

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA



**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE LAVADOR DE GASES TIPO
TORRE PARA REDUCIR LA EMISIÓN DE GASES
CONTAMINANTES EN LA FUNDICIÓN DE PLOMO. COVIF&ME
SAC - CALLAO”**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
MECÁNICO

AUTORES:

JHOJAN JHOSEP FLORES RIVAS
DICK ANTHONY APAZA TICONA

ASESOR: MG. JUAN CARLOS HUAMAN ALFARO

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: INGENIERÍA DE LA CONTAMINACIÓN

Callao, 2022
PERÚ

Two handwritten signatures in blue ink are located on the right side of the page. The top signature is a stylized 'JR' and the bottom one is a more complex signature.

(Resolución N° 019-2021-CU del 20 de enero de 2021)

ACTA N°099 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS CON CICLO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO E INGENIERO EN ENERGÍA

LIBRO 001 FOLIO N° 125, ACTA N° 099 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS DEL I CICLO TALLER DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO EN ENERGÍA

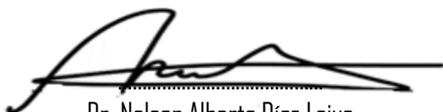
A los 21 días del mes de agosto, del año 2022, siendo las 12:10 horas, se reunieron, en la sala meet: <https://meet.google.com/civ-nwjd-nfn>, el **JURADO DE SUSTENTACION DE TESIS** para la obtención del **TÍTULO** profesional de Ingeniero Mecánico de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía conformado por los siguientes docentes ordinarios de la Universidad Nacional del Callao:

Dr.	Nelson Alberto Diaz Leiva	: Presidente
Msc.	Gustavo Ordoñez Cárdenas	: Secretario
Mag.	Juan Adolfo Bravo Félix	: Miembro
Mg.	Juan Carlos Huamán Alfaro	: Asesor

Se dio inicio al acto de sustentación de la tesis del Bachiller **FLORES RIVAS JHOJAN JHOSEP** quien habiendo cumplido con los requisitos para optar el Título Profesional de **INGENIERO MECÁNICO**, sustenta la tesis titulada **“DISEÑO DE UN SISTEMA DE LAVADOR DE GASES TIPO TORRE PARA REDUCIR LA EMISIÓN DE GASES CONTAMINANTES EN LA FUNDICIÓN DE PLOMO. COVIF&ME SAC - CALLAO”** cumpliendo con la sustentación en acto público, de manera no presencial a través de la Plataforma Virtual, en cumplimiento de la declaración de emergencia adoptada por el Poder Ejecutivo para afrontar la pandemia del Covid- 19, a través del D.S. N° 044-2020-PCM y lo dispuesto en el DU N° 026-2020 y en concordancia con la Resolución del Consejo Directivo N°039-2020-SUNEDU-CD y la Resolución Viceministerial N° 085-2020-MINEDU, que aprueba las "Orientaciones para la continuidad del servicio educativosuperior universitario";

Con el quórum reglamentario de ley, se dio inicio a la sustentación de conformidad con lo establecido por el Reglamento de Grados y Títulos vigente. Luego de la exposición, y la absolución de las preguntas formuladas por el Jurado y efectuadas las deliberaciones pertinentes, acordó: Dar por **APROBADO** con la escala de calificación cualitativa de **BUENO** y calificación cuantitativa de **QUINCE (15)**, la presente Tesis, conforme a lo dispuesto en el Art. 27 del Reglamento de Grados y Títulos de la UNAC, aprobado por Resolución de Consejo Universitario N° 099-2021-CU del 30 de junio del 2021.

Se dio por cerrada la Sesión a las 12:30 horas del día 21 del mes y año en curso.



Dr. Nelson Alberto Díaz Leiva
Presidente de Jurado



Msc. Gustavo Ordoñez Cárdenas
Secretario de Jurado



Mg. Juan Adolfo Bravo Félix
Miembro de Jurado



Mg. Juan Carlos Huamán Alfaro
Asesor



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA

INFORME N° 13

Visto el ejemplar de la Tesis de los Bachilleres:

APAZA TICONA DICK ANTHONY
FLORES RIVAS JHOJAN JOSEF

Que lleva por título:

"DISEÑO DE UN SISTEMA DE LAVADOR DE GASES TIPO TORRE PARA REDUCIR LA EMISIÓN DE GASES CONTAMINANTES EN LA FUNDICIÓN DE PLOMO. COVIF&ME SAC - CALLAO"

A QUIEN CORRESPONDA

El jurado Revisor y evaluador de sustentación de Tesis del I Ciclo Taller de Tesis 2022, designados por Resolución de Consejo de Facultad N° 250-2022-CF-FIME, manifestamos que la sustentación de tesis se llevo a cabo los días Sábado 20 y Domingo 21 de agosto de 2022, en el horario de 09.00 a 15.00 horas, vía Google Meet : <https://meet.google.com/civ-nwjd-nfn> y habiéndose levantado las observaciones realizadas al trabajo de tesis, la misma que en su oportunidad fue revisada cuidadosamente por los miembros del jurado en pleno a través de la sala de Google Meet: <https://meet.google.com/civ-nwjd-nfn> **damos la respectiva conformidad** a la tesis presentada para que continúe con su trámite correspondiente.

Se emite el presente informe favorable para los fines que el interesado considere pertinentes.

Bellavista 22 de setiembre del 2022

Dr. Nelson Alberto Díaz Leiva
Presidente

Msc. Gustavo Ordóñez Cárdenas
Secretario

Mg. Juan Adolfo Bravo Félix
Miembro

INFORMACIÓN BÁSICA

FACULTAD: FACULTAD DE INGENIERIA MECÁNICA Y ENERGÍA

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN: FACULTAD DE INGENIERIA MECÁNICA Y ENERGÍA

TÍTULO: “DISEÑO DE UN SISTEMA DE LAVADOR DE GASES TIPO TORRE PARA REDUCIR LA EMISION GASES EN LA FUNDICION DE PLOMO. COVIF&ME SAC - CALLAO”

AUTOR(ES) / CÓDIGO ORCID / DNI:

- JHOJAN JHOSEP FLORES RIVAS / 0000-0001-9601-7939 / 75930614
- DICK ANTHONY APAZA TICONA / 0000-0002-4583-2762 / 47502127

ASESOR / CÓDIGO ORCID / DNI:

- ING. JUAN CARLOS HUAMAN ALFARO/ 0000-0001-8492-3379 / 40607588

LUGAR DE EJECUCIÓN: CALLAO - PERÚ

UNIDADES DE ANÁLISIS: SISTEMA LAVADOR DE GASES

TIPO / ENFOQUE / DISEÑO DE INVESTIGACIÓN:

APLICADA / ENFOQUE CUANTITATIVO / PRE - EXPERIMENTAL

TEMA OCDE: INGENIERIA DE LA CONTAMINACION

DEDICATORIA

Dedicado a Dios, a nuestros padres, nuestros hermanos y a nuestras familias. Gracias por su grano de arena aportado y el apoyo constante de cada uno de ellos por hacer posible nuestro desarrollo profesional y personal.

AGRADECIMIENTO

Agradeciendo a Dios en primer lugar, nuestros padres y familias correspondientes.

De la misma manera agradecemos a nuestra casa de estudios, Universidad Nacional del Callao de la Facultad de Ingeniería Mecánica, a nuestros profesores por sus enseñanzas, dedicación y su infinito apoyo.

Finalmente queremos extender nuestro sincero agradecimiento al Ing. Juan Carlos Huamán Alfaro, principal colaborador durante todo este proceso, quien con su capacidad, experiencia y amistad nos permitió avanzar y despejar nuestras inquietudes en el desarrollo de esta investigación.

ÍNDICE

INDICE DE TABLAS.....	3
INDICE DE FIGURAS.....	4
INDICE DE ABREVIATURAS.....	6
RESUMEN.....	8
ABSTRAC.....	9
INTRODUCCIÓN	11
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
1.1. Descripción de la realidad problemática	13
1.2. Formulación del problema.....	14
1.2.1. Problema general	14
1.2.2. Problemas específicos	14
1.3. Objetivos	15
1.3.1. Objetivo general	15
1.3.2. Objetivos específicos.....	15
1.4. Justificación	15
1.5. Delimitantes de la investigación.....	17
1.5.1. Delimitante teórica.....	17
1.5.2. Delimitante temporal.....	17
1.5.3. Delimitante espacial	17
II. MARCO TEÓRICO.....	18
2.1. Antecedentes	18
2.1.1. Antecedentes internacionales	18
2.1.2. Antecedentes nacionales	19
2.2. Bases teóricas	21
2.3. Marco conceptual.....	55
2.4. Definición de términos básicos	56

III.	HIPÓTESIS Y VARIABLES	57
3.1.	Hipótesis	57
	Hipótesis general	57
	Hipótesis específicas	57
3.1.1.	Operacionalización de variables.....	58
IV.	METODOLOGÍA DEL PROYECTO.....	59
4.1.	Diseño Metodológico.....	59
4.2.	Método de Investigación.....	60
4.3.	Población y muestra.....	61
4.4.	Lugar de estudio	62
4.5.	Técnicas e instrumentos para la recolección de la información	62
4.6.	Análisis y procesamiento de datos.....	63
4.7.	Aspectos éticos en investigación	102
V.	RESULTADOS.....	103
VI.	DISCUSION DE RESULTADOS	106
VII.	CONCLUSIONES.....	111
VIII.	RECOMENDACIONES	112
IX.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	113
	ANEXOS	116

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Para determinar las constantes empíricas de empaquetamiento y el caudal del líquido	48
Tabla 2: Para determinar las constantes empíricas de empaquetamiento y el caudal del líquido	48
Tabla 3: Para determinar ScG es el Schmidt número de la corriente de gas...	49
Tabla 4: Para determinar el número de Schmidt de la corriente de líquido corriente	49
Tabla 5. Resultados de sistema de ingreso del gas, tomados por el Equipo testo 350s.....	64
Tabla 6: Selección de tubería de línea de succión y descarga según el caudal.....	68
Tabla 7: Tipo de material para el lavador.....	77
Tabla 8: Esfuerzo de fluencia del material para el lavador.....	77
Tabla 9: Esfuerzo máximo permisible para el lavador.....	77
Tabla 10: Tipo de material para los tubos de conexión.....	78
Tabla 11: Esfuerzo máximo permisible para los tubos de conexión.....	78
Tabla 12: Esfuerzo máximo permisible para los tubos de conexión.....	78
Tabla 13: Resultado de Von Misses.....	99
Tabla 14: Resultados de desplazamientos máximos y mínimos	100
Tabla 15: Resultado de factor de seguridad máximos y mínimos	101
Tabla 16. Estándar de Calidad Ambiental, D.S N°003-2017- MINAN	103
Tabla 17: Parámetros para el Diseño Hidráulico.....	105
Tabla 18: Parámetros para el Diseño Mecánico.	105
Tabla 19: Comparación de Resultados de Calidad de Aire.....	105

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Cámara de sedimentación	22
Figura 2.2: Purificadores de aire	22
Figura 2.3: Cámara de choque.....	23
Figura 2.4: Ventilador industrial.....	24
Figura 2.5: Esquema de ciclón.....	25
Figura 2.6: Trayectoria de partículas con diámetro mayor a 1 [µm] con movimiento no aleatorio siguiendo las líneas de corriente.....	26
Figura 2.7: Trayectoria de partículas con diámetro menor a 1 [µm] con movimiento aleatorio sin seguir las líneas de corriente.....	27
Figura 2.8: Lavador de gases tipo torre de aspersion	29
Figura 2.9: Lavador de gases tipo Venturi	30
Figura 2.10: Lavador de gases tipo torre de platos	32
Figura 2.11: Lavador de gases tipo torres empacadas	33
Figura 2.12: Coeficientes de pérdida K de accesorios de tubería para flujo turbulento	40
Figura 2.13: Coeficientes de pérdida K de expansión y contracción repentina	40
Figura 2.14: Coeficientes de pérdida K de codos y ramificaciones	41
Figura 2.15: Factor de fricción mediante el diagrama de Moody.....	42
Figura 2.16: Diagrama para determinar el diámetro de la torre.....	44
Figura 2.17: Diagrama para determinar la eficiencia que se obtendrá en la torre depuradora.....	46
Figura 2.18: Esfuerzo circunferencial Vs Esfuerzo longitudinal.....	52
Figura 4.1. Método de la caja blanca	60
Figura 4.2. COVIF&ME SAC, ubicado en calle Los Ferroles Mz. B Lt. 6. Callao. Callao - Perú	62

Figura 4.3: Modelo del equipo testo 350S (Analizador de gases).....	64
Figura 4.4: Resultados de Emisiones, tomados del monitoreo ambiental de la empresa COVIF&ME SAC	65
Figura 4.5: Diagrama de Moody (para determinar la rugosidad).....	70
Figura 4.6: Curva característica carga capacidad de bomba PEDROLLO.....	73
Figura 4.7: Especificación técnica de tubería Tipo A53/ASTM A106/API 5L de grado B	74
Figura 4.8: Esquema del diseño de lavador de gases con su dimensionamiento (Vista Frontal).....	75
Figura 4.9: Esquema del diseño de lavador de gases con su dimensionamiento (Vista Lateral).....	75
Figura 4.10: Esquema del diseño de lavador de gases con su dimensionamiento (Vista Superior)	76
Figura 4.11: Geometría para un cabezal elipsoidal.....	81
Figura 4.12: Diseño de conexión de entrada N1	84
Figura 4.13: Diseño de conexión de salida N2.....	86
Figura 4.14: Diseño de conexión de drenaje N3	89
Figura 4.15: Diseño de conexión de servicio N4	91
Figura 4.16: Vista y Dimensionamiento del lavador	93
Figura 4.17: Configuración de malla en el programa de simulación.....	94
Figura 4.18: Configuración de malla	95
Figura 4.19: Revisión de calidad de malla	95
Figura 4.20: Configuración de especificación de material para el lavador	96
Figura 4.21: Adición de restricciones	96
Figura 4.22: Adición de Cargas Hidrostáticas	97
Figura 4.23: Adición de Cargas de Presión Interna.....	97
Figura 4.24: Configuración de convergencia.....	98

Figura 4.25: Resultado del Modelo (CONVERGENCIA).....	98
Figura 4.26: Tensión de Von Misses 1.....	99
Figura 4.27: Tensión de Von Misses 2.....	99
Figura 4.28: Desplazamiento máximos y mínimos.....	100
Figura 4.29: Factor de seguridad.....	101
Figura 4.30: Reacciones en la base del lavador.....	102
Figura 6.1: Gráfico comparativo de la concentración de SO ₂ en los puntos CA - 01 y CA-02 (antes y después).....	106
Figura 6.2: Gráfico comparativo de la concentración de NO ₂ en los puntos CA - 01 y CA-02 (antes y después).....	107
Figura 6.3: Gráfico comparativo de la concentración de CO en los puntos CA -01 y CA-02 (antes y después).....	107
Figura 6.4: Gráfico comparativo de la concentración de Pb en los puntos CA -01 y CA-02 (antes y después).....	108

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

a	Constante de embalaje empírica (adimensional)
$A_{columnm}$	Área de la sección transversal de la columna (ft^2)
AF	Factor de absorción
b	Constante de embalaje empírica (adimensional)
c	Constante de embalaje empírica (adimensional)
d	Constante de embalaje empírica (adimensional)
$D_{columnm}$	Diámetro del lavador de gases (ft)
D_G	Densidad del gas (lb/ft^3)
D_L	Densidad del liquido (lb/ft^3)
e	Constante de embalaje empírica (adimensional)
f	Fracción de inundación
g_c	Constante gravitatoria ($32,2 ft/s^2$)
G	Caudal de gas (lb/h)
G_{mol}	Caudal de gas ($lb - mol/h$)
G_{area}	Tasa de flujo de la corriente de gas basada en el área de la sección transversal de la torre ($lb/ft^2 - s$)
$G_{area,f}$	Tasa de flujo de la corriente de gas basada en el área de la sección transversal de la torre en la inundación punto ($lb/ft^2 - s$)
H_G	Altura de la unidad de transferencia de gas (pies)
H_L	Altura de la unidad de transferencia de líquido (pies)
$Ht_{columnm}$	Altura de la columna (pies)
Ht_{total}	Altura total de la columna (pies)
H_{og}	Altura de una unidad de transferencia de gas total basada en los coeficientes de película de gas total (pies)
HAP_e	Concentración de flujo de emisión de HAP ($ppmv$)
HAP_o	Concentración de salida de HAP ($ppmv$)
L	Caudal de disolvente (lb/h)
L''	Tasa de flujo de líquido por área de sección transversal de la columna ($lb/h - ft^2$)

L_{gal}	Caudal de disolvente (gal/min)
L_{mol}	Tasa de flujo de líquido ($lb - mol/h$)
m	Parámetro empírico o pendiente de la curva de equilibrio
M	Peso molecular
N_{og}	Número de unidades de transferencia de gas (adimensional)
P	Presión
R	Constante universal de gases
RE	Eficiencia de eliminación
T	Temperatura
Sc_G	Número de Schmidt para flujo de gas
Sc_L	Número de Schmidt para flujo de líquido
Y	Constante de embalaje empírica (adimensional)
μ_L	Viscosidad del líquido (cP)
μ_L''	Viscosidad del líquido ($lb/ft - h$)

RESUMEN

En este estudio, se desarrolló el diseño del lavador de gases de una fundición de plomo. COVIF&ME SAC para reducir emisiones de gases contaminantes. Por lo que se ha estado trabajando en proyectos sobre las emisiones de gases contaminantes, así mismo según los datos de monitoreo periódico que se realiza en la planta de fundición, estos producen contaminantes entre los que se tiene el dióxido de azufre (SO₂), dióxido de nitrógeno (NO₂), monóxido de carbono (CO) y plomo (Pb) superan los límites permisibles establecidos por la normativa ambiental D.S 003-2017, causando daños a la salud de los trabajadores, daño al medio ambiente y al entorno de la planta, de allí la necesidad de su tratamiento. Además, es necesario añadir un equipo para compensar las emisiones.

Por lo tanto, se hacen recomendaciones para diseñar lavadores de gases, La cantidad ha sido calculada de plomo y aditamentos agregados al horno de fundición (2 tn/h), la velocidad del gas (21.67 m/s), caudal del gas (10005.96m³/h) y temperatura (46 °C) a partir de los valores obtenidos por el instrumento Testo 350S para la medición de gases emitidos por la fundición, se obtiene el diseño hidráulico y diseño mecánico del lavador de gases. Obteniéndose en el diseño hidráulico un caudal de agua (18.8 m³/h), seleccionando la línea de tubería, aspersores y bomba hidráulica. Para el diseño mecánico se obtiene un diámetro de 1.45 m, altura de 3 m, espesor y tipo de plancha. Después de la implementación, se realizó el monitoreo ambiental y se hizo un comparativo con el monitoreo ambiental inicial; reduciendo alrededor de 80% SO₂, 40% NO₂, 70% CO y 80% Pb significativamente la emisión de gases contaminantes.

Palabras claves: Lavador de gases, emisión de gases, monitoreo ambiental.

ABSTRAC

In this study, the design of the gas scrubber of a lead smelter will be developed. COVIF&ME SAC to reduce pollutant gas emissions. So it has been working on projects on pollutant gas emissions, likewise according to periodic monitoring data that is performed in the smelting plant, these produce pollutants among which we have sulfur dioxide (SO₂), nitrogen dioxide (NO₂), carbon monoxide (CO) and lead (Pb) exceed the permissible limits established by environmental regulations D.S 003-2017, causing damage to the health of workers, damage to the environment and the environment of the plant, hence the need for treatment. In addition, it is necessary to add equipment to offset emissions.

Therefore, recommendations are made to design gas scrubbers, The amount has been calculated of lead and additives added to the smelting furnace (2 tn/h), the gas velocity (21.67 m/s), gas flow (10005.96m³/h) and temperature (46°C) from the values obtained by the Testo 350S instrument for the measurement of gases emitted by the smelter, the hydraulic design and mechanical design of the gas scrubber is obtained. For the hydraulic design we obtained a water flow (18.8 m³/h), selecting the pipe line, sprinklers and hydraulic pump. For the mechanical design we obtained a diameter of 1.45 m, height of 3 m, thickness and type of plate. After implementation, environmental monitoring was carried out and a comparison was made with the initial environmental monitoring, reducing around 80% SO₂, 40% NO₂, 70% CO and 80% Pb significantly the emission of polluting gases.

Key words: Gas scrubber, gas emissions, environmental monitoring.

INTRODUCCIÓN

La contaminación ambiental ha aumentado dramáticamente a lo largo de los años, causando estragos en nuestro planeta, y esto ha estado afectando el medio ambiente. Una de las principales industrias contaminantes es la metalúrgica, de la cual el Perú ocupa el tercer lugar a nivel mundial en extracción de plomo. La industria metalúrgica emite contaminantes, entre ellos, dióxido de azufre (SO₂), dióxido de nitrógeno (NO₂), el monóxido de carbono (CO) y plomo (Pb), que son perjudiciales para el medio ambiente y la salud humana.

Igualmente, el mayor uso del plomo es en la fabricación de baterías para automóviles, que en su interior tienen placas de plomo que, al reaccionar con ácido sulfúrico, convierten la energía en electricidad. Además, se usó en materiales de construcción y soldadura, bombas, balas y pigmentos sintéticos, introducción de recubrimientos protectores para cables de energía, televisión e internet.

La empresa de fundición de plomo COVIF&ME SAC por medio del Monitoreo Ambiental realizado en el primer trimestre del año 2021, determinaron que las cantidades de emisiones superan los límites máximos por lo que se plantea el diseño del lavador de gases tipo torre y estar por debajo de los límites máximos, por consecuencia los resultados del monitoreo para el tercer trimestre estuvieron por debajo del nivel máximo permitido. Por ello, el objetivo del estudio fue reducir el porcentaje de emisiones de gases mediante el diseño de lavadores de gases en fundiciones de plomo.

En los siguientes capítulos de averiguación se explicarán los procedimientos a tener en cuenta. Identificando las situaciones del proceso de fundición.

En la sección I se observará el planteamiento del problema donde se describirá detalladamente la realidad del problema, la formulación de los problemas de indagación, determinar los objetivos generales y específicos, justificaciones y delimitantes.

La sección II tendrá el marco teórico, detallando los antecedentes nacionales e internacionales, bases teóricas, marco conceptual y definiciones de términos básicos.

Con relación a, la sección III se formulará la hipótesis general y específica, identificará variables y su operacionalización, indicadores, índice, método y técnica.

En la sección IV se tendrá la metodología del proyecto, en la cual también se incluirá el diseño, método, población y muestra, lugar de estudio, técnica e instrumento, los métodos de análisis, procesamiento de los datos obtenidos donde se desarrolla las etapas para el diseño y los aspectos éticos de la investigación.

Igualmente, la sección V tendrá resultados para el diseño de lavadores de gases y se hace la comparativa con el monitoreo ambiental realizado.

En la sección VI veremos la constatación y demostración de la hipótesis con los resultados donde se tendrá la discusión de resultados obtenidos y la constatación con los antecedentes.

En la sección VII y VIII se tendrá las conclusiones y recomendación consecutivamente de la investigación.

En la sección XI se tendrá las referencias bibliográficas de acuerdo a la norma internacional ISO 690, respetando los lineamientos de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía.

Finalmente, en la sección X se presentará los anexos de la investigación, como la matriz de consistencia, información necesaria de acuerdo a la investigación del diseño que le da un mayor soporte a la misma.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

Según Tong, et al. (2000), cuando aparecen los vehículos de motor durante el siglo XX y el consiguiente uso de gasolina con plomo llevaron a un crecimiento sustancial en la contaminación ambiental. A lo largo del lapso 1965-1990, el consumo mundial de plomo incrementó una y otra vez a cerca de 5,6 millones de toneladas. Mientras tanto que el consumo en los países desarrollados su incremento fue entre 1980 y 1990, el consumo en los países en desarrollo se multiplicó por 2,7 de 315 000 a 844 000 toneladas, entre los años 1979 y 1990.

Según Ghaisas y Harischandra (2021) , en México, Brasil y Uruguay, los países que más han investigado sobre el asunto, se explica la contaminación mediante exposiciones de plomo en residuos electrónicos, reciclaje de baterías o producción de cerámica vidriada. Además, la mala gestión de residuos, la actividad industrial, el consumo de agua y alimentos contaminados fueron otras fuentes de intoxicación identificadas en la revisión. Los niveles más elevados de plomo en la sangre se encontraron entre los recicladores de baterías en la Ciudad de México, con un promedio de 69 µg/dL (microgramos por decilitro). Según los Centros para el Control y la Prevención de Patologías de EE. UU., se estima que de los 5 µg/dl se considera que los niveles de esta toxina en la sangre son altos.

Según Paz (2012), en un estudio realizado en Lima y Callao, nos encontramos con más de 17 compañías contaminantes del aire que se especializan en la fundición de plomo y cobre. Además, 10 de estas empresas permanecen ubicadas en el distrito de Ventanilla, y la empresa Fundiciones Ecológicas S.A.C, dedicada a la producción de sulfato de cobre, ha tomado medidas correctivas, no obstante, las empresas restantes continúan operando pese a los signos de contaminación.

Igualmente, el aumento del compromiso de la industria, y de la sociedad en general, además, el marco que impone el medio ambiente y la legislación vigente

que obliga a todas las industrias a monitorear sus emisiones y verificar las normas vigentes, hace de este estudio un tema importante para la gestión de cualquier compañía.

De la misma manera, los primordiales contaminantes de las emisiones de gases que van al aire: dióxido de azufre, monóxido de carbono, óxido de nitrógeno, dióxido de nitrógeno y plomo.

Estas emisiones pueden provenir de una amplia variedad de procesos industriales.

Por lo expuesto anteriormente, COVIF&ME S.A.C., identificando las causas y efectos de la contaminación al ambiente, ha realizado los estudios para establecer mecanismos que controlen y permitan obtener procesos limpios en el sistema de producción y proteger el medio ambiente, con las normas legales vigentes.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cómo diseñar un sistema de lavador de gases tipo torre para reducir las emisiones en la fundición de plomo de la empresa COVIF&ME SAC en la provincia constitucional del Callao?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cómo determino el sistema de ingreso de los gases a fin de dimensionar el sistema lavador de gases?
- ¿Cómo determinar el diseño hidráulico del sistema a fin de seleccionar los componentes del sistema lavador de gases?
- ¿Cómo determinar el diseño mecánico del sistema a fin de dimensionar el sistema lavador de gases?
- ¿Cómo determinar los niveles de gases contaminantes aguas abajo del sistema lavador tipo torre en la empresa COVIF&ME SAC en la provincia constitucional del Callao?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- Determinar el diseño de un sistema de lavador de gases tipo torre para reducir las emisiones en la fundición de plomo de la empresa COVIF&ME SAC en la provincia constitucional del Callao.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar el sistema de ingreso de los gases a fin de dimensionar el sistema lavador de gases.
- Determinar el diseño hidráulico del sistema a fin de seleccionar los componentes del sistema lavador de gases.
- Determinar el diseño mecánico del sistema de a fin de dimensionar el sistema lavador de gases.
- Determinar los niveles de gases contaminantes aguas abajo del sistema lavador tipo torre en la empresa COVIF&ME SAC en la provincia constitucional del Callao.

1.4. Justificación

1.4.1. Justificación Teórica

Los lavadores de gases comprenden diferentes tipos, formas y tamaños, para reducir los niveles de emisiones contaminantes, el cual se explica en las bases teóricas sobre los diversos tipos existentes, así como separadores de partículas, filtros de mangas, ciclones, cámaras de sedimentación, etc.

En el caso particular para este diseño, se cuenta con el lavador de gases tipo torre.

1.4.2. Justificación Práctico

En cuanto a, Bernal (2010), afirmo que “se considera que la investigación es de interés práctico cuando su desarrollo contribuye a la solución del problema, o al

menos sugiere estrategias que contribuyen a la solución del problema cuando se aplican”.

El lavador de gases reduce los niveles de gases contaminantes que emite fundición de plomo, por cual permite que la empresa COVIF & ME SAC cumpla con los requisitos ambientales para su funcionamiento.

1.4.3. Justificación Legal

El estado peruano aprobó el Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM, por el que se aprueban estándares de Calidad Ambiental del Aire (ECA) y se establecen disposiciones complementarias (D.S 003-2017) para determinar los requisitos legales y reglamentarios relacionados con el daño ambiental que ocasiona actividades productivas, extractivas y de servicios, así también regula el nivel permisible de gases contaminantes producto de la fundición de plomo de la empresa COVIF & ME SAC. Dichas normativas van dirigidas al medio ambiente, seguridad y salud ocupacional y derechos de los trabajadores.

1.4.4. Justificación Social

En cuanto a, Arias (2012) Hernández, et al. (2014), Salinas y Cárdenas (2009), concuerdan en que toda indagación debería tener alguna relevancia social, buscar trascender a la sociedad y manifestar alcance o proyección social.

Del mismo modo, el lavador de gases permite beneficiar directamente a la población cercana a la empresa COVIF & ME SAC, ya que el dióxido de azufre, dióxido de carbono, monóxido de carbono, plomo y demás contaminantes generan problemas de salud a los habitantes de la provincia del callao, así que reduciendo los niveles de estos contaminantes la salud de los habitantes no será perjudicada.

1.5. Delimitantes de la investigación

1.5.1. Delimitante teórica

En el estudio se delimita teóricamente ya que tomará estudio e investigaciones científicas de mecánica de fluidos y diseño de máquinas orientados a la reducción de emisiones de gases para una fundición de plomo a través de la implementación del diseño de un lavador de gases.

Esta investigación es solo aplicable específicamente a la fundición de plomo COVIF&ME SAC – Callao, por lo que las siguientes especificaciones técnicas y de operabilidad son exclusivos a la fundición de plomo COVIF&ME SAC.

1.5.2. Delimitante temporal

La investigación cuenta con un delimitante temporal ya que se realizará el diseño de lavador de gases, obtener los datos necesarios para el diseño en un periodo de 3 meses efectivos.

1.5.3. Delimitante espacial

En la investigación se desarrollará con un delimitante espacial, ya que se realizará el diseño de lavador de gases con el objetivo de reducir las emisiones contaminantes en un lugar específicamente determinado que es la fundición de plomo COVIF&ME SAC – Callao, ubicado en calle Los Ferroles Mz. B Lt. 6. Callao, Callao – Perú.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes internacionales

- Hernandez (2018), menciona para su tesis: **“Diseño de un sistema de tratamiento de gases residuales para una fábrica de fertilizantes ubicada en Sarrión (Teruel)”** para optar el título de Ingeniero Industrial en la facultad de Ingeniería Industrial en la Universidad Politécnica de Valencia en España, donde su objetivo general es el diseño de un sistema de tratamiento de gases residuales en el área de fabricación de fosfato simple de la empresa Fertinagro Biotech, ubicada en el municipio de Sarrión (Teruel). Su investigación presentó la siguiente conclusión: El estudio de caracterización del gas en la fase de reacción del proceso de solubilización ha permitido concluir que durante esta etapa se genera una corriente de gas residual con una elevada concentración de partículas, la mayoría de ellas de tamaño mayor a $7,5 \mu\text{m}$; la corriente contiene también ácido fluorhídrico y, en menor medida, ácido clorhídrico.
- Diaz (2017), En su tesis titulada: **“Propuesta de una metodología para seleccionar un lavador de gases”**, para optar el título de Ingeniero Mecánico en la facultad de Ingeniería Mecánica en la Universidad Católica de Valparaíso, tuvo como objetivo principal desarrollar una metodología o una guía técnica básica para la selección de un sistema de purificación de gases, sin profundizar en los fenómenos fisicoquímicos del proceso a partir de un criterio mecánico. También, este trabajo da un óptimo soporte técnico para la elección de elegir un lavador de gases o scrubber con base a los diferentes criterios descritos. Cabe señalar que este trabajo radica sólo en la selección técnica de scrubber, el siguiente paso es desarrollar la ingeniería básica, en la cual la especialidad mecánica tiene que decidir las dimensiones de los equipos, bombas, piping ductos, etc. Sin embargo, la ingeniería debería complementarse con las especialidades, Procesos, Eléctrica y de Control, Civil y Estructural.

- Rivera (2016), en su tesis titulada: **“Diseño y evaluación de costos para la implementación de una torre didáctica de aspersion, para desulfuración de gases de combustión”** para optar el título de Ingeniero Mecánica en la facultad de Ingeniería Mecánica en la Universidad Técnica Federico Santa María en la ciudad de Valparaíso en Chile, tuvo como objetivo general es: evaluar la factibilidad técnica y económica de la implementación de un sistema de desulfuración de gases de combustión donde consiste en una torre de aspersion a modo de lavador húmedo y sus equipos asociados, ubicada en el Laboratorio de Termofluidos del Departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad. Su investigación concluyó que se eligió una torre de aspersion como absorbedor, dado que el sistema debía diseñarse con los equipos más comunes en la industria. Un sistema desulfuración de gases de combustión es un sistema complejo con múltiples piezas de equipo que son primordiales para su correcto funcionamiento.

2.1.2. Antecedentes nacionales

- Pacherez (2019), por su trabajo titulado **“Diseño de un lavador de gases para determinar la disminución del material particulado de la caldera acuotubular n°06 en Agroindustrial Pomalca”** para optar el título de Ingeniero Mecánico Eléctrico en la facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica en la Universidad Cesar Vallejo de la ciudad de Chiclayo en Perú, cuyo objetivo ha sido diseñar un lavador de gases para establecer la reducción de material particulado en la caldera acuotubular N° 06 de la Agroindustria Pomalca 2018 de la Localidad de Chiclayo. Sus indagaciones llevaron a las siguientes conclusiones: Se calcularon las fronteras de operación del lavador de gases, como por ejemplo la proporción de gas y partículas, la proporción de agua solicitada para la condensación del gas, el punto de rocío del gas (60°C) para lograr elegir los equipos que lo tiene. Además, el lavador tiene una altura útil de 7 m y un diámetro de 2.5 m; tiene 2 fases de condensación, la primera fase

consta de pantallas para incrementar el área de efecto o contacto entre los fluidos y la segunda etapa consta de toberas pulverizadoras de agua con una presión de 3 bares.

- Delgado (2016), en su tesis titulada: **“Diseño de un sistema de extracción y tratamiento de gases en un ambiente de forja y soldadura.”** para optar el título de Ingeniero Mecánico en la facultad de Ingeniería Mecánica de la Pontificia Universidad Católica del Perú de la ciudad de Lima en Perú. Donde el propósito primordial ha sido diseñar un sistema de sustracción y desempeño de gases para el proceso de soldadura SWAN perteneciente del laboratorio de manufactura. Además, en esta metodología, usaron un analizador de monitoreo de aire TESTO 350 - XL para evaluar el nivel de concentración en el laboratorio de soldadura y concluyeron que la concentración de monóxido de carbono en el ambiente era mayor a 520 ppm. Tras detectar el problema, crearon 2 sistemas de sustracción en cada ambiente. Para el ambiente 1 se creó un sistema con un caudal total de aspiración de 0,32 m³/s y una presión de 58,92 mmH₂O, 2 lavadores húmedos de torre empacada de 0,83 m de diámetro y 1,9 m de elevación, con habilidades de absorción fuertes del 79,6%. y 139,8, respectivamente. También, para el ambiente de soldadura, el sistema tiene un caudal de succión total de 1,46 m³/s, una presión de 75,96 mmH₂O y un lavador húmedo Venturi de 156,25 Pa. Concluyeron que el costo de diseñar y construir el sistema ha sido de \$44,81.
- Sifuentes (2018), señala en su tesis: **“Reducción de la concentración de Monóxido de Carbono optimizando el proceso de lavado de gases de la empresa MYFRANVER, San Juan de Lurigancho – 2018”** para optar el título de Ingeniero ambiental en la facultad de Ingeniería Ambiental en la Universidad Cesar Vallejo de la ciudad de Lima en Perú, donde su objetivo general es minimizar las concentraciones de monóxido de carbono en el proceso de lavado de gases de MYFRANVER, San Juan

de Lurigancho - 2018. Su investigación presento la siguiente conclusión: Fue establecer la aplicación de hidróxido de sodio en agua y el ajuste de las condiciones de operación como temperatura del agua, oxígeno y volumen de viento en el proceso de lavado de gases, optimizado al minimizar la concentración de monóxido de carbono de 5326.90 a 3010,53 mg/Nm³. Proceso de lavado de gases.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Dispositivos de Precolección

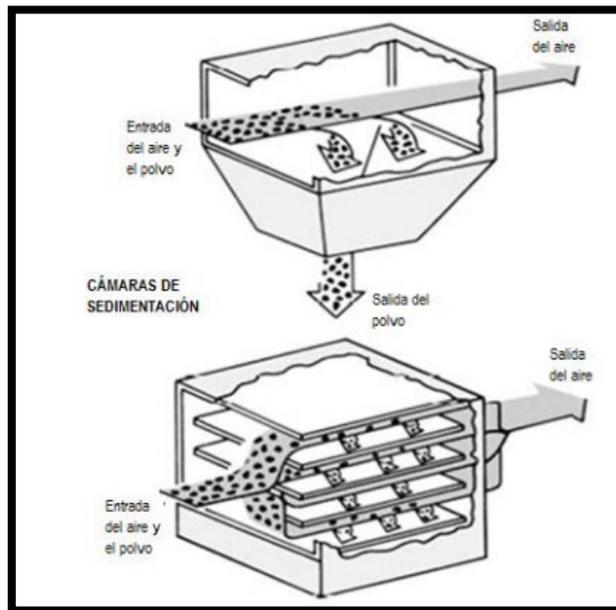
Según Woodard(1998), los dispositivos de precolección son mayormente mecánicos, por lo tanto, están sujetas a la gravedad y la inercia para recolectar partículas. Se usan en la industria por el bajo costo de mantenimiento, ser duraderos en ambiente agreste, baja inversión. Aunque la eficiencia de recolección de partículas pequeñas es bastante baja.

Los más importantes son las cámaras de sedimentación, los purificadores, los separadores por momento, los colectores asistidos mecánicamente y los separadores centrífugos.

- **Cámaras de Sedimentación**

Según Woodard (1998), se usan por gravedad, para la recolección, previenen el exceso de flujo de partículas grandes en el corriente gas, además enfrían el flujo de viento previamente del procedimiento del filtro de tela. Teniendo una mayor presencia en la industria de procesos de metales y producción de minerales (**Figura 2.1**). Además, las cámaras de sedimentación están disponibles en tipos de expansión y multicapa; en la cámara de expansión, la velocidad del gas se reduce, lo que permite que las partículas grandes se asienten, mientras que tiene múltiples capas; la velocidad del gas aumenta para que recorran una distancia más corta para ser recolectadas.

Figura 2.1: Cámara de sedimentación.

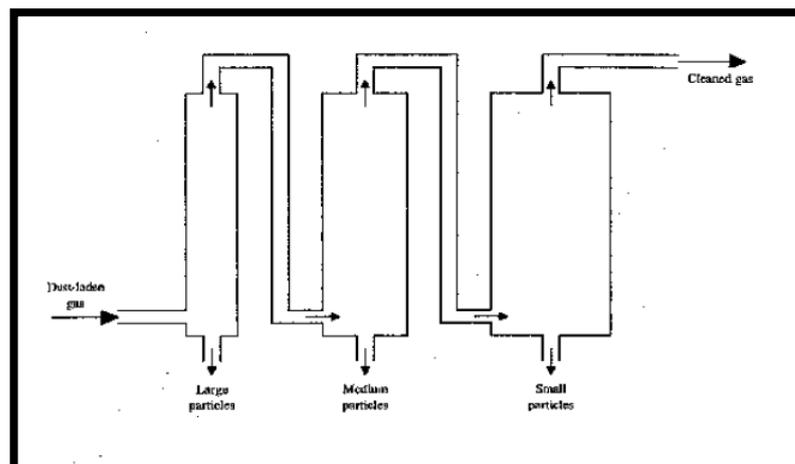


Fuente: Soler & Palau, Soluciones Innovadoras (2006)

- **Purificadores**

Según Woodard (1998), los Purificadores utilizan la gravedad para sedimentar las partículas, en su gran mayoría son uno a más tubos verticales colocados en serie (**Figura 2.2**), en donde la corriente de gas sube mediante los tubos, haciendo que las partículas de gran tamaño no asciendan, recolectándose así en el fondo del tubo y las partículas de menor tamaño continúen su trayectoria.

Figura 2.2: Purificadores de aire

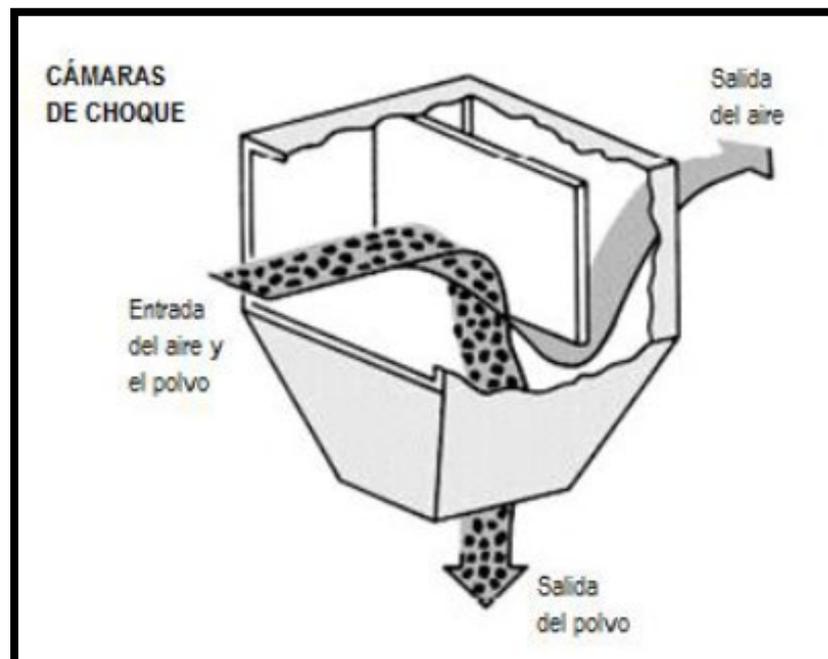


Fuente: Woodard(1998)

- **Separadores por Momento**

Según Woodard(1998), los separadores por momento separan las partículas de la corriente de gas usando la gravedad y la inercia, se colocan deflectores dentro de la cámara para cambiar el flujo del gas y así lograr la separación. Normalmente, el gas sale hacia abajo y luego hacia arriba a través del deflector, y el momento de inercia y la gravedad actúan sobre las partículas hacia abajo, haciendo que las partículas de mayor tamaño se sedimenten. Tiene la capacidad de recolectar partículas menores a 10 micras, pero con una baja eficiencia entre el 10%-20%.

Figura 2.3: Cámara de choque.



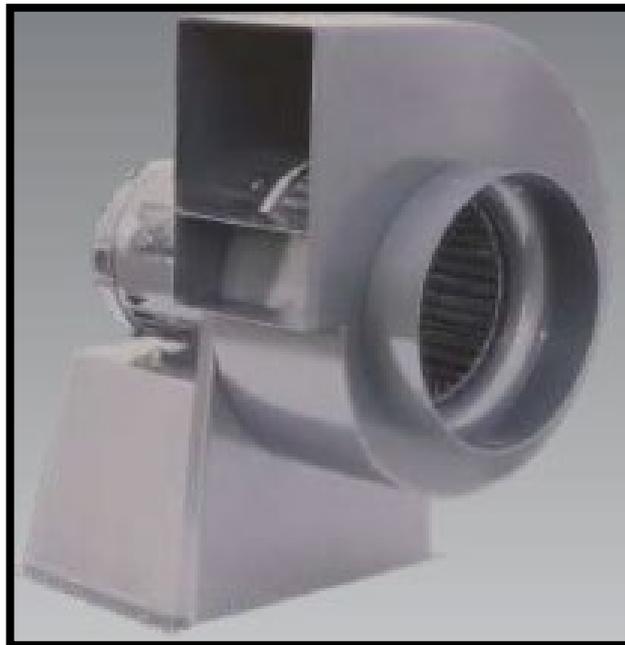
Fuente: Soler & Palau, Soluciones Innovadoras (2006)

- **Separadores con Ayuda Mecánica**

Según Woodard(1998), utilizan la inercia para separar las partículas, por lo cual la corriente del gas es aumentada para hacer efectiva la separación de partículas. Por lo cual, los separadores con ayuda mecánica tienen una mayor eficiencia que los separadores por momento, pero tienen un costo de operación más alto por las caídas de presión altas.

Igualmente, un tipo común de colector asistido mecánicamente es un ventilador con paletas radiales modificadas (**Figura 2.4**). En un ventilador, la corriente de gas ingresa al centro del ventilador, perpendicular a la rotación de las aspas. Además, las aspas empujan las partículas por medio del conducto de flujo de viento, donde se concentran en el área interna del contenedor. A partir de ahí, las partículas se trasladan a una tolva de recogida, A medida que el gas sigue saliendo del separador. También, los separadores asistidos por energía permanecen sujetos a desgaste por partículas gigantes y bloqueo por partículas incrustadas o acumuladas sobre las aspas. **Woodard(1998)**

Figura 2.4: Ventilador industrial.



Fuente: Extracción y Ventilación Industrial (2014).

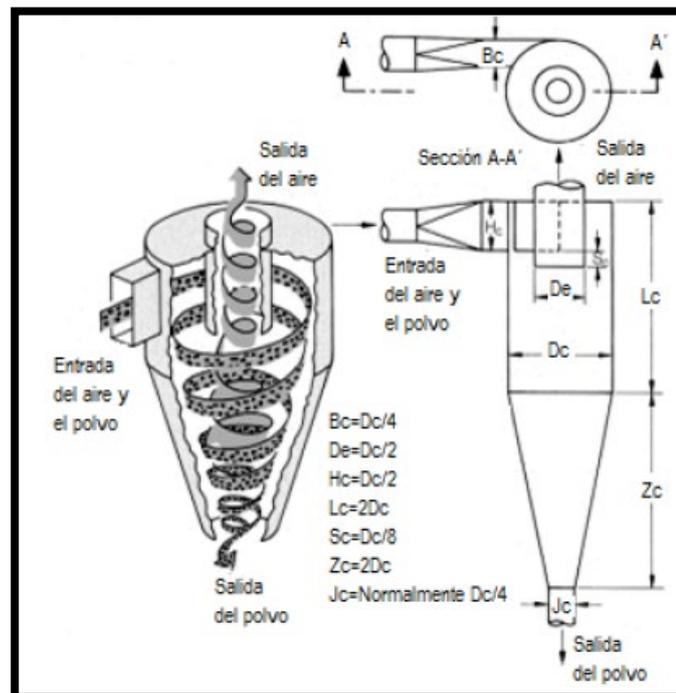
- **Ciclones**

Según Woodard (1998), suelen utilizar la inercia para separar partículas, en una cámara cónica creando un vértice doble dentro del separador ciclónico, dentro de la cámara en forma cónica gira la corriente de gas, creando un doble vértice dentro del ciclón, entonces el gas entrante recibe un movimiento circular mediante una entrada tangencial o una paleta giratoria de entrada

axial (Figura 2.5). El gas desciende a través del ciclón en una trayectoria en espiral.

Alrededor del área interna del tubo del ciclón. En la parte inferior del ciclón, el gas gira a partir de la parte preeminente del ciclón y asciende en espiral por medio del centro del tubo para que las partículas en la corriente de gas sean empujadas contra los muros del ciclón giratorio por la fuerza centrífuga. No obstante, se ve obstaculizada por la resistencia del fluido del gas que pasa y sale del ciclón. Además, la gravedad provoca que las partículas mayores que alcanzan los muros del ciclón se desplacen hacia abajo y se asienten en la tolva en el fondo.

Figura 2.5: Esquema de ciclón.



Fuente: Soler & Palau, Soluciones Innovadoras (2006)

- **Lavador de gas**

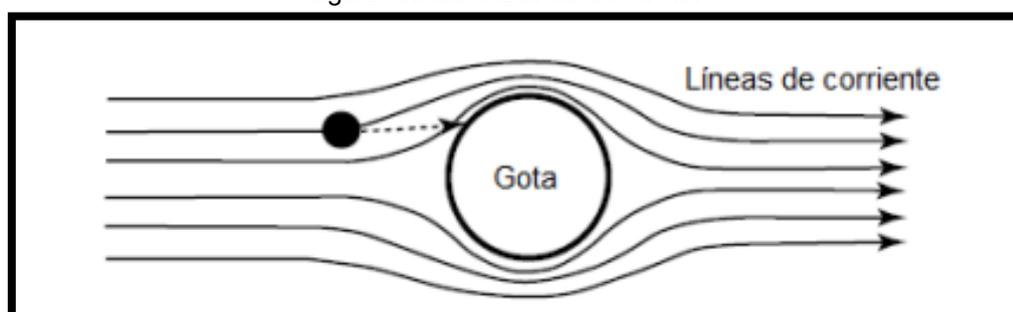
Según Schnelle y Brown (2002), los lavadores de gases poseen varias propiedades únicas que tienen la posibilidad de utilizar para el control de las partículas finas. Ya que las partículas capturadas quedan atrapadas en el líquido, se previene que vuelvan a arrastrarse y las partículas capturadas tienen la posibilidad de quitar de forma fácil del dispositivo de recolección.

Además, se puede utilizar para enfriar gases aceptables a alta temperatura y gases potencialmente explosivos. A lo largo del lavado, constantemente se utiliza agua para atrapar partículas de polvo o incrementar la medida de los aerosoles. También, el lavado puede eliminar eficazmente las partículas finas que van a partir de rango de $0,1 \mu\text{m}$ hasta $20 \mu\text{m}$

En el mecanismo llamado impactación, las partículas grandes que se mueven hacia el objetivo tienen masa y, por lo tanto, momento, lo que hace que cada partícula viaje en línea recta hacia el objetivo. La partícula sale de la línea de corriente cuando la línea de corriente se dobla para moverse alrededor del objetivo. Cuanto mayor sea la masa de la partícula, más probable será que viaje en línea recta. Además, a medida que aumenta la diferencia de velocidad entre la partícula y el objetivo, la partícula tendrá un mayor impulso y será más probable que sea transportada hacia el objetivo (**Figura 2.6**) Las partículas de diámetros mayores a $1 [\mu\text{m}]$ son capturadas por este mecanismo.

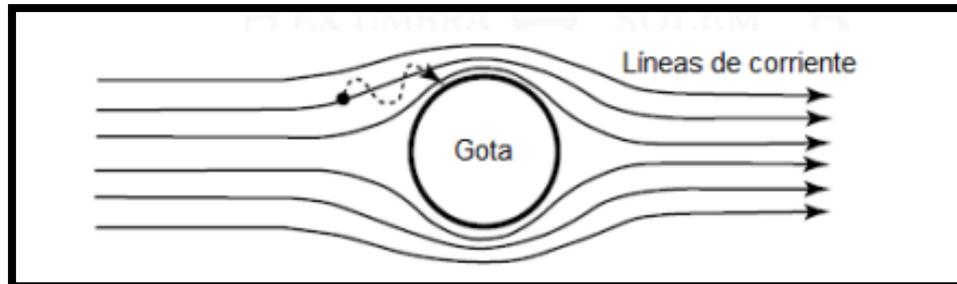
La difusión de partículas, son tan pequeñas que la masa de las partículas es muy pequeña y el número de colisiones con las moléculas de aire es bajo. Por lo tanto, las colisiones aleatorias con las moléculas de aire hacen que la partícula rebote. Se mueven de una línea de corriente de gas a la siguiente mediante un movimiento aleatorio. Si se permite suficiente tiempo y si la distancia al objetivo es pequeña, entonces la difusión puede ser un mecanismo de recolección efectivo (**Figura 2.7**). Las partículas de diámetros menores a $0,1 [\mu\text{m}]$ son capturadas por este mecanismo.

Figura 2.6: Trayectoria de partículas con diámetro mayor a $1 [\mu\text{m}]$ con movimiento no aleatorio siguiendo las líneas de corriente.



Fuente: Air Pollution Control Technology Handbook (2002), pag.292

Figura 2.7: Trayectoria de partículas con diámetro menor a 1 [μm] con movimiento aleatorio sin seguir las líneas de corriente.



Fuente: Air Pollution Control Technology Handbook (2002), pag.292

Según Rivera (2016,p.22), en cuanto a la eficiencia de un lavador húmedo está de forma directa relacionada con la energía usada para contactar el gas de combustión y el líquido de lavado. Por ello, la mayor parte de dichos dispositivos poseen una eficiencia preeminente al 95%. Todos los depuradores húmedos tienen que tener un separador de neblina de aceite incorporado para borrar las pequeñas gotas del gas. Los más frecuentes son las placas de zigzag, los ciclones y mallas. Primero, la manera de la placa posibilita que el flujo de gases cambie constantemente de dirección, capturando gotas en la placa, que después vuelven a caer en el depurador. Además, las mallas están hechas de fibras entrelazadas que otorgan una superficie de remoción. También, los separadores ciclónicos se usan para pequeñas gotas en lavadores de tipo Venturi. Asimismo, los efluentes resultantes entre el líquido de lavado y los contaminantes tienen que tratarse antes de su supresión o reutilización. Hay varios tipos de depuradores húmedos, que varían en diseño y procedimiento de operación, y no hay una categorización que los separe correctamente, aunque dichos dispositivos principalmente tienen la posibilidad de clasificar como de presión, aunque ciertos tienen la posibilidad de funcionar de manera más extensa que esta categorización:

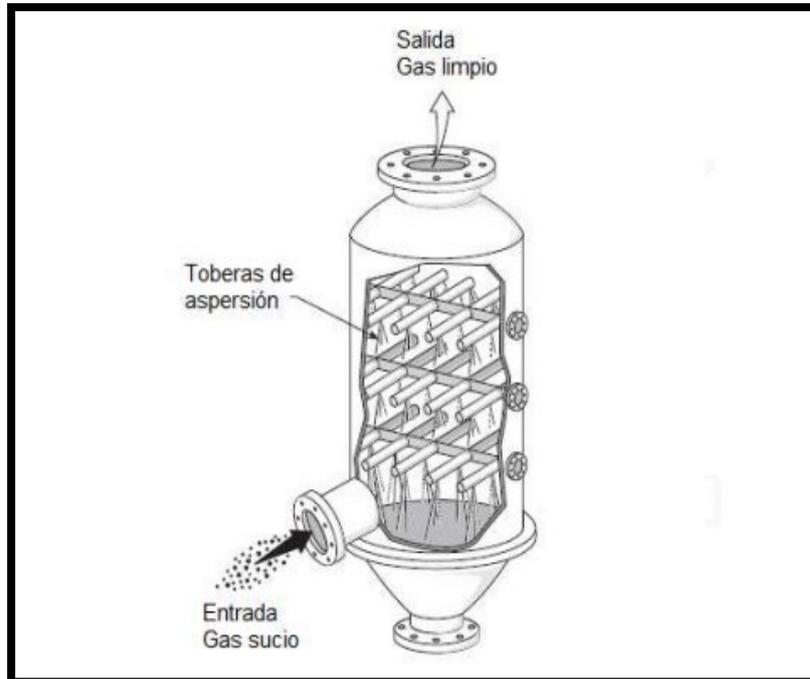
- Baja energía: caída de presión de menos de 5 pulgadas de agua.
- Moderada energía: Caída de presión entre 5 y 15 pulgadas de agua.
- Alta energía: Caída de presión superior a 15 pulgadas de agua.

Del mismo modo, los lavadores más frecuentes son las torres de aspersion, los lavadores Venturi, las torres de platos y las torres empacadas.

- **Torres de aspersion**

Según Rivera (2016,p.23), son el tipo de depurador húmedo más fácil para borrar partículas y poseen un bajo consumo de energía. Consisten en una cámara cilíndrica que tiene una o más líneas con boquillas para dispensar el líquido de lavado. En la mayor parte de los casos, el flujo de gases ingresa por abajo del dispositivo y asciende por medio de las toberas (**Figura 2.8**). Esto se denomina operación contraflujo. Una vez que el flujo de gases entra en forma horizontal, se llama operación de flujo cruzado, pero no es tan eficiente como la anterior. Además, las partículas quedan atrapadas una vez que golpean la gota y los gases se absorben al entrar en contacto con la gota. Igualmente, la cámara de ciclónica es una conjunción de torre de atomización y separador ciclónico. Al ocasionar un desplazamiento ciclónico de los gases, dichos adquieren mayor velocidad, lo cual se traduce en una mayor eficiencia. Asimismo, la eficiencia del dispositivo se ve afectada por la medida de la gota, cuanto menor sea la dimensión, mayor va a ser la superficie de contacto. Además, es dependiente de: el tipo y orientación de las toberas, la cantidad de líquido de lavado y la medida de las partículas. Dichos equipos principalmente no se aplican para capturar partículas finas gracias a las grandes cantidades de líquido de lavado solicitado. Las eficiencias de remoción de PM tienen la posibilidad de oscilar entre el 70 % y más del 99 %. Las eficiencias de remoción de SO₂ tienen la posibilidad de perturbar del 80 % a más del 99%.

Figura 2.8: Lavador de gases tipo torre de aspersión.



Fuente: https://hmn.wiki/es/Spray_towers

Ventajas

- ✓ Cuenta con una caída de presión baja.
- ✓ Control polvos inflamables y explosivos con un bajo nivel de riesgo.
- ✓ De acuerdo al material de construcción, su operación es favorable frente a la corrosión.
- ✓ Bajo presupuesto para su implementación.
- ✓ Presenta bajos niveles de obstrucción.
- ✓ Amplia capacidad de recolectar material particulado y gases

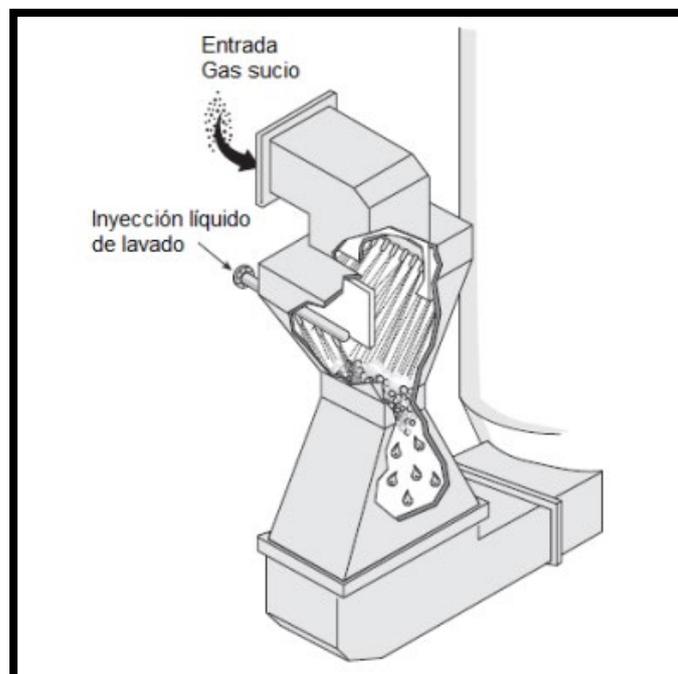
Desventajas

- ✓ Generación de residuos líquidos contaminantes.
- ✓ Presenta gran eficiencia de transferencia de masa.
- ✓ Presenta dificultades para atrapar material particulado fino.
- ✓ Costos de producción y operación altos.

- **Lavador de gas tipo Venturi**

Según Rivera (2016,p.25), es más común, aunque además puede funcionar a energías moderadas. Atomiza el fluido de aseo y optimización el contacto gas-líquido al precipitar el flujo de gas. Mientras el gas entra en la garganta tipo Venturi, tanto la rapidez como la turbulencia del gas incrementan. Después, el líquido de aseo se rocía hacia arriba en o contra el flujo de gas en la garganta anterior a que el gas llegue a la garganta (**Figura 2.9**). Después, el líquido de lavado se atomiza en pequeñas gotas por medio de un flujo turbulento en la garganta, y se optimización la relación en medio de las gotas y las partículas. Luego de la garganta, la rapidez reduce y se crea un choque, lo cual provoca que las gotas se unan. Al final, el flujo de viento pasa por medio de un eliminador de niebla (ciclón). Ciertos diseños de depuradores Venturi poseen una garganta ajustable para el control de la tasa de flujo de viento y la caída de presión. Los lavadores Venturi son adecuados para partículas finas que necesitan una alta eficiencia de recolección. La eficiencia puede cambiar del 70% a más del 99%.

Figura 2.9: Lavador de gases tipo Venturi.



Fuente: <https://es.scribd.com/presentation/284919081/Lavadores-Venturi>

Ventajas

- ✓ Control polvos inflamables y explosivos con un bajo nivel de riesgo.
- ✓ Costo de mantenimiento bajo.
- ✓ Diseño simple y práctico.
- ✓ Otorga enfriamiento de los gases.
- ✓ Gran capacidad de recolectar material particulado y gases.

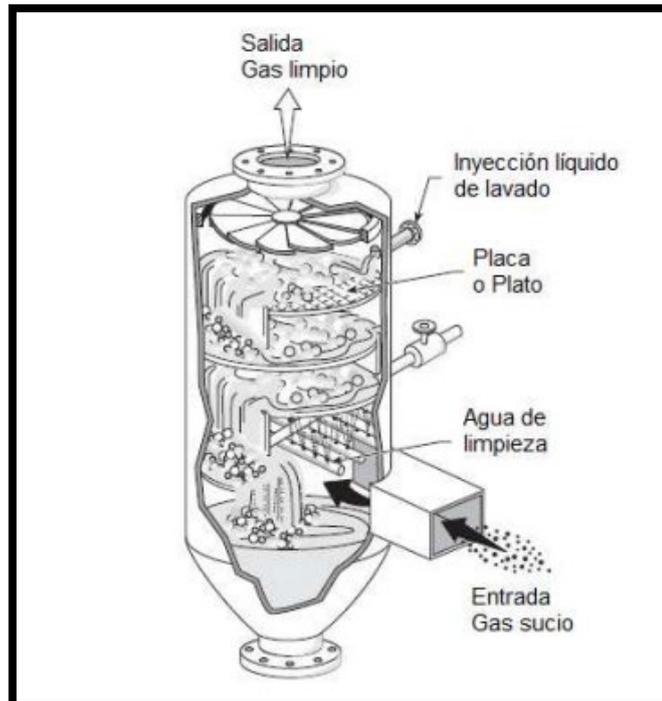
Desventajas

- ✓ Generación de residuos líquidos contaminantes.
- ✓ Presenta corrosión en su interior.
- ✓ Puede ser necesario el recalentamiento de gases.
- ✓ Costos de operación relativamente altos.

- **Torres de platos**

Según Rivera (2016,p.26), la solución de lavado se inyecta a partir del costado en la parte preeminente de la cámara y fluye hacia abajo por medio de la placa, en lo que el flujo de gases fluye hacia arriba (**Figura 2.10**). La rapidez del gas previene que el líquido fluya hacia debajo por medio de las perforaciones. Además, el contacto entre gas, líquido y partículas se genera en la espuma originada por el paso del gas por medio de la placa y el líquido. También, las placas tienen la posibilidad de ser primordiales o complicadas. Los más básicas poseen perforaciones redondas, ciertos poseen ranuras y los más complicados poseen deflectores sobre las perforaciones para conceder una forma adicional de captura de MP. Las eficiencias de supresión de PM tienen la posibilidad de oscilar entre el 50 % y más del 99 %. El dispositivo es eficaz para capturar partículas de mayores de 1 [µm] de diámetro, pero no las partículas más pequeñas, por ello, no se recomiendan para el control fino de PM. En la situación del SO₂, las eficiencias de remoción tienen la posibilidad de varias entre el 80% y más del 99%.

Figura 2.10: Lavador de gases tipo torre de platos.



Fuente: <https://capitolo9lapatente.blogspot.com/2020/06/7-effetti-dellinquinamento-marino.html>

Ventajas

- ✓ Logra manejar polvos inflamables y explosivos con poco riesgo.
- ✓ Suministra refrigeración de gas.
- ✓ La capacidad de recolectar MP y gases.

Desventajas

- ✓ Produce residuos industriales líquidos.
- ✓ Corrosión.
- ✓ Logra ser necesario el recalentamiento de gases.

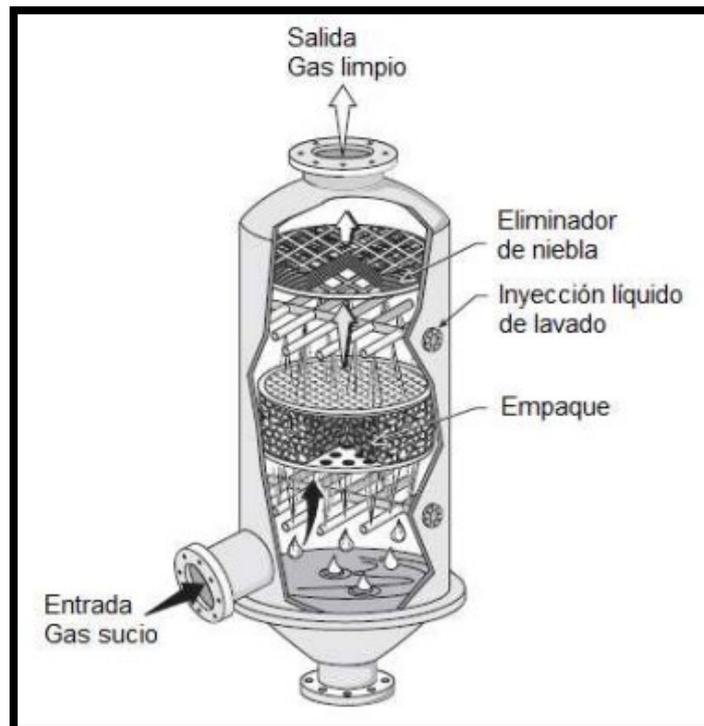
• Torres empacadas

Según Rivera (2016), consta de una cámara que tiene capas de material de empaque de varias maneras que otorgan la superficie de contacto entre el gas y el líquido de lavado. Además, el empaque se fija entre la placa perforada de debajo y la rejilla metálica de arriba. También, el líquido de lavado se inyecta a partir de la parte preeminente del empaque y fluye hacia abajo. Igualmente, el flujo de gases podría ser a contracorriente, paralelo o cruzado, siendo el

primero el más común (**Figura 2.11**). Las partículas son capturadas por el fluido de lavado en el empaque y después fluyen hacia abajo. El flujo de gases con concentraciones muy elevadas de PM puede obstruir el empaque, por consiguiente, dichos equipos principalmente se utilizan una vez que las concentraciones de PM son subjetivamente bajas. También, la obstrucción del paquete es un problema mayor, debido a que es complicado de conseguir y limpiar. Una variante de diseño es una columna empacada móvil, donde el empaque puede desplazarse libremente en una zona definida.

Generalmente, las torres empacadas son más idóneas para el control de gases para controlar partículas gracias a los elevados requisitos de mantenimiento. Además, las eficiencias de remoción de MP oscilan entre el 50 % y el 95 % y las tasas de supresión de SO₂ oscilan entre el 95 % y el 99%.

Figura 2.11: Lavador de gases tipo torres empacadas.



Fuente: <https://capitulo9lapatente.blogspot.com/2020/06/7-effetti-dellinquinamento-marino.html>

Ventajas

- ✓ La caída de presión relativamente baja.
- ✓ Depende del material de construcción, permite operar en ambientes altamente corrosivos.
- ✓ La eficiencia de transferencia de masa relativamente alta.
- ✓ Puede cambiar el tipo de embalaje para mejorar la eficiencia.
- ✓ El costo de inversión es relativamente bajo.
- ✓ Los requisitos de espacio son relativamente bajos.
- ✓ Capacidad de recolectar MP y gases

Desventajas

- ✓ Produce residuos industriales líquidos.
- ✓ El MP puede causar problemas de obstrucciones en el empaque y la placa.
- ✓ Los costos de mantenimiento son relativamente altos.
- ✓ Depende del material de construcción, son sensibles a la temperatura.

2.2.2. Emisiones Contaminantes

- **Dióxido de Azufre**

Según Espinosa (2021,párr.11-13), es un gas incoloro de olor penetrante que se vuelve perceptible entre 0,3 y 1,4 ppm, que es bastante distinto de 3 ppm (partes por millón). Es el doble de denso que el aire. No es un gas inflamable ni explosivo, es bastante estable, es de forma soluble en agua y se convertirá en ácido sulfúrico en contacto con ella. Está formado de un átomo de azufre y 2 átomos de oxígeno. A lo largo de la oxidación en la atmósfera, este gas forma sulfatos. Dichos sulfatos son parte del material particulado PM10. En condiciones húmedas, el dióxido de azufre puede conformar ácidos a modo de aerosoles y generar una parte significativa de partículas secundarias o finas PM2.5. El SO₂ es el responsable de la lluvia ácida.

- **Monóxido de Carbono**

Según Ochoa (2014, párr.1-3), conocido como dióxido de carbono (II), gas que tiene carbono y anhídrido que tiene carbono (los 2 últimos se utilizan cada vez menos), tiene la fórmula química CO y es un gas incoloro y enormemente tóxico. Además, la inhalación de altas concentraciones puede provocar el deceso. Se crea por la mala combustión de sustancias como queroseno, el petróleo, gasolina, gas, el carbón, chimeneas, calderas y tabaco o la madera. Asimismo, calentadores de agua o calefactores de ambiente, así como artefactos que queman combustible como estufas o quemadores de cocina o calentadores de queroseno, además tienen la posibilidad de producirlo si no funcionan de manera correcta. Un transporte con el motor en marcha además lo expulsa. A lo largo del proceso de oxidación de la producción química, se forma una enorme cantidad de CO como subproducto, lo cual necesita la purificación de los gases residuales. Sin embargo, se está llevando a cabo considerables esfuerzos de averiguación para desarrollar nuevos procesos y catalizadores para maximizar el rendimiento de productos útiles.

- **Óxidos de Nitrógeno**

Según Agencia para sustancias tóxicas y registro de enfermedades (2002,p.1) ,son mezclas de gases compuestas de nitrógeno y oxígeno. El óxido nítrico y el dióxido de nitrógeno son ambos óxidos de nitrógeno más tóxicos. Los dos no son inflamables y poseen un aspecto entre incoloro y marrón a temperatura ambiente. Además, el óxido nítrico es un gas dulce y penetrante a temperatura ambiente, mientras tanto que el dióxido de nitrógeno tiene un olor profundo y desagradable. También, el dióxido de nitrógeno es un líquido a temperatura ambiente, sin embargo, se convierte en un gas de color marrón rojizo a temperaturas mejores a 70 °F.

- **Plomo**

Según Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (2020, párr.1-2), es un metal que está naturalmente en la corteza terrestre. Se puede encontrar en cada una de las partes de nuestro alrededor, como el aire,

el agua y la tierra. Además, el plomo se puede combinar con otros productos químicos para producir diferentes compuestos. Se usa en la fabricación de pilas, municiones y productos metálicos (soldaduras y tuberías). La utilización de plomo en pintura, cerámica, calafateo y soldadura de tuberías se ha limitado por causas de salud.

2.2.3. Bases teóricas para el diseño hidráulico.

- **Densidad**

Según Cengel y Cimbala (2018) la densidad se define como masa por unidad de volumen. Es decir,

$$\rho = \frac{m}{V} \left(\frac{kg}{m^3} \right) \quad (1)$$

Igualmente, la densidad es el volumen específico v , determinado como volumen por unidad de masa. Es decir, $v = V/m = 1/\rho$. Para recursos diferenciales de masa volumen dm y volumen dV , la densidad se puede manifestar como $\rho = dm/dV$. Generalmente, la densidad de una sustancia es dependiente de la temperatura y la presión. Además, la densidad de la mayor parte de los gases es proporcional a la presión e inversamente proporcional a la temperatura. También, los líquidos y sólidos, sin embargo, son sustancias intrínsecamente incompresibles, y sus cambios de densidad con la presión acostumbran ser insignificantes. Ejemplo, a 20 °C, la densidad del agua cambia de 998 kg/m³ a 1 atm a 1 003 kg/m³ a 100 atm, un cambio de únicamente el 0,5 %, que todavía es insignificante en varios estudios de ingeniería.

- **Presión**

En cuanto a Mott (2006) define la presión como la cantidad de fuerza ejercida sobre una unidad de área de una sustancia. Se representa por la ecuación:

$$P \lim_{\Delta A \rightarrow 0} = \frac{\Delta F}{\Delta A} \quad (2)$$

Dónde:

F = Fuerza (kg• m/s²).

A = Área (m²).

P = Presión (kg/m•s² o Pa) esfuerzo normal.

- **Caudal**

En cuanto a, Cengel y Cimbala (2018). El flujo se puede conceptualizar como la proporción de fluido que fluye por medio de una parte por unidad de tiempo. Esta definición se aplica a cualquier tipo de fluido, aunque el fluido usado en la ventilación es el aire.

Como término general, la fórmula para calcular cualquier caudal para cualquier fluido es constantemente la misma:

$$Q = v * A \quad (3)$$

Donde v es la velocidad del fluido a través de la sección S. En el Sistema Internacional (SI), pensamos que la velocidad debe expresarse en m/s, y la sección está en m^2 . Por ello, el caudal Q se expresará en m^3/s .

- **Potencia**

Según Cengel y Cimbala (2018) define la potencia es la cantidad de trabajo realizado por unidad de tiempo. Puede estar relacionado con la velocidad a la que cambia la energía dentro del sistema o el tiempo que tarda en completar el trabajo. Pues, es cierto que la potencia es igual a la energía total dividida por el tiempo.

- **Potencia de una Bomba hidráulica**

Para calcular la potencia de la bomba es necesario separar la fórmula y sus diferentes componentes. La fórmula hidráulica consiste en:

$$P = \frac{pQ}{\eta} \quad (4)$$

Dónde:

P = Potencia en W.

p = Presión en N/m^2 .

Q = Caudal en m^3/s .

N = Rendimiento

- **Caudal de la bomba**

Según las necesidades de un plan enfocado en la industria, se necesita entender el flujo solicitado por la bomba. Además, el caudal son los kg de producto que se debe bombear por unidad de tiempo. Los elaboradores de bombas calculan sus curvas de rendimiento usando agua a 20°C. Ya que el agua tiene una densidad de 1 kg/l, la tasa de flujo principalmente se mide en unidades de volumen en vez de masa. La manera más común de hallar el caudal es l/s, l/min, l/h o m^3/h .

- **Presión de la bomba**

La presión que debe dar la bomba es la suma de tres factores:

$$\text{Presión de la bomba} = \text{altura geométrica} + \text{pérdidas de carga} + \text{punta de lanza} \quad (5)$$

- **Altura geométrica de la instalación**

Esta es la diferencia de elevación geométrica a partir de donde está la bomba hasta donde se debería drenar. Si hubiera que subir el agua, aquello podría ser positivo. Por otro lado, si el punto de salida está por abajo de la bomba, tome un costo negativo, debido a que la gravedad dificultará que la bomba bombee el producto hasta su destino.

- **Pérdida de carga**

Según Cengel y Cimbala mencionan que cuando se pierde la carga representa la altura adicional que el fluido necesita para subir a través de la bomba para superar las pérdidas por fricción en la tubería y producido por el

cambio de dirección debido a los accesorios, las principales pérdidas de carga son:

- ✓ **Pérdidas primarias:** De igual manera Cengel y Cimbala (2006) indicaron que dichas pérdidas son causadas por la fricción debido a que las trayectorias son muy largas.

$$h_p = f \times \frac{L \times V^2}{d \times 2g} \quad (6)$$

Donde:

h_p : Pérdida de carga en metros.

f : Factor de fricción.

L : Longitud de la tubería.

d : Diámetro hidráulico.

V : Velocidad media.

g : Aceleración de la gravedad.

- ✓ **Pérdidas secundarias:** Son creadas por accesorios y piezas, que provocan pérdidas extras a la red hidráulica, a veces mayor a las pérdidas primarias en la situación de tramos cortos, respecto a, Cengel y Cimbala (2006), las pérdidas secundarias se manifiestan como funcionalidad del coeficiente de pérdidas "K".

$$h_s = K \times \frac{V^2}{2g} \quad (7)$$

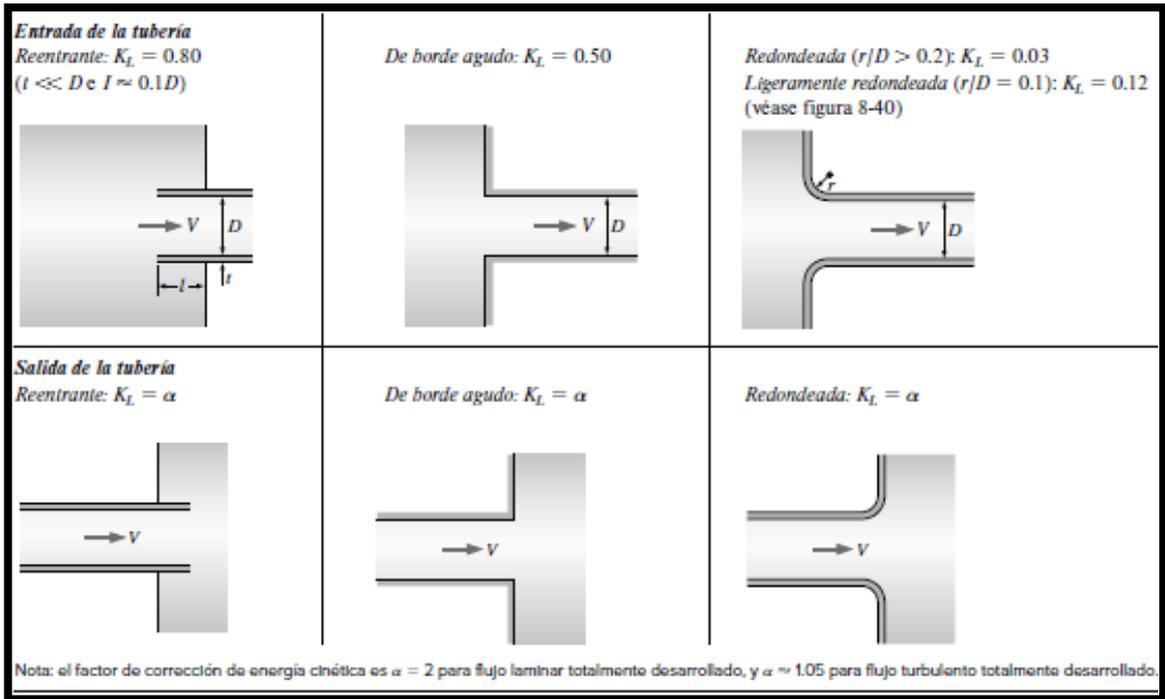
Donde:

K : Coeficiente de pérdida.

V : velocidad media del flujo.

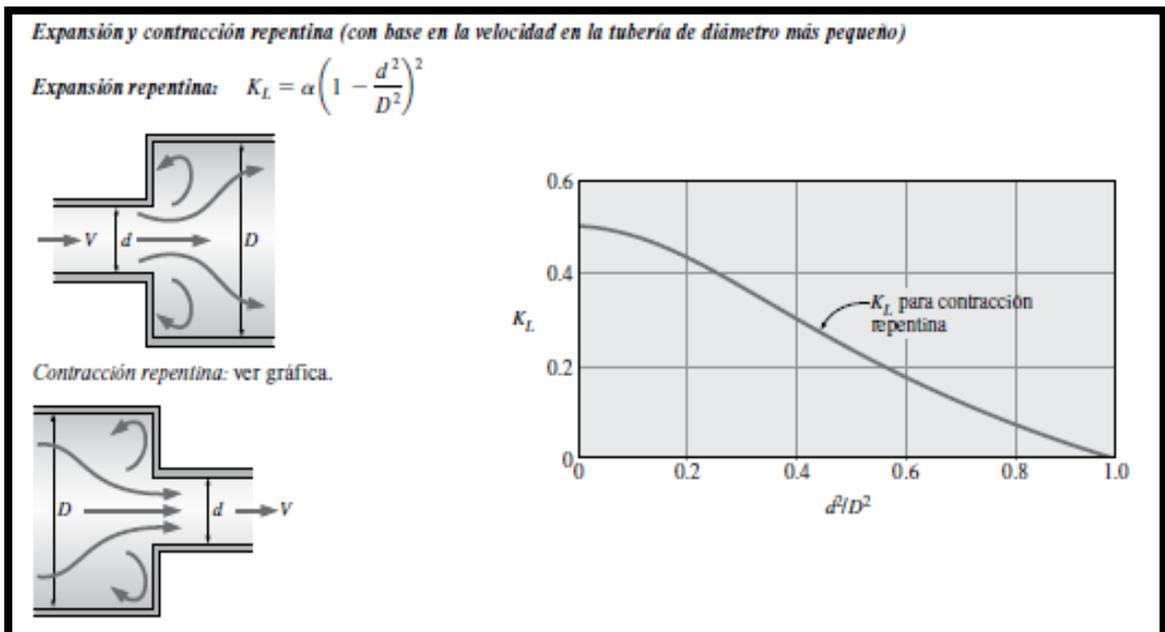
g : aceleración de la gravedad.

Figura 2.12: Coeficientes de pérdida K de accesorios de tubería para flujo turbulento.



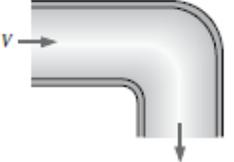
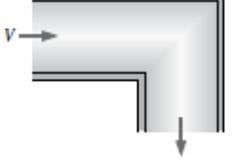
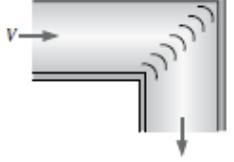
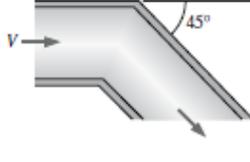
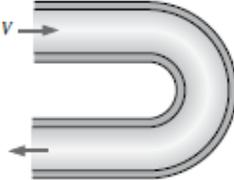
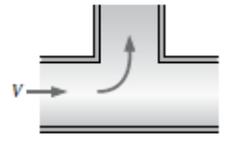
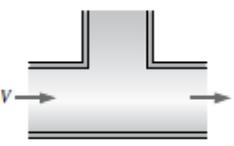
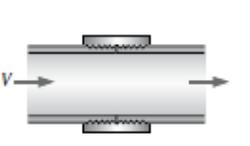
Fuente: Cengel y Cimbala. Mecánica de Fluido Fundamentos y Aplicaciones.

Figura 2.13: Coeficientes de pérdida K de expansión y contracción repentina.



Fuente: Cengel y Cimbala. Mecánica de Fluido Fundamentos y Aplicaciones.

Figura 2.14: Coeficientes de pérdida K de codos y ramificaciones.

<p>Codos y ramificaciones Codo suave de 90°: Embridado: $K_L = 0.3$ Roscado: $K_L = 0.9$</p> 	<p>Codo esquinado de 90° (sin álabes directores): $K_L = 1.1$</p> 	<p>Codo esquinado de 90° (con álabes directores): $K_L = 0.2$</p> 	<p>Codo roscado de 45°: $K_L = 0.4$</p> 
<p>Codo de retorno de 180°: Embridado: $K_L = 0.2$ Roscado: $K_L = 1.5$</p> 	<p>Conexión en T (flujo deriv.): Embridado: $K_L = 1.0$ Roscado: $K_L = 2.0$</p> 	<p>Conexión en T (flujo en línea): Embridado: $K_L = 0.2$ Roscado: $K_L = 0.9$</p> 	<p>Unión roscada: $K_L = 0.08$</p> 
<p>Válvulas Válvula de globo, totalmente abierta: $K_L = 10$ Válvula de ángulo, totalmente abierta: $K_L = 5$ Válvula de bola, totalmente abierta: $K_L = 0.05$ Válvula de charnela: $K_L = 2$</p>		<p>Válvula de compuerta, totalmente abierta: $K_L = 0.2$ $\frac{1}{4}$ cerrada: $K_L = 0.3$ $\frac{1}{2}$ cerrada: $K_L = 2.1$ $\frac{3}{4}$ cerrada: $K_L = 17$</p>	

Fuente: Cengel y Cimbala. Mecánica de Fluido Fundamentos y Aplicaciones.

• Número de Reynolds

En cuanto a, Mott (2006), el flujo es laminar o turbulento y el tubo circular depende de la densidad, viscosidad, diámetro del tubo y velocidad de flujo del fluido.

$$Re = \frac{v \times d}{\nu} \quad (8)$$

Dónde:

Re = Número de Reynolds.

V = Velocidad del flujo (m/s).

d = Diámetro interno de la tubería (m).

ν = Viscosidad cinemática del fluido (m²/s).

Condiciones del flujo según Reynolds

- Laminar $NR < 2000$
- Zona Crítica $2000 \leq NR \leq 4000$
- Turbulento $NR > 10000$

- **Rugosidad Relativa**

Referente a Cengel y Cimbala (2018), se determina como la razón entre la rugosidad de la tubería y su diámetro.

$$\text{Rugosidad relativa} = \frac{\varepsilon}{d} \quad (9)$$

Donde:

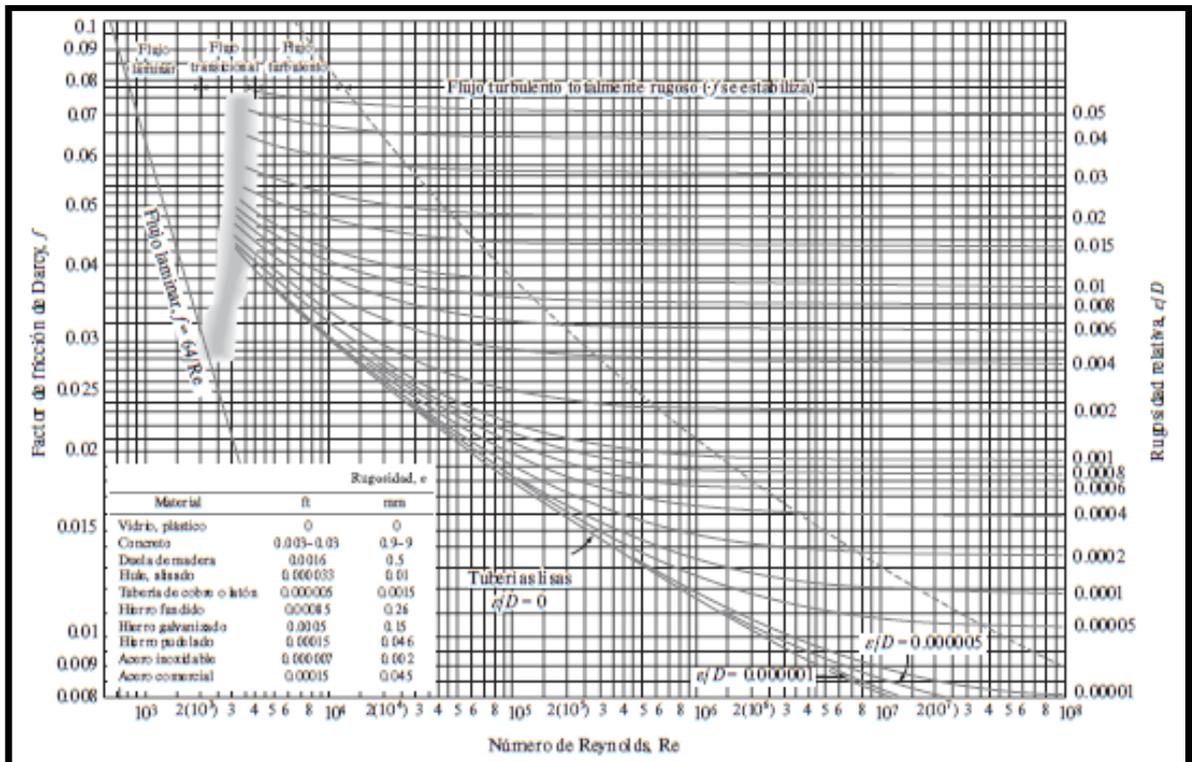
ε : Rugosidad de la tubería

d : diámetro de la tubería

- **Diagrama de Moody**

Según Cengel y Cimbala (2018), el gráfico del coeficiente de fricción en función del número de Reynolds y los parámetros de rugosidad, típicamente para un flujo de tubería completamente desarrollado.

Figura 2.15: Factor de fricción mediante el diagrama de Moody.



Fuente: Cengel y Cimbala. Mecánica de Fluido Fundamentos y Aplicaciones.

- **Selección de bomba**

Según Cengel y Cimbala (2006), indican que la presión de la bomba en un sistema de tuberías que se puede determinar mediante la siguiente expresión.

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1}{2g} + Z_1 + H_B = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2}{2g} + Z_2 + \sum h_{perdida} \quad (10)$$

- **Diseño de lavador de gases tipo torre**

Según Lawrence, et al (2004). En un proyecto de control de diseño de lavador de gases de contaminación del aire, la concentración de entrada del contaminante, el caudal de gas, la temperatura y la presión son fijos.

Normalmente también se especifica la eficiencia de eliminación (concentración de salida del contaminante) y se conoce el licor de lavado disponible. El desafío del diseño es determinar el diámetro de la torre depuradora, la profundidad de la sección empaquetada y el caudal de licor depurador necesario para lograr la concentración de contaminante especificada en la salida. La altura total de la torre se determinará luego en base a estos resultados. Otra consideración es que la pérdida de carga total a través de la torre afectará directamente el costo de operación del lavador de gases.

Un balance de materiales determina el flujo requerido del licor de lavado, basado en la relación líquido-gas determinada a partir de la curva de equilibrio. El factor de absorción está ampliamente aceptado en un rango de 1,25 a 2,0 para obtener la mejor economía en un proyecto de diseño de lavador de gases. El factor de absorción determina las tasas de flujo molar líquido-gas. Para este diseño, se utiliza un factor de absorción de 1.6.

$$L_{mol} = AF \times m \times G_{mol} \quad (11)$$

Reemplazando el factor de absorción

$$L_{mol} = 1.6 \times m \times G_{mol} \quad (12)$$

Definiendo el caudal de la corriente gaseosa en como Q_e

$$G_{mol} = 0.155 \times Q_e \quad (13)$$

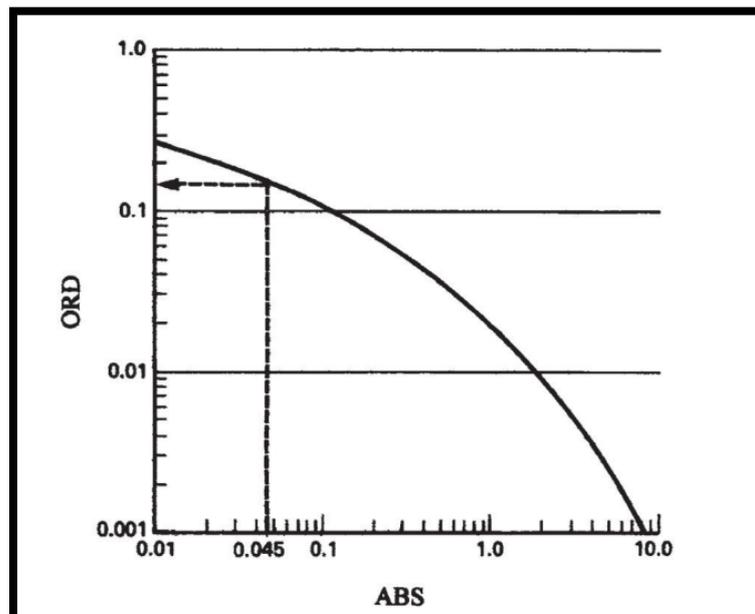
Cuanto de agua se usa como solvente se halla con la siguiente formula

$$L_{gal} = 0.036 \times L_{mol} \quad (14)$$

Una vez que se identifican las corrientes de gas y líquido que entran y salen junto con las concentraciones de contaminantes y solventes, se calculan las tasas de flujo y se determinan las condiciones operativas. Estos datos combinados con el tipo de empaque utilizado determinarán el tamaño real de la torre. El tamaño de la torre debe ser suficiente para aceptar los flujos de gas y líquido sin una pérdida de carga excesiva.

La determinación del diámetro de la torre se ha basado tradicionalmente en un enfoque de inundación. El rango de operación normal para lograr la máxima eficiencia ha sido usar del 60 al 75% de la tasa de inundación para propósitos de dimensionamiento de la torre. En la **(Figura 2.16)** se muestra una correlación común para determinar el diámetro de la torre.

Figura 2.16: Diagrama para determinar el diámetro de la torre.



Fuente: Air Pollution Engineering Control. (2004)

La determinación real del diámetro de la torre es la siguiente:

Calcular la abscisa (ABS):

$$ABS = (L/G) \times (D_G/D_L)^{0.5} \quad (15)$$

$$D_G = PM/RT \quad (16)$$

El valor de ORD se determina hallando el valor de ABS usando la **(Figura 2.16)**.

$$G_{area,f} = [(ORD \times D_G \times D_L \times g_c)/(a/e^3) \times u_L^{0.2}]^{0.5} \quad (17)$$

Usando un valor f de 0.6 en este ejemplo, la tasa de flujo de la corriente de gas, G_{area} , el área de la sección transversal determinada anteriormente es:

$$G_{area} = f \times G_{area,f} \quad (18)$$

Por lo tanto, el área de la sección transversal de la columna es

$$A_{column} = G/(3,600G_{area}) \quad (19)$$

El diámetro de la columna, D_{column} puede ser determinada:

$$D_{column} = [(4/\pi) \times A_{column}]^{0.5} = 1.13 \times A_{column}^{0.5} \quad (20)$$

Ahora que se conoce el diámetro de la torre, la altura de la sección empacada, se determina la eficacia de eliminación. Esta altura se determina a partir del número de unidades teórica de transferencia (NTU), que se multiplica por la altura de transferencia de unidad (HTU).

HTU depende de la solubilidad del contaminante tratado en el lavado. HTU se da en pies y se expresa como N_{og} o N_{ol} , depende del límite de resistencia de la transferencia de masa en el sistema. En este ejemplo, donde un contaminante está siendo lavado en una corriente gaseosa, la resistencia de película de gas (como opuesto a la película líquida) controla muy probablemente la transferencia de masa. Entonces se usa N_{og} , la altura de la torre está determinada:

$$Ht_{column} = N_{og} \times H_{og} \quad (21)$$

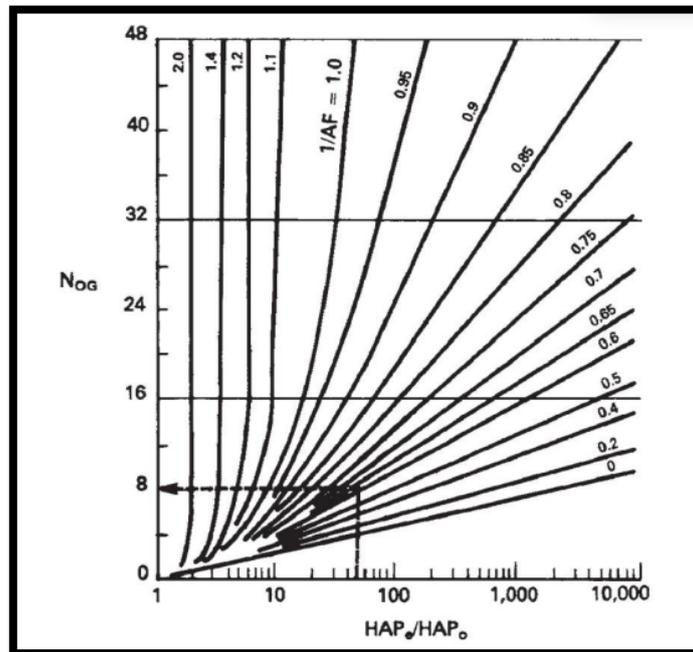
N_{og} es el número de transferencia de unidades de gas, es adimensional, H_{og} es la altura de una unidad de transferencia de gas global basada en los coeficientes de película de gas global (ft). La determinación real de la N_{og} en una solución diluida, está determinada:

$$N_{og} = \ln[(HAP_e/HAP_o) \times (1 - (1/AF)) + (1/AF)] / 1 - (1/AF) \quad (22)$$

Donde: HAP_e es la concentración de flujo de emisión de HAP (contaminante peligroso del aire) (ppmv) y HAP_o es la concentración de salida de HAP (ppmv). Este es un sistema de un solo paso, por lo que se usa agua pura (libre de contaminantes) para fregar en este sistema. Esto hace posible la formula anterior.

Alternativamente, la **(Figura 2.17)** se puede usar para determinar gráficamente N_{og} determina la eficiencia que se obtendrá en la torre depuradora. La entrada y la salida la concentración del contaminante está relacionada con el número de unidades de transferencia, N_{og} , a través de factor de absorción, AF.

Figura 2.17: Diagrama para determinar la eficiencia que se obtendrá en la torre depuradora.



Fuente: Air Pollution Engineering Control. (2004)

La eficiencia de eliminación (RE) se determina a partir de la entrada y la concentración de salida deseada del contaminante:

$$HAP_o = HAP_e \times (1 - RE/100) \quad (23)$$

La concentración de salida del contaminante ahora se puede sustituir en la ecuación anterior para obtener la profundidad de empaque necesaria para la eficiencia de remoción especificada. Una afirmación general es que un valor mayor de N_{og} produce una mayor eficiencia de remoción hasta que la conducción fuerza (gradiente de concentración) se agota. En este punto, no hay más transferencia de contaminantes entre las dos fases ocurridas.

Una vez que el número de unidades de transferencia, N_{og} , necesarios para cumplir con la eficiencia de remoción se conoce el requisito, la altura de cada unidad de transferencia, H_{og} se puede determinar:

$$H_{og} = H_G + (1/AF) \times H_L \quad (24)$$

H_G es la altura de la unidad de transferencia de gas (pies) y H_L es la altura de la transferencia de líquido unidad (pies).

Con base en el empaque elegido junto con las tasas de flujo de gas y líquido, están disponibles las correlaciones generalizadas para determinar H_G y H_L :

$$H_G = [b \times (3600G_{area})^c / (L'')^d] (Sc_G)^{0.5} \quad (25)$$

$$H_L = Y(L''/\mu_L'')^S (Sc_L)^{0.5} \quad (26)$$

donde b, c, d, Y y S son constantes empíricas de empaquetamiento de las tablas, L'' es el caudal de líquido (lb/h-ft²), μ_L'' es la viscosidad del líquido (lb/ft-hr), Sc_G es el Schmidt número de la corriente de gas, y Sc_L es el número de Schmidt de la corriente de líquido corriente.

Tabla 1: Para determinar las constantes empíricas de empaquetamiento y el caudal del líquido.

<i>Empaque</i>	b	c	d	<i>Rango de</i>	
				3,600 <i>Garea</i> (<i>lb/h.ft</i> ²)	<i>L</i> " (<i>lb/h.ft</i> ²)
<i>Rasching rings</i>					
0.375 in	2.32	0.45	0.47	200-500	500-1500
1 in	7.00	0.39	0.58	200-800	400-500
	6.41	0.32	0.51	200-600	500-4500
1.5 in	17.30	0.38	0.66	200-700	500-1500
	2.58	0.38	0.40	200-700	1500-4500
2 in	3.82	0.41	0.45	200-800	500-4500

Fuente: Air Pollution Engineering Control. (2004)

Los valores de Sc_G y Sc_L para varios contaminantes se dan en la literatura. En este ejemplo, se ignora el efecto de la temperatura en Sc . L'' se determina como resultado de:

$$L'' = L/A_{column} \quad (27)$$

Ahora, la altura total de la torre, Ht_{total} usando Ht_{column} se determina:

$$Ht_{total} = Ht_{column} + 2 + 0.25D_{column} \quad (28)$$

El costo real de embalaje se basa en el volumen de embalaje, $V_{packing}$ (ft³), necesario para llenar la torre:

$$V_{packing} = (\pi/4)(D_{column})^2(Ht_{column}) \quad (29)$$

$$V_{packing} = 0.785(D_{column})^2(Ht_{column}) \quad (30)$$

Tabla 2: Para determinar las constantes empíricas de empaquetamiento y el caudal del líquido.

<i>Empaque</i>	<i>Y</i>	<i>S</i>	<i>Rango de L</i> " (<i>lb/h.ft</i> ²)
<i>Rasching rings</i>			
0.375 in	0.00182	0.46	400-15000
0.5 in	0.00357	0.35	400-15000
1 in	0.0100	0.22	400-15000
1.5 in	0.0111	0.22	400-15000
2 in	0.0125	0.22	400-15000

Fuente: Air Pollution Engineering Control. (2004)

Tabla 3: Para determinar Sc_G es el Schmidt número de la corriente de gas.

<i>Sustancia</i>	Sc_G	<i>Sustancia</i>	Sc_G
Amoniaco	0.66	Ácido valérico	2.31
Dióxido de carbono	0.94	Ácido caproico	2.58
Hidrogeno	0.22	Dietilamina	1.47
Oxigeno	0.75	Butilamina	1.53
Agua	0.60	Anilina	2.14
Sulfuro de carbono	1,45	Cloro benzeno	2.12
Éter etílico	1.66	Cloro tolueno	2.38
Metanol	0.97	Bromuro de propilo	1.47
Alcohol etílico	1.30	Yoduro de propilo	1.61
Alcohol propílico	1.55	Benzeno	1.76
Alcohol butílico	1.72	Tolueno	1.84
Alcohol amílico	2.21	Xileno	2.18
Alcohol hexílico	2.60	Benzeno etílico	2.01
Ácido fórmico	0.97	Benzeno propilo	2.62
Ácido acético	1.16	Difenilo	2.28
Ácido propiónico	1.56	Octano	2.58
Ácido butírico	1.91	Mesitileno	2.31

Fuente: Air Pollution Engineering Control. (2004)

Tabla 4: Para determinar Sc_L el número de Schmidt de la corriente de líquido corriente.

<i>Soluto</i>	Sc_L	<i>Soluto</i>	Sc_L
Oxigeno	558	Glicerol	1400
Dióxido de carbono	559	Pirogagol	1440
Óxido nitroso	665	Hidroquinona	1300
Bromuro	570	Urea	946
Hidrogeno	840	Resorcinol	1260
Nitrógeno	196	Uretano	1090
Cloruro de hidrogeno	613	Lactosa	2340
Sulfuro de hidrogeno	381	Maltosa	2340
Ácido sulfúrico	712	Manitol	130
Ácido nítrico	580	Rafinosa	2720
Ácido acético	390	Sacarosa	2230
Metanol	645	Cloruro de sodio	740
Etanol	1140	Hidróxido de sodio	665
Propanol	785	Dióxido de carbono	445
Butanol	1105	Fenol	1900

Alcohol alélico	1150	Cloroformo	1230
Fenol	1310	Ácido acético	479

Fuente: Air Pollution Engineering Control. (2004)

- **CODIGO ASME**

Según Roig (2013,p.25) el Código ASME está compuesto por 11 secciones dedicadas a reglamentar en forma integral la construcción de calderas, recipientes a presión y reactores nucleares. Esto incluye los requerimientos de diseño, selección de materiales, fabricación, pruebas, inspección y marcado con el sello del código.

Las secciones que componen según el código ASME son:

- Sección I Calderas de Potencia.
- Sección II Especificación de Materiales.
- Sección III Requisitos generales para División 1 y División 2.
- Sección IV Calderas para Calefacción.
- Sección V Pruebas no Destructivas.
- Sección VI Reglas y Recomendaciones para el cuidado y operación de las Calderas de calefacción.
- Sección VII Guía y recomendaciones para el cuidado de Calderas de Potencia.
- Sección VIII Reglas para la fabricación de recipientes a Presión.
- Sección IX Cualificación para soldadura y soldadura fuerte.
- Sección X Recipientes a Presión con Plástico reforzado en fibra devídrio.
- Sección XI Reglas para Inspección en servicio de Plantas Nucleares

Según Roig (2013,p.26), en la Sección VIII del Código se establecen las normas y procedimientos para la fabricación de recipientes a presión no expuestos a la acción directa del fuego, que es el objeto de este proyecto.

Esta Sección está constituida por tres divisiones según el código ASME que son:

- División 1ª. "Reglas para la Construcción de Recipientes a Presión".
- División 2ª. "Reglas Alternativas para la Construcción de Recipientes a Presión"
- División 3ª. "Reglas Alternativas para la Construcción de Recipientes de Alta Presión"

El código ASME sección VIII división 1ª.

Según Roig (2013,p.27), la División 1ª está compuesta por tres Subsecciones, y apéndices (que pueden ser de cumplimiento obligatorio o no). A continuación, se describe de forma resumida la estructura organizativa de esta División.

Subsección A.- Requerimientos generales

Parte UG: Requerimientos generales para todos los métodos de construcción y todos los materiales.

Subsección B.- Métodos de Fabricación

Parte UW: Depósitos fabricados por soldadura.

Parte UF: Depósitos fabricados por forja.

Parte UB: Depósitos fabricados por soldadura fuerte (latón). **Subsección C.-**
Tipo de Materiales

Parte UCS: Requisitos para recipientes a presión fabricados en aceros al carbono y de baja aleación.

Parte UNF: Requisitos para recipientes a presión fabricados en materiales no ferrosos.

Parte UHA: Requisitos para recipientes a presión fabricados en aceros altamente aleados.

Parte UCI: Requisitos para recipientes a presión fabricados en hierro fundido.

Parte UCL: Requisitos para recipientes a presión fabricados en materiales de Cladding (integral y overlay).

Parte UCD: Requisitos para recipientes a presión fabricados en acero dúctil.

Parte UHT: Requisitos para recipientes a presión fabricados en acero ferrítico con propiedades mejoradas por tratamiento térmico.

Parte ULW: Requisitos para recipientes a presión fabricados por capas de metal (layered).

Parte ULT: Reglas alternativas para depósitos a presión fabricados por materiales que tengan altos valores de tensión admisible a baja temperatura

UG-27 : Espesor de cuerpos sometidos a presión interna.

UG-22: Cargas.

UG-37: Refuerzo requerido para aberturas en cuerpos y cabezales conformados.

UG-45: Espesor del cuello de la boquilla.

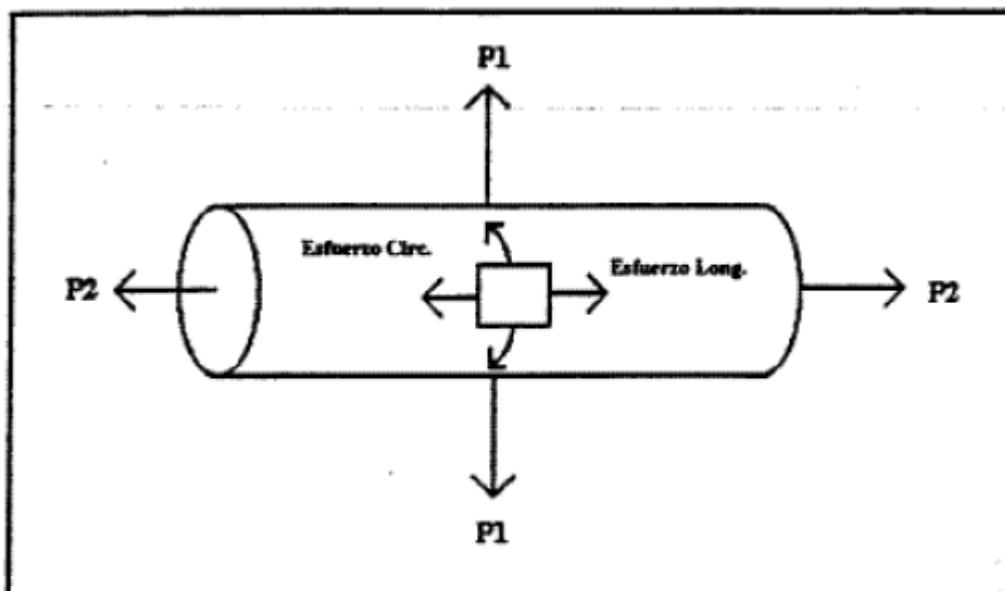
UG-46: Aberturas para inspección.

UG-79: Conformado de partes sometidas a presión.

UCS-79: Conformado de partes a presión.

Código ASME Sección VIII Div. 1 -Reglas para la fabricación de Recipientes a Presión.

Figura 2.18: Esfuerzo circunferencial Vs Esfuerzo longitudinal



Fuente: Guía del código Sec. VIII . Div.1 Tomo 1

Según Rodríguez (2014, p.55), para cuerpos cilíndricos sin costura de paredes delgadas, la tensión circunferencial será aproximadamente el doble de la tensión longitudinal. En la mayoría de los casos, las formulaciones de espesor requerido

basadas en la tensión del anillo UG-27 prevalecerán sobre las formulaciones de espesor requerido basadas en la tensión longitudinal. Sin embargo, hay algunos casos en los que esta regla general no se aplica. Cabe señalar que, si en un cuerpo cilíndrico existen tanto juntas longitudinales como circunferenciales, la fórmula UG-27 basada en esfuerzos longitudinales sólo se aplicará cuando la eficiencia de la junta circunferencial sea inferior a la mitad de la eficaz de la junta longitudinal o cuando la acción de una carga adicional (UG-22) provoca flexión o tracción longitudinal en combinación con la presión interna en estudio.

- **Espesor de diseño**

Es la suma del espesor requerido y el margen por corrosión.

$$e_d = t + t_{\text{corrosión}} \quad (31)$$

- **Fórmulas para cuerpos bajo presión interna**

- ✓ **Cuerpos cilíndricos**

Esfuerzo circunferencial (Juntas Longitudinales)

En términos de radio interior ($t < R/2$) o $P < 0.385SE_c$

$$t = \frac{P.R}{SE_c - 0.6P} \quad \text{o} \quad P = \frac{SEt}{R + 0.6t} \quad (32)$$

En términos de radio exterior ($t < R/2$) o $P < 0.385SE_c$

$$t = \frac{P.R}{SE_c + 0.4P} \quad \text{o} \quad P = \frac{SEt}{R - 0.4t} \quad (33)$$

Esfuerzo Longitudinal (Juntas circunferenciales)

En términos de radio interior ($t < R/2$) o $P < 1.25SE_l$

$$t = \frac{P.R}{2SE_l + 0.4P} \quad \text{o} \quad P = \frac{SEt}{R - 0.4t} \quad (34)$$

- **Fórmula para el Alargamiento de la Fibra**

El alargamiento de la fibra puede ser determinado por la siguiente formula según UG-79 y UCS-79:

Para la curvatura sencilla:

% de alargamiento de la fibra externa

$$e(\%) = \frac{50t}{R_f} \left(1 - \frac{R_f}{R_0} \right) \quad (35)$$

El mínimo radio para un alargamiento es del 5%.

- **Tapas Elípticas 2:1**

El eje menor es la mitad del eje mayor

$$\frac{D}{2h} = 2 \quad (36)$$

Una aproximación aceptable de las tapas elípticas 2:1 es una con un radio de rebordeo de 0.17D y un radio de bombeo esférico de 0.90D

El mínimo espesor requerido a la MAWP está dado como

$$t = \frac{P \cdot D}{2SE - 0.2P} \quad \text{o} \quad P = \frac{2SEt}{D + 0.2t} \quad (37)$$

- **Cálculo de espesor de diseño**

De acuerdo a UG37 (a) el espesor requerido para el casco, usando E=1:

$$t_r = \frac{P \cdot R_{casco}}{S - 0.6P} \quad R = (D - 2t)/2 \quad (38)$$

De acuerdo a UG37 (a) el espesor requerido para el tubo, usando E=1:

$$t_r = \frac{P \cdot R_{tubo}}{S + 0.4P} \quad R = D/2 \quad (39)$$

- **Cálculo del espesor requerido por el tubo**

Según UG-45 para el cálculo del espesor requerido para el tubo se usa la siguientes formulas:

$$UG45(a) = t_{rn} + t_{corrosión} \quad (40)$$

$$UG45(b)(1) = \max(t_r, 0.0625\text{pulg}) + t_{corrosión} \quad (41)$$

$$UG45(b)(4) = \text{Espesor}_{nominal\ del\ tubo} - 12.5\% \text{Espesor}_{nominal\ del\ tubo} + t_{corrosión} \quad (42)$$

$$UG45 = \max[UG45(a), \min\{UG45(b)(4), UG45(b)(1)\}] \quad (43)$$

- **Cálculo de refuerzo del tubo**

Según UG37(a) se procede a hallar los factores de reducción de resistencias:

$$fr_1 = \min\left(1, \frac{S_n}{S_v}\right) = 1 \quad (44)$$

$$fr_2 = \text{mín} \left(1, \frac{S_n}{S_v} \right) = 1 \quad (45)$$

$$fr_3 = \text{mín} \left(fr_2, \frac{S_p}{S_v} \right) = 1 \quad (46)$$

$$fr_4 = \text{mín} \left(1, \frac{S_p}{S_v} \right) = 1 \quad (47)$$

- **Cálculo de área de refuerzo**

Según UG37(c) para hallar el área de refuerzo se aplica la siguiente formula:

$$A = dt_r F + 2t_n t_r F(1 - f_{r1}) \quad (48)$$

2.3. Marco conceptual

2.3.1 Diseño Hidráulico

En relación con, Jiménez (2017) define: "El diseño hidráulico tiene como objetivo definir los diámetros y longitudes de las diferentes tuberías que componen el sistema (regantes, distribuidores y conductores) según criterios de optimización".

Según Ccahua en su informe de diseño hidráulico lo define como: "Dimensionar toda la red, calcular la pérdida de carga para diferentes combinaciones de diámetros y longitudes de tubería, mantener la tolerancia de presión en las subunidades y calcular el requerimiento de presión total".

2.3.2. Diseño Mecánico:

Es el proceso de dar a una máquina la forma, el tamaño, los materiales, las técnicas de fabricación y la operación para que cumpla con ciertas funciones o necesidades. En este estudio se realizará el diseño siguiendo los procedimientos, protocolos y estándares de seguridad para hacer posible el lavador de gases.

2.4. Definición de términos básicos

- **Fluido:** Un continuo de materia cuyas partículas tienen sólo una fuerza de atracción débil.
- **Temperatura:** Representa la energía interna de un cuerpo, objeto o ambiente en general, medida por un termómetro.
- **Ciclón:** Máquina diseñada para separar el material particulado de la corriente gaseosa.
- **Extractor:** Es un ventilador centrífugo el cual se encarga de impulsar el aire por una turbina o rodete que lo atrae a través del centro y lo expulsa a través de sus álabes o palas.
- **Bomba hidráulica:** Es una máquina capaz de convertir la energía (generalmente mecánica o eléctrica) de su trabajo en la energía fluida que intenta mover.
- **Caudal:** Es definida como el volumen de fluido que pasa a través de una tubería en un determinado tiempo.
- **Densidad:** Es definida como masa por unidad de volumen. (Cengel, 2006 pág. 37).
- **Caída de Presión:** Es la pérdida de presión causada por la resistencia a la trayectoria del flujo.

III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis

Hipótesis general

La implementación del diseño de un sistema de lavador de gases tipo torre reduce las emisiones de gases en la fundición de plomo de la empresa COVIF&ME SAC de la provincia constitucional del Callao.

Hipótesis específicas

- El sistema de ingreso de gases permite dimensionar el sistema lavador de gases.
- El diseño hidráulico del sistema permite la selección componentes del sistema lavador de gases.
- El diseño mecánico del sistema permite dimensionar el sistema lavador de gases.
- Los niveles de gases contaminantes se reducen dentro de los Límites permisibles aguas abajo del sistema lavador tipo torre en la empresa COVIF&ME SAC en la provincia constitucional del Callao.

3.1.1. Operacionalización de variables

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Indice	Método	Técnica
Diseño del Sistema de lavador de Gases	El sistema de lavador de gases permite atrapar material particulado y reducir las emisiones, su funcionamiento consiste en rociar agua por medio de aspersores y filtros, atrapando la partícula por choque o proximidad. (Elaboración propia).	Para realizar la medición de las dimensiones, se realizará la recopilación de datos del tipo documental y comprobación en software INVENTOR PROFESIONAL.	Sistema de Ingreso de los gases recolectados	Velocidad del gas	m/s	Método de Analítico Sintético.	Empírico y Documental.
				Caudal de gas	m ³ /s		
				Temperatura del gas	°K		
			Diseño Hidráulico	Caudal de agua	l/min		
				Modelo y tipo de aspersor	Marca		
				Diámetro de tubería	pulg.		
			Diseño Mecánico	Bomba Hidraulica	Hp.		
				Diámetro y altura del lavador	mt.		
				Tipo y esp. de Materia	Acero al carbono		
				Diseño del casco	Norma Asme		
	Diseño de la tapa	Norma Asme					
	Diseño de la conexión	Norma Asme					
Emisiones de gases contaminantes	Mediante el proceso de fundición plomo, los gases emitidos generan contaminación al medio ambiente, estos gases son SO ₂ , NO ₂ , CO y Pb. que se presencian en la salida de la chimenea. (Elaboración propia)	Para el desarrollo de la variable dependiente se elaborará un comparativo de los monitoreos ambientales antes y después de la implementación.	Dióxido de Azufre	Nivel SO ₂ en el ambiente	ug/m ³	Método de Analítico Sintético.	Empírico.
			Dióxido de Nitrógeno	Nivel NO ₂ en el ambiente	ug/m ³		
			Monóxido de Carbono	Nivel CO en el ambiente	ug/m ³		
			Plomo	Nivel Pb en el ambiente	ug/m ³		

IV. METODOLOGÍA DEL PROYECTO

4.1. Diseño Metodológico

En cuanto Hernández, et al.(2003) “El diseño de investigación es no experimental, ya que se realiza sin manipular deliberadamente variables y en los que se observan los fenómenos en su ambiente natural para después analizarlos”.

Según Valderrama (2002, p.39), señala que la investigación aplicada también conocida como práctica, empírica, dinámica, está estrechamente relacionada con la investigación básica porque se apoya en sus descubrimientos y aportes teóricos para crear beneficios y bienestar para la sociedad. Se basa en la investigación teórica; su objetivo específico es aplicar la teoría existente a la producción de normas y procedimientos tecnológicos para controlar situaciones o procesos reales.

Según Valderrama (2002, p.106), señala el enfoque cuantitativo es una forma de hacer investigación, es la dirección o camino filosófico que elige un investigador para realizar una investigación. Son predicciones de métodos filosóficos que asumen ciertos conceptos sobre el fenómeno que se quiere estudiar. Además, son caracterizadas por el uso de Recopilación y análisis de datos para dar respuesta a la formulación de preguntas de investigación, también utiliza métodos o técnicas estadísticas para comparar hipótesis entre verdaderas y falsas.

En referencia a estas definiciones la investigación que se presenta es no experimental, del tipo aplicada, ya que el diseño del lavador de gases resuelve el problema de la reducción de gases contaminantes en la planta de COVIF &ME SAC, con un enfoque cuantitativo, ya que se recolecta información de otras tesis y es un diseño preexperimental, ya que se somete a prueba de gases contaminantes antes que se instale el lavador de gases y otra después de instalado el lavador de gases.

4.2. Método de Investigación

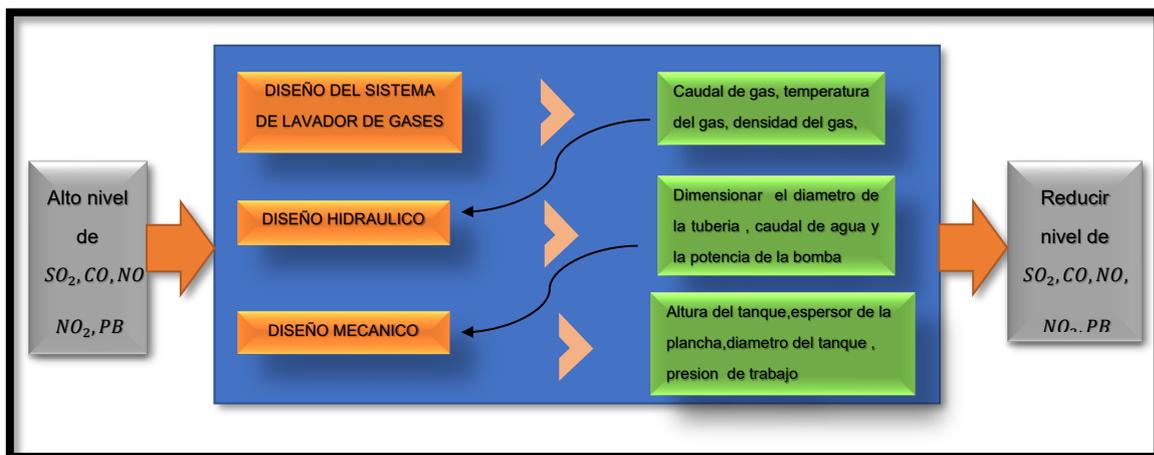
Según Erdman y Sander (1997), señala que el diseño en ingeniería es aplicable tanto a tareas simples de diseño de componentes como a diseño de sistemas complejos. Implica retroalimentación e iteraciones entre algunas etapas que son esenciales e inevitables en el proceso creativo, pero no afectan el flujo de las etapas.

Según Valderrama (2002, p.98) “El método analítico del estudio consiste en la descomposición de un todo a sus partes, con el fin observar las relaciones, similitudes, diferencias, naturaleza y efectos”.

Según Valderrama (2002, p.98), señala que el método de síntesis es un proceso de argumento que tiende a rehacer un todo, desde el estudio de los recursos diferenciados; por consiguiente, al fin y al cabo, a hacer una estructura metódica y breve. En otros términos, debemos mencionar que la síntesis es un proceso de la mente. Cuyo objetivo es la comprensión cabal la naturaleza de cada una de las partes y particularidades que ya conocemos.

En referencia a estas definiciones la investigación es diseño de ingeniería que es de tipo analítico-sintético, ya que nuestras variables se descomponen en sus dimensiones para poder analizar el diseño del lavador de gases.

Figura 4.1. Método de la caja blanca.



Como podemos apreciar en la figura, a través del método de la caja blanca ingresaremos un alto nivel de SO_2 , NO_2 , CO , Pb para iniciar con el diseño de lavador de gases tipo torre, iniciando por un diseño del sistema lavador de gases con lo cual se cuenta con datos del laboratorio como el caudal del gas, temperatura del gas, densidad del gas; para luego iniciar con el diseño hidráulico requerido dimensionando el diámetro de la tubería, caudal del agua y la potencia de la bomba; si cumple calcularemos el sobredimensionamiento y sobre diseño teniendo en cuenta los límites que podemos tener de estas dos variables, luego proseguiremos con el siguiente paso que consiste en calificar nuestro diseño mecánico donde calcularemos la altura del tanque, diámetro del tanque, espesor de la plancha y presión de trabajo según los límites que indica el libro "Air Pollution Engineering Control" para que sea aceptado para que finalmente el lavador de gases sea implementado en el proceso para reducir las emisiones de los gases contaminantes.

4.3. Población y muestra

En cuanto a, Neill, et al. (2018) "Una población o universo incluye todos los sujetos u objetos a estudiar, y su selección se basa en ciertas características que facilitan la adquisición de información relevante para estudiar el problema".

Por lo citado, este trabajo de investigación de tesis tiene como población el sistema de lavador de gases a diseñar porque su selección se dará en función a ciertas características obtenidas del proceso en donde se va a implementar con la información relevante del sistema.

Con relación Hurtado (2000), menciona que "No es necesaria una muestra cuando se conoce la población y se puede identificar a cada uno de sus integrantes y, además, si se conoce, la población es accesible, es decir, que se puede ubicar a cada uno de sus miembros".

Por lo citado, este trabajo de investigación de tesis la muestra es la emisión de gases contaminantes, ya que la población es conocida, identificable y accesible.

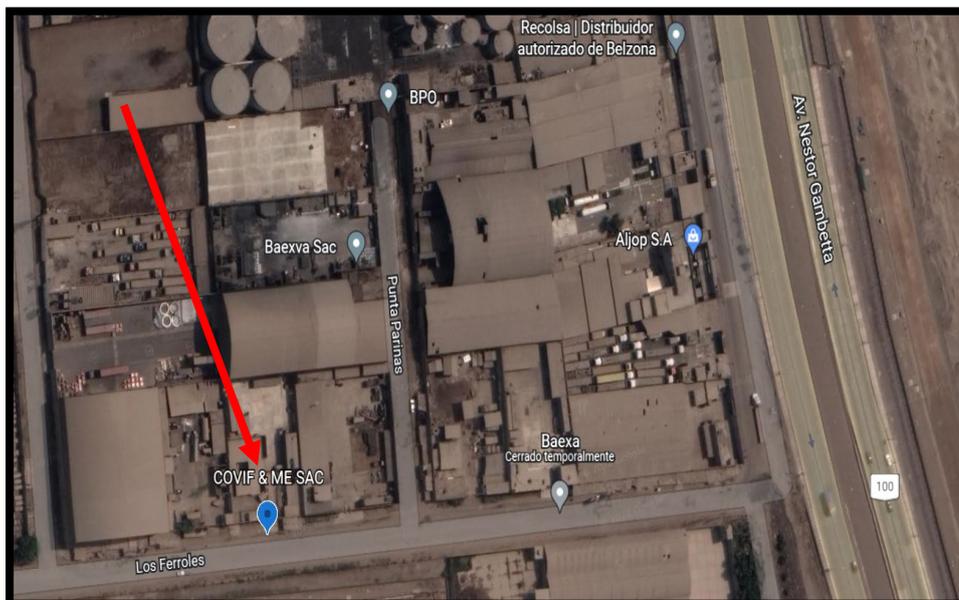
Teniendo, así como población y muestra el sistema de lavador de gases tipo torre para reducir la emisión de gases que se va implementar en la fundición de plomo. COVIF&ME SAC – Callao.

4.4. Lugar de estudio

Dicho estudio se realizará en una planta de fundición de plomo. COVIF&ME SAC. Callao. La planta está ubicada en la calle Los Ferroles Mz. B Lote 6. A una cuadra de la Av. Gambeta. Callao - Perú. Con un área total de 850 m^2 , donde se plantea realizar el diseño de un sistema lavador de gases.

Siendo el período de desarrollo de esta investigación comprendida entre mayo y Julio del 2022.

Figura 4.2. COVIF&ME SAC, ubicado en calle Los Ferroles Mz. B Lt. 6. Callao. Callao - Perú.



Fuente: Tomado de Google Earth, 2022.

4.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de la información

Según lo que expresa Montes (2010), señala que las técnicas documentales que permiten la recolección de prueba para respaldar las hipótesis de indagación. También, está formado de diversos tipos de documentos: informes, revistas, registros, actas de registros, datos y estadísticas, y cualquier archivo de instituciones y empresas que registren datos acerca de sus operaciones.

Por consiguiente, para el trabajo de indagación de esta tesis, usaremos técnicas documentales con la cual recolectaremos datos mediante de: fichas bibliográficas, fichas hemerográficas, monitoreos y la ficha de recolección de datos.

Además, también se empleará la técnica empírica, Montes (2010) expresa lo siguiente: “Las técnicas experimentales permiten que la observación entre en contacto directo con el objetivo de análisis, permitiendo confrontar la teoría a la práctica con la búsqueda de la realidad”.

Por lo citado, se usará la técnica empírica debido a que se tendrá contacto directo con el objeto estudiado que vendría a ser, recolectando información de los datos de operación del proceso a través de una observación organizada la cual según Montes (2010) se ejecuta cuando existe un modelo teórico inicial o una teoría que permite construir el modelo inicial. Según lo expresado se recolectará datos a través de la teoría que nos brinda el libro “Air Pollution Engineering Control” y la norma ASME para poder recolectar los datos necesarios para diseñar el lavador de gases donde se llenará los datos en el instrumento que es la ficha de recolección de trabajo.

4.6. Análisis y procesamiento de datos

Se utilizarán algunos datos y resultados de las emisiones de la empresa ALAB E.I.R.L. como las pruebas de monitoreo ambiental de la empresa COVIF & ME S.A.C. y así elaborar el correcto de diseño del lavador de gases.

De la misma forma, en este estudio se evaluarán las condiciones del aire exterior de los productos del proceso de fundición que son parte de este trabajo. Además, el equipo usado para medir el gas es el analizador de gases de combustión TESTO 350-S (**Figura. 4.3**). Este equipo tiene sensores de componentes comunes en la combustión, como: dióxido de azufre (SO₂), dióxido de carbono (CO₂), oxígeno (O₂), monóxido de carbono (CO), plomo (Pb), monóxido de nitrógeno (NO), etc. Además, el analizador TESTO 350-S consta de una unidad de control, un analizador de productos de combustión y una sonda de muestreo. Igualmente, la unidad de control del analizador dispone de un visualizador que muestra el valor obtenido para cada parámetro.

Figura 4.3: Modelo del equipo testo 350S (Analizador de gases).



Fuente: <https://www.testo.com/en-VN/testo-350/p/0632-3510>

Por ser una investigación aplicada, además de tener una muestra igual a la población, no amerita realizar un análisis estadístico, sino un análisis de los resultados por cada etapa.

DESARROLLO DE ETAPAS

ETAPA 1: SISTEMA DE INGRESO DE LOS GASES RECOLECTADOS

El caudal, la velocidad y la temperatura del gas se determina con la medición del TESTO-350S se anexa su Certificado de calibración (**Anexo 2**) realizada por la empresa ALAB.

Tabla 5. Resultados de sistema de ingreso del gas, tomados por el Equipo testo 350s.

Resultado de emisiones	
Velocidad	21.67 <i>m/s</i>
Caudal	10005.96 <i>m³/h</i>
Temperatura	46 °C

Figura 4.4: Resultados de Emisiones, tomados del monitoreo ambiental de la empresa COVIF&ME SAC.

Cálculo de Velocidad y Caudal de Emisión		VELOCIDAD (m/s)
Altura	9	18.00
DIAMETRO DUCTO (m)	0.42	20.00
AREA DUCTO (m2)	0.14	22.00
Tiempo de emisión (mensual)	624	22.00
VELOCIDAD (m/s)	21.67	24.00
CAUDAL Estandar (m3/h)	9005.29	24.00
CAUDAL Normal (m3/h)	9248.15	
Temperatura del lugar de muestreo	24.0	
TEMPERATURA (*K)	319.0	
CO2 %	0.5	
Exceso de Aire	1696.5	
Eficiencia Combustion	74.5	
T° norm (*K)	273.0	
T° std (*K)	298.0	
Pa (mmHg)	749.00	
		21.67

Fuente: Monitoreo Ambiental 01/2021. Propiedad de: COVIF&ME SAC. (Anexo3)

ETAPA 2: DISEÑO HIDRÁULICO

Primero hallamos el G_{mol}

$$G_{mol} = 0.155 \times 5942.2517 \quad (12)$$

$$G_{mol} = 921.05 \text{ lb. mol/h}$$

Calculamos el L_{mol}

$$L_{mol} = 1.6 \times m \times G_{mol} \quad (11)$$

La pendiente de la curva de equilibrio para este sistema HAP/disolvente muy baja, entonces es $m=1.3$, ya que el disolvente es agua.

$$L_{mol} = 1.6 \times 1.3 \times 921.05$$

$$L_{mol} = 1915.79 \text{ lb. mol/h}$$

Calculamos el caudal de agua

$$Q = 0.036 \times 1915.79$$

$$Q = 68.96 \text{ gpm} \cong 18.8 \text{ m}^3/\text{h}$$

Hallamos el flujo masico de líquido y gas

$$m_a = MW_{\text{disolvente}} \times L_{mol}$$

$$m_a = 18 \times 1915.79$$

$$m_a = 34484.22 \text{ lb/h} \cong 4.35 \text{ kg/s}$$

El flujo masico se determina con en valor hallado desde el siguiente grafico

$$m_{gc} = 0.126 \text{ kg/h} \cong 0.0021 \text{ kg/s} \cong 16.67 \text{ lb/h}$$

La densidad de los gases

$$\rho = 0.9856 \times 0.018/0.082(298)$$

$$\rho = 0.000726 \text{ g/l} \cong 0.000045 \text{ lb/ft}^3$$

Calculamos la ABS de la ecuación 14

$$ABS = (34484.22/22748) \times (0.06/62.18)^{0.5} \quad (14)$$

$$ABS = 0.047$$

Usando el grafico de ORD vs ABS se determina que el valor de la ORD es 0.13

Se utiliza raschig rings 2 in cerámico para empaquetar la columna, las constantes de empaquetamiento son $a=28$ y $e=0.74$, donde $g_c = 32,2 \text{ ft/s}^2$ y $\mu_L = 0.85 \text{ cP}$

$$G_{area,f} = [(0.13 \times 0.0792 \times 62.18 \times 32,2)/(28/0.74^3) \times 0.85^{0.2}]^{0.5} \quad (16)$$

$$G_{area,f} = 0.596 \text{ lb/s. ft}^2$$

Se usa tasa de inundación $f = 0.6$ de la ecuación 17

$$G_{area} = 0.6 \times 0.596 \quad (17)$$

$$G_{area} = 0.357 \text{ lb/s. ft}^2$$

Se halla el A_{column} de la ecuación 18

$$A_{column} = G/3600G_{area} \quad (18)$$

$$A_{column} = 22748/3600 \times 0.357$$

$$A_{column} = 17.7 \text{ ft}^2$$

Se halla el D_{column} de la ecuación 19

$$D_{column} = 1.13 \times 17.7^{0.5} \quad (19)$$

$$D_{column} = 4.75 \text{ ft} \cong 1.45 \text{ m}$$

Etapas del proceso de condensación en el lavador

En este caso, el lavador de gases tendrá espray (boquillas aspersores de agua). Este lavador está compuesto por toberas rociadoras de agua a presión, sabiendo que se reducirán 30% del flujo de los gases de combustión.

$$m_{gc} = 2.87 \times 0.7 = 2 \text{ kg/s}$$

- **Altura del lavador de gases**

$$V_{gas} = \frac{m_{gc} \times 4}{\pi \times D^2 \times \rho}$$

$$V_{gas} = \frac{2 \times 4}{\pi \times 1.45^2 \times 0.96} = 1.26 \text{ m/s}$$

Entonces en un tiempo de $t = 2.3 \text{ s}$ la altura total útil

$$H_t = 1.26 \times 2.3 \cong 3 \text{ m}$$

- **Selección de boquillas aspersores de agua**

Se considerará el flujo volumétrico de agua necesario para la condensación y la capacidad de cada boquilla.

$$Q = 18.8 \text{ m}^3/\text{h} \cong 314.34 \text{ l/min}$$

q = Capacidad de cada boquilla 82 l/min **Modelo SPJT 3/8" marca VERLEK**

Número de boquillas necesarias para la condensación a

$$Nb = \frac{314.34}{82} = 3.82$$

Redondeamos

$$Nb = 4 \text{ boquillas}$$

De la misma manera, la presión óptima en las boquillas es de 2 a 5 Kg/cm² (Hugot, 1963, p. 534). Entonces convirtiendo estos valores a (Bar) sería de 2.03943 a 5.09858 Bar. Por lo que sé qué hace la selección en la ficha de datos técnicos.

(Anexo 7)

- **Selección de tuberías**

Según Mott la velocidad permisible en la línea de succión y de descarga, en función del diámetro de tubería es:

Tabla 6: Selección de tubería de línea de succión y descarga según el caudal

Caudal (m^3/h)	Línea de succión		Línea de descarga	
	Tamaño de tubería (pulg.)	Velocidad (m/s)	Tamaño de tubería (pulg.)	Velocidad (m/s)
2.3	1	1.1	3/4	1.8
22.7	2 1/2	2.0	2	2.9
113	5	2.4	3 1/2	4.9
454	8	3.9	6	6.8

Fuente: MOTT, R., 2006. Mecánica de fluidos. 6.ª ed.

- **Selección de tubería de línea de descarga** de ecuación 3

$$Q = \frac{v \times \pi \times d^2}{4} \quad (3)$$

$$Q = 18,8 \text{ m}^3/h = 0,00523 \text{ m}^3/s$$

$$0,00523 = \frac{v \times \pi \times 0.050^2}{4}$$

$$v_d = 2,58 \text{ m/s}$$

Según Mott la velocidad permisible en la descarga es menor 2,9 m/s, por lo tanto, el diámetro de la tubería es de 2 pulgadas.

- **Selección de tubería de línea de succión**

$$Q = \frac{V \times \pi \times d^2}{4} \quad (3)$$

$$Q = 18,8 \text{ m}^3/h = 0,00523 \text{ m}^3/s$$

$$0,00523 = \frac{V \times \pi \times 0.065^2}{4}$$

$$v_s = 1,58 \text{ m/s}$$

Según Mott la velocidad permisible en la succión es menor a 2 m/s, por lo tanto, el diámetro de la tubería es de 2.5 pulgadas.

- **Numero de Reynolds**

Con una velocidad de 2,58 m/s, con un diámetro de 2 pulgadas y una viscosidad cinemática del agua a 20 °C de $1,003 \times 10^{-6} \text{ m}^2/s$

$$Re = \frac{V \times d}{\nu} \quad (8)$$

$$Re = \frac{2,58 \times 0,050}{1,003 \times 10^{-6}}$$

$$Re = 1,28 \times 10^5$$

Con una velocidad de 1,58 m/s, con un diámetro de 2.5 pulgadas y una viscosidad cinemática del agua a 20 °C de $1,003 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

$$Re = \frac{1,58 \times 0,065}{1,003 \times 10^{-6}}$$

$$Re = 1,023 \times 10^5$$

- **Rugosidad relativa**

Según Cengel y Cimbala, menciona que la rugosidad relativa se determina como la relación entre la rugosidad de la tubería y su diámetro, de la siguiente ecuación:

$$Rugosidad\ relativa = \frac{\varepsilon}{d} \quad (9)$$

De acuerdo con el diagrama de Moody la rugosidad es 0,045 mm para el acero comercial

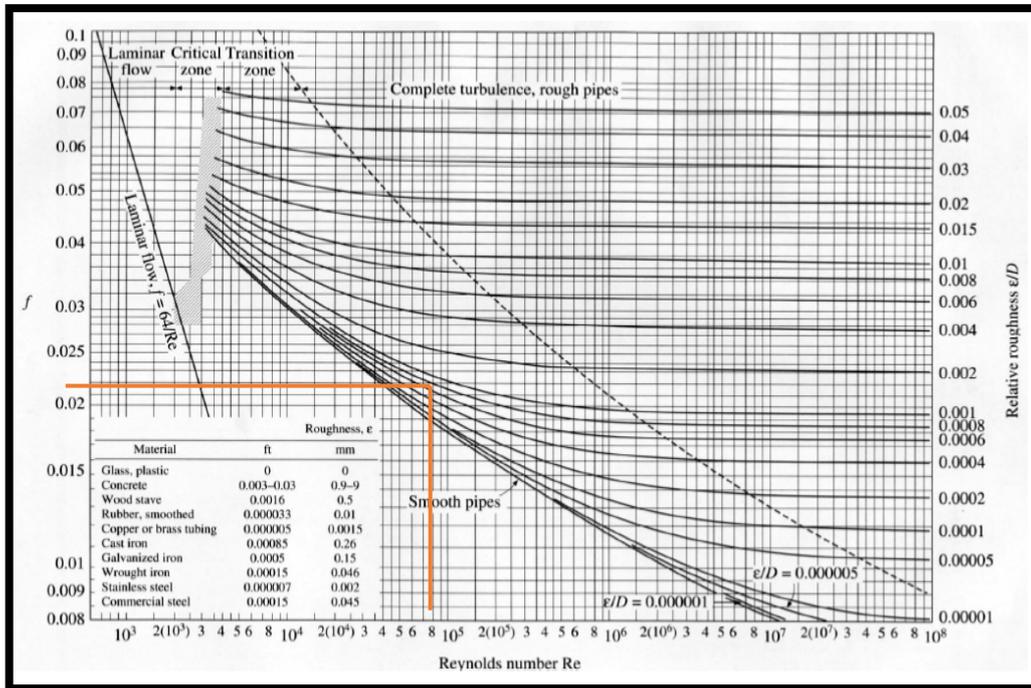
Tubería de Descarga: $Rugosidad\ relativa = \frac{0,045}{50}$

$$Rugosidad\ relativa = 0,0009$$

Tubería de Succión: $Rugosidad\ relativa = \frac{0,045}{65}$

$$Rugosidad\ relativa = 0,0007$$

Figura 4.5: Diagrama de Moody (para determinar la rugosidad).



Fuente: MOTT, R., 2006. Mecánica de fluidos. 6.^a ed. pag.237

Según el diagrama de Moody la fricción en la descarga es 0,022 y la fricción en la succión es 0,021.

Entonces la caída de presión longitudinal en metros de columna de agua será:

$$h_p = f \times \frac{L \times v^2}{2g \times d} \quad (6)$$

La pérdida primaria en la descarga es

$$h_p = 0,22 \times \frac{4 \times 2.58^2}{2 \times 9.81 \times 0.050}$$

$$h_p = 6 \text{ m}$$

La pérdida primaria en la succión es

$$h_p = 0,21 \times \frac{1 \times 2^2}{2 \times 9.81 \times 0.065}$$

$$h_p = 0.66 \text{ m}$$

- **Pérdida por accesorios en la descarga**

Calcular la caída de presión por accesorios es necesario conocer el índice de pérdidas secundarias de la singularidad “K”, de acuerdo con Cengel y Cimbala (2006):

- El codo roscado tiene un coeficiente $K_L = 0.9$
- La expansión para el $d/D = 0.8$ tiene un coeficiente $K_L = 0.10$.
- La válvula de globo tiene un coeficiente $K_L = 10$

$$h_L = K_L \times \frac{V^2}{2g} \quad (7)$$

Pérdida en el codo:

$$h_L = 0.9 \times \frac{2.58^2}{2 \times 9.81}$$

$$\mathbf{h_L = 0.3}$$

Pérdida en la expansión:

$$h_L = 0.1 \times \frac{2.58^2}{2 \times 9.81}$$

$$\mathbf{h_L = 0.034}$$

Pérdida en la válvula globo:

$$h_L = 10 \times \frac{2.58^2}{2 \times 9.81}$$

$$\mathbf{h_L = 3.4}$$

$$h_L = 0.9 \times \frac{2.58^2}{2 \times 9.81}$$

$$\mathbf{h_L = 0.3}$$

- **Perdida por accesorios en la succión**

Calcular la caída de presión por accesorios es necesario conocer el índice de perdidas secundarias de la singularidad “K”, de acuerdo con Cengel y Cimbala (2006):

El codo roscado tiene un coeficiente $K_L = 0.9$

✓ Pérdida en el codo

$$h_L = 0.9 \times \frac{2^2}{2 \times 9.81}$$
$$h_L = 0.18$$

Por lo tanto, la caída de presión del sistema.

$$\sum h_{perdida} = 11.2 \text{ m}$$

- **Selección de la bomba hidráulica**

De acuerdo Cengel y Cimbala (2006), la presión de la bomba en un sistema de tuberías se puede determinar mediante la siguiente expresión.

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1}{2g} + Z_1 + H_B = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2}{2g} + Z_2 + \sum h_{perdida} \quad (10)$$

Por lo tanto, la altura de la bomba

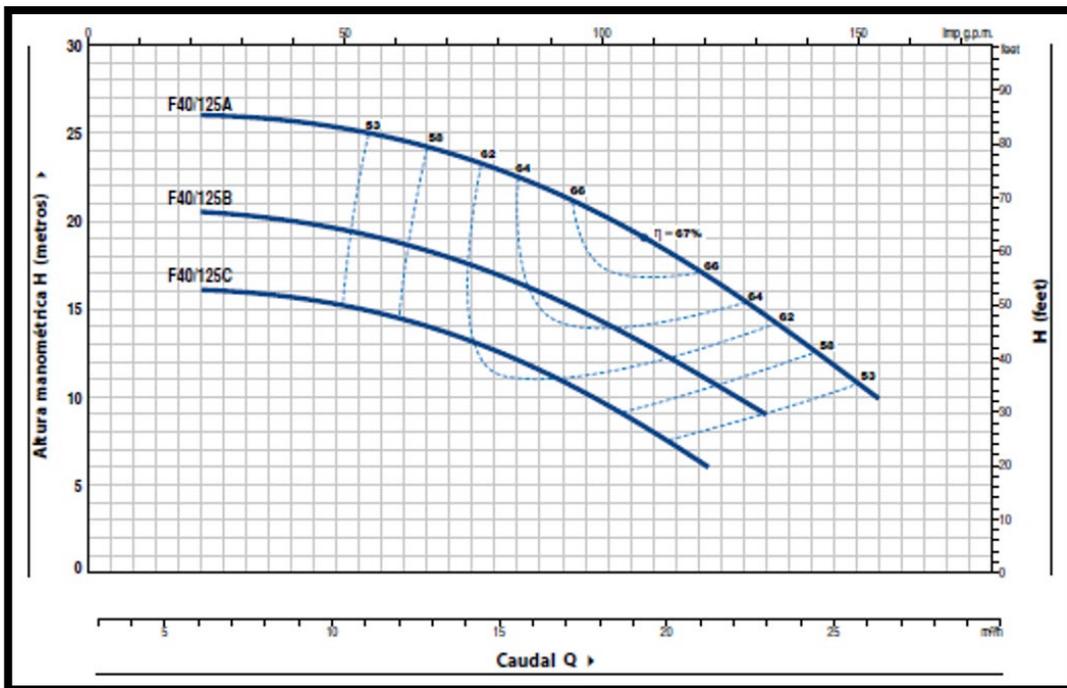
$$H_B = \frac{2.58^2}{2 \times 9.81} + 3 + 11.5$$
$$H_B = 14.5 \text{ m}$$

De acuerdo con los cálculos anteriores el caudal es:

$$Q = 18.8 \text{ m}^3/\text{h}$$

Con la carga y la capacidad, se puede encontrar una bomba que cumpla con estos parámetros, encontrando que las bombas de 1.5 hp tienen una carga máxima entre 6 a 16 m.c.a y un caudal entre 6 a 36 m^3/h , por lo que se seleccionó una bomba PEDROLLO modelo F40/125C por ser comercial en el Perú. Se adjunta ficha técnica de la bomba en la sección de anexos. **(Anexo "8")**

Figura 4.6: Curva característica carga capacidad de bomba PEDROLLO



Fuente: Ficha técnica de PEDROLLO

- **Cálculo de espesor de tubería**

Según Mariotte el espesor de una tubería se encuentra delimitado por la presión a la que debe soportar, así como su diámetro se puede determinar por la siguiente ecuación:

$$e = \frac{p \times D}{2 \times \sigma}$$

Dónde:

e = Espesor interno (mm)

p = Presión actuante (MPa)

D = Diámetro externo (mm)

σ = Esfuerzo de trabajo del acero (MPa)

Figura 4.7: Especificación técnica de tubería Tipo A53/ASTM A106/API 5L de grado B.

DIMENSIONES Y PESOS NOMINALES								
DIÁMETRO NOMINAL	DIÁMETRO EXTERIOR		ESPESOR DE PARED		PESO kg/m	PESO TIPO	SCH N°	PRESIÓN DE PRUEBA GRADO B psi
	pulgada	mm	pulgada	mm				
1/8"	0.405	10.3	0.068	1.73	0.37	STD	40	700
1/8"	0.405	10.3	0.095	2.41	0.47	XS	80	850
1/4"	0.540	13.7	0.088	2.24	0.63	STD	40	700
1/4"	0.540	13.7	0.119	3.02	0.80	XS	80	850
3/8"	0.675	17.1	0.091	2.31	0.84	STD	40	700
3/8"	0.675	17.1	0.126	3.20	1.10	XS	80	850
1/2"	0.840	21.3	0.109	2.77	1.27	STD	40	700
1/2"	0.840	21.3	0.147	3.73	1.62	XS	80	850
1/2"	0.840	21.3	0.188	4.78	1.95	-	160	900
1/2"	0.840	21.3	0.294	7.47	2.55	XXS	-	1,000
3/4"	1.050	26.7	0.113	2.87	1.69	STD	40	700
3/4"	1.050	26.7	0.154	3.91	2.20	XS	80	850
3/4"	1.050	26.7	0.219	5.56	2.90	-	160	950
3/4"	1.050	26.7	0.308	7.82	3.64	XXS	-	1,000
1"	1.315	33.4	0.133	3.38	2.50	STD	40	700
1"	1.315	33.4	0.179	4.55	3.24	XS	80	850
1"	1.315	33.4	0.250	6.35	4.24	-	160	950
1"	1.315	33.4	0.358	9.09	5.45	XXS	-	1,000
1 1/4"	1.660	42.2	0.140	3.56	3.39	STD	40	1,300
1 1/4"	1.660	42.2	0.191	4.85	4.47	XS	80	1,900
1 1/4"	1.660	42.2	0.250	6.35	5.61	-	160	2,000
1 1/4"	1.660	42.2	0.382	9.70	7.77	XXS	-	2,300
1 1/2"	1.900	48.3	0.145	3.68	4.05	STD	40	1,300
1 1/2"	1.900	48.3	0.200	5.08	5.41	XS	80	1,900
1 1/2"	1.900	48.3	0.281	7.14	7.25	-	160	2,050
1 1/2"	1.900	48.3	0.400	10.16	9.56	XXS	-	2,300
2"	2.375	60.3	0.154	3.91	5.44	STD	40	2,500
2"	2.375	60.3	0.219	5.54	7.48	XS	80	2,500
2"	2.375	60.3	0.344	8.74	11.11	-	160	2,500
2"	2.375	60.3	0.436	11.07	13.44	XXS	-	2,500

Fuente: www.comasa.com.pe

Según la Figura 4.7 el espesor de la tubería de 2 pulgadas es 0.344 pulgadas y el diámetro exterior es de 2.375 pulgadas y el esfuerzo de trabajo es de 2300 PSI.

$$e = 0.344 \text{ pulgadas} = 8.74 \text{ mm}$$

$$D = 2.375 \text{ pulgadas} = 60.325 \text{ mm}$$

$$\sigma = 2500 \text{ PSI} = 17.236 \text{ MPa}$$

La presión actuante es definida por la presión que genera la bomba, la cual su máximo es 16 m.c.a que es equivalente a 0.1569 MPa.

$$e = \frac{0.1569 \times 60.3}{2 \times 17.236}$$

$$e = 0.275 \text{ mm}$$

Por lo tanto, resultado es 0.275 mm es menor que 8.74, lo cual cumple con la presión en la tubería.

ETAPA 3: DISEÑO MECÁNICO

Se realizará el análisis estructural del recipiente de presión, teniendo en consideración los datos obtenidos en la (Figura 4.8), (Figura 4.9) y (Figura 4.10). A continuación, mostramos el respectivo esquema de lo que se pretende analizar:

Figura 4.8: Esquema del diseño de lavador de gases con su dimensionamiento (Vista Frontal).

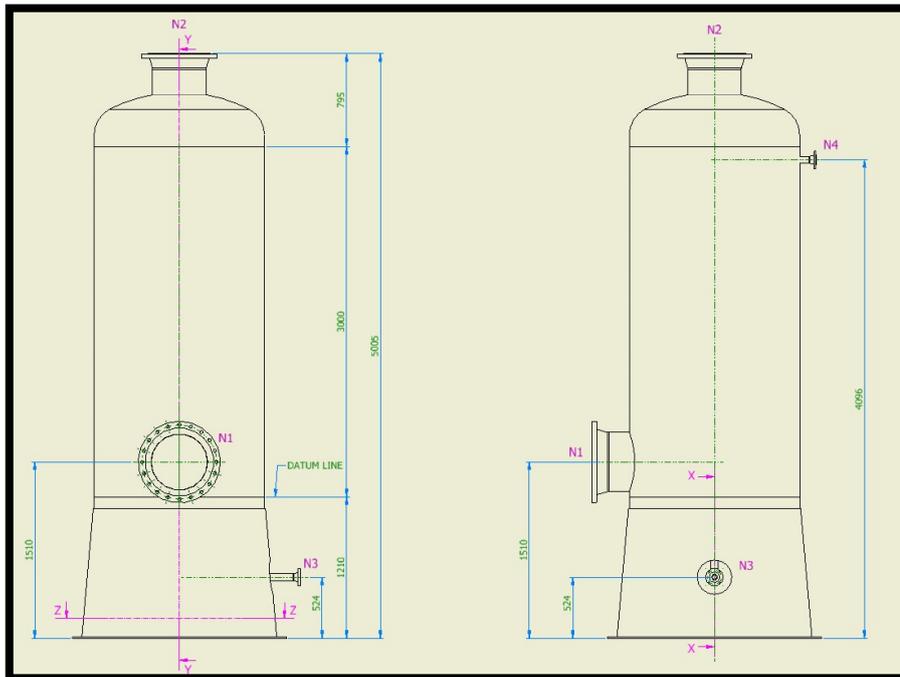


Figura 4.9: Esquema del diseño de lavador de gases con su dimensionamiento (Vista Lateral).

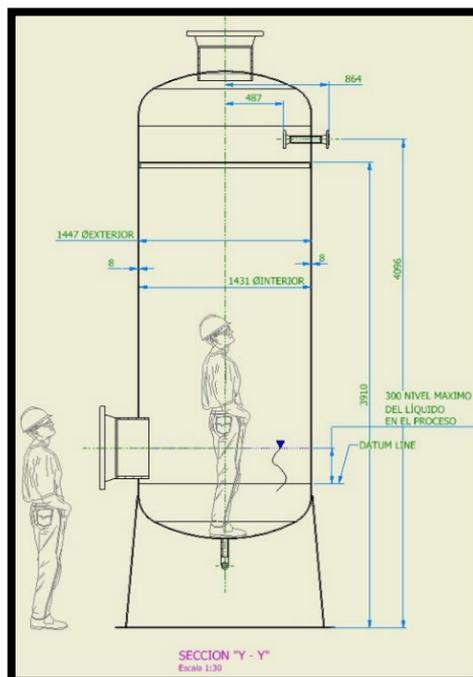
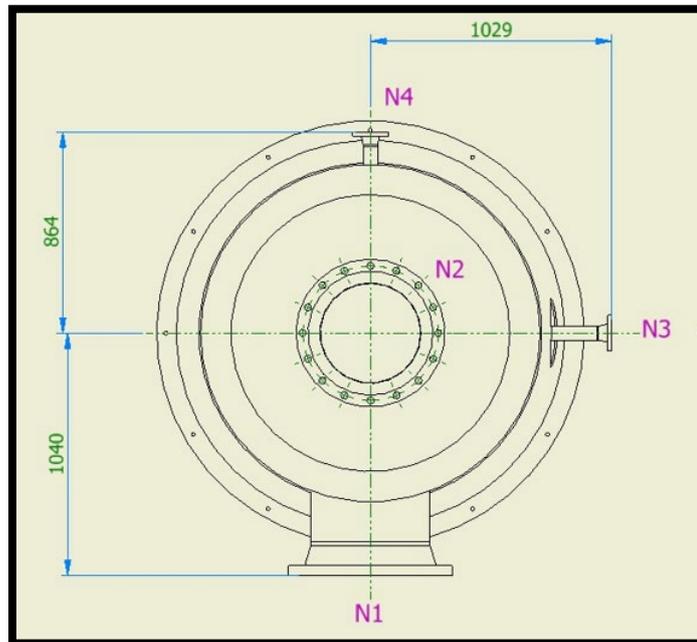


Figura 4.10: Esquema del diseño de lavador de gases con su dimensionamiento (Vista Superior).



3.1 CONDICIONES DE DISEÑO

Las condiciones para el respectivo diseño son las siguientes de acuerdo a la (Figura 4.8), (Figura 4.9) y (Figura 4.10).

- La evaluación estará amparada bajo las recomendaciones del siguiente código: “**ASME SECCION VIII DIVISION 1, 2021**”
- Presión de diseño de 21.75 Psi = 0.149 Mpa.
- Radio interior del casco: $1431/2 = 715.5\text{mm} = 28.17$ pulg.
- Temperatura de diseño de $50^{\circ}\text{C} = 122^{\circ}\text{F}$
- Carga hidrostática de 300 mm desde el DATUM LINE. El fluido será Agua cuya densidad es 1000 Kg/m^3 ($9.8 \times 10^{-6} \text{ N/mm}^3$), dato que será considerado como máximo ante un evento de atoro en el drenaje.
- Se considerará un espesor de corrosión de 5mm (0.197 pulg.), debido a lo agresivo y contaminante del proceso y en base a las experiencias del desarrollo de este equipo en casos anteriores a este.
- Debido a lo agresivo y contaminante del proceso se considerará radiografía total en las juntas longitudinales y circunferenciales como lo sugiere UW-2 y UW 12, con una eficiencia de junta $E=1$.
- El recipiente se considera que está anclado al piso.

- El material para el casco, tapas, refuerzos de conexiones y faldón, será en SA-36 (**Anexo 10**), con valores de esfuerzo de fluencia de 36000 psi; en cuanto al esfuerzo máximo permisible denominado S o Sv es de 16600 psi a 122°F de acuerdo a “**ASME SECCION II PARTE D, 2021**”, como vemos en las siguientes tablas: (página 12,13,14) (**Anexo 11**)

Tabla 7: Tipo de material para el lavador

Line No.	Nominal composition	Product form	Spec. No.	Type/ Grade	Allow design./U NS No.	Class/ Condition/ Temper	Size/ thickness , in.	P- No.	Group No.
19	Carbon Steel	Plate, sheet	SA-36	-----	K02600	...	...	1	1

Fuente: Tabla 1A del ASME SECCION II PARTE D, 2021. (pág. 12)

Tabla 8: Esfuerzo de fluencia del material para el lavador

Line No.	Min. Tensile Strength Ksi	Min. Yield Strength Ksi	Applicability and Max. Temperature Limits (NP= Not Permitted) (SPT=Supports Only)				External Pressure Chart No.	Notes
			I	III	VIII-I	XII		
19	58	36	NP	700	650	650	CS-2	G9,G10,T1

Fuente: Tabla 1A del ASME SECCION II PARTE D, 2021. (pág. 13)

Tabla 9: Esfuerzo máximo permisible para el lavador

Line No.	Maximun Allowable Stress,Ksi (Multiply by 1000 to obtain psi), for Metal Temperatur, °F, Not Exceeding												
	100	150	200	250	300	400	500	600	650	700	800	850	900
19	16.6	...	16.6	...	16.6	16.6	16.6	16.6	16.6	16.6	...	...	...

Fuente: Tabla 1A del ASME SECCION II PARTE D, 2021. (pág. 14)

- El material para los tubos de conexión será en SA-106 GrB, con valores de esfuerzo de fluencia de 35000 psi; en cuanto al esfuerzo máximo permisible denominado Sn es de 17100 psi a 122°F de acuerdo a “**ASME SECCION II PARTE D, 2021**”, como vemos en las siguientes tablas: (página 16,17,18) (**Anexo 12**)

Tabla 10: Tipo de material para los tubos de conexión

Line No.	Nominal composition	Product form	Spec. No.	Type/ Grade	Allow design./U NS No.	Class/ Condition/ Temper	Size/ thickness , in.	P- No.	Group No.
16	Carbon Steel	Smls, pipe	SA-106	B	K03006	...	...	1	1

Fuente: Tabla 1A del ASME SECCION II PARTE D, 2021. (pág. 16)

Tabla 11: Esfuerzo de fluencia para los tubos de conexión.

Line No.	Min. Tensile Strength Ksi	Min. Yield Strength Ksi	Applicability and Max. Temperature Limits				External Pressure Chart No.	Notes
			I	III	VIII-I	XII		
16	60	35	1000	700	1000	650	CS-2	G10,S1,T1

Fuente: Tabla 1A del ASME SECCION II PARTE D, 2021. (pág. 17)

Tabla 12: Esfuerzo máximo permisible para los tubos de conexión

Line No.	Maximun Allowable Stress,Ksi (Multiply by 1000 to obtain psi), for Metal Temperatur, °F, Not Exceeding												
	100	150	200	250	300	400	500	600	650	700	750	800	850
16	17.1	17.1	17.1	...	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	15.6	13.0	10.8	8.7

Fuente: Tabla 1A del ASME SECCION II PARTE D, 2021. (pág. 18)

3.2 CALCULO Y DISEÑO DEL RECIPIENTE A PRESION

3.2.1 DISEÑO DEL CASCO

Procederemos en hallar la presión del agua actuando a 300 mm, en el cuerpo:

$$\triangleright p = \rho gh$$

Donde:

p = presión del agua, Pa

ρ = densidad del agua, Kg/m³

g = gravedad de la tierra. 9.81 m/s²

h = altura hasta donde se llena el fluido, m.

Reemplazando en la fórmula:

$$\text{➤ } p = (1000)(9.81)(0.3) = 2943\text{Pa} = 0.427 \text{ psi}$$

De acuerdo a UG 27

$$\text{➤ } \begin{array}{l} \text{Espesor requerido basado} \\ \text{en esfuerzos circunferenciales} \end{array} = t = \frac{P.R}{SE_c - 0.6P} \quad (32)$$

$$\text{➤ } \begin{array}{l} \text{Espesor requerido basado} \\ \text{en esfuerzos longitudinales} \end{array} = t = \frac{P.R}{2SE_l + 0.4P} \quad (33)$$

Donde:

t = espesor mínimo requerido de envolvente, pulg.

P= presión interna de diseño considerando la presión del agua al ser una condición crítica= $21.75 + 0.427 = 22.177\text{psi}$

R= radio interior del contorno de envolvente, pulg.

S= valor del esfuerzo máximo permisible. Psi

E= eficiencia de la junta

Reemplazando en las fórmulas:

$$\text{➤ } \begin{array}{l} \text{Espesor requerido} \\ \text{basado en esfuerzos} \\ \text{circunferenciales} \end{array} = t = \frac{(22.177)(28.17)}{(16600)(1) - 0.6(22.177)} = 0.038 \text{ pulg.} = 0.97\text{mm}$$

$$\text{➤ } \begin{array}{l} \text{Espesor requerido} \\ \text{basado en esfuerzos} \\ \text{longitudinales} \end{array} = t = \frac{(22.177)(28.17)}{2(16600)(1) + 0.4(22.177)} = 0.02 \text{ pulg.} = 0.46\text{mm}$$

El espesor requerido basado en los esfuerzos longitudinales es aproximadamente el doble que el requerido por los esfuerzos circunferenciales.

Considerando el espesor por corrosión de la ecuación 29:

Donde:

$$R_f = \text{radio a la línea central final} = R + t_{\text{corrosión}} + t/2 \\ = 28.17 + 0.197 + 0.039/2 = 28.387 \text{ pulg.}$$

$$R_0 = \text{radio a la línea central original} = \infty$$

Reemplazando en la fórmula:

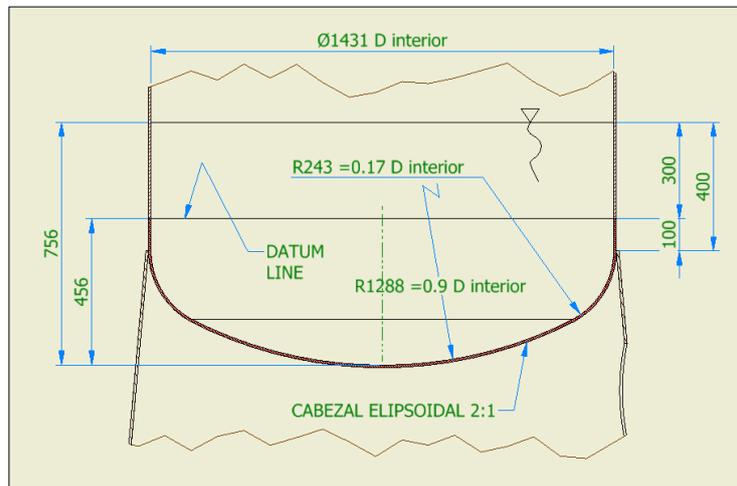
$$\text{➤ } e(\%) = \frac{50(0.039)}{(28.387)} \left(1 - \frac{(28.387)}{\infty} \right) = 0.69\%$$

Como $e(\%) < 5\%$, luego el cuerpo NO necesita tratamiento térmico posterior al conformado.

3.2.2 DISEÑO DE LAS TAPAS

De acuerdo a UG 32, se tiene la siguiente geometría para un cabezal elipsoidal tipo 2:1 en la parte inferior:

Figura 4.11: Geometría para un cabezal elipsoidal



Ahora procederemos a hallar la presión del agua actuando a 756 mm, en la tapa:

$$\text{➤ } p = \rho gh$$

Donde:

p = presión del agua, Pa

ρ = densidad del agua, Kg/m³

g = gravedad de la tierra. 9.81 m/s²

h = altura hasta donde se llena el fluido, m

Reemplazando en la fórmula:

$$\text{➤ } p = (1000)(9.81)(0.756) = 7416\text{Pa} = 1.076 \text{ psi}$$

De acuerdo con UG 32:

$$\text{➤ } \text{Espesor requerido para un cabezal elipsoidal tipo 2: 1} = t = \frac{P.D}{2SE-0.2P} \quad (35)$$

Donde:

t = espesor mínimo requerido de la tapa después de la formación, pulg.

P = presión interna de diseño considerando la presión del agua al ser una condición crítica = 21.75+1.076 = 22.826 psi, de acuerdo a UG98

D = diámetro interior de la tapa, pulg.

S = valor del esfuerzo máximo permisible. Psi

E = eficiencia de la junta

Reemplazando en la fórmula:

$$\text{➤ } \text{Espesor requerido para un cabezal elipsoidal tipo 2: 1} = t = \frac{(22.826)(28.17 \times 2)}{2(16600)(1) - 0.2(22.826)} =$$

$$0.039 \text{ pulg.} = 0.991 \text{ mm}$$

Considerando el espesor por corrosión:

$$\text{➤ } \begin{array}{l} \text{Espesor requerido} \\ \text{para un cabezal elipsoidal} \\ \text{+Espesor por corrosión} \end{array} = t + t_{\text{corrosión}} = 0.039 + 0.197 = 0.236 \text{ pulg.} =$$

$$5.991 \text{ mm}$$

Por lo visto anteriormente un espesor para la tapa suficiente es el de 6mm, pero debido a que en el proceso de fabricación de la misma este espesor puede tener tolerancias a menos del espesor requerido, escogemos una plancha de 8mm. A fin de economizar y uniformizar planchas y como el impacto económico no es tan gravitante escogemos también para el casco una plancha de 8mm.

Con los datos anteriores hallaremos la presión máxima de trabajo permisible denominada MAWP a la temperatura de 122°F, en la tapa de acuerdo al Apéndice 1-4(c):

$$\text{MAWP}_{122^{\circ}\text{F}} = \frac{2SEt_1}{D+0.2t_1}$$

Donde:

$$t_1 = t_{\text{escogido}} - t_{\text{corrosión}} = 8 - 5 = 3\text{mm} = 0.118 \text{ pulg.}$$

Reemplazando en la fórmula:

$$\text{MAWP}_{122^{\circ}\text{F}} = \frac{2(16600)(1)(0.118)}{(28.17 \times 2) + 0.2(0.118)} - 1.076 = 69.506 \text{ psi}$$

Como $\text{MAWP}_{122^{\circ}\text{F}}$ es mayor que la presión de diseño que es 22.826 psi, se verifica que el cálculo es correcto. La tapa superior será igual a la tapa inferior.

Para evaluar si el cuerpo requiere tratamiento térmico luego del conformado, evaluaremos el porcentaje de elongación según UG-79 y UCS-79:

$$e(\%) = \frac{50t_1}{R_f} \left(1 - \frac{R_f}{R_0} \right)$$

Donde:

$$R_f = \text{radio a la línea central final} = R + t_{\text{corrosión}} + t_1/2 \\ = 28.17 + 0.197 + 0.118/2 = 28.426 \text{ pulg.}$$

$$R_0 = \text{radio a la línea central original} = \infty$$

Reemplazando en la fórmula:

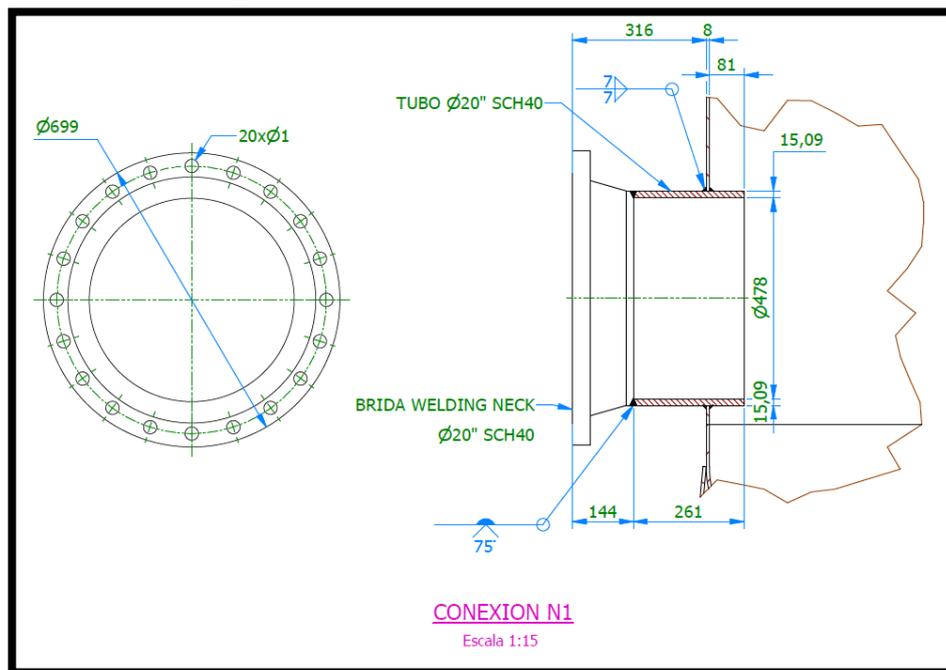
$$\text{➤ } e(\%) = \frac{75(0.118)}{(28.426)} \left(1 - \frac{(28.426)}{\infty} \right) = 0.31\%$$

Como $e(\%) < 5\%$, luego el cuerpo NO necesita tratamiento térmico posterior al conformado.

3.2.3 DISEÑO DE LA CONEXIÓN DE ENTRADA N1

Como primer paso, se calculará el espesor del tubo. Calculado este, se comprobará si es necesario reforzar el casco para compensar una posible pérdida de material. Asimismo, de acuerdo a UG-46 (f), esta conexión aplica para usarse como puerta de inspección (manhole) a fin de evitar pérdidas secundarias en la trayectoria del flujo de gases al economizar en conexiones. El esquema de la conexión N1 seleccionado como un tubo $\text{Ø}20$ SCH40 es el siguiente:

Figura 4.12: Diseño de conexión de entrada N1



- **CALCULO DE ESPESOR DE TUBO N1**

De acuerdo a UG37 (a) el espesor requerido para el casco, usando $E=1$:

$$\text{➤ } t_r = \frac{P \cdot R_{\text{casco}}}{S - 0.6P} = \frac{(22.177)(28.366)}{(16600) - 0.6(22.177)} = 0.0379 \text{ pulg} \quad (38)$$

Donde:

$$R_{\text{casco}} = (D_{\text{exterior casco}} - 2t_1) / 2 = (1447 - 2(3)) / 2 = 720.5 \text{ mm} = 28.366 \text{ pulg.}$$

t_1 escogido del cálculo de la tapa

De acuerdo con UG37 (a) el espesor requerido para el tubo, usando $E=1$:

$$\text{➤ } t_{rn} = \frac{P \cdot R_{\text{tubo}}}{S + 0.4P} = \frac{(22.177)(10)}{(17100) + 0.4(22.177)} = 0.0129 \text{ pulg} \quad (39)$$

Donde:

$$R_{\text{tubo}} = D_{\text{exterior tubo}} / 2 = 508 / 2 = 254 \text{ mm} = 10 \text{ pulg}$$

Se calcula el espesor requerido del tubo por UG45 (a) y (b):

$$\text{➤ } UG45(a) = t_{rn} + t_{\text{corrosión}} = 0.013 + 0.197 = 0.21 \text{ pulg} \quad (40)$$

$$\text{➤ } UG45(b)(1) = \max(t_r, 0.0625 \text{ pulg}) + t_{\text{corrosión}} = 0.0625 + 0.197 = 0.260 \text{ pulg} \quad (41)$$

$$\text{➤ } UG45(b)(4) = \text{Espesor}_{\text{nominal del tubo}} - 12.5\% \text{Espesor}_{\text{nominal del tubo}} + t_{\text{corrosión}} = 0.594 - 0.074 + 0.197 = 0.715 \text{ pulg} \quad (42)$$

$$\text{➤ } UG45 = \max\{UG45(a), \min\{UG45(b)(4), UG45(b)(1)\}\} = 0.260 \text{ pulg} = 6.6 \text{ mm} \quad (43)$$

Como el espesor nominal del tubo es 15.09mm mayor a 6.6mm, se concluye que la selección es correcta.

• CALCULO DEL REFUERZO DEL TUBO N1

De acuerdo con UG37(a) se procede a hallar los factores de reducción de resistencias:

$$\text{➤ } fr_1 = \min\left(1, \frac{S_n}{S_v}\right) = 1 \quad (44)$$

$$\text{➤ } fr_2 = \min\left(1, \frac{S_n}{S_v}\right) = 1 \quad (45)$$

$$\text{➤ } fr_3 = \min\left(fr_2, \frac{S_p}{S_v}\right) = 1 \quad (46)$$

$$\text{➤ } fr_4 = \min\left(1, \frac{S_p}{S_v}\right) = 1 \quad (47)$$

Donde:

S_n = esfuerzo admisible del tubo = 17100 psi a 122°F

S_v = esfuerzo admisible del casco = 16600 psi a 122°F

S_p = esfuerzo admisible del refuerzo = 16600 psi a 122°F

Se calcula el área de refuerzo necesaria, de acuerdo a UG37(c):

$$\text{➤ } A = dt_r F + 2t_n t_r F(1 - f_{r1}) \quad (46)$$

Donde:

d = diámetro interno tubo corroído = $18.81 - (2 \times 0.197) = 18.416 \text{ pulg}$

t_n = espesor de tubo corroído = $0.594 - 0.197 = 0.397 \text{ pulg}$

$F = 1$, para este caso aplica tal valor.

Reemplazando en la fórmula:

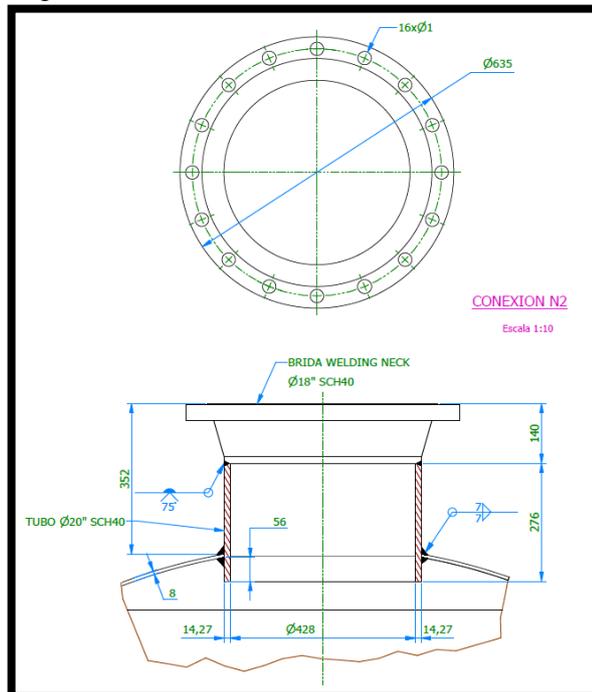
$$\text{➤ } A = (18.416)(0.0379)(1) + 2(0.397)(0.0379)(1)(1 - 1) = 0.69 \text{ pulg}^2$$

Al ser un área muy pequeña, no se requiere refuerzo.

3.2.4 DISEÑO DE LA CONEXIÓN DE SALIDA N2

Como primer paso, se calculará el espesor del tubo. Calculado este, se comprobará si es necesario reforzar el casco para compensar una posible pérdida de material. El esquema de la conexión N2 seleccionado como un tubo $\text{Ø}18$ SCH40 es el siguiente:

Figura 4.13: Diseño de conexión de salida N2



Asimismo, de acuerdo a UG-46 (f), esta conexión aplica para usarse como puerta de inspección (manhole) en la parte superior a fin de evitar pérdidas secundarias en la trayectoria del flujo de gases al economizar en conexiones.

- **CALCULO DE ESPESOR DE TUBO N2**

De acuerdo a UG37 (a) el espesor requerido para el casco, usando E=1:

$$\rightarrow t_r = \frac{P.R_{casco}}{S-0.6P} = \frac{(22.177)(28.366)}{(16600)-0.6(22.177)} = 0.0379 \text{ pulg}$$

Donde:

$$R_{casco} = (D_{\text{exterior casco}} - 2t_1) / 2 = (1447 - 2(3)) / 2 = 720.5 \text{ mm} = 28.366 \text{ pulg.}$$

t_1 escogido del cálculo de la tapa

De acuerdo con UG37 (a) el espesor requerido para el tubo, usando E=1:

$$\rightarrow t_{rn} = \frac{P.R_{tubo}}{S+0.4P} = \frac{(22.177)(8.996)}{(17100)+0.4(22.177)} = 0.012 \text{ pulg}$$

Donde:

$$R_{tubo} = D_{\text{exterior tubo}} / 2 = 457 / 2 = 228.5 \text{ mm} = 8.996 \text{ pulg}$$

Se calcula el espesor requerido del tubo por UG45 (a) y (b):

$$\rightarrow \text{UG45(a)} = t_{rn} + t_{\text{corrosión}} = 0.012 + 0.197 = 0.209 \text{ pulg}$$

$$\rightarrow \text{UG45(b)(1)} = \max(t_r, 0.0625 \text{ pulg}) + t_{\text{corrosión}} = 0.0625 + 0.197 = 0.260 \text{ pulg}$$

$$\rightarrow \text{UG45(b)(4)} = \text{Espesor}_{\text{nominal del tubo}} - 12.5\% \text{Espesor}_{\text{nominal del tubo}} + t_{\text{corrosión}} = 0.562 - 0.070 + 0.197 = 0.829 \text{ pulg}$$

$$\rightarrow \text{UG45} = \max[\text{UG45(a)}, \min\{\text{UG45(b)(4)}, \text{UG45(b)(1)}\}] = 0.260 \text{ pulg} = 6.6 \text{ mm}$$

Como el espesor nominal del tubo es 14.27mm mayor a 6.6mm, se concluye que la selección es correcta.

- **CALCULO DEL REFUERZO DEL TUBO N2**

De acuerdo con UG37(a) se procede a hallar los factores de reducción de resistencias:

$$\begin{aligned} \text{➤ } fr_1 &= \min \left(1, \frac{S_n}{S_v} \right) = 1 \\ \text{➤ } fr_2 &= \min \left(1, \frac{S_n}{S_v} \right) = 1 \\ fr_3 &= \min \left(fr_2, \frac{S_p}{S_v} \right) = 1 \\ \text{➤ } fr_4 &= \min \left(1, \frac{S_p}{S_v} \right) = 1 \end{aligned}$$

Donde:

S_n = esfuerzo admisible del tubo = 17100 psi a 122°F

S_v = esfuerzo admisible del casco = 16600 psi a 122°F

S_p = esfuerzo admisible del refuerzo = 16600 psi a 122°F

Se calcula el área de refuerzo necesaria, de acuerdo a UG37(c):

$$\text{➤ } A = dt_r F + 2t_n t_r F(1 - f_{r1})$$

Donde:

d = diámetro interno tubo corroído = $16.876 - (2 \times 0.197) = 16.482$ pulg

t_n = espesor de tubo corroído = $0.562 - 0.197 = 0.365$ pulg

$F = 1$, para este caso aplica tal valor.

Reemplazando en la fórmula:

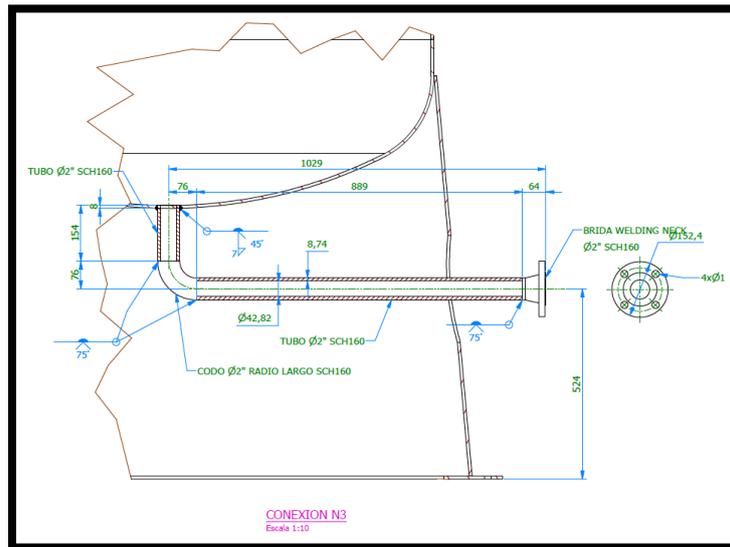
$$\text{➤ } A = (16.482)(0.0379)(1) + 2(0.365)(0.0379)(1)(1 - 1) = 0.625 \text{ pulg}^2$$

Al ser un área muy pequeña, no se requiere refuerzo.

3.2.5 DISEÑO DE LA CONEXIÓN DE DRENAJE N3

Como primer paso, se calculará el espesor del tubo. Calculado este, se comprobará si es necesario reforzar el casco para compensar una posible pérdida de material. El esquema de la conexión N3 seleccionado como un tubo Ø2 SCH160 es el siguiente:

Figura 4.14: Diseño de conexión de drenaje N3



- **CALCULO DE ESPESOR DE TUBO N3**

De acuerdo a UG37 (a) el espesor requerido para el casco, usando E=1:

$$\text{➤ } t_r = \frac{P \cdot R_{\text{casco}}}{S - 0.6P} = \frac{(22.177)(28.366)}{(16600) - 0.6(22.177)} = 0.0379 \text{ pulg}$$

Donde:

$$R_{\text{casco}} = (D_{\text{exterior casco}} - 2t_1) / 2 = (1447 - 2(3)) / 2 = 720.5 \text{ mm} = 28.366 \text{ pulg,}$$

t_1 escogido del cálculo de la tapa

De acuerdo a UG37 (a) el espesor requerido para el tubo, usando E=1:

$$\text{➤ } t_{rn} = \frac{P \cdot R_{\text{tubo}}}{S + 0.4P} = \frac{(22.177)(1.1875)}{(17100) + 0.4(22.177)} = 0.002 \text{ pulg}$$

Donde:

$$R_{\text{tubo}} = D_{\text{exterior tubo}} / 2 = 60.325 / 2 = 30.1625 \text{ mm} = 1.1875 \text{ pulg}$$

Se calcula el espesor requerido del tubo por UG45 (a) y (b):

$$\text{➤ } \text{UG45(a)} = t_{rn} + t_{\text{corrosión}} = 0.002 + 0.197 = 0.199 \text{ pulg}$$

$$\text{➤ } \text{UG45(b)(1)} = \max(t_r, 0.0625 \text{ pulg}) + t_{\text{corrosión}} = 0.0625 + 0.197 = 0.260 \text{ pulg}$$

- $UG45(b)(4) = \text{Espesor}_{\text{nominal del tubo}} - 12.5\% \text{Espesor}_{\text{nominal del tubo}} + t_{\text{corrosión}} = 0.344 - 0.043 + 0.197 = 0.584 \text{pulg}$
- $UG45 = \max[UG45(a), \min\{UG45(b)(4), UG45(b)(1)\}] = 0.260 \text{pulg} = 6.6 \text{mm}$

Como el espesor nominal del tubo es 8.737mm mayor a 6.6mm, se concluye que la selección es correcta.

- **CALCULO DEL REFUERZO DEL TUBO N3**

De acuerdo con UG37(a) se procede a hallar los factores de reducción de resistencias:

- $fr_1 = \min\left(1, \frac{S_n}{S_v}\right) = 1$
- $fr_2 = \min\left(1, \frac{S_n}{S_v}\right) = 1$
- $fr_3 = \min\left(fr_2, \frac{S_p}{S_v}\right) = 1$
- $fr_4 = \min\left(1, \frac{S_p}{S_v}\right) = 1$

Donde:

S_n = esfuerzo admisible del tubo = 17100 psi a 122°F

S_v = esfuerzo admisible del casco = 16600 psi a 122°F

S_p = esfuerzo admisible del refuerzo = 16600 psi a 122°F

Se calcula el área de refuerzo necesaria, de acuerdo a UG37(c):

- $A = dt_r F + 2t_n t_r F(1 - fr_1)$

Donde:

d = diámetro interno tubo corroído = $1.687 - (2 \times 0.197) = 1.293 \text{pulg}$

t_n = espesor de tubo corroído = $0.344 - 0.197 = 0.147 \text{pulg}$

$F = 1$, para este caso aplica tal valor.

Reemplazando en la fórmula:

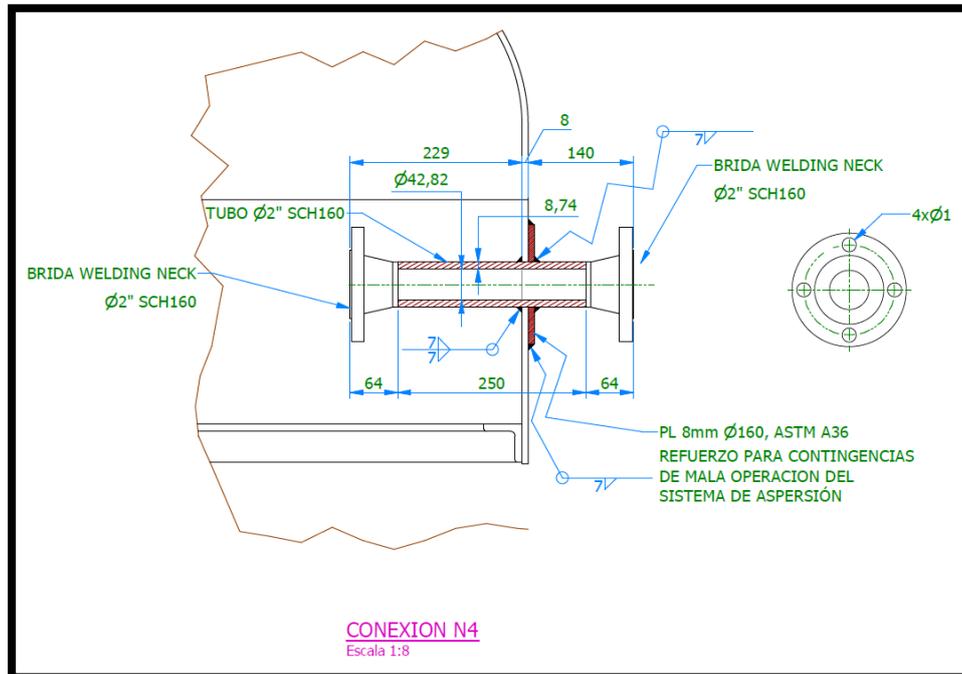
- $A = (1.293)(0.0379)(1) + 2(0.147)(0.0379)(1)(1 - 1) = 0.049 \text{pulg}^2$

Al ser un área muy pequeña, no se requiere refuerzo.

3.2.6 DISEÑO DE LA CONEXIÓN DE SERVICIO N4

Como primer paso, se calculará el espesor del tubo. Calculado este, se comprobará si es necesario reforzar el casco para compensar una posible pérdida de material. El esquema de la conexión N4 seleccionado como un tubo Ø2 SCH160 es el siguiente:

Figura 4.15: Diseño de conexión de servicio N4



- **CALCULO DE ESPESOR DE TUBO N4**

De acuerdo a UG37 (a) el espesor requerido para el casco, usando E=1:

$$\text{➤ } t_r = \frac{P \cdot R_{\text{casco}}}{S - 0.6P} = \frac{(22.177)(28.366)}{(16600) - 0.6(22.177)} = 0.0379 \text{ pulg.}$$

Donde:

$$R_{\text{casco}} = (D_{\text{exterior casco}} - 2t_1) / 2 = (1447 - 2(3)) / 2 = 720.5 \text{ mm} = 28.366 \text{ pulg.} \quad t_1$$

escogido del cálculo de la tapa

De acuerdo con UG37 (a) el espesor requerido para el tubo, usando E=1:

$$\text{➤ } t_{rn} = \frac{P \cdot R_{\text{tubo}}}{S + 0.4P} = \frac{(22.177)(1.1875)}{(17100) + 0.4(22.177)} = 0.002 \text{ pulg}$$

Donde:

$$R_{\text{tubo}} = D_{\text{exterior tubo}} / 2 = 60.325 / 2 = 30.1625 \text{ mm} = 1.1875 \text{ pulg}$$

Se calcula el espesor requerido del tubo por UG45 (a) y (b):

- $UG45(a) = t_{rn} + t_{\text{corrosión}} = 0.002 + 0.197 = 0.199 \text{ pulg}$
- $UG45(b)(1) = \max(t_r, 0.0625 \text{ pulg}) + t_{\text{corrosión}} = 0.0625 + 0.197 = 0.260 \text{ pulg}$
- $UG45(b)(4) = \text{Espesor}_{\text{nominal del tubo}} - 12.5\% \text{Espesor}_{\text{nominal del tubo}} + t_{\text{corrosión}} = 0.344 - 0.043 + 0.197 = 0.584 \text{ pulg}$
- $UG45 = \max[UG45(a), \min\{UG45(b)(4), UG45(b)(1)\}] = 0.260 \text{ pulg} = 6.6 \text{ mm}$

Como el espesor nominal del tubo es 8.737mm mayor a 6.6mm, se concluye que la selección es correcta.

• CALCULO DEL REFUERZO DEL TUBO N4

De acuerdo a UG37(a) se procede a hallar los factores de reducción de resistencias:

- $fr_1 = \min\left(1, \frac{S_n}{S_v}\right) = 1$
- $fr_2 = \min\left(1, \frac{S_n}{S_v}\right) = 1$
- $fr_3 = \min\left(fr_2, \frac{S_p}{S_v}\right) = 1$
- $fr_4 = \min\left(1, \frac{S_p}{S_v}\right) = 1$

Donde:

S_n = esfuerzo admisible del tubo = 17100 psi a 122°F

S_v = esfuerzo admisible del casco = 16600 psi a 122°F

S_p = esfuerzo admisible del refuerzo = 16600 psi a 122°F

Se calcula el área de refuerzo necesaria, de acuerdo a UG37(c):

$$➤ A = dt_r F + 2t_n t_r F(1 - fr_1)$$

Donde:

d = diámetro interno tubo corroído = $1.687 - (2 \times 0.197) = 1.293 \text{ pulg}$

t_n = espesor de tubo corroído = $0.344 - 0.197 = 0.147 \text{ pulg}$

F = 1, para este caso aplica tal valor.

Reemplazando en la fórmula:

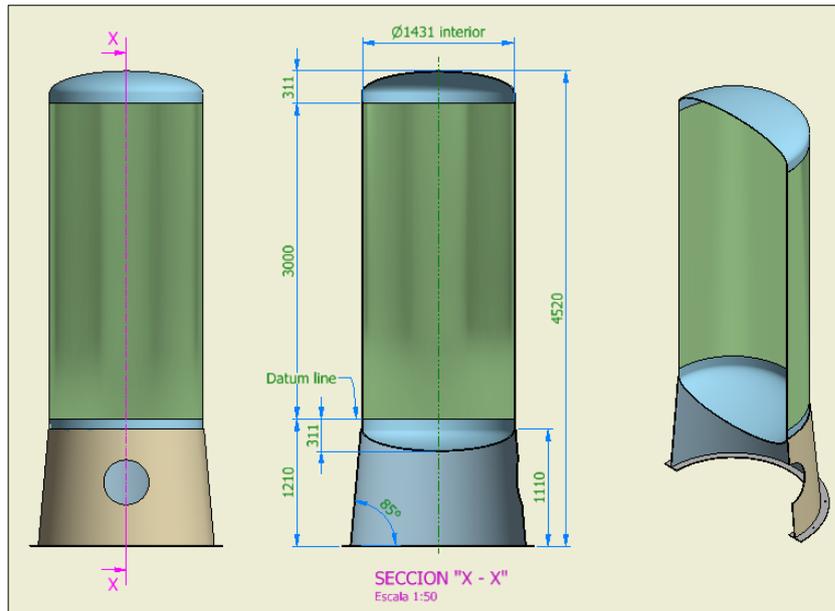
$$\text{➤ } A = (1.293)(0.0379)(1) + 2(0.147)(0.0379)(1)(1 - 1) = 0.049\text{pulg}^2$$

Al ser un área muy pequeña, no se requiere refuerzo.

3.3 ANALISIS ESTRUCTURAL DEL LAVADOR DE GASES MEDIANTE FEM (MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS)

Se realizará el análisis estructural del recipiente a presión mediante FEM (método de los elementos finitos, con los datos obtenidos en la **Etapa 3**. A continuación, mostramos el esquema para el respectivo análisis de los elementos:

Figura 4.16: Vista y Dimensionamiento del lavador



3.3.1 CONDICIONES DE DISEÑO

Las condiciones para el respectivo diseño son las siguientes de acuerdo a la Etapa 3:

- La simulación estará amparada bajo las recomendaciones del siguiente código: **“ASME: Guide for Verification and Validation in Computational Solid Mechanics, 2006 “**
- Presión interna de 21.75 Psi = 0.149 Mpa.

- Carga hidrostática de 300 mm desde el DATUM LINE. El fluido será Agua cuya densidad es $9.8 \times 10^{-6} \text{ N/mm}^3$, dato que será considerado como máximo ante un evento de atoro en el drenaje.
- Se considerará un espesor inicial de 8 mm en el casco, tapas y faldón para la simulación.
- El material para el casco, tapas y faldón, será en ASTM A36.
- El recipiente se considera que está anclado al piso.
- Se realizará el análisis mediante la teoría de falla de Von Mises.

3.3.2 ANÁLISIS FEA (FEA, siglas en inglés de *Finite Element Analysis*)

El análisis por elementos finitos (FEA, siglas en inglés de *Finite Element Analysis*) es una técnica de simulación por computador usada en ingeniería. Usa una técnica numérica llamada método de los elementos finitos (FEM).

Existen muchos paquetes de software, tanto libres como no libres. En nuestro caso utilizaremos el **INVENTOR PROFESIONAL 2020**; usando el MODULO NASTRAN IN CAD para la SIMULACION.

El tipo de análisis será del tipo lineal estático para la SIMULACION.

A. PRE-PROCESAMIENTO

• CONFIGURACIÓN DE MALLA EN EL MODELO

Se realizaron las siguientes configuraciones de malla, las cuales dieron como resultado un mallado sin errores:

- **SIMULACION A: (Módulo NASTRAN IN CAD del INVENTOR)**

Figura 4.17: Configuración de malla en el programa de simulación.

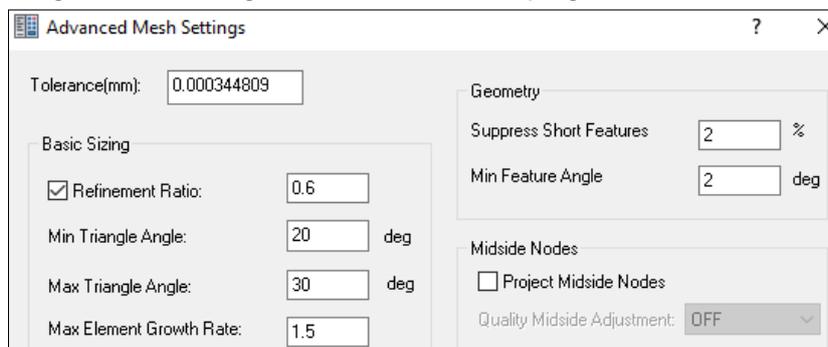


Figura 4.18: Configuración de malla.

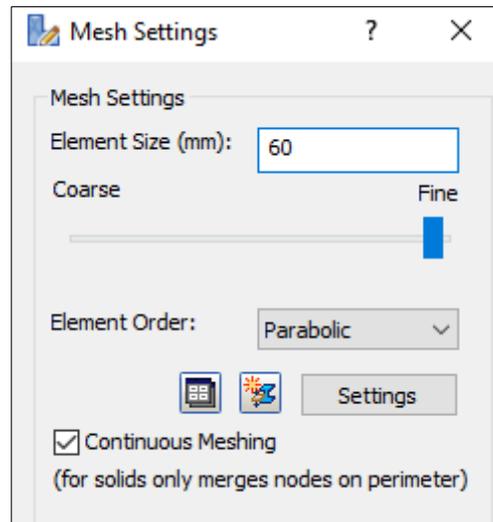
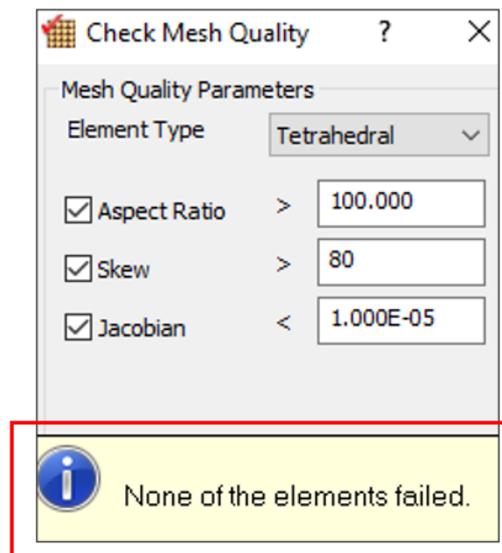


Figura 4.19: Revisión de calidad de malla.



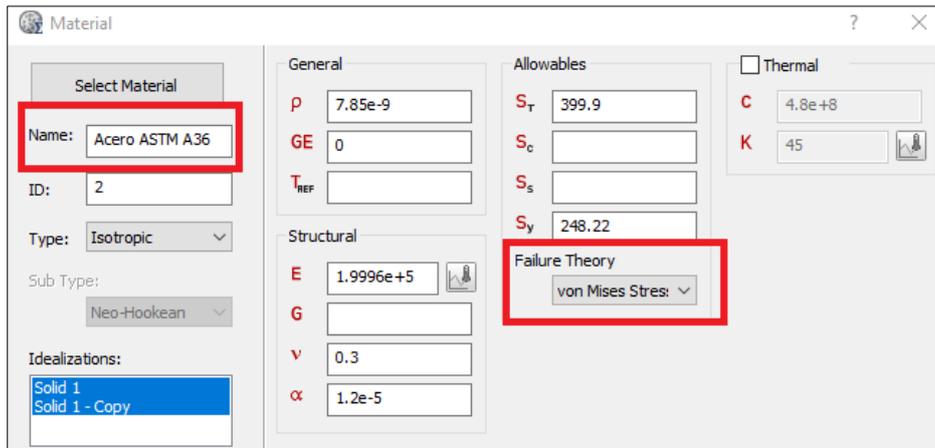
- **SIMPLIFICACIÓN DEL MODELO**

Se ha considerado las características geométricas expuestas en el ítem 3.3.1 y 3.3.2

- **ESPECIFICACIÓN DE MATERIALES**

En la simulación se seleccionó el material ASTM A36, con los valores propios del SOFTWARE, asimismo se seleccionó la teoría de falla de Von Mises.

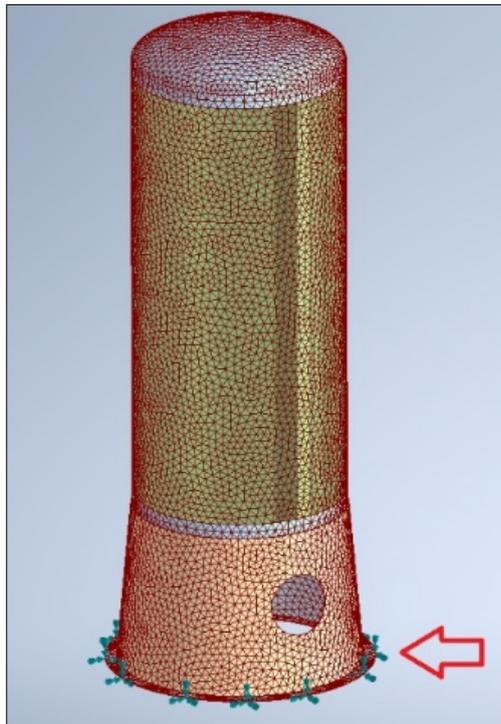
Figura 4.20: Configuración de especificación de material para el lavador.



- **ADICIÓN DE RESTRICCIONES**

Se ha considerado Restricción fija a los siguientes elementos en los lugares señalados:

Figura 4.21: Adición de restricciones.

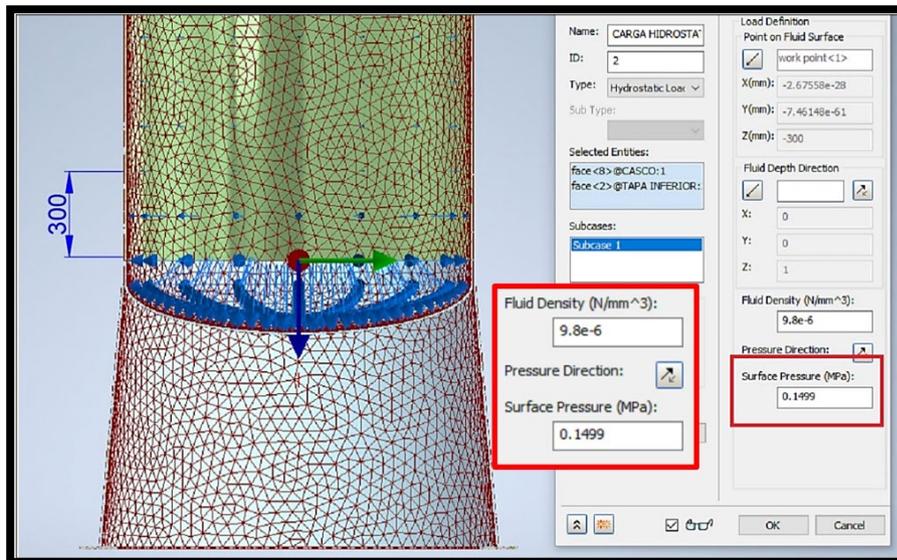


- **ADICIÓN DE CARGAS**

Se ha considerado lo siguiente en los lugares señalados:

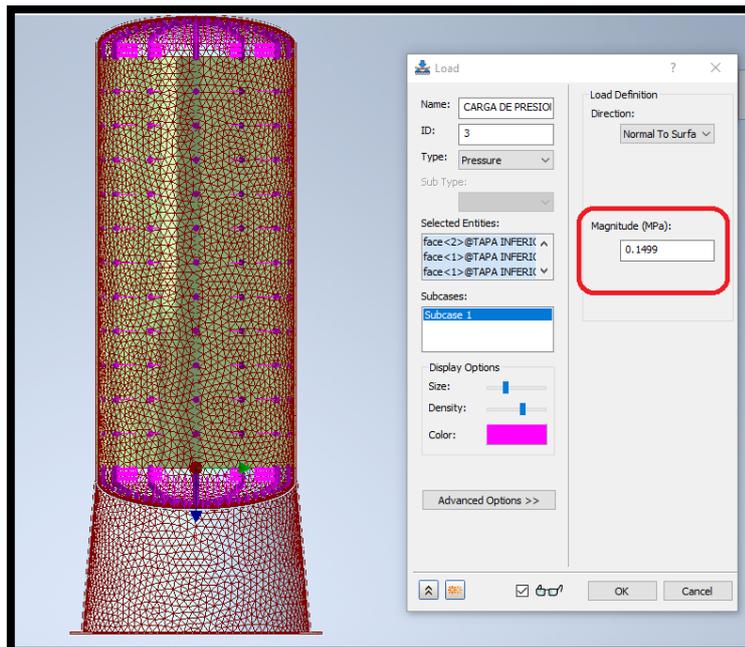
- CARGA HIDROSTATICA A 300 mm del Datum line. El fluido será Agua cuya densidad es $9.8 \times 10^{-6} \text{ N/mm}^3$, con una presión sobre ella de 0.149 Mpa.

Figura 4.22: Adición de Cargas Hidrostáticas



- CARGA PRESION INTERNA a 0.149 Mpa.

Figura 4.23: Adición de Cargas de Presión Interna

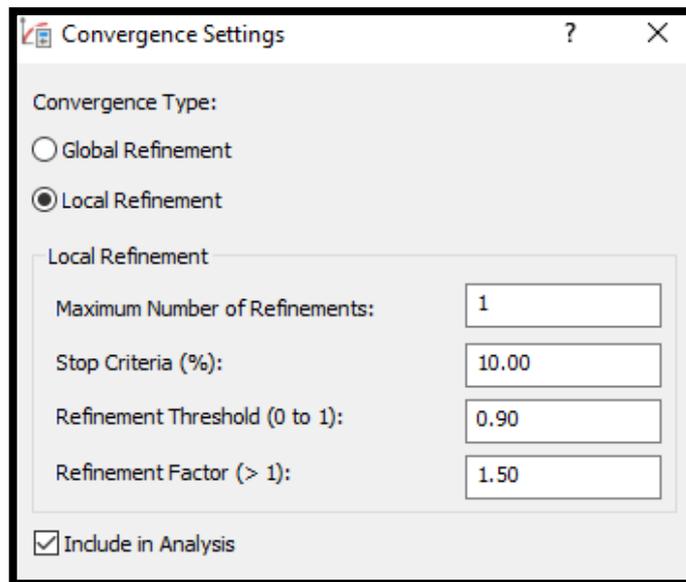


B. ANÁLISIS

Una importante propiedad del método es la convergencia; si se consideran particiones de elementos finitos sucesivamente más finas, la solución numérica calculada converge rápidamente hacia la solución exacta del sistema de ecuaciones.

- **CONFIGURACIÓN DE CONVERGENCIA EN EL MODELO**

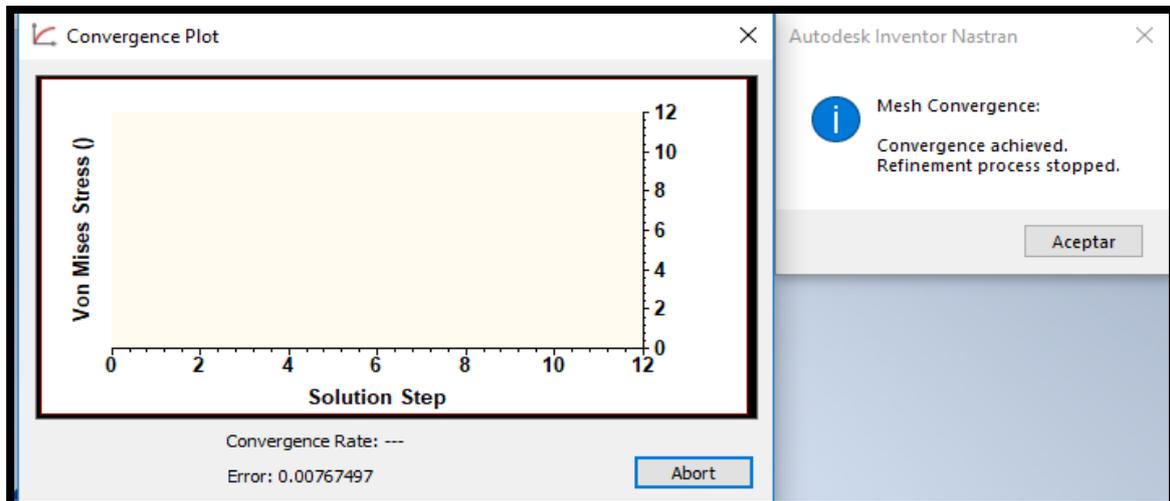
Figura 4.24: Configuración de convergencia.



- **CONVERGENCIA EN EL MODELO**

Los resultados indican convergencia, por lo tanto, los resultados son estables y fiables.

Figura 4.25: Resultado del Modelo (CONVERGENCIA).



C. POST-PROCESAMIENTO DE LA SIMULACION

- TENSION DE VON MISSES

Figura 4.26: Tensión de Von Misses 1

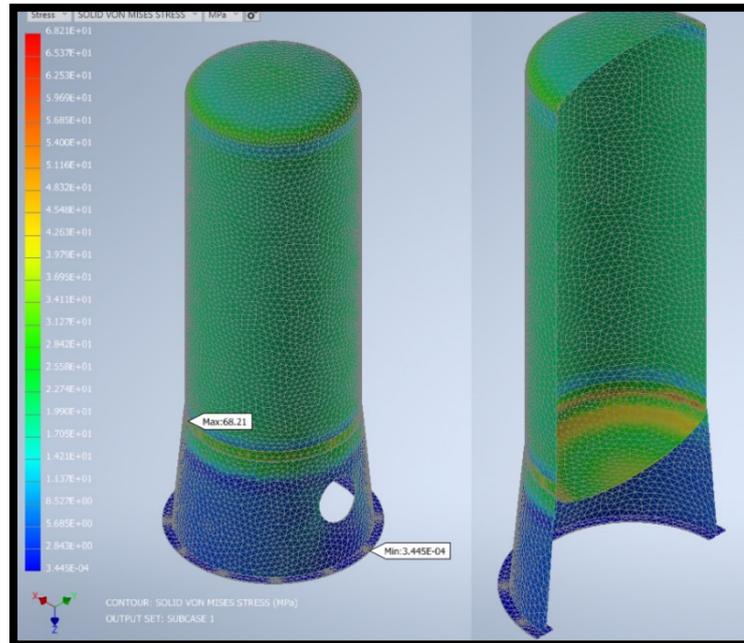


Figura 4.27: Tensión de Von Misses 2

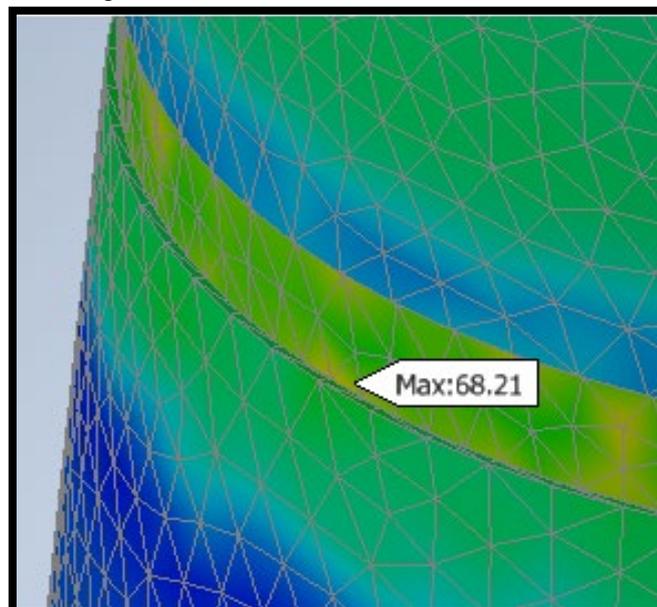


Tabla 13: Resultado de Von Misses

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	VALOR	RESULTADO
1	TENSIÓN DE VON MISSES MÁXIMA	68.2 Mpa	ACEPTABLE,
2	TENSIÓN DE VON MISSES MÍNIMA	0.03 Mpa	ACEPTABLE

- **DESPLAZAMIENTOS**

Figura 4.28: Desplazamiento máximos y mínimos.

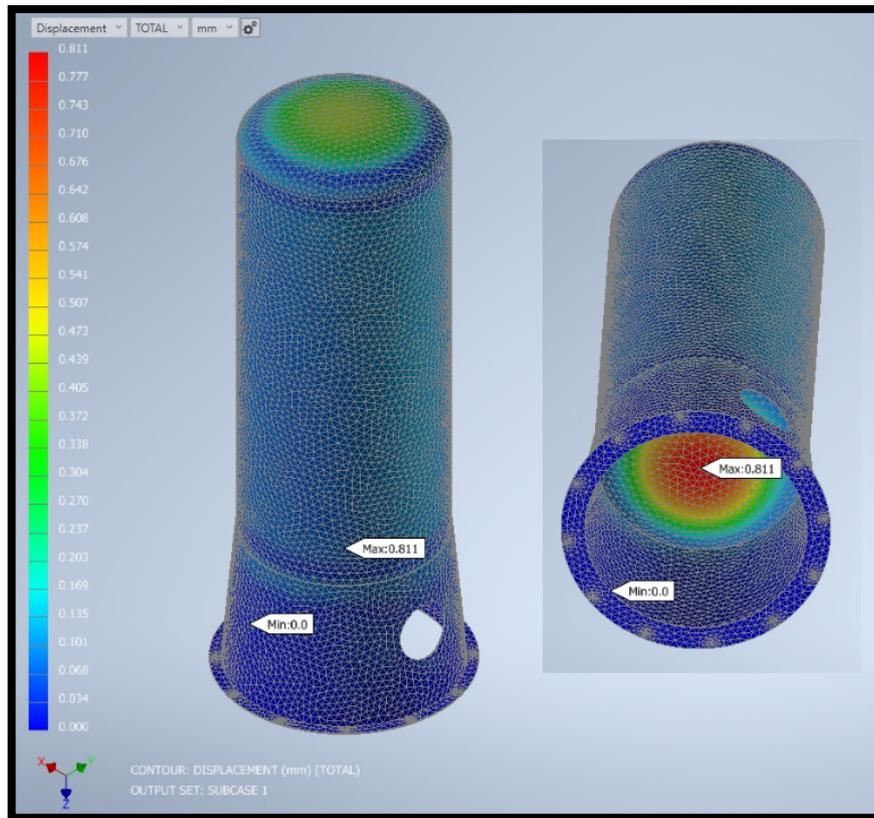


Tabla 14: Resultados de desplazamientos máximos y mínimos.

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	VALOR	RESULTADO
1	DESPLAZAMIENTOS MÁXIMOS	0.8 mm	ACEPTABLE
2	DESPLAZAMIENTOS MÍNIMOS	0 mm	ACEPTABLE

- **FACTOR DE SEGURIDAD**

Figura 4.29: Factor de seguridad

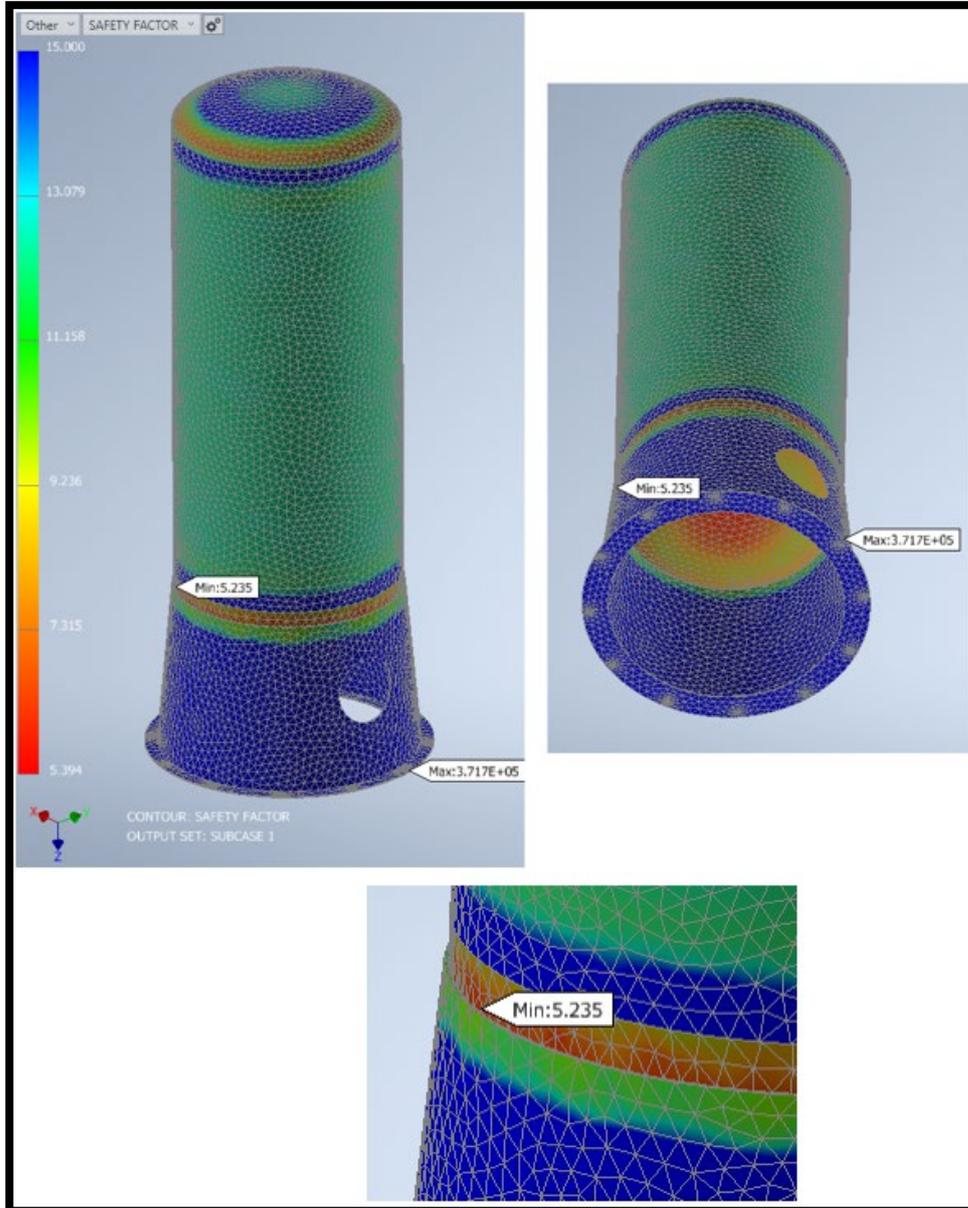
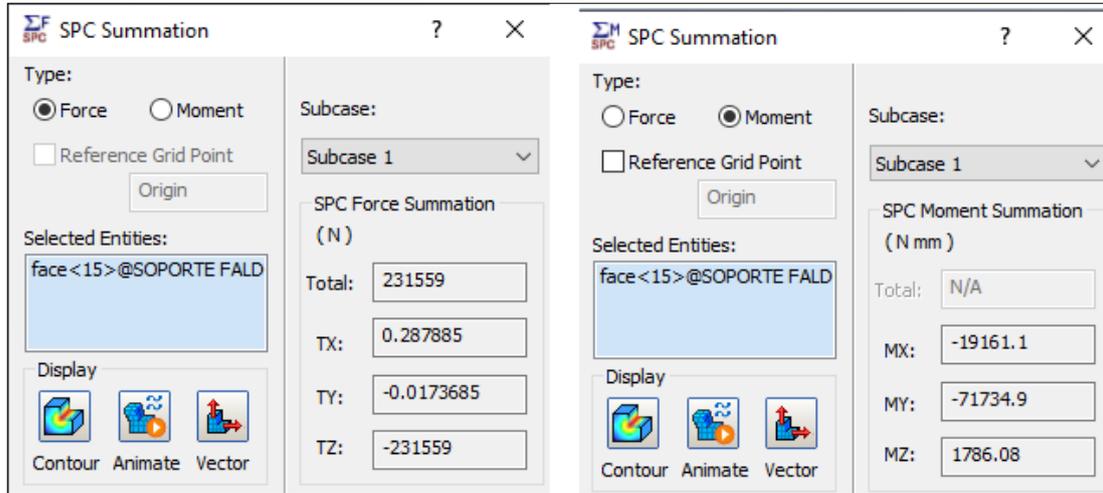


Tabla 15: Resultado de factor de seguridad máximos y mínimos.

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	VALOR	RESULTADO
1	FACTOR DE SEGURIDAD MÁXIMO	8	<i>ACEPTABLE</i>
2	FACTOR DE SEGURIDAD MÍNIMO	5.2	<i>ACEPTABLE</i>

- **REACCIONES EN LA BASE**

Figura 4.30: Reacciones en la base del lavador.



4.7. Aspectos éticos en investigación

Los resultados van a ser hechos por laboratorios acreditados para especificar y asegurar los resultados, del mismo modo, la toma de datos y el formato además son validados por profesionales en la materia. Con relación al desarrollo de la teoría, respetando los derechos de propiedad intelectual de los autores, citando como nota final el formato de la ISO 690, este plan de indagación cumplirá con las normas establecidas por la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica y de la Universidad Nacional del Callao, sin embargo, se comprometerá y cumplirá con las reglas y la ética profesional generando así para crear datos de manera correcta.

V. RESULTADOS

Este capítulo se detallarán los resultados logrados en el subcapítulo 4.6, incluyendo el estudio y procesamiento de los datos de diseño del lavador de gases para reducir los gases contaminantes en la fundición de plomo COVIF&ME SAC.

5.1 Resultados descriptivos

Reducción de gases contaminantes: Se demuestra a través del monitorio ambiental realizado por la empresa ALAB E.I.R.L que el nivel de emisiones en los muestreos de calidad de aire y gases contaminantes se reduce en la empresa COVIF & ME SAC como el SO₂, NO₂, CO y Pb.

Aprobaron los estándares de calidad ambiente (ECA) y establecieron reglas complementarias por medio de Decreto Supremo N° 003-2017-M INAM del 7 de junio de 2017. Los valores de comparación se detallan en la (tabla 16) y posteriormente (Anexo 13)

Tabla 16. Estándar de Calidad Ambiental, D.S N°003-2017- MINAN

Parámetros	Periodo	Valor (ug/m3)	Criterio de evaluación	Método de análisis
Benceno	Anual	2	Media aritmética anual	Cromatografía de gases
Dióxido de azufre	24 horas	250	NE más de 7 veces al año	Fluorescencia ultravioleta
	1 hora	200	NE más de 24 veces al año	
Dióxido de nitrógeno	Anual	100	Media aritmética anual	Quimioluminiscencia
Material particulado con diámetro menor de 2.5 micras	24 horas	50	NE más de 7 veces al año	Separación inercial/filtración
	Anual	25	Media aritmética anual	
Material particulado con diámetro menor de 10 micras	24 horas	100	NE más de 7 veces al año	Separación inercial/filtración
	Anual	50	Media aritmética anual	
Mercurio gaseoso total	24 horas	2	No exceder	Espectromía de absorción atómica de vapor frío

				Espectromía de fluorescencia atómica de vapor frío
				Espectromía de absorción atómica Zeeman
Monóxido de carbono	1 hora	30000	NE más de 1 veces al año	Infrarrojo no dispersivo
	8 horas	10000	Media aritmética anual	
Ozono	8 horas	100	Máxima media diaria NE más de 24 veces al año	Fotometría de absorción ultravioleta
	Mensual	1.5	NE más de 4 veces al año	
Plomo				
	Anual	0.5	Media aritmética de los valores mensuales	Método para MP10
Sulfuro de hidrogeno	24 horas	150	Media aritmética	Fluorescencia ultravioleta

Fuente: <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-003-2017-MINAM.pdf>.

5.1.1 Sistema de ingreso de los gases

Se determinó el sistema del ingreso de los gases, para hallar la velocidad, caudal y temperatura de los gases según la **Tabla 5**. Con respecto se puede observar los datos son extraídos de la fundición COVIF&ME SAC, para que puedan ser usados para el dimensionamiento del diseño mecánico del lavador de gases de poder calcular la altura, el diámetro del lavador, el filtro en la segunda y tercera etapa de diseño para determinar si califica mecánicamente como hidráulicamente.

5.1.2 Diseño Hidráulico

Se determinó el diseño hidráulico para determinar el caudal y la cantidad de aspersores para el lavador de gases.

Tabla 17: Parámetros para el Diseño Hidráulico.

Diseño hidráulico	
Caudal de lavado	18.8 m ³ /h <> 314.34 l/min
N° de aspersores	4
Modelo del aspersor	Modelo <i>SPJT</i> 3/8" marca VERLEK
Caudal nominal del aspersor	82 l/min
Diámetro de tubería	2pulg (descarga) y 2 1/2pulg. (succión)
Bomba hidráulica	Pedrollo 1.5 hp

5.1.3 Diseño mecánico

Se determinó el diseño mecánico para conocer si el lavador de gases está correctamente calificado, calculado el diámetro, la altura, espesor de la plancha, el filtro, el volumen del filtro.

Tabla 18: Parámetros para el Diseño Mecánico.

Diseño mecánico	
Diámetro	1.45 m
Altura	3 m
Espesor de plancha	8 mm
Tipo de Filtro	Raschig ring 50 mm cerámico
Tipo de plancha	ASTM A-36

Tabla 19: Comparación de Resultados de Calidad de Aire

PARAMETROS	UNIDADES	Fecha	Fecha	Fecha	Fecha
		10/01/2021	10/01/2021	12/06/2021	12/06/2021
		RESULTADOS DE C.A 01	RESULTADOS DE C.A 02	RESULTADOS DE C.A 01	RESULTADOS DE C.A 02
SO ₂	ug/m ³	85.05	76.19	<13.00	<13.00
NO ₂	ug/m ³	176.05	167.20	<104.17	<104.17
CO	ug/m ³	4230.60	4120.50	<1250.00	<1250.00
Pb	ug/m ³	5.26	7.49	1.10	1.20

Entonces con los datos, podemos concluir que se ha obtenido una reducción de los gases contaminantes con lo cual se puede definir como viable económicamente para la empresa

VI. DISCUSION DE RESULTADOS

6.1. CONTRASTACIÓN Y DEMOSTRACIÓN DE LA HIPÓTESIS CON LOS RESULTADOS

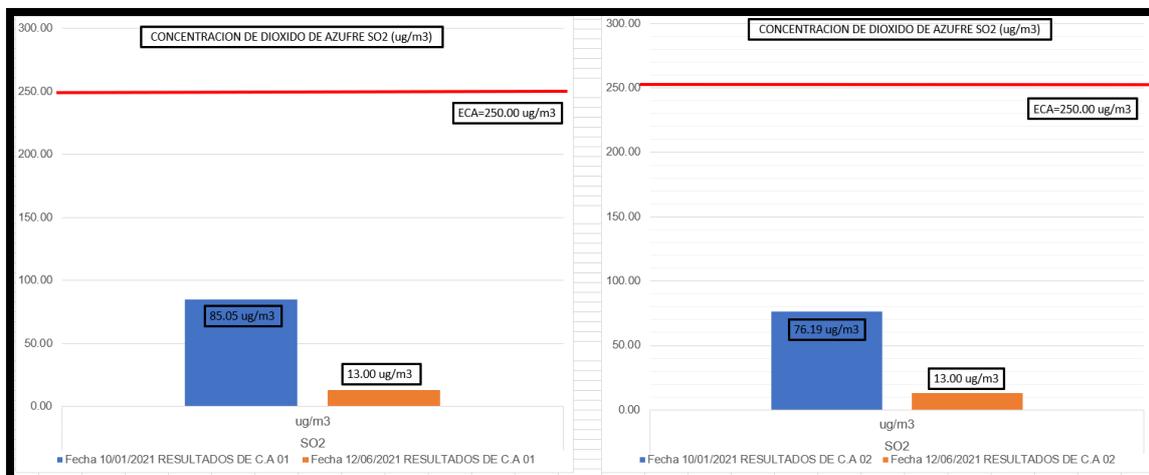
6.1.1 Contrastación de la hipótesis general

En la hipótesis general se planteó: “El diseño de un sistema de lavador de gases tipo torre reduce las emisiones de gases en la fundición de plomo de la empresa COVIF&ME SAC de la provincia constitucional del Callao”. Se cuenta con un monitoreo ambiental de la empresa ALAB E.I.R.L. con lo cual muestra el nivel de las emisiones de los gases SO₂, NO₂, CO y Pb, por cual se puede hacer la comparación antes de la instalación de lavador de gases y después de la implementación. Con los siguientes resultados nos garantiza una reducción de los niveles de las emisiones gaseosas en la fundición COVIF & ME SAC.

Por lo que se acepta la hipótesis general.

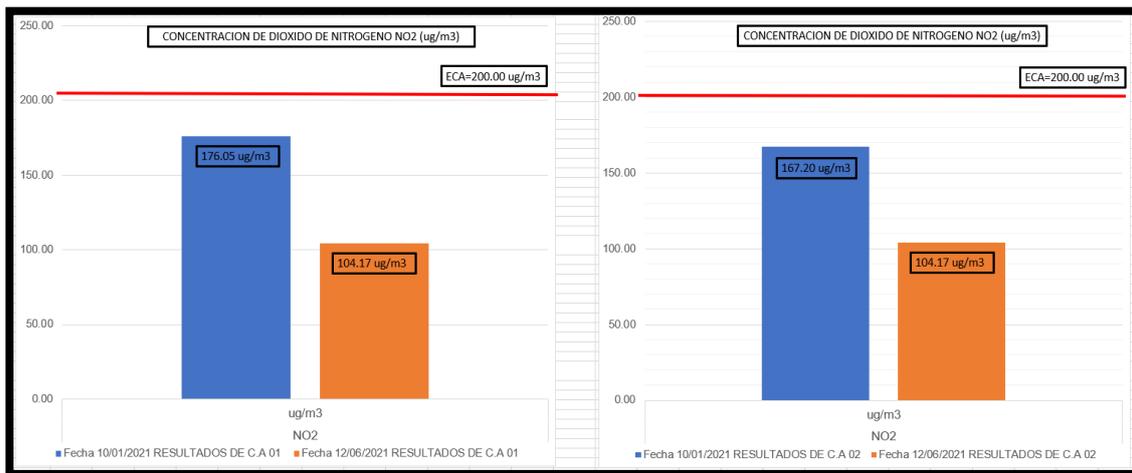
- Para la emisión de SO₂ se tiene el grafico comparativo tomado de dos posiciones diferentes del sistema de ductos de la fundición. en dos fechas distintas para lograr ver la disminución de emisión contaminante. obteniendo un promedio de 80% de reducción en comparación.

Figura 6.1: Gráfico comparativo de la concentración de SO₂ en los puntos CA -01 y CA-02 (antes y después)



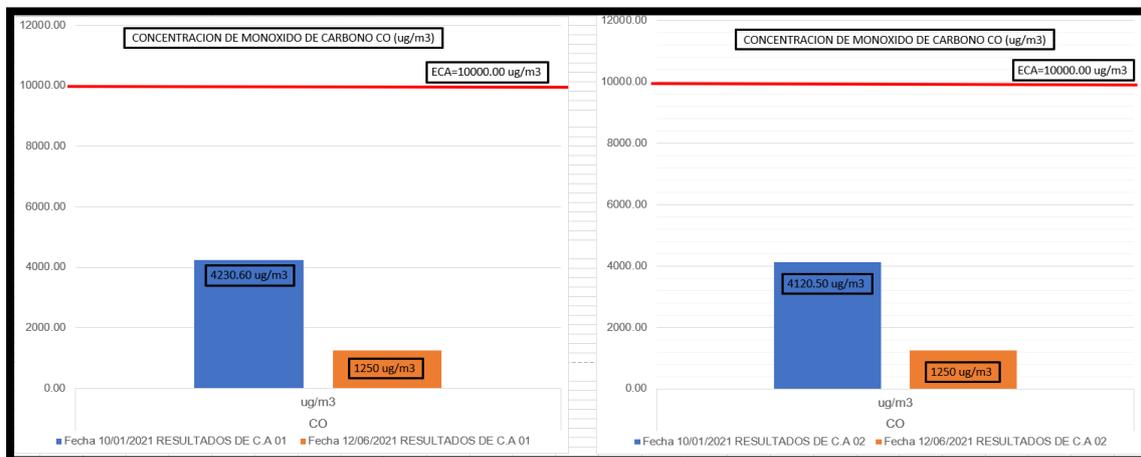
- Para la emisión de NO₂ se tiene el gráfico comparativo tomado de dos posiciones diferentes del sistema de ductos de la fundición. en dos fechas distintas para lograr ver la disminución de emisión contaminante. obteniendo un promedio de 40% de reducción.

Figura 6.2: Gráfico comparativo de la concentración de NO₂ en los puntos CA -01 y CA-02 (antes y después)



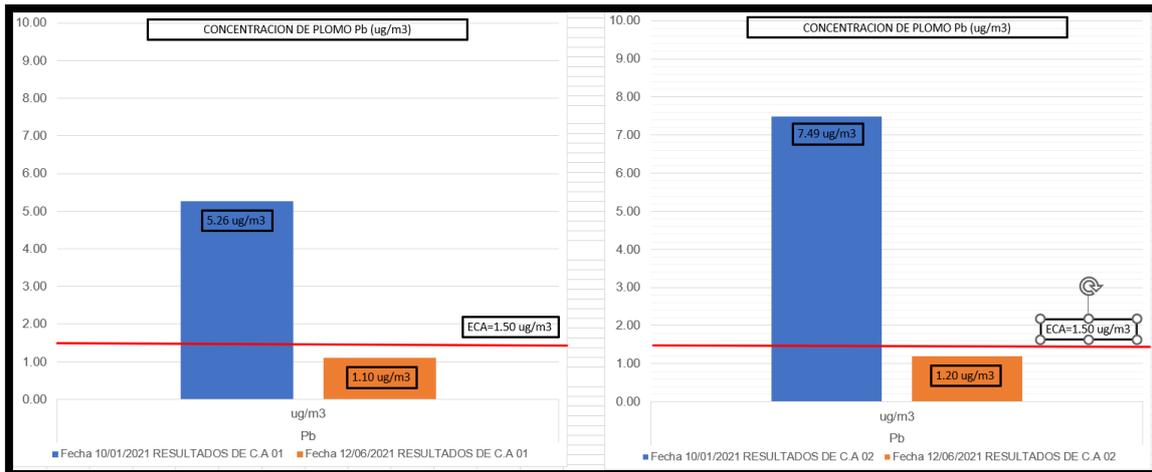
- Para la emisión de CO se tiene el gráfico comparativo tomado de dos posiciones diferentes del sistema de ductos de la fundición. en dos fechas distintas para lograr ver la disminución de emisión, obteniendo un promedio de 70% de reducción en comparación.

Figura 6.3: Gráfico comparativo de la concentración de CO en los puntos CA -01 y CA-02 (antes y después)



- Para la emisión de Pb se tiene el gráfico comparativo tomado de dos posiciones diferentes del sistema de ductos de la fundición. en dos fechas distintas para lograr ver la disminución de emisión, obteniendo un promedio de 80% de reducción en comparación.

Figura 6.4: Gráfico comparativo de la concentración de Pb en los puntos CA -01 y CA-02 (antes y después)



6.1.2 Contratación de las hipótesis específicas

- En la hipótesis específica se planteó: “El sistema de ingreso de gases permite dimensionar el sistema lavador de gases”. Se comprobó en la primera etapa que los valores de caudal, velocidad y temperatura de los gases según (**Tabla 5**) permite el diseño del lavador tomada con el TESTO-350S para posteriormente ser usada en la siguiente etapa es necesario conocer esos datos para el diseño mecánico y del hidráulico; como punto de partida para poder seleccionar y dimensionar los componentes del lavador de gases.
- Por lo que se acepta la hipótesis específica. En la hipótesis específica se planteó: “El diseño hidráulico del sistema permite la selección componentes del sistema lavador de gases”. Se comprueba que obteniendo un caudal de 314.34 l/min ,permite el lavado de los gases contaminantes permitiendo la reducción de los gases contaminantes, y la selección de 4 aspersores de 3/8 “con un caudal nominal de 82 l/min (**Tabla 17**).

- En la hipótesis específica se planteó: “El diseño mecánico del sistema permite dimensionar el sistema lavador de gases”. Se determina el diámetro, altura, espesor de la plancha y tipo de plancha según (**Tabla 18**) la cual se encuentra entre los rangos permitidos el diseño es mecánicamente aceptable.
Por lo que se acepta la hipótesis específica.
- En la hipótesis específica se planteó: “Los niveles de gases contaminantes se reducen dentro de los Límites permisibles aguas abajo del sistema lavador tipo torre en la empresa COVIF&ME SAC en la provincia constitucional del Callao”. Se comprueba obteniéndose una reducción en la emisión de gases contaminantes, debido al monitoreo ambiental realizado por la empresa ALAB E.I.R.L en la fundición de plomo de la empresa COVIF & ME SAC según los estándares de calidad ambiental, mediante el decreto supremo N°003-2017-MINAM publicado el 7 de junio del 2017.
Por lo que se acepta la hipótesis específica.

6.1.3 Contrastación de los resultados con otros estudios similares.

- Tal como lo menciona Hernández (2017), se identifica los gases contaminantes es una variable para seleccionar un tipo de lavador de gas, que pueda reducir las emisiones contaminantes, ya que depende el tipo de lavador más adecuado para reducir las emisiones conociendo el caudal de los gas, velocidad y temperatura.
- Díaz (2017), elaboro un método o guía técnica básica para la selección de un sistema de purificación de gases, a partir de la perspectiva mecánica, sin profundizar en los fenómenos físico-químicos del proceso, siendo en nuestro caso la mejor elección para nuestro trabajo la selección de un lavador de gas tipo torre, basándose en el espacio, costo de implementación y costes de mantenimiento.
- Rivera (2016), en nuestro caso la factibilidad técnica en una torre de aspersión como lavador de gas, para reducir uno de nuestros contaminantes que es el dióxido de azufre que emite la fundición de plomo COVIF & ME S.A.C.

- Pacherez (2019), el diseño mecánico es requerido para la cantidad de planchas de ASTM-A36 y cantidad de soldadura necesario para la construcción del lavador de gases, por lo cual se obtiene un total de 8 planchas.
- Sifuentes (2018), en nuestro caso aplicar hidróxido de sodio al agua del lavador de gases para mantener un PH, mantener los componentes del lavador sin oxidación.
- Delgado (2016), en nuestro caso se usó el analizador de gases del TESTO 350S, para obtener los resultados del ingreso de los gases, para poder dimensionar el caudal del lavado de nuestro sistema.

VII. CONCLUSIONES

- Se determinó el diseño de un sistema de lavador de gases tipo torre para reducir las emisiones en la fundición de plomo de la empresa COVIF&ME SAC en la provincia constitucional del Callao
- Se determinó el sistema de ingreso de los gases a fin de dimensionar el sistema lavador para reducir las emisiones de gases contaminantes, por ello se realizó el monitoreo ambiental obteniéndose los valores según la **Figura 4.4**.
- Se determinó el diseño hidráulico del sistema a fin de seleccionar los componentes del sistema lavador de gases. Teniendo el caudal del fluido con valor de $18,8m^3/h$, por lo cual se selecciona 4 aspersores de 3/8 pulgadas de la marca VERLEK, tubería de descarga de 2 pulgadas y de succión de 2 ½ pulgadas y con esto se pudo seleccionar el tipo de bomba PEDROLLO modelo F40/125C de 1.5 hp, e iniciar con el dimensionamiento y selección de los componentes y accesorios, para así iniciar con el ensamblaje en la parte hidráulica.
- Se determinó el diseño mecánico del sistema a fin de dimensionar el sistema lavador de gases, obteniéndose un diámetro de 1.45 m, una de 3 m y se usó planchas ASTM-A36 de espesor de 8 mm. Apoyándonos en el software INVENTOR PROFESIONAL 2020 para el análisis por elementos finitos (FEA) la construcción del tanque, se calculó el espesor de plancha, dimensionar y calcular el tipo de brida para los ductos de entrada y salida de gases, el tipo de base y estructura a usarse en el lavador.
- Se determinó los niveles de gases contaminantes aguas abajo del sistema lavador tipo torre en la empresa COVIF&ME SAC en la provincia constitucional del Callao, que los valores obtenidos después del montaje del lavador de gases son menores comparados con los valores obtenidos antes de tener dicho lavador en la planta de fundición. Estos valores se pueden corroborar en la **Tabla 19**, **Figura 6.1**, **Figura 6.2**, **Figura 6.3** y **Figura 6.4** los cuales son avalados por el reporte ambiental de la empresa ALAB E.I.R.L.

VIII. RECOMENDACIONES

- Para mejorar la implementación del diseño de lavador de gases tipo torre se recomienda regirse a las normas indicadas, priorizando la seguridad y el medio ambiente en todo momento. Y así obtener una reducción de gases contaminantes en la fundición de plomo de la empresa COVIF&ME SAC.
- La regulación automática del flujo de gas y líquido es elemental ya que las condiciones de operación del depurador son variables. Es por ello que se propone integrar controles automáticos al sistema.
- Establecer y realizar un programa de mantenimiento preventivo para asegurar el desempeño correcto de los lavadores de gases y defender la totalidad del operador y del equipo. Además, es recomendable elaborar un plan de mantenimiento y un control del estado de lavador, filtros, accesorios y elementos respecto a la parte hidráulica.
- Se puede implementar un eliminador de neblina en la parte superior del filtro, también se recomienda hacer un forrado interno en polipropileno (PPH) con algún aditivo de protección en ultravioleta (Uv) para entregarle una vida útil más extensa al equipo.
- Por recomendación de la inspección ambiental (OEFA) y Ministerio del ambiente (MINAN) se indica que debe realizarse el monitoreo ambiental cada 3 meses para obtener los niveles y valores reales de estas emisiones y así tener en cuenta su buen funcionamiento del diseño del lavador de gases en la planta de fundición.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGENCIA PARA SUSTANCIAS TÓXICAS Y EL REGISTRO DE ENFERMEDADES, 2020. *Plomo-ToxFAQs*. [en línea], pp. 1-2. Disponible en: https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts13.pdf.
- AGENCIA PARA SUSTANCIAS TOXICAS Y REGISTRO DE ENFERMEDADES, 2002. *Óxidos De Nitrógeno. División de Toxicología ToxFAQs* [en línea], vol. 1, pp. 2. Disponible en: https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts175.pdf.
- CENGEL, Y. y CIMBALA, J., 2018. *Mecánica de fluidos ,fundamentos y aplicaciones*. 4.^a ed. Mexico: McGraw-Hill Education Global Holdings. ISBN 9781259696534.
- DELGADO YARANGA, M.A., 2016. *Diseño de un sistema de extracción y tratamiento de gases en un ambiente de forja y soldadura* [en línea]. S.I.: Pontifica Universidad Católica del Perú. Disponible en: <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/6856>.
- ESPINOSA, M., 2021. *Ambientalista asegura tóxico volcán La Sofriere es igual a gases emite Punta Catalina*. N DIGITAL [en línea]. Disponible en: <https://n.com.do/2021/04/16/ambientalista-asegura-toxico-volcan-la-sofriere-es-igual-a-gases-emite-punta-catalina/>.
- DIAZ SANTANDER, A., 2017. *Propuesta de una metodología para seleccionar un lavador de gases*. S.I.: Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.
- GHASAS, S. y HARISCHANDRA, D.S., 2021. *Developmental neurotoxicity of metals: What should we learn from our mistakes. Current Opinion in Toxicology* [en línea], vol. 27, pp. 38-40. ISSN 24682020. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cotox.2021.08.001>.
- HERNÁNDEZ, L., 2018. *Diseño de un sistema de tratamiento de gases residuales para una fábrica de fertilizantes ubicada en Sarrión (Teruel)* [en línea]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10251/110621>.
- LAWRENCE K., W., NORMAN C., P. y YUNG-TSE, H., 2004. *Air Pollution Engineering Control*. ISBN 1588291618.
- MOTT, R., 2006. *Mecánica de fluidos*. 6.^a ed. S.I.: Pearson Educación de México. ISBN 9702608058.

- OCHOA RODRÍGUEZ, P.C., 2014. *Monóxido de carbono, enemigo silente y cancerígeno*. [en línea]. Disponible en: https://redrasc.blogspot.com/2014/05/monoxido-de-carbono-enemigo-silente-y_9331.html.
- PACHERREZ DAVID, O., 2019. *Diseño de un lavador de gases para determinar la disminución del material particulado de la caldera acuotubular N°06 en Agroindustrial Pomalca*. S.I.: Universidad Cesar Vallejo.
- PAZ CAMPUZANO, Ó., 2016. *Hay 17 empresas procesadas por contaminar aire de Lima y Callao*. El Comercio [en línea]. Disponible en: <https://elcomercio.pe/lima/hay-17-empresas-procesadas-contaminar-aire-lima-callao-184056-noticia/?ref=ecr>
- RIVERA LETELIER, J.G., 2016. *Diseño y evaluación de costos para la implementación de una torre didáctica de aspersion, para desulfuración de gases de combustión* [en línea]. Disponible en: <https://repositorio.usm.cl/bitstream/handle/11673/23382/3560900257143UTFSM.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- ROIG JAVIERRE, J.A., 2013. *Manual práctico para el diseño y cálculo de equipos de proceso para plantas industriales según el código ASME VIII DIVISION 1*. EINA ZARAGOZA.
- RODRIGUEZ LEZAMA, F., 2014. *Guía del código ASME SECCIÓN VIII DIVISIÓN I TOMO I*. ESIME AZCAPOTZALCO.
- SCHNELLE, K.B. y BROWN, C.A., 2002. *Air pollution control technology handbook*. ISBN 9781420036435.
- SIFUENTES VEGA, N.G., 2018. *Reducción de la concentración de Monóxido de Carbono optimizando el proceso de lavado de gases de la empresa MYFRANVER, San Juan de Lurigancho-2018* [en línea]. S.I.: Universidad Cesar Vallejo. Disponible en: <http://www.ehu.es/reviberpol/pdf/abr/perdomo.pdf>.
- TONG, S., VON SCHIRNDING, Y.E. y PRAPAMONTOL, T., 2000. *Environmental lead exposure: a public health problem with global dimensions*. *Servir (Lisboa, Portugal)*, vol. 49, no. 1, pp. 35-43. ISSN 08712379.

- VALDERRAMA MENDOZA, S., 2002. *Pasos para elaborar proyectos de investigación científica*. S.I.: Editorial San Marcos. ISBN 9786123028787.
- WOODARD, K., 1998. *Documento de Técnicas de Control de Materia Particulada Fina Proveniente de Fuentes Estacionarias*. Library Services Office (MD-35), U.S. Environmental Protection Agency [en línea]. Disponible en: <https://www3.epa.gov/ttnca1c1/dir1/pmcontech2.pdf>.

ANEXOS

ANEXO 1. MATRIZ DE CONSISTENCIA: “Diseño de un sistema de lavador de gases tipo torre para reducir la emisión de gases contaminantes en la fundición de plomo. COVIF&ME SAC - Callao”

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA
<p>PROBLEMA GENERAL</p> <p>¿Cómo diseñar un sistema de lavador de gases tipo torre para reducir las emisiones en la fundición de plomo de la empresa COVIF & ME SAC en la provincia constitucional del Callao?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL</p> <p>Determinar el diseño de un sistema de lavador de gases tipo torre para reducir las emisiones en la fundición de plomo de la empresa COVIF&ME SAC en la provincia constitucional del Callao</p>	<p>HIPÓTESIS GENERAL</p> <p>La implementación del diseño de un sistema de lavador de gases tipo torre reduce las emisiones de gases en la fundición de plomo de la empresa COVIF&ME SAC en la provincia constitucional del Callao.</p>	<p>VARIABLES</p> <p><u>Variable Independiente</u></p> <p>Diseño del Sistema de lavador de Gases.</p>	<p>DIMENSIONES</p> <p>Sistema de ingreso de los gases</p>	<p>INDICADORES</p> <p>Caudal del gas Velocidad del gas Temperatura del gas Caudal de Agua Modelo y Tipo de aspersion Diámetro de Tubería Bomba Hidráulica Diámetro y altura de lavador Tipo de material y espesor(plancha) Diseño de casco Diseño de tapa Diseño de conexión</p>	<p>METODOLOGÍA</p> <p>Enfoque de Investigación Enfoque cuantitativo</p> <p>Tipo de investigación Tipo aplicada</p> <p>Diseño de la investigación No experimental</p> <p>Metodología de la investigación Diseño en ingeniería</p> <p>Población COVIF&ME SAC - Callao</p> <p>Muestra: Emisión de gases contaminantes en la fundición de plomo COVIF&ME SAC – Callao.</p> <p>Técnica de recolección de datos: Fichas bibliográficas, fichas hemerográficas y la ficha de recolección de datos.</p> <p>Instrumento TESTO 350-S</p>
<p>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</p> <ul style="list-style-type: none"> ¿Como determino el sistema de ingreso de los gases a fin de dimensionar el sistema lavador de gases? ¿Como determinar el diseño hidráulico del sistema a fin de seleccionar los componentes del sistema lavador de gases? ¿Como determinar el diseño mecánico del sistema de a fin de dimensionar el sistema lavador de gases? ¿Como determinar los niveles de gases contaminantes aguas abajo del sistema lavador tipo torre en la empresa COVIF&ME SAC en la provincia constitucional del Callao? 	<p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</p> <ul style="list-style-type: none"> Determinar el sistema de ingreso de los gases a fin de dimensionar el sistema lavador de gases. Determinar el diseño hidráulico del sistema a fin de seleccionar los componentes del sistema lavador de gases. Determinar el diseño mecánico del sistema de a fin de dimensionar el sistema lavador de gases. Determinar los niveles de gases contaminantes aguas abajo del sistema lavador tipo torre en la empresa COVIF&ME SAC en la provincia constitucional del Callao. 	<p>HIPÓTESIS ESPECIFICAS</p> <ul style="list-style-type: none"> El sistema de ingreso de gases permite dimensionar el sistema lavador de gases. El diseño hidráulico del sistema permite la selección componentes del sistema lavador de gases. El diseño mecánico del sistema permite dimensionar el sistema lavador de gases. Los niveles de gases contaminantes se reducen dentro de los Límites permisibles aguas abajo del sistema lavador tipo torre en la empresa COVIF&ME SAC en la provincia constitucional del Callao. 	<p>VARIABLES</p> <p><u>Variable dependiente</u></p> <p>Emisiones de gases contaminantes</p>	<p>DIMENSIONES</p> <p>Diseño Hidráulico</p> <p>Diseño Mecánico</p> <p>Dióxido de Azufre Monóxido de Carbono Monóxido de Nitrógeno Dióxido de Nitrógeno Plomo</p>	<p>INDICADORES</p> <p>Nivel SO2 en el ambiente Nivel CO en el ambiente Nivel NO en el ambiente Nivel NO en el ambiente Nivel de Plomo en el ambiente</p>	<p>METODOLOGÍA</p>

ANEXO 2. CERTIFICADO DE CALIBRACION DEL EQUIPO TESTO 350S



CERTIFICADO DE CALIBRACION N° CAL-100221

Cliente	: ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L		
Instrumento	: ELECTROQUIMICO	Alcance	: O2 0.....25%
Marca	: TESTO		NO 0.....4000 ppm
Modelo	: 350S		NO2 0.....500 ppm
Serie	: 01270553		SO2 0.....5000 ppm
Código Interno	: EM-OPE-343		CO 0.....10000 ppm
Condición	: Nuevo		
Lugar de Calibración	: ENVIRONMENTAL GROUP TECHNOLOGY S.R.L		
Fecha de Calibración	: 10 de febrero del 2021		
Próxima Calibración	: 10 de febrero del 2022		

Condiciones Ambientales

Temperatura: 24.9-25.2 °C **Humedad relativa:** 67-69% **Presión:** 999-1004 mbar

Procedimientos Utilizados

De La verificación de la calibración se ha realizado siguiendo el procedimiento del manual del equipo testo 350 combustion & Emission Analyzer.

Patrones Utilizados:

Descripción	Marca/Modelo	Serie o Lote	Vencimiento
Termo higrometro	Control Company	150393324	14-Jul-22
Barómetro	Control Company/ 1204N55	140634663	20-May-22
Gas patrón mixto CO	Air gas/ epa protocol	82-124625938-1/CC504604	03-Jul-25
Gas patrón mixto SO2	Air gas/ epa protocol	82-124625938-1/CC504604	03-Jul-25
Gas patrón mixto NO	Air gas/ epa protocol	82-124625938-1/CC504604	03-Jul-25
Gas Patrón NO2	Air gas/ epa standard	82-124533758-1/D 233158	15-Mar-22
Gas patrón O2	Air gas/ epa protocolo	82-124420699-1/BS2014	04-Mar-22

Tipo de gas en ppm	Referencia	Indicador	Corrección	Incertidumbre
CO	500	501	-1	5.785
NO	50	50	0	0.577
NO2	100	101	-1	1.166
SO2	50	49	1	0.566
O3 %	3	3	0	0.035

Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la expresión de la incertidumbre en la Medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95%.

Observaciones

-Los resultados del presente documento, son validos únicamente para el objeto calibrado y se refiere al momento y a las condiciones en que fueron ejecutadas las mediciones, al solicitante le corresponde definir la frecuencia de calibración en funcional al uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición.

-Con fines de identificación de condición de calibrado se ha colocado una etiqueta autoadhesiva

(*Indicado en el manual de instrucciones del fabricante.

Realizado por:

Eduardo Miranda R.
Jefe de Mantenimiento



Fecha: 10/02/2021

Calle las guabas 4125 - Urb. El Naranjal - Los Olivos
Mail logistica@envirogrouptech.com / web: www.envirogrouptech.com / Cel: RPC: 961768828

Este documento no puede ser reproducido ni alterado parcial o totalmente sin la aprobación escrita de Envirogroup.

ANEXO 3. Resultados de sistema de ingreso del gas, tomados por el Equipo testo 350s. (Enero 2021)



RESULTADOS DE EMISIONES

AP-42

Cliente	COMIF & ME SAC	Orden de servicio:	OS-21-030
Estación de Muestreo	EM-1 (CORRIDA 1)	Coordenadas UTM	
Fecha de Muestreo	11/01/2021	E:	268192
Hora de Muestreo	11:15	N:	8672264

DATOS DE LA WINCHA				
Hora	11:25	11:35	11:45	Promedio
T aire (°C)	24	24	24	24.00
T gas (°C)	46	46	46	46.00
O2 (%)	20.22	20.15	19.94	20.10
CO (ppm)	3	5	5	4.33
NO (ppm)	4	4	5	4.33
NO2 (ppm)	0	0	0	0.00
NOx (ppm)	4	4	5	4.33
SO2 (ppm)	19	72	83	58.00
H2S (ppm)	2	1	2	1.67
CO2 (%) In situ	0	0	0	0.00
CO2 (%) Calculado	0.40	0.44	0.56	0.47
Pérdida (%)	27.74	26.14	22.69	25.52
Eficiencia de Combustión (%)	72.26	73.86	77.31	74.48
Exceso de Aire (%)	1891.17	1755.97	1442.45	1696.53

Combustible	CO2max	A	B	C
GN	11.7	0.591	0.0011	9.66

Cálculo de Velocidad y Caudal de Emisión		VELOCIDAD (m/s)
Altura	9	18.00
DIAMETRO DUCTO (m)	0.42	20.00
AREA DUCTO (m2)	0.14	22.00
Tiempo de emisión (mensual)	624	22.00
VELOCIDAD (m/s)	21.67	24.00
CAUDAL Estandar (m3/h)	10015.88	24.00
CAUDAL Normal (m3/h)	9248.15	
Temperatura del lugar de muestreo	24.0	
TEMPERATURA (°K)	319.0	
CO2 %	0.5	
Exceso de Aire	1696.5	
Eficiencia Combustion	74.5	
T° norm (°K)	273.0	
T° std (°K)	298.0	
Pa (mmHg)	749.00	
		21.67

ANEXO 4: Resultado de Monitoreo Ambiental (ALAB EIRL) ENERO. 2021



LABORATORIO DE ENSAYO
ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE
ACREDITACION INACAL - DA
CON EL REGISTRO N° LE - 036



INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-043

I.- DATOS DEL SERVICIO

1.-RAZON SOCIAL	: COVIF & ME S.A.C.
2.-DIRECCIÓN	: MZA. C LOTE 07 PROVIV LOS ALISOS III PROV.CONST.DEL CALLAO - PROV.CONST.DEL CALLAO - CALLAO
3.-PROYECTO	: COVIF & ME SAC- MONITOREO AMBIENTAL
4.-PROCEDENCIA	: CALLE LOS FERROLES - CALLAO
5.-SOLICITANTE	: COVIF & ME S.A.C.
6.-ORDEN DE SERVICIO N°	: OS-21-030
7.-PLAN DE MONITOREO	: PM-21-124
8.-MUESTREADO POR	: ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L.
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME	: 2021-01-26

II.-DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1.-MATRIZ	: AIRE
2.-NÚMERO ESTACIONES	: 2
3.-FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA	: 2021-01-16
4.-PERÍODO DE ENSAYO	: 2021-01-16 al 2021-01-26


José Luis Chipana Chipana

Químico
Director Técnico
CQP 1104

II.-METODOS Y REFERENCIAS

TIPO DE ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA	TÍTULO
Dióxido de Azufre ¹	EPA CFR 40. Appendix A-2 to part 50. 2012	Reference method for the determination of sulfur dioxide in the atmosphere. (Pararosaniline method).
Dióxido de Nitrógeno ¹	ASTM D1607-91 - 2011	Standard Test Method for Nitrogen Dioxide Content of the Atmosphere (Griess-Saltzman Reaction)
Oxidos de Nitrógeno ¹	ASTM D1607-91 - 2011	Standard Test Method for Nitrogen Dioxide Content of the Atmosphere (Griess-Saltzman Reaction)
Materia particulada PM 10 Bajo volumen ¹	EPA-Compendum Method IO - 2.3 -1999	Sampling of Ambient Air for PM10 Concentration Using the Rupprecht and Patashnick (R&P). Low Volume Partisol Sampler.
Metales Totales ²	EPA Compendum Method IO-3.4 1999	Determination of Metals in Ambient Particulate Matter using Inductively Coupled Plasma (ICP) Spectroscopy
Monóxido de Carbono ¹	ALAB-LAB-06. Basado por Peter O. Warner "Analysis of Air Pollutants". (Validado) 2015	Determinación de Monóxido de Carbono en la atmósfera. Método 4 : Carboxibenzo sulfonamida.
Meteorología ¹	ASTM D5741-96(2011)	Standard Practice for Characterizing surface wind using a wind vane and Rotating Anemometer

ASTM: American Society for Testing Materials

EPA : U. S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemicals Analysis

¹ Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA

¹ Parámetro acreditado por INACAL-DA

² Parámetro acreditado por IAS

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-043

IV. RESULTADOS

ITEM			1	2	
CÓDIGO DE LABORATORIO:			M-11649	M-11650	
CÓDIGO DEL CUENTE:			CA-01	CA-02	
COORDENADAS:			E: 0268194	E: 0268178	
UTM WGS 84:			N: 8672252	N: 8672266	
MATRIZ:			AIRE		
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:			IC-OPE-27.2		
INICIO DE MUESTREO			FECHA:	2021-01-10	2021-01-10
			HORA:	10:20	11:25
FIN DE MUESTREO			FECHA:	2021-01-11	2021-01-11
			HORA:	10:00	11:05
ENSAYO	UNIDAD	L.C.M	RESULTADOS		
Dióxido de Azufre ¹	ug/m3	13	85.05	76.19	
Dióxido de Nitrógeno ^(B)	ug/m3	104.17	176.05	167.20	
Oxidos de Nitrógeno ^(C)	ug/m3	7.73	<7.73	<7.73	
Material particulado PM 10 Bajo volumen ¹	ug/m3	0.7018	49.3599	36.0490	
Monóxido de Carbono ^(B) ¹	ug/m3	1.250	4230.60	4120.50	
Zinc ²	ug/m3	0.01	0.98	0.54	
Pbmo ²	ug/m3	0.003	5.264	7.49	

^(B) Tiempo de muestreo 1 hora

^(C) Tiempo de muestreo 8 horas

L.C.M.: Límite de cuantificación de método

^(C) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA

¹ Parámetro acreditado por INACAL-DA

² Parámetro acreditado por IAS

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados.

No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R.L.

Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

ANEXO 5. Resultado de Monitoreo Ambiental (ALAB EIRL) Julio. 2021



LABORATORIO DE ENSAYO
ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE
ACREDITACION INACAL - DA
CON EL REGISTRO N° LE - 098



INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-4311

I.- DATOS DEL SERVICIO

1.-RAZON SOCIAL	: COVIF & ME S.A.C.
2.-DIRECCIÓN	: MZA. C LOTE 07 PROV/IV LOS ALISOS III PROV.CONST.DEL CALLAO - PROV.CONST.DEL CALLAO - CALLAO
3.-PROYECTO	: COVIF & ME SAC- MONITOREO AMBIENTAL
4.-PROCEDENCIA	: CALLE LOS FERROLES - CALLAO
5.-SOLICITANTE	: COVIF & ME S.A.C.
6.-ORDEN DE SERVICIO N°	: OS-21-1439
7.-PLAN DE MONITOREO	: PM-21-624
8.-MUESTREO POR	: ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L.
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME	: 2021-07-30

II.-DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1.-MATRIZ	: AIRE
2.-NÚMERO ESTACIONES	: 2
3.-FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA	: 2021-07-13
4.-PERÍODO DE ENSAYO	: 2021-07-13 al 2021-07-30


José Luis Chipana Chipana

Químico
Director Técnico
CQP 1104

III-METODOS Y REFERENCIAS

TIPO DE ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA	TÍTULO
Dióxido de Azufre ¹	EPA CFR 40. Appendix A-2 to part 50. 2012	Reference method for the determination of sulfur dioxide in the atmosphere. (Pararosaniline method).
Dióxido de Nitrógeno ¹	ASTM D1607-91 - 2011	Standard Test Method for Nitrogen Dioxide Content of the Atmosphere (Griess-Saltzman Reaction)
Oxidos de Nitrógeno ⁽²⁾	ASTM D1607-91 - 2011	Standard Test Method for Nitrogen Dioxide Content of the Atmosphere (Griess-Saltzman Reaction)
Materia particulada PM 10 Bajo volumen ¹	EPA-Compendium Method IO - 2.3 -1999	Sampling of Ambient Air for PM10 Concentration Using the Rupprecht and Patashnick (R&P). Low Volume Partisol Sampler.
Metales Totales ²	EPA Compendium Method IO-3.4 1999	Determination of Metals in Ambient Particulate Matter using Inductively Coupled Plasma (ICP) Spectroscopy
Monóxido de Carbono ¹	ALAB-LAB-06. Basado por Peter O. Warner "Analysis of Air Pollutants". (Validado) 2015	Determinación de Monóxido de Carbono en la atmósfera. Método 4 : Carboibenceno sulfonamida.
Meteorología ⁽²⁾	ASTM D5741-96(2011)	Standard Practice for Characterizing surface wind using a wind vane and Rotating Anemometer

ASTM: American Society for Testing Materials

EPA : U. S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemicals Analysis

⁽²⁾ Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA

¹ Parámetro acreditado por INACAL-DA

² Parámetro acreditado por IAS

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-4311

IV. RESULTADOS

ITEM			1	2
CÓDIGO DE LABORATORIO:			M-11649	M-11650
CÓDIGO DEL CUENTE:			CA-01	CA-02
COORDENADAS:			E: 0268194	E: 0268178
UTM WGS 84:			N: 8672252	N: 8672266
MATRIZ:			AIRE	
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:			IC-OPE-27.2	
INICIO DE MUESTREO	FECHA:		2021-07-12	2021-07-12
	HORA:		10:30	11:20
FIN DE MUESTREO	FECHA:		2021-07-12	2021-07-12
	HORA:		10:30	11:20
ENSAYO	UNIDAD	L.C.M	RESULTADOS	
Dióxido de Azufre ¹	ug/m3	13	<13	<13
Dióxido de Nitrógeno ^(a)	ug/m3	104.17	<104.17	<104.17
Monóxido de Carbono ^{(b)1}	ug/m3	1 250	<1 250	<1 250
Zinc ²	ug/m3	0.01	0.96	0.49
Pbmo ²	ug/m3	0.003	1.10	1.20

^(a) Tiempo de muestreo 1 hora

^(b) Tiempo de muestreo 8 horas

L.C.M.: Limite de cuantificación de método

⁽¹⁾ Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA

¹ Parámetro acreditado por INACAL-DA

² Parámetro acreditado por IAS

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados.

No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R.L.

Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

ANEXO 6. REGISTRO FOTOGRAFICO DEL MONITOREO

EMISIONES GASEOSAS



PUNTO DE MUESTREO

EM-1

COORDENADAS

**N:8672264
E:0268194**



PUNTO DE MUESTREO	EM-2
COORDENADAS	N:8672264 E:0268194

ANEXO 7. CARTA DE AUTORIZACION DE USO DE DATOS DE LA EMPRESA



CARTA DE AUTORIZACIÓN DE USO DE DATOS DE LA EMPRESA

Yo, Wilmer Asunción Flores Dávalos,

identificado con DNI 10048668, en mi calidad de Gerente General de la empresa de la empresa/institución COVIF & ME SAC con R.U.C N° 20600704614

OTORGO LA AUTORIZACIÓN

Al señor Jhojan Jhosep Flores Rivas, identificado con DNI N°

75930614, alumno de curso ciclo taller de tesis de la unidad de pregrado de la facultad de ingeniería Mecánica y de Energía que utilice la siguiente información de la empresa:

- Datos de operación de la planta
- Monitoreos ambientales

con la finalidad de que pueda desarrollar su tesis para optar el grado de ingeniero.

Con respecto al uso del nombre de la empresa, en mi calidad de representante legal, manifiesto que:

- () Se debe mantener en reserva el nombre o cualquier distintivo de la empresa; o
(X) Se puede mencionar el nombre de la empresa en la tesis.

Adjuntar a esta carta la siguiente información del representante legal (firmante):

- Vigencia de Poder o Ficha RUC o consulta RUC (para el caso de empresas privadas).
- ROF o MOF o Resolución de designación, (para el caso de empresas públicas)
- Copia del DNI del Representante Legal (para validar su firma en el formato).

COVIF & ME SAC
R.U.C. 20600704614
Wilmer Flores Dávalos
GERENTE GENERAL

Firma y sello del Representante Legal
DNI: 10048668

El Tesista declara que los datos emitidos en esta carta y en la Tesis son auténticos. En caso de comprobarse la falsedad de datos, el bachiller será sometido al inicio del procedimiento disciplinario correspondiente; asimismo, asumirá toda la responsabilidad ante posibles acciones legales que la empresa, otorgante de información, pueda ejecutar.

Firma del Bachiller
Jhojan Flores Rivas

DNI: 75930614

ANEXO 8. FICHA RUC, COVIF&ME SAC. (REPRESENTANTE LEGAL)

25/7/22, 11:42 Datos de Ficha RUC- CIR(Constancia de Información Registrada)



FICHA RUC : 20600704614
COVIF & ME SOCIEDAD ANONIMA CERRADO - COVIF & ME S.A.C.
 Número de Transacción : 542693640
 CIR - Constancia de Información Registrada

Información General del Contribuyente

Apellidos y Nombres ó Razón Social : COVIF & ME SOCIEDAD ANONIMA CERRADO - COVIF & ME S.A.C.
 Tipo de Contribuyente : 39-SOCIEDAD ANONIMA CERRADA
 Fecha de Inscripción : 30/09/2015
 Fecha de Inicio de Actividades : 01/10/2015
 Estado del Contribuyente : ACTIVO
 Dependencia SUNAT : 0023 - INTENDENCIA LIMA
 Condición del Domicilio Fiscal : HABIDO
 Emisor electrónico desde : 16/07/2018
 Comprobantes electrónicos : FACTURA (desde 16/07/2018)

Datos del Contribuyente

Nombre Comercial : -
 Tipo de Representación : -
 Actividad Económica Principal : 3830 - RECUPERACIÓN DE MATERIALES
 Actividad Económica Secundaria 1 : -
 Actividad Económica Secundaria 2 : 4662 - VENTA AL POR MAYOR DE METALES Y MINERALES METALÍFEROS
 Sistema Emisión Comprobantes de Pago : MANUAL/COMPUTARIZADO
 Sistema de Contabilidad : MANUAL/COMPUTARIZADO
 Código de Profesión / Oficio : -
 Actividad de Comercio Exterior : **IMPORTADOR/EXPORTADOR**
 Número Fax : -
 Teléfono Fijo 1 : 1 - 3303133
 Teléfono Fijo 2 : -
 Teléfono Móvil 1 : 1 - 997193461
 Teléfono Móvil 2 : - - 983460503
 Correo Electrónico 1 : covifime.sac@gmail.com
 Correo Electrónico 2 : jhojanflores130@gmail.com

Domicilio Fiscal

Actividad Economica : 3830 - RECUPERACIÓN DE MATERIALES
 Departamento : PROV. CONST. DEL CALLAO
 Provincia : PROV. CONST. DEL CALLAO
 Distrito : CALLAO
 Tipo y Nombre Zona : ---- PROVIV LOS ALISOS III
 Tipo y Nombre Vía : -
 Nro : -
 Km : -
 Mz : C
 Lote : 07
 Dpto : -
 Interior : -
 Otras Referencias : -
 Condición del inmueble declarado como Domicilio Fiscal : OTROS.

Datos de la Empresa

Fecha Inscripción RR.PP : 21/09/2015
 Número de Partida Registral : 13492401
 Tomo/Ficha : -
 Folio : -
 Asiento : -
 Origen del Capital : NACIONAL
 País de Origen del Capital : -

Registro de Tributos Afectos

Tributo	Afecto desde	Exoneración		
		Marca de Exoneración	Desde	Hasta
IGV - OPER. INT. - CTA. PROPIA	01/10/2015	-	-	-

<https://e-menu.sunat.gob.pe/cl-ti-itmenu/MenuInternet.htm?pestanas=&agrupacion=#>
1/2

25/7/22, 11:42

Datos de Ficha RUC- CIR(Constancia de Información Registrada)

IGV - LIQUI COMPRA-RETENCIONES	01/01/2018	-	-	-
RENTA - DISTRIBUCION DIVIDENDOS	01/12/2017	-	-	-
RETENC. RTA. LIQUIDAC. COMPRAS	01/01/2018	-	-	-
RENTA 4TA. CATEG. RETENCIONES	01/02/2017	-	-	-
RENTA 5TA. CATEG. RETENCIONES	01/02/2017	-	-	-
RENTA - REGIMEN MYPE TRIBUTARIO	01/01/2017	-	-	-
ESSALUD SEG REGULAR TRABAJADOR	01/02/2017	-	-	-
SNP - LEY 19990	01/02/2017	-	-	-

Representantes Legales

Tipo y Número de Documento	Apellidos y Nombres	Cargo	Fecha de Nacimiento	Fecha Desde	Nro. Orden de Representación
DOC. NACIONAL DE IDENTIDAD -10048668	FLORES DAVALOS WILMER ASUNCION	GERENTE GENERAL	30/07/1964	21/09/2015	-
	Dirección	Ubigeo	Teléfono	Correo	
	ASC. NUEVO HORIZONTE Mz E Lote 31	LIMA LIMA SANTA ANITA	15 - 998232146	covifime_sac@gmail.com	

Importante

La SUNAT se reserva el derecho de verificar el domicilio fiscal declarado por el contribuyente en cualquier momento.

Documento emitido a través de SOL - SUNAT Operaciones en Línea, que tiene validez para realizar trámites Administrativos, Judiciales y demás

DEPENDENCIA SUNAT
Fecha:25/07/2022
Hora:11:36

ANEXO 9. FICHA TECNICA DE ASPERSOR SPIRAL JET (ABERTURA AMPLIA). FUENTE: www.verlek.com

CONTROL DE EMISIONES

ASPERSOR SPIRAL JET (ABERTURA AMPLIA)

Ficha de datos técnicos

Tecnología para el control de emisiones

Fecha/revisado: 14-07-2021

v 3.0



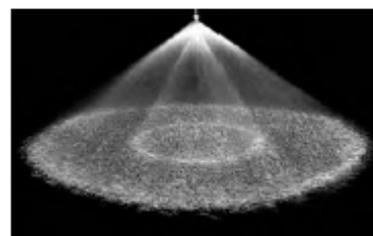
SPJ-FX

PRINCIPALES USOS

- *Lavadores de gases.
- * Torres de absorción.
- * Control de material particulado.
- *Supresión/ prevención de incendios.
- *Procesos químicos

CARACTERISTICAS DE DISEÑO

- Patrón de aerosol solido en forma de cono, con área de impacto circular.
- Diseño de máximo paso libre minimiza la obstrucción.
- Paso de partículas de igual tamaño de orificio.
- Tamaño compacto de fácil instalación o ajuste para la mayoría de sistemas de tubería.
- Construido en una sola pieza.
- Resistente a la corrosión.



Full Cone 120° (XP)



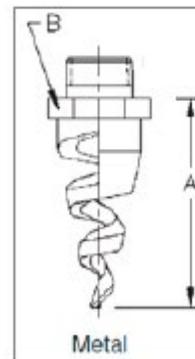
Carrera 78 11C 21-Int2
Bogotá – Colombia
www.verlek.com
cel:311-2739323



CONTROL DE EMISIONES

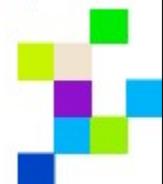
CARACTERISTICAS DE DISEÑO

- Patrón de aerosol solido en forma de cono, con área de impacto circular.
- Diseño de máximo paso libre minimiza la obstrucción.
- Paso de partículas de igual tamaño de orificio.
- Construido en una sola pieza.
- Resistente a la corrosión.
- Alta eficiencia energética
- Conexión macho.



Thread Size	Spray Angle					Flow Rate Code	Orif. Dia. (mm)	Pass Dia. (mm)	Flow Rate (L/min)							
	60°	90°	120°	150°	170°				0.5 bar	0.7 bar	1 bar	2 bar	3bar	5bar	10bar	20bar
1/4"	•	•	•	•		07	2.38	2.38	2.26	2.67	3.19	4.51	5.53	7.13	10.1	14.3
	•	•	•	•	•	13	3.18	3.18	4.19	4.96	5.93	8.36	10.3	13.2	18.7	26.5
	•	•	•	•	•	20	3.97	3.18	6.45	7.63	9.12	12.9	15.8	20.4	28.8	40.8
3/8"	•	•	•	•		07	2.38	2.38	2.26	2.67	3.19	4.51	5.53	7.13	10.1	14.3
	•	•	•	•		13	3.18	3.18	4.19	4.96	5.93	8.36	10.3	13.2	18.7	26.5
	•	•	•	•		20	3.97	3.18	6.45	7.63	9.12	12.9	15.8	20.4	28.8	40.8
	•	•	•	•	•	30	4.76	3.18	9.7	11.4	13.7	19.3	23.7	30.6	43.2	61.1
	•	•	•	•	•	40	5.59	3.18	13.1	15.4	18.5	26.1	32	41.3	58.4	82.6
1/2"	•	•	•	•	•	53	6.35	3.18	17.1	20.2	24.2	34.2	41.8	54	76.4	108
	•	•	•	•	•	82	7.87	3.18	26.6	31.5	37.6	53.2	65.1	84.1	119	168
	•	•	•	•	•	120	9.65	4.76	38.8	46	54.9	77.7	95.1	123	174	246
	•	•	•	•	•	164	11.2	4.76	53.2	62.9	75.2	106	130	168	238	336
3/4"	•	•	•	•		210	12.7	4.76	67.7	80.1	95.7	135	166	214	303	428
1"	•	•	•	•	•	340	16	6.35	108	128	153	216	264	341	483	683
	•	•	•	•	•	470	19.1	6.35	153	181	216	306	375	484	685	968
1-1/2"	•	•	•	•	•	640	22.4	7.94	208	248	294	416	509	657	930	1320
	•	•	•	•	•	820	25.4	7.94	272	322	385	545	667	861	1220	1720
	•	•	•	•	•	980	28.6	7.94	309	368	438	619	758	978	1380	1960
2"	•	•	•	•	•	1400	34.9	11.1	451	534	638	902	1110	1430	2020	2800
	•	•	•	•	•	1780	38.1	11.1	570	674	806	1140	1400	1800	2550	3600
3"	•	•	•	•	•	2560	44.5	14.3	825	976	1170	1650	2020	2510	3690	5220
	•	•	•	•	•	3360	50.8	14.3	1090	1290	1550	2190	2680	3450	4891	6920
4"	•	•	•	•	•	5250	63.5	15.8	1690	2000	2390	3380	4140	5300	7570	10700

Carrera 78 11C 21-Int2
Bogotá - Colombia
www.vertek.com
cel:311-2739323

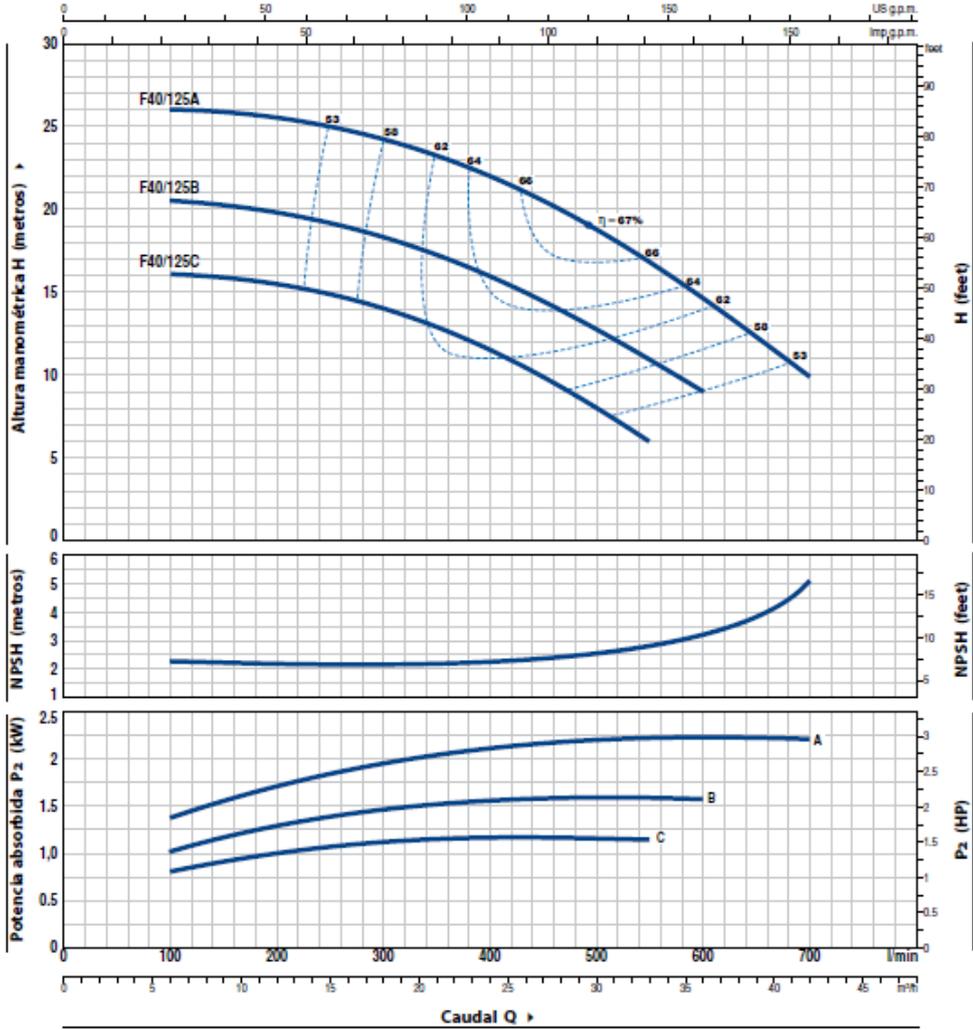


ANEXO 10. FICHA TECNICA DE LA BOMBA HIDRUALICA.

F40/125

CURVAS Y DATOS DE PRESTACIONES

60 Hz n= 3450 min⁻¹ HS= 0 m



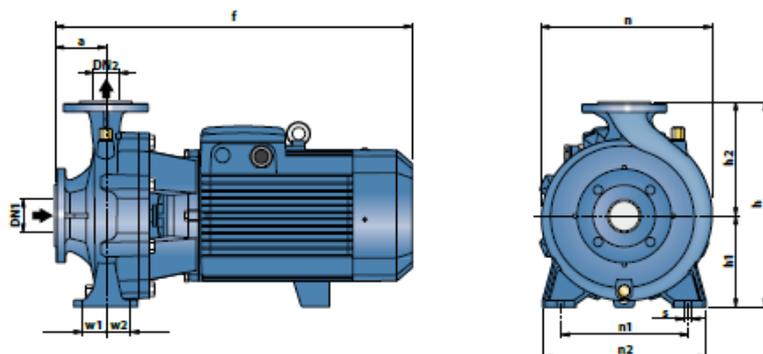
MODELO		POTENCIA (P ₂)		Q	H metros											
Monofásica	Trifásica	kW	HP		0	6	12	18	24	30	33	36	39	42		
Fm 40/125C	F 40/125C	1.1	1.5	0	100	200	300	400	500	550	600	650	700			
Fm 40/125B	F 40/125B	1.5	2	0	100	200	300	400	500	550	600	650	700			
Fm 40/125A	F 40/125A	2.2	3	0	100	200	300	400	500	550	600	650	700			

Q – Caudal H – Altura manométrica total HS – Altura de aspiración

Tolerancia de las curvas de prestación según EN ISO9906 Grado 3B.

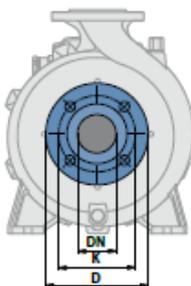
F

DIMENSIONES Y PESOS



MODELO		DN1	DN2	DIMENSIONES mm										kg				
Monofásica	Trifásica			a	f	h	h1	h2	n	n1	n2	w1	w2	s	1-	3-		
Fm 32/160C	F 32/160C	50	32	80	412	292	132	160	242	190	240	35	35		32.7	32.1		
Fm 32/160B	F 32/160B				448/412										37.5	33.4		
-	F 32/160A				448										-	37.4		
-	F 32/200C				469										-	46.4		
-	F 32/200B				515										-	48.4		
-	F 32/200A				469										-	56.9		
-	F 32/200BH			100	40	80	469	340	160	180	270	250	320	47.5	47.5		-	42.4
-	F 32/200AH						469										-	46.4
-	F 32/250C						606										-	100.0
-	F 32/250B						701										-	102.0
-	F 32/250A						701										-	119.8
-	F 32/250A						701										-	119.8
Fm 40/125C	F 40/125C	65	40	80	421	252	112	140	244	160	210	35	35		31.5	29.5		
Fm 40/125B	F 40/125B				451/421										33.0	31.5		
Fm 40/125A	F 40/125A				451/421										35.5	33.0		
Fm 40/160C	F 40/160C				448/412										37.6	33.5		
-	F 40/160B				448										-	37.5		
-	F 40/160A				465										-	43.6		
-	F 40/200B			606	405	180	225	330	250	320	212	265	47.5	47.5		-	54.0	
-	F 40/200A															535	-	60.0
-	F 40/250C															606	-	100.0
-	F 40/250B															606	-	102.0
-	F 40/250A															606	-	102.0
-	F 40/250A															606	-	102.0

BRIDAS DE LAS BOCAS



DN BRIDAS mm	D mm	K mm	ORIFICIOS	
			N°	Ø (mm)
32	140	100	4	18
40	150	110		
50	165	125		
65	185	145		
80	200	160		
100	220	180		
125	250	210	8	

CONTOBRIDAS

(SE PUEDE PEDIR A PARTE)



DN BRIDAS mm	F CONTOBRIDAS	D mm	K mm	ORIFICIOS	
				N°	Ø (mm)
32	1 1/4"	140	100	4	18
40	1 1/2"	150	110		
50	2"	165	125		
65	2 1/2"	185	145		
80	3"	200	160		
100	4"	220	180		
125	5"	250	210	8	

F | 60 Hz

ANEXO 11. FICHA TECNICA DE PLANCHA ASTM A 36 / A36M / SA36

PLANCHAS Y BOBINAS ESTRUCTURALES A36 LAMINADAS EN CALIENTE (LAC)



PROPIEDADES MECÁNICAS

NORMA TÉCNICA DEL PRODUCTO	GRADO	TIPO	LÍMITE DE FLUENCIA MPa ≥	CARGA DE ROTURA MPa	ELONGACIÓN % ≥
ASTM A 36/A 36M	-	-	250	400 - 550	23 (2") 20 (8")
ASTM A1011/A1011M	36	2	250	400 - 550	21 (2") 16 (8")
ASTM A1018/A1018M	36	2	250	400 - 550	21 (2") 18 (8")

() Tamaño de probeta.

NORMAS EQUIVALENTES ó APROXIMADAS: ASTM A 570 Grado 36, JIS G 3101 SS400, DIN 17100 St 37-2, DIN 17100 St44-2, EN 10025 S275JO

DIMENSIONES ESTÁNDAR

DIMENSIONES mm	PESO TEÓRICO EN kg/plancha		TOLERANCIA EN EL ESPESOR mm ±	ESPESOR EQUIVALENTE ó APROXIMADO
	1,500 x 6,000 mm	2,400 x 6,000 mm		
3.00*	211.95		0.24	1/8"
4.00*	282.60		0.45	5/32"
4.50*	317.93		0.45	3/16"
4.80*	339.12		0.45	3/16"
6.00	423.90		0,8/0,3	1/4"
6.40	452.16	723.46	0,8/0,3	1/4"
8.00	565.20	904.32	0,8/0,3	5/16"
9.00	635.85	1,017.36	0,8/0,3	3/8"
9.50	671.18	1,073.88	0,8/0,3	3/8"
12.00	847.80	1,356.48	0,8/0,3	1/2"
12.50	883.13	1,413.00	0,8/0,3	1/2"
16.00	1,130.40	1,808.64	0,8/0,3	5/8"
19.00	1,342.35	2,147.76	0,8/0,3	3/4"
22.00	1,554.30	2,486.88	0,9/0,3	7/8"
25.00	1,766.25	2,826.00	1,0/0,3	1"
32.00	2,260.80	3,617.28	1,3/0,3	1 1/4"
38.00	2,684.70	4,295.52	1,5/0,3	1 1/2"
50.00	3,532.50	5,652.00	1,8/0,3	2"
63.00	4,450.95	7,121.52	2,4/0,3	2 1/2"
75.00	5,298.75	8,478.00	2,8/0,3	3"
100.00	7,065.00	11,304.00	3,5/0,3	4"
125.00	8,831.25	14,130.00	3,5/0,3	5"
150.00	10,597.50	16,956.00	3,5/0,3	6"

TOLERANCIAS: *De acuerdo al JIS G 3193; las demás de acuerdo al ASTM A6/A 6M

BOBINAS: Hasta 16,0 mm de espesor, se suministran completas.

LONGITUDES DIFERENTES: Previa coordinación.

USOS: Fabricación de estructuras, tanques, tolvas, cascos de molinos, perfiles conformados en frío, vigas soldadas, tubos, edificios, ciclones, puentes, autopartes, secadores, etc.

www.comasa.com.pe

ANEXO 12. "ASME SECCION II PARTE D, 2021" (página 12,13 y 14)

ASME BPVC.III.D.C-2021

Table 1A (Cont'd)
Section I; Section III, Division 1, Classes 2 and 3; Section VIII, Division 1; and Section XII
Maximum Allowable Stress Values, *S*, for Ferrous Materials
(*See Maximum Temperature Limits for Restrictions on Class)

Line No.	Nominal Composition	Product Form	Spec. No.	Type/Grade	Alloy		Size/Thickness, in.	P-No.	Group No.
					Design/UNS No.	Class/Condition/ Temper			
1	Carbon steel	Bar	SA-675	55	...	...	...	1	1
2	Carbon steel	Wld. pipe	SA-134	A283C	K02401	...	...	1	1
3	Carbon steel	Plate	SA-283	C	K02401	...	...	1	1
4	Carbon steel	Plate	SA-285	C	K02801	...	...	1	1
5	Carbon steel	Smls. & wld. pipe	SA-333	1	K03008	...	...	1	1
6	Carbon steel	Smls. & wld. tube	SA-334	1	K03008	...	...	1	1
7	Carbon steel	Wld. tube	SA-334	1	K03008	...	...	1	1
8	Carbon steel	Plate	SA-516	55	K01800	...	...	1	1
9	Carbon steel	Smls. pipe	SA-524	II	K02104	...	...	1	1
10	Carbon steel	Wld. pipe	SA-671	CA55	K02801	...	...	1	1
11	Carbon steel	Wld. pipe	SA-671	CE55	K02202	...	...	1	1
12	Carbon steel	Wld. pipe	SA-672	A55	K02801	...	...	1	1
13	Carbon steel	Wld. pipe	SA-672	B55	K02001	...	...	1	1
14	Carbon steel	Wld. pipe	SA-672	C55	K01800	...	...	1	1
15	Carbon steel	Wld. pipe	SA-672	E55	K02202	...	...	1	1
16	Carbon steel	Sheet	SA-414	C	K02503	...	...	1	1
17	Carbon steel	Plate	SA/EN 10028-3	P275NH	...	...	≤ 2 3/4	1	1
18	Carbon steel	Bar	SA-36	...	K02600	...	...	1	1
19	Carbon steel	Plate, sheet	SA-36	...	K02600	...	...	1	1
20	Carbon steel	Plate, sheet	SA-662	A	K01701	...	...	1	1
(21)	Carbon steel	Sheet, strip	SA-1011	36	SS	Type 2	$t \leq 0.23$	...	...
22	Carbon steel	Plate, bar, shapes	SA/IS 2062	E250A	...	...	$t > 1 1/2$	1	1
(21)	Carbon steel	Plate, bar, shapes	SA/IS 2062	E250BR	...	...	$t > 1 1/2$	1	1
(21)	Carbon steel	Plate, bar, shapes	SA/IS 2062	E250BO	...	...	$t \leq 3/4$	1	1
25	Carbon steel	Plate, bar, shapes	SA/IS 2062	E250C	...	...	$t > 1 1/2$	1	1
26	Carbon steel	Plate, bar, shapes	SA/IS 2062	E250A	...	...	$3/4 < t \leq 1 1/2$	1	1
(21)	Carbon steel	Plate, bar, shapes	SA/IS 2062	E250BR	...	...	$3/4 < t \leq 1 1/2$	1	1
(21)	Carbon steel	Plate, bar, shapes	SA/IS 2062	E250BO	...	...	$3/4 < t \leq 1 1/2$	1	1
29	Carbon steel	Plate, bar, shapes	SA/IS 2062	E250C	...	...	$3/4 < t \leq 1 1/2$	1	1
30	Carbon steel	Plate	SA/EN 10028-2	P265GH	...	...	≤ 2 3/4	1	1
31	Carbon steel	Smls. tube	SA/EN 10216-2	P265GH	...	...	$1 5/8 < t \leq 2 1/2$	1	1
32	Carbon steel	Plate, bar, shapes	SA/IS 2062	E250A	...	...	$t \leq 3/4$	1	1
(21)	Carbon steel	Plate, bar, shapes	SA/IS 2062	E250BR	...	...	$t \leq 3/4$	1	1
(21)	Carbon steel	Plate, bar, shapes	SA/IS 2062	E250BO	...	...	$t > 1 1/2$	1	1
35	Carbon steel	Plate, bar, shapes	SA/IS 2062	E250C	...	...	$t \leq 3/4$	1	1
36	Carbon steel	Smls. tube	SA/EN 10216-2	P265GH	...	...	$5/8 < t \leq 1 1/8$	1	1
37	Carbon steel	Smls. tube	SA/EN 10216-2	P265GH	...	...	$t \leq 5/8$	1	1
38	Carbon steel	Forgings	SA-181	...	K03502	60	...	1	1
39	Carbon steel	Castings	SA-216	WCA	J02502	...	...	1	1
40	Carbon steel	Forgings	SA-266	1	K03506	...	...	1	1
41	Carbon steel	Forgings	SA-350	LF1	K03009	1	...	1	1
42	Carbon steel	Castings	SA-352	LCA	J02504	...	...	1	1
43	Carbon steel	Cast pipe	SA-660	WCA	J02504	...	...	1	1
44	Carbon steel	Bar	SA-675	60	...	...	...	1	1
45	Carbon steel	Bar	SA-675	60	...	...	...	1	1

Table 1A (Cont'd)
Section I; Section III, Division 1, Classes 2 and 3;* Section VIII, Division 1; and Section XII
Maximum Allowable Stress Values, S, for Ferrous Materials
 (*See Maximum Temperature Limits for Restrictions on Class)

Line No.	Min. Tensile Strength, ksi	Min. Yield Strength, ksi	Applicability and Max. Temperature Limits (NP = Not Permitted) (SPT = Supports Only)				External Pressure Chart No.	Notes
			I	III	VIII-1	XII		
1	55	27.5	NP	650 (Cl. 3 only)	NP	NP	CS-1	...
2	55	30	NP	300 (Cl. 3 only)	NP	NP	CS-2	W12
3	55	30	NP	300 (Cl. 3 only)	650	650	CS-2	...
4	55	30	900	700	900	650	CS-2	G10, S1, T2
5	55	30	NP	700	650	650	CS-2	W12, W14
6	55	30	NP	700	650	650	CS-2	W12, W14
7	55	30	NP	NP	650	650	CS-2	G24, W6
8	55	30	850	700	1000	650	CS-2	G10, S1, T2
9	55	30	NP	NP	1000	650	CS-2	G10, T2
10	55	30	NP	700	NP	NP	CS-2	S6, W10, W12
11	55	30	NP	700	NP	NP	CS-2	S6, W10, W12
12	55	30	NP	700	NP	NP	CS-2	S6, W10, W12
13	55	30	NP	700	NP	NP	CS-2	S6, W10, W12
14	55	30	NP	700	NP	NP	CS-2	S6, W10, W12
15	55	30	NP	700	NP	NP	CS-2	S6, W10, W12
16	55	33	NP	700	900	650	CS-2	G10, T1
17	56.5	...	NP	NP	400	400	CS-2	G10, G18
18	58	36	650	650 (SPT)	900	650	CS-2	G10, G15, T1
19	58	36	NP	700	650	650	CS-2	G9, G10, T1
20	58	40	NP	NP	700	650	CS-2	T1
21	58	36	NP	NP	600	600	CS-2	...
22	59.5	33.4	NP	NP	650	650	CS-2	...
23	59.5	33.4	NP	NP	650	650	CS-2	...
24	59.5	36.3	NP	NP	650	650	CS-2	...
25	59.5	33.4	NP	NP	650	NP	CS-2	...
26	59.5	34.8	NP	NP	650	650	CS-2	...
27	59.5	34.8	NP	NP	650	650	CS-2	...
28	59.5	34.8	NP	NP	650	650	CS-2	...
29	59.5	34.8	NP	NP	650	650	CS-2	...
30	59.5	35.5	NP	NP	700	NP	CS-2	T1
31	59.5	35.5	1000	NP	1000	NP	CS-2	G10, S1, T2
32	59.5	36.3	NP	NP	650	650	CS-2	...
33	59.5	36.3	NP	NP	650	650	CS-2	...
34	59.5	33.4	NP	NP	650	650	CS-2	...
35	59.5	36.3	NP	NP	650	650	CS-2	...
36	59.5	37	1000	NP	1000	NP	CS-2	G10, S1, T2
37	59.5	38.5	1000	NP	1000	NP	CS-2	G10, S1, T2
38	60	30	1000	700	1000	650	CS-2	G10, S1, T2
39	60	30	1000	700	1000	650	CS-2	G1, G10, G17, S1, T2
40	60	30	1000	700	1000	650	CS-2	G10, S1, T2
41	60	30	NP	700	1000	650	CS-2	G10, T2
42	60	30	NP	700	NP	NP	CS-2	G17
43	60	30	1000	700	NP	NP	CS-2	G1, G10, G17, S1, T2
44	60	30	850	700 (SPT)	NP	NP	CS-2	G10, G15, S1, T2
45	60	30	NP	650 (Cl. 3 only)	900	650	CS-2	G10, G22, T2

Table 1A (Cont'd)
Section I; Section III, Division 1, Classes 2 and 3;* Section VIII, Division 1; and Section XII
Maximum Allowable Stress Values, S, for Ferrous Materials
(*See Maximum Temperature Limits for Restrictions on Class)

Line No.	Maximum Allowable Stress, ksi (Multiply by 1000 to Obtain psi), for Metal Temperature, °F, Not Exceeding													
	100	150	200	250	300	400	500	600	650	700	750	800	850	900
1	15.7	...	15.7	...	15.7	15.7	14.9	14.1	13.6	...	...	...	...	...
2	15.7	...	15.7	...	15.7	...	...	...	...	...	...	...	...	...
3	15.7	15.7	15.7	...	15.7	15.7	15.7	15.3	14.8	...	...	...	...	...
4	15.7	15.7	15.7	...	15.7	15.7	15.7	15.3	14.8	14.3	13.0	10.8	8.7	5.9
5	15.7	...	15.7	...	15.7	15.7	15.7	15.3	14.8	14.3	...	...	...	...
6	15.7	...	15.7	...	15.7	15.7	15.7	15.3	14.8	14.3	...	...	...	...
7	13.4	13.4	13.4	...	13.4	13.4	13.4	13.0	12.6	...	...	...	...	...
8	15.7	15.7	15.7	...	15.7	15.7	15.7	15.3	14.8	14.3	13.0	10.8	8.7	5.9
9	15.7	15.7	15.7	...	15.7	15.7	15.7	15.3	14.8	14.3	13.0	10.8	8.7	5.9
10	15.7	...	15.7	...	15.7	15.7	15.7	15.3	14.8	14.3	...	...	...	...
11	15.7	...	15.7	...	15.7	15.7	15.7	15.3	14.8	14.3	...	...	...	...
12	15.7	...	15.7	...	15.7	15.7	15.7	15.3	14.8	14.3	...	...	...	...
13	15.7	...	15.7	...	15.7	15.7	15.7	15.3	14.8	14.3	...	...	...	...
14	15.7	...	15.7	...	15.7	15.7	15.7	15.3	14.8	14.3	...	...	...	...
15	15.7	...	15.7	...	15.7	15.7	15.7	15.3	14.8	14.3	...	...	...	...
16	15.7	15.7	15.7	...	15.7	15.7	15.7	15.7	15.7	15.6	13.0	10.8	8.7	5.9
17	16.2	16.2	16.2	...	16.2	16.2	...	...	...	...	...	...	...	...
18	16.6	16.6	16.6	...	16.6	16.6	16.6	16.6	16.6	15.6	13.0	10.8	8.7	5.9
19	16.6	...	16.6	...	16.6	16.6	16.6	16.6	16.6	15.6	...	...	...	...
20	16.6	16.6	16.6	...	16.6	16.6	16.6	16.6	16.6	15.6	...	...	...	...
21	16.6	16.6	16.6	16.6	16.6	16.6	16.6	...	...	...	...	...	...	...
22	17.0	...	17.0	...	17.0	17.0	17.0	17.0	16.5	...	...	...	...	...
23	17.0	...	17.0	...	17.0	17.0	17.0	17.0	16.5	...	...	...	...	...
24	17.0	...	17.0	...	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	...	...	...	...	...
25	17.0	...	17.0	...	17.0	17.0	17.0	17.0	16.5	...	...	...	...	...
26	17.0	...	17.0	...	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	...	...	...	...	...
27	17.0	...	17.0	...	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	...	...	...	...	...
28	17.0	...	17.0	...	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	...	...	...	...	...
29	17.0	...	17.0	...	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	...	...	...	...	...
30	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	15.6	...	...	...	...
31	17.0	...	17.0	...	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	13.0	10.8	8.7	5.9
32	17.0	...	17.0	...	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	...	...	...	...	...
33	17.0	...	17.0	...	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	...	...	...	...	...
34	17.0	...	17.0	...	17.0	17.0	17.0	17.0	16.5	...	...	...	...	...
35	17.0	...	17.0	...	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	...	...	...	...	...
36	17.0	...	17.0	...	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	13.0	10.8	8.7	5.9
37	17.0	...	17.0	...	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	13.0	10.8	8.7	5.9
38	17.1	17.1	17.1	...	17.1	17.1	16.3	15.3	14.8	14.3	13.0	10.8	8.7	5.9
39	17.1	...	17.1	...	17.1	17.1	16.3	15.3	14.8	14.3	13.0	10.8	8.7	5.9
40	17.1	17.1	17.1	...	17.1	17.1	16.3	15.3	14.8	14.3	13.0	10.8	8.7	5.9
41	17.1	17.1	17.1	...	17.1	17.1	16.3	15.3	14.8	14.3	13.0	10.8	8.7	5.9
42	17.1	...	17.1	...	17.1	17.1	16.3	15.3	14.8	14.3	...	...	...	...
43	17.1	...	17.1	...	17.1	17.1	16.3	15.3	14.8	14.3	13.0	10.8	8.7	5.9
44	17.1	...	17.1	...	17.1	17.1	16.3	15.3	14.8	14.3	13.0	10.8	8.7	...
45	17.1	17.1	17.1	...	17.1	17.1	16.3	15.3	14.8	14.3	13.0	10.8	8.7	5.9

ANEXO 13: FICHA TECNICA DE TUBERIA ASTM A 53/ A 106 / API 5L

TUBOS SIN COSTURA SCH



PROPIEDADES MECÁNICAS

NORMA TÉCNICA	GRADO	LÍMITE DE FLUENCIA mínimo		RESISTENCIA A LA TRACCIÓN mínimo	
		ksi	MPa	ksi	MPa
ASTM A 53/A 53M	B	35	240	60	415
ASTM A 106/A 106M	B	35	240	60	415
API 5 L PSL 1	B	35	241	60	413

DIMENSIONES Y PESOS NOMINALES

DIÁMETRO NOMINAL	DIÁMETRO EXTERIOR		ESPESOR DE PARED		PESO kg/m	PESO TIPO	SCH Nº	PRESIÓN DE PRUEBA GRADO B psi
	pulgada	mm	pulgada	mm				
1/8"	0.405	10.3	0.068	1.73	0.37	STD	40	700
1/8"	0.405	10.3	0.095	2.41	0.47	XS	80	850
1/4"	0.540	13.7	0.088	2.24	0.63	STD	40	700
1/4"	0.540	13.7	0.119	3.02	0.80	XS	80	850
3/8"	0.675	17.1	0.091	2.31	0.84	STD	40	700
3/8"	0.675	17.1	0.126	3.20	1.10	XS	80	850
1/2"	0.840	21.3	0.109	2.77	1.27	STD	40	700
1/2"	0.840	21.3	0.147	3.73	1.62	XS	80	850
1/2"	0.840	21.3	0.188	4.78	1.95	-	160	900
1/2"	0.840	21.3	0.294	7.47	2.55	XXS	-	1,000
3/4"	1.050	26.7	0.113	2.87	1.69	STD	40	700
3/4"	1.050	26.7	0.154	3.91	2.20	XS	80	850
3/4"	1.050	26.7	0.219	5.56	2.90	-	160	950
3/4"	1.050	26.7	0.308	7.82	3.64	XXS	-	1,000
1"	1.315	33.4	0.133	3.38	2.50	STD	40	700
1"	1.315	33.4	0.179	4.55	3.24	XS	80	850
1"	1.315	33.4	0.250	6.35	4.24	-	160	950
1"	1.315	33.4	0.358	9.09	5.45	XXS	-	1,000
1 1/4"	1.660	42.2	0.140	3.56	3.39	STD	40	1,300
1 1/4"	1.660	42.2	0.191	4.85	4.47	XS	80	1,900
1 1/4"	1.660	42.2	0.250	6.35	5.61	-	160	2,000
1 1/4"	1.660	42.2	0.382	9.70	7.77	XXS	-	2,300
1 1/2"	1.900	48.3	0.145	3.68	4.05	STD	40	1,300
1 1/2"	1.900	48.3	0.200	5.08	5.41	XS	80	1,900
1 1/2"	1.900	48.3	0.281	7.14	7.25	-	160	2,050
1 1/2"	1.900	48.3	0.400	10.16	9.56	XXS	-	2,300
2"	2.375	60.3	0.154	3.91	5.44	STD	40	2,500
2"	2.375	60.3	0.218	5.54	7.48	XS	80	2,500
2"	2.375	60.3	0.344	8.74	11.11	-	160	2,500
2"	2.375	60.3	0.436	11.07	13.44	XXS	-	2,500

TOLERANCIAS: de acuerdo al ASTM A 53/A 53M.

LONGITUD: SRL DE 4.8 A 6.7metros, DRL DE 10.7 metros mínimo.

EXTREMOS : Planos para diámetros menores de 2", biselados para >= 2"

USOS:

- **ASTM A 53:** Conducción de fluidos en minería, industria, pesca, petróleo, construcción y servicios en general.
- **ASTM A 106:** Servicio a altas temperaturas.
- **API 5 L:** Para la industria petrolera.

www.comasa.com.pe

TUBOS SIN COSTURA SCH



DIMENSIONES Y PESOS NOMINALES

DIÁMETRO NOMINAL	DIÁMETRO EXTERIOR		ESPESOR DE PARED		PESO kg/m	PESO TIPO	SCH N°	PRESIÓN DE PRUEBA GRADO B psi
	pulgada	mm	pulgada	mm				
16"	16.000	406.4	0.438	11.13	108.49	-	-	1,150
16"	16.000	406.4	0.469	11.91	115.86	-	-	1,230
16"	16.000	406.4	5.000	12.70	123.30	XS	40	1,310
16"	16.000	406.4	0.656	16.66	160.12	-	60	1,720
16"	16.000	406.4	0.844	21.44	203.53	-	80	2,220
16"	16.000	406.4	1.031	26.19	245.56	-	100	2,710
16"	16.000	406.4	1.219	30.96	286.64	-	120	2,800
16"	16.000	406.4	1.438	36.53	333.19	-	140	2,800
16"	16.000	406.4	1.594	40.49	365.35	-	160	2,800
18"	18.000	457.0	0.250	6.35	70.60	-	10	580
18"	18.000	457.0	0.281	7.14	79.24	-	-	660
18"	18.000	457.0	0.312	7.92	87.75	-	20	730
18"	18.000	457.0	0.344	8.74	96.66	-	-	800
18"	18.000	457.0	0.375	9.52	105.10	STD	-	880
18"	18.000	457.0	0.406	10.31	113.62	-	-	950
18"	18.000	457.0	0.438	11.13	122.43	-	30	1,020
18"	18.000	457.0	0.469	11.91	130.78	-	-	1,090
18"	18.000	457.0	0.500	12.70	139.20	XS	-	1,170
18"	18.000	457.0	0.562	14.27	155.87	-	40	1,310
18"	18.000	457.0	0.750	19.05	205.83	-	60	1,750
18"	18.000	457.0	0.938	23.83	254.67	-	80	2,190
18"	18.000	457.0	1.156	29.36	309.76	-	100	2,700
18"	18.000	457.0	1.375	34.92	363.64	-	120	2,800
18"	18.000	457.0	1.562	39.67	408.45	-	140	2,800
18"	18.000	457.0	1.781	45.24	459.59	-	160	2,800
20"	20.000	508.0	0.250	6.35	78.55	-	10	520
20"	20.000	508.0	0.281	7.14	88.19	-	-	590
20"	20.000	508.0	0.312	7.92	97.67	-	-	660
20"	20.000	508.0	0.344	8.74	107.60	-	-	720
20"	20.000	508.0	0.375	9.52	117.02	STD	20	790
20"	20.000	508.0	0.406	10.31	126.53	-	-	850
20"	20.000	508.0	0.438	11.13	136.37	-	-	920
20"	20.000	508.0	0.469	11.91	145.70	-	-	950
20"	20.000	508.0	0.500	12.70	155.12	XS	30	1,050
20"	20.000	508.0	0.594	15.09	183.42	-	40	1,250
20"	20.000	508.0	0.812	20.62	247.83	-	60	1,710
20"	20.000	508.0	1.031	26.19	311.17	-	80	2,170
20"	20.000	508.0	1.281	32.54	381.53	-	100	2,690
20"	20.000	508.0	1.500	38.10	441.49	-	120	2,800
20"	20.000	508.0	1.750	44.45	508.11	-	140	2,800
20"	20.000	508.0	1.969	50.01	564.81	-	160	2,800

TOLERANCIAS: De acuerdo al ASTM A 53/A 53M

LONGITUD: SRL de 4.8 a 6.7 metros, DRL de 10.7 metros mínimo.

USOS:

- **ASTM A 53:** Conducción de fluidos en la minería, industria, pesca, petróleo, construcción y servicios en general.
- **ASTM A 106:** Servicio a altas temperaturas.
- **API 5 L:** Para la industria petrolera.

ANEXO 14. "ASME SECCION II PARTE D, 2021" (página 16,17 y 18)

ASME BPVC.III.D.C-2021

Table 1A (Cont'd)
Section I; Section III, Division 1, Classes 2 and 3;* Section VIII, Division 1; and Section XII
Maximum Allowable Stress Values, S, for Ferrous Materials
 (*See Maximum Temperature Limits for Restrictions on Class)

Line No.	Nominal Composition	Product Form	Spec. No.	Type/Grade	Alloy		Size/Thickness, in.	P-No.	Group No.
					Desig./UNS No.	Class/Condition/ Temper			
1	Carbon steel	Forgings	SA-765	I	K03046	...	...	1	1
2	Carbon steel	Plate	SA-515	60	K02401	...	...	1	1
3	Carbon steel	Plate	SA-516	60	K02100	...	...	1	1
4	Carbon steel	Wld. pipe	SA-671	CB60	K02401	...	...	1	1
5	Carbon steel	Wld. pipe	SA-671	CC60	K02100	...	...	1	1
6	Carbon steel	Wld. pipe	SA-671	CE60	K02402	...	...	1	1
7	Carbon steel	Wld. pipe	SA-672	B60	K02401	...	...	1	1
8	Carbon steel	Wld. pipe	SA-672	C60	K02100	...	...	1	1
9	Carbon steel	Wld. pipe	SA-672	E60	K02402	...	...	1	1
10	Carbon steel	Wld. pipe	SA-134	A283D	K02702	...	...	1	1
11	Carbon steel	Plate	SA-283	D	K02702	...	...	1	1
12	Carbon steel	Wld. pipe	SA-53	E/B	K03005	...	...	1	1
13	Carbon steel	Wld. pipe	SA-53	E/B	K03005	...	...	1	1
14	Carbon steel	Smls. pipe	SA-53	S/B	K03005	...	...	1	1
15	Carbon steel	Smls. pipe	SA-53	S/B	K03005	...	...	1	1
16	Carbon steel	Smls. pipe	SA-106	B	K03006	...	...	1	1
17	Carbon steel	Wld. pipe	SA-135	B	...	...	...	1	1
18	Carbon steel	Smls. & wld. fittings	SA-234	WPB	K03006	...	...	1	1
19	Carbon steel	Smls. & wld. pipe	SA-333	6	K03006	...	...	1	1
20	Carbon steel	Wld. pipe	SA-333	6	K03006	...	...	1	1
21	Carbon steel	Smls. & wld. tube	SA-334	6	K03006	...	...	1	1
22	Carbon steel	Wld. tube	SA-334	6	K03006	...	...	1	1
23	Carbon steel	Forged pipe	SA-369	FPB	K03006	...	...	1	1
24	Carbon steel	Forgings	SA-372	A	K03002	...	...	1	1
25	Carbon steel	Sheet	SA-414	D	K02505	...	...	1	1
26	Carbon steel	Smls. & wld. fittings	SA-420	WPL6	...	...	...	1	1
27	Carbon steel	Smls. pipe	SA-524	I	K02104	...	...	1	1
28	Carbon steel	Bar	SA-696	B	K03200	...	...	1	1
29	Carbon steel	Forgings	SA-727	...	K02506	...	...	1	1
30	Carbon steel	Wld. tube	SA-178	C	K03503	...	...	1	1
31	Carbon steel	Wld. tube	SA-178	C	K03503	...	...	1	1
32	Carbon steel	Wld. tube	SA-178	C	K03503	...	...	1	1
33	Carbon steel	Smls. tube	SA-210	A-1	K02707	...	...	1	1
34	Carbon steel	Smls. tube	SA-556	B2	K02707	...	...	1	1
35	Carbon steel	Wld. tube	SA-557	B2	K03007	...	...	1	1
36	Carbon steel	Plate, bar	SA/CSA-G40.21	38W	...	...	...	1	1
(21)	Carbon steel	Plate, sheet, bar	SA-572	42	...	...	t ≤ 6	...	...
(21)	Carbon steel	Sheet, strip	SA-1011	45	ISLAS 1	...	...	...	...
(21)	Carbon steel	Sheet, strip	SA-1011	45	SS	...	t ≤ 0.23	...	...
(21)	Carbon steel	Sheet, strip	SA-1011	50	ISLAS 2	...	...	...	...
41	Carbon steel	Plate	SA/AS 1548	PT430N	...	Normalized	≤ 6	1	1
42	Carbon steel	Plate	SA/AS 1548	PT430NR	...	Norm. rid.	≤ 6	1	1
43	Carbon steel	Plate	SA/EN 10028-2	P295GH	...	...	6 < t ≤ 10	1	1
44	Carbon steel	Plate	SA/EN 10028-2	P295GH	...	...	4 < t ≤ 6	1	1
45	Carbon steel	Bar	SA-675	65	...	...	...	1	1

Table 1A (Cont'd)
Section I; Section III, Division 1, Classes 2 and 3;* Section VIII, Division 1; and Section XII
Maximum Allowable Stress Values, S, for Ferrous Materials
 (*See Maximum Temperature Limits for Restrictions on Class)

Line No.	Min. Tensile Strength, ksi	Min. Yield Strength, ksi	Applicability and Max. Temperature Limits (NP = Not Permitted) (SPT = Supports Only)				External Pressure Chart No.	Notes
			I	III	VIII-1	XII		
1	60	30	NP	NP	1000	650	CS-2	G10, T2
2	60	32	1000	700	1000	650	CS-2	G10, S1, T2
3	60	32	850	700	1000	650	CS-2	G10, S1, T2
4	60	32	NP	700	NP	NP	CS-2	S6, W10, W12
5	60	32	NP	700	NP	NP	CS-2	S6, W10, W12
6	60	32	NP	700	NP	NP	CS-2	S6, W10, W12
7	60	32	NP	700	NP	NP	CS-2	S6, W10, W12
8	60	32	NP	700	NP	NP	CS-2	S6, W10, W12
9	60	32	NP	700	NP	NP	CS-2	S6, W10, W12
10	60	33	NP	300 (Cl. 3 only)	NP	NP	CS-2	W12
11	60	33	NP	300 (Cl. 3 only)	650	650	CS-2	...
12	60	35	900	300 (Cl. 3 only)	NP	NP	CS-2	G10, S1, T1, W12, W13
13	60	35	900	NP	900	650	CS-2	G3, G10, G24, S1, T1, W6
14	60	35	900	300 (Cl. 3 only)	NP	NP	CS-2	G10, S1, T1
15	60	35	NP	700 (SPT)	900	650	CS-2	G10, T1
16	60	35	1000	700	1000	650	CS-2	G10, S1, T1
17	60	35	NP	NP	900	650	CS-2	G24, T1, W6
18	60	35	1000	700	1000	650	CS-2	G10, S1, T1
19	60	35	700	700	1000	650	CS-2	G10, T1, W12, W13, W14
20	60	35	700	NP	NP	NP	CS-2	T1
21	60	35	NP	700	650	650	CS-2	T1, W12, W14
22	60	35	NP	NP	650	650	CS-2	G24, W6
23	60	35	1000	NP	NP	NP	CS-2	G10, S1, T1
24	60	35	NP	NP	650	650	CS-2	...
25	60	35	NP	NP	900	650	CS-2	G10, T1
26	60	35	NP	700	850	650	CS-2	G10, T1, W14
27	60	35	NP	NP	1000	650	CS-2	G10, T1
28	60	35	NP	700	NP	NP	CS-2	T1
29	60	36	NP	700	1000	650	CS-2	G10, G22, T1
30	60	37	1000	NP	NP	NP	CS-2	G4, G10, S1, T2
31	60	37	1000	700	NP	NP	CS-2	G10, S1, T1, W13
32	60	37	1000	NP	1000	650	CS-2	G3, G10, G24, S1, T2, W6
33	60	37	1000	700	1000	650	CS-2	G10, S1, T1
34	60	37	NP	NP	1000	650	CS-2	G10, T1
35	60	37	NP	NP	1000	650	CS-2	G24, T1, W6
36	60	38	NP	NP	650	650	CS-2	...
37	60	42	NP	NP	600	600	CS-2	...
38	60	45	NP	NP	600	600	CS-3	...
39	60	45	NP	NP	600	600	CS-3	...
40	60	50	NP	NP	600	600	CS-3	...
41	62.5	...	1000	NP	1000	NP	CS-2	G10, G18, S1, T1
42	62.5	...	1000	NP	1000	NP	CS-2	G10, G18, S1, T1
43	62.5	32	850	NP	1000	NP	CS-2	G10, S1, T2
44	64	34	850	NP	1000	NP	CS-2	G10, S1, T2
45	65	32.5	850	650 (Cl. 3 only)	1000	650	CS-2	G10, G15, G22, S1, T2

Table 1A (Cont'd)
Section I; Section III, Division 1, Classes 2 and 3;* Section VIII, Division 1; and Section XII
Maximum Allowable Stress Values, S, for Ferrous Materials
 (*See Maximum Temperature Limits for Restrictions on Class)

Line No.	Maximum Allowable Stress, ksi (Multiply by 1000 to Obtain psi), for Metal Temperature, °F, Not Exceeding													
	100	150	200	250	300	400	500	600	650	700	750	800	850	900
1	17.1	17.1	17.1	...	17.1	17.1	16.3	15.3	14.8	14.3	13.0	10.8	8.7	5.9
2	17.1	17.1	17.1	...	17.1	17.1	17.1	16.4	15.8	15.3	13.0	10.8	8.7	5.9
3	17.1	17.1	17.1	...	17.1	17.1	17.1	16.4	15.8	15.3	13.0	10.8	8.7	5.9
4	17.1	...	17.1	...	17.1	17.1	17.1	16.4	15.8	15.3	...	...	...	...
5	17.1	...	17.1	...	17.1	17.1	17.1	16.4	15.8	15.3	...	...	...	...
6	17.1	...	17.1	...	17.1	17.1	17.1	16.4	15.8	15.3	...	...	...	...
7	17.1	...	17.1	...	17.1	17.1	17.1	16.4	15.8	15.3	...	...	...	...
8	17.1	...	17.1	...	17.1	17.1	17.1	16.4	15.8	15.3	...	...	...	...
9	17.1	...	17.1	...	17.1	17.1	17.1	16.4	15.8	15.3	...	...	...	...
10	17.1	...	17.1	...	17.1	...	...	...	...	...	...	...	...	...
11	17.1	17.1	17.1	...	17.1	17.1	17.1	16.9	16.3	...	...	...	...	...
12	17.1	...	17.1	...	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	15.6	13.0	10.8	8.7	5.9
13	14.6	14.6	14.6	...	14.6	14.6	14.6	14.6	14.6	13.3	11.1	9.2	7.4	5.0
14	17.1	...	17.1	...	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	15.6	13.0	10.8	8.7	5.9
15	17.1	17.1	17.1	...	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	15.6	13.0	10.8	8.7	5.9
16	17.1	17.1	17.1	...	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	15.6	13.0	10.8	8.7	5.9
17	14.6	14.6	14.6	...	14.6	14.6	14.6	14.6	14.6	13.3	11.1	9.2	7.4	5.0
18	17.1	17.1	17.1	...	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	15.6	13.0	10.8	8.7	5.9
19	17.1	17.1	17.1	...	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	15.6	13.0	10.8	8.7	5.9
20	14.6	14.6	14.6	...	14.6	14.6	14.6	14.6	14.6	13.3	...	...	...	...
21	17.1	...	17.1	...	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	15.6	...	...	...	...
22	14.6	14.6	14.6	...	14.6	14.6	14.6	14.6	14.6	...	...	...	...	...
23	17.1	...	17.1	...	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	15.6	13.0	10.8	8.7	5.9
24	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	...	...	...	...	...
25	17.1	17.1	17.1	...	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	15.6	13.0	10.8	8.7	5.9
26	17.1	17.1	17.1	...	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	15.6	13.0	10.8	8.7	...
27	17.1	17.1	17.1	...	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	15.6	13.0	10.8	8.7	5.9
28	17.1	...	17.1	...	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	15.6	...	...	...	...
29	17.1	17.1	17.1	...	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	15.6	13.0	10.8	8.7	5.9
30	17.1	...	17.1	...	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	15.6	13.0	10.8	8.7	5.0
31	17.1	...	17.1	...	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	15.6	13.0	10.8	8.7	5.9
32	14.6	...	14.6	...	14.6	14.6	14.6	14.6	14.6	13.3	11.1	9.2	7.4	5.0
33	17.1	17.1	17.1	...	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	15.6	13.0	10.8	8.7	5.9
34	17.1	17.1	17.1	...	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	15.6	13.0	10.8	8.7	5.9
35	14.6	14.6	14.6	...	14.6	14.6	14.6	14.6	14.6	13.3	11.1	9.2	7.4	5.0
36	17.1	...	17.1	...	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	...	...	...	...	...
37	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	...	...	...	...	...	...
38	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	...	...	...	...	...	...
39	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	...	...	...	...	...	...
40	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	...	...	...	...	...	...
41	17.9	17.9	17.9	17.9	17.9	17.9	17.9	17.9	17.9	16.9	13.9	11.4	8.7	5.9
42	17.9	17.9	17.9	17.9	17.9	17.9	17.9	17.9	17.9	16.9	13.9	11.4	8.7	5.9
43	17.9	17.9	17.9	17.9	17.9	17.9	17.4	16.4	15.8	15.3	13.9	11.4	8.7	5.9
44	18.3	18.3	18.3	18.3	18.3	18.3	18.3	17.4	16.8	16.2	13.9	11.4	8.7	5.9
45	18.6	18.6	18.6	18.6	18.6	18.5	17.7	16.6	16.1	15.5	13.9	11.4	8.7	5.0

ANEXO 15: Estándar de Calidad Ambiental, D.S N°003-2017- MINAN.

Resolución Ministerial expedida por el Ministerio del Ambiente."

"Artículo 4.- Finalidad

La Comisión Multisectorial para la Gestión de la Iniciativa del Aire Limpio para Lima y Callao emitirá los informes técnicos que contengan las propuestas de mecanismos de coordinación interinstitucional y las modificaciones normativas orientadas a mejorar la calidad del aire de Lima y Callao."

"Artículo 5.- Financiamiento

El cumplimiento de las funciones de la Comisión Multisectorial para la Gestión de la Iniciativa del Aire Limpio para Lima y Callao se financia con cargo al presupuesto institucional del Ministerio del Ambiente, sin demandar recursos adicionales al Tesoro Público. Asimismo, los gastos que pueda involucrar la participación de los representantes de la citada Comisión Multisectorial se financian con cargo al presupuesto de las entidades a las cuales pertenecen".

Segunda.- Modificación del Reglamento Interno de la Comisión Multisectorial para la Gestión de la Iniciativa del Aire Limpio para Lima y Callao

Mediante Resolución Ministerial emitida por el Ministerio del Ambiente, en el plazo máximo de treinta (30) días hábiles contados desde la entrada en vigencia del presente Decreto Supremo, la Comisión Multisectorial para la Gestión de la Iniciativa del Aire Limpio para Lima y Callao modificará su Reglamento Interno, aprobado por Resolución Ministerial N° 229-2013-VIVIENDA.

DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA DEROGATORIA

Única.- Derogación de normas referidas al ECA para Aire

Derógase el Decreto Supremo N° 074-2001-PCM, el Decreto Supremo N° 069-2003-PCM, el Decreto Supremo N° 003-2008-MINAM y el Decreto Supremo N° 006-2013-MINAM.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los seis días del mes de junio del año dos mil diecisiete.

PEDRO PABLO KUCZYNSKI GODARD
Presidente de la República

ELSA GALARZA CONTRERAS
Ministra del Ambiente

GONZALO TAMAYO FLORES
Ministro de Energía y Minas

PEDRO OLAECHEA ÁLVAREZ CALDERÓN
Ministro de la Producción

PATRICIA J. GARCÍA FUNEGRA
Ministra de Salud

BRUNO GIUFFRÀ MONTEVERDE
Ministro de Transportes y Comunicaciones

EDMER TRUJILLO MORI
Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento

**Anexo
Estándares de Calidad Ambiental para Aire**

Parámetros	Período	Valor [µg/m ³]	Criterios de evaluación	Método de análisis ⁽¹⁾
Benceno (C ₆ H ₆)	Anual	2	Media aritmética anual	Cromatografía de gases
Dióxido de Azufre (SO ₂)	24 horas	250	NE más de 7 veces al año	Fluorescencia ultravioleta (Método automático)
Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)	1 hora	200	NE más de 24 veces al año	Quimioluminiscencia (Método automático)
	Anual	100	Media aritmética anual	
Material Particulado con diámetro menor a 2,5 micras (PM _{2,5})	24 horas	50	NE más de 7 veces al año	Separación inercial/filtración (Gravimetría)
	Anual	25	Media aritmética anual	
Material Particulado con diámetro menor a 10 micras (PM ₁₀)	24 horas	100	NE más de 7 veces al año	Separación inercial/filtración (Gravimetría)
	Anual	50	Media aritmética anual	
Mercurio Gaseoso Total (Hg) ⁽²⁾	24 horas	2	No exceder	Espectrometría de absorción atómica de vapor frío (CVAAS) o Espectrometría de fluorescencia atómica de vapor frío (CVAFS) o Espectrometría de absorción atómica Zeeman. (Métodos automáticos)
Monóxido de Carbono (CO)	1 hora	30000	NE más de 1 vez al año	Infrarrojo no dispersivo (NDIR) (Método automático)
	8 horas	10000	Media aritmética móvil	
Ozono (O ₃)	8 horas	100	Máxima media diaria NE más de 24 veces al año	Fotometría de absorción ultravioleta (Método automático)
Plomo (Pb) en PM ₁₀	Mensual	1,5	NE más de 4 veces al año	Método para PM ₁₀ (Espectrofotometría de absorción atómica)
	Anual	0,5	Media aritmética de los valores mensuales	
Sulfuro de Hidrógeno (H ₂ S)	24 horas	150	Media aritmética	Fluorescencia ultravioleta (Método automático)

NE: No Exceder.

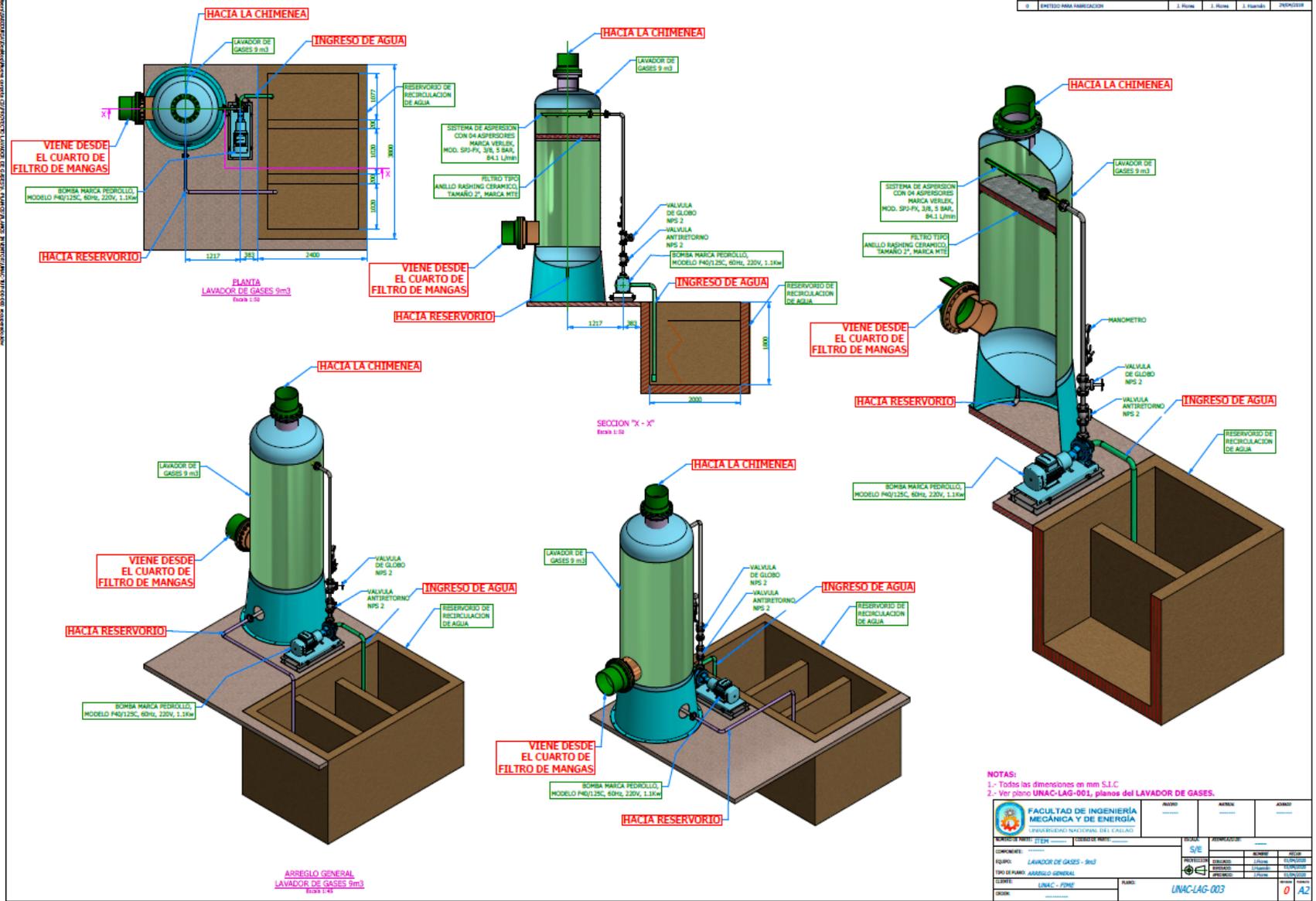
⁽¹⁾ o método equivalente aprobado.

⁽²⁾ El estándar de calidad ambiental para Mercurio Gaseoso Total entrará en vigencia al día siguiente de la publicación del Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental del Aire, de conformidad con lo establecido en la Séptima Disposición Complementaria Final del presente Decreto Supremo.

1529835-1

Este dibujo es un instrumento de enseñanza y no debe utilizarse en un proyecto de ingeniería. No se garantiza la exactitud de las dimensiones y especificaciones de los componentes mostrados en este dibujo. Prohibida la reproducción sin el consentimiento escrito de la UNAC.

REV.	DESCRIPCION DE REVISION	ELABORADO	REVISADO	APROBADO	FECHA
0	DISEÑO PARA FABRICACION	J. Pineda	J. Pineda	J. Pineda	PROCESOR



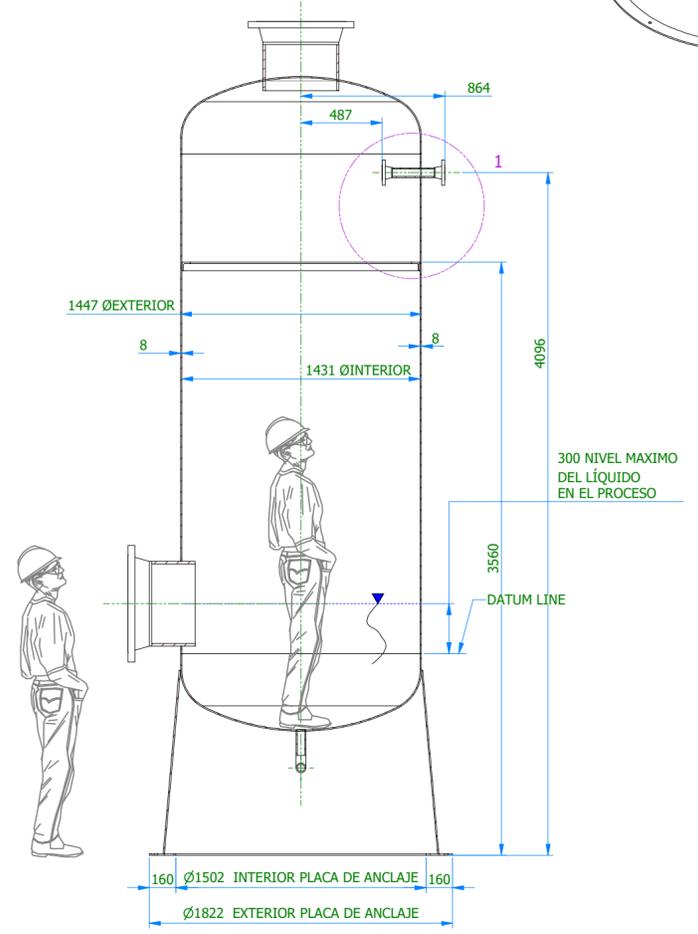
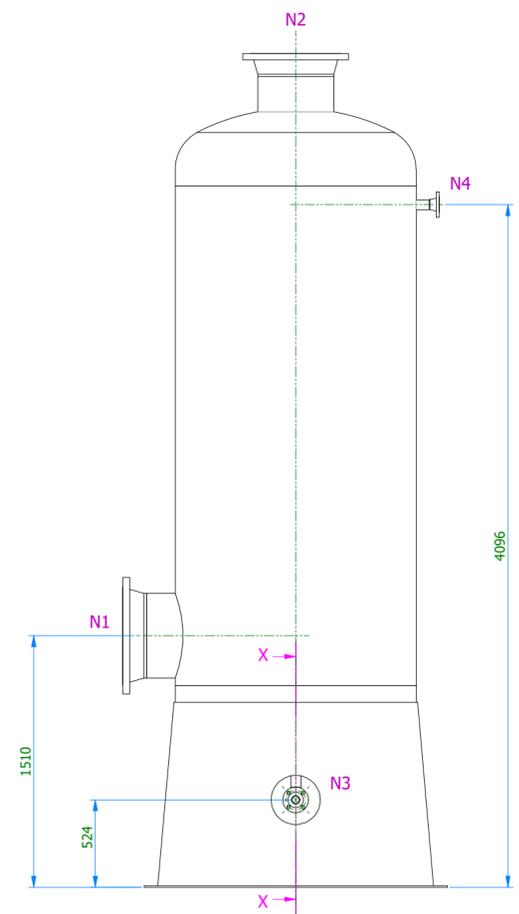
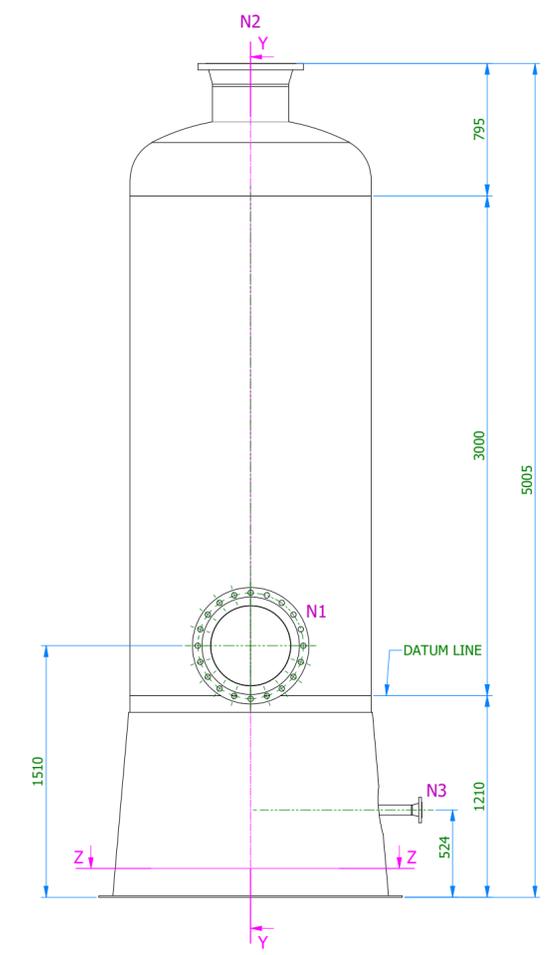
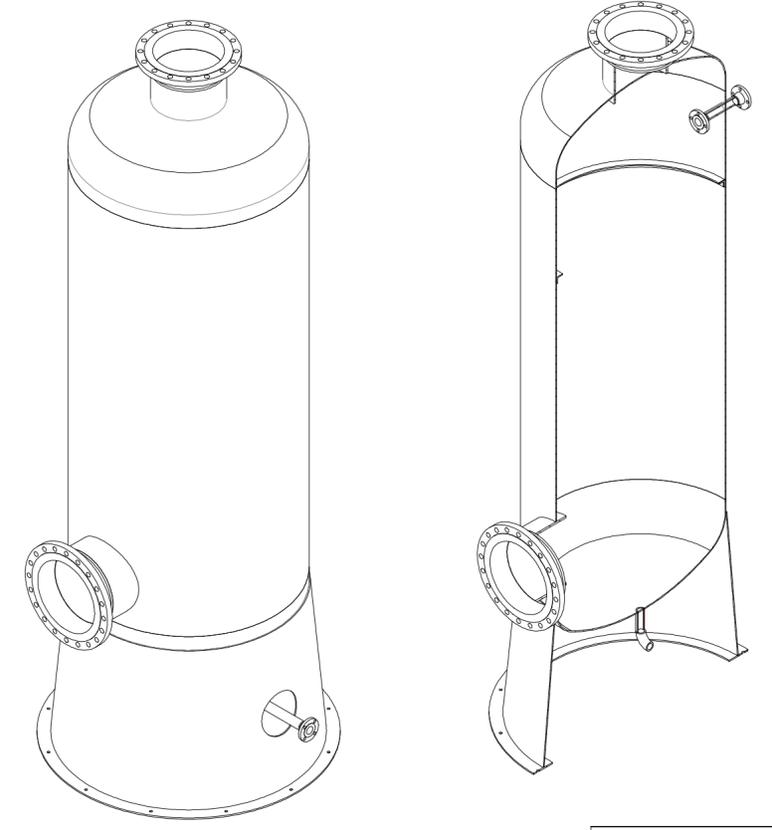
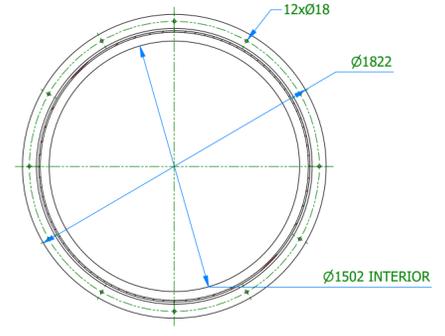
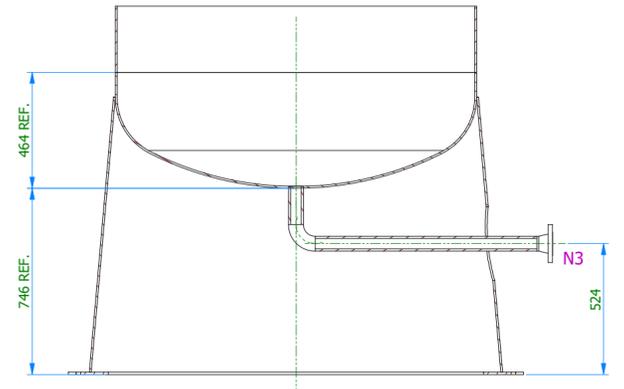
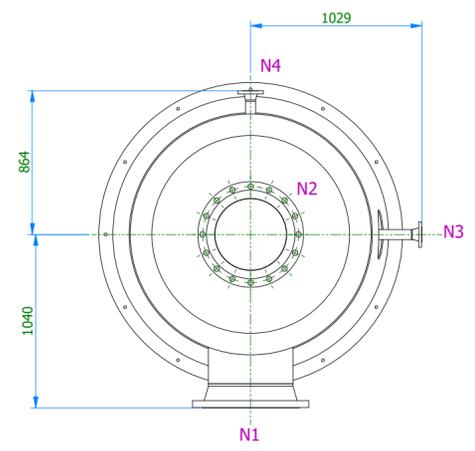
NOTAS:

- Todas las dimensiones en mm S.L.C.
- Ver plano UNAC-LAG-001, planos del LAVADOR DE GASES.

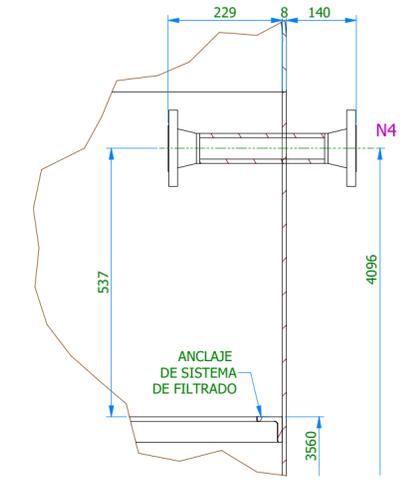
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y DE ENERGIA		UNAC	UNAC	UNAC
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO		UNAC	UNAC	UNAC
PROFESOR	ASISTENTE	AYUDANTE	AYUDANTE	AYUDANTE
UNAC - PUNE	UNAC - PUNE	UNAC - PUNE	UNAC - PUNE	UNAC - PUNE
UNAC-LAG-003				0 / A2

PRECISION MEDIA	TOLERANCIAS ADMISIBLES PARA MEDIDAS DE LONGITUD EN MECANICA (DIN 7168)											
	más de 0.5 hasta 3	más de 3 hasta 6	más de 6 hasta 30	más de 30 hasta 120	más de 120 hasta 400	más de 400 hasta 1000	más de 1000 hasta 2000	más de 2000 hasta 4000	más de 4000 hasta 8000	más de 8000 hasta 12000	más de 12000 hasta 16000	más de 16000 hasta 20000
	± 0.1	± 0.1	± 0.2	± 0.3	± 0.5	± 0.8	± 1.2	± 2	± 3	± 4	± 5	± 6

REV.	DESCRIPCION DE REVISION	DIBUJANTE	REVISADO	APROBADO	FECHA
0	EMITIDO PARA FABRICACION	J. Flores	J. Flores	J. Huaman	04/08/2022



TANQUE PULMON	
PREISION DE TRABAJO	14.5 PSI A 114.8°F
PREISION MAXIMA	21.75 PSI A 122°F
FECHA DE FABRICACION	AGOSTO 2021
NUMERO DE SERIE	UNAC-01-2022
CODIGO DE FABRICACION	ASME SECCION VIII DIVISION 1



MEDIDAS NETAS TOTALES	
PESO NETO TOTAL	1750 kg
AREA NETA TOTAL	55 m ²
ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS	
- INSPECCION VISUAL AL 100%	
- COSTURAS LONGITUDINALES : 100% RADIOGRAFIA (UW-11(a) TYPE 1)	
- COSTURAS CIRCUNFERENCIALES : 100% RADIOGRAFIA (UW-11(a) TYPE 1)	
- JUNTA TAPA - CASCO : 100% RADIOGRAFIA (UW-11(a) TYPE 1)	
SISTEMA DE PINTURA	
EXTERIOR	
PREPARACION DE SUPERFICIE : SSPC-SP6 / GRANALLADO COMERCIAL	
PRIMERA CAPA :	PRIMER ZINC INORGANICO
ESPESOR :	3 MILLS
COLOR :	RAL SEGÚN EL PROVEEDOR DE PINTURA
ACABADO :	
EPOXICA CICLO ALIFATICA	
ESPESOR :	5 MILLS
COLOR :	RAL 1084 (AMARILLO CATERPILLAR)
ESPESOR TOTAL :	8 MILLS

DETALLE "1"
Escala 1:10

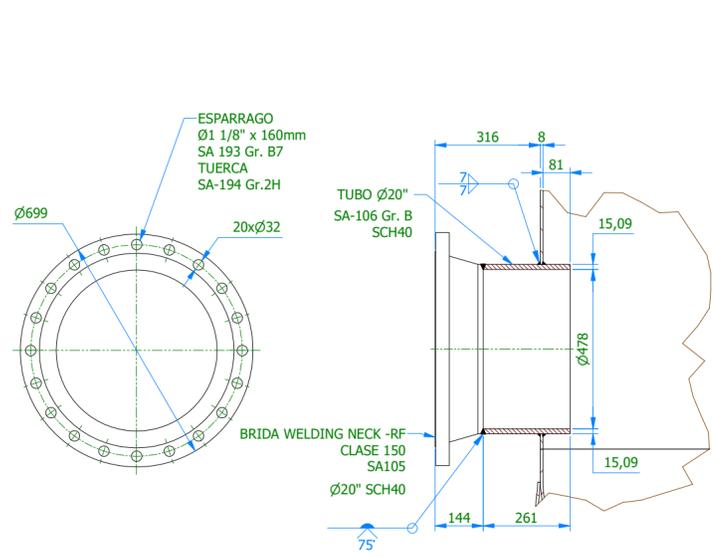
- NOTAS:**
 1.- Todas las dimensiones en mm S.I.C
 2.- Para detalles ver plano UNAC-LAG-002.

SECCION "Y - Y"
Escala 1:30

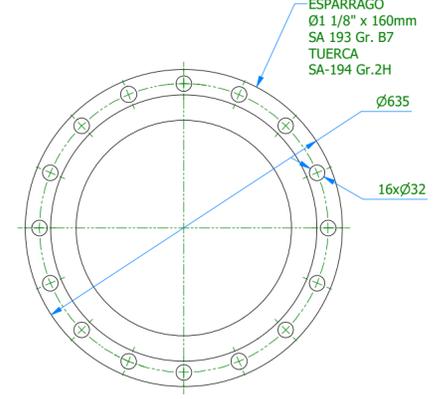
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA		PROCESO	MATERIAL	ACABADO
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO		ENSAMBLE	ACERO	-----
NUMERO DE PARTE: ITEM 001	CODIGO DE PARTE: -----	ESCALA:	REEMPLAZO DE: -----	
COMPONENTE: -----	PROYECCION	Ind.	NOMBRE	FECHA
EQUIPO: LAVADOR DE GASES - 9m ³	DIBUJADO: J. Flores		J. Flores	01/04/2020
TIPO DE PLANO: ENSAMBLE	REVISADO: J. Huaman		J. Huaman	01/04/2020
CLIENTE: UNAC - FIME	APROBADO: J. Flores		J. Flores	01/04/2020
ORDEN: -----	PLANO: UNAC-LAG-001	REVISION	FORMAIO	
		0	A2	

PRECISION MEDIDA	TOLERANCIAS ADMISIBLES PARA MEDIDAS DE LONGITUD EN MECANICA (DIN 7168)												
	más de 0.5 hasta 3	más de 3 hasta 6	más de 6 hasta 30	más de 30 hasta 120	más de 120 hasta 400	más de 400 hasta 1000	más de 1000 hasta 2000	más de 2000 hasta 4000	más de 4000 hasta 8000	más de 8000 hasta 12000	más de 12000 hasta 16000	más de 16000 hasta 20000	
	±0.1	±0.1	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8	±1.2	±2	±3	±4	±5	±6	

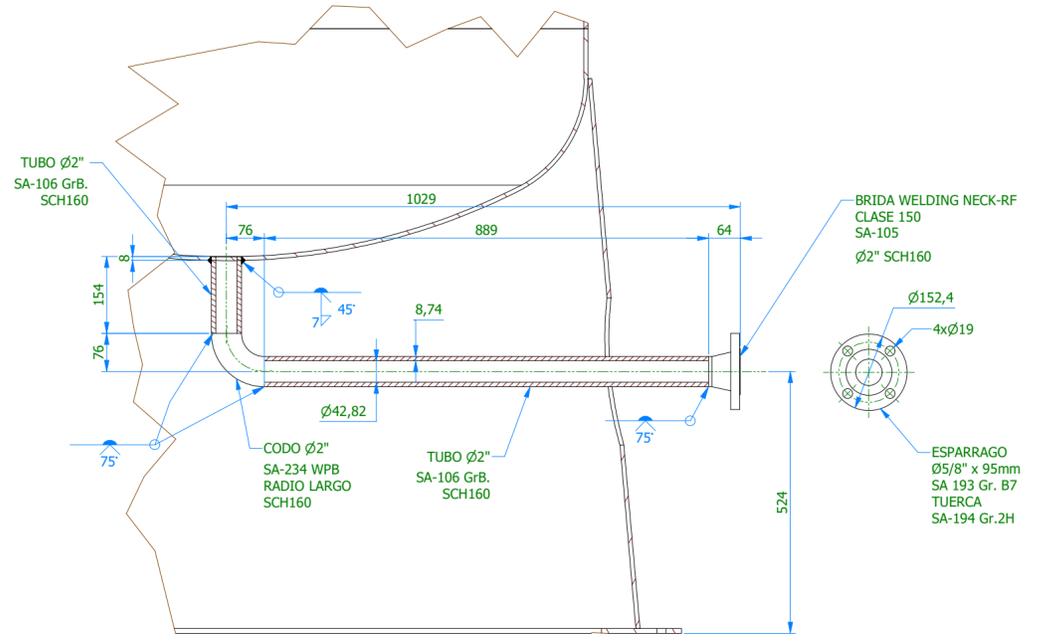
REV.	DESCRIPCION DE REVISION	DIBUJANTE	REVISADO	APROBADO	FECHA
0	EMITIDO PARA FABRICACION	J. Flores	J. Flores	J. Huamán	04/08/2022



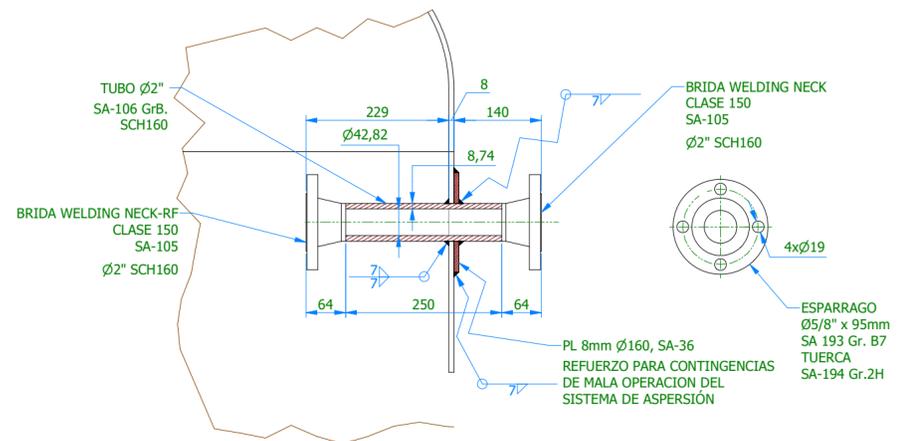
CONEXION N1
Escala 1:15



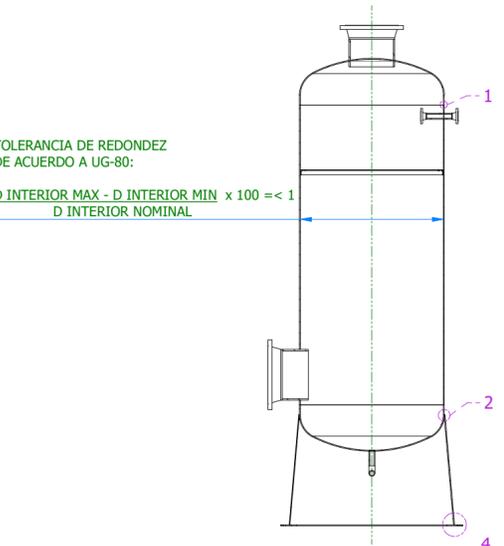
CONEXION N2
Escala 1:10



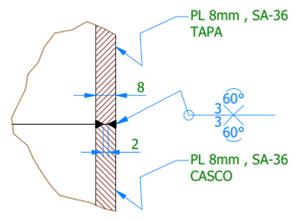
CONEXION N3
Escala 1:10



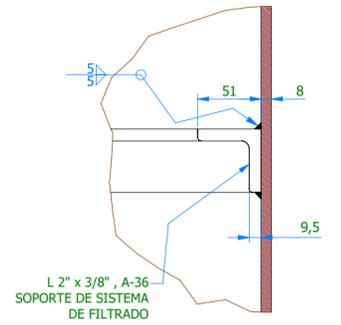
CONEXION N4
Escala 1:8



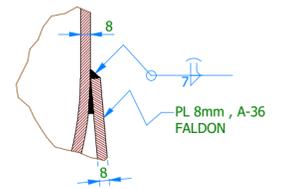
COSTURAS EN EL CASCO
Escala 1:50



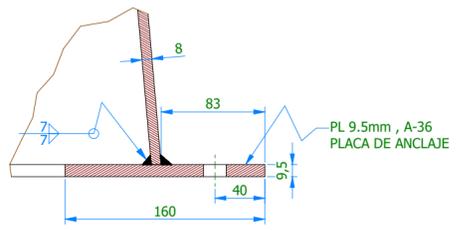
DETALLE "1"
COSTURA DE CASCO CIRCUNFERENCIAL - LONGITUDINAL
Escala 1:2



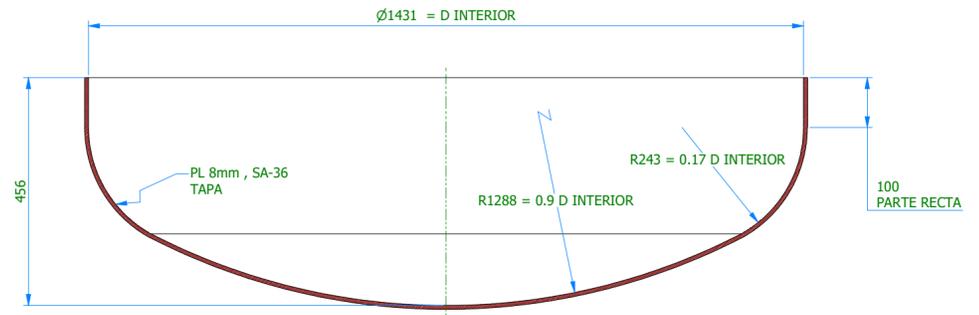
DETALLE "3"
SOPORTE DE SISTEMA DE FILTRADO-CASCO
Escala 1:4



DETALLE "2"
COSTURA DE CASCO TAPA INFERIOR - FALDON
Escala 1:4



DETALLE "4"
Escala 1:4



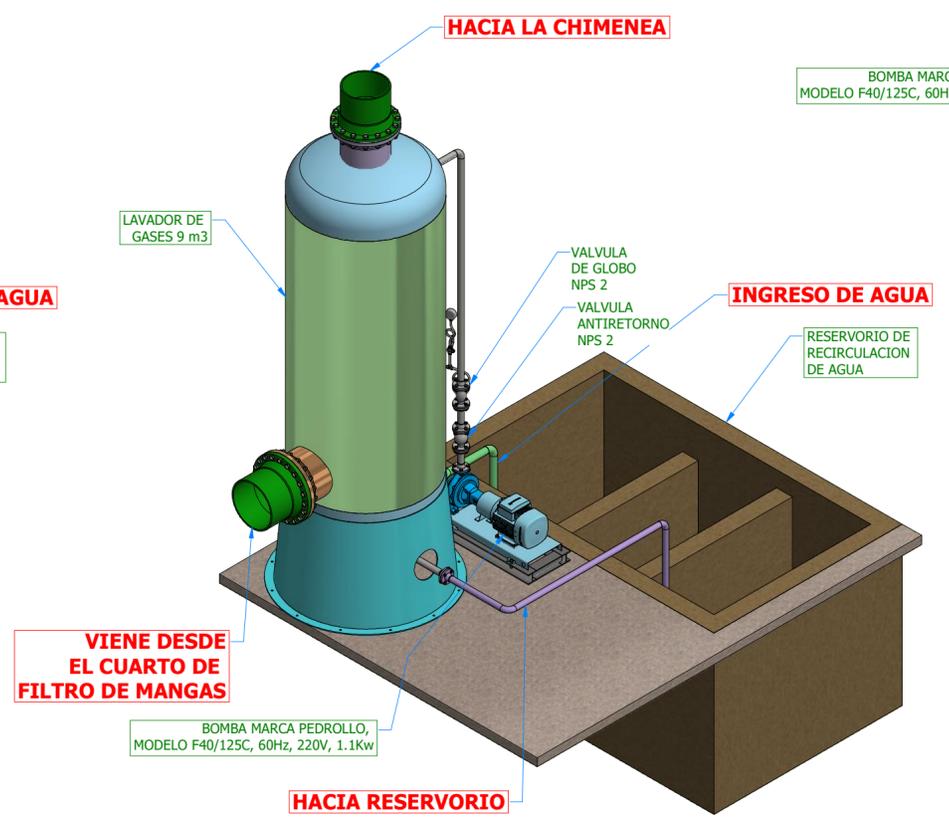
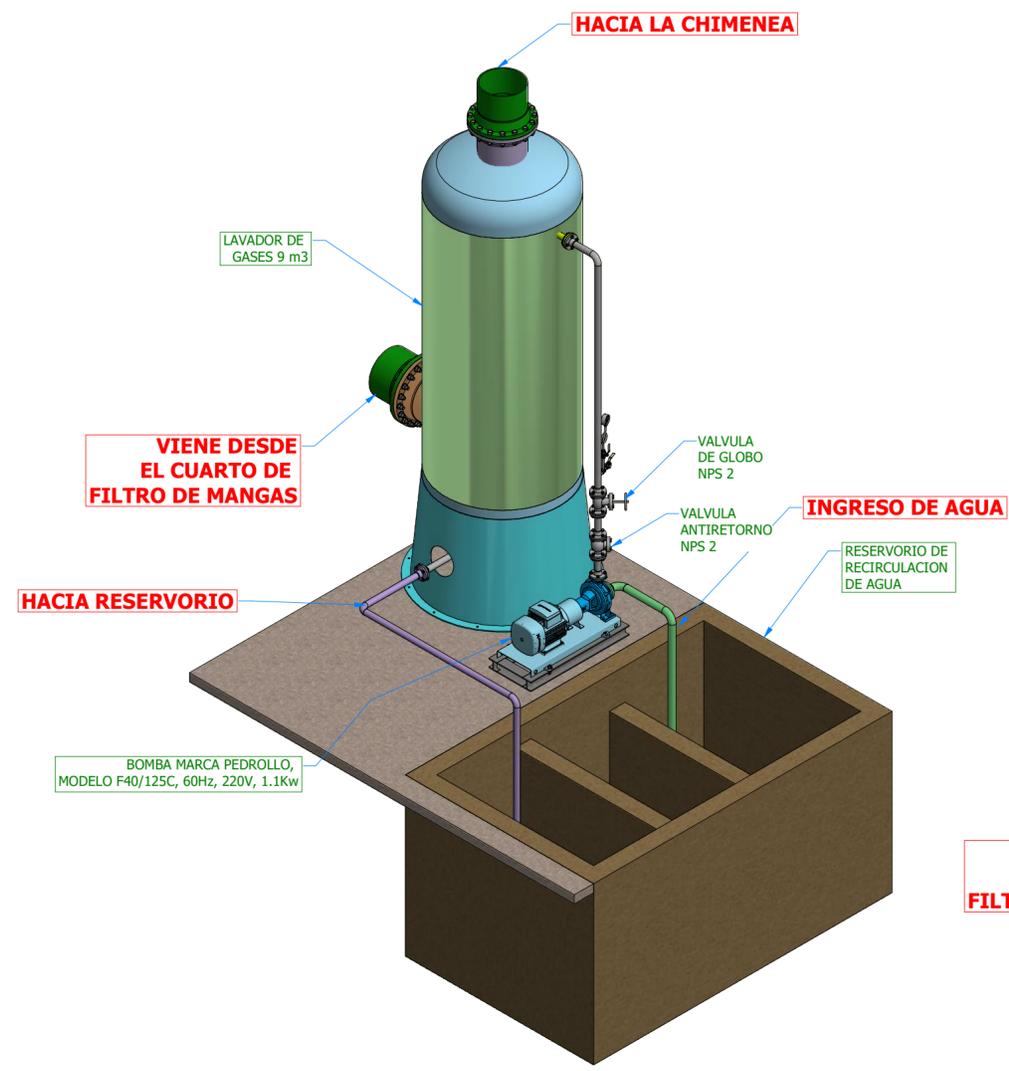
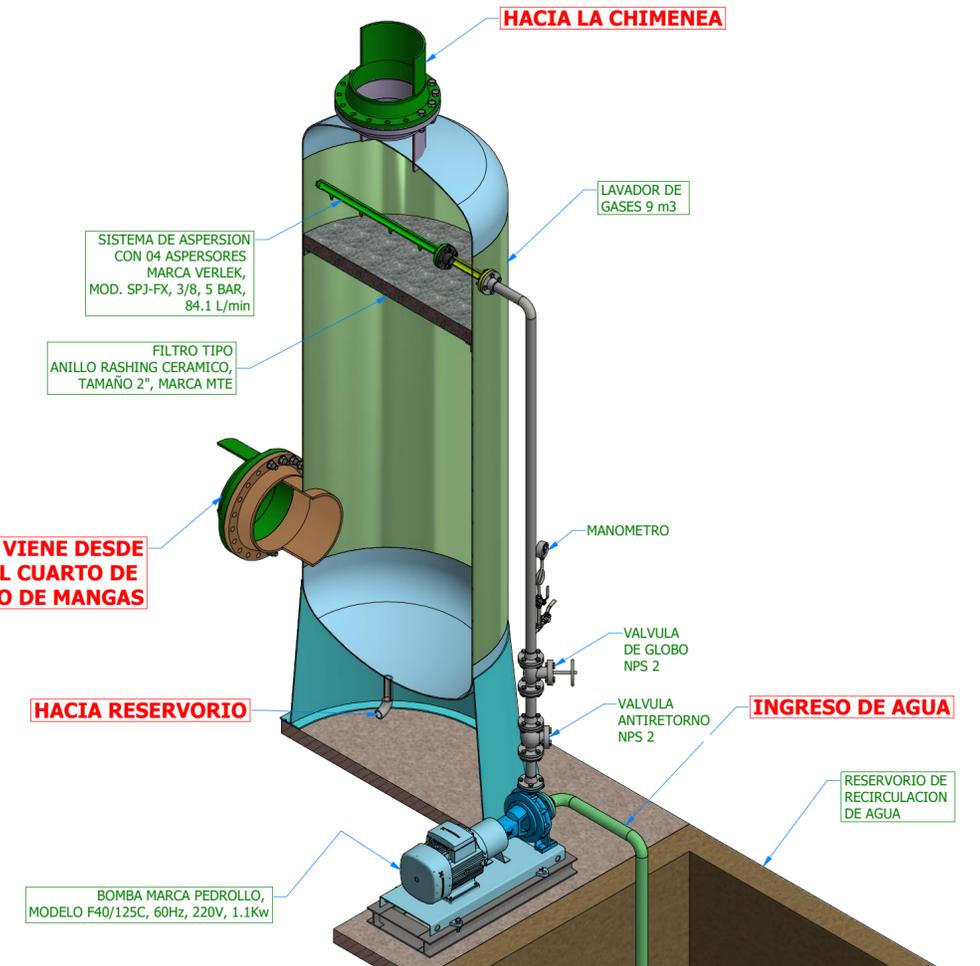
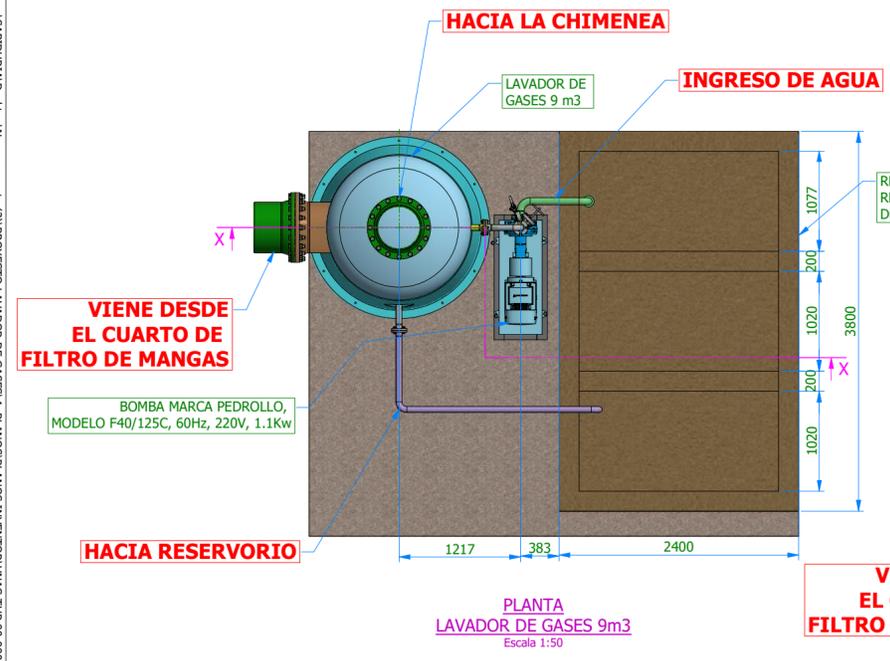
CABEZAL ELIPSOIDAL 2:1
DE ACUERDO A UG-32
Escala 1:10

- NOTAS:**
- 1.- Todas las dimensiones en mm S.I.C
 - 2.- Para ensamble ver **UNAC-LAG-001**.
 - 3.- Colocar soldadura de sellado en todos los intersticios para evitar problemas de corrosión.
 - 4.- Soldadura debe cumplir especificaciones del código ASME SECCION VIII DIVISION 1

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO		PROCESO ENSAMBLE / HABILITADO	MATERIAL ACERO	ACABADO
NUMERO DE PARTE: ITEM 06	CODIGO DE PARTE: UNAC-TUP-06-000	ESCALA: Ind.	REEMPLAZO DE:	
COMPONENTE:				
EQUIPO: LAVADOR DE GASES - 9m3				
TIPO DE PLANO: DETALLES DE ACCESORIOS Y CONEXIONES				
CLIENTE: UNAC - FIME	PLANO: UNAC-LAG-002			
ORDEN: 0				

REV.	DESCRIPCION DE REVISION	DIBUJANTE	REVISADO	APROBADO	FECHA
0	EMITIDO PARA FABRICACION	J. Flores	J. Flores	J. Huamán	29/04/2018

C:\Users\SABIDURIA\Desktop\Nueva carpeta (3)\PROYECTO LAVADOR DE GASES-4-PLANOS\PLANOS INVENTOR\UNAC-TUP-00-000 recuperado.ldw



ARREGLO GENERAL LAVADOR DE GASES 9m³
Escala 1:45

NOTAS:
 1.- Todas las dimensiones en mm S.I.C
 2.- Ver plano UNAC-LAG-001, planos del LAVADOR DE GASES.

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y DE ENERGIA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO		PROCESO	MATERIAL	ACABADO
NUMERO DE PARTE: ITEM	CODIGO DE PARTE:	ESCALA: S/E	REEMPLAZO DE:	
COMPONENTE:				
EQUIPO: LAVADOR DE GASES - 9m ³				
TIPO DE PLANO: ARREGLO GENERAL				
CLIENTE: UNAC - FIME	PLANO: UNAC-LAG-003			
ORDEN:				REVISION: 0 FORMA: A2