesarias que afectarían a largo o corto plazo el sistema.

El analizador Insight Plus contiene un colector de agua y filtro condensador los cuales deben ser verificados visualmente y ser reemplazados inmediatamente al observar su saturación completa, permitirá obtener una lectura menos errónea conforme transcurre el número de operaciones realizadas por el equipo.




Realizar una limpieza adecuada de la sonda del analizador Insigth plus después de cada test permite alargar el tiempo de vida de los filtros condensadores así como de la bomba interna que presenta el equipo.







Comprobar el estado de las mangueras de la sonda antes de iniciar el test permite alargar su vida útil, si se encuentran defectos o roturas, cambiar inmediatamente de mangueras.







3.3.1 Manual de operaciones del sistema de ventilación y medición de gases







A continuación se encuentra establecido el procedimiento general para la correcta operación y el adecuado desempeño de los elementos constituyentes del sistema de extracción y analizador de gases

Tabla 37. Manual de uso para sistema de extracción y medición de gases productos de la combustión en la cámara de inflamabilidad.

MANUAL DE OPERACIONES				
Elaborado por:	Alex Gualpa		Revisado por	Ing. Cristian Pérez
Proceso:	Medición de gases de combustión		Sistema:	Sistema de extracción
Actividad	Tarea	Verificación	Fotografías	Plan de acción
Verificar uso adecuado de elementos de seguridad	Verificar disponibilidad de Epp's para la manipulación del dispositivo	Verificar el uso adecuado de Epp's		No realizar operación alguna sin Epp's adecuados
	Verificar la existencia de elementos que puedan obstruir el correcto funcionamiento del sistema	Inspección visual del sistema		Realizar limpieza integra del sistema y remoción de materiales y elementos innecesarios en el ensayo
Preparar Analizador BACHARACH INSIGHT PLUS	Encender analizador	Visualización en display de analizador		Encender nuevamente el analizador

	Seleccionar parámetros para el test de combustión	Visualización de tipo de combustible en display del dispositivo.		Seleccionar nuevamente tipo de combustible a utilizar
Encender extractor	Verificar conexión de extractor	Visualizar la correcta conexión a la toma de energía eléctrica		No inicia la prueba
	Encender extractor de gases	Puesta en funcionamiento del ventilador, ligera corriente de aire en la campana		No inicia la prueba
Preparar ensayo de inflamabilidad	Inspeccionar la correcta sujeción de la probeta en el porta muestras	Verificar la correcta ubicación de la muestra		Insertar de forma adecuada la probeta
	Encender el mechero durante 1 minuto para estabilizar la muestra	verificar tiempo para estabilización de la llama		Dejar transcurrir el tiempo establecido
	Verificar longitud de llama según ASTM D6413	Verificar según ASTM D6413		No inicia la prueba

	Colocar porta muestras con probetas en los soportes de manera adecuada	Verificar la buena sujeción y ubicación del porta muestras		Verificar estabilidad del porta muestras en la cabina de inflamabilidad
	Cerrar la puerta de la cabina para garantizar una combustión adecuada	Verificar el adecuado cierre de la puerta de la cabina		No iniciar la prueba
	Tomar la distancia de ingreso de la sonda	Medir las distancias establecidas para las muestras de acuerdo a EPA CFR MÉTODO 1 A		
Ejecutar test de combustión	Colocar sonda en posición adecuada	Verificar la ubicación de la sonda de acuerdo a EPA CFR MÉTODO 1 A		Verificar distancias de ingreso de la sonda
	Iniciar Test de combustión, presionando botón de RUN en analizador	Visualizar "ENCENDIDO" en display de analizador		Presionar nuevamente RUN y dejar transcurrir 120 segundos entre cada medición.
	Detener analizador, presionando botón "HOLD"	Visualizar en display de analizador "APAGADO"		Presionar nuevamente HOLD


		Guardar resultados, presionando F3	Visualizar "DATOS GUARDADOS" en display de analizador		Presionar nuevamente F3
Verificar evacuación total de gases	Verificar ausencia de llama en su totalidad	Visualizar ausencia de llama en la cabina, humos en la campana de extracción y en su entorno		Dejar transcurrir tiempo necesario para apagado total de la probeta	
Extraer porta muestras	Extraer porta muestras con EPP'S adecuados	Usar Epp's adecuados		No extraer porta muestras	
Limpiar sonda de Analizador	Limpieza adecuada de sonda	Ausencia de hollín en la sonda, realizar la limpieza con alcohol industrial.		Realizar limpieza exhaustiva de sonda	
Limpiar cámara de inflamabilidad	Una vez finalizado el ensayo limpiar cámara de inflamabilidad	Cabina libre de contaminantes		Limpiar cabina	
Apagar Extractor	Posteriormente apagar extractor.	Bajar interruptor para apagado		verificar conexiones	

Fuente: [Autor]

3.3.2 Ficha técnica del sistema de ventilación y medición de gases

La tabla 38 presenta los componentes principales del sistema de extracción.

Tabla 38. Ficha técnica equipo sistema de extracción localizada

Datos técnicos			
Nombre	Sistema de extracción localizada		
Producto final	Extracción de gases producto de combustión		
Dimensiones generales	Longitud Ducto		7,5 m
	Diámetro ducto		0.15 m
	Campana	ancho	0,485 m
		profundidad	0,404 m
	ángulo	60°	
			
Parte 1	Campana de captación	Parte 3	ventilador
Parte 2	Ducto de ventilación	Parte 4	Codos

Fuente: [Autor]

3.3.2 Manual de Mantenimiento del sistema de ventilación y medición de gases

La tabla 39 muestra los posibles fallos, causas y recomendaciones para el sistema de extracción y medición de gases plasmados en una matriz AMFE.

Tabla 39. Matriz AMFE Sistema de extracción de gases.

MATRIZ AMFE												
Sistema	Componente	Función	Falla funcional	Modo de fallo	Causa raíz	Efecto	Valoraciones				Recomendaciones	
							F	G	D	MP R		
Ventilador	Carcasa	Cubrir elementos de ventilador y motor	Contaminación de elementos internos del sistema	Aumento de temperatura en el ventilador	Acumulación de suciedad	Falla en sistemas complementarios	8	4	3	144	Limpiezas mensuales de la carcasa	
	hélice	Direccionar flujo de aire	Defectuosa o inexistente extracción de gases	Deficiencia o ausencia de movimiento rotativo de hélice	Falta de limpieza en componentes de la carcasa	Sistema con deficiente o ausencia de extracción de gases	7	6	5	210	Realizar limpiezas mensuales de las hélices y retirar impurezas	
					Rotor sin movimiento por desalineamiento							
					Ausencia de energía eléctrica							
	Tarjeta de velocidades	Regular voltaje para una velocidad constante	Velocidad cero o baja velocidad de extracción	Variación inestable de velocidades	Falta de Limpieza	Daño irreparable en tarjeta	4	8	5	160	Anualmente realizar limpieza de tarjetas	
	Rotor	Transmitir movimiento hacia hélices	Sin extracción adecuada en el sistema	Ausencia de movimiento rotatorio	Aumento de temperatura en el ventilador	Desgaste excesivo en rotor y elementos contiguos	8	6	3	144	Realizar limpieza anual de elementos internos del motor	
					Movimiento errático en el sistema							Desalineamiento por posicionamiento erróneo de ventilador
					Presencia de partículas carbonizadas							Mantenimiento en intervalos distantes
					Carbonización del Cobre							Desuso
							6	6	7	252	No prolongar el tiempo para mantenimientos preventivos	
					Lubricación inadecuada,							

	Rodamientos	Enlace móvil entre dos elementos	Aumento de vibraciones en el sistema	Desgaste no programado en elementos	exceso o falta de lubricación en los elementos rodantes	Falla del sistema por desgaste general de elementos	4	8	4	128	Lubricar de acuerdo a catálogo de rodamientos
					Uso de lubricantes inadecuados						
					Montaje Incorrecto						
					Desalineación		5	8	5	200	Revisar ajustes y tolerancias para cambio de rodamientos, según especificaciones

Valores de F, G y D					
Frecuencia		Gravedad		Detección	
Imposible	1-2	Insignificante	1-2	Muy elevada	1-2
Remoto	3-4	Moderado	3-4	Elevada	3-4
Ocasional	5-6	Importante	5-6	Moderada	5-6
frecuente	7-8	Critico	7-8	Escasa	7-8
Muy frecuente	9-10	catastrófico	9-10	Muy escasa	9-10

Para un buen funcionamiento es necesario cumplir con el programa de mantenimiento preventivo, la cual está detallada a continuación en la tabla 40.

Tabla 40. Mantenimiento Preventivo Programado

PLAN DE MANTENIMINETO PREVENTIVO													
Actividad	Frecuencia	Meses											
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Limpieza campana de extracción	Mensual	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Limpieza Ducto de ventilación	Semestral	1						2					
Limpieza Ventilador	Mensual	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Limpieza sonda de analizador	Cada prueba	CADA PRUEBA											
Limpieza externa de analizador	Cada prueba	CADA PRUEBA											
Cambio de filtro condensador	Semestral o saturación	1						2					
Cambio de colector	Anual	1											
Cambio de Filtro O2	2 años o dispositivo lo requiera	1 cada dos años											
Cambio de Filtro CO	2 años o dispositivo lo requiera	1 cada dos años											

Fuente: [Autor]

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Basado en AICGH y SMACNA la mejor opción es un Sistema de extracción localizada con campana de captación suspendida vertical, siendo variables importantes en el diseño la temperatura del foco de contaminación y la altura de la campana de captación hasta dicho foco.
- El mejor punto para el test de combustión es a 15 cm de la campana de extracción aguas arriba por su accesibilidad y ausencia de turbulencias sustentado en EPA PART 60 APÉNDICE A MÉTODO 1A
- Basado en EPA PART 60 APÉNDICE A MÉTODO 3A, 6C, 7E se construyó un único punto de muestra, con la finalidad de realizar tres ejecuciones de medición con una variación de 1PPM entre cada medición, mediante la utilización del analizador Insight Fyrite Plus.
- Tomando en consideración SMACNA HVAC DUCT CONSTRUCTION STANDARDS METAL AND FLEXIBLE, capítulo 1-5 y ACGIH 6-3 se construyó el sistema en ducto de acero galvanizado de 0,7 mm para el transporte del gas, plancha de 1 mm para la campana de captación.
- Se comprobó que el material compuesto por resina y refuerzo de fibra natural tiene una concentración de 8 PPM de CO (correspondiente a $14.39 \frac{mg}{m^3}$) una temperatura promedio de $23,22 \text{ }^\circ\text{C}$ y 20,9 % de O_2 , con una coloración gris-oscura en el gas producto de la combustión. Por lo tanto la emisión de gases es permisible sin necesidad de implementar protocolos de tratamiento o mejoramiento en la calidad de aire emitido a la atmosfera de acuerdo a NT 001.
- Se comprobó que el material compuesto por resina poliéster y refuerzo de fibra vidrio tiene una concentración de 3 PPM de CO (correspondiente a $\frac{mg}{m^3}$), una temperatura promedio de $23,13 \text{ }^\circ\text{C}$ y 20,9 % de O_2 , con una coloración gris en el gas producto de

la combustión. Por lo tanto la emisión de gases es permisible sin necesidad de implementar protocolos de tratamiento o mejoramiento en la calidad de aire emitido a la atmosfera de acuerdo a NT 001.

- Se evidenció que el material microsuede (corosil), tiene una concentración de 11 PPM de CO (correspondiente a $19,79 \frac{mg}{m^3}$), una temperatura promedio de $18,03 \text{ }^\circ\text{C}$ y $20,9 \%$ de O_2 , con una coloración gris-oscura en el gas producto de la combustión. Por lo tanto la emisión de gases es permisible sin necesidad de implementar protocolos de tratamiento o mejoramiento en la calidad de aire emitido a la atmosfera de acuerdo a NT 001.
- Se evidenció que el material alcántara tiene una concentración de 3 PPM CO , (correspondiente a $5,4 \frac{mg}{m^3}$) una temperatura promedio de $20,91 \text{ }^\circ\text{C}$ y $20,9 \%$ de O_2 , con una coloración gris en el gas producto de la combustión. Por lo tanto la emisión de gases es permisible sin necesidad de implementar protocolos de tratamiento o mejoramiento en la calidad de aire emitido a la atmosfera de acuerdo a NT 001.

4.2 Recomendaciones

- Se debe realizar el procedimiento de operación del analizador de acuerdo a su manual de funcionamiento conforme lo dictamina EPA PART 60 APÉNDICE A MÉTODO 3A, 6C, 7E, para obtener los valores adecuados en la lectura de las concentraciones de los gases.
- Se recomienda el uso de los equipos de protección personal adecuados para realizar las pruebas de emisión de gases, ya que se expone el usuario a gases nocivos y a altas temperaturas.
- Se recomienda tener una bitácora con fechas y tiempo de ejecución de los análisis realizados debido a las posibles fiscalizaciones de la fuente de emisión.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] N. Quadri. Manual de Aire Acondicionado y Calefacción. 1 Ed. Buenos Aires. Liberia Y Editorial Alsina, 2009.
- [2] American Conference Of Gubernamental Industrial Hygienists. ACGIH. 1330 Kemper Meadowdrive Cincinnati, Ohio 45240-1634
- [3] S. Escoda, Manual Práctico de Ventilación. 2 Ed. Barcelona. Rosello 430-432.
- [4] L. Laudén, T. Richard. Flammability behaviour of wood and a review of the methods for its reduction. From SpringerOpen 2013.
- [5] E. Alarcón. Safety systems: Ventilation, filtering and extinction Article@Sistemas de seguridad: Ventilación, filtrado y extinción. From Scopus 2008
- [6] G. Villafior, G. Morales, J. Velasco. Variables Significativas del Proceso de Combustión de Gas Natural. From Scielo 2008.
- [7] CFR, ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY SUBCHAPTER C -- AIR PROGRAMS, APENDIX 1 PART 60.
- [8] SMACNA, HVVAC DUCT CONSTRUCTIONS STANDARDS, SHETMETAL AND AIR CONDITIONING CONTRACTORS, NATIONAL ASSOCIATION, INC.
- [9] Jeanne M, Stellman, Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo. Ginebra 1998 Segunda Edición, Disponible Online: <http://www.cucba.udg.mx/sites/default/files/proteccioncivil/normatividad/Enciclopedia%20de%20salud%20y%20seguridad%20en%20el%20trabajo.pdf>
- [10] Jeanne M, Stellman, Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo. Ginebra 1998 Segunda Edición. Disponible Online <http://www.cucba.udg.mx/sites/default/files/proteccioncivil/normatividad/Enciclopedia%20de%20salud%20y%20seguridad%20en%20el%20trabajo.pdf>.
- [11] Glia Ckua, Marina, (2005), Tesis Doctoral Resinas Epoxi Sililadas Retardantes a la llama. Síntesis, Caracterización y Propiedades, Universidad de Tarragona, España.

[12] Castro, F. “análisis del material compuesto de fibra de vidrio con matriz polimérica utilizado en la fabricación del interior de carrocerías metalmecánicas para determinar sus Propiedades mecánicas”. Tesis para la Obtención del título de Ingeniero Mecánico. Universidad Técnica De Ambato, Facultad De Ingeniería Civil y Mecánica. 2017.

[13] Murrplastik. Grados de protección e inflamabilidad. Materiales y propiedades. Polígono Industrial Rebullón. España.

[14] Governmente of Canada. Guía industrial sobre la inflamabilidad de los productos textiles en Canadá (Industry Guide to Flammability of Textile Products in Canada). Diciembre 2016.

[15] Lozada, J. “Elaboración De Un Plan De Mantenimiento Basado En El Mantenimiento Productivo Total (Tpm) Para La Maquinaria De Recuperación De Turbinas Del Cirt En La Empresa Celec Ep – Hidroagoyán”. Tesis para la Obtención del título de Ingeniero Mecánico. Universidad Técnica De Ambato, Facultad De Ingeniería Civil y Mecánica. 2017.

[16] Cabrera, A. “Diseño Y Construcción De Un Banco De Pruebas Para Ensayos De Inflamabilidad Vertical De Materiales Utilizados En El Interior De Las Carrocerías”. Tesis para la Obtención del título de Ingeniero Mecánico. Universidad Técnica De Ambato, Facultad De Ingeniería Civil y Mecánica. 2018.

[17] Castro, D. “Análisis Del Material Compuesto De Fibra De Vidrio Con Matriz Polimérica Utilizado En La Fabricación Del Interior De Carrocerías Metalmecánicas Para Determinar Sus Propiedades Mecánicas”. Tesis para la Obtención del título de Ingeniero Mecánico. Universidad Técnica De Ambato, Facultad De Ingeniería Civil y Mecánica. 2017.

[18] Freire, O. “Castro, D. “Análisis Del Material Compuesto De Fibra De Vidrio Con Matriz Polimérica Utilizado En La Fabricación Del Interior De Carrocerías Metalmecánicas Para Determinar Sus Propiedades Mecánicas”. Tesis para la Obtención

del título de Ingeniero Mecánico. Universidad Técnica De Ambato, Facultad De Ingeniería Civil y Mecánica. 2018.

[19] Villena, L. “Análisis de la incidencia de retardantes de llama (hidróxido de aluminio, hidróxido de magnesio) en las propiedades mecánicas de un material compuesto de matriz polimérica reforzado con fibra de vidrio utilizado en la fabricación del interior de carrocerías metalmecánicas”. Tesis para la Obtención del título de Ingeniero Mecánico. Universidad Técnica De Ambato, Facultad De Ingeniería Civil y Mecánica. 2018.

[20] Criollo, C. “Desarrollar Un Plan De Mantenimiento Preventivo Para La Maquinaria De La Empresa Imprenta “Morales” De La Ciudad De Ambato”. Tesis para la Obtención del título de Ingeniero Mecánico. Universidad Técnica De Ambato, Facultad De Ingeniería Civil y Mecánica. 2019.

[21] Mott, R. Mecánica de Fluidos. Sexta edición, México. Pearson Education.

[22] Beer, F. Mecánica de Materiales. Quinta edición, México. McGraw-Hill Interamericana EDITORES, 2010.

[23] Simms, M. y Otros, “AUTOTRACKING FUME EXTRACCION EXHAUST HOOD” 04, 2019.

[24] Delgado, M. 2016. ”DISEÑO DE UN SISTEMA DE EXTRACCIÓN Y TRATAMIENTO DE GASES EN UN AMBIENTE DE FORJA Y SOLDADURA” en su tesis previo a la obtención de su título de Tercer nivel, Lima-Perú. 2019.

[25] Chimbo L., Ortiz Rafael. “DISEÑO DE UN SISTEMA DE EXTRACCIÓN LOCALIZADA DE GASES Y POLVOS DEL PROCESO DE RECONSTRUCCIÓN MECÁNICA DE TURBINAS HIDRÁULICAS Y SU MANEJO PARA EL CONTROL DEL IMPACTO AMBIENTAL” en su tesis previo a la obtención de su título de Tercer nivel. Riobamba Ecuador, 2012.

[26] DUTERM ACEROS S.A.”MANUAL DE ACEROS ESPECIALES “, Guayaquil-Ecuador, via Daule.

[27] DIPAC ACEROS S.A.”MANUAL DE ACEROS GALVANIZADOS”, Quito-Ecuador.

[28] BACHARACH, “MANUAL DE OPERACIONES Y MANEJO DE FYRITE INSIGHT PLUS”. Revisión 2, Agosto 2014.

[29] SODECA, “CATALOGO DE VENTILADORES”, Barcelona (Spain), USA, Canadá, México, América del sur.

[30] NT 001, Norma Técnica Para Emisiones A La Atmosfera De Fuentes Fijas.

Anexos

Anexo 1. Manual de operaciones y manejo de analizador Bacharach Insigth Plus.

Anexo 2. HVAC DUCT CONSTRUCTION STANDARDS METAL AND FLEXIBLE.

Anexo 3. Cancerígenos, sustancias de combustión variable, humos de soldadura.

Anexo 4. Velocidades de captación y velocidades en conductos recomendables ACGIH.

Anexo 5. Pérdidas por fricción en codos ACGIH.

Anexo 6. Pérdidas por fricción en chimeneas ACGIH.

Anexo 7. Factores de efecto sistema para codos.

Anexo 8. Longitud efectiva para acoples y chimeneas.

Anexo 9. EPA 40 CFR PARTE 60 APENDICE A

Anexo 10. Ficha técnica Neoline 150 V.

Anexo 11. Planos.

Anexo 1. Manual de operación y manejo de
analizador Fyrite Insight Plus



Fyrite®
iNSIGHT®
PLUS

Combustion Gas Analyzer

Instruction Manual

Configuration • Operation • Maintenance



P/N: 0024-9487

Revision 3

October 2018

Product Leadership • Training • Service • Reliability

WARRANTY

Bacharach, Inc. warrants to Buyer that at the time of delivery this product will be free from defects in material and manufacture and will conform substantially to Bacharach Inc.'s applicable specifications. Bacharach's liability and buyer's remedy under this warranty are limited to the repair or replacement, at Bacharach's option, of this product or parts thereof returned to seller at the factory of manufacture and shown to Bacharach Inc.'s reasonable satisfaction to have been defective; provided that written notice of the defect shall have been given by buyer to Bacharach Inc. within two (2) years after the date of delivery on Product, CO sensor, and O₂ sensor, and within three (3) years after the date of delivery of the LL O₂ sensor.

Bacharach, Inc. warrants to buyer that it will convey good title to this product. Bacharach's liability and buyer's remedy under this warranty of title are limited to the removal of any title defects or, at the election of Bacharach, to the replacement of this product or parts thereof that are defective in title.

THE FOREGOING WARRANTIES ARE EXCLUSIVE AND ARE GIVEN AND ACCEPTED IN LIEU OF (I) ANY AND ALL OTHER WARRANTIES, EXPRESS OR IMPLIED, INCLUDING WITHOUT LIMITATION THE IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY AND FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE: AND (II) ANY OBLIGATION, LIABILITY, RIGHT, CLAIM OR REMEDY IN CONTRACT OR TORT, WHETHER OR NOT ARISING FROM BACHARACH'S NEGLIGENCE, ACTUAL OR IMPLIED. The remedies of the buyer shall be limited to those provided herein to the exclusion of any and all other remedies including, without limitation incidental or consequential damages. No agreement varying or extending the foregoing warranties, remedies or this limitation will be binding upon Bacharach, Inc. unless in writing, signed by a duly authorized officer of Bacharach.

**Register your warranty by visiting
www.mybacharach.com**

NOTICE

Product improvements and enhancements are on-going, therefore the specifications and information contained in this document may change without notice.

Bacharach, Inc. shall not be liable for errors contained herein or for incidental or consequential damages in connection with the furnishing, performance, or use of this material.

No part of this document may be photocopied, reproduced, or translated to another language without the prior written consent of Bacharach, Inc.

Copyright © 2018, Bacharach, Inc., all rights reserved.

BACHARACH, Fyrite, INSIGHT, and B-SMART are registered trademarks of Bacharach, Inc. All other trademarks, trade names, service marks and logos referenced herein belong to their respective companies.

Table of Contents

SECTION 1. OVERVIEW	1
1.1. Introduction	1
1.2. Conventions	1
1.3. Safety	1
1.4. Product Overview	4
1.5. North American (NA) vs. Siegert (S) Combustion Equations.....	4
1.6. Components.....	6
1.7. Features	8
1.8. Combustion Test Process Overview	10
1.9. Fyrite [®] INSIGHT [®] Plus Sales Combinations	11
1.10. Specifications	12
SECTION 2. SETUP	15
2.1. Connecting the Probe and Thermocouple	15
2.2. Front Panel Buttons	16
2.3. Power Options	18
2.4. Turning the Fyrite [®] INSIGHT [®] Plus On/Off.....	19
SECTION 3. CONFIGURATION	20
3.1. Menu Structure Overview.....	20
3.2. The Warm-up Sequence	20
3.3. Main Menu.....	21
3.4. Select Fuel Menu	23
3.5. Pressure Menu	25
3.6. Temperature Menu.....	25
3.7. Tune-Rite Option (North American Only)	26
3.8. Leak Test Menu (Siegert Only).....	26
3.9. Ambient CO Menu (Siegert Only)	28
3.10. Memory Options Menu	29
3.11. Setup Menu.....	31
3.12. Calibration Menu	59
3.13. Diagnostics Menu.....	60
3.14. Status Menu	63
SECTION 4. OPERATION	64
4.1. Prerequisites	64

4.2. Sampling Point Examples	64
4.3. Combustion Testing Process	67
4.4. The RUN Screen	69
4.5. Making a Draft or Pressure Measurement	71
4.6. Printing Using the Optional IrDA Printer.....	72
4.7. Graphics Screens.....	75
4.7.1. Overview	75
4.7.2. Graphical Line Graph Trend Screen	76
4.7.3. Bar Graph Screen	77
4.7.4. Stack Temperature Hot Spot Screen.....	80
4.8. Taking Ambient CO Measurements (Siegert Only)	80
4.9. PC Interface and Fyrite [®] User Software.....	81
SECTION 5. CALIBRATION AND MAINTENANCE.....	82
5.1. Serviceability	82
5.2. Cleaning the Probe.....	82
5.2.1. Equipment Required	83
5.2.2. Procedure	83
5.3. Water Trap and Filter Replacement.....	84
5.4. O ₂ and/or CO Sensor Replacement.....	85
5.4.1. Accessing the Sensors.....	85
5.4.2. Material Required (As Needed)	85
5.4.3. O ₂ Sensor Replacement Procedure.....	85
5.4.4. CO Sensor Replacement Procedure	86
5.4.5. B-SMART [®] CO Sensor Replacement.....	88
5.5. Pressure Sensor Calibration	89
5.5.1. Materials Required	89
5.5.2. Procedure	89
5.6. T-Stack Calibration	91
5.6.1. Materials Required	91
5.6.2. T-Stack Calibration Procedure	91
5.7. T-Air Calibration	93
5.7.1. Materials Required	93
5.7.2. T-Air Calibration Procedure	94
5.8. CO Sensor Calibration	96
5.8.1. Materials Required	96
5.8.2. CO Manual Zero Procedure	96
5.8.3. CO Sensor Span Procedure	97
5.9. T-Ref Sensor Calibration	98
SECTION 6. TROUBLESHOOTING	99

6.1. Error and Warning Messages	99
6.2. Replacement Parts	101
6.3. Accessories.....	102
6.4. Instrument Identification	103
6.5. Service Centers	104
Index	106



Section 1. Overview

1.1. Introduction

Thank you for investing in a Bacharach Fyrite® INSIGHT® Plus combustion analyzer. To assure proper use and operator safety, please read the contents of this manual for important information on the operation and maintenance of the analyzer.

1.2. Conventions



WARNING: A warning statement denotes a potential hazard associated with the use of this equipment. Failure to follow this information could result in serious personal injury or death.



CAUTION: A caution statement indicates a potentially hazardous situation which, if not avoided, may result in minor or moderate injury. Caution statements may also be used to alert against unsafe practices.



IMPORTANT: An important statement provides emphasis of an important feature, operation, etc. Failure to follow this information could void your warranty, result in improper operation, or cause equipment damage.



NOTE: A note statement provides emphasis of a feature, operation, practice, etc.

1.3. Safety



WARNING: This analyzer is not intended to be used as a safety device.



WARNING: When testing an appliance, a full visual inspection of the appliance should be performed to ensure its safe operation.



CAUTION: This analyzer is not intended to be used on a continuous basis.



CAUTION: Do not store instrument or its sensors with solvents or products that contain solvents.



CAUTION: Except for sensor and battery replacement, this analyzer should only be opened and/or serviced by authorized Bacharach personnel. Failure to comply may void the warranty.



HAZARDOUS AREA WARNING: This instrument has not been designed to be intrinsically safe for use in areas classified as hazardous locations. For your safety, **DO NOT** use it in hazardous (classified) locations.



CAUTION: Do not use flammable or combustible substances (like carburetor fluid used for cleaning the probe) near an open flame.

CAUTION: When the instrument is used in an inefficient oil-fueled appliance where there is a high emission of soot, the probe's sample filter may become clogged. Before every use confirm that the filter is clean and replace it with a new filter if necessary.

To prevent soot intake and a clogged filter, a smoke test should be performed before operating under such conditions. This ensures that the furnace or boiler is burning at a level appropriate for the use of this instrument.



When the CO₂ level exceeds the allowable threshold, a warning will prompt the user to consider performing a smoke test. This screen is cleared by pressing the ENTER button. Once the warning is cleared, it will not be displayed again for that particular test. If a new test is started (by pressing the HOLD button), the warning will be displayed again if the limit has been exceeded.



IMPORTANT: Never disconnect the probe from the instrument until purging is complete. Otherwise, leftover target gas (for example, CO) may remain in the probe and cause inaccurate zeroing at power up that could lead to inaccurate gas measurements afterwards.



NOTE: the InSight Plus CO sensor output is cross-sensitive to H₂.

1.4. Product Overview

The Fyrite® INSIGHT® Plus is a portable hand-held combustion analyzer for use in residential and light commercial applications. It is intended to be used by:

- HVAC contractors
- home inspectors
- maintenance personnel
- energy auditors

to conduct combustion efficiency analysis on residential and light commercial furnaces and appliances in the worldwide market.

The instrument is supplied with all of the following components:

- probe and hose assembly
- four disposable “AA” alkaline batteries
- hard carrying case
- rubber boot
- spare filters
- factory-calibrated and installed sensors as ordered

and, depending on the model and kit, some or all of the following:

- Fyrite® User Software (FUS)
- USB cable (type A to Mini B)
- Infrared Data Association (IrDA) printer with four disposable “AA” alkaline batteries
- printer paper.

1.5. North American (NA) vs. Siegert (S) Combustion Equations

Though the combustion *process* is fairly standardized across the globe, a combustion analyzer intended for worldwide use demands a degree of flexibility for a few regional preferences. The Fyrite® INSIGHT® Plus provides a North American (NA) configuration and a Siegert (S) configuration (see page 56) to address these and other needs, which are contrasted below.



NOTE: Detailed differences between North American and Siegert configurations are noted where appropriate in this manual.

Feature	North American (NA) versus Siegert (S) Configurations	
Countries	Typical North American (NA) Users Asia Australia Latin America North America South America	Typical Siegert (S) Users Belgium Denmark France Germany Italy Netherlands Poland Spain United Kingdom
Heating Values	For combustion calculations, Siegert uses the fuel's <i>lower</i> heating value; NA uses the <i>higher</i> value (see page 69).	
Fuels	Different fuel sets and composition (see page 23)	
Different RUN Parameters	EFF (NA) vs. Stack loss and ETA (S) Excess Air (NA) vs. Lambda (S) (Lambda is similar to excess air) (see page 69)	
Extra Siegert Parameters	CO/CO ₂ ratio, boiler temperature, smoke number, and oil derivative are displayed for Siegert only (see page 69).	
CO ₂ Max	In the Siegert configuration, the user can set a CO ₂ Max number for the fuel (see page 23).	
Print Average Feature	There is a print average feature for Siegert (see page 31).	
Time and Date Format	NA: MM/DD/YY w/ 12-hour time format with AM/PM or DD/MM/YY w/ 24-hour time format (see page 52) Siegert: DD/MM/YY w/ 24-hr time format only	
Languages	3 for the North American (NA) configuration and 8 for the Siegert (S) configuration (See language list on page 48)	

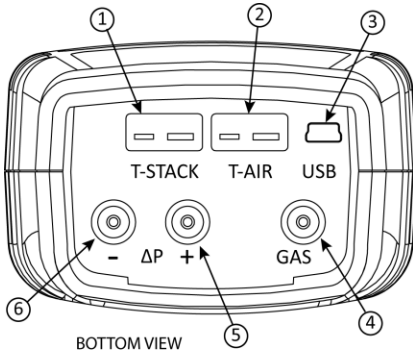


NOTE: The Combustion Equations setting is used to configure the instrument to use either North American combustion equations or Siegert combustion equations (see page 56). Changing *this* setting resets memory and the values of *other* settings. Refer to page 56 for a list of affected parameters.

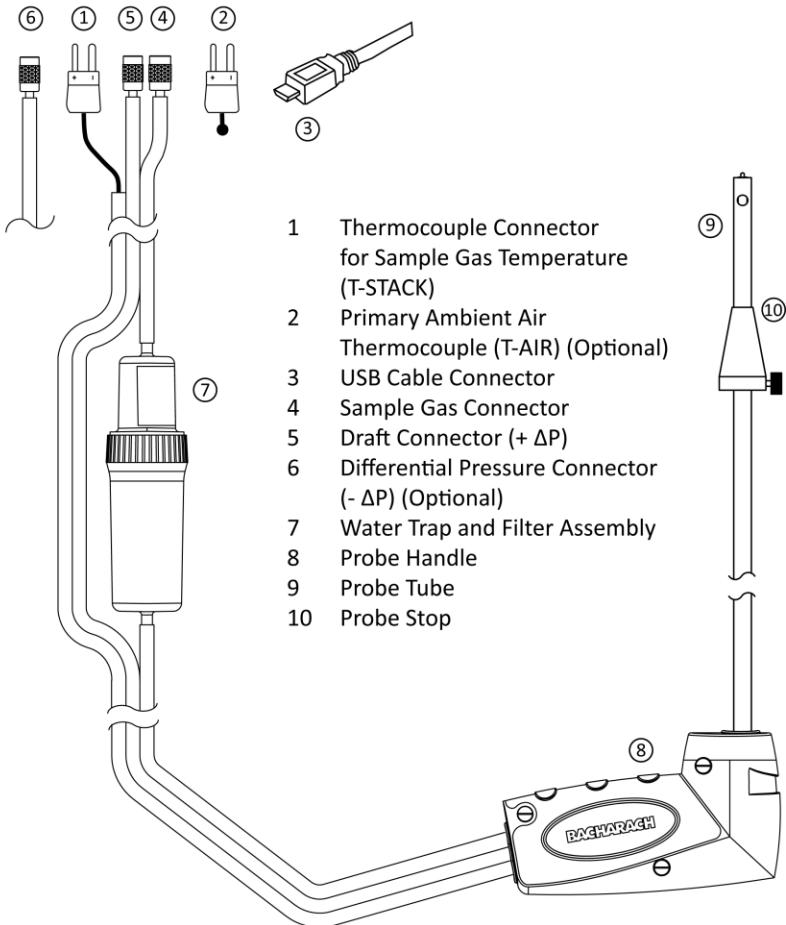
1.6. Components

- 1 Graphic Color Display
- 2 Function Keys (F1, F2, and F3)
 - Context sensitive
 - Functions shown at bottom of display
- 3, 4 Up and Down Arrow Keys
 - Scroll up/down through a list
 - Increase/decrease alphanumeric values
- 5, 6 Left and Right Arrow Keys
 - Scroll left/right through a field
 - Jump to top/bottom of list
- 7 Enter Key
 - Choose highlighted item
 - Accept value/characters
- 8 Escape Key
 - Cancel most operations and display previous screen
- 9 Power Key
 - Press & release Power ON
 - Press & hold (2 secs) Begin power OFF sequence
- 10 Run/Hold Key
 - While in HOLD Turns on pump, displays RUN screen, and begins combustion test.
 - While in RUN Turns off pump, displays HOLD screen and last set of combustion data.
 - In most menus Displays HOLD screen.
 - During power down Returns display to HOLD screen (cancels power down).





- 1 Stack Temperature Connector (T-STACK)
- 2 Primary Ambient Air Connector (T-AIR)
- 3 USB Connector (Mini B)
- 4 Sample Gas Connector
- 5 Draft Connector (+ ΔP)
- 6 Differential Pressure Connector (- ΔP)



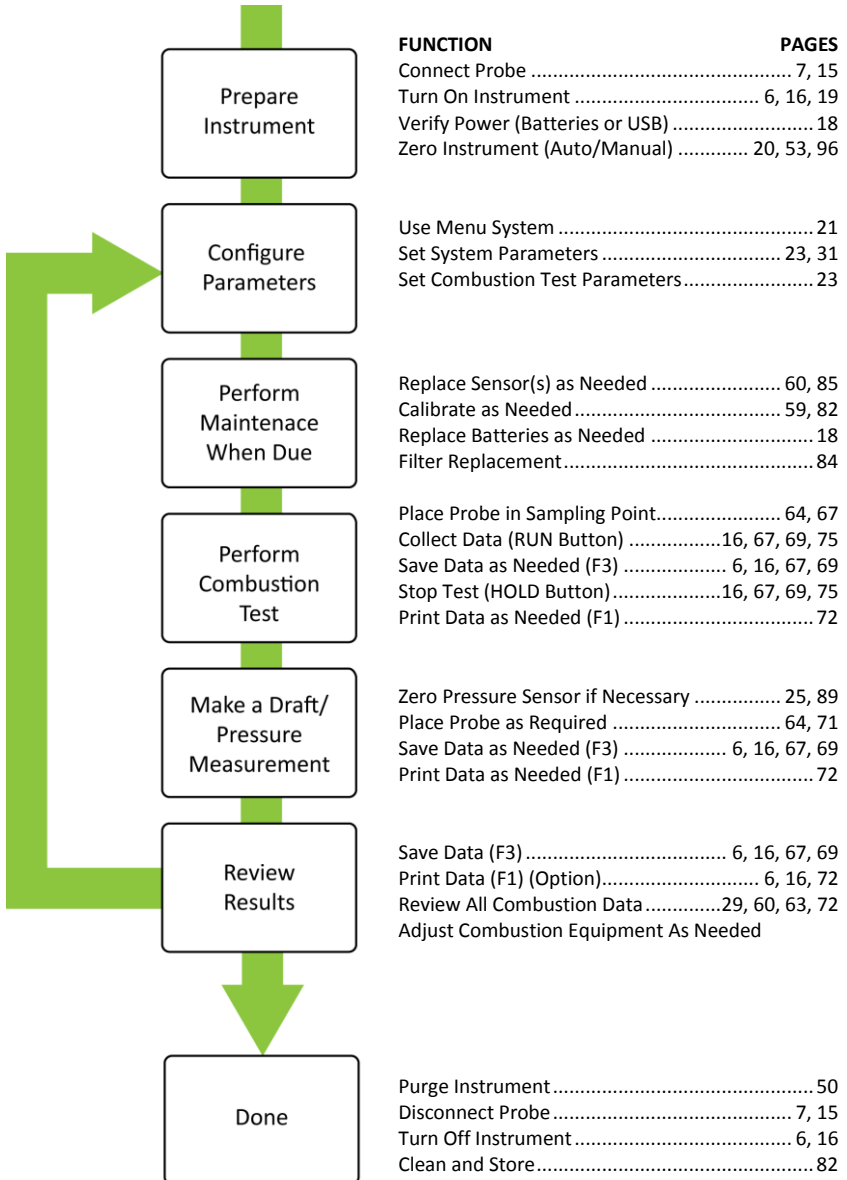
1.7. Features

- Sensors
 - Field-replaceable electrochemical sensors (O₂ and B-SMART® CO) (pp 85-87)
 - Optional long life O₂ sensor (pp 11, 85)
 - Pressure sensor (pp 7, 25)
 - Flue gas (and optionally T-AIR) temperature measurement using a Type K thermocouple (p 7)
- Fuel codes
 - Nine available fuels (in North American configuration) (p 23)
 - Ten available fuels (in Siegert configuration) (p 23)
 - Custom fuel code entry (p 24)
- Power
 - USB cable (PC or wall adapter) (p 13)
 - 4 AA alkaline batteries (included) (p 13)
 - 4 AA lithium batteries (p 13)
 - 4 AA rechargeable batteries (externally charged) (p 13)
 - Low battery warning (pp 13, 99)
- Testing Features
 - Complete test results (100 sets) can be stored, recalled, displayed, downloaded, and printed (pp 11, 29, 69)
 - Secure calibration function (password protected) (p 59)
 - Auto power-off feature with sensor purge feature (p 50)
 - Graphic screens showing trending, bar, and hotspot graphic functions (p 75)
 - Status and diagnostic menus (pp 60, 63)
 - Manual entry of values (Siegert only) (pp 23, 33, and 34)
 - Calibration reminder function (p 49)
 - Custom display formats (pp 44, 52, 72, and 74)
 - Zoom feature (p 37)
 - Print range feature (p 30)
 - Ambient CO (Siegert Only) (pp 28, 80)
- User Customizations
 - North American and Siegert combustion calculations (pp 56, 69)
 - Multi-language interface (48)
 - Auto/Manual zero functions for the CO sensor (pp 20, 53, 96)
 - Customized logo on printouts (192 x 384 pixels) (p 74)
 - Customized user information (3 lines of 20 characters) (pp 44, 72)
 - Ten sets of test IDs to customize printouts (p 39)

- Temperature and pressure unit selection (p 31)
- Hardware
 - Probe/hose assembly for gas transport and temperature input (p 7)
 - Sample pump to provide gas sample delivery
 - Backlit color graphic LCD (p 6)
 - Hard carrying case (see below)
 - Time and date stamping of 100 test results
 - USB 2.0 (mini-B connection) for PC interface and communications (p 6)
- PC Interface (p 81)
 - USB cable (Type A to Mini B)
 - Fyrite® User Software (FUS) (Windows compatible)
 - Updates, instrument configuration, and downloading test results



1.8. Combustion Test Process Overview



1.9. Fyrite® INSIGHT® Plus Sales Combinations

Fuel Equations	North American				Siegert			
Final Assembly	0024-7343		0024-7344		0024-7345		0024-7346	
O ₂ Sensor Type	Standard		Long Life		Standard		Long Life	
Kit Type: B=Basic R=Reporting	B	R	B	R	B	R	B	R
Sales Kit P/N	0024-8515	0024-8516	0024-8517	0024-8518	0024-8519	0024-8520	0024-8521	0024-8522
Hard Case	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sampling Probe & Hose	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Manual	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Batteries	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Boot	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Spare filters	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
CO Sensor w/NO _x Filter	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Pressure	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
T-Air	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
T-Stack	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
O ₂ Sensor	✓	✓			✓	✓		
LL O ₂ Sensor			✓	✓			✓	✓
Fuels	9	9	9	9	10	10	10	10
Memory	100	100	100	100	100	100	100	100
Fyrite® User Software (FUS)		✓		✓		✓		✓
USB Cable		✓		✓		✓		✓
Printer		✓		✓		✓		✓

1.10. Specifications

Specification	Description
Temperature	Storage: -20° to 50° C (-4° to 122° F) 0° to 20° C (32° to 68° F) optimal Operation: -5° to 45° C (23° to 113° F) Reference: 20° ± 2° C (68° ± 4° F)
Humidity	Storage: 15 to 90% RH, non-condensing Operation: 15 to 95% RH, non-condensing Reference: 45 ± 10% RH, non-condensing
Pressure	1 atmosphere ± 10%
Weight	16 ounces (454 g) with batteries
Dimensions (HxWxD)	8.0" x 3.6" x 2.3" (20.3 cm x 9.1 cm x 5.8 cm)
Warm-up Time	Minimum = 30 seconds; Maximum = 60 seconds
Gas Sample Flow Rate	300 to 700 cc/min
Sensors	O ₂ Electrochemical (P/N: 0024-0788) CO w/ NOx Filter Electrochemical (P/N: 0024-1593) LL O ₂ (Optional) Electrochemical (P/N: 0024-1591) Temp (Stack) K-Type thermocouple Temp (Air) K-Type thermocouple Pressure Piezo-resistive
Product Approvals and Regulatory Compliance	EN50270: (CE Mark) EMC tested in accordance with European Directive 2004/108/EC. EN50379: Standard for portable electrical apparatus designed to measure combustion flue gas parameters of heating appliances (Siebert only) Parts 1 and 3. ROHS Compliance
Case Construction	High impact ABS plastic with rubber over mold Protective rubber boot with molded-in magnets.
Display	Color 2.8" graphics LCD
USB Connector	Mini B (USB 2.0)

Specification	Description	
IrDA Port	Protocol: IrDA-SIR Baud Rate: 9600 Parity: None	Data Bits: 8 Stop Bits: 1
Memory	100 locations for storing test results	
Power Supply Options	Batteries (4 AA)	Type: Disposable Alkaline (Included) Duration: 15 hours min, continuous max draw
		Type: Disposable Lithium Duration: 20 hours, continuous max draw
		Type: Rechargeable Duration: 8 hours, continuous max draw
	USB Cable (A to Mini B)	Source: PC
		Source: AC source (via Wall Adapter)

Measurement	Range	Resolution	Accuracy	Response Time (T ₉₀)
O ₂ and LL O ₂	0 to 20.9 %	0.1% O ₂	± 0.3% O ₂	< 20 sec
CO w/ NO _x filter	0 to 4000 ppm	1 ppm	± 10 ppm (0 to 200 ppm) ± 5% (201 to 4000 ppm)	< 40 sec
Ambient Temp	-20° to 316° C (-4° to 600° F)	0.1° C (0.1° F)	± 1° C (0 to 100° C)	< 70 sec
Stack Temp	-20° to 650° C (-4° to 1202° F)	1° C (1° F)	± 2° C (0° to 124° C) ± 3° C (125° to 249° C) ± 4° C (250° to 400° C)	< 50 sec
Differential Temp	± 600° C (± 1112° F)	0.1° C (0.1° F)	N/A	N/A
Pressure / Differential Pressure	± 100 mB (± 40 inwc)	0.01 mB (0.01 inwc)	± 0.03 mB (-1 to 1 mB) ± 3% (-40 to -1 mB) ± 3% (1 to 40 mB)	N/A



NOTE: The North American (NA) configuration of the Fyrite® INSIGHT® Plus computes and displays the calculations as long as the measured oxygen is not above 16% O₂ and the stack temperature is not above 650° C (1202° F). The Siegert configuration of the Fyrite® INSIGHT® Plus computes and displays the calculations as long as the measured oxygen is not above 18.8% O₂ and the stack temperature is not above 650° C (1202° F).

Calculation	Calculation Range	Resolution	Configuration	
			NA	Siegert
Efficiency (HHV)	0.1 to 100 %	0.1%	X	X
ETA (LHV)	0 to 115%	0.1%		X
Excess Air	1 to 250 %	1%	X	
Stack Loss	0.1 to 100 %	0.1 %		X
Lambda	1 to 9.55	0.01		X
CO ₂ (dry basis)	0.1 to a fuel-dependent max in %	0.1 %	X	X
CO Ref to O ₂	0 to 9999 ppm	1 ppm	X	X
CO/CO ₂ Ratio	0.0001 to fuel-dependent max	0.0001		X



Section 2. Setup

2.1. Connecting the Probe and Thermocouple

A rigid stainless steel probe with handle is connected to a flexible hose with an integral water-trap / filter used to draw a gas sample into the analyzer from the room, grills, diffusers, and furnace flues. Refer to page 7.

1. Inspect the sample gas hose for cracks. If a hose is defective, replace the entire probe assembly.
2. Before using the analyzer, check that the water trap/filter is clean and dry. If necessary, dry out the trap and replace the filter element (see page 84).
3. Push the probe's sample gas hose onto the GAS inlet connector.
4. Push the probe's draft hose (+ ΔP) onto the "+" pressure connector.
5. Push the probe's thermocouple into the T-STACK connector on the instrument, noting its orientation.









IMPORTANT: The T-STACK connector tabs are keyed to fit into the connector in only one orientation. DO NOT force the thermocouple connector tabs into the T-STACK connector.

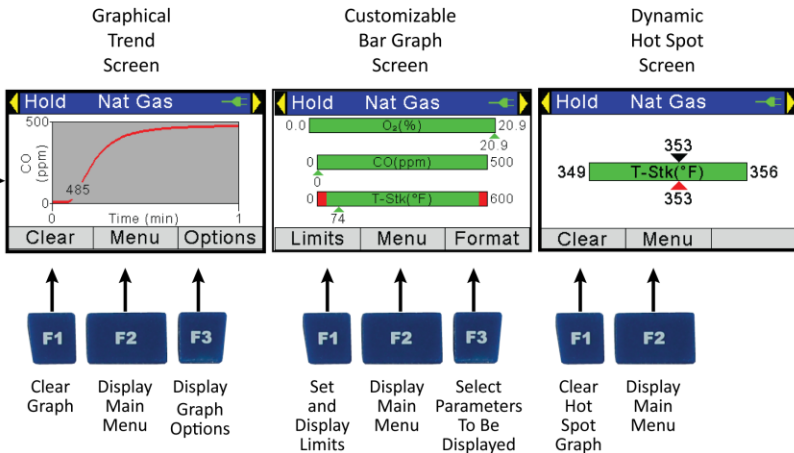
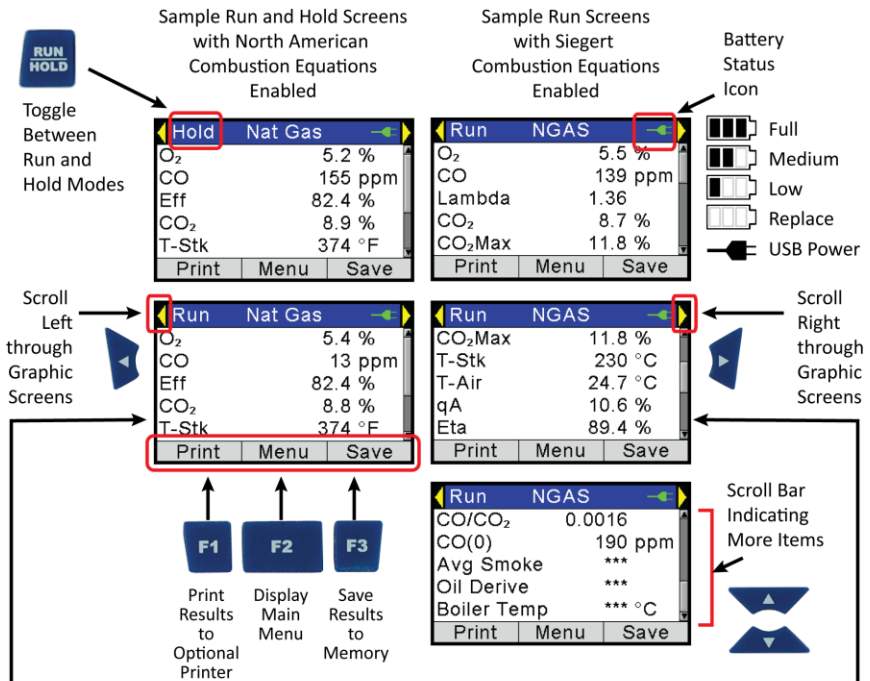
6. Push the optional ambient/primary-air thermocouple into the T-AIR connector.



NOTE: Refer to page 7 for locations and details of components.

2.2. Front Panel Buttons

Button	Description
	<ul style="list-style-type: none"> • Powers the analyzer ON and OFF. Hold this button down for at least 2 seconds to turn the power OFF.
	<ul style="list-style-type: none"> • UP (▲), DOWN (▼), LEFT (◀), and RIGHT (▶) arrows are context-specific navigation buttons for the menus. • UP (▲) and DOWN (▼) arrow buttons scroll to menu options that are hidden from view (when a side scroll bar is displayed indicating additional information). • UP (▲) and DOWN (▼) arrow buttons cause the displayed value to increase or decrease accordingly. • LEFT (◀) and RIGHT (▶) arrow buttons jump to the top and bottom of lists, respectively. • LEFT (◀) and RIGHT (▶) arrow buttons scroll through additional graphics screens. • LEFT (◀) and RIGHT (▶) arrow buttons position the active cursor on specific elements of a value to be changed.
	<ul style="list-style-type: none"> • The ENTER button. Performs the action selected.
	<ul style="list-style-type: none"> • While in the HOLD screen, turns the sample pump on, displays the RUN screen, and begins a combustion test. • While in the RUN screen, turns the sample pump off, displays the HOLD screen and the last set of combustion data. • Displays the HOLD screen while pressing it from most menus. • Return the display to the HOLD screen while pressing it during the shutdown sequence.
	<ul style="list-style-type: none"> • The ESC button cancels most operations and displays the previous screen.
	<ul style="list-style-type: none"> • Pressing function keys accepts the corresponding function defined above that key at the bottom of the display (for example, PRINT, SAVE, MENU, etc.).



2.3. Power Options

Power options include:

- Disposable AA alkaline batteries (included)
- Disposable AA lithium (Li) batteries
- Externally charged rechargeable NiMH batteries
- Power via USB cable (PC or wall adapter).

Check the Fyrite® INSIGHT® Plus for sufficient power prior to each use. Replace the batteries if the low (or replace) battery symbol appears in the upper right corner of the Fyrite® INSIGHT® Plus screen.



Full



Medium



Low



Replace



USB Power

The battery symbol changes colors from green to red as battery voltage decreases. In addition, the red Replace Battery symbol flashes.

The optional USB cable can be used to power the instrument in place of batteries. The USB Power symbol is displayed when the cable is connected between a Fyrite® INSIGHT® Plus and a computer or wall adapter.

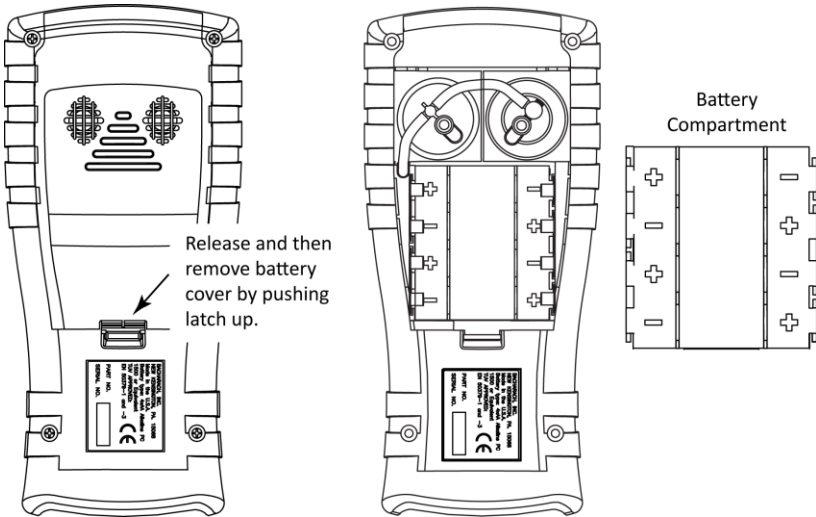
Batteries (4 AA, Fresh or Fully Charged)	Estimated Life Span in Hours (Continuous, Pump On)
Alkaline (disposable)	15 hours
Lithium (disposable)	20 hours
Rechargeable	8 hours

Replace batteries as follows.

1. Remove the battery cover from the back of analyzer.
2. If old batteries are installed, remove them and properly discard them.
3. Observing the polarity markings inside the battery compartment, install four 'AA' disposable (alkaline or lithium) batteries or four fully-charged (externally charged) AA rechargeable NiMH batteries.
4. Replace the battery cover.



NOTE: The Fyrite® INSIGHT® Plus does NOT charge rechargeable batteries.



NOTE: A Set Clock error message will be displayed if the instrument is without power for an extended period of time.

2.4. Turning the Fyrite® INSIGHT® Plus On/Off



To turn on the Fyrite® INSIGHT® Plus, press the POWER button. Press and hold the power again button to begin the shutdown cycle.



NOTE: After turning on the Fyrite® INSIGHT® Plus, it performs a warm-up procedure which includes an auto-zero procedure for the sensors. For this reason, be sure to turn on the Fyrite® INSIGHT® Plus in a clean air environment.



Section 3. Configuration



3.1. Menu Structure Overview



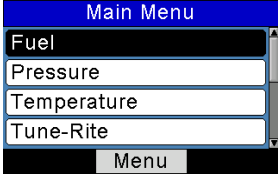
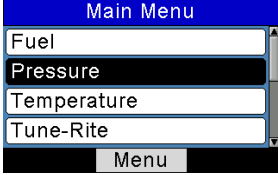
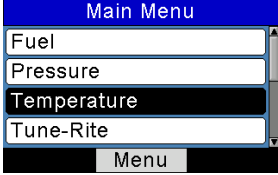
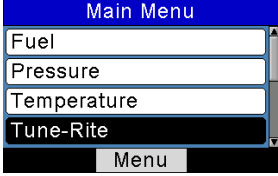
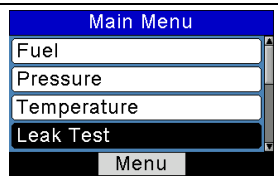
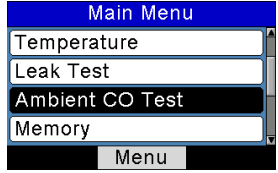
NOTE: The Fyrite® INSIGHT® Plus may be configured to use either North American combustion equations or Siegert combustion equations. As a result, several parameters are unique to each configuration. This section shows a mix of screens that have been configured for North American combustion equations as well as Siegert combustion equations. Depending on how you have configured your instrument, your screens may vary slightly from those pictured in this section.

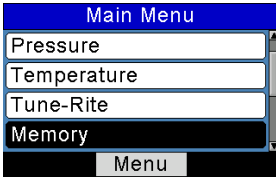
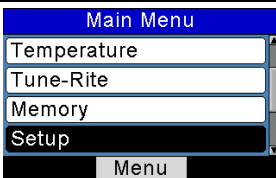
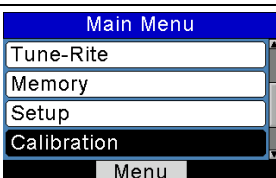
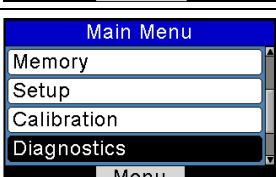
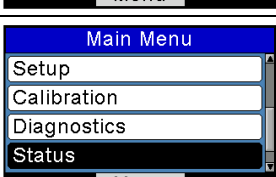
Menus and the items contained within them are described in a top-down fashion, starting from the warm-up screens and working sequentially through the menus and menu items.

3.2. The Warm-up Sequence

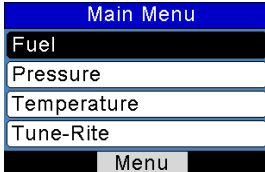
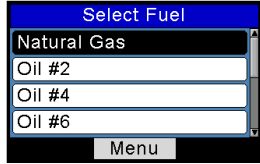
Warm-up Screens	Description
 <p>Version: 1.00 Model: 24-7343 Serial: SS1019</p>	<p>Splash screen shows the Bacharach logo with version, model number, and serial number information. This screen is displayed for approximately 3 seconds.</p> <p>A warm-up screen is displayed during which the instrument is purged and initialized. A countdown timer is displayed with the current zero setting for the CO sensor (Auto-Zero or Manual Zero).</p>
 <p>Warm Up: 55 CO-Auto-Zero</p>	<p>If any errors are detected during warmup, the corresponding error messages are displayed, after which the user presses F2 to go to the Menu, or presses RUN/HOLD to go to the Hold screen.</p> <p>Sample errors (T-STACK and Set Clock errors) are shown below.</p> <div data-bbox="569 1269 827 1432" style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px auto; width: fit-content;"> <p style="background-color: #0056b3; color: white; padding: 2px; text-align: center;">Errors Detected</p> <p>T-STK Disconnected Set Clock</p> <p style="background-color: #cccccc; padding: 2px; text-align: center; margin-top: 5px;">Menu</p> </div>


3.3. Main Menu

Main Menu	Function
 <p>Main Menu</p> <p>Fuel</p> <p>Pressure</p> <p>Temperature</p> <p>Tune-Rite</p> <p>Menu</p>	<p>Access the Select Fuel Menu (see page 23).</p> <ul style="list-style-type: none"> Select combustion fuel
 <p>Main Menu</p> <p>Fuel</p> <p>Pressure</p> <p>Temperature</p> <p>Tune-Rite</p> <p>Menu</p>	<p>Access the Pressure Menu (see page 25).</p> <ul style="list-style-type: none"> View current pressure readings Gas pressure, Differential across heat exchanger, draft reading, and differential pressure Corresponding zero, save, and print functions
 <p>Main Menu</p> <p>Fuel</p> <p>Pressure</p> <p>Temperature</p> <p>Tune-Rite</p> <p>Menu</p>	<p>Access the Temperature Menu (see page 25).</p> <ul style="list-style-type: none"> View current temperature readings Differential across heat exchanger and differential temperature Corresponding zero, save, and print functions
 <p>Main Menu</p> <p>Fuel</p> <p>Pressure</p> <p>Temperature</p> <p>Tune-Rite</p> <p>Menu</p>	<p>Access the Tune-Rite option (see page 26). Available on North American units only.</p> <ul style="list-style-type: none"> Get guidance based on live data and typical characteristics of the combustion equipment Print a detailed, customizable, and value-added service report
 <p>Main Menu</p> <p>Fuel</p> <p>Pressure</p> <p>Temperature</p> <p>Leak Test</p> <p>Menu</p>	<p>Access the Leak Test Menu (Siebert only) (see page 26).</p> <ul style="list-style-type: none"> Let-by and Tightness functions
 <p>Main Menu</p> <p>Temperature</p> <p>Leak Test</p> <p>Ambient CO Test</p> <p>Memory</p> <p>Menu</p>	<p>Access the Ambient CO Test Menu (Siebert only) (see page 28).</p>

Main Menu	Function
 <p>Main Menu</p> <ul style="list-style-type: none"> Pressure Temperature Tune-Rite Memory <p>Menu</p>	<p>Access the Memory Options Menu (see page 29).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Access previously saved test results • Delete all previously saved test results
 <p>Main Menu</p> <ul style="list-style-type: none"> Temperature Tune-Rite Memory Setup <p>Menu</p>	<p>Access the Setup Menu (see page 31).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Edit/view instrument preferences • Edit/view system parameters • Edit/view combustion test parameters
 <p>Main Menu</p> <ul style="list-style-type: none"> Tune-Rite Memory Setup Calibration <p>Menu</p>	<p>Access the Calibration Password Screen and the Calibration Menu (see page 59).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Calibrate sensors
 <p>Main Menu</p> <ul style="list-style-type: none"> Memory Setup Calibration Diagnostics <p>Menu</p>	<p>Access the Diagnostics Menu (see page 60).</p> <ul style="list-style-type: none"> • View “run” meters • View system diagnostic values • Check O₂ sensor life • Fresh air diagnostics
 <p>Main Menu</p> <ul style="list-style-type: none"> Setup Calibration Diagnostics Status <p>Menu</p>	<p>Access the Device Status Menu (see page 63).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Access model number, serial number, and firmware version information

3.4. Select Fuel Menu

Select Fuel	Function																										
	<p>Fuel List</p> <p>Select the combustion fuel from the fuel list. Use the UP (▲) and DOWN (▼) arrow buttons to highlight the desired fuel and use the ENTER button to select.</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <thead> <tr style="background-color: black; color: white;"> <th style="width: 50%;">NA Fuel List</th> <th style="width: 50%;">Siebert Fuel List</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Natural Gas</td><td>Natural Gas</td></tr> <tr><td>Oil 2</td><td>KOKS</td></tr> <tr><td>Oil 4</td><td>LEG</td></tr> <tr><td>Oil 6</td><td>Propane</td></tr> <tr><td>Propane</td><td>Oil 2</td></tr> <tr><td>Coal</td><td>Oil 6</td></tr> <tr><td>Wood</td><td>Coal</td></tr> <tr><td>Kerosene</td><td>Biofuel</td></tr> <tr><td>B5 (Biodiesel 5%)</td><td>LPG</td></tr> <tr><td>Custom #1*</td><td>Butane</td></tr> <tr><td>Custom #2*</td><td>Custom #1*</td></tr> <tr><td></td><td>Custom #2*</td></tr> </tbody> </table> <p style="margin-top: 10px;">* See below for information on custom fuels.</p> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;">  </div> <p style="margin-top: 20px;">CO₂ Max Value (Siebert Only)</p> <p>In Siebert configurations, additional screens are added after the fuel is selected. These screens permit the adjustment of the CO₂ max value. Use the DOWN (▼) arrow key to highlight “Adjust” and use the ENTER button to select. Use the arrow buttons to select and adjust the desired value of CO₂ Max.</p>	NA Fuel List	Siebert Fuel List	Natural Gas	Natural Gas	Oil 2	KOKS	Oil 4	LEG	Oil 6	Propane	Propane	Oil 2	Coal	Oil 6	Wood	Coal	Kerosene	Biofuel	B5 (Biodiesel 5%)	LPG	Custom #1*	Butane	Custom #2*	Custom #1*		Custom #2*
NA Fuel List	Siebert Fuel List																										
Natural Gas	Natural Gas																										
Oil 2	KOKS																										
Oil 4	LEG																										
Oil 6	Propane																										
Propane	Oil 2																										
Coal	Oil 6																										
Wood	Coal																										
Kerosene	Biofuel																										
B5 (Biodiesel 5%)	LPG																										
Custom #1*	Butane																										
Custom #2*	Custom #1*																										
	Custom #2*																										

Select Fuel	Function
	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 45%;"> <p style="text-align: center; background-color: #000080; color: white; margin: 0;">CO₂Max</p> <p style="background-color: #000080; color: white; margin: 0;">Default (11.8)</p> <p style="background-color: #000080; color: white; margin: 0;">Adjust</p> <p style="text-align: center; background-color: #000080; color: white; margin: 0;">Menu</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 45%;"> <p style="text-align: center; background-color: #000080; color: white; margin: 0;">Adjust CO₂MAX</p> <p style="margin: 0;">CO₂Max: 11.8</p> <p style="margin: 0;">Press ENTER to Save</p> <p style="text-align: center; background-color: #000080; color: white; margin: 0;">Menu</p> </div> </div> <p>Siegert configurations accept manually adjusted CO₂ max values which are used for combustion calculations and represent corrections for fuel variations. Adjusted CO₂ max values are stored with saved combustion records and displayed in the RUN/HOLD screen. CO₂ max values are entered through software menu selections when a fuel type is selected.</p> <p>Custom Fuel Codes</p> <p>In addition to the fuel codes built-in to the Fyrite® INSIGHT® Plus, the instrument supports 2 additional fuels from which you may choose. If your combustion application requires a fuel type not listed in the Fuel Type menu, contact Bacharach for information on additional fuel codes.</p> <p>Custom fuel codes are developed by Bacharach at a customer’s request and can be loaded into the instrument using the Fyrite® User Software (FUS). If one or more fuel codes are downloaded to the instrument, they will appear at the bottom of the fuel list in the Fuel Menu.</p> <hr/> <div style="display: flex; align-items: center;">  <p>NOTE: Custom fuel codes are specific to the combustion equations that are being used (see page 56), so be sure to include your combustion equation type (North American or Siegert) with any custom fuel code requests.</p> </div> <hr/>

3.5. Pressure Menu

Pressure	Function
<div style="background-color: #0056b3; color: white; padding: 2px; text-align: center; font-weight: bold;">Pressure</div> <p style="margin: 5px 0;">Measured: 0.00 inwc Type: « Diff Acrs HtEx »</p> <div style="border: 1px solid black; display: flex; justify-content: space-around; padding: 2px;"> Print Zero Save </div>	<p>Displays the current pressure reading. Use F1 to print the current value (see page 72), F2 to zero the reading, and F3 to save the reading to memory.</p> <p>Use the LEFT (◀) and RIGHT (▶) arrow buttons to scroll through the following pressure readings:</p> <ul style="list-style-type: none"> Diff Acrs HtEx Draft Reading Diff Pressure <p>To zero the pressure reading, press F2 and follow the instructions on the display. The draft reading or pressure screen is displayed when zeroing is complete.</p>
<div style="background-color: #0056b3; color: white; padding: 2px; text-align: center; font-weight: bold;">Pressure</div> <p style="margin: 5px 0;">Measured: 0.00 inwc Type: « Draft Reading »</p> <div style="border: 1px solid black; display: flex; justify-content: space-around; padding: 2px;"> Print Zero Save </div>	
<div style="background-color: #0056b3; color: white; padding: 2px; text-align: center; font-weight: bold;">Pressure</div> <p style="margin: 5px 0;">Measured: 0.00 inwc Type: « Diff Pressure</p> <div style="border: 1px solid black; display: flex; justify-content: space-around; padding: 2px;"> Print Zero Save </div>	
	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 45%;"> <div style="background-color: #0056b3; color: white; padding: 2px; text-align: center; font-weight: bold;">Pressure Zero</div> <p style="text-align: center; margin: 5px 0;">Disconnect hose, Press ENTER</p> <div style="border: 1px solid black; display: flex; justify-content: center; padding: 2px; width: 100px; margin: 0 auto;"> Cancel </div> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 45%;"> <div style="background-color: #0056b3; color: white; padding: 2px; text-align: center; font-weight: bold;">Pressure Zero</div> <p style="text-align: center; margin: 5px 0;">Reconnect hose...</p> <div style="border: 1px solid black; display: flex; justify-content: center; padding: 2px; width: 100px; margin: 0 auto;"> Cancel </div> </div>

3.6. Temperature Menu

Temperature Menu	Function
<div style="background-color: #0056b3; color: white; padding: 2px; text-align: center; font-weight: bold;">Temperature</div> <p style="margin: 5px 0;">Measured Delta T: 101.6 °F Type: Diff Acrs HtEx »</p> <div style="border: 1px solid black; display: flex; justify-content: space-around; padding: 2px;"> Print Zero Save </div>	<p>Displays the current temperature reading. Use F1 to print the current value (see page 72), F2 to zero the temperature reading, and F3 to save the reading to memory.</p> <p>Use the LEFT (◀) and RIGHT (▶) arrow buttons to scroll through the following temperature readings:</p> <ul style="list-style-type: none"> Diff Acrs HtEx Diff Temp <p>To zero the temperature reading, press F2 and follow the instructions on the display. The Diff Temp screen is displayed when zeroing is complete.</p>
<div style="background-color: #0056b3; color: white; padding: 2px; text-align: center; font-weight: bold;">Temperature</div> <p style="margin: 5px 0;">Measured Delta T: 35.1°F Type: « Diff Temp</p> <div style="border: 1px solid black; display: flex; justify-content: space-around; padding: 2px;"> Print Zero Save </div>	

Temperature Menu	Function
	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 45%;"> <p style="text-align: center; background-color: #000080; color: white; margin: 0;">Temperature Zero</p> <p style="text-align: center;">Place thermocouples in the same location. 1.1 °F Press ENTER</p> <p style="text-align: center; background-color: #cccccc; margin: 0;">Cancel</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 45%;"> <p style="text-align: center; background-color: #000080; color: white; margin: 0;">Temperature Zero</p> <p style="text-align: center;">Zeroing Complete...</p> <p style="text-align: center; background-color: #cccccc; margin: 0;">Cancel</p> </div> </div>

3.7. Tune-Rite Option (North American Only)

Tune-Rite Option	Function
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p style="text-align: center; background-color: #000080; color: white; margin: 0;">Disclaimer</p> <p>IMPORTANT: Read appliance and analyzer instructions before use.</p> <p style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 5px;"> Decline Accept </p> </div>	<p>Provides access to the Tune-Rite combustion assistant software (North American version only). Refer to the Tune-Rite™ Software Operation manual (P/N 0024-9504) for information.</p>

3.8. Leak Test Menu (Siebert Only)



Let-by and Tightness are regional requirements for the UK market with very specific procedures. While they may be useful in other local jurisdictions to provide means to have safe readings for leak checks of gas and safe combustion processes, they are simply one way to test for these problems. Other procedures may be specified by local authorities. Please refer to your local and regional regulations to be sure you are in compliance accordingly.

Leak Test Menu	Function
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p style="text-align: center; background-color: #000080; color: white; margin: 0;">Leak Test</p> <p style="background-color: #000080; color: white; margin: 0;">Let-By</p> <p style="border: 1px solid black; margin: 0;">Tightness</p> <p style="text-align: center; background-color: #cccccc; margin-top: 10px; width: 50px;">Menu</p> </div>	<p>To perform the Let-By test, use the UP (▲) and DOWN (▼) arrow buttons to highlight the Let-By option and press ENTER. Follow the instructions on the screen.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 45%;"> <p style="text-align: center; background-color: #000080; color: white; margin: 0;">Let-By Zero</p> <p style="text-align: center;">Disconnect hose, Press ENTER</p> <p style="text-align: center; background-color: #cccccc; margin: 0;">Cancel</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 45%;"> <p style="text-align: center; background-color: #000080; color: white; margin: 0;">Let-By Zero</p> <p style="text-align: center;">Reconnect hose...</p> <p style="text-align: center; background-color: #cccccc; margin: 0;">Cancel</p> </div> </div>

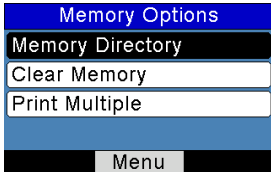
Leak Test Menu	Function							
	<table border="1"> <tr> <td data-bbox="434 235 689 397"> <p>Let-By</p> <p>Start: 10.00 Units: mB</p> <p>Press ENT to start</p> <p>Cancel</p> </td> <td data-bbox="706 235 961 397"> <p>Let-By Stabilize</p> <p>Start: 10.00 Units: mB</p> <p>Time: 44 s</p> <p>Cancel</p> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="434 407 689 570"> <p>Let-By</p> <p>Start: 10.00 Current: 10.00 Change: 0.00 Units: mB Time: 59 s</p> <p>Cancel</p> </td> <td data-bbox="706 407 961 570"> <p>Let-By Summary</p> <p>Start: 10.00 End: 9.77 Change: -0.23 Units: mB Test Time: 60 s</p> <p>Print Menu Save</p> </td> </tr> </table>	<p>Let-By</p> <p>Start: 10.00 Units: mB</p> <p>Press ENT to start</p> <p>Cancel</p>	<p>Let-By Stabilize</p> <p>Start: 10.00 Units: mB</p> <p>Time: 44 s</p> <p>Cancel</p>	<p>Let-By</p> <p>Start: 10.00 Current: 10.00 Change: 0.00 Units: mB Time: 59 s</p> <p>Cancel</p>	<p>Let-By Summary</p> <p>Start: 10.00 End: 9.77 Change: -0.23 Units: mB Test Time: 60 s</p> <p>Print Menu Save</p>			
<p>Let-By</p> <p>Start: 10.00 Units: mB</p> <p>Press ENT to start</p> <p>Cancel</p>	<p>Let-By Stabilize</p> <p>Start: 10.00 Units: mB</p> <p>Time: 44 s</p> <p>Cancel</p>							
<p>Let-By</p> <p>Start: 10.00 Current: 10.00 Change: 0.00 Units: mB Time: 59 s</p> <p>Cancel</p>	<p>Let-By Summary</p> <p>Start: 10.00 End: 9.77 Change: -0.23 Units: mB Test Time: 60 s</p> <p>Print Menu Save</p>							
<table border="1"> <tr> <td data-bbox="128 581 396 748"> <p>Leak Test</p> <p>Let-By</p> <p>Tightness</p> <p>Menu</p> </td> <td data-bbox="429 581 969 699"> <p>To perform the Tightness test, use the UP (▲) and DOWN (▼) arrow buttons to highlight the Tightness option and press ENTER. Follow the instructions on the screen.</p> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="434 706 689 868"> <p>Tightness Zero</p> <p>Disconnect hose, Press ENTER</p> <p>Cancel</p> </td> <td data-bbox="695 706 951 868"> <p>Tightness Zero</p> <p>Reconnect hose...</p> <p>Cancel</p> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="434 878 689 1040"> <p>Tightness</p> <p>Start: 20.00 Units: mB</p> <p>Press ENT to start</p> <p>Cancel</p> </td> <td data-bbox="695 878 951 1040"> <p>Tightness Stabilize</p> <p>Start: 20.00 Units: mB</p> <p>Time: 10 s</p> <p>Cancel</p> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="434 1050 689 1213"> <p>Tightness</p> <p>Start: 19.99 Current: 19.81 Change: -0.18 Units: mB Time: 54 s</p> <p>Cancel</p> </td> <td data-bbox="695 1050 951 1213"> <p>Tightness Summary</p> <p>Start: 19.99 End: 19.62 Change: -0.38 Units: mB Test Time: 120 s</p> <p>Print Menu Save</p> </td> </tr> </table>	<p>Leak Test</p> <p>Let-By</p> <p>Tightness</p> <p>Menu</p>	<p>To perform the Tightness test, use the UP (▲) and DOWN (▼) arrow buttons to highlight the Tightness option and press ENTER. Follow the instructions on the screen.</p>	<p>Tightness Zero</p> <p>Disconnect hose, Press ENTER</p> <p>Cancel</p>	<p>Tightness Zero</p> <p>Reconnect hose...</p> <p>Cancel</p>	<p>Tightness</p> <p>Start: 20.00 Units: mB</p> <p>Press ENT to start</p> <p>Cancel</p>	<p>Tightness Stabilize</p> <p>Start: 20.00 Units: mB</p> <p>Time: 10 s</p> <p>Cancel</p>	<p>Tightness</p> <p>Start: 19.99 Current: 19.81 Change: -0.18 Units: mB Time: 54 s</p> <p>Cancel</p>	<p>Tightness Summary</p> <p>Start: 19.99 End: 19.62 Change: -0.38 Units: mB Test Time: 120 s</p> <p>Print Menu Save</p>
<p>Leak Test</p> <p>Let-By</p> <p>Tightness</p> <p>Menu</p>	<p>To perform the Tightness test, use the UP (▲) and DOWN (▼) arrow buttons to highlight the Tightness option and press ENTER. Follow the instructions on the screen.</p>							
<p>Tightness Zero</p> <p>Disconnect hose, Press ENTER</p> <p>Cancel</p>	<p>Tightness Zero</p> <p>Reconnect hose...</p> <p>Cancel</p>							
<p>Tightness</p> <p>Start: 20.00 Units: mB</p> <p>Press ENT to start</p> <p>Cancel</p>	<p>Tightness Stabilize</p> <p>Start: 20.00 Units: mB</p> <p>Time: 10 s</p> <p>Cancel</p>							
<p>Tightness</p> <p>Start: 19.99 Current: 19.81 Change: -0.18 Units: mB Time: 54 s</p> <p>Cancel</p>	<p>Tightness Summary</p> <p>Start: 19.99 End: 19.62 Change: -0.38 Units: mB Test Time: 120 s</p> <p>Print Menu Save</p>							

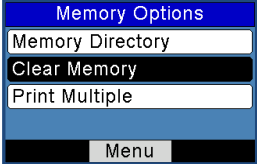
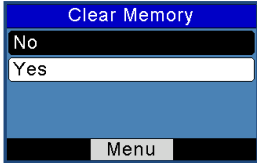
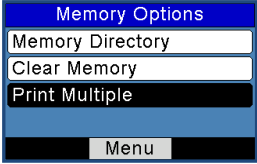
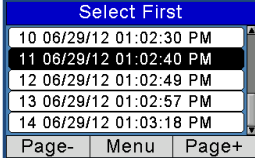
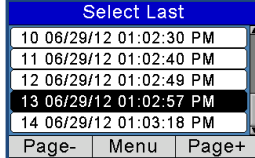


3.9. Ambient CO Menu (Sievert Only)

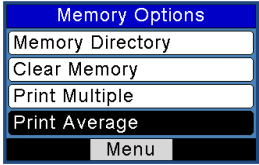
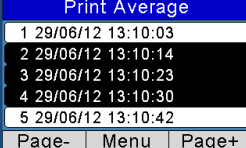
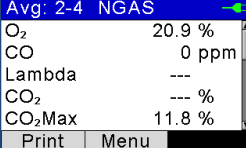
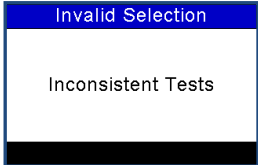
Ambient CO	Function																																												
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr style="background-color: #000080; color: white;"> <td style="text-align: center;">Main Menu</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black;">Temperature</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black;">Leak Test</td> </tr> <tr style="background-color: #000080; color: white;"> <td style="border: 1px solid black;">Ambient CO Test</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black;">Memory</td> </tr> <tr style="background-color: #cccccc;"> <td style="text-align: center;">Menu</td> </tr> </table> </div>	Main Menu	Temperature	Leak Test	Ambient CO Test	Memory	Menu	<p>Access the Ambient CO Menu (Sievert only).</p> <p>When initiated, the Ambient CO feature monitors CO values continuously and captures a reading every minute for 15 minutes (a total of 16 readings from t_0 to t_{15}).</p> <p>Press ENTER to initiate the Ambient CO test. This begins a 15-minute test cycle, during which a status screen is displayed. It shows the starting ambient CO value, the current CO value, and the elapsed time into the test.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <table border="1" style="width: 45%; border-collapse: collapse;"> <tr style="background-color: #000080; color: white;"> <th style="text-align: center;">Ambient CO</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;"> Press ENT to start 15 min test </td> </tr> <tr style="background-color: #cccccc;"> <td style="text-align: center;">Menu</td> </tr> </table> <table border="1" style="width: 45%; border-collapse: collapse;"> <tr style="background-color: #000080; color: white;"> <th style="text-align: center;">Ambient CO</th> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;"> Start: 0 ppm Current: 0 ppm Time: 00:04 </td> </tr> <tr style="background-color: #cccccc;"> <td style="text-align: center;">Cancel</td> </tr> </table> </div> <hr style="border: 1px solid black; margin: 10px 0;"/> <div style="display: flex; align-items: center; margin-top: 10px;"> <p>NOTE: Press the F2 key to cancel a test in progress.</p> </div> <hr style="border: 1px solid black; margin: 10px 0;"/> <p>After the test is complete, the Ambient CO Summary screen is displayed. This is a scrollable window that shows the 16 CO “snapshot” readings, as well as the maximum CO reading that was sampled during the entire test.</p> <hr style="border: 1px solid black; margin: 10px 0;"/> <div style="display: flex; align-items: center; margin-top: 10px;"> <p>NOTE: The Max CO Reading is the highest sampled CO reading – even if the reading was taken in between one of the sample “snapshot” readings.</p> </div> <hr style="border: 1px solid black; margin: 10px 0;"/> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <table border="1" style="width: 45%; border-collapse: collapse;"> <tr style="background-color: #000080; color: white;"> <th colspan="2" style="text-align: center;">Ambient CO Summary</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Time(min)</td> <td style="text-align: center;">CO(ppm)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> <tr style="background-color: #cccccc;"> <td style="text-align: center;">Print</td> <td style="text-align: center;">Menu</td> </tr> <tr style="background-color: #cccccc;"> <td style="text-align: center;">Save</td> <td></td> </tr> </table> <table border="1" style="width: 45%; border-collapse: collapse;"> <tr style="background-color: #000080; color: white;"> <th colspan="2" style="text-align: center;">Ambient CO Summary</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">12</td> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">13</td> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">14</td> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">15</td> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Max CO</td> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> <tr style="background-color: #cccccc;"> <td style="text-align: center;">Print</td> <td style="text-align: center;">Menu</td> </tr> <tr style="background-color: #cccccc;"> <td style="text-align: center;">Save</td> <td></td> </tr> </table> </div>	Ambient CO	Press ENT to start 15 min test	Menu	Ambient CO	Start: 0 ppm Current: 0 ppm Time: 00:04	Cancel	Ambient CO Summary		Time(min)	CO(ppm)	0	0	1	0	2	0	3	0	Print	Menu	Save		Ambient CO Summary		12	0	13	0	14	0	15	0	Max CO	0	Print	Menu	Save	
Main Menu																																													
Temperature																																													
Leak Test																																													
Ambient CO Test																																													
Memory																																													
Menu																																													
Ambient CO																																													
Press ENT to start 15 min test																																													
Menu																																													
Ambient CO																																													
Start: 0 ppm Current: 0 ppm Time: 00:04																																													
Cancel																																													
Ambient CO Summary																																													
Time(min)	CO(ppm)																																												
0	0																																												
1	0																																												
2	0																																												
3	0																																												
Print	Menu																																												
Save																																													
Ambient CO Summary																																													
12	0																																												
13	0																																												
14	0																																												
15	0																																												
Max CO	0																																												
Print	Menu																																												
Save																																													

Ambient CO	Function
	<p>The test results can be printed by pressing F1 and saved to memory (with a time and date stamp) by pressing F3. Press F2 to return to the menu.</p> <hr/> <p> NOTE: If the ambient CO results are saved to memory, they are not included as part of the Print Average feature.</p> <hr/> <p> NOTE: Any over-range CO values (e.g., CO = 4000 ppm) are displayed as “xxx”.</p> <hr/>

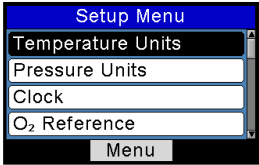
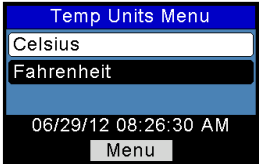
3.10. Memory Options Menu

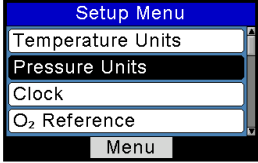
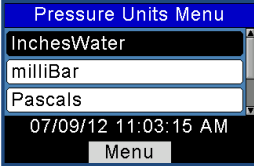
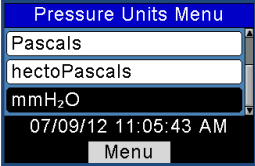
Memory Options	Function						
	<p>Provides access to the Memory Directory. This directory contains a numbered list of up to 100 saved test records (combustion data, pressure data, temperature data, etc.). “NO DATA” is displayed if no tests were saved since the last time memory was cleared.</p> <div data-bbox="569 1015 824 1177" style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px auto; width: fit-content;"> <p style="text-align: center; margin: 0;">Memory Directory</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="text-align: left;">9 06/29/12 12:52:03 PM</td></tr> <tr><td style="text-align: left;">10 06/29/12 01:02:30 PM</td></tr> <tr><td style="text-align: left;">11 06/29/12 01:02:40 PM</td></tr> <tr><td style="text-align: left;">12 06/29/12 01:02:49 PM</td></tr> <tr><td style="text-align: left;">13 06/29/12 01:02:57 PM</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Page- Menu Page+</td></tr> </table> </div> <p>To view saved data, use the UP (▲) and DOWN (▼) arrow buttons to highlight the desired test from the list. Press the ENTER button to display the saved data.</p>	9 06/29/12 12:52:03 PM	10 06/29/12 01:02:30 PM	11 06/29/12 01:02:40 PM	12 06/29/12 01:02:49 PM	13 06/29/12 01:02:57 PM	Page- Menu Page+
9 06/29/12 12:52:03 PM							
10 06/29/12 01:02:30 PM							
11 06/29/12 01:02:40 PM							
12 06/29/12 01:02:49 PM							
13 06/29/12 01:02:57 PM							
Page- Menu Page+							

Memory Options	Function
	<p>Allows user to delete contents of memory. A Yes/No confirmation screen is displayed before all saved test records are cleared from memory. Use the DOWN (▼) arrow (to select Yes) and press ENTER to confirm or use the UP (▲) arrow (to select No) and press ENTER to cancel.</p> 
	<p>Allows the user to select a range of test records to be printed. Use the UP (▲) and DOWN (▼) arrows to select the first record and then press ENTER. Use the UP (▲) and DOWN (▼) arrow buttons to select the last record and then press ENTER. Position IrDA printer (see page 72 for printing information). Press ENTER to print.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="429 781 685 938">  </div> <div data-bbox="695 781 951 938">  </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div data-bbox="429 954 685 1110">  </div> <div data-bbox="695 954 951 1110">  </div> </div>

Memory Options	Function
	<p>Print Average (Siegert Only) displays the memory directory with the first 3 samples highlighted. Use the UP (▲) and DOWN (▼) arrow buttons to move the scrolling window up and down to select which three contiguous samples are to be averaged, then press ENTER.</p> <p>The average is calculated, displayed, and available for printing.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="434 454 689 613">  </div> <div data-bbox="704 454 959 613">  </div> </div> <p>An error screen is displayed if fewer than 3 samples exist or if the 3 selected samples include non-combustion test data (e.g., saved pressure data).</p> <div style="text-align: center;">  </div>

3.1.1. Setup Menu

Setup Menu	Function
	<p>Set Temperature Unit (°C or °F) for display and printing purposes.</p> <p>Use the UP (▲) and DOWN (▼) arrow buttons to highlight the desired choice. Press the ENTER button to use the selected temperature unit. Press ESC to quit without saving.</p> <div style="text-align: center;">  </div>

Setup Menu	Function
	<p>Set Pressure Unit for display and printing purposes.</p> <ul style="list-style-type: none"> • inches water column • millibars • Pascals • hecto Pascals • mm H₂O <p>Use the UP (▲) and DOWN (▼) arrow buttons to highlight the desired choice.</p> <p>Press the ENTER button to use the selected pressure unit. Press ESC to quit without saving.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="423 474 678 638">  </div> <div data-bbox="692 474 948 638">  </div> </div>