

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

ESPECIALIDAD: ELECTROMECAÁNICA

**PROYECTO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO (A) EN ELECTROMECAÁNICA**

**TEMA: DISEÑO DE UN LAVADOR DE GASES PARA LA PLANTA DE
FUNDICIÓN DE LA EMPRESA CORPORACIÓN ECUATORIANA DE ALUMINIO
CEDAL S.A.**

POSTULANTES

COPARA TIPANTUÑA DIANA KAROLINA

VARGAS YÁNEZ DIEGO RAÚL

DIRECTOR: ING. HERNÁN NAVAS

ASESOR: DR. GALO TERÁN

LATACUNGA – ECUADOR

2012



UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y APLICADAS

LATACUNGA- ECUADOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de Miembros del Tribunal de Grado, aprueban el presente informe técnico de investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, los postulantes: **Copara Tipantuña Diana Karolina y Vargas Yáñez Diego Raúl** con el título de tesis: **DISEÑO DE UN LAVADOR DE GASES PARA LA PLANTA DE FUNDICIÓN DE LA EMPRESA CORPORACIÓN ECUATORIANA DE ALUMINIO CEDAL S.A** han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Defensa de Tesis.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, 09 de julio del 2012.

Para constancia firman:

Ing. Segundo Cevallos

PRESIDENTE

Ing. Alvaro Mullo

OPOSITOR

Dr. Paúl Arroyo


MIEMBRO

Ing. Hernán Navas

TUTOR CON VOZ


AUTORÍA

Este documento es de exclusiva autoría de los investigadores: Copara Tipantuña Diana Karolina y Vargas Yáñez Diego Raúl; quienes nos responsabilizamos por las ideas y comentarios emitidos en la elaboración de este proyecto de tesis.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Copara Tipantuña', is written over a horizontal line.

Copara Tipantuña Diana

INVESTIGADORA

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Vargas Yáñez', is written over a horizontal line.

Vargas Yáñez Diego

INVESTIGADOR


CERTIFICACIÓN

INFORME FINAL DEL DIRECTOR DE TESIS

Cumpliendo con lo estipulado en el Capítulo IV, Art. 9, literal (f) del reglamento del curso profesional de la Universidad Técnica de Cotopaxi, informo que los postulantes conformados por los egresados: Copara Tipantuña Diana K. y Vargas Yánez Diego R, han desarrollado su trabajo de investigación de grado en forma teórica, bajo mi dirección y supervisión el mismo que está redactado de acuerdo a los planteamientos formulados en el plan de tesis.

Dicho trabajo alcanza los objetivos propuestos y la correspondiente verificación de la hipótesis.

Por lo expuesto anteriormente considero que el grupo de egresados se encuentran aptos para presentar el informe de tesis y su respectiva defensa con el tema: **“DISEÑO DE UN LAVADOR DE GASES PARA LA PLANTA DE FUNDICIÓN DE LA EMPRESA CORPORACIÓN ECUATORIANA DE ALUMINIO CEDAL S.A.”**

A handwritten signature in blue ink, consisting of a series of loops and flourishes, positioned above a horizontal line.

Ing. Hernán Navas
DIRECTOR DE TESIS

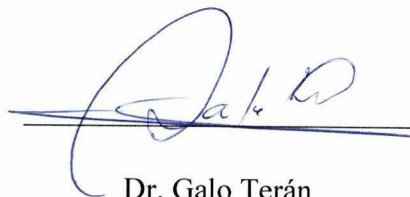
CERTIFICACIÓN

INFORME FINAL DEL ASESOR DE TESIS

Cumpliendo con lo estipulado en el Capítulo IV, Art. 9, literal (f) del reglamento del curso profesional de la Universidad Técnica de Cotopaxi, informo que los postulantes conformados por los egresados: Copara Tipantuña Diana K. y Vargas Yánez Diego R, han desarrollado su trabajo de investigación de grado en forma teórica, bajo mi asesoría el mismo que está redactado de acuerdo a los planteamientos formulados en el plan de tesis.

Dicho trabajo alcanza los objetivos propuestos y la correspondiente verificación de la hipótesis.

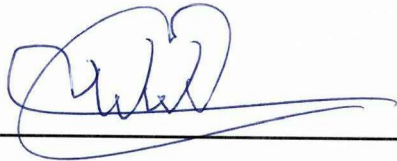
Por lo expuesto anteriormente considero que el grupo de egresados se encuentran aptos para presentar el informe de tesis y su respectiva defensa con el tema: **“DISEÑO DE UN LAVADOR DE GASES PARA LA PLANTA DE FUNDICIÓN DE LA EMPRESA CORPORACIÓN ECUATORIANA DE ALUMINIO CEDAL S.A.”**



Dr. Galo Terán
ASESOR DE TESIS

CERTIFICACIÓN

Yo, Vladimir Sandoval, en calidad de docente de inglés de la Universidad Técnica de Cotopaxi, CERTIFICO que el ABSTRACT realizado por los Sres. Egresados: Copara Tipantuña Diana Karolina y Vargas Yáñez Diego Raúl está apto para ser añadido a la tesis.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'V. Sandoval', is written over a solid horizontal line.

Lic. Vladimir Sandoval

DOCENTE. C.C.I

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la sabiduría y paciencia necesaria para culminar exitosamente un sueño tan anhelado en mi vida.

A los Docentes de la Universidad Técnica de Cotopaxi en especial al Dr. Galo Terán e Ing. Hernán Navas quienes nos colaboraron de una u otra forma en el desarrollo de este proyecto.

Diana

Mi más sincera gratitud para la UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI y de manera muy especial para el Ing. Hernán Navas Olmedo, Tutor de tesis, al Dr. Galo Terán Ortiz Asesor de tesis, y a todas las personas que trabajan en esta noble institución, gracias por su apoyo ya que sin su ayuda no sería posible este trabajo.

Gracias por todo.

A toda mi hermosa familia con la cual yo he sido bendecido, gracias por apoyarme y soportar el karma que implica el tener a este loco en familia, y en si gracias a todas las personas que de una u otra manera se involucraron en mi vida forjándome e impulsándome a seguir en adelante hasta haber convertido en realidad mí meta anhelada.

De todo corazón... gracias.

Un fraterno y especial agradecimiento al eterno creador de los cielos quien me regaló la vida y desde muy pequeño me dio la valentía para sobresalir de todos los obstáculos.

Gracias flaco.

Diego

DEDICATORIA

A mis QUERIDOS PADRES Y HERMANOS, personas maravillosas que desde el principio de mi carrera me apoyaron incondicionalmente, hasta la culminación de la meta tan grande que me propuse.

A MI ESPOSO Y MI HIJO, quienes están conmigo siempre apoyándome en buenos y malos momentos y son la razón y el motor de mi vida por quienes he alcanzado este objetivo tan importante en mi vida.

Diana

De manera especial a mi hijo Mateo Vargas y a Diana mi esposa quienes fueron el pilar fundamental y la motivación principal para conseguir mi superación personal y desarrollo profesional.

A mis padres, hermanos y todos mis familiares quienes supieron llenarme de amor y sabiduría, impregnando dentro de mí un ejemplo a seguir para alcanzar la meta propuesta.

Y en especial a DIOS creador de todas las cosas, quien me dio las fuerzas necesarias para poder alcanzar una etapa más de vida.

Diego

PRESENTACIÓN

El presente tema “**DISEÑO DE UN LAVADOR DE GASES PARA LA PLANTA DE FUNDICIÓN DE LA EMPRESA CORPORACIÓN ECUATORIANA DE ALUMINIO CEDAL S.A.**” fue concebido por la necesidad de ayudar a la conservación del medio ambiente; ya que el uso de hidrocarburos para el funcionamiento de la maquinaria causan emisión gases y a través de ella, contaminación ambiental.

Actualmente la sociedad exige proyectos que disminuyan el índice de agentes contaminantes al medio ambiente, principalmente a la atmósfera debido a que el aire es de vital importancia para el desarrollo de la vida en general.

El presente trabajo se fundamenta en disminuir la cantidad de gases quemados que emana la planta de fundición de la empresa hacia el medio ambiente, y de esta manera evitar los problemas que se vienen originando con la colectividad.

El objetivo primordial de los investigadores a través de este proyecto es contribuir con la preservación del medio ambiente, y generar evidencias para las demás empresas que deseen tomar este trabajo como ejemplo de conservación ambiental; puesto que este proyecto servirá para la disminución y por ende la erradicación de los problemas medio ambientales que presenta la planta.

ÍNDICE

	PAGINA
PORTADA	i
AUTORÍA.....	ii
INFORME FINAL DEL DIRECTOR DE TESIS	iii
INFORME FINAL DEL ASESOR DE TESIS.....	iv
CERTIFICADO DEL PROFESOR DE INGLÉS.....	v
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA.....	vii
PRESENTACIÓN	viii
INDICE	ix
RESUMEN.....	xxviii
ABSTRACT	xxx
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I: PROBLEMATIZACIÓN

1.2	PROBLEMATIZACIÓN	3
1.1.1	Planteamiento del problema.....	3
1.1.2	Formulación del problema	3

1.2	JUSTIFICACION	4
1.3	OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION.....	5
1.3.1.	General	5
1.3.2.	Específicos	5
1.4	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	6
1.4.1	Hipótesis.....	6
1.4.2	Operacionalización de Variables.....	7

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1	LA EMPRESA Y SU ORGANIZACIÓN	8
2.1.1	Antecedentes	8
2.1.2	Filosofía Corporativa	9
	a) Visión	9
	b) Misión	9
2.1.3	Descripción de la Empresa.....	9
2.1.4	Procesos Productivos	10
	a) Fundición	10
	b) Materia prima.....	10
	c) Matricería	11
	d) Extrusión	11

e) Anodizado	12
f) Pintura electrostática	12
g) Empaque	13
2.2 LA EMPRESA Y EL MEDIO AMBIENTE.....	13
2.2.1. Tratado Único de Legislación Ambiental	13
2.2.1.1. Normativa TULAS.....	13
2.2.2 Normatividad Internacional (ISO-14000).....	14
2.2.3 Niveles de Calidad de Aire	15
2.2.3.1. Nivel de alerta	15
2.2.3.2. Nivel de alarma	15
2.2.3.3. Nivel de emergencia.....	15
2.3 CONTAMINACIÓN DEL AIRE.....	16
2.3.1 Tipos de Contaminantes	17
2.3.1.1. Contaminantes primarios	17
2.3.1.2. Contaminantes secundarios.....	18
2.3.1.3. Contaminantes gaseosos.....	18
2.3.1.4. Contaminación del aire interior	18
2.3.1.5. Los aerosoles	18
2.3.2 Gases contaminantes de la atmósfera.....	18
2.3.2.1. Smog Industrial	18

2.3.2.2.	Óxidos de azufre	19
2.3.2.3.	Monóxido de carbono	19
2.3.2.4.	Dióxido de carbono	20
2.3.2.5.	Dióxido de azufre	20
2.4	TRATAMIENTO DE RESIDUOS GASEOSOS	22
2.4.1	Sistemas para remoción de material particulado.....	22
2.4.1.1.	Ciclones	22
2.4.1.2.	Precipitadores Electrostáticos	23
2.4.1.3.	Lavadores con Líquido (Scrubbers)	24
	a) Ventajas	25
	b) Desventajas	25
2.4.1.4.	Lavadores de gas	26
2.4.1.5.	Torre Rociadora	26
2.4.1.6.	Torre de lecho empacado	27
2.4.1.7.	Torre de lecho flotante	28
2.4.1.8.	Torre lavadora centrífuga	29
2.4.1.9.	Torre lavadora de tipo Venturi	29
2.4.2	Ventajas y desventajas de las torres lavadoras.....	30
2.4.3	Disposición de Lodos.....	31
2.4.4	Proceso de un lavador de gases.....	31

2.4.5	Impactos ambientales	32
2.5	PROCESOS INDUSTRIALES	33
2.5.1	Materiales Estructurales	33
2.5.1.1.	Aceros Inoxidables Ferríticos	34
2.5.1.2.	Aceros Inoxidables Austeníticos	35
2.5.1.3.	Aceros Inoxidables Martensíticos	36
2.6	SISTEMA DE UNIONES.....	37
2.6.1	La Soldadura	37
2.6.1.1.	Soldadura SMAW	38
2.6.1.2.	Soldadura SAW	40
2.6.1.3.	Soldadura GMAW	41
	Sistema MIG	41
	Sistema MAG	42
2.6.1.4.	Soldadura TIG	42
2.6.2	Tipo de Juntas	43
2.6.2.1.	Junta tipo Filete	43
2.6.2.2.	Junta tipo Tope	44
2.6.2.3.	Junta tipo Tope con Bisel	44
2.6.3	Electrodos para soldar	45

DISEÑO DEL SISTEMA

2.7 COMPONENTES DEL SISTEMA DE EVACUACIÓN

SELECCIONADO	46
2.7.1 Cimentación para Estructuras	47
2.7.1.1. Base Metálica	47
a). Espesor de la Base metálica	47
2.7.1.2. Base de Hormigón	48
a). Tipo de piso donde se va a asentar el hormigón	49
b). Plintos	49
2.7.1.3. Estructura de Soporte	49
a) Vigas	49
b) Vigas HEB	49
2.7.1.4. Bridas de Unión	51
2.7.1.5. Pernos	51
2.7.1.6. Soldadura para la unión de las vigas HEB	51
2.7.2 Ducto de Evacuación.....	52
2.7.2.1. Caudal de los gases	52
2.7.2.2. Selección del material	53
2.7.2.3. Altura del ducto.....	54
2.7.2.4. Pernos en Bridas de Unión	57

Efectos de esfuerzo de corte.....	57
Efectos de Tracción.....	57
Efectos de Empuje.....	58
2.7.3 Bombas.....	58
2.7.3.1. Selección de la bomba	62
a) Disolvente	62
b) Inyectores	63
c) Caudal	64
d) Presión de trabajo.....	65
2.7.4 Tuberías y Accesorios	67
2.7.4.1. Clases de tuberías	67
2.7.4.2. Accesorios de tuberías.....	68
2.7.4.3. Válvulas	69
2.7.5 Sistema de Control Eléctrico.....	70
2.7.5.1. Motores eléctricos	70
Motores Asíncronos jaula de ardilla	70
a) Principio de funcionamiento	71
b) Conexiones	72
c) Sentido de giro	74
2.7.5.2. Circuito Eléctrico Para Motores Trifásicos.....	74

1. Elementos interruptores tripolares	75
1.1. Disyuntores	75
1.2. Selección de breakers.....	76
2. Elementos de protección de sobrecarga	77
2.1. Relé térmico	77
2.2. Guardamotor	77
2.3. Selección del guardamotor.....	77
3. Elementos de maniobra.....	78
3.1. El contactor	78
3.2. Selección de pulsadores	81
3.3. Conductores eléctricos	82
2.7.6 Cisterna de almacenamiento de agua.....	84

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1 MODALIDAD DE LA INVESTIGACIÓN	85
3.2 TIPOS DE INVESTIGACIÓN	86
3.2.1 Investigación Descriptiva.....	86
3.2.2 Investigación Experimental.....	86
3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA.....	86
3.3.1 Muestra.....	87

3.4	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN	88
3.5	PLAN DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	89
3.5.1	Caracterización de Emisiones Gaseosas en Fuentes Fijasde Combustión .	89
3.6	PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.....	91
3.6.1	Interpretación de datos	93
	Análisis de la Pregunta N.- 1.....	93
	Análisis de la Pregunta N.- 2	94
	Análisis de la Pregunta N.- 3.....	95
	Análisis de la Pregunta N.- 4	96
	Análisis de la Pregunta N.- 5	97
	Análisis de la Pregunta N.- 6.....	98
	Análisis de la Pregunta N.- 7.....	99
	Análisis de la Pregunta N.- 8.....	100
	Análisis de la Pregunta N.- 9.....	101
	Análisis de la Pregunta N.- 1.....	102
	Análisis de la Pregunta N.- 2	103
	Análisis de la Pregunta N.- 3.....	104
	Análisis de la Pregunta N.- 4	105
	Análisis de la Pregunta N.- 5	106
	Análisis de la Pregunta N.- 6.....	107

3.7	PRUEBA DE LA HIPÓTESIS.....	108
3.8	CONCLUSIONES.....	108

CAPÍTULO IV: DISEÑO DEL LAVADOR DE GASES

PROPUESTA

PRESENTACIÓN

FACTIBILIDAD

IMPACTO

DESARROLLO DE LA PROPUESTA

4.1	DISEÑO DEL SISTEMA DE EVACUACIÓN DE GASES	113
4.1.1	Parámetros de diseño.....	113
a)	Capacidad del sistema	113
b)	Alcance	113
c)	Justificación	113
4.1.2	Metodología del diseño	114
4.1.3	Diseño del sistema.....	114
4.1.3.1.	Alternativas de Evacuación	114
4.2	COMPONENETS DEL SISTEMA DE EVACUACIÓN	
	SELECCIONADO	115
4.2.1	Diseño del ducto de evacuación.....	115
1.	Selección del material	116

2. Altura del ducto	117
3. Velocidad de los gases	117
4. Variación de presión en el ducto	117

CALCULOS DE DISEÑO

a. Diseño por resistencia	119
1. Peso del ducto	119
2. Peso de la escalera	120
3. Análisis de la fuerza cortante y momento flector.....	125
b. Análisis de esbeltez.....	127
1. Cálculo de pernos en bridas de unión	128
4.2.2 Diseño de la estructura soporte del ducto	135
4.2.2.1. Cálculo de la soldadura para la unión de las vigas HEB	139
4.2.2.2. Cálculo de la base metálica de la estructura	140
4.2.2.3. Diseño de la base de hormigón	141
1. Tipo de piso donde se va a a sentar el hormigón	141
2. Peso de la estructura.....	141
3. Área de los plintos.....	142
4.2.3 Cálculo de llenado del reservorio.....	144
4.2.4 Selección de la bomba.....	144
4.2.4.1 Selección del disolvente.....	145

4.2.4.2 Selección de los inyectores	145
4.2.4.3 Determinación del caudal.....	146
4.2.4.4 Determinación de la potencia de la bomba	146
4.2.5 Sistema Eléctrico.....	153
4.2.5.1. Sistema de encendido dela bomba	153
4.2.5.2. Selección de breakers	153
1. Rango de corriente nominal	154
2. Rango de voltaje.....	154
4.2.5.3. Selección del guardamotor	154
1. Rango de corriente nominal de la carga	155
2. Corriente de sobrecarga.....	155
4.2.5.4. Selección de contactores	155
1. Categoría de servicio.....	155
2. Frecuencia de ciclos de maniobra	156
3. Voltaje y frecuencia de la bobina.....	156
4. Corriente de servicio	156
4.2.5.5. Selección de pulsadores	156
4.2.5.6. Dimensionamiento de conductores eléctricos.....	156
1. Conductor para la acometida eléctrica	158
2. Conductor para el circuito de control.....	158

4.2.5.7.	Selección del sensor de nivel para el tanque reservorio.....	158
4.3	ANÁLISIS DE COSTOS	159
4.3.1	Costo de instalación y montaje del ducto.....	159
4.3.2	Costo de la escalera.....	160
4.3.3	Costo de la base soporte del ducto	160
4.3.4	Costo del Sistema Eléctrico	161
4.3.5	Costo de accesorios y tuberías	161
4.3.6	Costo de la obra civil.....	162
4.4	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	163
4.5	BIBLIOGRAFÍA.....	164

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Emisiones del horno de fundición.....	4
Tabla 2.	VARIABLES e indicadores	7
Tabla 3.	Niveles de alerta de la calidad del aire	16
Tabla 4.	Agentes contaminantes del aire.....	21
Tabla 5.	Características de torres rociadoras.....	27
Tabla 6.	Características de torre de lecho empacado	28
Tabla 7.	Características de torre de lecho flotante	28
Tabla 8.	Características de torre lavadora centrífuga	29

Tabla 9. Características de torres de lavado tipo venturi.....	30
Tabla 10. Tipos de aceros inoxidable ferríticos.....	35
Tabla 11. Tipos de aceros inoxidable austeníticos.....	36
Tabla 12. Características de las vigas laminadas HEB.....	50
Tabla 13. Forma de conexión de las bobinas en estrella	72
Tabla 14. Forma de conexión de las bobinas en triángulo	73
Tabla 15. Población	86
Tabla 16. Población total estimada.....	88
Tabla 17. Resultados de emisiones gaseosas en cedal	90
Tabla 18. Presentación de datos de la encuesta.....	91
Tabla 19. Presentación de datos de la encuesta II	92
Tabla 20. Longitudes de tubería	149
Tabla 21. Longitudes equivalentes de accesorios.....	149
Tabla 22. Longitudes totales y caudales.....	150
Tabla 23. Números de Reynolds según velocidades	151
Tabla 24. Valores de fricción	152

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Fundición	10
Figura 2. Materia prima.....	10
Figura 3. Matricería.....	11

Figura 4. Extrusión	11
Figura 5. Anodizado	12
Figura 6. Pintura electrostática.....	12
Figura 7. Empaque	13
Figura 8. Contaminantes primarios y secundarios	17
Figura 9. Smog industrial	19
Figura 10. Gases contaminantes de la atmósfera	21
Figura 11. Ciclón.....	23
Figura 12. Precipitadores electrostáticos.....	24
Figura 13. Scrubbers	25
Figura 14. Diseño de un lavador de gases.....	32
Figura 15. Elementos de soldadura por arco metalico protegido	39
Figura 16. Elementos de soldadura de arco sumergido.....	40
Figura 17. Elementos del sistema de soldadura MIG.....	41
Figura 18. Soldadura TIG.....	42
Figura 19. Unión soldada de tipo filete	43
Figura 20. Unión soldada de tipo junta	44
Figura 21. Unión soldada de tipo tope con bisel	44
Figura 22. Viga HEB.....	50
Figura 23. Brida.....	51

Figura 24. Bombas centrífugas.....	60
Figura 25. Inyector	64
Figura 26. Válvula.....	69
Figura 27. Motor asincrónico jaula de ardilla	71
Figura 28. Conexión en estrella.....	72
Figura 29. Conexión en triángulo.....	73
Figura 30. Inversión del sentido de giro del motor jaula de ardilla.....	74
Figura 31. Partes principales de un contactor	79
Figura 32. Posiciones del funcionamiento del contactor.....	79
Figura 33. Elementos de un conductor eléctrico	82
Figura 34. 1ra pregunta	91
Figura 35. 2da pregunta.....	92
Figura 36. 3ra pregunta	93
Figura 37. 4ta pregunta.....	94
Figura 38. 5ta pregunta.....	95
Figura 39. 6ta pregunta.....	96
Figura 40. 7ma pregunta.....	97
Figura 41. 8va pregunta.....	98
Figura 42. 9na pregunta.....	99
Figura 43. Pregunta 1	100

Figura 44. Pregunta 2	101
Figura 45. Pregunta 3	102
Figura 46. Pregunta 4	103
Figura 47. Pregunta 5	104
Figura 48. Pregunta 6	105
Figura 49. Diagrama de cuerpo libre del ducto	121
Figura 50. Diagrama de fuerza cortante y momento flector para $0 < Y < 3$	122
Figura 51. Diagrama de fuerza cortante y momento flector para $3 < Y < 12$	123
Figura 52. Diagrama de fuerza cortante y momento flector	125
Figura 53. Proporcionalidad de fuerza con respecto a distancias.....	129
Figura 54. Brida de unión entre los tramos del ducto	131
Figura 55. Agujeros de contacto en la brida.....	132
Figura 56. Corte de brida.....	134
Figura 57. Perfil a usarse en la base	135
Figura 58. Esquema de la base	135
Figura 59. Resultado del programa SAP 2000	136
Figura 60. Gráfico de la sección.....	136
Figura 61. Localización de los puntos en el SAP.....	137
Figura 62. Resultado de la corrida del programa	138
Figura 63. Relación de esfuerzos	138

Figura 64. Reacciones en los apoyos	139
Figura 65. Condiciones iniciales de la base	142
Figura 66. Sección inicial de la base de hormigón.....	143
Figura 67. Vista de planta de la distribución de los inyectores.....	146

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A

DEFINICIÓN DE TÉRMINOS	
LISTA DE ABREVIATURAS	

ANEXO B

ANEXO B-1 APLICACIONES DE LOS TIPOS DE ACEROS	
ANEXO B-2 TIPOS DE JUNTAS O UNIONES SOLDADAS	
ANEXO B-3 IDENTIFICACIÓN DE LOS ELECTRODOS.....	

ANEXO C

ANEXO C-1 GUÍA DE ENCUESTAS PARA PERSONAL DE CEDAL	
ANEXO C-2 GUÍA DE ENCUESTAS PARA MORADORES.....	

ANEXO D

ANEXO D-1 MONITOREO AMBIENTAL DEL H. FUNDICIÓN.....	
ANEXO D-2 VARIACIÓN DE PRESIÓN EN EL DUCTO	
ANEXO D-3 DENSIDAD DEL AIRE	
ANEXO D-4 CORRECCIÓN PARA LA PRESIÓN	

ANEXO D-5	COEFICIENTES DE PÉRDIDA
ANEXO D-6	PESO DE LA ESCALERA.....
ANEXO D-7	TIPO DE INYECTORES.....
ANEXO D-8	COEFICIENTES DE FRICCIÓN.....
ANEXO D-9	LONGITUDES EQUIVALENTES DE ACCESORIOS
ANEXO D-10	RUGOSIDAD RELATIVA
ANEXO D-11	BOMBA
ANEXO D-12	CIRCUITO DE CONEXIÓN.....
ANEXO D-13	SELECCIÓN DE BREAKERS
ANEXO D-14	CURVA DE LA BOMBA SERIE 10SV
ANEXO D-15	GUÍA DE SELECCIÓN DE GUARDAMOTORES.....
ANEXO D-16	GUÍA DE SELECCIÓN DE CONTACTORES
ANEXO D-17	SELECCIÓN DE BREAKERS
ANEXO D-18	TABLA DE SELECCIÓN DE CONDUCTORES
ANEXO D-18a	CLASE DE AISLAMIENTO DEL CABLE.....
ANEXO D-19	BOYA
ANEXO E	
	Cronograma de construcción.....
ANEXO F	
	Planos de autocad

RESÚMEN

En el ámbito de la industria, el manejo y manipulación de materiales fundidos constituye parte fundamental dentro del proceso productivo. El requerimiento de altas temperaturas para fundir metales tales como el aluminio; ha hecho que los lavadores de gases se constituyan en los elementos más adecuados para mantener el aire libre de contaminación ambiental, principalmente cuando se trata de la fundición del aluminio para obtener y comercializar material estructural y arquitectónico.

Los avances científicos y tecnológicos a nivel industrial han contribuido a que los procesos de fundición no sean un problema ambiental para las personas aledañas a las fábricas y en sí para el entorno en el que se vive; esto se ha logrado con la implementación e instalación de diferentes elementos como son los distintos tipos de Lavadores De Gases; obteniendo un control y monitoreo mas confiable en cada emanación de gases quemados al medio ambiente, el cual es producto de la fundición de metales en cada una de sus etapas productivas.

Además se ha implementado elementos mecánicos, como es el motor, el que bombea agua para producir una nube de lluvia constante, la cual impide la liberación de los gases quemados haciendo que el hollín sea expulsado hacia el fondo de la torre y por ende la emisión de gases sea más limpia y libre de sustancias tóxicas para las personas y estructuras materiales.

Los métodos a utilizarse son **hipotético-deductivo** el mismo que consta de varios pasos esenciales: observación del fenómeno a estudiar, creación de una hipótesis para explicarlo, deducción de consecuencias o proposiciones más elementales que la propia hipótesis, y verificación o comprobación de la verdad de los enunciados deducidos comparándolos con la experiencia; siendo este método una vía primera de inferencias lógico deductivas para arribar a conclusiones particulares a partir de la hipótesis y que después se puedan comprobar experimentalmente y de esta manera se

obtendrán resultados claros acerca de las ventajas de la utilización y aplicación del lavador de gases en la empresa.

Y el método **analítico – sintético** Este método ayudará a realizar un análisis secuencial de los problemas y requerimientos del diseño del lavador de gases a desarrollarse en la empresa CEDAL.

La propuesta es factible porque con los recursos necesarios para su desarrollo como son investigadores, autoridades de la empresa altamente comprometidos con la elaboración del tema una vez culminado su diseño.

ABSTRACT

Inside of the industry, the management and handling of fused materials constitute a basic part in the productive process. The requirement of high temperatures to fuse such metals as the aluminum; made that the washers of gases are constituted in the most appropriate elements to maintain the air free of environmental contamination, mainly when it is the foundry of the aluminum to obtain and to market structural and architectural material. The scientific and technological advances in the industrial level have contributed to that the foundry processes are not an environmental problem for people around to the factories and the environment in that one lives; this has been achieved with the implementation and installation of different elements like the different types of Washers Of Gases; reaching a control a monitoring and more trustworthy control in the each emanation of burn gases to the environment, which is product of the foundry of metals in each one the productive stage. Furthermore, a mechanical element, like it is the motor, which pumps water to produce a cloud of constant rain, which impedes the liberation of the burn gases making that the soot is expelled toward the bottom of the tower and the emission of gases is cleaner and free of toxic substances for people and material structures.

The methods to use are **hypothetical-deductive** that consists of several essential steps: observation of the phenomenon to study, creation of a hypothesis to explain to it, deduction of consequences or more elementary propositions that the own hypothesis, and verification or confirmation of the truth of those enunciated deduced comparing them with the experience; this method a first road of deductive logical inferences to arrive to particular summations starting from the hypothesis and that later they can be proven experimentally and this way clear results will be obtained about the advantages of the use and application of the washer of gases in the company

The **analytic - synthetic** method. This method will help to carry out a sequential analysis of the problems and requirements of the design of the washer of gases to be developed in the company CEDAL. The proposal is feasible because with the necessary resources for its development like they are investigating, authorities of the highly committed company with the elaboration of the topic once culminated its design.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad los avances científicos y tecnológicos han contribuido a que los procesos industriales sean completamente automáticos, con el uso de máquinas se ha dado paso a la utilización de sustancias tóxicas que al combustionar producen gases quemados los cuales contaminan el medio ambiente.

La planta de fundición de la empresa CEDAL se dedica a fundir chatarra de aluminio para obtener lingotes del mismo material, el mismo que pasa a distintos procesos; al ingresar la chatarra en el horno de fundición el cual está a elevadas temperaturas en su proceso, emana gases los cuáles se van hacia el medio ambiente contaminándolo, ya que se dispersan por el aire pequeñas partículas de hollín que se alojan en las estructuras físicas de los moradores, de las casas que circundan la empresa CEDAL.

Por esta razón los investigadores han creído conveniente desarrollar el diseño de un lavador de gases, el cual servirá para reducir la emanación de elementos contaminantes del proceso de fundición de la empresa antes mencionada, el mismo que está constituido de un motor para bombeo de agua, separador de nieblas, entrada de gas contaminado, recirculación de líquido, líquido auxiliar, líquido sobrante y salida de gas limpio (diseño hidráulico).

Este diseño se implementará por parte de sus Administradores en la planta de fundición de la Empresa Corporación Ecuatoriana de Aluminio CEDAL S.A; como un elemento indispensable para disminuir la contaminación ambiental y evitar problemas con los moradores circundantes, por la destrucción de las estructuras físicas a causa de la emanación de hollín.

Este trabajo de investigación está dividido en cuatro capítulos, en el capítulo uno se da a conocer todo lo referente a la empresa como es: antecedentes, base legal, descripción, localización y su organización.

En el capítulo dos, se hace referencia al marco teórico de la investigación en donde se definirán conceptos sobre, la contaminación del aire, elementos contaminantes, lavadores de gases, ventajas de los lavadores y áreas de utilización.

En el capítulo tres, se realizará el análisis, la tabulación e interpretación de resultados sobre las **Encuestas** aplicadas a los Moradores circundantes a CEDAL, Trabajadores y Administradores de la empresa. Además, mediante **Entrevistas** aplicadas a: Autoridades locales y del Ministerio del Medio Ambiente se establecerán cuáles son las normas y reglamentos que se están aplicando en el país para el control de la contaminación ambiental.

En el capítulo cuatro, se detalla, el diseño, dimensionamiento y cálculos del lavador de gases así como también la selección apropiada de materiales para su construcción y sus costos.

CAPÍTULO I

1.1- PROBLEMATIZACIÓN

1.1.1.- Planteamiento Del Problema

El Tratado Único de Legislación Ambiental (TULA) advierte que la emanación de gases debe ser reducido a nivel empresarial, porque el medio ambiente es de mucha importancia para todos los habitantes, es por esto que ARELLANO JAVIER dice:

El Consejo Americano de Calidad Ambiental calcula que la Industria debe invertir entre cuatro y cinco mil millones de dólares anuales en nueva tecnología para la no contaminación, pero que llevaría a un aumento de entre el 5 y 10 % de los costos, para eliminar la contaminación ya existente y mantener la limpieza en el futuro.

La planta de fundición de la empresa CEDAL se dedica a fundir chatarra de aluminio para obtener lingotes del mismo material, el mismo que pasa a distintos procesos; al ingresar la chatarra en el horno de fundición el cual está a elevadas temperaturas en su proceso, emana gases los cuáles se van hacia el medio ambiente contaminándolo, ya que se dispersan por el aire pequeñas partículas de hollín que se alojan en las estructuras físicas de los moradores de las casas que circundan la empresa.

La falta de un lavador de gases en la fábrica CEDAL como parte integral de su proceso de fundición, hace que los niveles de residuos emanados, hacia el aire sean elevados, el control de estos agentes contaminantes representa un problema complejo de manejar.

Por todo lo expuesto, la empresa “CEDAL” puede verse afectada si le quitan el permiso de funcionamiento por la falta de previsión, control y acatamiento de las leyes que rigen en el país sobre la adecuada preservación del medio ambiente; todo esto provocará pérdidas y gastos para la misma.

1.1.2.- Formulación Del Problema

¿Cómo ayudaría en el proceso de fundición de la empresa CEDAL, el diseño de un Lavador de gases utilizando la aplicación del Tratado Único de Legislación Ambiental (TULAS)?

1.2.- JUSTIFICACIÓN

La conservación del medio ambiente es una necesidad que involucra a todos los seres humanos, actuantes directos e indirectos, pero las decisiones de cambio y acción está en manos de los seres humanos y de las industrias que son los principales agentes causantes de la destrucción medioambiental.

Tabla 1. EMISIONES DEL HORNO DE FUNDICIÓN Y SU COMPARACIÓN CON LA NORMATIVA TULAS

PARÁMETRO	RESULTADOS PROMEDIO DEL ANÁLISIS DE EMISIONES		RESULTADOS EN UNIDADES NORMA	VALORES DE NORMA	OBSERVACIONES
			mg/m ³ gas seco (nc 7 % O ₂)		
Caudal de gases	3320.5	m ³ /h nc			
Temperatura gases	437.6	°C			
O ₂	20.78	%			
CO ₂	----	%			
CO	106	ppm	15594.5		NO EXISTE NORMA
SO ₂	1	ppm	403.9	≤ 1650 *	CUMPLE
NOx	2	ppm	459.7	≤ 700 *	CUMPLE
Número de humo	2		2	≤ 2 **	
Partículas	0.0089	g/m ³ gas seco	1046.4	≤ 355 *	NO CUMPLE
Velocidad gases	5.7	m/sg			
Exceso de aire	----	%			
Eficiencia	---	%			

Realizado por: Diana Copara y Diego Vargas, investigadores.

Es por esto que las empresas, industrias privadas o del estado deben diseñar e implantar un lavador de gases, porque este es el punto esencial para disminuir en un alto porcentaje la contaminación ambiental.

La necesidad e importancia de la investigación propuesta, radica en dar alternativas de solución a los problemas que se presentan en la Empresa Corporación Ecuatoriana de Aluminio, especialmente en la planta de fundición, debido a que ésta por realizar esta labor, dichos residuos se emanan por el aire y afectan a los moradores cercanos a la empresa; la falta de este lavador va a ocasionar problemas ecológicos graves, los cuales al futuro serán muy difíciles de mitigar.

Es de mucha importancia el diseño y la posterior implantación de un lavador de gases, que será utilizada en la planta de fundición de la empresa “CEDAL”, ya que de esta manera se lograría reducir la emanación de elementos contaminantes del proceso de fundición y por ende bajar los niveles de contaminación del aire para beneficio de toda la población cotopaxense; este diseño puede ser aplicable en aquellas industrias para así contribuir en la conservación medioambiental.

El proyecto es factible ya que se cuenta con los recursos necesarios: humanos, técnicos y económicos, obteniendo gran trascendencia en la mejora de los resultados, además del interés de los Tesistas por inquirir sobre este tema se debe a la importancia dada al medio ambiente, ya que de él depende el tipo de vida para las futuras generaciones; además, la investigación está basada en el avance tecnológico a nivel industrial, pues con el incremento de las empresas aumentará la contaminación del ambiente; es por tal razón que se realizó el tema planteado.

1.3.- OBJETIVOS

1.3.1.- Generales

Diseñar un Lavador de Gases, para ser implantado posteriormente en la empresa “CEDAL”; su propósito es reducir la emanación de elementos contaminantes hacia el aire, ajustándose a las normas ambientales vigentes y de esta manera disminuir la contaminación ambiental.

1.3.2.- Específicos

- Conocer la problemática de la contaminación del aire en industrias de materiales de construcción con referencia al Tratado Único de Legislación Ambiental.
- Aplicar una tecnología factible para el diseño del lavador de gases, tomando en cuenta la cantidad de gases quemados emanados por el proceso de fundición de aluminio.
- Elaborar el diseño de un lavador de gases, para la planta de fundición de la empresa “CEDAL” estableciendo la factibilidad de una posterior implementación por parte de los directivos de la empresa.

1.4.- DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1.- Hipótesis

El Diseño de un Lavador de Gases para la planta de fundición de la empresa (CEDAL S.A. - Latacunga), reducirá la emanación de elementos contaminantes liberados al aire.

1.4.2.- Operacionalización de Variables

Tabla 2. VARIABLES E INDICADORES.

VARIABLES	
Variable Independiente:	Variable Dependiente:
El Diseño de un Lavador de Gases para la planta de fundición.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reducirá la emanación de elementos contaminantes liberados al aire
INDICADORES	
Los gases quemados producto de procesos industriales.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Producen la contaminación atmosférica, mediante la dispersión de humos y hollín.
Al bajar los límites de los agentes contaminantes del aire.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Se obtendrá aire menos contaminado y libre de desechos perjudiciales para la salud, con la aplicación del Tratado Único de Legislación Ambiental (T.U.L.A.).
Mediante el proceso del separador de nieblas.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Se encontrará un camino viable para reducir la contaminación, la utilización de una bomba de agua y la recirculación de este líquido, permitirá producir una nube de agua constante para evitar que el material particulado se disperse al ambiente siendo este así devuelto a la superficie en forma de pasta.
Con el diseño del Lavador de gases	<ul style="list-style-type: none"> ▪ En esta sección se presenta las consideraciones principales para el diseño del lavador de gases, utilizando tecnologías sencillas que sean efectivas en función de los costos, que requiera poco mantenimiento y un mínimo de operadores, mediante los diseños de: proceso, hidráulico, estructural y económico.
Con la acumulación de grandes cantidades de hollín.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Se conseguirá la utilización para obtener pigmentos de pinturas y tintas, ya que hoy en día se puede utilizar en tóneres, xerografía e impresoras láser.

Elaborado por: **Diana Copara y Diego Vargas, investigadores**

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.- LA EMPRESA Y SU ORGANIZACIÓN

2.1.1.- Antecedentes

CEDAL S.A., es la primera y única Planta Extrusora de Aluminio en el Ecuador que está certificada bajo el Sistema de Gestión de Calidad ISO 9001:2008 y acreditada por los organismos internacionales UKAS y ANAB.

El Ministerio del Ambiente otorgó la Licencia Ambiental N° 235 para la planta industrial de la Corporación Ecuatoriana de Aluminio S. A. Ubicada en el Cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi; fue constituida en el año 1974 con el fin de producir y comercializar perfiles de aluminio estructural y arquitectónico; ésta empresa forma parte de la Corporación Empresarial S.A., CORPESA.

CEDAL es líder en la producción y comercialización de perfiles de aluminio en nuestro país, contando con más de 40 distribuidores exclusivos localizados en todo el Ecuador, además de mantener una sólida presencia comercial en Colombia desde 1979 a través de su compañía afiliada VITRAL, que posee centros de distribución en las ciudades de Bogotá y Cali.

2.1.2.- Filosofía Corporativa

Visión.

Ser una empresa referente en la producción y comercialización de extrusiones de aluminio, productos y servicios complementarios, con sólida presencia internacional, reconocida por la excelencia de sus colaboradores y la calidad en su servicio.

Misión.

Es una empresa líder en la producción y comercialización de extrusiones de aluminio, que busca el crecimiento y desarrollo de nuestros clientes, colaboradores y accionistas, enmarcados en el cumplimiento de las leyes, aportes a la comunidad y cuidado del medio ambiente.

2.1.3.- Descripción de la Empresa

Actualmente cuenta con dos prensas de extrusión de siete pulgadas con una capacidad de 1700 toneladas métricas de presión cada una, además cuenta con una línea completa de anodizado, una línea de pintura electrostática y un horno de fundición horizontal que permite reciclar su recobrado y fabricar lingotes de aluminio de alta calidad.

2.1.4.- Procesos Productivos

a) Fundición.

El aluminio recuperado del proceso de extrusión y la perfilería rechazada son nuevamente fundidos, manteniendo las características de su aleación para ser reutilizados en el proceso de producción.

Figura 1. FUNDICIÓN

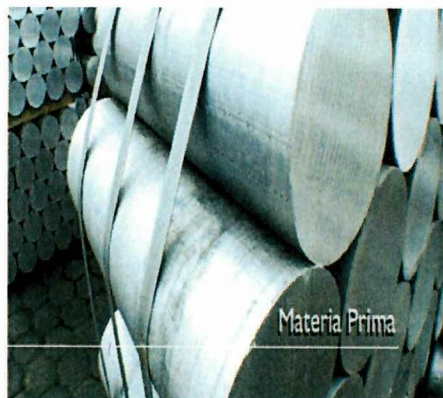


Realizado por: Diana Copara y Diego Vargas, investigadores.

b) Materia prima (lingotes de aluminio).

La materia prima para la fabricación de perfiles de aluminio parte de los lingotes de aleación de aluminio 6005, 6061 y 6063 que se importan, así como de aluminio primario de alta calidad.

Figura 2. MATERIA PRIMA

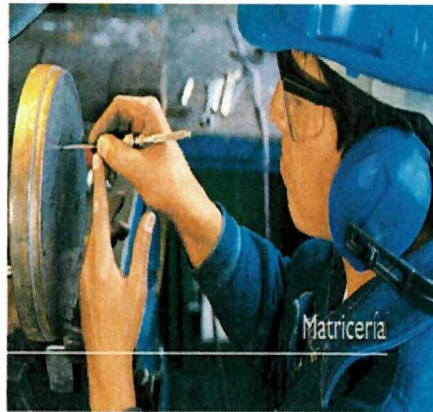


Realizado por: Diana Copara y Diego Vargas, investigadores.

c) Matricería.

La Matricería que utiliza el proceso de conformación de los perfiles de aluminio es importada, CEDAL cuenta con 3300 diseños diferentes de Matricería.

Figura 3. MATRICERÍA.



Realizado por: Diana Copara y Diego Vargas, investigadores.

d) Extrusión.

La extrusión es una deformación plástica en donde un lingote de aluminio es forzado por compresión a pasar a través de la abertura de un molde (matriz) la cual dará la forma al perfil de aluminio.

Figura 4. EXTRUSIÓN



Realizado por: Diana Copara y Diego Vargas, investigadores.

e) Anodizado.

Proceso electroquímico por el cual se forma sobre la superficie del perfil un recubrimiento de óxido de aluminio, el mismo que puede lograr varias tonalidades cromáticas empleando distintos parámetros de corriente.

Figura 5. ANODIZADO



Realizado por: Diana Copara y Diego Vargas, investigadores.

f) Pintura electrostática.

Es un proceso de acabado superficial que protege a los perfiles de aluminio con una capa de pintura en polvo depositada electro-estáticamente y que luego es fundida y curada en un horno.

Figura 6. PINTURA ELECTROSTÁTICA

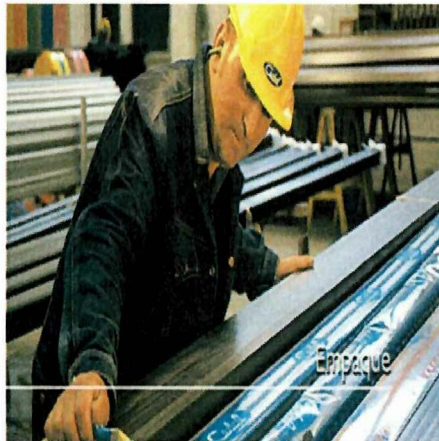


Realizado por: Diana Copara y Diego Vargas, investigadores.

g) *Empaque.*

CEDAL empaqueta todos sus productos (perfiles de aluminio) en fundas de polietileno, con el fin de evitar que las piezas tengan defectos (marcas de tráfico o marcas de fricción) durante el transporte.

Figura 7. EMPAQUE



Realizado por: Diana Copara y Diego Vargas, investigadores.

2.2.- LA EMPRESA Y EL MEDIO AMBIENTE

2.2.1.- Tratado Único de Legislación Ambiental (TULA)

El TULAS es un conjunto de normas y reglas que permiten el mantenimiento, evitando la contaminación por desechos sólidos, líquidos o gaseosos, además de normar la contaminación acústica y vibratoria.

2.2.1.1.- Normativa Tulas.

- Toda fuente fija, sea significativa o no, deberá comunicar a la Entidad Ambiental de Control cualquier situación anómala, no típica, que se presente en la operación normal de la fuente, y en la que se verificaron emisiones de contaminantes superiores a los valores máximos establecidos en este reglamento. Este requisito no se aplica para el caso del período de arranque de operación de la fuente, o para el caso del período de limpieza por soplado de

hollín acumulado en la fuente, siempre que estos períodos no excedan quince (15) minutos y la operación no se repita más de dos veces al día.

- Cuando por las características de los procesos y/o de los equipos de combustión se justifique técnicamente que se requiere mayor tiempo para su arranque o limpieza con soplado de hollín, se deberá obtener la aprobación de la Entidad Ambiental de Control.
- Para las fuentes fijas significativas, se requerirá que estas cuenten, por lo menos, con equipos básicos de control de emisiones de partículas, esto a fin de mitigar aquellas emisiones que se registren durante períodos de arranque o de soplado de hollín en la fuente.
- Los equipos básicos de control comprenden equipos tales como separadores inerciales (ciclones). Además, la Entidad Ambiental de Control podrá requerir, por parte del regulado, la instalación de equipos de control de emisiones de partículas adicionales a los equipos básicos descritos, siempre que la evaluación técnica y económica del equipo de control a ser instalado así lo determine.

2.2.2.- Normatividad Internacional (ISO-14000)

La Organización Internacional de Estándares ha desarrollado la parte ambiental de las normas de calidad ISO 9000 que algunas compañías ya han estado aplicando en los últimos años.

La ISO 14000 es un estándar ambiental que ayuda a las compañías a cumplir con sus metas en cuanto a protección al ambiente y a cumplir con la normatividad local en la materia. El estándar ha sido diseñado en forma tal, que las compañías que lo utilicen pueden cumplir con lo establecido por los gobiernos locales, permitiendo que hagan negocios tanto en el ámbito nacional como internacional. En contraste con la mayoría de las regulaciones ambientales, la ISO 14000 se centra en la prevención de la contaminación, y en las cuestiones de la organización y procedimientos. Promueve la adopción de un sistema de administración de la protección ambiental que hace que las

compañías automáticamente cumplan con las regulaciones ambientales, promoviendo la mejora continua.

2.2.3.- Niveles De Calidad De Aire

2.2.3.1.- Nivel de alerta.

Restringir la circulación de vehículos así como la operación de fuentes fijas de combustión en la zona en que se está verificando el nivel de alerta para uno o más contaminantes específicos. Estas últimas acciones podrán consistir en limitar las actividades de mantenimiento de fuentes fijas de combustión, tales como soplado de hollín, o solicitar a determinadas fuentes fijas no reiniciar un proceso de combustión que se encontrase fuera de operación.

2.2.3.2.- Nivel de Alarma

Restringir, e inclusive prohibir, la circulación de vehículos así como la operación de fuentes fijas de combustión en la zona en que se está verificando el nivel de alarma. Esto podrá incluir en limitar el tiempo de operación para aquellas fuentes fijas que no se encontraren en cumplimiento con las normas de emisión.

2.2.3.3.- Nivel de Emergencia

Prohibir la circulación y el estacionamiento de vehículos así como la operación de fuentes fijas de combustión en la zona en que se está verificando el nivel de emergencia. Se deberá considerar extender estas prohibiciones a todo el conjunto de fuentes fijas de combustión, así como vehículos automotores, presentes en la región bajo responsabilidad de la Entidad Ambiental de Control.

Suspender cualquier quema a cielo abierto, e inclusive, proceder a combatir dichas quemas.

Tabla 3. CONCENTRACIONES DE CONTAMINANTES COMUNES QUE DEFINEN LOS NIVELES DE ALERTA, DE ALARMA Y DE EMERGENCIA EN LA CALIDAD DEL AIRE

CONTAMINANTE Y PERÍODO DE TIEMPO	ALERTA	ALARMA	EMERGENCIA
Monóxido de Carbono Concentración promedio en ocho horas	15000	30000	40000
Oxidantes Foto químicos, expresados como ozono Concentración promedio en una hora	300	600	800
Óxidos de Nitrógeno, como NO₂ Concentración promedio en una hora	1200	2300	3000
Dióxido de Azufre Concentración promedio en veinticuatro horas	800	1600	2100
Material Particulado PM10 Concentración en veinticuatro horas	250	400	500

Realizado por: Diana Copara y Diego Vargas, investigadores

2.3.- LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE

La contaminación del aire corresponde a la alteración de las características que naturalmente debe tener el aire y la atmósfera.

Por lo tanto KELLY G. dice:

Contaminante es una sustancia química cualquiera en el lugar equivocado. El ozono por ejemplo, es un constituyente natural e importante de la estratósfera, donde protege a la tierra de la radiación ultravioleta, pero en la tropósfera es un contaminante peligroso.

Se origina a causa de la emisión de gases tóxicos en el ambiente, principalmente el anhídrido carbónico, esto a causa del conjunto de vehículos que usan motores de

combustión, chimeneas de fábricas, quema de basura, también se considera la emisión de polvos industriales.

Los principales mecanismos de contaminación atmosférica son los procesos industriales que implican combustión, tanto en industrias como en automóviles y calefacciones residenciales, que generan dióxido y monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y azufre, entre otros contaminantes, igualmente algunas industrias emiten gases nocivos en sus procesos productivos, como cloro o hidrocarburos que no han realizado combustión completa.

2.3.1.- Tipos de Contaminantes

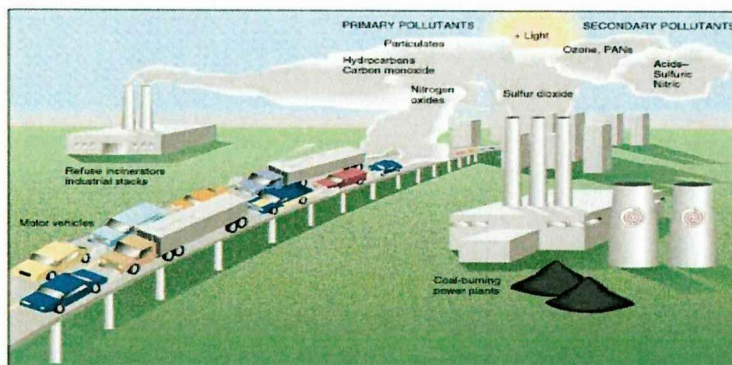
2.3.1.1.- Contaminantes primarios.

Son los que se emiten directamente a la atmósfera como el dióxido de azufre SO_2 , que daña directamente la vegetación y es irritante para los pulmones.

2.3.1.2.- Contaminantes secundarios.

Son aquellos que se forman mediante procesos químicos atmosféricos que actúan sobre los contaminantes primarios o sobre especies no contaminantes en la atmósfera. Son importantes contaminantes secundarios el ácido sulfúrico, H_2SO_4 , que se forma por la oxidación del SO_2 , el dióxido de nitrógeno NO_2 , que se forma al oxidarse el contaminante primario NO y el ozono, O_3 , que se forma a partir del oxígeno O_2 .

Figura 8. CONTAMINANTES PRIMARIOS Y SECUNDARIOS



Realizado por: Diana Copara y Diego Vargas, investigadores.

2.3.1.3.- Contaminantes gaseosos.

En ambientes exteriores e interiores los vapores y contaminantes gaseosos aparece en diferentes concentraciones. Los contaminantes gaseosos más comunes son el dióxido de carbono, el monóxido de carbono, los hidrocarburos, los óxidos de nitrógeno, los óxidos de azufre y el ozono. Diferentes fuentes producen estos compuestos químicos pero la principal fuente artificial es la quema de combustible fósil.

2.3.1.4.- Contaminación del aire interior.

Es producida por los contaminantes gaseosos del aire que provienen de volcanes, incendios e industrias. El tipo más comúnmente reconocido de contaminación del aire es la niebla tóxica (smog).

2.3.1.5.- Los aerosoles.

Un aerosol es a una mezcla heterogénea de partículas sólidas o líquidas suspendidas en un gas como el aire de la atmósfera. Algunas partículas son lo suficientemente grandes y oscuras para verse en forma de hollín o humo.

2.3.2.- Gases Contaminantes de la Atmósfera

2.3.2.1.- Smog industrial.

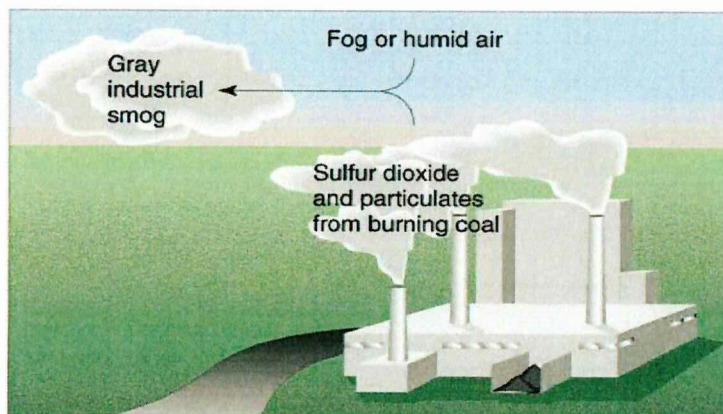
A continuación JOHN WILEY nos da las siguientes fórmulas:

Cuando se quema el carbono de la hulla se oxida a dióxido de carbono. $C + O_2 = CO_2$ este proceso genera calor. No todo el carbono se oxida por completo, una parte queda como monóxido de carbono. $2C + O_2 = 2CO$

Una fracción más del carbono, prácticamente sin quemarse, se convierte en hollín.

Se denomina *smog gris* o *smog industrial* a la contaminación del aire producida por hollín y azufre. La principal fuente de emisiones de contaminantes que contribuyen al *smog gris* es la combustión de carbón, que puede contener altos contenidos en azufre.

Figura 9. SMOG INDUSTRIAL



(a) Industrial smog

Realizado por: Diana Copara y Diego Vargas, investigadores.

2.3.2.2.- Óxidos de azufre.

LANDSDOWN dice:

El azufre de la hulla también se quema, y forma dióxido de azufre, un gas asfixiante. $S + O_2 = SO_2$

2.3.2.3.- Monóxido de carbono.

Es uno de los productos de la combustión incompleta. Es peligroso para las personas y los animales, puesto que se fija en la hemoglobina de la sangre, impidiendo el transporte de oxígeno en el organismo. Además, es inodoro, y a la hora de sentir un ligero dolor de cabeza ya es demasiado tarde. Se diluye muy fácilmente en el aire ambiental, pero en un medio cerrado, su concentración lo hace muy tóxico, incluso mortal.

2.3.2.4.- Dióxido de carbono.

La concentración de CO₂ en la atmósfera está aumentando de forma constante debido al uso de carburantes fósiles como fuente de energía y es teóricamente posible demostrar que este hecho es el causante de producir un incremento de la temperatura de la Tierra - efecto invernadero.

Dada su presencia natural en la atmósfera y su falta de toxicidad, no deberíamos considerarlo una sustancia que contamina, pero se dan dos circunstancias que lo hacen un contaminante de gran importancia en la actualidad.

- Es un gas que produce un importante efecto de atrapamiento del calor, el llamado **efecto invernadero**; y
- Su concentración está aumentando en los últimos decenios por la quema de los combustibles fósiles y de grandes extensiones de bosques.

Por estos motivos es uno de los gases que más influye en el importante problema ambiental del calentamiento global del planeta y el consiguiente cambio climático. Analizamos este efecto más adelante, dada su importancia.

2.3.2.5.- Dióxido de azufre.

La principal fuente de emisión de dióxido de azufre a la atmósfera es la combustión del carbón que contiene azufre. El SO₂ resultante de la combustión del azufre se oxida y forma ácido sulfúrico, H₂SO₄ un componente de la llamada lluvia ácida.

La lluvia ácida se forma cuando la humedad en el aire se combina con el óxido de nitrógeno o el dióxido de azufre emitido por fábricas, centrales eléctricas y automotores que queman carbón o aceite.

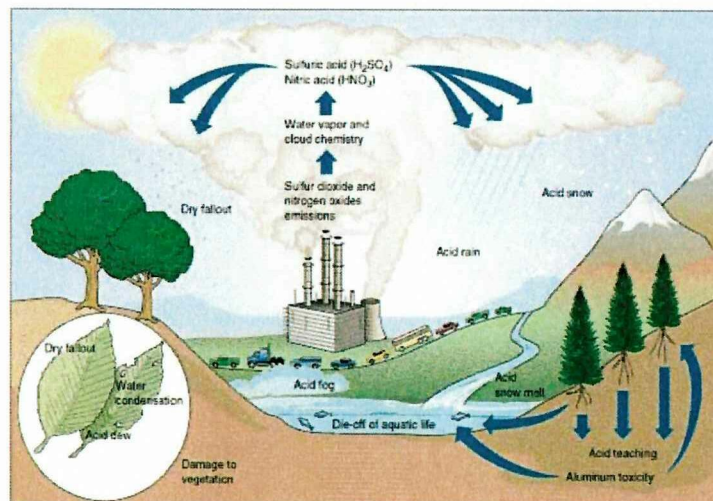
Esta combinación química de gases con el vapor de agua forma el ácido sulfúrico y los ácidos nítricos, sustancias que caen en el suelo en forma de precipitación o lluvia ácida.

Tabla 4. AGENTES CONTAMINANTES DEL AIRE

Contaminante	Símbolo	Fuentes Principales	Efecto Sobre la Salud	Efectos Ambientales
Monóxido de carbono	CO	Vehículos de motor	Interviene el transporte de oxígeno; lo que causa mareos y la muerte; contribuye a enfermedades cardíacas	Leve
Hidrocarburos	C _n H _m	Vehículos de motor, disolventes industriales	Narcótico en concentraciones altas; algunos compuestos aromáticos son carcinógenos	Precursor de aldehídos, PAN
Óxido de azufre	SO _x	Plantas termoeléctricas fundidoras	Irritantes del aparato respiratorio; agrava enfermedades cardíacas y pulmonares	Reduce el rendimiento de los cultivos; precursor de lluvia ácida, partículas de SO ₄ ²⁻
Óxido de nitrógeno	NO _x	Plantas termoeléctricas, vehículos de motor	Irritante del aparato respiratorio	Reduce el rendimiento de los cultivos; precursor del ozono y la lluvia ácida produce bruma parda
Partículas		Industrias, plantas termoeléctricas, polvo de granjas y sitios de construcción	Irritante del aparato respiratorio, sinergia con SO ₂ ; contiene cancerígenos y metales tóxicos absorbidos.	Reduce la visibilidad
Ozono	O ₃	Contaminante secundario producido por la acción NO ₂	Irritante del aparato respiratorio; agrava enfermedades cardíacas y pulmonares	Reduce el rendimiento de los cultivos; mata árboles (sinergia con SO ₂); destruye el caucho, la pintura, etc.
Plomo	Pb	Vehículo de motor, fundidoras	Tóxico para el sistema nervioso y el sistema productor de sangre	Tóxico para todos los seres vivos

Realizado por: Diana Copara y Diego Vargas, investigadores.

Figura 10. GASES CONTAMINANTES DE LA ATMÓSFERA



Realizado por: Diana Copara y Diego Vargas, investigadores.

2.4.- TRATAMIENTO DE RESIDUOS GASEOSOS

Los procesos de combustión generan contaminantes atmosféricos que es necesario retirar con equipos de tratamiento, para garantizar que las emisiones aéreas tengan un mínimo impacto ambiental. Los gases resultantes de la combustión se depuran con equipos filtrantes y luego se evacúan a la atmósfera mediante chimeneas. Éstas ayudan a mantener el flujo de gases depurados y permiten dispersarlos en la atmósfera. Su altura y diámetro son cuidadosamente diseñados para respetar las normas de calidad del aire, tomando en consideración los factores meteorológicos de cada lugar.

Los principales contaminantes que llevan los gases de combustión son el Material Particulado, del tipo cenizas y polvos, y el Óxido de Azufre, que proviene de la combustión de combustibles fósiles. En la práctica, los sistemas de depuración de gases presentan una combinación de operaciones destinadas a eliminar los diferentes contaminantes de la corriente de gases en forma secuencial:

- Eliminación del Material Particulado de mayor tamaño mediante ciclones.
- Eliminación del Material Particulado fino mediante filtros de alta eficiencia y precipitadores electrostáticos.
- Eliminación del Óxido de Azufre mediante lavadores con líquido.

2.4.1.- Sistemas Para Remoción de Material Particulado

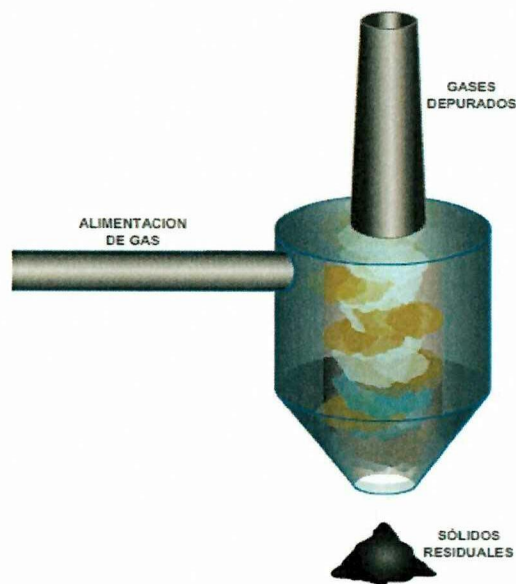
Si la corriente gaseosa residual contiene material particulado, se puede utilizar métodos de separación de sólidos de las corrientes gaseosas, tales como ciclones, filtros y lavadores.

2.4.1.1.- Ciclones.

Son muy eficaces para remover granulometrías mayores de cenizas y polvos, pero presentan una baja eficiencia para granulometrías pequeñas. Se basan en la acción de la fuerza centrífuga sobre las partículas. Están formados por un cuerpo principal cilindro-cónico, donde los gases son alimentados tangencialmente. Las partículas más

pesadas son lanzadas con fuerza hacia las paredes, iniciando una trayectoria descendente que las deposita en la parte inferior del cono como un sólido residual, el cual es retirado del equipo. El resto del gas más depurado forma un vórtice central, que circula hacia arriba y sale por la parte superior del cilindro.

Figura 11. CICLÓN



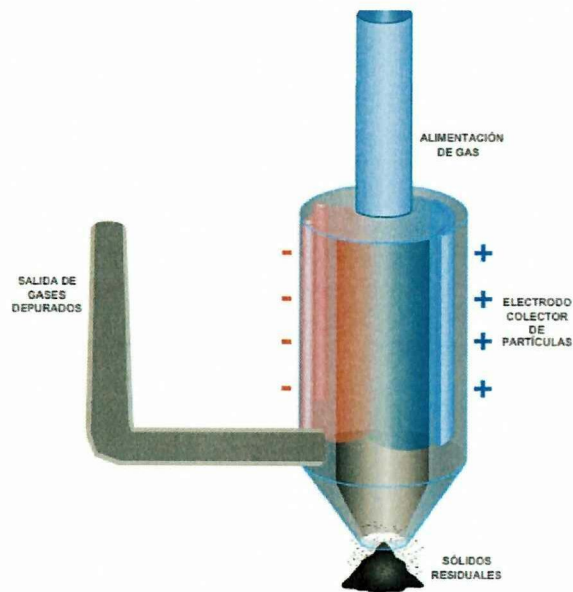
Realizado por: Diana Copara y Diego Vargas, investigadores.

2.4.1.2.- Precipitadores electrostáticos.

Son altamente eficientes para remover partículas de tamaño muy pequeño, pudiendo recolectar más del 99% de las cenizas de los gases de combustión. Se basan en la acción de un campo eléctrico sobre las partículas sólidas cargadas eléctricamente. Las partículas son cargadas mediante una corriente de electrones que circula entre electrodos gracias al alto voltaje que se genera entre ellos. Las partículas son atraídas hacia electrodos colectores donde se depositan y separan del resto de la corriente gaseosa como un sólido residual, que es retirado. Los gases de combustión fluyen en dirección paralela a los electrodos.

Los Precipitadores electrostáticos son de alto precio y tienen costos de operación elevados, debido a su alto requerimiento de energía eléctrica.

Figura 12. PRECIPITADORES ELECTROSTÁTICOS



Realizado por: Diana Copara y Diego Vargas, investigadores.

2.4.1.3.- Lavadores con líquido (scrubbers).

Una torre lavadora o scrubber es un equipo que puede remover partículas o gases por impacto o intercepción con un líquido lavador. Mientras que un ciclón remueve partículas entre 10 y 50 micras, una torre lavadora puede remover partículas entre 0.2 y 10 micras. El principal mecanismo utilizado por una torre lavadora para remover polvo es aumentar el tamaño de las partículas para que estas sean removidas fácilmente. El mecanismo secundario consiste en atrapar las partículas de polvo en una película líquida para que sean arrastrados y removidos por la corriente líquida.

Casi todas las torres lavadoras comprenden por consiguiente una sección de contacto gas- líquido seguida de una sección donde las partículas húmedas son removidas por fuerzas inerciales. El acondicionamiento de las partículas de polvo se lleva a cabo poniendo en contacto éstas con gotas de líquido para producir un aglomerado

partículas – líquido. Por ejemplo, cuando una partícula de 5 micras choca con una gota líquida de 50 micras, la masa o la nueva combinación partícula de polvo–gota de líquido se ve aumentado por un factor de 1000. Debido al incremento tanto en masa como en tamaño, la partícula resultante puede ser más fácilmente removible a corriente gaseosa por separación inercial.

Las colisiones entre partículas de polvo y gotas líquidas se llevan a cabo según el tipo de torre lavadora; pudiendo ser estas colisiones por gravitación, choque, impulsión mecánica de las gotas líquidas, etc.

Ventajas

- Se puede remover partículas y gases simultáneamente.
- También, en lugar de agua, se pueden utilizar soluciones ácidas o alcalinas para neutralizar los gases.

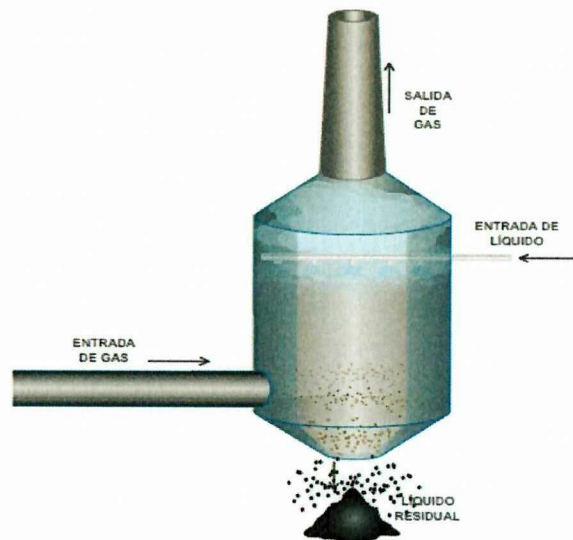
Desventajas

- Está la pérdida de tiro de la pluma así como el color blanco que toma ésta debido a la condensación de vapor; este cambio de color ejerce un efecto psicológico sobre las personas al creerse que la pluma está más contaminada.
- La remoción de las partículas del líquido lavador en el efluente. Esta separación debe hacerse por sedimentación centrifugación, etc., para no convertir un problema de contaminación atmosférica en una contaminación de aguas.

Hay que tener en cuenta que mientras las partículas de polvo sean más pequeñas, la remoción es más fácil, y la caída de presión más alta. Como conclusión por parte de los investigadores se puede decir que ha mayor eficiencia de remoción mayor será la caída de presión.

Los diferentes diseños varían de acuerdo a la forma como se efectúa el contacto entre la corriente gaseosa que contiene el material particulado y el líquido lavador.

Figura 13. SCRUBBERS



Realizado por: Diana Copara y Diego Vargas, investigadores.

2.4.1.4.- Lavadores de gas.

Los lavadores de gases son usados ampliamente para eliminar polvos, nieblas, vapores y olores y para neutralización de gases.

El líquido lavador puede ser agua, aceite, una solución alcalina o una solución alcalina con hipoclorito, dependiendo de los contaminantes que se quieran eliminar.

Los lavadores a jet se caracterizan por su aptitud para purificar gases y al mismo tiempo, hacerlos circular. La presión diferencial que generan va desde los 10 a 150 mm H₂O. Esta es una importante característica porque hace innecesario tener un ventilador para extraer y soplar los gases, especialmente cuando son corrosivos.

2.4.1.5.- Torre rociadora.

Este tipo de torre lavadora es generalmente vertical y de sección circular. El líquido lavador cae por gravedad, mientras que el gas contaminado fluye de abajo hacia arriba. El gas libre de partículas contaminantes sale por la parte superior de la torre.

Con el fin de aumentar la posibilidad de contacto del líquido lavador con las partículas contaminantes, se acostumbra colocar algunos baffles perpendiculares al flujo.

Las partículas más grandes generalmente quedan removidas al hacer contacto con el agua que se encuentra en la base de la torre. Este tipo de torre lavadora es usado casi únicamente como tratamiento primario, para disminuir la temperatura de los gases o remover partículas ente 5 y 10 micras.

Tabla 5. CARACTERÍSTICAS DE TORRES ROCIADORAS

Capacidad máxima	2800 m ³ /min. (100000 pies cúbicos / min.)
Velocidad de los gases	30 a 60 metros / min. (100 a 200 pies /min.)
Concentración de partículas	mayor de 1.0 gramo/ pie cúbico
Tamaño de partículas captadas	mayor a 10 micras
Caída de presión	0.7–2.5 pulgada de agua
Consumo de agua	65–260 l/ 1000 m ³ gas (0.5 –2 galones/ 1000 pies cúbicos gas)
Eficiencia	más o menos 80%

Realizado por: Diana Copara y Diego Vargas, investigadores

2.4.1.6.- Torre de lecho empacado.

En una torre de lecho empacado, el líquido lavador también fluye hacia abajo, mientras que la corriente gaseosa va hacia arriba abriéndose paso a través de un lecho ya sea de plástico, cerámica, madera etc.

El principal objetivo de un lecho es una torre lavadora es aumentar el contacto gas-líquido de un lavador, siendo mucho mejor, aquel lecho que proporciona el máximo de contacto con la misma caída de presión.

Las torres de lecho empacado se utilizan mucho para enfriamiento y absorción de gas pero remueven partículas cuando están en concentración baja.

Tabla 6. CARACTERÍSTICAS DE TORRES DE LECHO EMPACADO

Concentración de partículas en el gas	0.1gr/pie ³
Capacidad	1400m ³ /min. (50000pie ³ /min.)
Caída de presión manométrica	1-10 pulg. Agua
Líquido lavador requerido	650-2000 i agua /1000m ³ gas (5 a 15 galones de agua/pie ³ gas)
Velocidad corriente gaseosa	30-90 m/min. (100-300 pie/min.)
Eficiencia	90%
Diámetro partículas removidas	5

Realizado por: Diana Copara y Diego Vargas, investigadores

2.4.1.6.- Torre de lecho flotante.

La torre lavadora de lecho flotante es similar a la de lecho empacado solo que estas tiene varias capas de esferas u otros materiales granular de muy baja densidad el cual flota cuando la corriente del gas contaminado pasa a través del lecho, de abajo hacia arriba.

Tabla 7. CARACTERÍSTICAS DE TORRES DE LECHO FLOTANTE

Diámetro de partículas removibles	>2.5 micras
Caída de presión manométrica	2-8 pulg. de agua
Eficiencia	95%

Realizado por: Diana Copara y Diego Vargas, investigadores

2.4.1.7.- Torre lavadora centrífuga.

Esta torre lavadora tiene un principio similar al de un ciclón. El agua entra tan tangencialmente por la parte inferior y asciende en forma de vértice. Varios chorros de líquido lavador, también dirigidos en forma tangencial ayudan a aglomerar y propiciar el choque de este con las partículas.

Tabla 8. CARACTERÍSTICAS DE TORRE LAVADORA CENTRIFUGA

Capacidad	85–200 m ³ /min. (3000–70000 pie ³ /min.)
Velocidad del agua	600–1200 m/min. (2000–4000 pie/min.)
Consumo de agua	600–1200 m/min. (2000–4000 pie/min.)
Concentración de partículas	1 gramo/pie ³
Diámetro de partículas removidas	>5 micras
Caída de presión	1–4 pulg. de agua
Eficiencia	>90%
Diámetro de la torre	1–3 m (40–130 pulg.)
Altura de la torre	3.5–11m (140–470pulg)

Realizado por: Diana Copara y Diego Vargas, investigadores

2.4.1.8.- Torre lavadora de tipo venturi.

Una torre lavadora de tipo venturi se considera como de alta capacidad, el gas contaminado entra a una ventura en donde choca con el líquido lavador. En el cuello húmedo, a medida que los gases pasan por un orificio anular, se adquieren velocidades entre 3600 y 6000 m/min. (12000 a 20000 pies/min.) Debido a estas altas velocidades el líquido se pulveriza formando infinidad de gotas pequeñas.

La gran diferencia entre la velocidad de la corriente gaseosa y la de las gotas finalmente divididas, aumenta la posibilidad de contacto partícula–gota de agua. A medida que el gas abandona la sección venturi y se desacelera, también hay impacto entre las partículas y las gotas de agua luego el conglomerado es removido centrífugamente en la sección sincrónica.

La caída de presión en una torre lavadora de tipo venturi es alta, y aumenta a medida que se incrementa la velocidad de gas. La torre lavadora de tipo venturi tiene una aplicación casi exclusivamente para la remoción de partículas submicrónicas, generalmente con caídas de presión entre 10 y 60 pulg de agua.

Tabla 9. CARACTERÍSTICAS DE TORRE DE LAVADO DE TIPO VENTURI

Capacidad máxima del equipo	2800m ³ /min. (100000pie ³ /min.)
Concentración de partículas	<0.1 gramos/pie ³
Eficiencias de colección	>99%
Caídas de presión	10–60 pulg. de agua
Consumo de agua	400–1600 de agua/1000m ³ (3–12 GAL de agua/pie ³ gas)
Velocidad de los gases en la torre	3600–12000m/min. (12000–40000pie/min.)

Realizado por: Diana Copara y Diego Vargas, investigadores

2.4.2.- Ventajas y Desventajas de las Torres Lavadoras

Ventajas

- Eficiencias de colección altas para rangos muy amplios de partículas.
- Mantenimiento simple por la sencillez de la operación.
- Se pueden remover gases corrosivos.
- Hay menos limitaciones de humedad y temperatura.

Desventajas

- Las caídas de presión son altas.
- Se produce aglomeración o encostramiento en el interior del equipo.
- Se presenta erosión y corrosión.
- Se produce vapor de agua que le da un aspecto blancuzco a la pluma, lo que hace creer que la pluma está más contaminada.
- La disposición de lodos es complicada.

2.4.3.- Disposición de Lodos

La disposición de lodos provenientes de una torre lavadora es una de las consideraciones más importantes en el diseño.

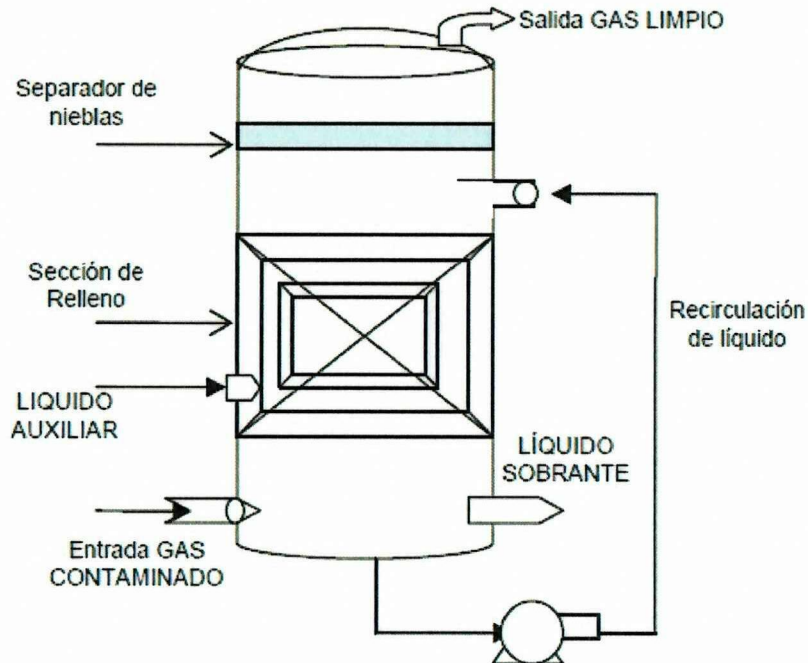
El material contaminado que deja una torre lavadora generalmente va a una laguna de sedimentación en donde las partículas sedimentadas deben ser removidas del fondo y luego llevadas a un relleno sanitario. En algunas ocasiones se pueden recuperar materiales y los lodos el líquido sobrenadante se recircula, llenándose de nuevo a la torre lavadora. Cuando además de partículas se están removiendo gases ácidos debe tenerse en cuenta que la remoción de estos últimos se hacen con soluciones alcalinas generalmente carbonato de calcio hidróxido de calcio, que va a formar precipitados adicionales que aumentan la cantidad de lodos al ser manejados.

2.4.4.- Proceso de un Lavador de Gases

El diseño de un lavador de gases según FAIR requiere:

- **Comprensión de la sección de relleno (diseño del proceso)**
- **Conocimiento del separador de nieblas, entrada de gas contaminado, recirculación de líquido, líquido auxiliar, líquido sobrante y salida de gas limpio (diseño hidráulico).**
- **Entendimiento del comportamiento de las estructuras necesarias bajo carga (diseño estructural).**
- **Apreciación de los costos de diseño y los beneficios asociados (diseño económico).**

Figura 14. DISEÑO DE UN LAVADOR DE GASES



Realizado por: Diana Copara y Diego Vargas, investigadores

2.4.5.- Impactos Ambientales

Uno de los contaminantes gaseosos más nocivo es el dióxido de azufre, la emisión de gases de efecto invernadero, como el CO₂, que están provocando el cambio climático.

Aspectos Positivos

- Generación de entornos ecológicos y mantenimiento de la capacidad de reproducción del ecosistema.
- Monitorear y analizar el desempeño de los sistemas de producción para entornos industriales.
- Eliminación de las sustancias que destruyen el ozono.
- Promover el desarrollo sostenible a nivel global, regional y local, y utilizar los medios posibles para permitir la estabilidad de los ecosistemas, todo esto brindándole calidad de vida al ser humano y al medio ambiente.

Aspectos Negativos

- Contaminación del aire y en si la destrucción del ozono debido a la emanación de gases por parte de la planta de fundición de aluminio.
- La presencia de hollín cusa defectos destructivos en la infraestructura de los moradores y sectores aledaños a la planta; causando desmanes e inconformidad por parte de las personas afectadas.

2.5.- PROCESOS INDUSTRIALES

2.5.1.- Materiales Estructurales

Según la norma ASTM (American Society of Testing and Materials) menciona que:

Los materiales utilizados para la construcción de edificios, caminos, puentes grúas, recipientes de almacenamientos a presión, tuberías, automóviles y similares son los aceros al carbono de “calidad estructural”, estos aceros pueden ser placas varillas y perfiles laminados en caliente, fabricados de hierro con bajo contenido de carbono y otros elementos aleantes.

El Acero Inoxidable fue inventado por Harry Brearley (1871-1948), quien había comenzado a edad muy temprana, 12 años, a trabajar como operario en la acería de su pueblo natal, Sheffield (Inglaterra).

En 1912, Brearley comenzó a investigar, a petición de los fabricantes de armas, en una aleación que presentara mayor resistencia al desgaste que la experimentada hasta el momento por el interior de los cañones de las pequeñas armas de fuego como resultado del calor despedido por los gases.

Buscando un metal que resistiera la erosión, Brearley encontró un metal resistente a la corrosión. Su invento no tuvo mayor interés inmediato y fue destinado a la fabricación de cuberterías.

El acero inoxidable es una aleación de hierro y carbono que contiene por definición un mínimo de 10,5% de cromo. Algunos tipos de acero inoxidable contienen además otros elementos aleantes los principales son el níquel y el molibdeno.

Es un tipo de acero resistente a la corrosión, el cromo que contiene posee gran afinidad por el oxígeno y reacciona con él formando una capa pasivadora que evita la corrosión del hierro contenido en la aleación. Sin embargo, esta película puede ser afectada por algunos ácidos dando lugar a un ataque y oxidación del hierro por mecanismos ínter granulares o picaduras generalizadas.

Existen muchos tipos de acero inoxidable y no todos son adecuados para aplicaciones estructurales, particularmente cuando se llevan a cabo operaciones de soldadura. Hay tres grupos básicos de acero inoxidable clasificados de acuerdo con su estructura metalúrgica:

- Aceros inoxidables **ferríticos**
- Aceros inoxidables **austeníticos**
- Aceros inoxidables **martensíticos**

2.5.1.1.- Aceros inoxidables ferríticos.

Los Aceros Inoxidables ferríticos son aleaciones de hierro, cromo con bajos contenidos de carbono. Estos aceros se clasifican según AISI con la serie 400.

- ***Propiedades Básicas***

Moderada a una resistencia a la corrosión que se incrementa con el contenido de cromo, magnéticos, no endurecibles.

- **Usos Comunes**

Construcción y Decoración, marcos y molduras arquitectónicas, fregaderos, equipos domésticos, extractores de humos, sistemas de emisiones de gases en la industria automotriz. Los Aceros más comunes de acuerdo con la norma AISI son: 409 Y 430.

Tabla 10. TIPOS DE ACEROS INOXIDABLES FERRITICOS

CALIBRE	ESPESOR mm	PESO kg/m ²	PESO POR HOJA			
			kg			
			914X2438 mm	914X3048 mm	1219X2438 mm	1219X3048 mm
10	3.43	27.097	60.381	75.489	80.53	100.679
11	3.05	24.095	53.692	67.126	71.608	89.525
12	2.67	21.093	47.002	58.762	62.687	78.371
14	1.9	15.01	33.447	41.816	44.609	56.77
16	1.52	12.006	26.758	33.453	35.687	44.616
18	1.22	9.638	21.477	26.85	28.643	35.81
20	0.892	7.047	15.703	19.631	20.943	26.182
22	0.74	5.846	13.027	16.286	17.374	21.721
24	0.61	4.819	10.738	13.425	14.322	17.905
26	0.455	3.595	8.01	10.014	10.683	13.355
28	0.385	3.042	6.777	8.473	9.039	11.301
29	0.33	2.607	5.809	7.263	7.748	9.686

Realizado por: Diana Copara y Diego Vargas, investigadores

2.5.1.2.- Aceros inoxidables austeníticos.

Los aceros inoxidables Austeníticos son aleaciones de hierro, cromo y níquel. La composición básica es de 18% de cromo y 8% níquel. En algunos aceros se añade molibdeno, titanio y otros elementos. Estos aceros se clasifican según AISI con la serie 300.

- **Propiedades Básicas**

Excelente resistencia a la corrosión, excelente limpiabilidad e higiene, soldabilidad, facilidad de formado y embutido.

Habilidad para manejar altas temperaturas (hasta 925 grados Celsius).

- **Usos Comunes**

La excelente resistencia a la corrosión acuosa y su soldabilidad los hace ideales para fabricar tuberías, tanques, equipos de procesos y recipientes a presión para las industrias Alimenticias, Química, Petroquímica, Petrolera, Farmacéutica, Extractita Minera y Papelera. Los aceros más comunes de acuerdo con la norma AISI son: 301, 304,304L, 316, 316L

Tabla 11. TIPOS DE ACEROS INOXIDABLES AUSTENITICOS

CALIBRE	ESPESOR	PESO	PESO POR HOJA			
			kg			
	mm	kg/m2	914 x 2438 mm	914 x 3048 mm	1219 x 3048 mm	1219 x 3048 mm
10	3.430	27.783	61.910	77.400	82.569	103.228
11	3.050	24.705	55.051	68.825	73.421	91.792
12	2.670	21.627	48.192	60.250	64.274	80.355
14	1.900	15.390	34.294	42.875	45.738	57.182
16	1.520	12.312	27.435	34.300	36.590	45.745
18	1.220	9.882	22.020	27.530	29.369	36.717
20	0.892	7.225	16.100	20.128	21.473	26.845
22	0.740	5.994	13.357	16.699	17.814	22.271
24	0.610	4.941	11.010	13.765	14.684	18.358
26	0.455	3.686	8.213	10.267	10.953	13.694
28	0.385	3.119	6.949	8.688	9.268	11.587
29	0.330	2.673	5.956	7.447	7.944	9.932

Realizado por: Diana Copara y Diego Vargas, investigadores

2.5.1.3.- Aceros inoxidables martensíticos.

Los Aceros inoxidables Martensíticos, fueron la primera familia de Aceros Inoxidables al cromo, tienen un contenido de cromo entre 12% y 18%, y un contenido relativamente alto al carbono. Estos aceros se clasifican según AISI con la serie 400.

- **Propiedades Básicas**

Moderada resistencia a la corrosión, endurecibles por tratamiento térmico, con lo que se puede lograr alta resistencia y dureza. Difícil soldabilidad debido al alto carbono y a su naturaleza dura.

▪ **Usos Comunes**

Hojas de cuchillos, instrumentos quirúrgicos, abrazaderas, Boquillas y Flechas.

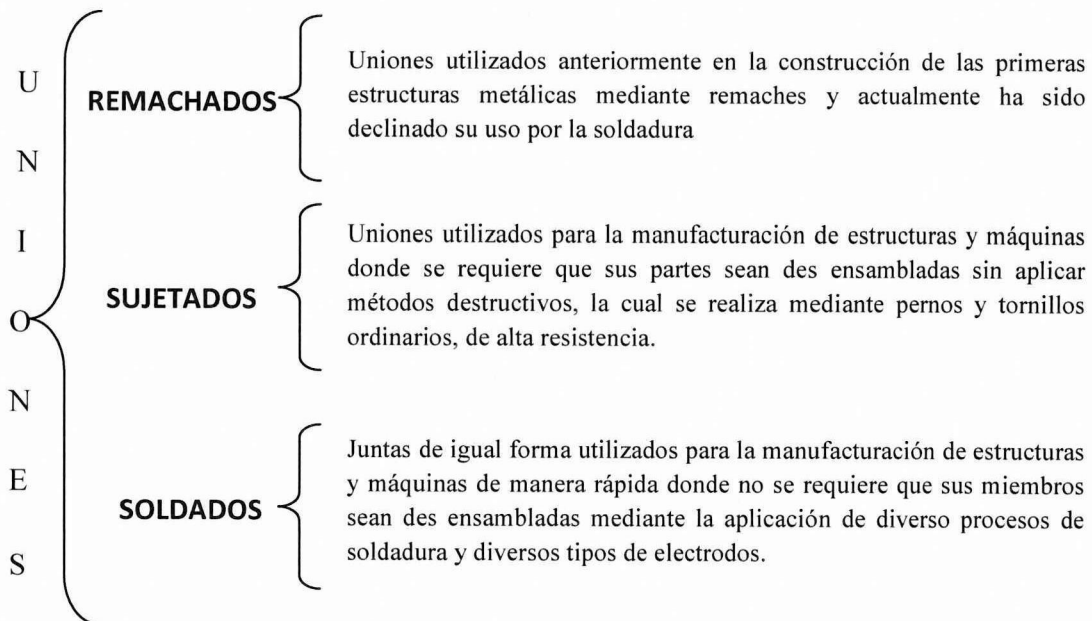
Los Aceros más comunes de acuerdo con la norma AISI son: 410 y 420.

En el Anexo B-1 podemos encontrar las diferentes aplicaciones y composición química para los diferentes tipos de aceros inoxidables.

2.6.- SISTEMA DE UNIONES

La fabricación de estructuras y maquinas son realizados mediante el uso de uniones remachadas, sujetados y soldadas, cuya función es de mantener unidos a los miembros que conforman la estructura y soportar las diversas cargas que actúan sobre la misma, cada tipo de unión tiene sus propias ventajas y aplicaciones.

TIPOS DE UNIONES PARA ESTRUCTURAS



Realizado por: Diana Copara y Diego Vargas, investigadores

2.6.1.- La Soldadura

La sociedad americana de soldadura (AWS) menciona que para especificar los procesos de soldaduras en planos o dibujos de ingeniería se realiza mediante el uso de símbolos establecidos por normas de cada región, en el Anexo B-2 se representa la simbología de la soldadura.

El libro de Jack C. McCORMAC “Diseño de Estructuras de Acero Métodos LRFD” define que:

La soldadura es un proceso que consiste en unir dos piezas metálicas mediante el calentamiento de las superficies a unir hasta alcanzar un estado plástico, permitiendo de esta forma que las partes fluyan y se unan con o sin la adición de un material de aporte.

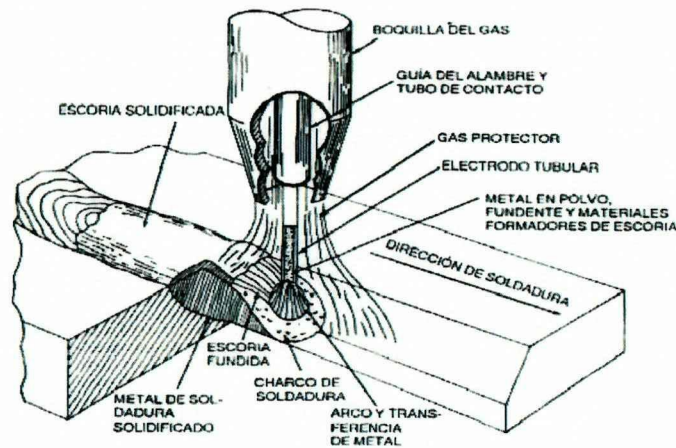
Según la norma AWS los procesos de soldadura aceptados o calificados son:

- SMAW: soldadura por arco metálico protegido
- SAW: soldadura por arco sumergido
- GMAW: soldadura de arco metálico con gas
- TIG: soldadura

2.6.1.1.- Proceso de soldadura SMAW (Shield Metal Arc Welding).

La soldadura por arco metálico protegido, es el proceso más común y sencillo que se realiza manualmente utilizando una soldadora eléctrica, un metal de aporte recubierto (electrodo), para lo cual, se pone en contacto los cables de masa y del electrodo con las piezas a unir para crear un arco eléctrico y fundir.

Figura 15. ELEMENTOS DEL PROCESO DE SOLDADURA POR ARCO METÁLICO PROTEGIDO



Realizado por: Diana Copara y Diego Vargas, investigadores

El arco eléctrico es una chispa continua formada entre el electrodo y la pieza para provocar una fusión que funde al electrodo formando gotitas o globulitos de metal fundido que son forzadas por el arco hacia las piezas a unir para formar la soldadura. El gas producido entre el electrodo y la pieza que se suelda protege al metal fundido del contacto directo con el aire circundante mientras se enfría.

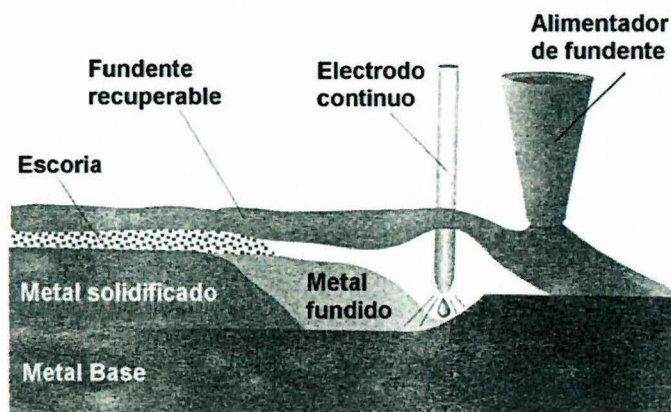
Los electrodos con recubrimiento pesado se utiliza normalmente en la soldadura estructural, porque ofrece una soldadura más fuerte, resistente a la corrosión y más dúctil que el electrodo de recubrimiento ligero, los mismos que son usados cuando no se intenta prevenir la oxidación.

2.6.1.2.- *Proceso de soldadura SAW (Submerged Arc Welding).*

Según El libro de Jack C. McCORMAC de “Diseño de Estructuras de Acero Métodos LRFD” define que:

El proceso de soldadura por arco sumergido que es realizado automáticamente, mediante una fuente de potencia que lleva electrodo desnudo envuelto en un carrito (electrodo continuo) y una tolva que contiene material granular fundible, en este proceso el arco está cubierto por un montículo de material quedando oculto a la vista.

Figura 16. ELEMENTOS DE SOLDADURA DE ARCO SUMERGIDO



Realizado por: Diana Copara y Diego Vargas, investigadores

Este proceso se caracteriza por su elevado régimen de reposición de soldadura, es empleado cuando se requiere soldar metales de gran espesor a alta velocidad, proporcionando una penetración total del electrodo y ofreciendo una soldadura de alta resistencia al impacto, la corrosión y buena ductilidad. La desventaja de este proceso es que requiere ser realizado en posición horizontal.

2.6.1.3.- *Proceso de soldadura GMAW (Gas Metal Arc Welding).*

Es la soldadura de arco metálico con gas, es un proceso manual o semiautomático que consiste en aislar el arco y el metal fundido de la atmósfera mediante un gas inerte o activo (argón, helio, hidrógeno, anhídrido carbónico, etc.) creando un recubrimiento total en la zona de fusión, este proceso es realizado por una fuente de potencia, un tanque de gas y electrodo continuo.

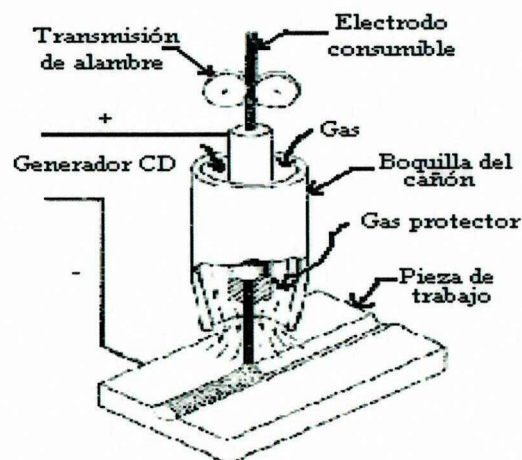
Las soldaduras que tiene este tipo de proceso se denominan:

- *Sistema MIG (Metal Inert Gas)*

Según el libro de JOSÉ M. LÓPEZ de “Soldaduras, Uniones y Calderería” define que:

Este sistema es un proceso por arco, donde la fusión se produce por el calentamiento entre un electrodo continuo y la pieza, donde la protección del arco se obtiene por un gas inerte argón o helio que es suministrado en forma externa, el cual protege el metal líquido de la contaminación atmosférica, ayuda a estabilizar el arco.

Figura 17. ELEMENTOS DEL SISTEMA DE SOLDADURA MIG



Realizado por: Diana Copara y Diego Vargas, investigadores

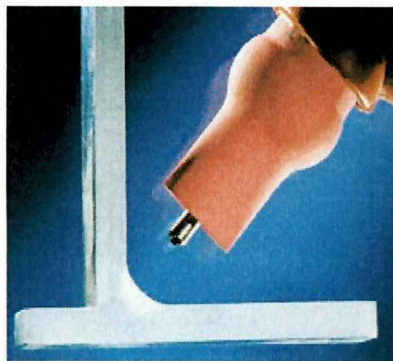
- **Sistema MAG (Metal Active Gas)**

Este sistema de soldadura es igual que el proceso MIG utiliza los mismos elementos pero diferente gas protector que es un gas activo (anhídrido carbónico CO₂) la calidad de la soldadura es baja respecto al MIG pero es veloz y de fuerte penetración, y es utilizada para soldadura de aceros comunes de notable espesor.

2.6.1.4.- Soldadura TIG.

La denominación del proceso, como soldadura TIG (Tungsten Inert Gas), proviene del tipo de gas protector y del material del electrodo utilizado. El gas más utilizado para protección en la soldadura TIG es el argón ya que optimiza las propiedades de ignición, así como la estabilidad del arco, y ayuda a obtener una mejor zona de limpieza que el helio. El proceso de soldadura TIG es el proceso más perfeccionado MIG/MAG y sus procesos relativos.

Figura 18. SOLDADURA TIG



Realizado por: Diana Copara y Diego Vargas, investigadores

Estos procesos incrementan drásticamente la productividad sin hacer concesiones a la calidad. No importando su velocidad lenta de soldadura y fusión, el proceso TIG ha sido y lo es aún, la mejor garantía para los mejores resultados de la más alta calidad en muchas aplicaciones.

El núcleo de una boquilla de soldadura TIG es un electrodo no consumible de tungsteno resistente a la temperatura. El arco que viene de él, calienta y derrite el material. La ignición del electrodo normalmente ocurre sin que el electrodo de tungsteno toque la pieza de trabajo. Esto requiere de una fuente de alto voltaje que se enciende temporalmente durante la ignición.

2.6.2.- Tipo de Juntas

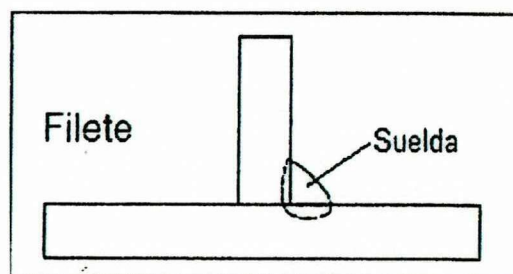
Según la norma AWS, los tipos de juntas soldadas que se utilizan con mayor frecuencia para la construcción de estructuras metálicas son de tres tipos:

2.6.2.1.- Junta de tipo filete.

Según El libro de JACK C. McCORMAC de “Diseño de Estructuras de Acero Métodos LRFD” enuncia que:

Las soldaduras de tipo filete se caracterizan por ser resistentes a la tensión y a la compresión y no al corte, permitiendo unir piezas dispuestas de forma perpendiculares entre ellas, por tanto, son las más comunes usados para procesos de construcción y montaje de estructuras metálicas puesto que aquí se presentan miembros dispuestos de forma perpendicular.

Figura 19. UNIÓN SOLDADA DE TIPO FILETE



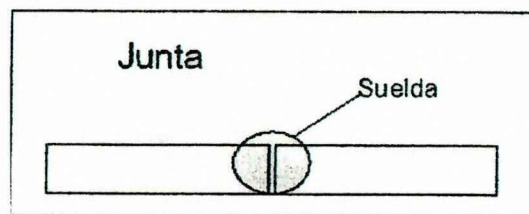
Realizado por: Diana Copara y Diego Vargas, investigadores

Para que la soldadura de filete sea eficiente se debe hacer en un filete de 45° o lados iguales y con la superficie exterior del filete plana o ligeramente convexa ya que proporcionara mayor resistencia.

2.6.2.2.- Junta de tipo tope.

Las soldaduras tope son utilizadas para realizar uniones planas o alineadas en piezas de material relativamente delgado, de hasta aproximadamente de 5/16 pulg de espesor.

Figura 20. UNIÓN SOLDADA DE TIPO JUNTA

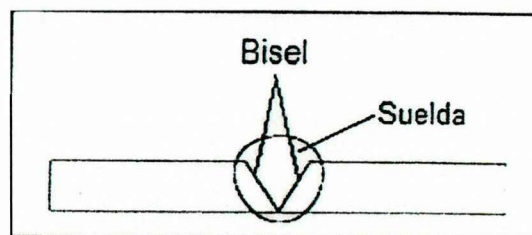


Realizado por: Diana Copara y Diego Vargas, investigadores

2.6.2.3.- Junta de tipo tope con bisel.

Las soldaduras de tipo bisel se caracterizan por ser resistentes a la tensión, compresión y al impacto, se utilizan para uniones planas y perpendiculares de piezas con espesores mayor de 5/16 pulg pero para ser efectuadas requieren ser preparadas los bordes a unir (bordes biselados)

Figura 21. JUNTA SOLDADA DE TIPO TOPE CON BISEL



Realizado por: Diana Copara y Diego Vargas, investigadores

2.6.3.- Electrodo para Soldar

Los electrodos son elementos para proceso de soldadura, cuya función es servir de pegamento o material de aporte, son fabricados con o sin revestimiento mediante proceso de extrusión utilizando un núcleo de acero y como revestimiento un material mineral-orgánico, dando así al electrodo sus características específicas. En el mercado existe una gama de electrodos para soldar diversos tipos de materiales metálicos, los mismos que están especificados por la Sociedad Americana de Soldadura (AWS) para la correcta aplicación, a continuación se hace una clasificación general de las especificaciones.

CLASIFICACIÓN GENERAL DE LAS NORMAS AWS

AWS: A5.1-91	{ Electrodo revestido de acero al carbono, utilizado para soldadura de aceros al carbono.
AWS: A5.5-96	{ Electrodo revestido de acero de baja aleación, para soldadura de aceros de baja aleación.
AWS: A5.4-92	{ Electrodo revestido de acero al cromo y cromo-níquel, utilizado para soldadura de aceros inoxidable.
AWS: A5.15-90	{ Electrodo revestido para soldadura de hierro (Fe) fundido.
AWS: A5.2-92	{ Electrodo varilla de aporte (sin recubrimiento), para soldadura con oxiacetilénico y TIG.
AWS: A5.17-97	{ Electrodo continuo y fundente para soldadura de arco sumergido.
AWS: A5.18-93	{ Electrodo continuo de acero dulce, para soldadura protegidos por gas, sistema MIG y MAG

El manual de INDURA de “Manual de Soldadura” página 26, enuncia que los factores que se deben considerar para la selección de un electrodo son:

- Tipo de material a soldar
- Proceso de soldadura a usar
- Propiedades mecánicas del electrodo y del metal a soldar

Para identificar la propiedad mecánica del electrodo se consigue descifrando las cifras impresas en la misma. Las siglas representadas por letras y números ayudan a identificar la resistencia de tracción, el proceso de soldadura, la posición del electrodo para soldar y el tipo de revestimiento, y otras especificaciones que se pueden conocer por catálogo de cada fabricante, como se muestra en el anexo B-3

DISEÑO DEL SISTEMA

Alternativas de evacuación:

- Evacuación a través de un ducto con precipitación mediante un líquido disolvente
- Evacuación mediante ciclones hacia un sistema de mangas

2.7.- COMPONENTES DEL SISTEMA DE EVACUACIÓN SELECCIONADO

El sistema de retención de humo tiene los siguientes elementos:

- Estructura de soporte de ducto (cimentación)
- Ducto de evacuación
- Bomba
- Tuberías y accesorios
- Sistema de control eléctrico
- Cisterna de almacenamiento del agua

2.7.1.- Cimentación para Estructuras

La cimentación de estructuras es una construcción base para el asentamiento y sujeción de la estructura sobre el piso, la cimentación está construida por hormigón simple o armado y pernos de anclaje fundidos en él a dimensiones establecidas en planos de obra civil que es realizado por albañiles en coordinación con el personal de montaje de estructuras y estas bases son conocidas como zapatas o pedestal. Los pernos de anclaje existen dentro del mercado en diferentes formas, medidas pero también pueden ser fabricados de acuerdo a las necesidades y requerimientos.

2.7.1.1.- Base metálica.

Según el Diseño de Estructuras de Acero Métodos LRFD de JACK C. McCORMAC define que:

Las placas bases o bases metálicas son de gran espesor y superficie que van asentados sobre la cimentación para montar la estructura, y la función es distribuir la intensidad de los momentos y fuerzas sobre la cimentación y los pernos de anclaje que son producidas por las vigas, por tal razón, los pernos de anclaje deben ser robustos, y deben ser empotrados a una profundidad suficiente y fundidos con hormigón.

a) *Espesor De La Base Metálica*

Se calcula según AISC Cap 14.4, con la siguiente ecuación:

$$t = lx \sqrt{\frac{2xVmáx}{0,9xAxSy}} \quad [\text{Ec: 4.45}]$$

Dónde:

t: espesor de la placa de apoyo

A: Area proyectada de la viga HEB

Vmáx: Fuerza cortante máxima

Sy= 2540kg/cm² esfuerzo de fluencia

l: Longitud de un lado de la placa

para eA36

2.7.1.2.- Base de hormigón.

El **hormigón** es el material resultante de la mezcla de cemento (u otro conglomerante) con áridos (grava, gravilla y arena) y agua. La mezcla de cemento con arena y agua se denomina mortero. Existen hormigones que se producen con otros conglomerantes que no son cemento, como el hormigón asfáltico que usa betún para realizar la mezcla. El cemento, mezclado con agua, se convierte en una pasta moldeable con propiedades adherentes, que en pocas horas fragua y se endurece tornándose en un material de consistencia pétreo.

La principal característica estructural del hormigón es que resiste muy bien los esfuerzos de compresión, pero no tiene buen comportamiento frente a otros tipos de esfuerzos (tracción, flexión, cortante, etc.), por este motivo es habitual usarlo asociado al acero, recibiendo el nombre de hormigón armado, comportándose el conjunto muy favorablemente ante las diversas sollicitaciones. Además, para poder modificar algunas de sus características o comportamiento, se pueden añadir aditivos y adiciones, existiendo una gran variedad de ellos: colorantes, aceleradores, retardadores de fraguado, fluidificantes, impermeabilizantes, fibras, etc. Cuando se proyecta una estructura de hormigón armado se establecen las dimensiones de los elementos, el tipo de hormigón, los aditivos, y el acero que hay que colocar en función de los esfuerzos que deberá soportar y de las condiciones ambientales a que estará expuesto.

Su empleo es habitual en obras de arquitectura e ingeniería, tales como edificios, puentes, diques, puertos, canales, túneles, etc. Incluso en aquellas edificaciones cuya estructura principal se realiza en acero, su utilización es imprescindible para conformar la cimentación.

b) Tipo de piso donde se va a asentar el hormigón

El piso por el sector donde va a colocar el hormigón es considerado duro por lo cual el esfuerzo admisible $\sigma_{adm}=1200\text{Kg/m}^2$

c) Plintos

Plinto o pedestal, es un elemento en forma de paralelepípedo dispuesto bajo la base de la columna o de la pilastra, formando parte de ella generalmente.

Área de los plintos

$$A = \frac{W_T}{\sigma_{adm}} \quad [\text{Ec: 4.46}]$$

Si la base metálica es de lados iguales por lo que $a=b$, entonces:

$$A=ab=a^2 \quad [\text{Ec: 4.47}]$$

2.7.1.3.- Estructura de soporte.

a) Vigas

Las jácenas o vigas son elementos lineales en las que una dimensión predomina sobre las otras dos. Su forma de trabajo es casi exclusivamente a flexión, por ello suelen adoptar forma de I, para tratar de obtener la máxima inercia y el mayor módulo resistente con el material disponible, tratando de mejorar el rendimiento.

Las vigas son los elementos sustentantes horizontales, o como en las cubiertas, ligeramente inclinados, que reciben las cargas verticales y las transmiten, trabajando a flexión, a los pilares o apoyos.

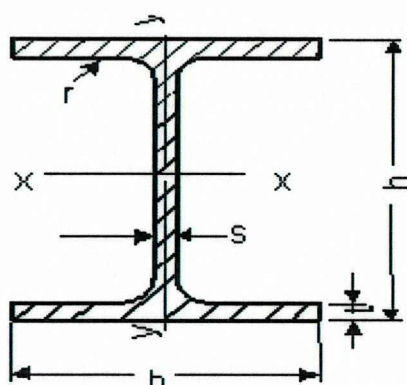
b) Vigas HEB

El **perfil heb** es un producto **laminado** con una sección en **forma de h**, también llamado **perfil grey**.

Las caras exteriores e interiores de las alas son paralelas entre si y perpendiculares al alma, obteniendo con ello un grueso constante.

Las uniones entre las caras del alma y las caras interiores de las alas están redondeadas. Además, tienen el canto con aristas exteriores e interiores vivas.

Figura 22. VIGA HEB



Realizado por: Diana Copara y Diego Vargas, investigadores

Tabla 12. CARACTERISTICAS DE LAS VIGAS LAMINADAS HEB

Calidad del Acero: ASTM-A36 o A542 G42 (S275JR)

HEB	PESOS (kg)			DIMENSIONES (mm)					Momeno de Inercia		Módulo Resistente		Radio de Giro	
	1 mts	6 mts	12 mts	h	s	t	g	r	cm ⁴		cm ³		cm	
				mm					i _x	i _y	W _x	W _y	i _x	i _y
100	20,4	122,4	244,8	100	100	6,0	10,0	12	450	167	89,9	33,5	4,16	2,53
120	26,7	160,2	320,4	120	120	6,5	11,0	12	864	318	144,0	52,9	5,04	3,06
140	33,7	202,2	404,4	140	140	7,0	12,0	12	1.510	550	216,0	78,5	5,93	3,58
160	42,6	255,6	511,2	160	160	8,0	13,0	15	2.490	889	311,0	111,0	6,77	4,05
180	51,2	307,2	614,4	180	180	8,5	14,0	15	3.830	1.360	426,0	151,0	7,66	4,56
200	61,3	367,8	735,6	200	200	9,0	15,0	18	5.700	2.000	570,0	200,0	8,54	5,06
220	71,5	429,0	858,0	220	220	9,5	16,0	18	8.090	2.840	736,0	258,0	9,43	5,59
240	83,2	499,2	998,4	240	240	10,0	17,0	21	11.260	3.920	938,0	327,0	10,31	6,08
260	93,0	558,0	1116,0	260	260	10,0	17,5	24	14.920	5.130	1150,0	395,0	11,24	6,59
300	117,0	702,0	1404,0	300	300	11,0	19,0	27	25.170	8.560	1680,0	571,0	13,00	7,58

Realizado por: Diana Copara y Diego Vargas, investigadores

2.7.1.4.- *Bridas de unión.*

Figura 23. BRIDA



Realizado por: Diana Copara y Diego Vargas, investigadores

Es el elemento que une dos componentes de un sistema de tuberías, permitiendo ser desmontado sin operaciones destructivas, gracias a una circunferencia de agujeros a través de los cuales se montan pernos de unión. Son accesorios para conectar tuberías con equipos (Bombas, intercambiadores de calor, calderas, tanques, etc.) o accesorios (codos, válvulas, etc.). La unión se hace por medio de dos bridas, en la cual una de ellas pertenece a la tubería y la otra al equipo o accesorio a ser conectado.

2.7.1.5.- *Pernos.*

Es un dispositivo mecánico con cabeza en uno de sus extremos y rosca en el otro. Los pernos hacen juego con tuercas. La tuerca es un dispositivo mecánico de seguridad con rosca que se utilizan en el extremo de un perno.

2.7.1.6.- *Soldadura para la unión de las vigas HEB.*

Para diseñar la junta, se tomara en cuenta la carga total aplicada y una sección que consta de la longitud perimetral de la viga.

$$\tau = \frac{4xV}{3xA} = Sy \quad [\text{Ec: 4.35}]$$

V: Carga en la condición más crítica, en la cual todo el peso del tubo está aplicada sobre la base $S_y = 4500 \text{ kgf/cm}^2$

2.7.2.- Ducto De Evacuación

Para este diseño se toma en cuenta los siguientes parámetros.

- Caudal de los gases
- Selección del material
 - Tipos de gases que emite el horno
 - Características de acidez de los gases
 - Cantidad de los gases
- Altura del ducto
 - Velocidad de los gases
 - Caída de presión en el ducto

2.7.2.1.- Caudal De Los Gases

$$A = \frac{Q}{V} \quad [\text{Ec: 4.1}]$$

$$A = \frac{\pi D^2}{4} \quad [\text{Ec: 4.2}]$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * A}{\pi}} \quad [\text{Ec : 4.3}]$$

Donde:

Q: caudal de los gases a tratar (m^3/h)

V: Velocidad de los gases (m/h)

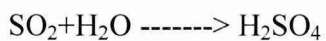
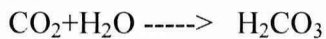
A: Área del ducto (m^2)

D: Diámetro del ducto (m)

2.7.2.2.-Selección del material.

Los gases que emite el horno son CO₂, CO, SO₂, NO_x, los mismos que al poner en contacto con el agua dan lugar a los siguientes compuestos químicos:

Para seleccionar el acero con el cual se va a construir el ducto, se debe analizar los tipos de ácidos que se generan como producto de la reacción que existe entre los gases que emite el horno con el agua que se usará para atrapar dichos gases, para esto tenemos las siguientes reacciones químicas, según los gases emitidos:



Según los ácidos obtenidos se tiene los siguientes tipos de ácidos:

Ácidos fuertes:

Aquí se encuentran el ácido sulfúrico H₂SO₄ y el ácido Nítrico HNO₃

Ácidos débiles:

Aquí se encuentran el ácido carbónico: H₂CO₃

De los ácidos generados los más críticos son el ácido sulfúrico H₂SO₄ y el ácido Nítrico HNO₃ que son los que generan corrosión en los materiales de acero de bajo carbono A36, por esta razón se elige un acero resistente a la corrosión como es el acero inoxidable.

La selección del acero inoxidable se da porque contienen aleaciones con un mínimo del 11% de cromo el cual forma sobre la superficie del acero pasivante que lo hace

resistente a la corrosión, además tiene una resistencia de aproximadamente el doble del acero al carbono.

El acero seleccionado es el acero de la serie 300 que son los aceros inoxidable austeníticos, específicamente el acero AISI 304 que el más comercial.

2.7.2.3.- *Altura del ducto.*

Se toma en cuenta lo siguiente:

- Velocidad de los gases
- Caída de presión en el ducto

a) *Caída de presión.*

Para esto se aplica la ecuación

$$\Delta P = (\rho_a - \rho_g)gh \quad [\text{Ec: 4.6}]$$

Y la ecuación, según ASHRAE, 1996, pág 30

$$\Delta P = kx\rho_g \frac{V^2}{2} \quad [\text{Ec: 4.7}]$$

Donde:

ΔP : Variación de presión en el ducto

ρ_a : densidad del aire= 0,854kg/m³

ρ_g :Densidad del gas=0,352kg/m³

g: gravedad terrestre, 9,81m/s²

h: Altura del ducto.

V: velocidad de los gases

k: factor de pérdida por fricción “para salida de gas con tiro de campana (k=1,5) y un codo a 45° que es por donde ingresa el gas al ducto desde el horno (k=0,3).

CRITERIOS DE DISEÑO

- Resistencia
- Esbeltez

1. Diseño por resistencia:

a) Peso del ducto

Peso específico del acero: $\rho_{\text{acero}}=7800$
kg/m³

Diámetro interno del ducto: Di

Espesor del ducto: e

Diámetro externo del ducto: De

Área neta: $A_{\text{neta}}= A_{\text{ext}}-A_{\text{int}}$.

$$A_{\text{ext}} = \frac{\pi D_e^2}{4}$$

[Ec: 4.9]

$$A_{\text{int}} = \frac{\pi D_i^2}{4}$$

[Ec: 4.10]

$$A_{\text{neta}} = \frac{\pi (D_e^2 - D_i^2)}{4}$$

[Ec: 4.11]

Volumen: $V=A_{\text{neta}}xL$

[Ec: 4.12]

Donde:

L: longitud del ducto

V: Volumen

A_{neta}: área neta

Peso: $P = \rho_{\text{acero}} \times V$. [Ec: 4.13]

V: Volumen

ρ_{acero} :Peso específico del acero

b) Peso de la las escalera.

Se debe tomar en cuenta todos los pesos que intervienen en el diseño como son (bridas, pernos, tuercas, empaques, tubería, inyectores, soldas, etc) se considera de 5% a 10% adicional. Además se deben agregar una carga debida al viento, según la AISC este valor debe ser un de 10 al 20% del peso total.

2. *Análisis de esbeltez*

Dado que el elemento va a trabajar a compresión es necesario revisar su esbeltez, para eso es necesario encontrar la carga crítica para las condiciones geométricas dadas, mediante la siguiente fórmula:

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \times E \times I}{L_e^2} \quad [\text{Ec: 4.28}]$$

Donde:

P_{cr} =Carga crítica

E= Módulo de elasticidad para el acero inoxidable (9.54kg/cm²)

I = Módulo de inercia (10745cm⁴)

L_e = Longitud efectiva, para las condiciones de apoyo de la columna en mención es el doble de la longitud

Si el valor calculado es mucho mayor a la carga aplicada garantiza que el ducto no colapsará.

2.7.2.4.- Pernos en bridas de unión.

Los pernos van a trabajar a corte, por lo que según la AISC el límite de fluencia para corte es el 60% del valor total del S_y , es decir:

$$S_{yc}=0.6S_y$$

Cuando se seleccionan pernos se debe tomar en cuenta que se generan 3 efectos:

- Efecto de esfuerzo de corte
- Efecto de tracción pura en el material base
- Efecto de empuje o desgarramiento.

Para el efecto de esfuerzo de corte se tiene el siguiente cálculo

$$F_{\delta} = \frac{S_{yc}}{FS} \quad [\text{Ec: 4.29}]$$

Donde:

F_{δ} =Esfuerzo de corte

S_{yc} =Límite de fluencia al corte

FS =Factor de seguridad (2.2)

Para el efecto de tracción pura en el material base

Se debe cumplir que:

$$f_t < F_t \quad [\text{Ec: 4.32}]$$

Donde:

f_t : Esfuerzo de tracción

F_t : Esfuerzo de tracción permisible.

Para el efecto de empuje o desgarramiento

Se debe cumplir que:

$$f_a < F_a \quad [\text{Ec: 4.33}]$$

Se tiene la siguiente fórmula:

$$f_a = \frac{P_t}{A_{\text{empuje}}} \quad [\text{Ec: 4.34}]$$

Donde:

f_a : Esfuerzo de compresión

P_t : Fuerza actuante

F_a : Esfuerzo permisible de compresión

A_{empuje} : Area de empuje

El **área de empuje** se calcula de la siguiente forma:

Perímetro de contacto: $P = \pi x d / 2$

Area de empuje = #agujeros $\times P \times$ espesor

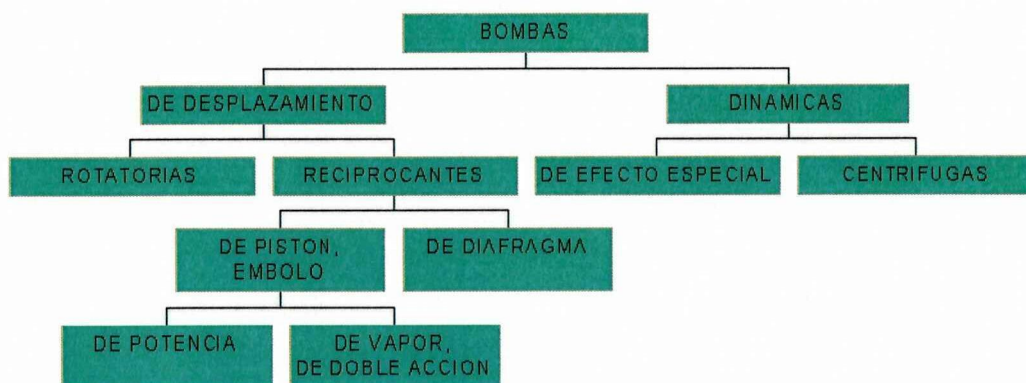
$$F_a = S_{y_{\text{tensión}}} / 1.66$$

2.7.3.- Bombas

Una bomba es un dispositivo que transfiere energía mecánica a un fluido. La energía que se imprime al fluido es usada generalmente para transportarlo a lugares más elevados o para aumentarle la presión a éste de manera indirecta (recuerde que la presión la genera la resistencia al flujo, no la bomba directamente).

- Un medio que le suministre potencia para funcionar, generalmente un motor eléctrico.
- Una salida (descarga)
- Una entrada (intake)

a) Tipos de Bombas



- **Dinámicas**, en las cuales se añade energía continuamente, para incrementar las velocidades de los fluidos dentro de la máquina a valores mayores de los que existen en la descarga, de manera que la subsecuente reducción en velocidad dentro, o más allá de la bomba, produce un incremento en la presión.

Las bombas dinámicas pueden, a su vez, subdividirse en otras variedades de bombas centrífugas y de otros efectos especiales.

- **De Desplazamiento**, en las cuales se agrega energía periódicamente mediante la aplicación de fuerza a uno o más límites móviles de un número deseado de volúmenes que contienen un fluido, lo que resulta en un incremento directo en presión hasta el valor requerido para desplazar el fluido a través de válvulas o aberturas en la línea de descarga.

Las bombas de desplazamiento se dividen esencialmente en los tipos reciprocantes y rotatorios, dependiendo de la naturaleza del movimiento de los miembros que producen la presión.

Las bombas centrífugas prevén su nombre al hecho de que elevar el líquido por la acción de la fuerza centrífuga, que la imprime un rotor, colocado en su interior, el cual es accionado por un motor eléctrico. Un físico francés fue el primero que ideó

las características esenciales de este tipo de bomba, la cual ha ido evolucionando a través de numerosos patentes. Toda una centrífuga, consta de un rotor de pocos a la vez fijos, el cual gira dentro de la caja envolvente, generalmente de forma espiral. El líquido proveniente de la cañería en que la por el centro del rotor, al girar bruscamente a la masa líquida una fuerza centrífuga, que lo hace salida que los canales situados entre los alavés, y la envoltura de la caja donde progresivamente la a energía cinética de la corriente líquida se transforma en energía potencial de presión.

Figura 24. BOMBAS CENTRIFUGAS



Realizado por: Diana Copara y Diego Vargas, investigadores

Las bombas centrífugas, debido a sus características, son las bombas que más se aplican en la industria. Las razones de estas preferencias son las siguientes:

- Son aparatos giratorios.
- No tienen órganos articulados y los mecanismos de acoplamiento son muy sencillos.
- La impulsión eléctrica del motor que la mueve es bastante sencilla.
- Para una operación definida, el gasto es constante y no se requiere dispositivo regulador.
- Se adaptan con facilidad a muchas circunstancias.

Aparte de las ventajas ya enumeradas, se unen las siguientes ventajas económicas:

- El precio de una bomba centrífuga es aproximadamente $\frac{1}{4}$ del precio de la bomba de émbolo equivalente.
- El espacio requerido es aproximadamente $\frac{1}{8}$ del de la bomba de émbolo equivalente.
- El peso es muy pequeño y por lo tanto las cimentaciones también lo son.
- El mantenimiento de una bomba centrífuga sólo se reduce a renovar el aceite de las chumaceras, los empaques de la presa-estopa y el número de elementos a cambiar es muy pequeño.

b) Funcionamiento de las bombas centrífugas.

Las bombas centrífugas mueven un cierto volumen de líquido entre dos niveles; son pues, máquinas hidráulicas que transforman un trabajo mecánico en otro de tipo hidráulico.

Los elementos constructivos de que constan son:

- Una tubería de aspiración, que concluye prácticamente en la brida de aspiración.
- El impulsor o rodete, formado por una serie de alabes de diversas formas que giran dentro de una carcasa circular. El rodete va unido solidariamente al eje y es la parte móvil de la bomba. El líquido penetra axialmente por la tubería de aspiración hasta el centro del rodete, que es accionado por un motor, experimentando un cambio de dirección más o menos brusco, pasando a radial, (en las centrífugas), o permaneciendo axial, (en las axiales), adquiriendo una aceleración y absorbiendo un trabajo.

Los alabes del rodete someten a las partículas de líquido a un movimiento de rotación muy rápido, siendo proyectadas hacia el exterior por la fuerza centrífuga, de forma que abandonan el rodete hacia la voluta a gran velocidad, aumentando su presión en el impulsor según la distancia al eje. La elevación del líquido se produce por la

reacción entre éste y el rodete sometido al movimiento de rotación; en la voluta se transforma parte de la energía dinámica adquirida en el rodete, en energía de presión, siendo lanzados los filetes líquidos contra las paredes del cuerpo de bomba y evacuados por la tubería de impulsión.

La carcasa, (voluta), está dispuesta en forma de caracol, de tal manera, que la separación entre ella y el rodete es mínima en la parte superior; la separación va aumentando hasta que las partículas líquidas se encuentran frente a la abertura de impulsión; en algunas bombas existe, a la salida del rodete, una directriz de alabes que guía el líquido a la salida del impulsor antes de introducirlo en la voluta.

- Una tubería de impulsión.- La finalidad de la voluta es la de recoger el líquido a gran velocidad, cambiar la dirección de su movimiento y encaminarle hacia la brida de impulsión de la bomba.

La voluta es también un transformador de energía, ya que disminuye la velocidad (transforma parte de la energía dinámica creada en el rodete en energía de presión), aumentando la presión del líquido a medida que el espacio entre el rodete y la carcasa aumenta.

2.7.3.1.- Selección de la bomba.

Para seleccionar se deben tomar en cuenta los siguientes parámetros:

- Disolvente
- Inyectores
- Caudal a transportarse
- Presión de trabajo

a) Disolvente

Según el Manual del Ingeniero Químico de Perry 2001(pág. 14)

Se recomienda usar líquidos en los que la solubilidad del gas sea elevada para que la cantidad del líquido no sea elevada, además el líquido no debe ser volátil, de bajo precio, estable, no viscoso, no espumante, no inflamable y no corrosivo.

Con estos antecedentes el agua cumple la mayoría de los requisitos excepto la condición de no ser corrosivo, pero para este parámetro se puede subsanar con la elección del material adecuado. A parte de esto el agua al reaccionar con los gases da lugar a otros compuestos como se verá más adelante.

b) Inyectores

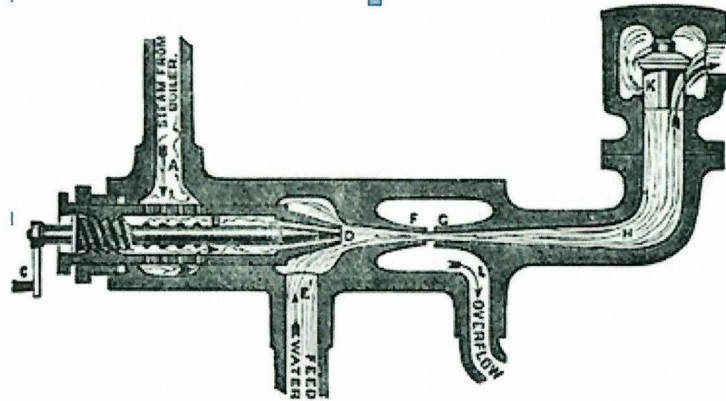
Los inyectores sirven para pulverizar el agua que va a tener contacto con los gases del horno y hacer que estos se precipiten por gravedad.

Un **inyector** es un dispositivo utilizado para bombear fluidos utilizando el efecto Venturi. Utiliza un fluido a alta presión que sale por una boquilla a alta velocidad y baja presión convirtiendo su energía potencial en energía cinética.

En esta zona de baja presión se mezcla con el fluido que se quiere bombear y le imparte energía cinética (velocidad). A continuación ambos fluidos mezclados entran por otra boquilla donde la energía cinética vuelve a convertirse en potencial, disminuyendo la velocidad y aumentando la presión. El fluido bombeado puede ser o líquido o gaseoso y, en algunos casos puede llevar sólidos en suspensión.

En todos los casos el fluido propulsor y el bombeado salen totalmente mezclados a la salida del inyector.

Figura 25. INYECTOR



Realizado por: Diana Copara y Diego Vargas, investigadores

A- Vapor a alta presión procedente de la caldera, B- Válvula de aguja, C- Manija de la válvula de aguja, D- Aquí se mezclan el vapor y el agua, E- Entrada de agua, F- Cono de mezcla, G- Boquilla y cono de salida, H- Cavidad y tubo de salida, K- Válvula anti-retorno.

c) Caudal

El caudal de una bomba está determinado por la siguiente relación:

$$\text{CAUDAL} = \text{CILINDRADA} * \text{VELOCIDAD}$$

El caudal así obtenido es llamado caudal teórico, que es simplemente superior al caudal real en función del rendimiento volumétrico de la bomba, es decir de las fugas internas de la misma. Se define el rendimiento volumétrico como la relación entre el caudal real y el caudal teórico.

Este rendimiento volumétrico oscila entre el 80 y el 99% según el tipo de bomba, su construcción y sus tolerancias internas, y según las condiciones específicas de velocidad, presión, viscosidad del fluido, temperatura, etc. El rendimiento total de una bomba es el producto de sus rendimientos volumétrico y mecánico. El

rendimiento total de una bomba nueva puede oscilar entre el 50 y el 90%, valores que disminuirán con el uso y el desgaste de los elementos de estanqueidad interna propia de la bomba.

d) Presión de trabajo

Todos los fabricantes otorgan a sus bombas un valor denominado presión máxima de trabajo, algunos incluyen las presiones de rotura o la presión máxima intermitente, y otros adjuntan la gráfica de presión /vida de sus bombas. Estos valores los determina el fabricante en función de una duración razonable de la bomba trabajando en condiciones determinadas.

El valor de la presión máxima de trabajo suele calcularse para una vida de 10000 horas; en algunos casos se especifican también las presiones máximas intermitentes o puntales.

Para determinar la potencia del motor de la bomba se usará la siguiente fórmula:

$$P_{teórica} = H_B * \rho * g * Q_T \quad [Ec: 4.50]$$

Donde:

H_B = Altura dinámica (carga de trabajo de la bomba) g =gravedad = 9,8m/s²

Q_T =Caudal total

ρ = Densidad del fluido = 1000kg/m³

La potencia real se calcula en base a la siguiente fórmula:

$$P_{real} = \frac{P_{teórica}}{\eta} \quad [Ec: 4.51]$$

La altura dinámica o carga se determinará usando la siguiente fórmula:

$$H_B = h_{f_{total}} + \left[\frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 \right] - \left[\frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 \right] \quad [\text{Ec: 4.52}]$$

Donde:

H_{ftotal} = Pérdida de carga

P_2 = Presión en la salida del inyector = 3 bar = $3 \times 10^5 \text{ N/m}^2$

V_2 = Velocidad del flujo

Z_2 = Altura de los inyectores respecto a la bomba

P_1 = Presión en el nivel de toma de agua de la bomba en la cisterna = 0 m/seg

Z_1 = Altura de la toma de agua hacia la bomba desde la cisterna = 0 m.

Para el cálculo de la pérdida de carga en el recorrido del agua de la tubería.

Se empleará la siguiente fórmula:

$$h_{fTOTAL} = \frac{(f \cdot Leq \cdot V_2^2)}{2D \cdot g} \quad [\text{Ec: 4.53}]$$

Donde:

f: Coeficiente de fricción.

Leq: Longitud equivalente.

D: Diámetro interior de la tubería.

V_2 : Velocidad de flujo de agua.

g : Coeficiente de gravedad.

2.7.4.- Tuberías y Accesorios

La hidráulica no sólo se preocupa hoy en día del transporte de fluidos. Mecanismos hidráulicos y neumáticos se usan frecuentemente para el control de maquinaria y varios otros equipos. Las tuberías se utilizan también como elementos estructurales tales como columnas y barandas.

2.7.4.1.- Clases de tuberías.

- **Tubería de acero y hierro dulce:** Se utiliza para altas presiones y temperaturas, generalmente transporta agua, vapor, aceites y gases. Esta tubería se especifican por el diámetro nominal, el cual es siempre menor que el *diámetro interior (DI)* real de la tubería. De manera general tiene tres clases: “estándar” (Schedule 40), extrafuerte (Schedule 80) y doble extrafuerte.
- **Tuberías de hierro fundido:** Este tipo de tuberías se instala frecuentemente bajo tierra para transportar agua, gas y aguas negras (drenaje); aunque también se utiliza para conexiones de vapor a baja presión. Los acoplamientos de tuberías de hierro fundido generalmente son del tipo de bridas o del tipo campana y espigo.
- **Tuberías sin costura de latón y cobre:** Estas se usan extensamente en instalaciones sanitarias debido a sus propiedades anticorrosivas. Tienen el mismo diámetro nominal de las tuberías de acero y hierro, pero el espesor de sus paredes es menor.
- **Tuberías de cobre:** Se usan en instalaciones sanitarias y de calefacción en donde hay que tener en cuenta la vibración y el des alineamiento como factores de diseño, por ejemplo en diseño automotriz, hidráulico y neumático.
- **Tuberías plásticas:** Estas tuberías se usan extensamente en industria química debido a su resistencia a la corrosión y a la acción de sustancias químicas.

Son flexibles y se instalan muy fácilmente pero no son recomendables para instalaciones en donde haya calor o alta presión.

2.7.4.2.- Accesorios de tuberías.

Accesorios: Son las piezas que se usan para unir tramos de tuberías. Su uso puede ser para cambiar de diámetro o de dirección y para unir tramos de tuberías o suministrar unión de tuberías en bifurcaciones. Se agrupan en tres clases generales: roscados, soldados y de bridas; aunque también puede agruparse particularmente por su uso, es decir: tuberías de hierro fundido, de cobre y para tubos de plástico.

Los accesorios se especifican por el diámetro nominal de la tubería, el nombre del accesorio y el material. Ejemplo una T usa diferentes diámetros de unión por lo que habrá de especificar la apertura de mayor diámetro del ramal principal, seguido por la apertura opuesta y finalmente la salida.

- **Accesorios Roscados:** Se usan generalmente en instalaciones de tuberías de 2 ½ pulgadas de diámetro, o menos. Se usa un compuesto (aceite y plomo) en las conexiones roscadas como lubricante y para sellar cualquier irregularidad. La rosca normalizada americana es de dos clases: *cónica y paralela*.
- **Accesorios soldados:** Se usan cuando las conexiones deben ser permanentes y en líneas de alta presión y temperatura. Otras ventajas sobre los accesorios de bridas o roscados son: las tuberías soldadas son más fáciles de aislar, se pueden colocar más cerca las unas de las otras y pesan menos.
- **Accesorios de bridas:** Proporcionan una forma rápida de desarmar tuberías. Las bridas se unen a los extremos de las tuberías por medio de soldadura, rosca o solapándolas. Las caras de las bridas se acoplan entonces por medio de pernos, cuyo tamaño y espaciamiento se determina por el tamaño y presión de trabajo de acoplamiento.

2.7.4.3.- Válvulas.

Figura 26. VALVULA



Realizado por: Diana Copara y Diego Vargas, investigadores

Las válvulas se usan en sistemas de tuberías para parar o regular el flujo de fluidos y gases.

- **Válvula de compuerta:** Se usan para controlar el flujo de líquidos. La cuña, o compuerta, se levanta para permitir un flujo completo, sin obstrucciones y se baja para pararlo completamente. Se usan generalmente cuando la válvula es poco frecuente, y no se deben usar para estrangulamiento o control de cierre.
- **Válvula de globo:** Se usa para controlar el flujo de líquido o gases. En las válvulas de globo se efectúan dos cambios en la dirección del flujo, la cual reduce ligeramente la presión en el sistema.
- **Válvulas de retención:** Las válvulas de retención permiten el flujo en una dirección pero impiden el flujo en la dirección contraria. Operan por medio de la presión y velocidad del flujo únicamente y no tiene medios externos de operación.

2.7.5.- Sistema De Control Eléctrico

Según el libro de la BIBLIOTECA DEL INSTALADOR ELECTRICISTA “Interpretación De Planos Y Esquemas Eléctricos, Aparamenta Eléctrica” define que:

Un sistema eléctrico de aspecto comercial e industrial está formado por cargas inductivas, resistivas y capacitivas pasándose a llamarse actuadores o receptores, capaces de generar una fuerza de trabajo a partir de la circulación de un líquido, energía eléctrica o aire (gas) y los elementos actuadores pueden ser, solenoides, motores eléctricos, cilindros neumáticos e hidráulicos y electroimanes etc.

2.7.5.1.- Motores eléctricos.

Según el manual de SCHNEIDER ELECTRIC “Tecnologías de Control Industrial” define que:

Los motores eléctricos son máquinas eléctricas que transforman la energía eléctrica en energía mecánica de rotación y son utilizados para accionar diferentes máquinas y mecanismos utilizados en el sector industrial, agrícola, en las telecomunicaciones, etc.

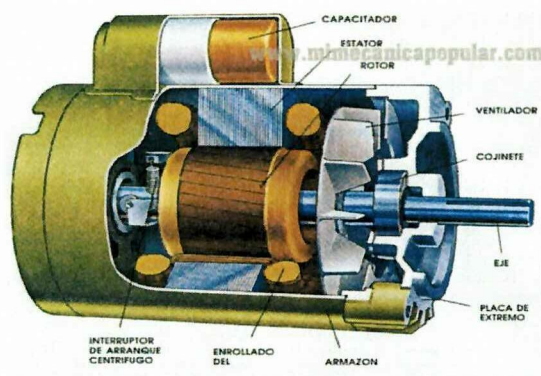
- ***Motores Asíncrónicos Jaula De Ardilla***

Según el manual de SCHNEIDER ELECTRIC “Tecnologías de Control Industrial” define que:

Los motores jaula de ardilla constan de un estator bobinado, un rotor construido por una serie de barras conductoras y anillos extremos (de Cu o Al) que están cortocircuitados formando una jaula de ardilla que es rellenada con chapas metálicas (hierro al silicio), y además tienen tapas donde aloja los cojinetes; de esta manera se consigue un sistema n-fásico de conductores (siendo

n el número de conductores) situados en el interior del campo giratorio, formándose así un motor muy eficaz, simple y robusto.

Figura 27. MOTOR ASINCRÓNICO JAULA DE ARDILLA



Realizado por: Diana Copara y Diego Vargas, investigadores

a) Principios De Funcionamiento Del Motor Asincrónico Jaula De Ardilla.

Según el libro de la BIBLIOTECA DEL INSTALADOR ELECTRICISTA “Conceptos Básicos, Electrotecnia, Materiales Eléctricos” define que:

El principio de funcionamiento de estos motores se basa en el electromagnetismo, el motor al ser alimentado con la energía eléctrica AC, hace que la corriente eléctrica circule por los devanados del estator que están desfasados a 120° en donde se genera un campo magnético llamado f.e.m (fuerza electromagnética) el mismo que es inducido hacia las bobinas del rotor para crear otro campo magnético hasta que alcance la velocidad nominal N_s y mantenerlo girando.

b) Conexiones de los Motores Asíncronos Jaula De Ardilla.

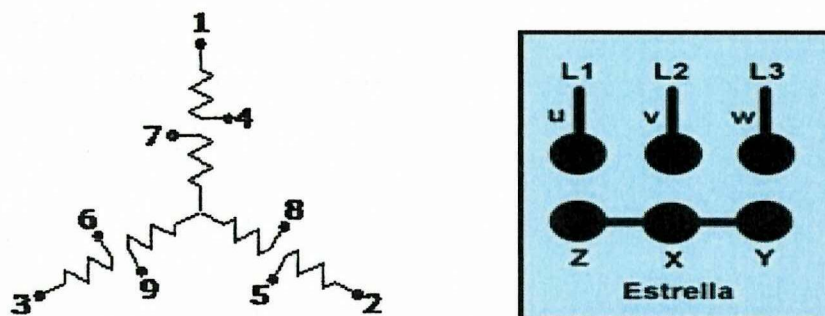
Según el libro de la BIBLIOTECA DEL INSTALADOR ELECTRICISTA “Conceptos Básicos, Electrotecnia, Materiales Eléctricos” dice que:

Los motores jaula de ardilla trifásicos están provistos de tres arrollamientos en el estator con igual número de bobinas en sus ranuras; las bobinas están conectadas formando tres arrollamientos independientes para cada fase, pudiéndose conectar en estrella o triángulo.

▪ **Conexión Estrella “Y”**

En la conexión estrella, los finales de cada fase están unidos conjuntamente en un punto común, como se detalla en la figura.

Figura 28. CONEXIÓN EN ESTRELLA



Realizado por: Diana Copara y Diego Vargas, investigadores

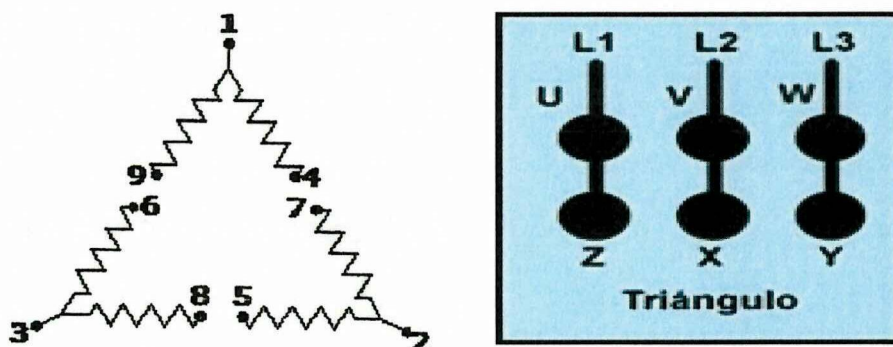
Tabla 13. FORMA DE CONEXIÓN DE LAS BOBINAS EN ESTRELLA

Tensión	U(L1)	V(L2)	W(L3)	Interconectado			Conexión
				4-7	5-8	9-6	
Alta	1	2	3	4-7	5-8	9-6	Y
Baja	1-7	2-8	3-9	4-5-6			Y-Y

- **Conexión Triángulo “ Δ ”**

En la conexión triángulo, el final de cada fase está unido al principio de la siguiente; formando así un punto de unión o vértice que va conectado a la red de alimentación, como se observa en la siguiente figura 29.

Figura 29. CONEXIÓN EN TRIÁNGULO



Realizado por: Diana Copara y Diego Vargas, investigadores

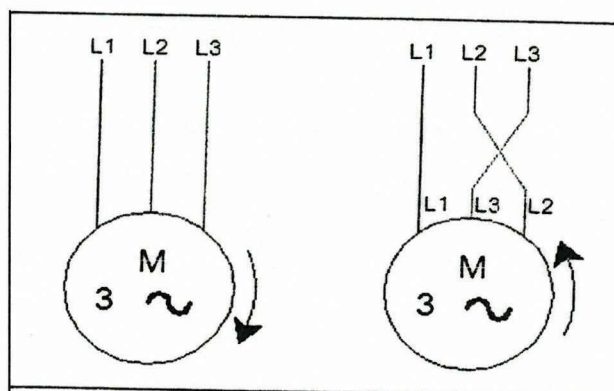
Tabla 14. FORMA DE CONEXIÓN DE LAS BOBINAS EN TRIÁNGULO

Tensión	U(L1)	V(L2)	W(L3)	Interconectado			Conexión
				4-7	5-8	6-9	
Alta	1	2	3	4-7	5-8	6-9	Δ
Baja	1-6-7	2-4-8	3-5-9	----			Δ - Δ

Realizado por: Diana Copara y Diego Vargas, investigadores

c) *Sentido de Giro Motores Asíncronos Jaula de Ardilla*

Figura 30. INVERSIÓN DEL SENTIDO DE GIRO DE MOTOR JAULA DE ARDILLA



Realizado por: Diana Copara y Diego Vargas, investigadores

El sentido de giro en los motores trifásicos con rotor en cortocircuito, depende del sentido que gire el campo magnético del estator, para lo cual, debe cambiar o permutar el orden de las tres fases de alimentación como se indica en la figura 30

2.7.5.2.- Circuito eléctrico para motores trifásicos.

Los motores eléctricos trifásicos para entrar en funcionamiento requieren de un circuito eléctrico de control y potencia que está constituido por:

- Elementos interruptores tripolares
- Elementos de protección y sobrecarga
- Elementos de maniobra

1.- Elementos Interruptores Tripolares

El manual de SCHNEIDER ELECTRIC de “tecnologías de control Industrial” enuncia que;

Los interruptores tripolares permiten la conexión y desconexión de la energía eléctrica de un circuito eléctrico, pero, además permite la protección contra los efectos de la sobre intensidad de cortocircuitos (Icc).

Por tal razón este puede ser operado de dos formas.

- Accionamiento manual para el cierre y apertura, pero sin cargas en funcionamiento; y
- Accionamiento manual para el cierre y apertura a disparo por el efecto de sobre intensidad sobre el circuito.

Pero actualmente los elementos para estas funciones están incorporados en un solo cuerpo llamados disyuntores magneto térmicos o comúnmente breakers.

1.1.- Los Disyuntores Magneto térmicos o breaker.

Según el manual de SCHNEIDER ELECTRIC de “Tecnologías de control Industrial” dice;

Los breakers son interruptores automáticos con sistema de disparo electromagnético, que tiene como función cerrar y abrir los circuitos de forma manual y además protege contra las intensidades de cortocircuito (Icc) al circuito actuando automáticamente por el disparo magnético producido por la circulación elevada de corriente en las bobinas de cada polo la cual hace que se atraiga un núcleo y se dispare automáticamente.

1.2.- Selección de los Breakers.

Los parámetros más importantes que se deben considerar para la selección de un breakers para obtener una adecuada protección son las siguientes.

- Rango de corriente nominal de protección; y
- Rango de voltaje de los contactos.

1.2.1.- Rango de Corriente Nominal.

Según la BIBLIOTECA DEL INSTALADOR ELECTRICISTA “Conceptos Básicos, Electrotecnia, Materiales Eléctricos” dice que;

El parámetro de corriente nominal es I_n de la carga o de la suma de las cargas a proteger, y se aplica las siguientes ecuaciones para calcular la corriente a proteger para la selección de los breakers.

$$I_{.prot.gen} = (2.5 * I_n \text{ Motor de } > Kw) + \Sigma I_n \text{ Motores o cargas} \quad [\text{Ec: 4.59}]$$

$$I_{.prot.ind} = 1.5 * I_n \text{ del Motor o Carga.} \quad [\text{Ec: 4.60}]$$

Donde:

$I_{.prot.gen}$ = Corriente de protección general, en unidad de amperios [A]

$I_{.prot.ind}$ = Corriente de protección individual, en unidad de amperios [A]

I_n = Intensidad nominal del motor, en unidad de amperios [A]

ΣI_n = Sumatoria de intensidades nominales del motor o cargas.

2,5 = Constante para protección general.

1,5 = Constante para protección individual.

1.2.2.- Rango de voltaje de los contactos

Es el parámetro conocido como capacidad de ruptura, que se debe considerar para la selección porque dentro del medio industrial existen diferentes valores de tensiones normalizados a ser maniobradas y en el mercado existen breakers diseñados para soportar determinado valor de tensiones.

2.- Elementos De Protección De Sobrecarga

Los elementos utilizados para proteger a los motores de los efectos sensibles de la sobrecarga son los relés térmicos y los guarda motores.

2.1.- Guardamotor

Según SCHNEIDER ELECTRIC describe que:

El guardamotor es un dispositivo de función múltiple que actúa como: seccionador, relé de protección de sobrecargas y además puede proteger de cortocircuitos y pérdidas de fase, haciendo solamente calibración de la intensidad de corriente desde un selector.

2.1.1.- Selección del Guardamotor

Para seleccionar un guarda motor para proteger un motor de sobrecargas se debe hacer con una sobrecarga de 25% de la intensidad nominal I_n y además se considera los siguientes aspectos:

a) Rango de corriente nominal de la carga

De igual manera es la corriente nominal I_n del motor o la carga a proteger

b) Corriente de sobrecarga

Es la corriente máxima a la que debe exponer el motor en un tiempo muy corto de segundos; para determinar este parámetro aplicamos la siguiente ecuación:

$$I_{prot.sobr.} = 1.25 * I_n Motor \quad [Ec: 4.61]$$

Donde:

$I_{prot.sobr.}$ = Corriente de protección de sobrecarga en unidad de amperios [A]

I_n = Corriente nominal del motor en unidad de amperios [A]

1.25 = Constante

Conocido los parámetros de la corriente de sobrecarga y utilizando la tabla de selección de guardamotors se selecciona el guardamotor.

3.- Elementos De Maniobra

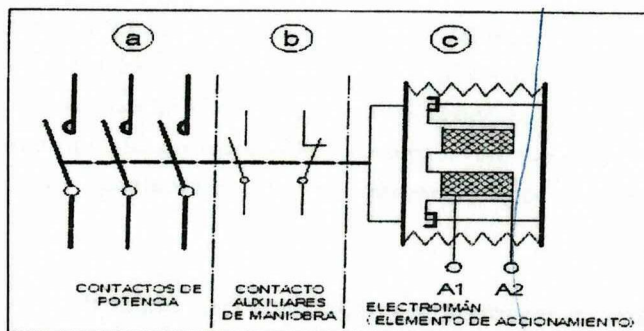
El elemento de maniobra permite energizar y des energizar a las cargas de forma eléctrica, estos elementos son sistemas de conmutación que ayudan a conseguir un resultado determinado mediante la satisfacción de una serie de condiciones. Que dependen de los diferentes órganos de mando, dando como resultado una respuesta del todo o nada. Los elementos de maniobra más comunes para el accionamiento de motores trifásicos son los contactores.

3.1.- El Contactor

Según el manual de SCHNEIDER ELECTRIC de “Tecnologías de control Industrial” dice;

El contactor es un interruptor accionado eléctricamente por medio de un electroimán que permite realizar diversas formas de maniobras, y está constituido principalmente por contactos de potencia, contactos auxiliares de maniobras y un electroimán (formado por un núcleo y bobina).

Figura 31. PARTES PRINCIPALES DE UN CONTACTOR

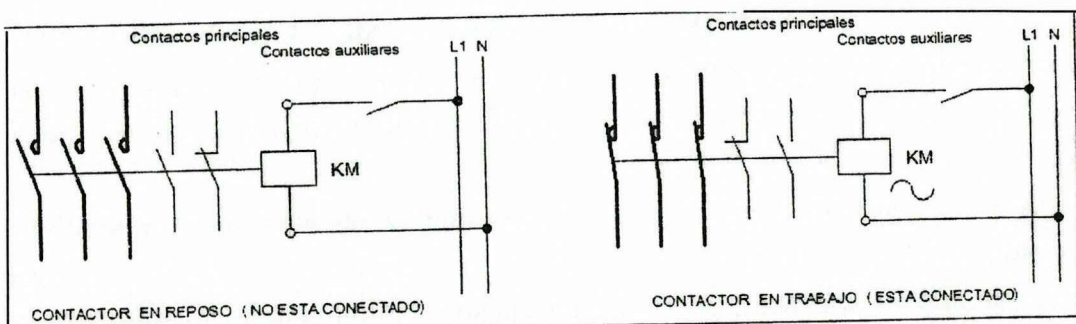


Realizado por: Diana Copara y Diego Vargas, investigadores

a) Funcionamiento

El funcionamiento del contactor consiste en crear un campo magnético cuando la bobina del electroimán está bajo la tensión electromagnética para atraer al núcleo y hacer que el contactor cierre los contactos si son NA y se abran si son NC; cuando se interrumpe la energía el circuito magnético se desmagnetiza y el contactor abre y cierra los contactos por efecto del resorte como se muestra en la figura 31.

Figura 32. POSICIONES DE FUNCIONAMIENTO DEL CONTACTOR



Realizado por: Diana Copara y Diego Vargas, investigadores

b) Selección de los Contactores

La selección de un contactor con el calibre más apropiado depende directamente de las características de cada aplicación. Una aplicación más común es para la maniobra de motores trifásicos donde el contactor debe tener la capacidad de establecer, soportar e interrumpir la corriente del receptor en condiciones de utilidades establecidas sin recalentamiento ni desgaste excesivo de los contactos.

Para la elección de capacidad adecuada para un motor de jaula de ardilla se debe tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Categoría de servicio
- Frecuencia de ciclos de maniobras
- Voltaje y frecuencia de bobinas
- Corriente de servicio
- Voltaje de servicio

1) Categoría de servicio

La categoría de servicio en la elección de contactores se refiere a las características de aplicación, según la norma IEC los contactores utilizados para la maniobra de motores de jaula de ardilla son los que pertenecen a la categoría AC3 (si el corte es a motor lanzado) o categoría AC4 (si el corte es a motor calado).

2) Frecuencia de Ciclos de Maniobras

El ciclo de maniobra se refiere a la cantidad del número de maniobras u operaciones en un período de tiempo que puede realizar un contactor.

3) *Voltaje y Frecuencia de la Bobina*

Los contactores dentro del mercado existen para diferentes voltajes establecidos, por lo que se debe seleccionar acorde al voltaje disponible en el ambiente industrial, generalmente son para 220 y 120 v AC. Y la frecuencia a la que tiene que seleccionar es 60Hz establecida en nuestro medio.

4) *Corriente de servicio*

La corriente de servicio es la corriente máxima que tiene que soportar sus contactos principales cuando el motor está trabajando a plena carga. La capacidad de intensidad de corriente que tiene que soportar los contactos está determinada en base a la corriente nominal *I_n* de la carga (motor) que está establecida en tablas establecidas por el fabricante.

5) *Voltaje de Servicio*

Es la capacidad de ruptura del voltaje que pueden soportar los contactos del contactor especificados por los fabricantes, generalmente en contactores para maniobras de motores de mediana capacidad tienen un voltaje máximo de 460 a 500 v AC.

3.2.- *Selección de pulsadores*

El pulsante debe ser bajo los siguientes parámetros:

- Tipo de contactos requeridos
- Accionamiento
- Luz piloto
- Número de posiciones
- Dimensiones físicas

Según esto el pulsante seleccionado para poner en marcha la bomba es un contacto normalmente abierto (NA).

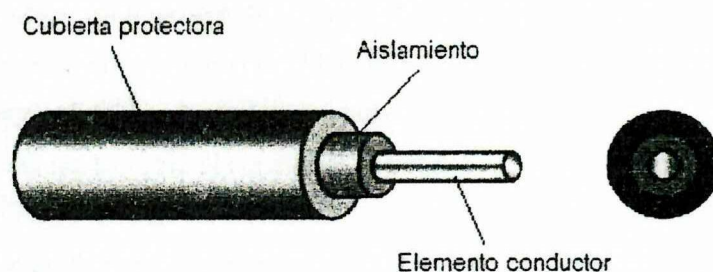
3.3.- Conductores Eléctricos

El conductor eléctrico es un elemento principal que debe tener una capacidad adecuada dentro de un circuito eléctrico.

Por lo tanto, se define que un conductor eléctrico es un cuerpo que tiene propiedades de conducir o transmitir electricidad, que está hecho de material metálico que puede ser de cobre (Cu) o aluminio(Al). Y el conductor eléctrico está formado por un conductor o alma, un material de aislamiento y adicionalmente de una cubierta protectora (PVC) dependiendo del tipo de conductor, como se ilustra en la figura 33

En el caso que los cables incluyan un solo conductor se llaman mono conductores, y si incluyen dos o más conductores aislados entre si se llaman poli conductores o multiconductores.

Figura 33. ELEMENTOS DE UN CONDUCTOR ELÉCTRICO



Realizado por: Diana Copara y Diego Vargas, investigadores

3.3.1.- Dimensionamiento de Conductores Eléctricos.

Básicamente consiste en dimensionar el área circular para la corriente necesaria que circulara por él, además se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Definir la tensión nominal del cable
- Determinar la corriente de proyecto

- Elegir el tipo de conductor y la forma de instalación
- Determinar la sección por el criterio de capacidad de conducción de corriente
- Verificar la sección por el criterio de corriente de cortocircuito
- Verificar la sección por el criterio de caída de tensión
- Verificar el cumplimiento de las secciones mínimas exigidas

Para dimensionar el conductor eléctrico se aplica las siguientes ecuaciones básicas.

$$S = \frac{\sqrt{3} * I * l * \cos \phi}{X * u} \quad [\text{Ec: 4.62}]$$

$$u = \frac{u_p * V}{100} \quad [\text{Ec: 4.63}]$$

Donde:

S= Sección del área de conductor, en unidades de área [mm²]

I= Intensidad que circula por el conductor, en unidad de amperios [A]

l= longitud del conductor en unidad de longitud [m]

X= Constante (56 para el conductor de cobre y 35 para el conductor de aluminio)

u= Caída de tensión, en unidad de voltaje [V]

u_p= Caída de tensión en porcentaje (consideramos 1,5%)

U= Voltaje entre línea, en unidad de voltaje [V]

Cos φ= constante (0.85)

100= constante

Obtenido el valor de la sección del conductor mediante el anexo D-18 de selección de conductores se determina el número del conductor expresado en AWG (American

Wire Gauge) que significa calibres de cables americanos, y mediante el anexo D-18a se determinara la clase de aislamiento del cable.

2.7.6.- Cisterna de Almacenamiento del Agua

Una **cisterna** es un depósito subterráneo que se utiliza para recoger y guardar agua de lluvia o procedente de un río o manantial. También se denomina cisterna a los receptáculos usados para contener líquidos, generalmente agua.

Los **tanques de agua** son un elemento fundamental en una red de abastecimiento de agua potable, para compensar las variaciones horarias de la demanda de agua potable. Puesto que las plantas de tratamiento de agua potable funcionan mejor si tienen poca variación del caudal tratado, conviene mantener aproximadamente constante el caudal.

Las plantas de tratamiento se dimensionan por lo tanto para que puedan producir la cantidad total de agua que la ciudad o pueblo consume a lo largo del día, y los tanques absorben las variaciones horarias: cuando hay poco consumo (como en la noche) se llenan, y cuando el consumo es máximo (como, por ejemplo, a la hora de cocinar) se vacían.

CAPÍTULO III

3.- METODOLOGÍA

3.1.- MODALIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación propuesta se basa en el método descriptivo por cuanto consiste fundamentalmente en caracterizar un fenómeno o situación concreta indicando sus rasgos más peculiares o diferenciadores. Al utilizar este tipo de investigación se ayudará a desarrollar una representación por partes de los requerimientos de la planta de fundición para la emanación de gases y así crear especificaciones del diseño.

También se basa en el método experimental porque el investigador ya tiene una hipótesis de trabajo que se pretende comprobar; además, se conoce y controla una serie de variables que tienen relación con la hipótesis y que servirá para explicar el fenómeno. Para así tener una mejor visión de la problemática que permitirá la verificación a través de los resultados de las hipótesis planteadas para el proyecto en mención.

Y especialmente se basa en el método científico ya que los investigadores están indagando a través de una serie de etapas para así solucionar problemas específicos. Además se realiza a partir de una hipótesis para llegar a la verificación de los resultados y por ende la comprobación de la misma.

3.2.- TIPOS DE INVESTIGACIÓN

Para el desarrollo del proyecto es necesario basarse en algunos tipos de investigaciones como son: la Investigación Descriptiva y la Experimental.

3.2.1.- Investigación Descriptiva.

Consiste fundamentalmente en caracterizar un fenómeno o situación concreta indicando sus rasgos más peculiares o diferenciadores. Al utilizar este tipo de investigación se ayudará a desarrollar una representación por partes de los requerimientos de la planta de fundición para la emanación de gases y así crear especificaciones del diseño.

3.2.2.- Investigación Experimental.

El investigador ya tiene una hipótesis de trabajo que se pretende comprobar; además, se conoce y controla una serie de variables que tienen relación con la hipótesis y que servirá para explicar el fenómeno.

3.3.-POBLACIÓN Y MUESTRA

Tabla 15. POBLACIÓN

INVOLUCRADOS	NÚMERO
Administradores CEDAL	10
Trabajadores CEDAL	25
Moradores alrededores CEDAL	150
TOTAL	196

Elaborado por: DIANA COPARA Y DIEGO VARGAS, investigadores

3.3.1.- Muestra

Para tomar el número de muestra se debe usar la siguiente fórmula; cuando la población es igual o mayor a 100 personas.

$$n = \frac{Z^2 \sigma^2 N}{(N-1) E^2 + Z^2 \sigma^2} \quad [\text{Ec: 4.64}]$$

Donde:

n= es el tamaño de la muestra

Z= nivel de confianza (1.96)

σ = 0.5 varianza

N= número de la población

E= es la precisión o error (0.06)

MUESTRA DE LOS MORADORES ALREDEDORES CEDAL = 150

$$n = \frac{(1.96)^2 (0.5)^2 (150)}{(150-1) (0.06)^2 + (1.96)^2 (0.5)^2}$$

$$n = \frac{(3.8416) (0.25) (150)}{(149) (0.0036) + (3.8416) (0.25)}$$

$$n = \frac{144.06}{0.5364 + 0.9604}$$

$$n = 96.24$$

Los moradores encuestados serán= 96 pero tomaremos 100

Tabla 16. POBLACIÓN TOTAL ESTIMADA

INVOLUCRADOS	NÚMERO
Administradores CEDAL	10
Trabajadores CEDAL	25
Moradores alrededores CEDAL	100
TOTAL ENCUESTADOS SERÁN	135

Elaborado por: DIANA COPARA Y DIEGO VARGAS, investigadores

3.4.- TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

La encuesta es una técnica cuantitativa, que consiste en una investigación realizada sobre una muestra de sujetos representativa de un colectivo amplio que se lleva a cabo en el contexto de la vida cotidiana, utilizando procedimientos estandarizados de interrogación con el fin de conseguir mediciones cuantitativas sobre una gran cantidad de características objetivas y subjetivas de la población.

El objetivo de la encuesta puede variar desde recopilar información para definir el problema, hasta obtener información para probar una hipótesis.

Se plantearán encuestas a administradores, trabajadores de CEDAL y moradores de los sectores colindantes para obtener información del problema y dar una posible solución a la misma. (Anexo C-1 Y Anexo C-2) Y además se analizará resultados de mediciones en fuente fija.

3.5.- PLAN DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Para comprobar la hipótesis se realizó los siguientes cuestionarios que están dirigidos a treinta y cinco personas diez administradores y veinte y cinco trabajadores de la empresa, servirá para saber si es necesario e importante diseñar el lavador de gases para disminuir en gran porcentaje la emanación de gases quemados hacia el medio ambiente.

El modelo de las encuestas respectivas aplicadas está disponible en el **ANEXO C-1 y C-2**, la misma que consta la primera de nueve preguntas y la segunda de seis preguntas y son de tipo cerradas debido a que sus datos son de fácil procesamiento.

A continuación se presenta los resultados y análisis de las encuestas realizadas a los moradores aledaños a la fábrica CEDAL.

3.5.1.- Caracterización de Emisiones Gaseosas en Fuentes Fijas de Combustión

Las mediciones se hicieron con las fuentes fijas funcionando en régimen estacionario y en condiciones de operación normales.

Para el monitoreo se utilizó equipo *electroquímico*, que mantiene metodologías aprobadas y validadas por la EPA y aprobadas por TULAS, para la determinación de los contaminantes a través de celdas electroquímicas para la detección de O₂, CO₂, CO, SO₂, NO_x. Los procedimientos de monitoreo se basaron en metodologías nacionales e internacionales y en las especificadas dadas por los fabricantes de los equipos utilizados.

Para el muestreo de material particulado se aplicó el procedimiento interno del laboratorio (Lab-CC-MC-PTE-012) que se base en el método de referencia: EPA: MÉTODOS 1, 2, 3, 4 Y 5, y que consiste en tomar una muestra de los gases que circulan por la chimenea, succionándolos de la fuente isocinéticamente, con una bomba que los hace pasar a través de un filtro de fibra de vidrio para retener y coleccionar las partículas (El filtro se mantiene a Temperaturas de entre 120 +/- 14 °C). Previamente el gas muestreado pasa por unos burbujeadores, en un baño de hielo, para

condensar toda la humedad del gas. De acuerdo con el volumen de gases muestreado y el volumen de agua recolectada se determina el porcentaje de humedad de los gases.

El material particulado, que incluye cualquier material que se condensa a la temperatura de filtración, es determinado gravimétricamente después de la remoción del agua no combinada.

El muestreo isocinético, significa que la muestra debe tomarse cumpliendo con el requisito de no generar una separación mecánica del material particulado con respecto al gas portador, en otras palabras la toma de la muestra debe realizarse a la misma velocidad en que son transmitidos los contaminantes en el ducto de muestreo. Para asegurar esta condición se escoge la boquilla de muestreo correspondiente a la velocidad de los gases, para así modificar la velocidad de succión y garantizar que el índice de isocineticismo se encuentre en un rango de 100% +/- 10 %.

Tabla 17. RESULTADOS DE EMISIONES GASEOSAS EN CEDAL

PARÁMETRO	RESULTADOS PROMEDIOS DEL ANALISIS DE EMISIONES		RESULTADOS EN UNIDADES NORMA (mg/m ³) gas seco	VALORES DE NORMA (mg/m ³) gas seco	OBSERVACIONES
CO ₂	400	ppm		< 330ppm	no cumple
CO	106	ppm	15594.5	<12000	no cumple
SO ₂	5	ppm	1800	< 1650	no cumple
NO _x	4	ppm	800	< 700	no cumple
PARTÍCULAS	0.0089	g/m ³ gas seco	1046.4	< 355	no cumple

Elaborado por: DIANA COPARA Y DIEGO VARGAS, investigadores

3.6.- PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

A continuación se presenta los resultados de las encuestas realizadas a LOS MORADORES DE LOS ALREDEDORES DE LA FÁBRICA CEDAL.

Tabla 18. PRESENTACIÓN DE DATOS DE LA ENCUESTA

OPCIÓN	FRECUENCIA		%	
	SI	NO	SI	NO
Pregunta 1	70	30	70%	30%
Pregunta 2	10	90	10%	90%
Pregunta 3	5	95	5%	95%
Pregunta 4	100	0	100%	0%
Pregunta 5	90	10	90%	10%
Pregunta 6	80	20	80%	20%
Pregunta 7	85	15	85%	15%
Pregunta 8	60	40	60%	40%
Pregunta 9	100	0	100%	0%

Fuente: Encuestas

Realizado por: Diana Copara y Diego Vargas, investigadores

A continuación se presenta los resultados de las encuestas realizadas a los ADMINISTRADORES Y TRABAJADORES LA FÁBRICA CEDAL.

Tabla 19. PRESENTACIÓN DE DATOS DE LA ENCUESTA

OPCIÓN	FRECUENCIA		%	
	SI	NO	SI	NO
Pregunta 1	35	0	100%	0%
Pregunta 2	25	10	72%	28%
Pregunta 3	18	17	52%	48%
Pregunta 4	35	0	100%	0%
Pregunta 5	30	5	86%	14%
Pregunta 6	25	10	72%	28%

Fuente: Encuestas

Realizado por: Diana Copara y Diego Vargas, investigadores

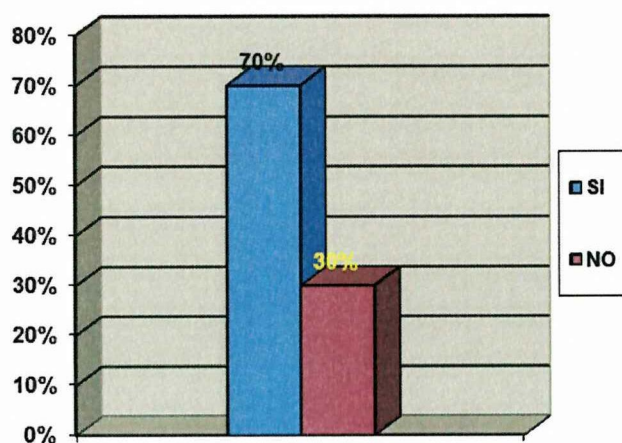
3.6.1.- Interpretación De Datos

ANÁLISIS DE LA PREGUNTA N.-1

Pregunta 1.

¿Cree usted que el problema medioambiental es un problema que involucra a toda la ciudadanía?

Figura 34. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA 1ra PREGUNTA



Realizado por: Diana Copara y Diego Vargas, investigadores

Análisis:

De 100 moradores encuestados, 70 personas manifiestan que (SI) está involucrada toda la ciudadanía en este problema, lo cual corresponde a un 70%; y 30 responden que (NO), lo cual incumbe a un 30%.

Interpretación:

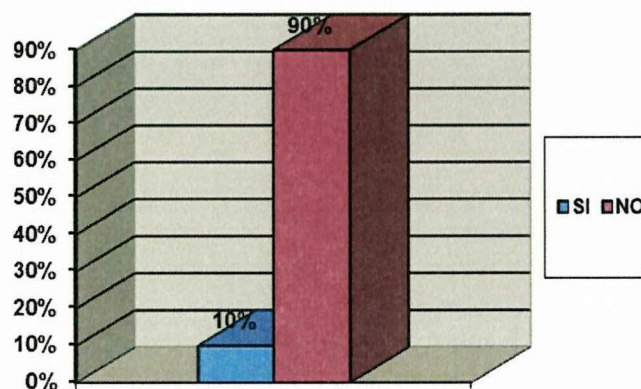
Un alto porcentaje de los moradores encuestados están de acuerdo que la contaminación ambiental es un problema que involucra a la ciudadanía; ya que de una u otra manera causan algún daño indirectamente al medio que les rodea.

ANÁLISIS DE LA PREGUNTA N.-2

Pregunta 2.

¿Conoce usted qué es, y para qué sirve un lavador de gases?

Figura 35. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA 2da PREGUNTA



Realizado por: Diana Copara y Diego Vargas, investigadores

Análisis:

De 100 moradores encuestados, 10 personas manifiestan que (SI) conocen su uso, lo cual corresponde a un 10%; y 90 responden que (NO) conocen, lo cual se relaciona a un 90%.

Interpretación:

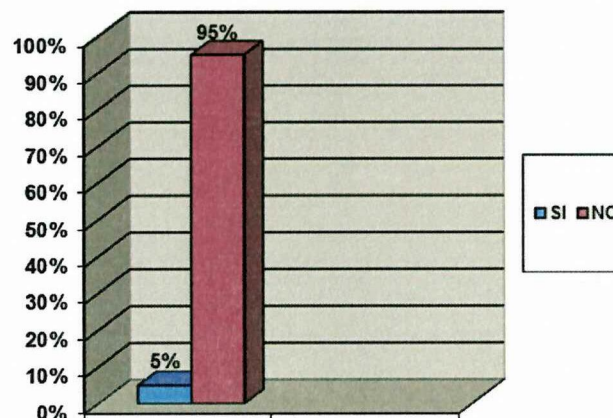
La mayoría de los moradores encuestados afirman que no conocen un lavador de gases mucho menos su uso en la industria.

ANÁLISIS DE LA PREGUNTA N.- 3

Pregunta 3.

¿Sabe usted que grado de contaminación produce la planta de fundición de la empresa CEDAL?

Figura 36. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA 3ra PREGUNTA



Realizado por: Diana Copara y Diego Vargas, investigadores

Análisis:

De 100 moradores encuestados, 5 personas manifiestan que (SI) tienen un claro conocimiento, lo cual corresponde al 5%; y 95 responden que (NO) conocen, lo cual corresponde a un 95%.

Interpretación:

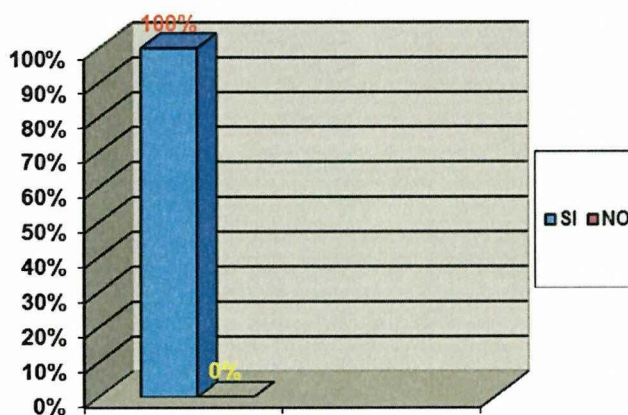
La mayor parte de los moradores encuestados no conoce los porcentajes de contaminación por este motivo no saben si una industria contamina o no el aire.

ANÁLISIS DE LA PREGUNTA N.-4

Pregunta 4.

¿Está usted de acuerdo en que se diseñe un lavador de gases para la planta de fundición de la empresa CEDAL?

Figura 37. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA 4ta PREGUNTA



Realizado por: Diana Copara y Diego Vargas, investigadores

Análisis:

De 100 moradores encuestados, todas las personas manifiestan que (SI) están de acuerdo, lo cual pertenece al 100%.

Interpretación:

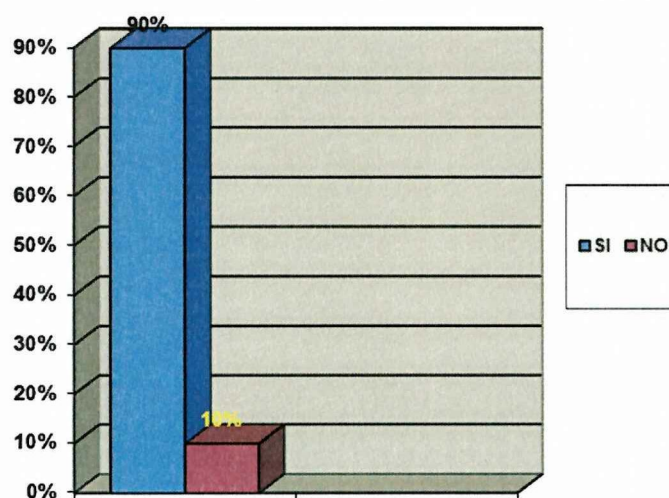
Los encuestados apoyan en su totalidad el diseño del lavador de gases ya que este será un medio útil para reducir la contaminación ambiental.

ANÁLISIS DE LA PREGUNTA N.-5

Pregunta 5.

¿Cree usted que al contribuir con el diseño del lavador de gases a la empresa CEDAL esta debe llevar a cabo su inmediata construcción?

Figura 38. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA 5ta PREGUNTA



Realizado por: Diana Copara y Diego Vargas, investigadores

Análisis:

De 100 moradores encuestados, 90 personas manifiestan que (SI) se debe construir, lo cual corresponde al 90% y 10 responden que (NO) lo deben construir, lo cual equivale un 10%.

Interpretación:

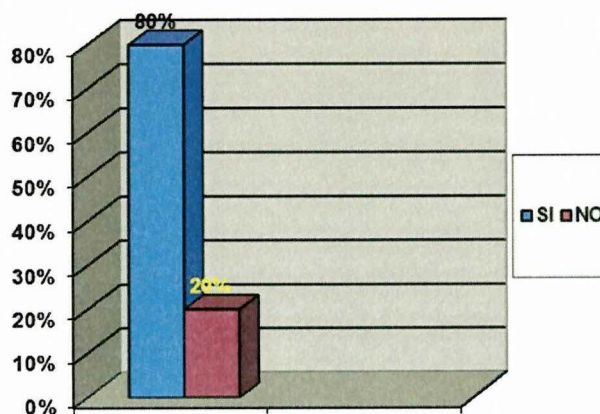
La mayoría de encuestados mencionan que se debe llevar a cabo su inmediata construcción, ya que servirá para disminuir la emanación de gases quemados por parte del horno de fundición.

ANÁLISIS DE LA PREGUNTA N.-6

Pregunta 6.

¿Cree usted que las empresas a nivel nacional y local deberían diseñar y construir lavadores de gases para reducir la emanación de gases tóxicos y de esta manera evitar la contaminación medioambiental?

Figura 39. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA 6ta PREGUNTA



Realizado por: Diana Copara y Diego Vargas, investigadores

Análisis:

De 100 moradores encuestados, 80 personas manifiestan que (SI) deben tener el lavador, lo cual corresponde un 80% y 20 responden que (NO) es necesario, lo cual corresponde un 20%.

Interpretación:

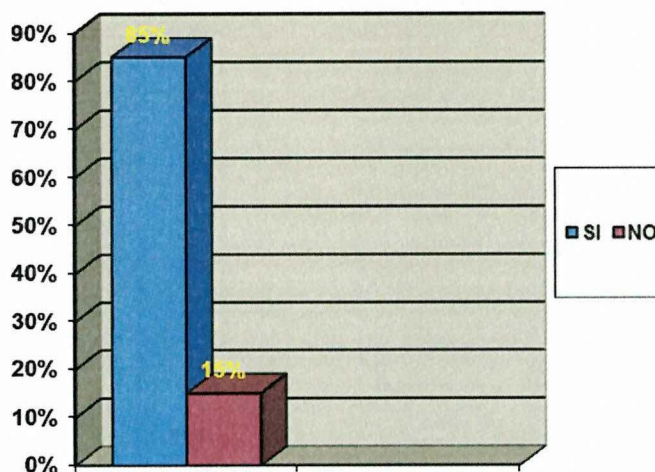
La mayoría de encuestados mencionan que el contar con un lavador de gases a nivel de industrias es de vital importancia para la conservación medioambiental.

ANÁLISIS DE LA PREGUNTA N.-7

Pregunta 7.

¿Al diseñar y construir un lavador de gases para la empresa CEDAL motivaríamos a todas las empresas en seguir los mismos pasos, para ayudar a prevenir la contaminación del aire?

Figura 40. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA 7ma PREGUNTA



Realizado por: Diana Copara y Diego Vargas, investigadores

Análisis:

De 100 moradores encuestados, 85 personas manifiestan que (SI) están de acuerdo, lo cual corresponde un 85% y 15 responden que (NO) lo creen necesario, lo cual pertenece un 15%.

Interpretación:

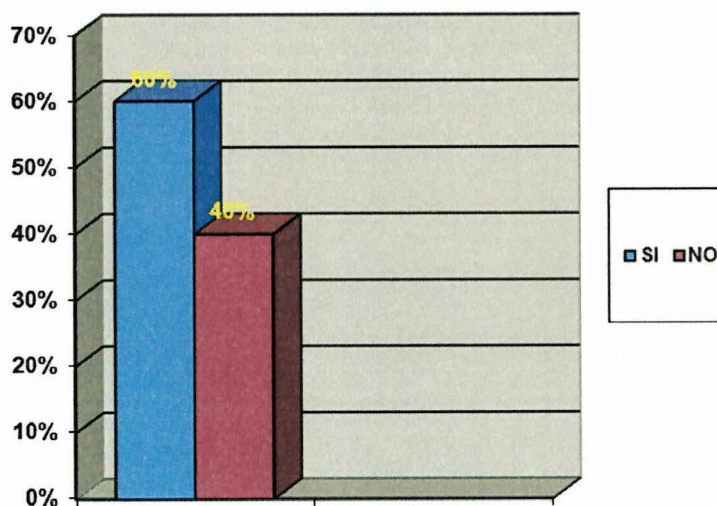
Los encuestados apoyan en gran mayoría el diseño y construcción del lavador de gases ya que este es el mejor ejemplo para las demás industrias.

ANÁLISIS DE LA PREGUNTA N.-8

Pregunta 8.

¿Al diseñar un lavador de gases e implantar su construcción por parte de la empresa CEDAL se mitigaría los inconvenientes existentes con los moradores de los sectores aledaños?

Figura 41. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA 8va PREGUNTA



Realizado por: Diana Copara y Diego Vargas, investigadores

Análisis:

De 100 moradores encuestados, 60 personas manifiestan que (SI) están de acuerdo, lo cual corresponde un 60% y 40 personas responden que (NO) es la solución, lo cual concierne un 40%.

Interpretación.

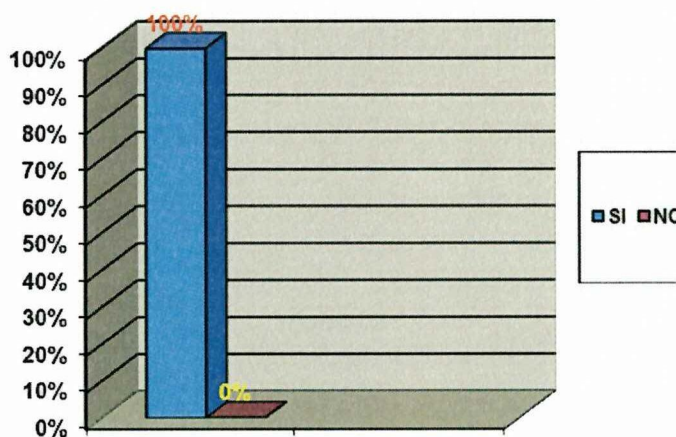
La mayoría de encuestados mencionan que la solución a los problemas con los moradores es el diseño y la implantación a futuro del proyecto.

ANÁLISIS DE LA PREGUNTA N.-9

Pregunta 9.

¿Piensa usted que el hollín emanado por parte de la planta de fundición de la empresa CEDAL afecta con el pasar del tiempo a la infraestructura del sector?

Figura 42. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA 9na PREGUNTA



Realizado por: Diana Copara y Diego Vargas, investigadores

Análisis:

De 100 moradores encuestados, todas las personas manifiestan que (SI) afecta, lo cual corresponde al 100%.

Interpretación:

Todos los encuestados mencionan que el hollín con el transcurso del tiempo puede ocasionar problemas serios a la infraestructura de los moradores.

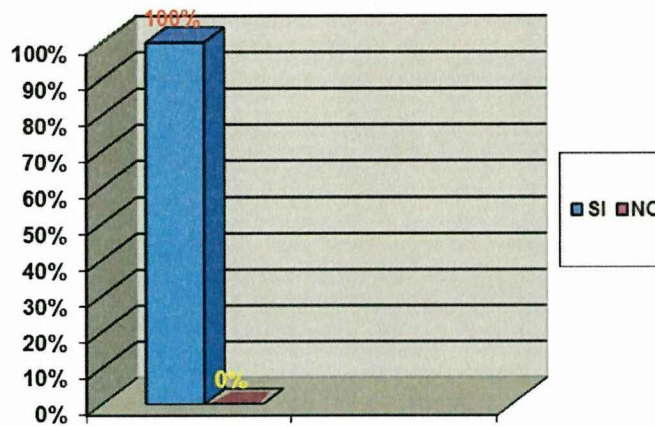
ANÁLISIS DE LAS ENCUESTAS PLANTEADAS A LOS ADMINISTRADORES Y TRABAJADORES

ANÁLISIS DE LA PREGUNTA N.-1

Pregunta 1.

¿Cree usted que deberíamos cuidar el medio ambiente?

Figura 43. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA PREGUNTA 1



Realizado por: Diana Copara y Diego Vargas, investigadores

Análisis:

De 35 encuestados, todas las personas manifiestan que (SI), lo cual corresponde al 100%.

Interpretación:

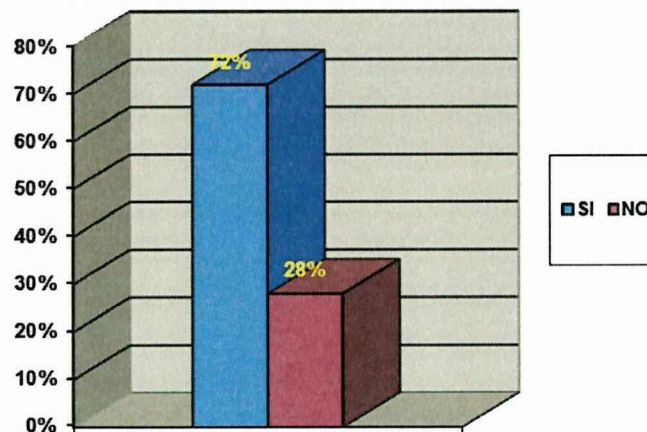
Todas las personas encuestadas están de acuerdo que el ambiente se lo debe cuidar sobre todas las cosas porque en él se desarrolla la vida.

ANÁLISIS DE LA PREGUNTA N.-2

Pregunta 2.

¿Cree que la contaminación ambiental se da por parte de las industrias?

Figura 44. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA PREGUNTA 2



Fuente: Encuestas

Realizado por: Diana Copara y Diego Vargas, investigadores

Análisis:

De 35 encuestados, 25 personas manifiestan que (SI) contaminan las industrias, lo cual corresponde un 72% y 10 personas responden que (NO) contaminan, lo cual se relaciona un 28%.

Interpretación:

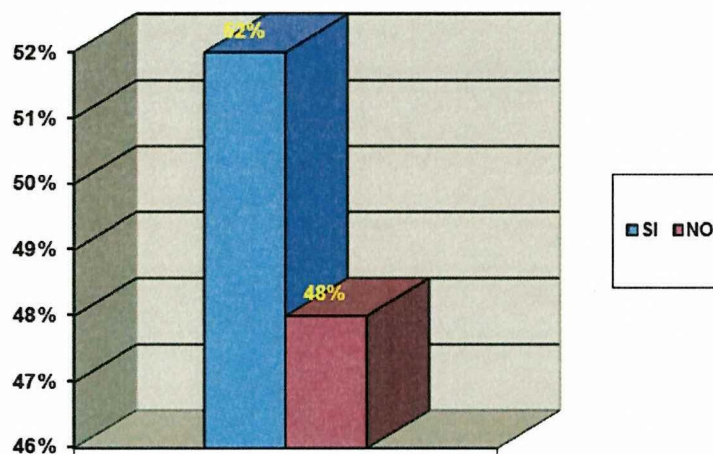
La mayoría de encuestados afirman que las empresas son los principales contaminantes del aire.

ANÁLISIS DE LA PREGUNTA N.-3

Pregunta 3.

¿Sabe usted para qué sirve un lavador de gases?

Figura 45. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA PREGUNTA 3



Realizado por: Diana Copara y Diego Vargas, investigadores

Análisis:

De 35 encuestados, 18 personas manifiestan que (SI) tienen conocimiento, lo cual corresponde un 52% y 17 personas responden que (NO) lo saben, lo cual corresponde un 48%.

Interpretación:

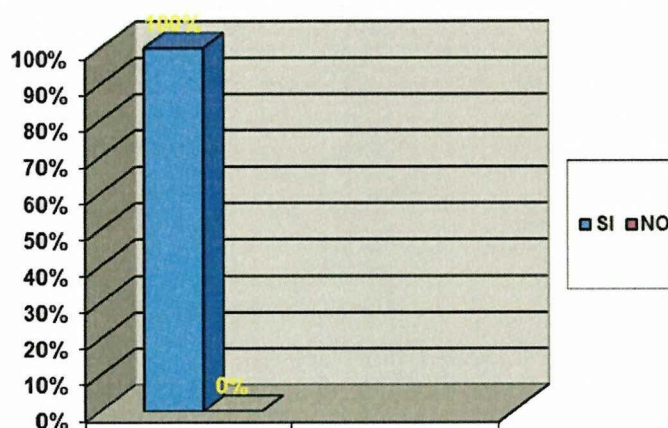
Las personas encuestadas son trabajadores de la empresa y solo el 52% conoce para que sirva el lavador de gases.

ANÁLISIS DE LA PREGUNTA N.-4

Pregunta 4.

¿Aceptarían el diseño de un Lavador de Gases para reducir la emanación de elementos contaminantes del proceso de fundición de la empresa “CEDAL”?

Figura 46. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA PREGUNTA 4



Realizado por: Diana Copara y Diego Vargas, investigadores

Análisis:

De 35 encuestados, todas las personas manifiestan que (SI) aceptan, lo cual corresponde al 100%.

Interpretación:

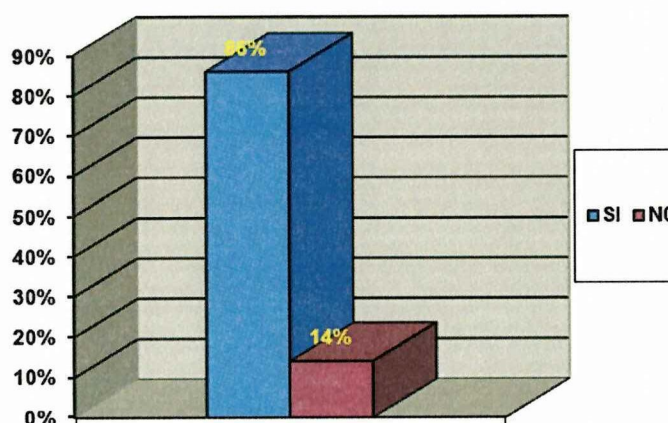
Los administradores y trabajadores aceptan el diseño del lavador de gases ya que es una posible solución a la contaminación atmosférica.

ANÁLISIS DE LA PREGUNTA N.-5

Pregunta 5.

¿Todas las empresas deben tener un lavador de gases?

Figura 47. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA PREGUNTA 5



Realizado por: Diana Copara y Diego Vargas, investigadores

Análisis:

De 35 encuestados, 30 personas manifiestan que (SI) es necesario, lo cual corresponde un 86% y 5 personas responden que (NO) es necesario, lo cual equivale un 14%.

Interpretación:

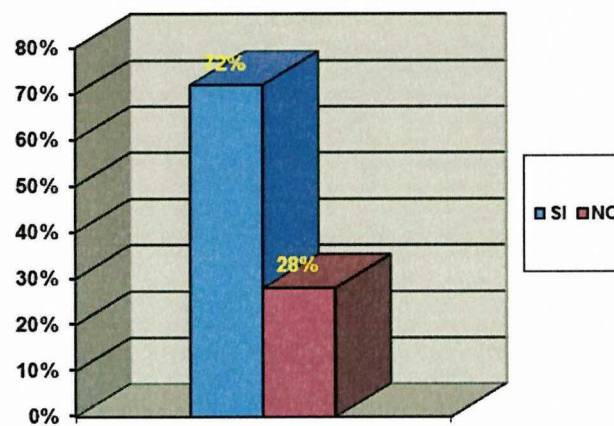
La mayoría de encuestados están de acuerdo que la empresas tengan un lavador de gases para evitar problemas a futuro con el aire.

ANÁLISIS DE LA PREGUNTA N.-6

Pregunta 6.

¿Al implementar lavadores de gases en las empresas a nivel nacional, estaríamos contribuyendo en prevenir la contaminación ambiental?

Figura 48. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA PREGUNTA 6



Realizado por: Diana Copara y Diego Vargas, investigadores

Análisis:

De 35 encuestados, 25 personas manifiestan que (SI) están de acuerdo, lo cual corresponde un 72% y 10 personas responden que (NO), lo cual corresponde un 28%.

Interpretación:

Los encuestados apoyan en gran mayoría la implantación de lavadores de gases ya que esta es una gran solución para los problemas medioambientales.

3.7.- PRUEBA DE LA HIPÓTESIS

Para la verificación de Hipótesis, se utilizó una técnica de investigación como es la realización de encuestas. Y el análisis de emisiones gaseosas en fuente fija.

Mediante resultados en fuente fija se define que la emisión de gases no cumple la normativa TULAS; y por medio del Anexo D-1 se encuentra valores muy superiores a los permisibles por eso la necesidad de diseñar un lavador de gases.

Con la encuesta realizada el grupo investigador establece que el proyecto si es factible desarrollar y ejecutarlo, el mismo que servirá como ayuda en la planta de fundición de la empresa para reducir la emanación de gases quemados al medio ambiente, teniendo en cuenta que la mayoría de encuestados manifestaron que la falta de un lavador de gases está ocasionando problemas con los moradores aledaños ya que sus infraestructuras se están destruyendo y sobre todo se está teniendo inconvenientes con la contaminación del aire.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la medición en fuente fija, se concluye que el Diseño del lavador de Gases, es de vital importancia para la planta de fundición de la empresa; ya que de esta manera se podrá erradicar en un gran porcentaje la contaminación ambiental.

Por lo tanto se verifico la hipótesis planteada.

3.8.- CONCLUSIONES

- Las personas circundantes están ligeramente consientes que el medio en el que se hallan está levemente contaminado.
- Administradores y trabajadores de la empresa tienen un conocimiento de qué es, para qué sirve y qué resultados se obtendrán al implementar un lavador de gases en la planta, pero los moradores desconocen absolutamente del tema.
- Las personas involucradas mediante esta encuesta aciertan y están de acuerdo en que se diseñe un lavador de gases y se fían a que las autoridades

implementen el diseño una vez culminado sus estudios, porque opinan que día a día el medio ambiente en el que nos desarrollamos se contamina y causa destrucción alguna, afectándonos a todos.

- Las personas opinan que si el diseño se implementa en la planta esta sería de gran ejemplo para que otras empresa opten por involucrarse en el tema de reducir la contaminación ambiental y construyan lavadores de gases.

CAPÍTULO IV

DISEÑO DE UN LAVADOR DE GASES PARA LA PLANTA DE FUNDICIÓN DE LA EMPRESA CORPORACIÓN ECUATORIANA DE ALUMINIO CEDAL S.A.

En este capítulo se desarrolló el diseño, dimensionamiento de un lavador de gases para la planta de fundición de CEDAL; el cual sirve para que los administradores de la empresa lo construyan dentro de los parámetros establecidos, de esta manera disminuya la emanación de gases quemados los cuales afectan al medio ambiente.

Este diseño se realizó tomando en cuenta las necesidades de la empresa, tanto en el aspecto técnico de funcionalidad y confort tratando así de solucionar los problemas de carácter ambiental.

PROPUESTA

Diseño de un Lavador de Gases para la planta de fundición de la empresa Corporación Ecuatoriana de Aluminio CEDAL S.A.

PRESENTACIÓN

El alumno como principal sujeto de innovación en el proceso técnico debe enfrentar un conjunto de problemas para lograr los resultados esperados en el diseño como eslabón esencial de implementación que aspira la empresa y sus colaboradores.

Cabe destacar que al poner en práctica los conocimientos adquiridos durante el tiempo de estudio ayudaron a culminar los objetivos planteados.

El proyecto de tesis se refiere no sólo a aquellas teorías o suplentes científicos que exponen los autores, sino a su vez a plantear soluciones prácticas con el presente diseño por parte de los investigadores.

Los fundamentos metodológicos, dependen del conjunto de vías, procedimientos, enfoques y modelos en que se apoye el investigador para alcanzar los resultados científicos propuestos. El investigador puede auxiliarse de la perspectiva de análisis de los objetos investigados.

Los fundamentos tecnológicos que constituyen esta investigación son aquellos referidos al desarrollo de las nuevas tecnologías y fundamentalmente a su introducción en el proceso de aplicación, con sus múltiples utilidades que el estudiante y docente puedan dar al proyecto de tesis.

La búsqueda del conocimiento científico, expresable a través de teorías, metodologías y parte del diseño, está mediada por la utilización de una estrategia general reflexiva, inteligente y rigurosa, conducida por el método científico. Pues estos adquieren una significación esencial en la formación profesional.

El proyecto de investigación está dirigido al aprendizaje, centrado en la actividad del alumno, es así que se aprecia una fuerte tendencia en la toma de conciencia respecto a la necesidad de solucionar los inconvenientes ambientales y locales para garantizar un ambiente puro para todos.

El proyecto de tesis tiene mucha importancia, ya que permitirá a las autoridades de la empresa CEDAL evitar problemas medioambientales con los moradores circundantes y a su vez conocer las estrategias más adecuadas que se deben utilizar para la buena aplicación y funcionamiento de este equipo.

FACTIBILIDAD

La propuesta es factible de realizar porque:

- Se tuvo el apoyo necesario de las autoridades: Director de la Carrera, Miembros del Honorable Consejo Académico, Docentes de la Universidad Técnica de Cotopaxi; y en especial los Administradores, Trabajadores, y Moradores de la Empresa CEDAL
- Se dispuso con el tiempo necesario para su realización.
- Existieron los medios económicos suficientes para poder solventar el proyecto de tesis.
- Se tuvo el conocimiento sobre el trabajo que se realizó como es el diseño.

IMPACTO

El diseño causó una gran impresión en los moradores y autoridades de la empresa CEDAL, debido a que se espera reducir la contaminación ambiental en la cual estamos inmersos todas las personas y este diseño simula un proceso industrial, por lo tanto los trabajadores podrán familiarizarse y a su vez manipular dispositivos electrónicos, eléctricos, mecánicos, etc.; para el buen funcionamiento del lavador de gases.

DESARROLLO DE LA PROPUESTA

Para el desarrollo de la propuesta se tomo muy en cuenta la necesidad de diseñar un lavador de gases adecuado para que se cumpla con las expectativas planteadas como es disminuir la emanación de gases quemados producto de la fundición de chatarra de aluminio; así como también este lavador está diseñado con tecnología actual, un sistema de control eléctrico con elementos de marcas reconocidas y una estructura de acero inoxidable diseñado bajo normas reconocidas.

4.1.- DISEÑO DEL SISTEMA DE EVACUACION DE GASES

4.1.1.- Parámetros de diseño.

a) Capacidad del Sistema

El sistema está estimado para una caudal de gases que según el informe ambiental es de 3320.5 m³/h, ver anexo D-1.

b) Alcance

El diseño está enfocado para los gases que emite el horno de fundición TKF/CRA 37# 11104 (anexo D-1) cuyos datos de emisión se encuentra en el informe realizado por CEDAL. Según este informe se observa que las emisiones no cumple la norma en lo que se refiere al material particulado.

c) Justificación

El presente diseño tiene cómo justificación disminuir la emisión de gases al ambiente que emite el horno de fundición, especialmente para el material particulado puesto que no cumple con los parámetros estipulados.

4.1.2.- Metodología Del Diseño

Esta metodología describe los parámetros y procedimientos para el cálculo, selección y diseño de los equipos y elementos requeridos para la eliminación de gas particulado como producto de la emisión a través del horno de fundición.

El diseño parte desde la parte final de la chimenea del horno que es lugar de medición de la emisión de gases cuyo valor máximo es 355g/m^3 , el horno emite $1046,4\text{ g/m}^3$

4.1.3.- Diseño del Sistema

4.1.3.1.- Alternativas de Evacuación.

Las alternativas pueden ser:

- a) Evacuación a través de un ducto con precipitación mediante un líquido disolvente
- b) Evacuación mediante ciclones hacia un sistema de mangas

De las dos alternativas la más óptima es la **a)** por cuanto es un sistema que garantiza la retención de los gases que emite el horno. Además el hecho de usar agua hace que se precipiten los compuestos que se generan producto de las reacciones químicas que tienen lugar, tal como se verá más adelante.

La alternativa **b)** no es recomendable por cuanto el ciclón tiene una eficiencia que va desde el 90 a 95% dependiendo del tamaño de las partículas, en nuestro caso algunas partículas están del orden de $\text{PM}_{2.5}$ valor para el cual los ciclones no funcionan adecuadamente, pues generalmente los ciclones están adecuados para separar partículas de diámetros mayores a 5 micras, otra de las razones para desechar esta alternativa es porque la velocidad de entrada es muy baja con respecto a la mínima exigida, generalmente los ciclones se diseñan para velocidades entre 15,2 a 27,5m/s, en nuestro caso la velocidad de los gases es de 5,7m/s, para incrementar la velocidad es necesario un ventilador pero se corre el riesgo que se obligue a salir partículas no deseadas del horno así como se perdería eficiencia del horno por generar una

convección forzada que extraería el calor del horno. Otra de las razones es que del horno sale elementos tóxicos que no podrán ser detenidos por el ciclón. Las altas temperaturas harían que las mangas no soporten y se quemem.

4.2.- COMPONENTES DEL SISTEMA DE EVACUACION SELECCIONADO

El sistema de retención de humo tiene los siguientes elementos:

- Ducto de evacuación
- Estructura de soporte de ducto
- Tanque de almacenamiento del agua
- Bomba
- Tubería y accesorios
- Sistema de control eléctrico

4.2.1.- Diseño Del Ducto De Evacuación

Para este diseño se toma en cuenta los siguientes parámetros.

- Caudal de los gases
- Tipos de gases que emite el horno
- Características de acidez de los gases
- Cantidad de los gases

El caudal de los gases es de 3320,5m³/h a una velocidad de 20520 m/h, con estos datos se puede establecer el área del ducto y por ende su diámetro, aplicando las siguientes fórmulas:

$$A = \frac{Q}{V} \quad [\text{Ec: 4.1}]$$

$$A = \frac{\pi D^2}{4} \quad [\text{Ec: 4.2}]$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * A}{\pi}} \quad [\text{Ec: 4.3}]$$

Reemplazando valores se tiene:

$$A = \frac{3320,5 m^3 / h}{20520 m / h} = 0,1618 m^2 \quad [\text{Ec: 4.4}]$$

Reemplazando (4.4) en (4.3)

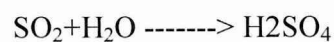
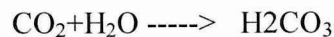
$$D = \sqrt{\frac{4 * 0,1618 m^2}{\pi}} = 0,453 m \quad [\text{Ec: 4.5}]$$

Entonces el diámetro del ducto es 0,453m ó 45,3cm.

1. Selección del material

Los gases que emite el horno son CO₂, CO, SO₂, NO_x, los mismos que al poner en contacto con el agua dan lugar a los siguientes compuestos químicos:

Para seleccionar el acero con el cual se va a construir el ducto, se debe analizar los tipos de ácidos que se generan como producto de la reacción que existe entre los gases que emite el horno con el agua que se usará para atrapar dichos gases, para esto tenemos las siguientes reacciones químicas, según los gases emitidos:



Según los ácidos obtenidos se tiene los siguientes tipos de ácidos:

Ácidos fuertes:

Aquí se encuentran el ácido sulfúrico H_2SO_4 y el ácido Nítrico HNO_3

Ácidos débiles:

Aquí se encuentran el ácido carbónico: H_2CO_3

La selección del acero inoxidable se da porque contienen aleaciones con un mínimo del 11% de cromo el cual forma sobre la superficie del acero pasivante que lo hace resistente a la corrosión, además tiene una resistencia de aproximadamente el doble del acero al carbono.

El acero seleccionado es el acero de la serie 300 que son los aceros inoxidables austeníticos, específicamente el acero AISI 304 que el más comercial.

2. *Altura del ducto*

Para el cálculo de la altura del ducto se toma en cuenta lo siguiente:

- Velocidad de los gases
- Caída de presión en el ducto

3. *Velocidad de los gases*

La velocidad de los gases es de 5.7 m/s, según el anexo D-1, página 27.

4.

Variación de presión en el ducto

Para esto se aplica la ecuación, según anexo D-2

$$\Delta P = (\rho_a - \rho_g) g x h$$

[Ec: 4.6]

Y la ecuación

$$\Delta P = k x \rho_g x \frac{V^2}{2}$$

[Ec: 4.7]

Donde:

ρ_a : densidad del aire= 0,854kg/m³

ρ_g :Densidad del gas=0,352kg/m³

V: velocidad de los gases=5.7m/s

El valor de la densidad del aire con la debida corrección se obtiene del anexo D-3.

El valor de la densidad del gas se obtiene con el uso de la ecuación siguiente

$$\rho_g = \frac{0,00348 \times B}{T_m}$$

Donde:

B: Presión barométrica local=71988 Pa

Tm: Temperatura de los gases: 273,15+437,6=710,6°K.

El valor de 437,6 se da en el anexo D-1, pág 27.

El valor de B se saca según el anexo D-4.

$$\rho_g = \frac{0,00348 \times 71988}{710,75} = 0,358 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

El valor de k en la ecuación 4.7 se toma del anexo D-5 para salida de gas con tiro de campana (k=1,5) y un codo a 45° que es por donde ingresa el gas al ducto desde el horno (k=0,3). Reemplazando estos valores en la ecuación 4.7, se tiene:

$$\Delta P = 1,8 \times 0,352 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \times \left(5,7 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 = 20,58 \text{ Pa} \quad [\text{Ec: 4.8}]$$

En la ecuación 4.6 se reemplaza también los valores y se iguala a la ecuación 4.8, se tiene:

$$20,58 \text{ Pa} = \left(0,854 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} - 0,352 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}\right) 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times h$$

20,58 Pa = 4,924 Pa x h Despejando h, se tiene:

$$h = 4,2m$$

Entonces el valor total del ducto será: 9 metros de la altura de la salida del ducto más 4,2 metros de la chimenea da un total de 13,2m.

CÁLCULOS DE DISEÑO

Para el cálculo del ducto se debe considerar que es de sección redonda porque con esto se logra la mínima acumulación de producto en su parte interna, a parte que con esta geometría se logra un elemento de mayor resistencia según experiencias de diseño.

El diseño del ducto se lo realiza en base a dos criterios: a) Resistencia y b) de esbeltez

a) Diseño por resistencia:

1. Peso del ducto

Para este cálculo se tiene los siguientes datos:

Peso específico del acero: $\rho_{\text{acero}}=7800 \text{ kg/m}^3$

Diámetro interno del ducto: $D_i=0,453m$

Espesor del ducto: $e=3mm=0.003m$

Diámetro externo del ducto: $D_e=0.459m$

Área neta: $A_{\text{neta}}= A_{\text{ext}}-A_{\text{int}}$.

$$A_{\text{ext}} = \frac{\pi D_e^2}{4} \quad [\text{Ec: 4.9}]$$

$$A_{\text{int}} = \frac{\pi D_i^2}{4} \quad [\text{Ec: 4.10}]$$

$$A_{neta} = \frac{\pi (De^2 - Di^2)}{4} \quad [Ec: 4.11]$$

$$A_{neta} = 4.927 \times 10^{-3} m^2$$

$$\text{Volumen: } V = A_{neta} \times L \quad [Ec: 4.12]$$

Donde: L: longitud del ducto

Longitud del ducto: 13,2m

$$\text{Volumen: } V = 4.927 \times 10^{-3} m^2 \times 13,2m$$

$$\text{Volumen: } V = 0.065 m^3$$

$$\text{Peso: } P = \rho_{acero} \times V. \quad [Ec: 4.13]$$

$$\text{Peso: } P = 7800 kg/m^3 \times 0.065 m^3$$

$$\text{Peso: } P = 507 Kg$$

2. *Peso de la las escalera.*

Según el anexo D-6.

El peso de la escalera incluyendo la plataforma es: 511.06 Kg.

El peso total del ducto y componentes es: 1018,06 Kg.

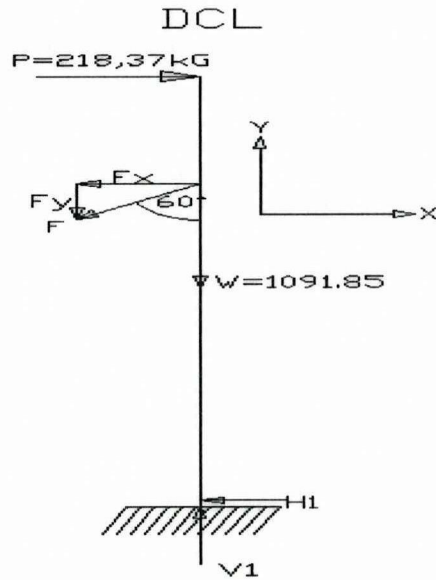
Por consideraciones de otros pesos (bridas, pernos, tuercas, empaques, tubería, inyectores, sueldas, etc) se considera de 5% a 10% adicional.

Considerando el 7,24%, el peso total será: $W = 1091,85 \text{ kg}$

En este diseño se deben agregar una carga debida al viento, según la AISC este valor debe ser un de 10 al 20% del peso total: Entonces este carga $P = 218,37 \text{ kg}$

Con este valor se generan cálculos: El **diagrama de cuerpo libre** se puede ver en la figura 49

Figura 49. DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE DEL DUCTO



$$\Sigma F_x = 0$$

$$P - F \text{sen } 60^\circ - H1 = 0$$

$$F \text{sen } 60^\circ + H1 = P$$

$$F \text{sen } 60^\circ + H1 = 218,37$$

$$H1 = 218,37 - F \text{sen } 60^\circ \quad [\text{Ec: 4.14}]$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$V1 - W - F \cos 60^\circ = 0$$

$$V1 - F \cos 60^\circ = W$$

$$V1 = F \cos 60^\circ + 1091,88 \text{ Kg} \quad [\text{Ec: 4.15}]$$

$$\Sigma M1 = 0$$

$$P * 12 - F \cos 60^\circ * 9 = 0$$

$$P * 12 = F \text{sen } 60^\circ$$

$$F = \frac{12 * P}{9 * \text{sen } 60^\circ}$$

$$F = 359,89 \text{ Kg} \quad [\text{Ec: 4.16}]$$

$$F_x = 359,89 \text{sen } 60^\circ = 291,16 \quad [\text{Ec: 4.17}]$$

$$F_x = 359,89 \text{sen } 60^\circ = 291,16 \quad [\text{Ec: 4.18}]$$

Reemplazando [4.16] en [4.14]

$$H1 = -72,79 \text{ Kg} \quad [\text{Ec: 4.19}]$$

Lo que significa que la fuerza tiene sentido contrario.

Reemplazando [4.16] en [4.15]

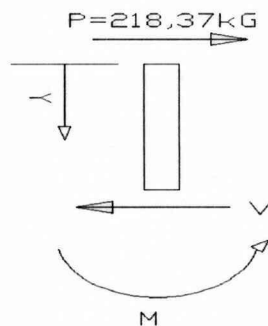
$$V1 = 1303,38 \text{ Kg} \quad [\text{Ec: 4.20}]$$

Con estos cálculos se procede a realizar los cálculos para la fuerza cortante V y Momento flector.

Diagrama de fuerza cortante

Figura 50. DIAGRAMA DE FUERZA CORTANTE Y MOMENTO FLECTOR

PARA $0 < Y < 3$



Según la figura 50, se tiene los siguientes cálculos:

Para la fuerza cortante:

$$0 < Y < 3$$

$$V = P$$

$$V = 218,37 \text{Kg}$$

Para el momento flector

$$0 < Y < 3$$

$$M = P * Y$$

Para $Y = 0$

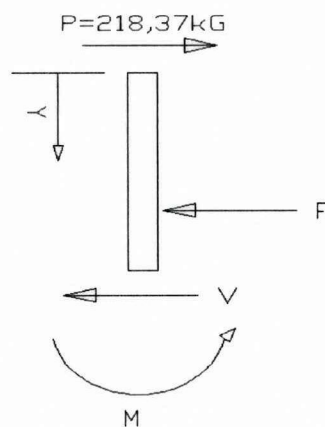
$$M = 0$$

Para $Y = 3$

$$M = 3 * 218,38$$

$$M = 655,14 \text{kg-m}$$

Figura 51. DIAGRAMA DE FUERZA CORTANTE Y MOMENTO FLECTOR
PARA $3 < Y < 12$



Según la figura 51, se tiene los siguientes cálculos:

$$3 < Y < 12$$

Para la fuerza cortante:

$$P = F + V$$

$$V = P - F$$

$$V = 218,37 - 359,89$$

$$V = -141,52 \text{Kg}$$

Para el momento flector

$$M = P * Y - F(Y - 3)$$

$$Y = 3$$

$$M = P * 3$$

$$M = 218,38 * 3 = 655,14 \text{Kg-m}$$

$$Y = 12$$

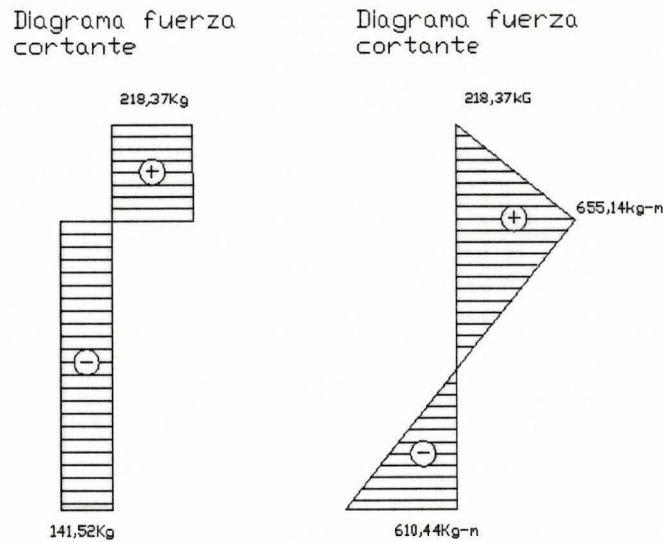
$$M = P * 12 - F(12 - 3)$$

$$M = 218,38 * 12 - 359,89 * 9$$

$$M = -610,44 \text{Kg-m}$$

En la figura 52 se puede ver gráficamente los valores de fuerza cortante y momento flector a los que se encuentra el ducto.

Figura 52. GRÁFICOS DE LOS DIAGRAMA DE FUERZA CORTANTE Y MOMENTO FLECTOR



3. Análisis de fuerza cortante y momento flector

De acuerdo a los diagramas de la figura 52 la fuerza cortante (V) crítica es 218.37Kg y del momento crítico (M) es 655.14 Kg-m.

Pero se debe tomar en cuenta el momento en la base causado por la fuerza del viento.

Así se tiene los siguientes valores:

$$M=218,37\text{Kg}\times 12\text{m}=2620,44\text{kg-m}$$

El esfuerzo se compone de

$$\sigma = \frac{M \times C}{I} + \frac{V}{A} \quad [\text{Ec: 4.21}]$$

Donde C es el radio de giro

$$C= D \text{ ducto}/2=459/2=229.5\text{mm}=0.2295\text{m}$$

I es momento de inercia

$$I = \frac{\pi}{4}(Re^4 - Ri^4) \quad [\text{Ec: 4.22}]$$

$$I = \frac{\pi}{4}(0.2295^4 - 0.2265^4) = 1.117 \times 10^{-04} m^4$$

$$V = 1303.38 \text{ Kg (de la ec 4.20)}$$

A = área del ducto

De la ecuación 4.11, el área es $4,298 \times 10^{-03} m^2$

Reemplazando en la ecuación [4.21]:

$$\sigma = 568.69 \text{ Kg-m}$$

Utilizando la teoría del esfuerzo cortante máximo, se tiene:

$$\tau_{\max} = \frac{0.5 \times S_y}{F.S.} \quad [\text{Ec: 4.23}]$$

Donde

τ_{\max} = Esfuerzo cortante máximo

S_y = Límite de fluencia del material

F.S. = factor de seguridad.

$$\tau_{\max} = \sqrt{\tau^2 + \frac{\sigma^2}{2}} \quad [\text{Ec: 4.24}]$$

$$\tau = \frac{4P}{3A} \quad [\text{Ec: 4.25}]$$

Donde P es la fuerza del viento, reemplazando se tiene:

$$\tau = \frac{4 \times 218.37 \text{ Kg}}{3 \times 4.298 \times 10^{-03} \text{ m}^2} = 67743.1 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} \quad [\text{Ec: 4.26}]$$

Reemplazando 4.22 y 4.26 en 4.24, se tiene

$$\tau_{\max} = 4.02 \times 10^6 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} \quad [\text{Ec: 4.27}]$$

Despejando F.S de la ecuación 4.19, se tiene:

$$F.S = \frac{0.5 \times S_y}{\tau_{\max}}$$

$$S_y = 5285 \text{ Kg/cm}^2 = 5.285 \times 10^7$$

$$F.S = \frac{0.5 \times 5.285 \times 10^7 \text{ kg/m}^2}{4.02 \times 10^6 \text{ kg/m}^2} = 6.6$$

Si bien el F.S resulta un tanto alto ya que regularmente para materiales predecibles se usa el valor de 1.5, pero en este caso va a estar trabajando en un medio corrosivo, el valor de 6.6 es aceptable.

b) Análisis de esbeltez

Dado que el elemento va a trabajar a compresión es necesario revisar su esbeltez, para eso es necesario encontrar la carga crítica para las condiciones geométricas dadas, mediante la siguiente fórmula:

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \times E \times I}{L_e^2} \quad [\text{Ec: 4.28}]$$

Donde:

P_{cr} =Carga crítica

E = Módulo de elasticidad para el acero inoxidable (9.54kg/cm^2)

I = Módulo de inercia (10745cm^4)

L_e = Longitud efectiva, para las condiciones de apoyo de la columna en mención es el doble de la longitud esto es 24000mm .

Reemplazando estos valores en la ecuación [4.28], el valor de la carga crítica es:

$P_{cr}=55800 \text{ kg}$

Este valor es mucho mayor a la carga aplicada que es $1091,85 \text{ kg}$, es decir:

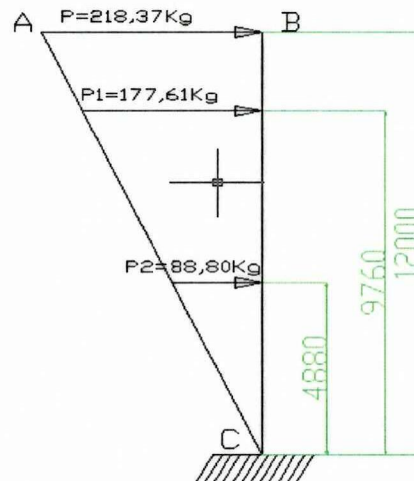
$55800 \text{kg} \gg \gg 1091,85 \text{kg}$

Lo cual garantiza que el ducto no colapsará.

1. Cálculo de pernos en bridas de unión

Para realizar estos cálculos se realiza una proporcionalidad de las fuerzas con respecto a las distancias a las que van colocadas las bridas, según la figura 53, para la proporcionalidad se toma como triángulo la el formado por la fuerza P que es la que tiene el valor de $218,37 \text{ Kg}$ y la altura del ducto 12000 mm . Y se forma el triángulo ABC

Figura 53. PROPORCIONALIDAD DE FUERZA CON RESPECTO A DISTANCIAS



Para encontrar las fuerzas se realiza una relación de proporcional de la siguiente forma:

$$\frac{P_1}{13200} = \frac{P_2}{9760}$$

Reemplazando valores:

$$\frac{218.37}{13200} = \frac{P_2}{9760}$$

$$P_2 = 161.46 \text{ kg}$$

Con este valor se procede a calcular el diámetro de los pernos.

Se usará pernos hexagonales de grado 8.8 que según el AISIC recomienda para estructuras El valor de fluencia para este perno es:

$$S_y = 8 \times 8 = 64 \text{ kg/mm}^2$$

Los pernos van a trabajar a corte, por lo que según la AISIC el límite de fluencia para corte es el 60% del valor total del S_y , es decir:

$$S_{yc} = 0.6 S_y$$

$$S_{yc} = 0.6 \times 64 = 38.4 \text{ kg/mm}^2$$

Cuando se seleccionan pernos se debe tomar en cuenta que se generan 3 efectos:

- Efecto de esfuerzo de corte
- Efecto de tracción pura en el material base
- Efecto de empuje o desgarramiento.

Para el efecto de esfuerzo de corte se tiene el siguiente cálculo:

$$F_{\delta} = \frac{S_{yc}}{FS} \quad [\text{Ec: 4.29}]$$

Donde:

F_{δ} = Esfuerzo de corte

S_{yc} = Límite de fluencia al corte

FS = Factor de seguridad

Para los pernos el factor de seguridad es de 2.2, por lo tanto:

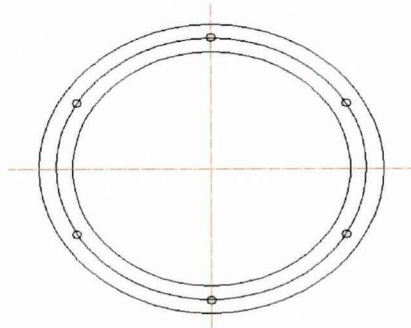
$$F_{\delta} = \frac{38.4}{2.2} = 17.5 \text{ Kg / mm}^2$$

$$f_{\delta} = \frac{Pt}{A_{\text{corte}}}$$

$$A_{\text{corte}} = \frac{Pt}{f_{\delta}} \quad [\text{Ec: 4.30}]$$

$$A_{\text{corte}} = \frac{161,46 \text{ Kg}}{17,5 \text{ kg / mm}^2} = 9,23 \text{ mm}^2$$

Figura 54. BRIDA DE UNIÓN ENTRE LOS TRAMOS DEL DUCTO



Según la figura 54 el número de agujeros que van a estar trabajando a corte son 4, pues a pesar de que existen 6 agujeros por brida, los otros dos coinciden en la misma línea de acción. Por lo tanto el área de corte se tomará para 4 pernos.

$$A_{\text{corte}} = \frac{4 \times \pi x d^2}{4} = \pi x d^2 \quad [\text{Ec: 4.31}]$$

$$\pi x d^2 = 9,23 \text{ mm}^2$$

$$d = 2.27 \text{ mm}^2$$

Según la AISIC el diámetro mínimo de un perno debe ser de $\frac{1}{2}$ plg que en mm da 12.7mm, que se le aproxima a 12mm, entonces se toma este valor como mínimo en las bridas para los siguientes cálculos.

Para el efecto de tracción pura en el material base, se debe cumplir que:

$$f_t < F_t \quad [\text{Ec: 4.32}]$$

Donde:

f_t : Esfuerzo de tracción

F_t : Esfuerzo de tracción permisible.

Para esto se deben realizar algunos cálculos adicionales, a continuación:

Diámetro del agujero= $\frac{1}{2} + \frac{1}{16} + \frac{1}{16} = \frac{5}{8} = 15.875\text{mm}$, que se aproxima a 16mm

Distancia crítica del centro del agujero al filo de la brida D_c :

$D_c = 1.5 \times \text{diámetro del agujero}$

$D_c = 1.5 \times 15.875\text{mm} = 23.81\text{mm}$

Entonces ancho de la brida= $2 \times 23.81\text{mm} = 47.625\text{mm}$.

El diámetro interno de la brida es de $453\text{mm} + 6\text{mm}$ de espesor del ducto= 459mm

El diámetro externo de la brida es= $459\text{mm} + 2 \times 47.625\text{mm} = 554.25\text{mm}$

El espesor de la brida se escoge de 6mm, luego se verá si es el correcto con el cálculo del índice de trabajo de la junta.

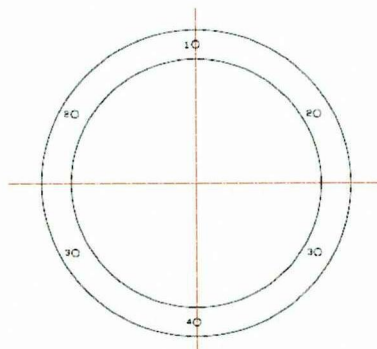
Entonces:

Área de la brida= $6 \times 554.25 = 3325.5\text{mm}^2$

Área del agujero= $4 \times 12.7^2 \times \frac{\pi}{4} = 506.7\text{mm}^2$

Son cuatro agujeros porque en un corte transversal de la brida dos agujeros se contraponen, según figura 55.

Figura 55. AGUJEROS DE CONTACTO EN LA BRIDA



Área neta=Área de la brida-Área del agujero

$$\text{Área neta}=3325.5\text{mm}^2-506.7\text{mm}^2=2818.8\text{mm}^2$$

$$f_t = \frac{161.46 \text{ kg}}{2818.8 \text{ mm}^2} = 0.057 \text{ kg / mm}^2$$

El valor de F_t se obtiene del esfuerzo del material que en el caso de la brida es de un A36 cuyo límite de fluencia S_y es de 36kpsi y transformando al sistema internacional da un valor de 25.36kg/mm². A este valor se debe multiplicar por 0.6 y se obtiene el esfuerzo permisible que es $0.6 \times 25.36 = 15.21 \text{ kg/mm}^2$

Comparando los dos valores, se tiene que:

$$f_t < F_t$$

$$0.057 \ll 15.21$$

Para el efecto de empuje o desgarramiento

$$f_a < F_a \quad [\text{Ec: 4.33}]$$

Se tiene la siguiente fórmula:

$$f_a = \frac{P_t}{A_{\text{empuje}}} \quad [\text{Ec: 4.34}]$$

Donde:

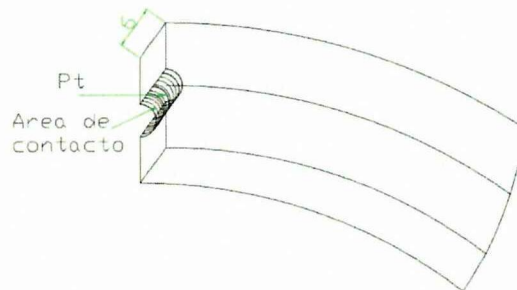
f_a : Esfuerzo de compresión

F_a : Esfuerzo permisible de compresión

P_t : Fuerza actuante

A_{empuje} : Area de empuje

Figura 56. CORTE DE BRIDA



El área de empuje se calcula de la siguiente forma:

Perímetro de contacto: $P = \pi d / 2 = \pi \times 12.7 / 2 = 19.95 \text{ mm}$

Área de empuje = #agujeros \times $P \times$ espesor

Área de empuje = $4 \times 19.95 \times 6 = 478.8 \text{ mm}^2$

$$f_a = \frac{161.46 \text{ kg}}{478.8 \text{ mm}^2} = 0.34 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$$

$F_a = S_{y \text{ tensión}} / 1.66$

$F_a = 25.36 / 1.66 = 15.28 \text{ Kg/mm}^2$

$0.34 \text{ Kg/mm}^2 < 15.28 \text{ kg/mm}^2$

Por lo tanto la brida queda finalmente de las siguientes dimensiones:

Diámetro exterior: 554.25 mm

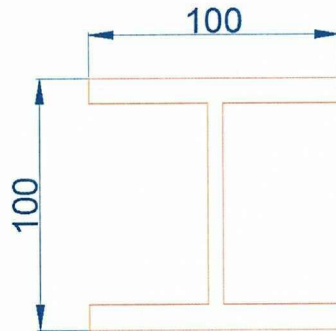
Diámetro exterior: 459 mm

Espesor: 6 mm

4.2.2.- Diseño De La Estructura Soporte Del Ducto

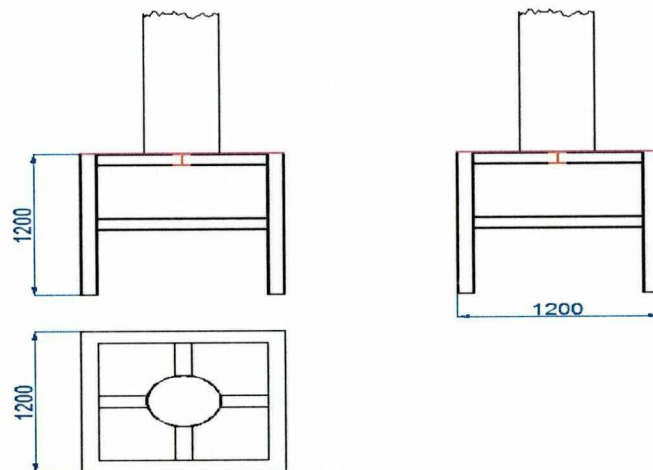
El perfil definido para esta estructura es un HEB 100, con el cual se construye la estructura.

Figura 57. PERFIL A USARSE EN LA BASE



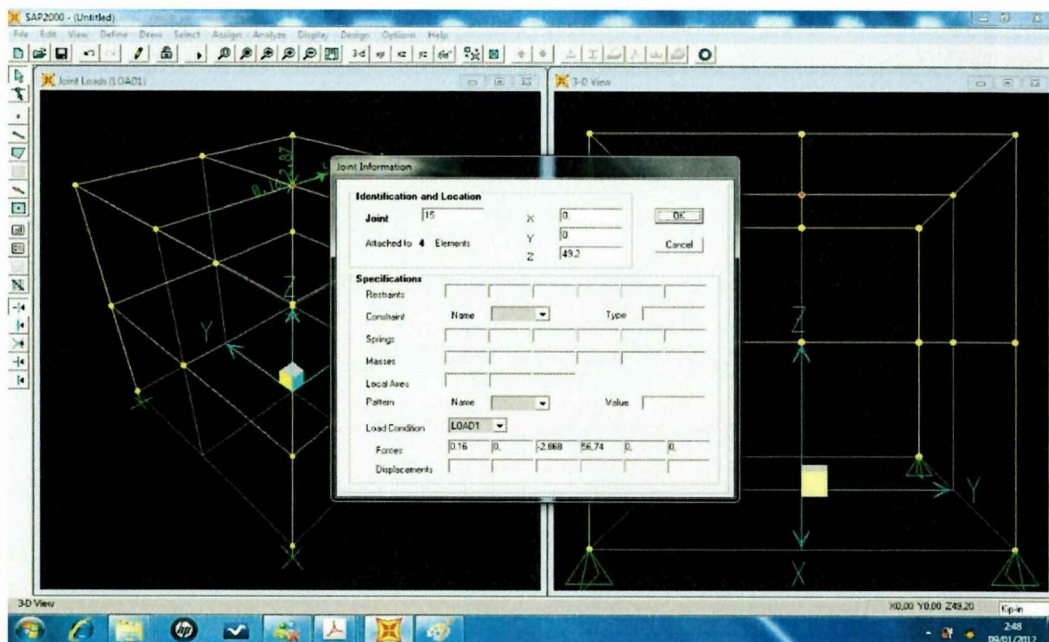
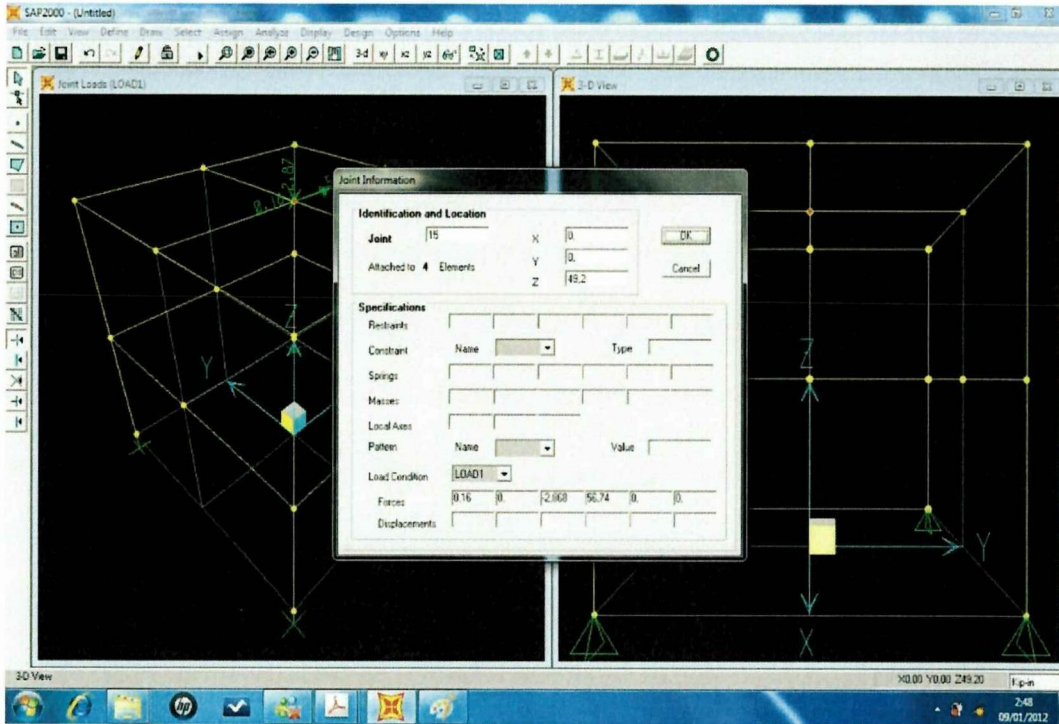
La disposición de la estructura es la que se detalla a continuación, sobre este se ubicará una placa de 3mm de acero inoxidable para preservar la estructura. Este elemento además del ducto le dan a la estructura el la parte de soporte un carácter de continuo.

Figura 58. ESQUEMA DE LA BASE



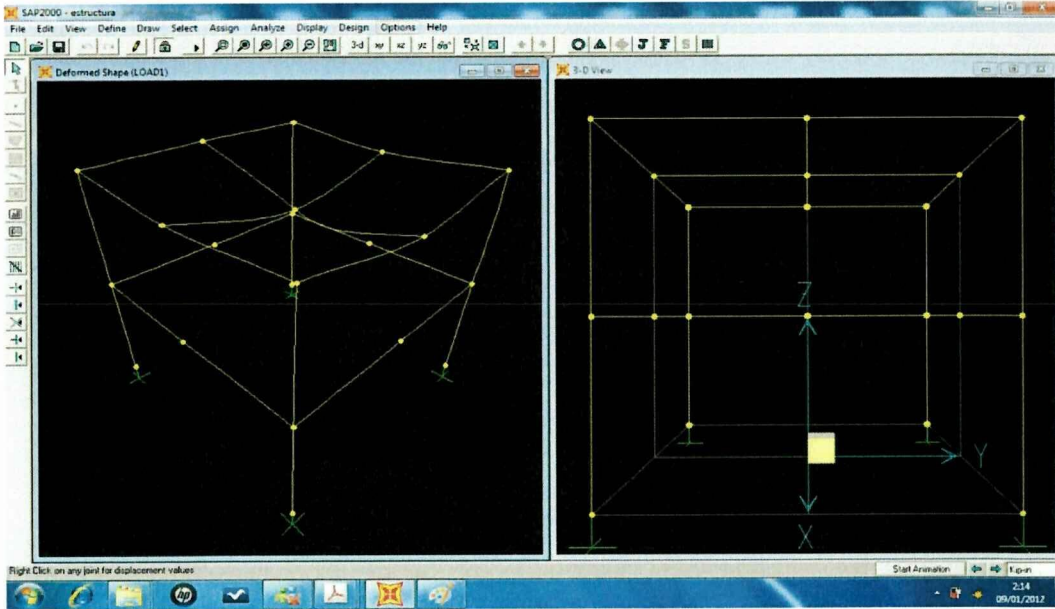
Con esto el cálculo de la estructura utilizando el SAP2000 son:

Figura 61. LOCALIZACIÓN DE LOS PUNTOS EN EL SAP2000



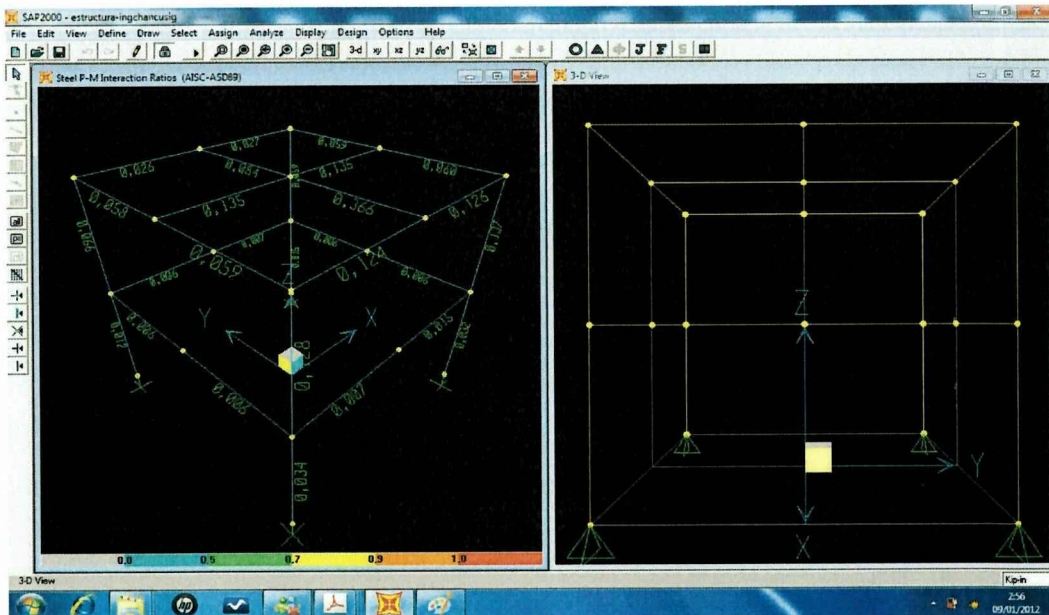
Al correr el programa se tiene los resultados siguientes:

Figura 62. RESULTADOS DE LA CORRIDA DEL PROGRAMA



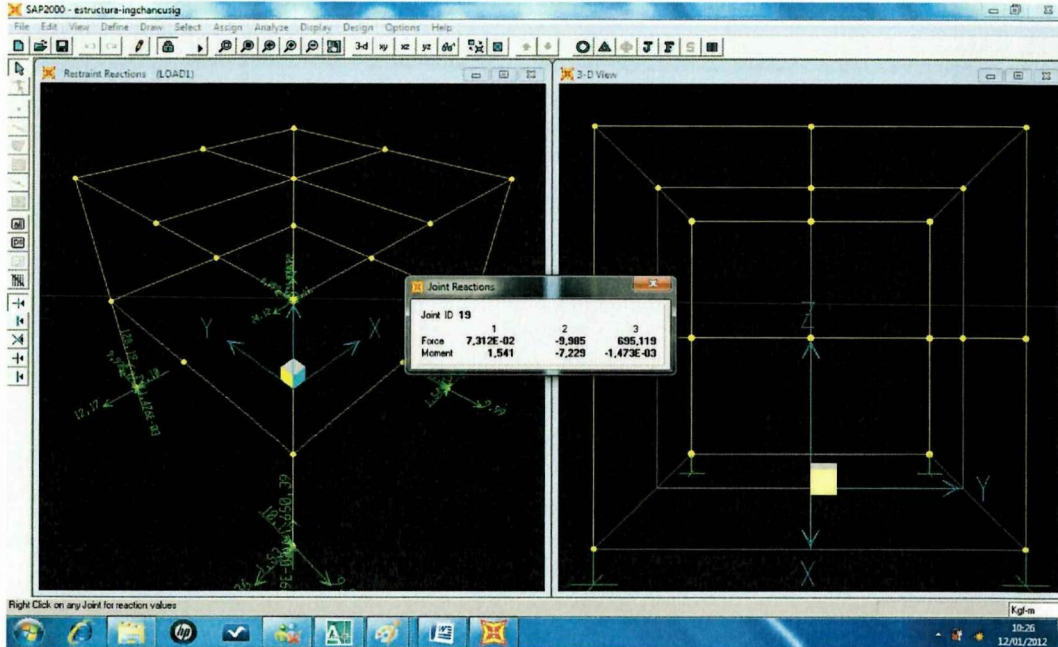
La relación de esfuerzos es la siguiente donde el valor más alto es 0.36, de tal manera que la estructura resiste las cargas aplicadas.

Figura 63. RELACIÓN DE ESFUERZOS



Reacciones más altas sobre los apoyos.

Figura 64. REACCIONES EN LOS APOYOS



$R_x=0,073 \text{ kgf}$; $R_y=-9,99 \text{ khf}$; $R_z=695 \text{ kgf}$ (Resultados del SAP2000)

$M_x=1.55 \text{ kgf-m}$; $M_y=-7,23 \text{ kgf-m}$; $M_z=0,0015 \text{ kgf-m}$

Estos valores son usados para diseñar anclajes.

4.2.2.1.- Cálculo de la soldadura para la unión de las vigas HEB.

Para diseñar la junta, se tomara en cuenta la carga total aplicada y una sección que consta de la longitud perimetral de la viga HEB100 (60cm) y la garganta de la soldadura a filete.

[Ec: 4.35]

$$\tau = \frac{4xV}{3xA} = S_y$$

V: Carga en la condición más crítica, en la cual todo el peso del tubo está aplicada sobre la base (este valor es de 1091,85kg, según figura 49)

La soldadura se realizará con electrodo E7018, cuyo $S_y = 4500 \text{ kgf/cm}^2$, reemplazando en la ecuación 4.35, se tiene:

$$A = \frac{4 \times 1091,81 \text{ Kg}}{3 \times 4500 \text{ Kg / cm}^2} = 0,32 \text{ cm}^2$$

El perímetro es 60cm

Un cordón de 3mm de garganta que será generado por utilizar un electrodo 7018 de 3mm (1/8") será suficientemente resistente. Habrá que realizar la soldadura con los adecuados procedimientos.

4.2.2.2.- Cálculo de la base metálica de la estructura.

El área A la viga HEB que está asentado en la base que se ancla en el concreto, el espesor de la base se calcula, con la siguiente ecuación:

$$t = l \times \sqrt{\frac{2 \times V_{\text{máx}}}{0,9 \times A \times S_y}} \quad [\text{Ec: 4.45}]$$

Donde:

t: espesor de la placa de apoyo

$V_{\text{máx}}$: Fuerza cortante máxima

l: Longitud de un lado de la placa, se asume 200mm

A: Area proyectada de la viga HEB, $A = 100 \times 100 \text{ cm}^2$

Reemplazando en la ecuación 4.45, se tiene:

$$t = 20 \text{ cm} \times \sqrt{\frac{2 \times 8287,5 \text{ Kg}}{0,9 \times 100 \times 100 \text{ cm}^2 \times 2540 \text{ Kg / cm}^2}} = 5,38 \text{ cm}$$

Entonces el espesor de la placa base es de 6mm.

4.2.2.3.- Diseño de la base de hormigón.

Para el diseño de la base de hormigón es necesario tomar en cuenta las cargas que actuarán sobre la base, la más importante es la carga conformada por el peso del ducto y el peso de la base, según datos calculados estos valores son los siguientes:

-Tipo del piso donde se va a asentar el hormigón.

-Peso total de la estructura 1091,85 Kg

-Peso de la base: 336,64 Kg

Con estos valores el peso que va a soportar el hormigón es de 1428,89 Kg.

La condición para este diseño es que las cuatro planchas de la base metálica van a ir soldadas a otras placas metálicas que se colocarán en el hormigón, como se ve posteriormente.

1. Tipo de piso donde se va a asentar el hormigón.

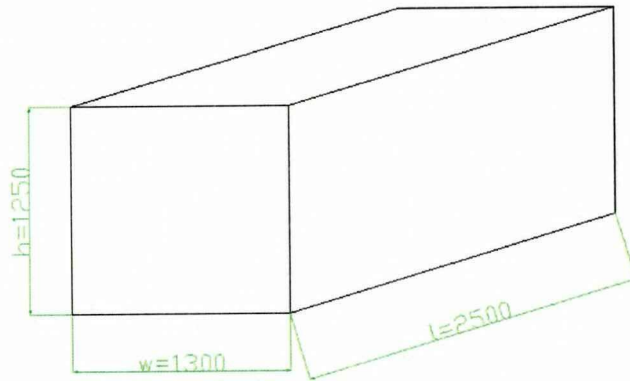
El piso por el sector donde va a colocar el hormigón es considerado duro por lo cual el esfuerzo admisible $\sigma_{adm}=1200\text{Kg/m}^2$

2. Peso de la estructura.

En este caso se toma en cuenta el peso del ducto que es de 1091,59 Kg, el peso de la base metálica es de 336,64 Kg, lo cual nos da un total de 1428,59Kg.

Con estos antecedentes se procede a calcular la base de hormigón con la condición que ésta debe tener el reservorio para la caída del agua, por lo que se asume unas dimensiones iniciales que luego son corroboradas con los cálculos, como se ve en la figura 65.

Figura 65. CONDICIONES INICIALES DE LA BASE



Con estos datos se procede a realizar los siguientes cálculos:

3. *Área de los plintos*

Se tiene los siguientes cálculos

$$W_T = 1428,59 \text{ Kg}$$

$$A = \frac{W_T}{\sigma_{adm}} \quad [\text{Ec: 4.46}]$$

$$A = \frac{1428,59 \text{ Kg}}{1200 \text{ Kg} / \text{m}^2} = 0,12 \text{ m}^2$$

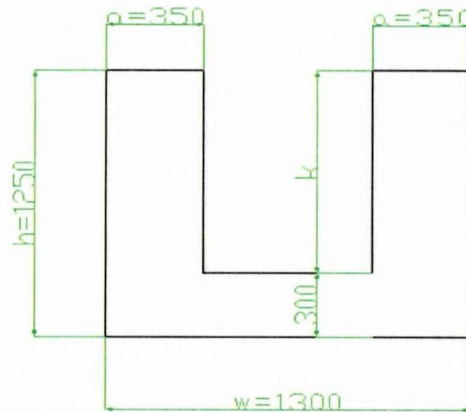
En este caso el área de la base metálica es de lados iguales por lo que $a=b$, entonces:

$$A = a \times b = a^2 \quad [\text{Ec: 4.46.a}]$$

$$a = b = \sqrt{0,12 \text{ m}^2} = 0,35 \text{ m} = 35 \text{ cm}$$

En la figura 66 se observa los valores calculados

Figura 66. SECCIÓN INICIAL DE LA BASE DE HORMIGÓN



Con el fin de dar el mayor volumen posible al reservorio que se construirá en la misma base de hormigón, se asumen los valores de: $w=1600$ y $l=3000$, para determinar el nuevo valor de m , como sigue:

El volumen del reservorio se asume de 3m^3 , por lo que:

$$V=0.75 \times 3 \times k = 3\text{m}^3$$

$$k=0,75\text{m}$$

La selección del valor de la zapata inferior se asume 200mm , valor que luego se lo valida.

Para validar el valor de la zapata inferior, se utiliza la siguiente fórmula:

$$v_p = 0,53 \sqrt{f'c} \quad [\text{Ec: 4.47}]$$

$$f'c=210\text{Kg/cm}^2$$

$f'c$: esfuerzo permisible del hormigón

$$v_p = \frac{W_T}{\phi x d x b} \quad [\text{Ec: 4.48}]$$

Despejando d , se tiene:

$$d = \frac{W_T}{\phi x v_p x b} \quad [\text{Ec: 4.49}]$$

Reemplazando valores:

$$d = \frac{1428,59 \text{ Kg}}{0,85 x 7,68 \text{ Kg / cm}^2 x 300 \text{ cm}} = 0,72 \text{ cm}$$

Entonces, con el valor de 200 está sobredimensionada pero por uniformidad de las zapatas se deja el valor de 200mm.

La base servirá a la vez como un reservorio de un volumen de 3m^3

4.2.3.- Cálculo de Llenado del Reservorio

Según la bomba seleccionada que es la 10SV11FJ, que según el anexo D-14 J, pag 31, se ve que para una altura aproximada de 146m el caudal máximo que va a dar es de 58GPM, que equivale a $12\text{m}^3/\text{h}$ de el valor de 10 significa 53GPM que equivalen a un máximo de $12\text{m}^3/\text{h}$. lo que quiere decir que el reservorio de 3 m^3 , que será dividido en 3.

4.2.4.- Selección De La Bomba

Para seleccionar se deben tomar en cuenta los siguientes parámetros:

- Selección del disolvente.
- Selección de los inyectores.
- Caudal a transportarse.
- Presión de trabajo.

4.2.4.1.- Selección del disolvente.

Según el Manual del Ingeniero Químico de Perry 2001(pág. 14), se recomienda usar líquidos en los que la solubilidad del gas sea elevada para que la cantidad del líquido no sea elevada, además el líquido no debe ser volátil, de bajo precio, estable, no viscoso, no espumante, no inflamable y no corrosivo.

Con esto antecedentes el agua cumple la mayoría de los requisitos excepto la condición de no ser corrosivo, pero para este parámetro se puede subsanar con la elección del material adecuado. A parte de esto el agua al reaccionar con los gases da lugar a otros compuestos como se verá más adelante.

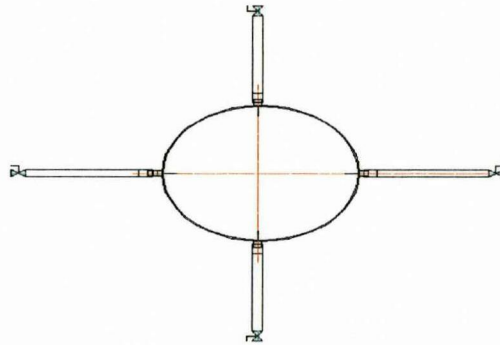
4.2.4.2.- Selección de los inyectores.

Los inyectores sirven para pulverizar el agua que va a tener contacto con los gases del horno y hacer que estos se precipiten por gravedad.

Los inyectores deben tener una presión de entre 30 y 50 psi (2.04 a 3,4 bar) según Montenegro 2006. Los inyectores que cumplen esta condición son los que se indican en el anexo D-7.

La distribución de los inyectores va según la figura 54. Esta distribución está a 90° de desfase en el sentido radial y a una separación de 30mm en el sentido axial para asegurar que todos los gases que salen del horno se fundición sean humedecidos y precipitados con el agua. La explicación de su localización externa es porque dan la facilidad para realizar mantenimiento de cada uno en forma individualizada sin tener que parar el proceso.

Figura 67. VISTA DE PLANTA DE LA DISTRIBUCIÓN DE LOS INYECTORES



4.2.4.3.- Determinación del caudal y potencia del motor de la bomba.

El lavador tipo cámara de rocío debe tener un requerimiento de agua de 1.5 a 2.5 l/m³ de aire (Montenegro, 2006), Según esta teoría se tiene lo siguiente:

El caudal de los gases: 3320,5 m³/h, se escoge el factor 2.5, entonces la cantidad aproximada de agua requerida será: 3320.5x2.5=8301.25l/h=8,301m³/h de agua.

Para determinar la presión es necesario determinar el esquema de la tubería con sus respectivos accesorios en la cual se va a generar una pérdida de presión a la que se debe añadir la pérdida de presión generada por los inyectores (2.4 a 3.4 bar).

4.2.4.4.- Determinación de la potencia de la bomba.

Para determinar la potencia del motor de la bomba se usará la siguiente fórmula:

$$P_{teórica} = H_B * \rho * g * Q_T \quad [Ec: 4.50]$$

Donde:

H_B= Altura dinámica (carga de trabajo de la bomba)

g=gravedad = 9,8m/s²

Q_T=Caudal total

ρ= Densidad del fluido = 1000kg/m³

La potencia real se calcula en base a la siguiente fórmula:

$$P_{real} = \frac{P_{teórica}}{\eta} \quad [\text{Ec: 4.51}]$$

Donde η =eficiencia

Se escoge la eficiencia de 0,85

- El caudal es de 8.301 m³/h.

El caudal por cada inyector:

Número de inyectores: 4

$$Q_{inyectores} = \frac{Q_T}{4}$$

$$Q_{inyectores} = \frac{8,301 \text{ m}^3 / \text{h}}{4}$$

$$Q_{inyectores} = 2,075 \text{ m}^3 / \text{h}$$

Según el anexo D-7 de los inyectores disponibles se selecciona el CINIDIR0090, cuyo caudal es 2,28 m³/h (38 l/min).

- La altura dinámica o carga se determinará usando la siguiente fórmula:

$$H_B = h_{f_{total}} + \left[\frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 \right] - \left[\frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 \right] \quad [\text{Ec: 4.52}]$$

Donde:

H_{ftotal} = Pérdida de carga

P_2 = Presión en la salida del inyector = 3 bar = 3x10⁵N/m²

V_2 = Velocidad del flujo 32,32m/s

Z_2 = Altura de los inyectores respecto a la bomba = 11,050 m

P_1 = Presión en el nivel de toma de agua de la bomba en la cisterna = 0m/seg

Z_1 = Altura de la toma de agua hacia la bomba desde la cisterna = 0m.

Para el cálculo correspondiente se debe determinar la velocidad del flujo a la salida de los inyectores (el más alejado de la bomba) y la pérdida de carga en el recorrido del agua por la tubería.

- Para el cálculo de la velocidad del flujo la salida del inyector se utiliza la ecuación (4.1), de la cual despejando se obtiene que la velocidad es:

$$V_2 = \frac{Q}{A}$$

El área :

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

Donde el diámetro es 3/8" ó 9,525mm

$$A = 7,125 \times 10^{-05} \text{m}^2$$

$$V_2 = 32,36 \text{m/s}$$

- Para el cálculo de la pérdida de carga en el recorrido del agua de la tubería.

Se empleará la siguiente fórmula:

$$h_{fTOTAL} = \frac{(f \cdot Leq \cdot V_2^2)}{2 D \cdot g} \quad [\text{Ec: 4.53}]$$

Donde:

f : Coeficiente de fricción.

D : Diámetro interior de la tubería.

Leq : Longitud equivalente.

V_2 : Velocidad de flujo de agua.

g : Coeficiente de gravedad.

- Determinación del coeficiente de fricción

Ese coeficiente de fricción se determina según un monograma (anexo D-8), para esto se debe identificar los materiales que componen cada tubería, como se indica en la tabla 20

Tabla 20. LONGITUDES DE TUBERÍA

DIAMETRO (plg)	LONGITUD (mm)
1.5	12141,88
3/4	1000
3/4	2000

También es necesario calcular la longitud equivalente de los accesorios de la tubería (anexo D-9), de los cuales se tiene en la siguiente tabla:

Tabla 21. LONGITUDES EQUIVALENTES DE ACCESORIOS

ACCESORIO	DIAMETRO	CANT.	Leq(M)	Leq(TOTAL M)
CODO	1 ½	6	1,2	7,2
CODO	¾	1	0,6	0,6
VALV DE GLOBO	1 ½	2	0,5	1
VALV DE GLOBO	1	1	0,3	0,3
REDUCCION	1 ½ A 1	1	0,7	0,7
REDUCCION	1 A ¾	1	0,5	0,5
MANGUERA	¾	1	0,95	0,95
TOTAL				11,25

Como se tiene diámetros de $\frac{3}{4}$ y $1 \frac{1}{2}$ plg, se debe sacar el factor de fricción f para cada diámetro, puesto que se tiene longitud equivalente para cada diámetro, según la tabla 22.

Tabla 22. LONGITUDES TOTALES Y CAUDALES

CAUDAL (m ³ /s)	DIAMETRO (m)	VELOCIDAD (m/s)	LONG TUB (m)	LONG EQUIV (m)	LONG TOT (m)
0,0023	0,0381	2,022	12,142	8,2	20,342
0,0023	0,0254	4,55		1	1
0,0023	0,01905	8,089	2	1,45	3,45
0,0023	0,00953	32,32	0,01	0,2	0,21

- El coeficiente de fricción se calcula en base al número de Reynolds y a la rugosidad relativa (anexo D-10, anexo D-8).

El número de Reynolds para cada caso será según la siguiente fórmula:

$$N_{RE} = \frac{D \cdot V_2 \cdot \rho}{\mu} \quad [\text{Ec: 4.54}]$$

Donde:

D : Diámetro interior de la tubería

V₂ : Velocidad del fluido

μ : Viscosidad del fluido: 0,001 Cp (centipoises)

Entonces el número de Reynolds para cada caso se puede ver en la tabla 23.

Tabla 23. NÚMEROS DE REYNOLDS, SEGÚN VELOCIDADES

D(m)	V2(m/s)	ρ (Kg/m)	μ (kg/ms)	N_{RE}
0,0381	2,022	1000	0,001	77056,99
0,0254	4,55	1000	0,001	115585,49
0,01905	8,089	1000	0,001	154113,98
0,00953	32,32	1000	0,001	308066,25

Con estos valores se determina la rugosidad relativa (E/D):

La tubería a usarse es hierro galvanizado, acero y caucho.

Para el hierro galvanizado que es la tubería de 1 ½ plg el valor E/D=0,0041, por lo tanto f=0,03.

Para el hierro galvanizado que es la tubería de 1 plg el valor E/D=0,006, por lo tanto f=0,031.

Para el acero que es la tubería de ¾ plg el valor E/D=0,0019, el valor de f=0,025.

Para la tubería de acero de 3/8 que en sí viene a ser el inyector con una longitud de 0,01m, el valor de E/D=0,0018, el valor de f=0,023

Para la manguera de ¾ que es de alma de acero e internamente se puede comparar al hierro fundido asfaltado, se tiene un valor de E/D=0,0048, el valor de f=0,03

Para la tubería de ¾ que es la parte antes del inyector y es de acero, se tiene un valor de E/D=0,0019, el valor de f=0,024

Tabla 24. VALORES DE FRICCIÓN

DIAMETRO(m)	VELOC(m/s)	F	Leq(total m)	h _{Ftotal} (m)
0,0381	2,022	0,03	20,342	3,34
0,0254	4,55	0,031	1	1,28
0,01905	8,089	0,025	3,45	15,10
0,01905	8,089	0,024	0,27	4,20
0,00953	32,32	0,023	0,21	26,99

De donde $h_{f_{total}}=50,92m$.

Con todos estos datos calculados se puede determinar la altura dinámica H_B , con la fórmula detallada a continuación, en la que no se consideran los variables que son cero.

$$H_B = h_{f_{total}} + \left[\frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 \right] \quad [\text{Ec: 4.55}]$$

$$H_B = 50,92 + \left[\frac{300000 \frac{kg}{m \cdot s^2}}{1000 \frac{kg}{m^3} * 9,81 \frac{m}{s^2}} + \frac{(32,32 \frac{m}{s})^2}{2 * 9,81 \frac{m}{s^2}} + 11,05 m \right] \quad [\text{Ec: 4.56}]$$

$$H_B = 145,79m$$

Con estos valores la potencia de la bomba se calcula de la siguiente forma:

Según la fórmula [4.50]

$$P_B = 3297,8 \text{ Kg} \cdot m^2/s^2 = 3,3KW$$

$$P_B = 4,4HP$$

Considerando una eficiencia de la bomba del 85%

$$P_{\text{Breal}}=4,4\text{HP}/0,85$$

$$P_{\text{Breal}}=4,4\text{HP}/0,85=5,2\text{HP}$$

Entonces la bomba sería de un caudal de $8,301\text{m}^3/\text{h}$ y una potencia de 5,2 HP.

La bomba de esta potencia y caudal es la bomba ideal, pero al cotizar con proveedores la bomba que cumple las condiciones de caudal que es el factor más importante es una bomba multietapas de 10 HP de potencia y caudal de $8,3\text{ m}^3/\text{h}$, esta bomba corresponde a una bomba de marca Goulds cuya codificación es 10SV11FJ4F20 230-460V AD, anexo D-11

4.2.5.- Sistema Eléctrico.

4.2.5.1.- Sistema de encendido de la bomba.

La bomba se encenderá según un termistor de temperatura que estará comandada por la temperatura de los gases del horno, este termistor tiene un rango de 0 a 600°C regulables según las necesidades de funcionamiento. En el anexo D-12 se puede visualizar el circuito de conexión de la bomba junto con el termistor.

4.2.5.2.- Selección de breakers.

Para seleccionar los elementos de fuerza se toma como referencia la potencia de la bomba que es de 10HP, y usando la fórmula:

$$Pot (w) = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cos \phi \quad [\text{Ec: 4.57}]$$

Despejando la intensidad, queda:

$$I = \frac{Pot (w)}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \phi} \quad [\text{Ec: 4.58}]$$

La potencia en vatios se obtiene multiplicando $0,7 \times 10\text{HP} = 7\text{ Kw}$, el voltaje es 440V trifásico, $\cos\Phi$ es 0.86, reemplazando da un valor de intensidad de 10.68 A

Los breakers cumplen la función de interruptor y protector contra la corriente de cortocircuitos (I_{cc}) a los circuitos eléctricos, los parámetros considerados para su selección son los siguientes:

- Rango de corriente nominal del protección
- Rango de voltaje de los contactos.

1. Rango de corriente nominal:

Para el cálculo de esta corriente se aplica las siguientes ecuaciones:

$$I_{protec\ gene} = (2,5 \times I_{nMotor} > Pot) + \Sigma I_{nMotores\ o\ cargas} \quad [Ec: 4.59]$$

$$I_{protec\ ind} = 1,5 \times I_{nMotor} \quad [Ec: 4.60]$$

El único motor que existe es de la bomba cuya corriente nominal es de 10.62 A, por lo que sólo se calcula la corriente de protección industrial, aplicando la fórmula anterior se tiene que:

$$I_{protec\ ind} = 1,5 \times 10,62 A = 15,93 A \approx 16 A$$

El Breakers de protección general debe ser de 16 A

Según el anexo D-13 se selecciona un breaker de 16 A.

2. Rango de Voltaje

El voltaje según el cálculo con el que se determinó la Intensidad es de 440V trifásico.

4.2.5.3.- Selección del guardamotor.

El guardamotor protege de sobre corrientes producido por exceso de carga así como de la pérdida de fase, los parámetros a considerar para su selección son:

- Rango de corriente nominal de la carga
- Corriente de sobrecarga

1. Rango de corriente nominal de la carga

Según el dato de placa del motor la corriente nominal del motor es de 12 A (según Anexo D-14)

2. Corriente de sobrecarga

La corriente de sobrecarga es la que expone el motor en un corto período de tiempo, se define con la fórmula:

$$I_{protec\ .sobrec} = 1,25 \times InMotor \quad [Ec: 4.61]$$

$$I_{protec\ .sobrec} = 1,25 \times 12 = 15 A$$

Según el anexo D-15, se debe seleccionar un guardamotor de 14-20 A.

4.2.5.4.- Selección de contactores.

El contactor se selecciona para el único elemento que es el motor de la bomba, éste servirá para encender y apagar la bomba según sea el caso, además estará comandado por el termistor que actuará según la temperatura a la salida del horno.

Para seleccionar el contactor se lo hace en base a los siguientes parámetros:

- Categoría de servicio
- Frecuencia de ciclos de maniobra
- Voltaje y frecuencia de bobina
- Corriente de servicio

1. Categoría de servicio.

El motor a maniobrar es un motor cerrado jaula de ardilla, considerando la potencia de 7,35 Kw cual se adiciona un 25% este valor se transforma a 9,2 kw según el anexo D-16, el tipo de contactor es uno de categoría AC3.

2. Frecuencia de ciclos de maniobra

Para esto se considera un ciclo máximo de maniobra que equivale a 10 arranques por hora según hoja técnica.

3. Voltaje y frecuencia de la bobina

El voltaje para el motor de la bomba es de 440V trifásico, por lo que se selecciona un contactor para ese voltaje y con una frecuencia de 60Hz.

4. Corriente de servicio

Se conoce que la potencia del motor de la bomba es de 7Kw y la corriente nominal del motor es 12 A. Se debe sobredimensionar un 25%, por lo que se selecciona un contactor para 9 Kw, según anexo D-16

4.2.5.5.- Selección de pulsadores.

El pulsante debe ser bajo los siguientes parámetros:

- Tipo de contactos requeridos
- Accionamiento
- Luz piloto
- Número de posiciones
- Dimensiones físicas

Según esto el pulsante seleccionado para poner en marcha la bomba es un contacto normalmente abierto (NA) con 1 número de posiciones.

4.2.5.6.- Dimensionamiento de conductores eléctricos.

Para dimensionar los conductores eléctrico se debe considerar los siguientes parámetros:

- Tensión normal del cable

- Intensidad
- Tipo de conductor y tipo de instalación
- Sección de la sección por el criterio de la capacidad de conducción de corriente
- Sección por el criterio de la corriente de cortocircuito
- Sección por el criterio de la caída de tensión
- Sección por el cumplimiento de la sección mínima requerida

Se puede utilizar las siguientes fórmulas:

$$S = \frac{\sqrt{3}xlx \cos \phi}{Xxu} \quad [\text{Ec: 4.62}]$$

$$u = \frac{u_p xV}{100} \quad [\text{Ec: 4.63}]$$

Donde:

s: sección o área del conductor

I: Intensidad que circula por el conductor

l: Longitud del conductor

X: constante (56 para conductores de cobre y 35 para conductores de aluminio)

u: caída de tensión

u_p : Caída de tensión en porcentaje (se considera el 1.5%)

V: voltaje entre líneas

$\text{Cos}\Phi$: constante (0,86)

1. Conductor para la acometida eléctrica

El amperaje que circula es de 15 A , una longitud del cableado de 30m, al aplicar la fórmula se obtiene un valor de:

$$u = \frac{1,5\% \times 440}{100} = 6,6V$$

$$S = \frac{\sqrt{3} \times 15 \times 30 \times 0,86}{56 \times 6,6} = 1,81 \text{ cm}^2$$

Según la tabla D-18 se escoge un conductor de sección 2,05cm² que es un conductor AWG-MCM 12 cuya capacidad es para 30 A.

2. Conductor para el circuito de control

Según recomendaciones técnicas para el circuito de control se elige un cable #16

4.2.5.7.- Selección del sensor de nivel para el tanque reservorio.

Para controlar el nivel del tanque reservorio, se selecciona un sistema de boyas, las mismas que trabajan con el nivel del reservorios, es decir que si el reservorio se vacía la boya se bajará y desconectará la bomba para que no funcione por falta de fluido, así mismo cuando alcance un cierto nivel que se calibrará según la necesidad, la bomba de encenderá debido a que la boya está al nivel requerido para que cierre el circuito y arranque la bomba.

En el anexo D-19 se puede ver un esquema de la boya, y en el anexo D-12 la conexión respectiva.

El alambre que se usará por recomendación técnica es el número 18 ya que es sólo para control.

4.3.- ANÁLISIS DE COSTOS

Para el análisis de costos se va a dividir en lo que es estructura y ducto.

4.3.1.- Costo de Instalación Y Montaje Del Ducto

Las dimensiones del ducto son:

Longitud=13200mm

Diámetro primitivo=Di+espesor

Diámetro primitivo=463+3=466mm

Perímetro= $\pi \times 466\text{mm}$ =1463.9mm

Area lateral= 1463.9mmx13200mm=19323480mm²

Area de un plancha de tol inox=1220x2440=2976800mm² =2.98m²

#planchas=19323480mm²/2976800mm²=6.4mm²≈7unidades

Peso por plancha=volumenxρ

P=peso específico del acero=7800kg/m³

Volumen=Areaxespesor

V=2976800mm²x3mm=0.00893m³

Peso por plancha=0.00893m³x7800kg/m³=69.65kg

Peso total planchas (material)=7x69.65kg=487.55kg

Costo plancha=496 usd

Costo material=496x7=3472 usd

Costo mano de obra= Peso materialxfactor

El factor en el caso de trabajo con acero inoxidable es de 3 porque el proceso de soldadura que se va a aplicar es TIG (consultado a proveedores de servicios).

Costo de mano de obra= $487.55 \times 3 = 1465.25$ usd

Costo de construcción del ducto=costo material + costo mano de obra

Costo de construcción del ducto= $1465.25 \text{ usd} + 3472 \text{ usd} = \mathbf{4934.5 \text{ usd}}$

4.3.2.- Costo de la Escalera

Peso del material= 532.39 Kg

Costo de construcción de la escalera=costo material+costo mano de obra

Costo mano de obra=peso del material x factor

En este caso el factor es= 2.5

Costo de mano de obra= $532.39 \times 2.5 = 1330.98$ usd

Costo del material= 577 usd

Costo total= $1330.98 \text{ usd} + 577 \text{ usd} = \mathbf{1907.98 \text{ usd}}$

4.3.3.- Costo de la Base Soporte Del Ducto

TAMAÑO (MM)	TAMAÑO (M)	CANT	PESO KG/M	PESO TOTAL (KG)
1000	1	4	20,4	81,6
1200	1,2	4	20,4	97,92
1100	1,1	4	20,4	89,76
280	0,28	4	20,4	22,848
TOTAL PESO				292,128
TOTAL				

PLANCHAS

A36 14,32

4	300X300X6	4,212
---	-----------	-------

PLANCHA ACERO INOX

1	1200X1200X3	33,696
PESO TOTAL DE MATERIAL		330,036
PESO DE SOLDADURA (2%)		6,60072
PESO TOTAL DE LA BASE		336,64
COSTO MANO DE OBRA: USD/KG		2,5
COSTO CONSTRUCC BASE: USD		841,59
COSTO VIGA 6M	180,32	540,96
COSTO TOTAL		1382,55

4.3.4.- Costo del Sistema Eléctrico

Costo de la bomba: 3646.16 usd

Costo del sistema de encendido=224.6 usd

Costo de accesorios eléctricos=407.87 usd

Mano de obra de Instalación =150 usd

Costo total= 4428.63 usd

4.3.5.- Costo de Accesorios Y Tubería

Costo Tubería 1 1/2=2tubosx44.28 usd=88.56usd

Costo tubería 3/4= 1 tubox18 usd= 18 usd

Costo accesorios=72.83 usd.

Costo subtotal=179.39 usd

Costo mano de obra= 50 usd

Costo total= 229.39usd

Costo de los 4 kit de inyectores= 3500 usd

4.3.6.- Costo de La Obra Civil

Volumen total: $1,45 \times 1,25 \times 3,4 = 6,1625 \text{m}^3$

Volumen vacio: $0,75 \times 3,4 \times 0,75 = 1,9124 \text{m}^3$

Volumen neto: $6,1525 - 1,9124 = 4,25 \text{m}^3$

Costo/ m^3 de hormigón: $340 \text{ usd}/\text{m}^3$

Costo total: $4,25 \text{m}^3 \times 340 \text{ usd}/\text{m}^3 = 1445 \text{ usd}$

Costo de 4 placas de hierro de $300 \times 300 \text{mm}$, esp 10mm: 500usd

Costo total: 1995 usd

Costo total=18378.06 usd

Costo de Montaje= 3000usd (incluye: grúa)

MONTO TOTAL: 21378,06usd

4.4.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Se llegó a conocer normas, códigos, ecuaciones y aspectos importantes que ayudarán a dimensionar correctamente cada uno de los elementos que constituye el lavador de gases, así como también seleccionar el equipo eléctrico para el funcionamiento del mismo
- Con las técnicas de investigación aplicadas se llegó a comprobar que los administradores de la empresa demuestran gran interés y apoyo al proyecto propuesto, por lo que la propuesta si es factible para su implementación.
- Las normas AISI y AWS etc. ayudaron en el correcto dimensionamiento en el diseño de las partes mecánicas del lavador de gases y en su estructura metálica, de esta manera el diseño y su futura construcción será funcional y segura

Recomendaciones

- Para realizar el análisis y dimensionamiento de los elementos de una estructura metálica se recomienda aplicar un adecuado factor de diseño o seguridad así como las recomendaciones establecidas por las normas y especificaciones AISI
- Se recomienda interpretar correctamente los planos mecánicos y eléctricos, para el diseño y su futura construcción tanto en la estructura como los tableros eléctricos que conforma el sistema de encendido del lavador de gases.
- Se recomienda tomar en cuenta los parámetros de dimensionamiento y capacidad del ducto y todos los aspectos importantes para la selección del sistema de bombeo.
- Es necesario utilizar una buena guía de entrevista y encuesta aplicando una metodología de investigación adecuada para obtener un análisis satisfactorio.

4.5.- BIBLIOGRAFÍA

4.5.1.- Consultadas

KELLY G. “Contaminación Ambiental”. Fundación MAPFRE, Madrid. 1994

ARELLANO J. “Sistema De Gestión De Calidad e Ingeniería Ambiental” PDF, México. 2002.

GRUPO EDITORIAL OCEANO. “Diccionario de la Real Academia Española DRAE”, España. 1992

GLYNN H. “Ingeniería Ambiental”, México. 1999

WILEY J. “Environmental Analysis”, España. 1994

LANDSDOWN “Contaminación en Procesos Industriales”, Londres. 1986

FAIR G. “Procesos Industriales”, México. 2006

NERVES N. “Air Pollution Control Engineering”. 1995

JAMES P. Air Pollution: The Emissions, the Regulations, & the Controls. New York. 1975

ALFAOMEGA Ingeniería de la Automatización Industrial México 2000

CORFOPIN; “Manual de Procesos de Soldadura Eléctrica MIG- MAG- TIG” 2004

MONANER Y SIMON S.A “Dibujo Técnico Mecánico” Editorial Prentice-Hall.

PANTIGOSO, Henry, “Aplicaciones Teórico práctico SAP 2000” 1ra edición, Editorial megabyte; Perú 2003

4.5.2.- Citadas

KELLY G. “Contaminación Ambiental”. Fundación MAPFRE, Madrid. 1994 (pág.300)

ARELLANO J. “Sistema De Gestión De Calidad e Ingeniería Ambiental” PDF, México. 2002. (pág. 89)

GRUPO EDITORIAL OCEANO. “Diccionario de la Real Academia Española DRAE”, España. 1992 (pág.257)

GLYNN H. “Ingeniería Ambiental”, México. 1999 (pág. 200)

WILEY J. “Environmental Analysis”, España. 1994 (pág. 40)

LANDSDOWN “Contaminación en Procesos Industriales”, Londres. 1986 (pág.76)

FAIR G. “Procesos Industriales”, México. 2006 (pág.128)

JACK C. McCormac; “Diseño de Estructuras de Acero LRFD” 2da edición; Editorial Alfaomega; México; 2002: Pág: 126, 127, 130, 133, 431, 436, 441, 443, y 680

SHIGLEY, Joshep. “Diseño en Ingeniería Mecánica” 6ta edición; Editorial Graw-Hill; México; 2002: Pág: 29, 105, 113, 114, 434, y 435

JAMES, M. Gere “Mecánica de materiales” 6ta edición; Editorial Thomson; México; Pág: 269, 270, 853, 858.

BOWLES, Joseph E. “Diseño de Acero Estructural” 1ra edición; Editorial Limusa; México 1993; Pág: 299, 301, 469, 472, 473, 482, 493, y 494.

LÓPEZ, José M. “Mecánica de talleres” Soldaduras, Uniones: 1ra edición; Editorial Cultural S.A; España 1987; Pág: 44 y 45.

INDURA; “Manual de Soldadura”, Chile, Pág: 26 y 27.

AISC; “Manual of Steel Construction” 8va edición; Pág: 3-10

BIBLIOTECA DEL INSTALADOR ELECTRICISTA. “Instalación de planos y esquemas eléctricos” Editorial Ceac S.A; Perú 2000; Pág: 111. Tomo 2

BIBLIOTECA DEL INSTALADOR ELECTRICISTA, “Conceptos básicos, materiales eléctricos” Editorial Ceac S.A; Perú 2000; Pág: 250, 267, 308, y 312

BIBLIOTECA DEL INSTALADOR ELECTRICISTA. “Conductores y canalización, Cálculo de instalaciones” Editorial Ceac S.A; Perú 2000; Pág: 101, y 165. Tomo 3

SCHNEIDER ELECTRIC; “Manual electrónico Telemecanique, Tecnologías de control industrial”, Barcelona, 1999; Pág: 68-71, 52-55.

4.5.3.- Electrónicas

DOMINGO G. O. Evaluación del Impacto Ambiental MUNDI-PRENSA. [en línea]. Editorial CEAC. España. 1999. <http://www.maremundi.com/contaminacion.asp>

LUGO Manuel. Contaminación Industrial, [en línea]. Editorial Mc Graw, Morelos 1995. [http:// es.wikibooks.org/.../Contaminación_industrial](http://es.wikibooks.org/.../Contaminación_industrial)

SPIEGEL Jerry. La Contaminación [en línea]. España 1993. http://www.ecoportal.net/.../Contaminacion/s_o_s_contaminacion

DESPI Joan. Lavador de Gases. [en línea]. Barcelona 1999 <http://www.industrystock.es/.../Lavador%20de%20gas/product-result-es16201-0.html>

MINISTERIO DEL AMBIENTE. Impactos medioambientales. [en línea]. Ecuador 2008 [http:// es.wikipedia.org/wiki/Impacto_ambiental](http://es.wikipedia.org/wiki/Impacto_ambiental)

[http:// www.construmatica.com](http://www.construmatica.com); Estructuras metálicas; **CONSTRUMATICA**

ANEXO A

GLOSARIO DE TÉRMINOS
LISTA DE ABREVIATURAS

Chatarra.- Escoria que deja el mineral de hierro.

Lingotes.- Trozo o barra de metal en bruto, y principalmente de hierro, plata, oro o platino.

Emanación.- Desprenderse de los cuerpos las sustancias volátiles.

Hollín.- Sustancia craso y negro que el humo deposita en la superficie de los cuerpos.

Nieblas.- Nube muy baja, que dificulta más o menos la visión según la concentración de las gotas de agua que la forman.

Circundantes.- que circunda, o rodea.

Tabulación.- Acción y efecto de tabular.

TULA.- Tratado Único de Legislación Ambiental

Ecológicos.- Pertenece o relativo a la ecología, Defensa y protección de la naturaleza y del medio ambiente.

Inquirir.- Indagar, averiguar o examinar cuidadosamente algo.

Indagar.- Intentar averiguar, inquirir algo discurrendo o con preguntas.

Pigmentos.- Sustancia colorante que, disuelta o en forma de gránulos, se encuentra en el citoplasma de muchas células vegetales y animales.

Xerografía.- Procedimiento electrostático que, utilizando conjuntamente la foto conductibilidad y la atracción eléctrica, concentra polvo colorante en las zonas negras o grises de una imagen registrada por la cámara oscura en una placa especial.

UKAS.- United Kingdom Accreditation Service

CORPESA.- Corporación ecuatoriana de aluminio.

Anodizado.- Anodización o anodizado es una técnica utilizada para modificar la superficie de un material. Se conoce como anodizado a la capa de protección artificial que se genera sobre el aluminio mediante el óxido protector del aluminio, conocido como alúmina.

Electrostático.- Parte de la física, que estudia los sistemas de cuerpos electrizados en equilibrio.

Fundición.- Acción y efecto de fundir o fundirse.

Electroquímico.- Parte de la fisicoquímica que trata de las leyes referentes a la producción de la electricidad por combinaciones químicas, y de su influencia en la composición de los cuerpos.

Polietileno: es un plástico duro, resistente al fuego, a la luz, a los productos químicos, a los insectos, a los hongos y a la humedad.

Previsiones.- Acción de disponer lo conveniente para atender a contingencias o necesidades

Previsibles.- eventualidad o pronostico el que puede suscitarse.

Ciclones.- Perturbación caracterizada por fuertes vientos.

Inercia.- Propiedad de los cuerpos de no modificar su estado de reposo o movimiento si no es por la acción de una fuerza.

Cubilote.- Horno cilíndrico vertical, de chapa de hierro, revestido interiormente con ladrillos refractarios, en el que se funde el arrabio para obtener el hierro colado.

Oxidantes.- Que oxida o sirve para oxidar.

Permiciosos.- efecto dañino pernicioso, perjudicial.

Inocuos.- Que no hace daño alguno.

PPM.- partes por millón

Smog: mezcla de niebla con partículas de humo, formada cuando el grado de humedad en la atmósfera es alto y el aire está tan quieto que el humo se acumula cerca de su fuente.

Aerosol.- Suspensión de partículas ultramicroscópicas de sólidos o líquidos en el aire u otro gas.

Hemoglobina.- Proteína de la sangre, de color rojo característico, que transporta el oxígeno desde los órganos respiratorios hasta los tejidos.

Lluvia acida.- Es la precipitación normalmente en forma de lluvia niebla o rocío que presenta un PH -5 acido se forma cuando la humedad del aire se combina con el oxido de nitrógeno y el dióxido de azufre emitido por las fábricas.

Venturi.- Canal que sirve como medida del flujo del agua.

Latón.- Aleación de cobre y cinc, de color amarillo pálido y susceptible de gran brillo y pulimento.

Bifurcaciones.- Dividirse en dos ramales, brazos o puntas

NPT. - NATIONAL PIPE THREAD

IEC. - International Electrotechnical Commission, Comisión Electrotécnica Internacional

Electrotecnia.- Estudio de las aplicaciones técnicas de la electricidad.

Receptáculos.- Cavidad en que se contiene o puede contenerse cualquier sustancia.

Aljibe.- Depósito destinado al transporte de un líquido.

Precipitaciones.- Acción y efecto de precipitar o precipitarse.

Meteorológico.- Perteneiente o relativo a la meteorología o a los meteoros.

Granulometría.- Parte de la petrografía que trata de la medida del tamaño de las partículas, granos y rocas de los suelos.

Hipoclorito derivado del cloro más frecuentemente empleado en la desinfección del agua de pequeños abastecimientos.

Alcalina.- De álcali o que tiene sustancias de material álcali.

ASTM.-American society of testing and materials. Sociedad Americana para pruebas y materials.

AISI. -_American Iron and Steel Institute, Instituto Americano del Acero de Construcción.

AWS. - American Welding Society. Sociedad Americana de Soldadura.

SMAW. - Shielded metal arc welding. Soldadura de arco metálico protegido

SAW.-Submerged arc welding

GMAW.- gas metal arc welding. Soldadura de arco metálico con gas

MIG.- metal inert gas

MAG.- metal active gas

TIG.- tungsten inert gas

HEB.- definición de las vigas de acuerdo a la geometría que posee, la cual es una viga de ala ancha de caras paralelas.

AISC.- American Institute of steel construction. Instituto Americano del acero de construcción

Voluta.- Adorno en forma de espiral o caracol, que se coloca en los capiteles de los órdenes iónico y compuesto.

Rodete.- rotor situado dentro de una tubería o un conducto y es encargado de impulsar un fluido.

Pasivadores.- Rosca que con las trenzas del pelo se hacen las mujeres para tenerlo recogido y para adorno de la cabeza.

Ferríticos.- aceros inoxidable que contienen gran cantidad de cromo como aleantes principal

Austeníticos.- Característica del acero por su alta concentración de cromo – níquel efectuándole que sea más inoxidable y resistente a la corrosión atmosférica y a ciertos ácidos.

Martensíticos.- Aceros con aleaciones a base de hierro, cromo, carbono y otros elementos, principalmente níquel, molibdeno, manganeso, silicio.

Hipótesis.- Suposición de algo posible o imposible para sacar de ello una consecuencia.

EPA.- Environmental Protection Agency

Infraestructura.- Parte de una construcción que está bajo el nivel del suelo

Implementación.- Poner en funcionamiento, aplicar métodos, medidas, etc., para llevar algo a cabo.

Estipulado.- Convenir, concertar, acordar

Esbeltez.- Cualidad de esbelto, Alto, delgado y de figura proporcionada.

Plintos.- Base cuadrada de poca altura.

Reynolds.- Es un número adimensional utilizado en mecánica de fluidos, diseño de reactores y fenómenos de transporte para caracterizar el movimiento de un fluido. Este número recibe su nombre en honor de Osborne Reynolds (1842-1912), quien lo describió en 1883.

ANEXO A	ABREVIATURAS	1-3
<p>Q: caudal de los gases a tratar</p> <p>V: Velocidad de los gases</p> <p>A: Area del ducto</p> <p>D: Diámetro del ducto</p> <p>ΔP: Variación de presión en el ducto</p> <p>ρ_a: densidad del aire</p> <p>ρ_g: Densidad del gas</p> <p>g: gravedad terrestre</p> <p>h: Altura del ducto.</p> <p>k: factor de pérdida por fricción</p> <p>B: Presión barométrica local</p> <p>T_m: Temperatura de los gases</p> <p>L: longitud del ducto</p> <p>ρ_{acero}: peso del acero</p> <p>τ_{max}: Esfuerzo cortante máximo</p> <p>S_y: Límite de fluencia del material</p> <p>P_{cr}: Carga crítica</p> <p>E: Módulo de elasticidad para el acero inoxidable</p> <p>I: Módulo de inercia</p> <p>L_e: Longitud efectiva, para las condiciones de apoyo de la columna en mención es el doble de la longitud.</p>		

F_{δ} : Esfuerzo de corte

S_{yc} : Límite de fluencia al corte

FS : Factor de seguridad

f_t : Esfuerzo de tracción

F_t : Esfuerzo de tracción permisible.

f_a : Esfuerzo de compresión

F_a : Esfuerzo permisible de compresión

P_t : Fuerza actuante

A_{empuje} : Area de empuje

t : espesor de la placa de apoyo

$V_{m\acute{a}x}$: Fuerza cortante máxima

l : Longitud de un lado de la placa

H_B : Altura dinámica

P : Densidad del fluido

G : coeficiente de gravedad

Q_T : Caudal total

H_{ftotal} : Pérdida de carga

P_2 : Presión en la salida del inyector

V_2 : Velocidad del flujo

Z_2 : Altura de los inyectores respecto a la bomba

P_1 :Presión en el nivel de toma de agua de la bomba en la cisterna

Z_1 :Altura de la toma de agua hacia la bomba desde la cisterna

F :Coeficiente de fricción.

Leq: Longitud equivalente.

V_2 : Velocidad del fluido

μ : Viscosidad del fluido

s: sección o area del conductor

I: Intensidad que circula por el conductor

l: Longitud del conductor

u: caída de tensión

u_p : Cáida de tensión en porcentaje

V: voltaje entre líneas

$\text{Cos}\Phi$: constante

ANEXO B

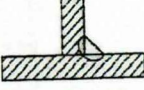

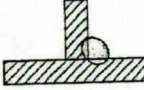

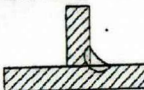

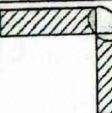



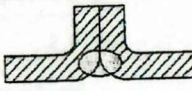

















INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA DEL CAPÍTULO II

B-1

ACERINOX		COMPOSICIÓN QUÍMICA (%)											APLICACIONES	
Norma Europea EN 10088		ASTM	Código	C	Si	Mn	P _{max}	S _{max}	Cr	Ni	Mo	Ti		Otros
Nº Acero	Designación	AISI	ACX											
AUSTENÍTICA														
1.4310	X10CrNi18-8	301	110	0.05-0.15	≤ 1.00	≤ 2.00	0.045	0.015	16.00-18.00	6.00-8.00	--	--	--	Industria alimentaria, cubertería, menaje
1.4301	X5CrNi18-10	304	120	≤ 0.070	≤ 0.75	≤ 2.00	0.045	0.015	18.00-19.00	8.00-10.00	--	--	--	Industria alimentaria, cubertería, menaje
1.4301	X5CrNi19-10	304	140	≤ 0.070	≤ 0.75	≤ 2.00	0.045	0.015	17.50-19.00	8.00-10.00	--	--	--	Industria alimentaria, cubertería, menaje
1.4307	X2CrNi18-9	304 L	150	≤ 0.030	≤ 0.75	≤ 2.00	0.045	0.015	18.00-19.00	8.00-10.00	--	--	--	Tubos, calderería
1.4301	X5CrNi18-10	304	160	≤ 0.070	≤ 0.75	≤ 2.00	0.045	0.015	18.00-19.00	8.50-10.00	--	--	--	Industria alimentaria, cubertería, menaje
1.4301	X5CrNi19-10	304 DDD	180	≤ 0.070	≤ 0.75	≤ 2.00	0.045	0.015	17.50-19.00	8.50-10.00	--	--	--	Embuticiones medias y profundas
1.4307	X2CrNi18-9	304 L	200	≤ 0.030	≤ 0.75	≤ 2.00	0.045	0.015	18.00-19.00	8.50-10.00	--	--	--	Industria nuclear, tubos, calderería
1.4404	X2CrNiMo17-12-2	316 L	240	≤ 0.030	≤ 0.75	≤ 2.00	0.045	0.015	16.50-18.00	10.00-13.00	2.0-2.5	--	--	Industrias químicas
1.4401	X5CrNiMo17-12-2	316	250	≤ 0.070	≤ 0.75	≤ 2.00	0.045	0.015	16.50-18.00	10.00-12.00	2.0-2.5	--	--	Industrias químicas
1.4432	X2CrNiMo17-12-3	316 L	260	≤ 0.030	≤ 0.75	≤ 2.00	0.045	0.015	16.50-18.00	10.50-13.00	2.5-3.0	--	--	Tubos, calderería
1.4571	X6CrNiMoTi17-12-2	316 Ti	280	≤ 0.080	≤ 0.75	≤ 2.00	0.045	0.015	16.50-18.00	10.00-12.50	2.0-2.5	5(C-Ni)-0.70	--	Industrias químicas y petroquímicas
1.4541	X6CrNiTi18-10	321	315	≤ 0.080	≤ 0.75	≤ 2.00	0.045	0.015	17.00-19.00	9.00-11.00	--	5(C-Ni)-0.70	--	Tubos, construcciones soldadas
1.4603	X12CrNi23-13	309 S	340	≤ 0.080	≤ 0.75	≤ 2.00	0.045	0.015	22.00-24.00	12.00-15.00	--	--	--	Resistencias eléctricas
1.4845	X8CrNi25-21	310 S	350	≤ 0.080	≤ 0.75	≤ 2.00	0.045	0.015	24.00-26.00	19.00-21.00	--	--	--	Hornos, aplicaciones altas temperaturas
FERRÍTICA														
1.4000	X6Cr13	410 S	420	≤ 0.080	≤ 1.00	≤ 1.00	0.040	0.015	11.50-13.50	--	--	--	--	Industrias petroquímicas.
1.4016	X6Cr17	430	500	≤ 0.080	≤ 1.00	≤ 1.00	0.040	0.015	16.00-18.00	--	--	--	--	Cubertería, menaje, amariños, decoración interior
1.4310	X3CrTi17	430 Ti	515	≤ 0.050	≤ 1.00	≤ 1.00	0.040	0.015	16.00-18.00	--	--	0.15-0.4(C-Ni)-0.80	--	Lavadoras, tubos
1.4511	X3CrNi17	430 Nb	525	≤ 0.050	≤ 1.00	≤ 1.00	0.040	0.015	16.00-18.00	--	--	--	Nb=0.3-0.6	Fondos difusores, lavadoras
1.4113	X6CrMo17-1	434	535	≤ 0.080	≤ 1.00	≤ 1.00	0.040	0.015	16.00-18.00	--	0.5-1.25	--	--	Decoración exterior, perfiles
1.4513	X2CrNiMo17-1	--	540	≤ 0.025	≤ 1.00	≤ 1.00	0.040	0.015	16.00-18.00	--	0.6-1.4	0.3-0.6	--	Sistemas de escape
1.4512	X2CrTi12	409 L	800	≤ 0.030	≤ 1.00	≤ 1.00	0.040	0.015	10.50-11.70	--	--	6(C-Ni)-0.65	--	Sistemas de escape
1.4509	X2CrTiNb18	--	845	≤ 0.030	≤ 1.00	≤ 1.00	0.040	0.015	17.50-18.50	--	--	0.10-0.60	Nb=0.3-0.3C+1.0	Sistemas de escape
MARTENSÍTICA														
1.4028	X30Cr13	420	360	0.28-0.35	≤ 1.00	≤ 1.00	≤ 0.040	0.015	12.50-14.00	--	--	--	--	Herramientas de corte
1.4034	X46Cr13	420	370	0.43-0.49	≤ 1.00	≤ 1.00	≤ 0.040	0.015	12.50-14.00	--	--	--	--	Herramientas de corte, cuchillos, navajas
1.4116	X30CrMo15	420 MoV	380	0.45-0.55	≤ 1.00	≤ 1.00	≤ 0.040	0.015	14.00-15.00	--	0.50-0.80	--	V=0.10-0.20	Cuchillería de alta calidad
1.4006	X12Cr13	410	410	0.08-0.15	≤ 1.00	≤ 1.00	≤ 0.040	0.015	11.50-13.50	--	--	--	--	Cubertería

Fuente: Distribuidora de aceros y materiales

B-2

DESIGNACIÓN	ILUSTRACIÓN	SÍMBOLO
Soldadura de filete en ángulo de 45°		
Soldadura de filete en ángulo convexa		
Soldadura de filete en ángulo y cóncava		
Soldadura de filete en arista		
Soldadura a tope sobre bordes rectos o derechos		
Soldadura a tope de pestañas (bordes levantados completamente fundidos)		
Soldadura a tope con bisel en V simple		
Soldadura a tope con bisel en media V		
Soldadura a tope con bisel en K		
Soldadura a tope con bisel en X		
Soldadura a tope con bisel en Y		
Soldadura a tope con bisel en media Y		
Soldadura a tope con bisel en U		
Soldadura a tope con bisel en media U		

Fuente: Distribuidora de aceros y materiales

B-3

Clsf.	Corriente	Arco	Penetración	Fundente Y Escoria
EXX10	DCEP	Penetrante	Profunda	Celuloso - Sodio (0 - 10% de polvo de Hierro)
EXXX1	AC o DCEP	Penetrante	Profunda	Celuloso - Potasio (0 - 10% de polvo de Hierro)
EXXX2	AC o DCEN	Mediano	Mediana	Titano - Sodio (0 - 10% de Polvo de Hierro)
EXXX3	Ac o DCEP o DCEN	Suave		Titano - Potasio (0 - 10% de Polvo de Hierro)
EXXX4	Ac o DCEP o DCEN	Suave		Titano - Polvo de Hierro (25 - 40% de Polvo de Hierro)
EXXX5	DCEP	Mediano	Mediana	Bajo Hidrogeno - Sodio (0% de Polvo de Hierro)
EXXX6	AC o DCEP	Mediano	Mediana	Bajo Hidrogeno - Potasio (0% de Polvo de Hierro)
EXXX8	AC o DCEP	Mediano	Mediana	Bajo Hidrogeno - Polvo de Hierro (25 - 40% de Polvo de Hierro)
EXX20	AC o DCEN	Mediano	Mediana	Oxido de Hierro - Sodio (0% de Polvo de Hierro)
EXX22	AC o DCEN o DCEP	Mediano	Mediana	Oxido de Hierro - Sodio (0% de Polvo de Hierro)
EXX24	AC o DCEN o DCEP	Suave	Ligera	Titano - Polvo de Hierro (50% de Polvo de Hierro)
EXX27	AC o DCEN o DCEP	Mediano	Mediana	Oxido de Hierro - Polvo de Hierro (50% de polvo de Hierro)
EXX28	AC o DCEP	Mediano	Mediana	Bajo Hidrogeno - Polvo de Hierro (50% de polvo de Hierro)

CLASIFICACIÓN DE ELECTRODOS

CONSTRUSUR

Clasificación AWS para los metales de aporte de la especificación A5.1

Electrodo cubierto de Acero "Dulce"

E - XXXX

(1) (2) (3) (4) (5)

(1) Lo identifica como electrodo

(2) y (3) Dos primeros dígitos indican su fuerza tensil x 1000 PSI.

(4) Indica la posición que se debe usar para optimizar la operación de este electrodo

(5) Indica la usabilidad del electrodo. Ej: tipo de corriente y tipo de fundente, en algunos casos, tercer y cuarto dígito son muy significativos

Clasificación AWS

CONSTRUSUR

ANEXO C

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA DEL CAPÍTULO III

C-1**GUÍA DE ENCUESTAS PARA ADMINISTRSDORES Y TRABAJADORES**

1. Cree usted que el problema medioambiental es un problema que involucra a toda la ciudadanía.
2. Conoce usted Qué es, y para Qué sirve un Lavador de Gases.
3. Sabe usted que grado de contaminación produce la planta de fundición de la empresa CEDAL
4. Está usted de acuerdo en que se diseñe un lavador de gases para la planta de fundición de la empresa CEDAL.
5. Cree usted que al contribuir con el diseño del lavador de gases a la empresa CEDAL esta debe llevar a cabo su inmediata construcción.
6. Cree usted que las empresas a nivel nacional y local deberían diseñar y construir lavadores de gases para reducir la emanación de gases tóxicos y así evitar la contaminación medioambiental.
7. Al diseñar y construir un lavador de gases para la empresa CEDAL motivaríamos a todas las empresas en seguir los mismos pasos, para ayudar a prevenir el calentamiento global.
8. Al diseñar un lavador de gases y al implantar su construcción por parte de la empresa CEDAL se mitigaría los inconvenientes existentes con los moradores de los sectores aledaños.
9. Piensa usted que el hollín emanado por parte de la planta de fundición de la empresa CEDAL afecta con el pasar del tiempo a la infraestructura del sector.

C-2**GUÍA DE ENCUESTAS PARA MORADORES DE LOS SECTORES
COLINDANTES.**

1. ¿Cree usted que deberíamos cuidar el medio ambiente?
2. ¿Cree que la contaminación ambiental se da por parte de las industrias?
3. ¿Sabe usted para qué sirve un lavador de gases?
4. ¿Aceptarían el diseño de un Lavador de Gases para reducir la emanación de elementos contaminantes del proceso de fundición de la empresa “CEDAL”?
5. ¿Todas las empresas deben tener un lavador de gases?
6. ¿Al implementar lavadores de gases en las empresas a nivel nacional, estaríamos contribuyendo en prevenir la contaminación ambiental?

ANEXO D

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA DEL CAPÍTULO IV

D-1

PARÁMETRO	RESULTADOS PROMEDIO DEL ANÁLISIS DE EMISIONES		RESULTADOS EN UNIDADES NORMA	VALORES DE NORMA	OBSERVACIONES
			mg/m ³ gas seco (nc 7 % O ₂)		
Caudal de gases	3320.5	m ³ /h nc			
Temperatura gases	437.6	° C			
O ₂	20.78	%			
CO ₂	---	%			
CO	106	ppm	15594.5		NO EXISTE NORMA
SO ₂	1	ppm	403.9	≤ 1650 *	CUMPLE
NOx	2	ppm	459.7	≤ 700 *	CUMPLE
Número de humo	2		2	≤ 2 **	
Partículas	0.0089	g/m ³ gas seco	1046.4	≤ 355 *	NO CUMPLE
Velocidad gases	5.7	m/sg			
Exceso de aire	---	%			
Eficiencia	---	%			

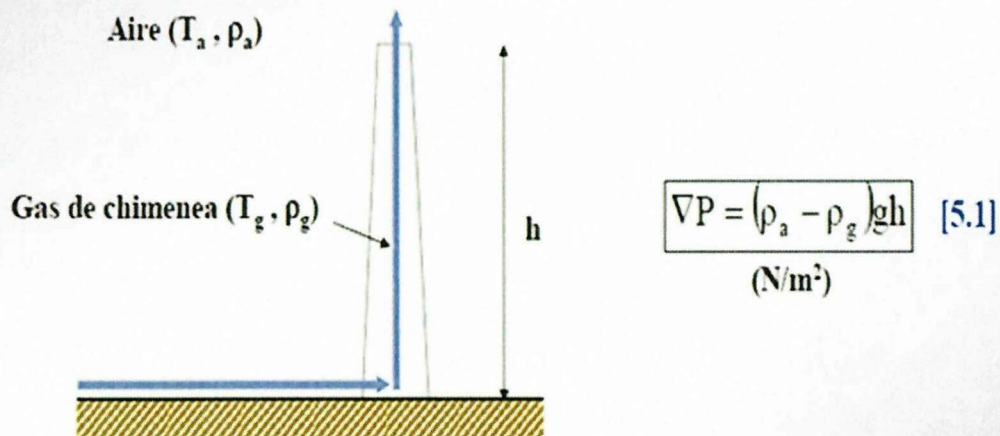
Fuente: Empresa CEDAL

D-2

2. Circulación del gas: Tiro de la chimenea

Concepto

- Tiro de la chimenea: Diferencial de presión creado por la diferencia de densidades entre el gas de chimenea y el aire exterior



- Suponiendo ambos gases ideales a presiones similares:

$$\nabla P = \rho_a \left(1 - \frac{T_a}{T_g} \right) gh \quad [5.2] \quad \Rightarrow \quad \text{Casos desfavorables: alta } T_a, \text{ baja } T_g$$

Fuente: Universidad de Castilla la Mancha, Departamento de Ingeniería Química.

D-3

TABLA DE CORRECCION PARA LA DENSIDAD DEL AIRE DEPENDIENDO DE
ALTURA Y LA PRESION

AIR DENSITY CORRECTION FACTOR, δ

Altitude, ft	Sea Level		1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10,000
Barometer "Hg	31.02	29.92	28.86	27.82	26.82	25.84	24.90	23.98	23.09	22.22	21.39	20.58
"Wg	422.2	407.5	392.8	378.6	365.0	351.7	338.9	326.4	314.3	302.1	291.1	280.1
Air Temp. -40	1.31	1.26	1.22	1.17	1.13	1.09	1.05	1.01	0.97	0.93	0.90	0.87
F 0	1.19	1.15	1.11	1.07	1.03	0.99	0.95	0.91	0.89	0.85	0.82	0.79
40	1.10	1.06	1.02	0.99	0.95	0.92	0.88	0.85	0.82	0.79	0.76	0.73
70	1.04	1.00	0.96	0.93	0.89	0.86	0.83	0.80	0.77	0.74	0.71	0.69
100	.98	0.95	0.92	0.88	0.85	0.81	0.78	0.75	0.73	0.70	0.68	0.65
150	.90	0.87	0.84	0.81	0.78	0.75	0.72	0.69	0.67	0.65	0.62	0.60
200	.83	0.80	0.77	0.74	0.71	0.69	0.66	0.64	0.62	0.60	0.57	0.55
250	.77	0.75	0.72	0.70	0.67	0.64	0.62	0.60	0.58	0.56	0.54	0.51
300	.72	0.70	0.67	0.65	0.62	0.60	0.58	0.56	0.54	0.52	0.50	0.48
350	.68	0.65	0.62	0.60	0.58	0.56	0.54	0.52	0.51	0.49	0.47	0.45
400	.64	0.62	0.60	0.57	0.55	0.53	0.51	0.49	0.48	0.46	0.44	0.42
450	.60	0.58	0.56	0.54	0.52	0.50	0.48	0.46	0.45	0.43	0.42	0.40
500	.57	0.55	0.53	0.51	0.49	0.47	0.45	0.44	0.43	0.41	0.39	0.38
550	.54	0.53	0.51	0.49	0.47	0.45	0.44	0.42	0.41	0.39	0.38	0.36
600	.52	0.50	0.48	0.46	0.45	0.43	0.41	0.40	0.39	0.37	0.35	0.34
700	.47	0.46	0.44	0.43	0.41	0.39	0.38	0.37	0.35	0.34	0.33	0.32
800	.44	0.42	0.40	0.39	0.37	0.36	0.35	0.33	0.32	0.31	0.30	0.29
900	.40	0.39	0.37	0.36	0.35	0.33	0.32	0.31	0.30	0.29	0.28	0.27
1000	.37	0.36	0.35	0.33	0.32	0.31	0.30	0.29	0.28	0.27	0.26	0.25

Standard Air Density, Sea Level, 70 F = 0.075 lb/ft^3

Fuente: Manual de ventilación industrial, 1986

D-4

FACTORES DE CORRECCIÓN PARA LA PRESIÓN EN FUNCIÓN DE LA ALTURA
SOBRE EL NIVEL DEL MAR.

Table 7 Altitude Correction

Altitude, m	Barometric Pressure <i>B</i> , kPa	Factor ^a
Sea level	101.325	1.00
600	94.41	1.08
1000	89.87	1.13
2000	79.50	1.27
3000	70.11	1.45
4000	61.64	1.64

Fuente: ASHRAE 1996.

D-5

Table 9 Resistance Loss Coefficients

Component	Suggested Design Value, Dimensionless ^a	Estimated Span and Notes
Inlet acceleration (k_1)		
Gas vent with draft hood	1.5	1.0 to 3.0
Barometric regulator	0.5	0.0 to 0.5
Direct connection	0.0	Also dependent on blocking damper position
Round elbow (k_2)		
90°	0.75	0.5 to 1.5
45°	0.3	—
Tee or 90° connector (k_3)	1.25	1.0 to 4.0
Y connector	0.75	0.5 to 1.0
Cap, top (k_4)		
Open straight	0.0	—
Low-resistance (UL)	0.5	0.0 to 1.5
Other	—	1.5 to 4.5
Spark screen	0.5	—
Converging exit cone	$(d_{i1}/d_{i2})^4 - 1$	System designed using d_{i1}
Tapered reducer (d_{i1} to d_{i2})	$1 - (d_{i2}/d_{i1})^4$	System designed using d_{i2}
Increaser		See Chapter 2, 1993 ASHRAE Handbook—Fundamentals.
Piping (k_L)	$0.033 L/d_f$	Numerical coefficient from 0.017 to 0.04; see Figure 13, Chapter 2, 1993 ASHRAE Handbook—Fundamentals for size, roughness, and velocity effects.

^aInitial assumption, when size is unknown:

$k = 5.0$ for entire system, for first trial

$k = 7.5$ for combined gas vents only

Note: For combined gravity gas vents serving two or more appliances (draft hoods), multiply total k (components + piping) by 1.5 to obtain gravity system design coefficient. (This rule does not apply to forced- or induced-draft vents or chimneys.)

Fuente: ASHRAE, 1993.

ANEXO D-6

PESO ESCALERA

DENOMINACION	CANTIDAD	LONG		CANT TOTAL	COSTO/UNIDAD	COSTO TOTAL	PESO/UNIDAD LB/PIE	PESO/UNIDAD KG/M	PESO/UNIDAD	PESO TOTAL
		MM	M							
ANG 2 1/2 X 1/4	2,00	3710,10	7,42	12,23	48,50	97,00	4,10	6,11		45,37
ANG 2 1/2 X 1/4	6,00	801,75	4,81				4,10	6,11		29,41
VARILLA CORRUGADA M22	10,00	450,00	4,50		27,88	27,88		2,25		10,13
PLATINA 2X1/4	4,00	1572,61	6,29	6,29	19,75	19,75		2,52		15,83
TUBO 2 PLG	1,00	6449,69	6,45	13,34	18,00	54,00		10,48		67,59
TUBO 2 PLG	6,00	1149,11	6,89					10,48		72,26
PLANCHA CORRUGADA	4,00				94,50	378,00				270,47
TOTAL PESO (KG)						576,63				511,06

PLANCHA CORRUGADA 1

Dext (mm)	2053	13241244
Dint (mm)	453	644684,594
Area total (mm2)		12596559,4
Area hueca (mm2)		1037825,52
Area neta (mm2)		11558733,8
Espesor (mm)		3

2976800 4,23157732

Volumen (mm3)	34676201,5
Peso específico (kg/m3)	7800
Peso total (kg)	270,474372

PESO PLATINA

ANCHO (mm)	50,8
ESPESOR(mm)	6,35
AREA(mm2)	322,58
AREA(m2)	0,00032258
PESO (Kg/m)	2,516124

PESO TUBO Área

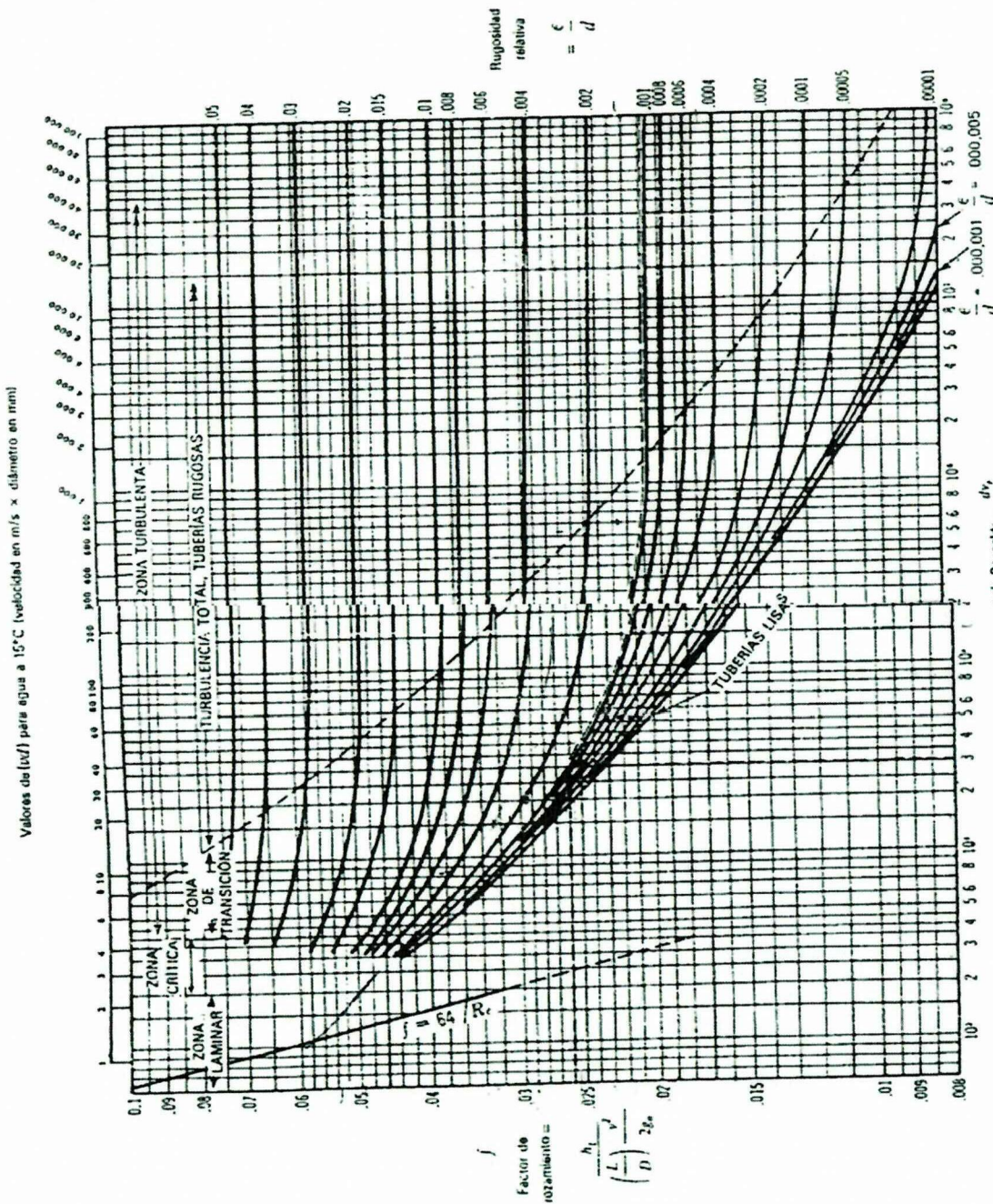
Dext (mm)	50,8	8107,33862
Dint (mm)	46,4	6763,73914
Área total (mm2)		1343,59949
AREA(m2)		0,0013436
Peso (Kg/m)		10,480076

D-7

CINIDIR0096	3 Lt/min (At 3 Bar)
CINIDIR0093	5 Lt/min (At 3 Bar)
CINIDIR0072	10 Lt/min (At 3 Bar)
CINIDIR0073	15 Lt/min (At 3 Bar)
CINIDIR0088	20 Lt/min (At 3 Bar)
CINIDIR0085	25 Lt/min (At 3 Bar)
CINIDIR0082	27 Lt/min (At 3 Bar)
CINIDIR0114	30 Lt/min (At 3 Bar)
CINIDIR0090	38 Lt/min (At 3 Bar)

Fuente: Montenegro 2006

D-8

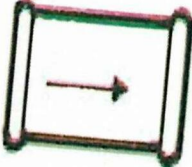
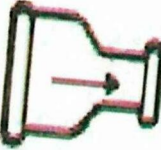








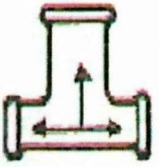

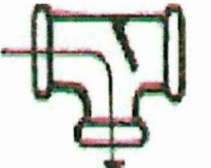
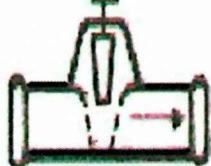



Problema: Determinese el factor de fricción para una tubería de hierro fundido de 250 mm (10 pulg.) de diámetro interno, para un número de Reynolds = 30 000.

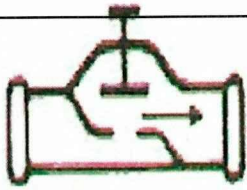
Solución: La rugosidad relativa (véase gráfica A-21) es 0.001. Entonces, el factor de fricción (f) es igual a 0.026.

Adaptación de datos extraídos de la referencia 18 de la Bibliografía.

D-9

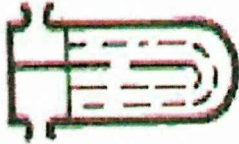
Clase de resistencia aislada	Diámetros de las tuberías (" 3/8"												
	(mm)	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"	5"	6"	
	Manguito de unión	0,00	0,000	0,020	0,030	0,04	0,05	0,060	0,09	0,12	0,15	0,20	0,25
	Cono de reducción	0,20	0,300	0,500	0,650	0,85	1,00	1,302	2,00	2,30	3,00	4,00	5,00
	Codo o curva de 45°	0,20	0,340	0,430	0,470	0,56	0,70	0,831	1,00	1,18	1,25	1,45	1,63
	Curva de 90°	0,18	0,330	0,450	0,600	0,84	0,96	1,271	1,48	1,54	1,97	2,61	3,43
	Codo de 90°	0,38	0,500	0,630	0,761	1,01	1,32	1,711	1,94	2,01	2,21	2,94	3,99
	"Te" de 45°	1,02	0,840	0,900	0,961	1,20	1,50	1,802	1,10	2,40	2,70	3,00	3,30
	"Te" arqueada o de curvas ("pantalones")	1,50	1,681	1,801	1,922	2,40	3,00	3,604	4,20	4,80	5,40	6,00	6,60

	"Te" confluencia de ramal (paso recto)	0,10	0,150,200,300,40	0,50	0,600,70	0,80	0,90	1,00	1,20
	"Te" derivación en ramal	1,80	2,503,003,604,10	4,60	5,005,50	6,20	6,90	7,70	8,90
	Válvula retención de batiente de pistón	0,20 1,33	0,300,550,751,15	1,50	1,902,65	3,40	4,85	6,60	8,30
	Válvula retención paso de escuadra	5,10	5,406,508,5011,50	13,0	16,521,0	25,0	36,0	42,0	51,0
	Válvula de compuerta abierta	0,14	0,180,210,260,36	0,44	0,550,69	0,81	1,09	1,44	1,70
	Válvula de paso recto y asiento inclinado	1,10	1,341,742,282,89	3,46	4,535,51	6,69	8,80	10,8	13,1
	Válvula de globo	4,05	4,956,258,2510,8	13,0	17,021,0	25,0	33,0	39,0	47,5
	Válvula de escuadra o ángulo (abierta)	1,90	2,553,354,305,60	6,85	8,6011,1	13,7	17,1	21,2	25,5



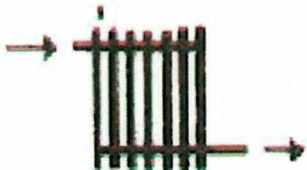
Válvula de asiento de paso recto

- 3,403,604,505,65 8,10 9,00- - - - -



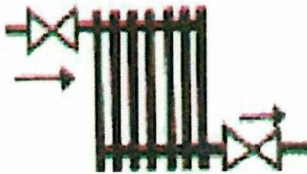
Intercambiador

- - - 2,1 5 12,5 13,214,2 25 - - -



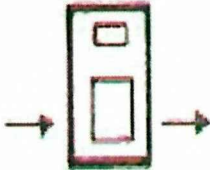
Radiador

2,50 3,003,504,004,50 5,00 5,756,50 7,00 7,50 8,00 10,00



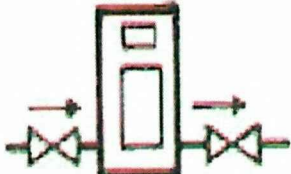
Radiador con valvulería

3,75 4,405,256,006,75 7,50 8,8010,10 11,4012,7014,0015,00



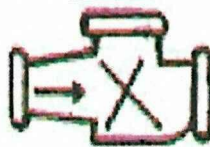
Caldera

2,50 3,003,504,004,50 5,00 5,756,50 7,00 7,50 8,00 10,00



Caldera con valvulería

3,00 4,204,905,606,30 7,00 8,008,75 9,50 10,0011,0012,00

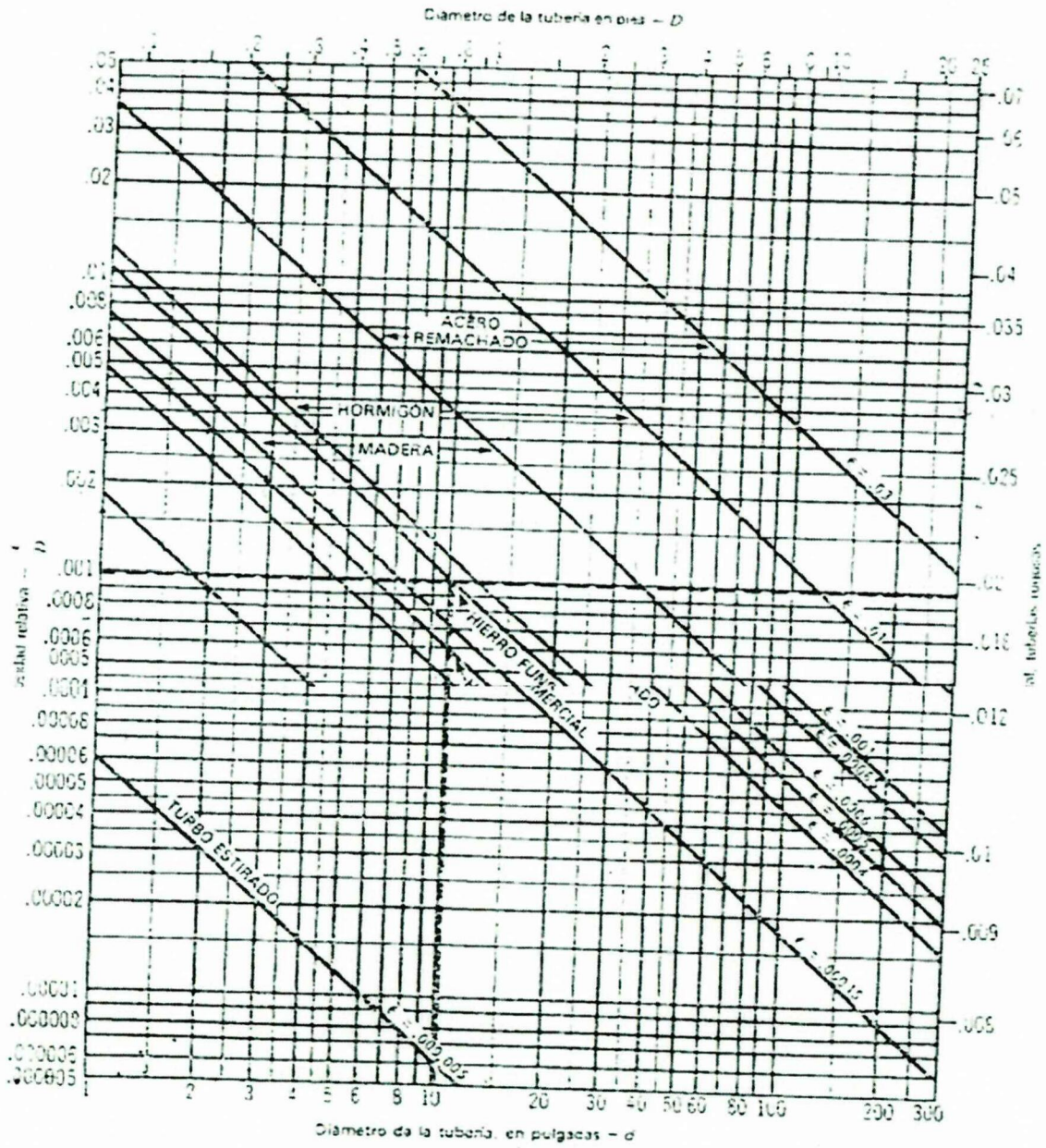


Contador general individual o divisionario

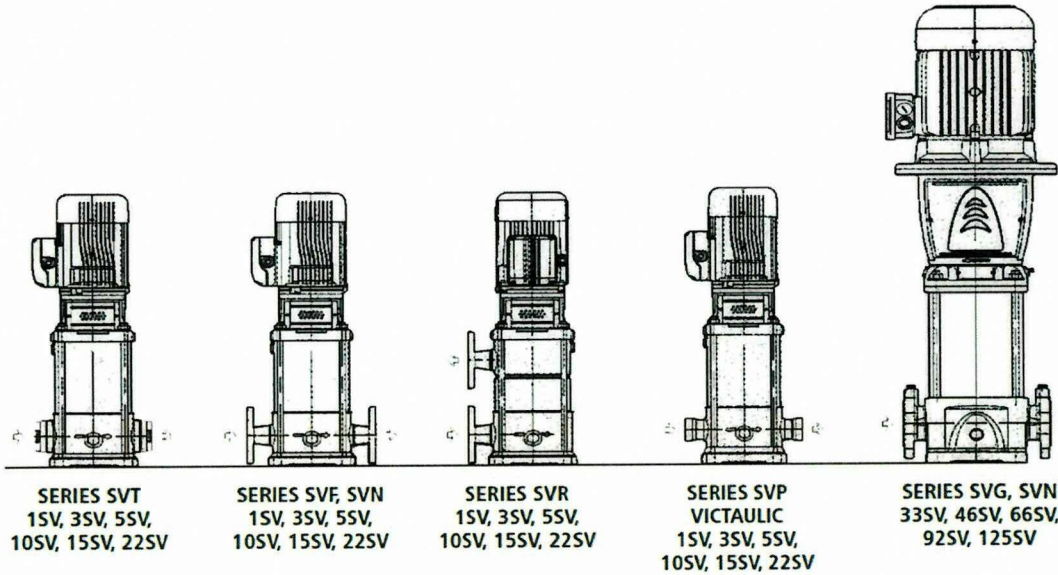
4,5mc.d.a.
10mc.d.a.

Nota: Para tuberías lisas (k=0,05 mm) multiplicar los valores del cuadro por 1,40

D-10



D-11



SERIES SVT
1SV, 3SV, 5SV,
10SV, 15SV, 22SV

SERIES SVF, SVN
1SV, 3SV, 5SV,
10SV, 15SV, 22SV

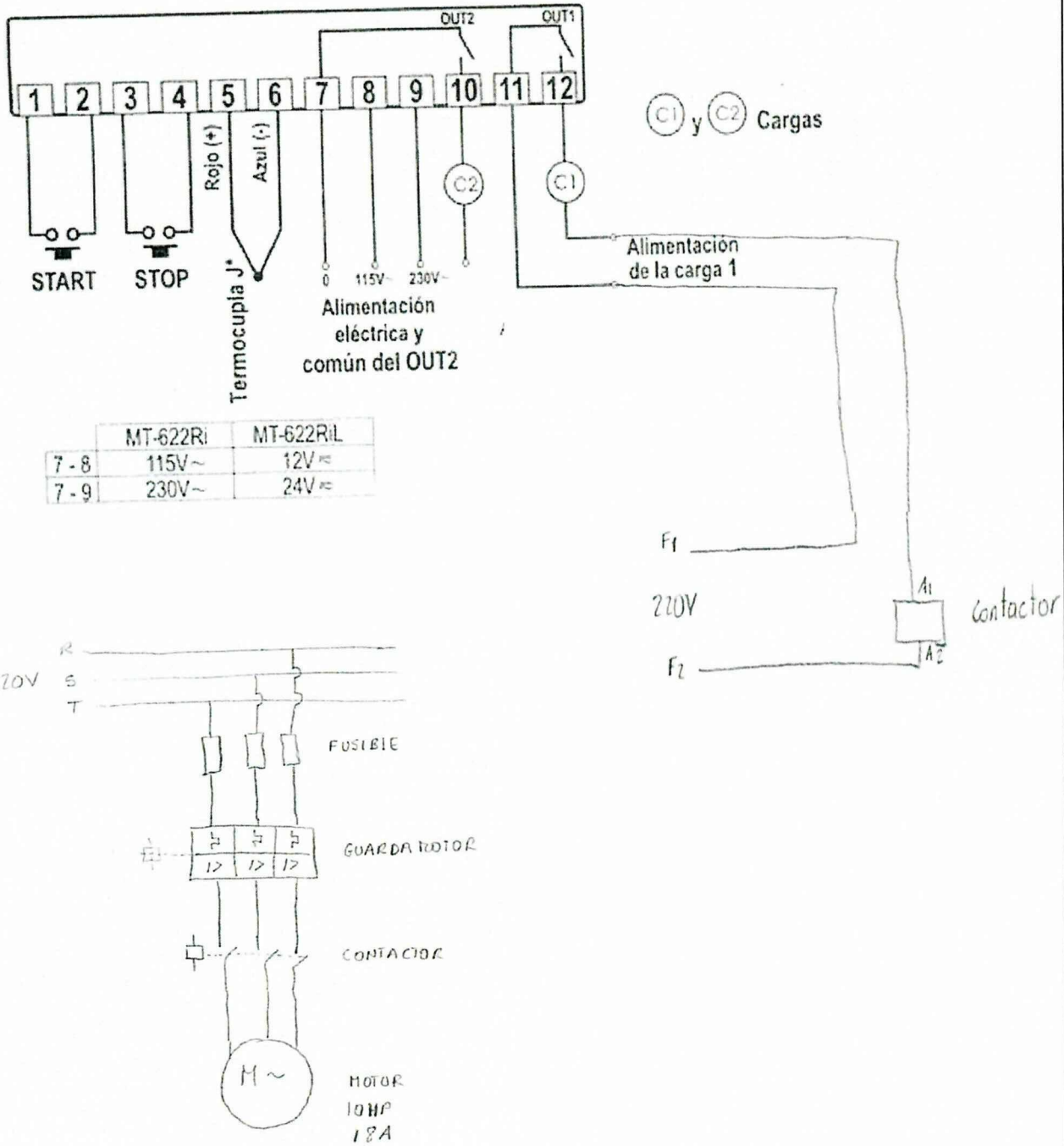
SERIES SVR
1SV, 3SV, 5SV,
10SV, 15SV, 22SV

SERIES SVP
VICTAULIC
1SV, 3SV, 5SV,
10SV, 15SV, 22SV

SERIES SVG, SVN
33SV, 46SV, 66SV,
92SV, 125SV

e-SV Product Range	1SV	3SV	5SV	10SV	15SV	22SV	33SV	46SV	66SV	92SV	125SV
Nominal Flow (GPM)	9	15	30	50	80	110	150	220	350	450	600
Flow Range(GPM)	2-12	3-22	7-45	9-75	18-125	21-150	30-195	45-285	70-420	90-580	120-700
Max. Head (Ft)	860	1085	975	1150	1060	880	1125	1210	850	715	570
Max. Working Pressure (PSIG)	580						360/580				
Temperature Range (° F)	Standard -20° F - 250° F (-30° C - 121° C)										
High Temp Option	up to 300° F (150° C)						-				
Motor Power [HP]	½ - 5 HP	½ - 7½	¾ - 10	¾ - 20	2 - 25	3 - 30	3 - 60	7½ - 75	10 - 75	15 - 75	20 - 75
Max Pump Efficiency	51%	60%	70%	70%	70%	71%	76%	78%	78%	80%	79%
Materials of Construction											
SVT	304 SS						-				
SVF	304 SS						-				
SVN	316L SS						Cast Stainless Steel / 316L SS				
SVR	304 SS						-				
SVP	316L SS						-				
SVC	316L SS						-				
SVG	ASTM Class 35/40B Cast Iron / 304 SS										
Connection Sizes											
SVT - Oval NPT	1½"	1½"	1½"	1½"	1½"	1½"	-				
SVF - Round ANSI Size/Class	1½" 300#	1½" 300#	1½" 300#	2" 300#	2" 300#	2" 300#	-				
SVN - Round ANSI Size/Class	1½" 300#	1½" 300#	1½" 300#	2" 300#	2" 300#	2" 300#	2½" 150/300#	3" 150/300#	4" 150/300#	4" 150/300#	5" 150/300#
SVR - Top/Bottom Round ANSI Size/Class	1½" 300#	1½" 300#	1½" 300#	2" 300#	2" 300#	2" 300#	-				
SVP - Victaulic	1½"	1½"	1½"	2"	2"	2"	-				
SVC - Clamp	1½"	1½"	1½"	2"	2"	2"	-				
SVG - Cast Iron Size/Class	1½" 250#	1½" 250#	1½" 250#	2" 250#	2" 250#	2" 250#	2½" 125/250#	3" 125/250#	4" 125/250#	4" 125/250#	5" 125/200#

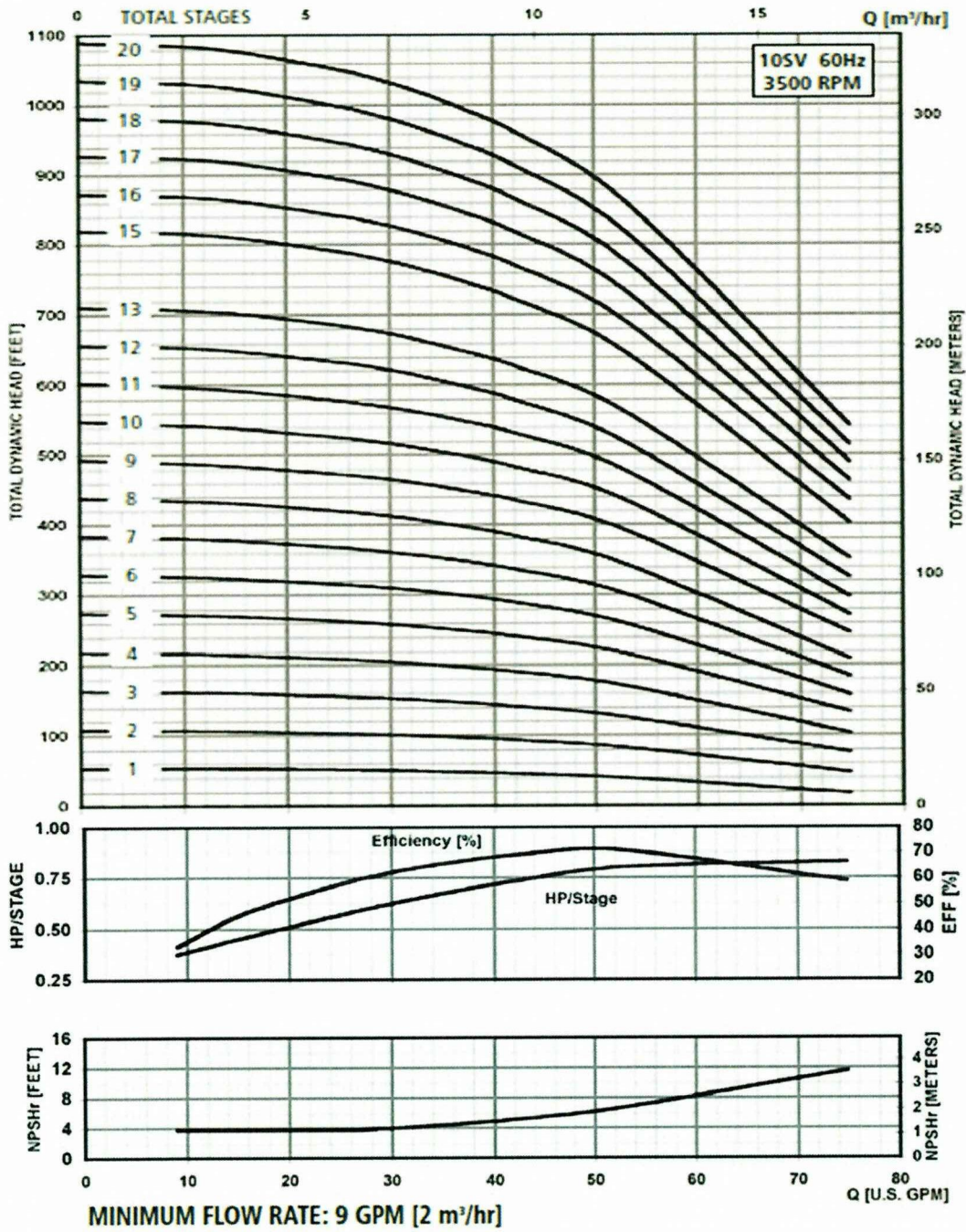
D-12



D-13

CALCULO DE BREAKER PARA MOTORES							
TRIFASICO					MONOFASICO		
HP	VOLTAJE				HP	VOLT.	
	200/208	230/240	440/480	575/600		120	240
1/2	15	15	15	15	1/8	15	15
3/4	15	15	15	15	1/4	15	15
1	15	15	15	15	1/3	15	15
1 1/2	15	15	15	15	1/2	20	15
2	15	15	15	15	3/4	30	15
3	20	20	15	15	1	30	15
5	35	30	15	15	1 1/2	40	20
7 1/2	50	45	20	20	2	50	30
10	60	60	35	25	3	70	40
15	90	80	45	40	5	125	60
20	100	90	60	50	7 1/2	175	80
25	125	125	70	60			
30	125	125	80	60			
40	175	150	100	80			
50	200	200	125	100			
60	250	225	125	125			
75	300	300	150	125			
100	400	400	175	175			
125	500	500	225	200			
150	600	600	250	225			
150	600	600	250	225			
200	800	700	350	300			

D-14



D-15

GUIA DE SELECCIÓN DE GUARDAMOTORES

S0		S2		S3	
Rango	*	Rango	*	Rango	*
1,1-1,6 A	3RV1021-1AA10	11-16 A	3RV1031-4AA10	28-40 A	3RV1041-4FA10
1,4-2 A	3RV1021-1BA10	14-20 A	3RV1031-4BA10	36-50 A	3RV1041-4HA10
1,8-2,5 A	3RV1021-1CA10	18-25 A	3RV1031-4DA10	45-63 A	3RV1041-4JA10
2,2-3,2 A	3RV1021-1DA10	22-32 A	3RV1031-4EA10	57-75 A	3RV1041-4KA10
2,8-4 A	3RV1021-1EA10	28-40 A	3RV1031-4FA10	70-90 A	3RV1041-4LA10
3,5-5 A	3RV1021-1FA10	36-45 A	3RV1031-4GA10	80-100 A	3RV1041-4MA10
4,5-6,3 A	3RV1021-1GA10	40-50 A	3RV1031-4HA10		
5,5-8 A	3RV1021-1HA10				
7-10 A	3RV1021-1JA10				
9-12 A	3RV1021-1KA10				
11-16 A	3RV1021-4AA10				
14-20 A	3RV1021-4BA10				
17-22 A	3RV1021-4CA10				
20-25 A	3RV1021-4DA10				

D-16

Guía de elección		Contactores										
		LC1-D09	LC1-D12	LC1-D18	LC1-D25	LC1-D32	LC1-D40	LC1-D50	LC1-D65	LC1-D80	LC1-D95	
Empleo en categoría	Corriente de empleo máxima según IEC 947-1 (para una frecuencia de 600 ciclos de maniobras por hora)											
	Corriente de sección	mm ²	4	4	6	6	10	16	25	25	50	
AC-1	Corriente de empleo según la temperatura ambiente	A	25	25	32	32	50	60	60	80	125	
	≤ 47 °C	A	25	25	32	32	50	60	60	80	125	
	≤ 55 °C	A	20	20	25	26	44	55	70	72	100	
	≤ 70 °C	A	17	17	22	22	35	42	55	55	80	
Aumento de la corriente de empleo por conexión en paralelo de los polos												
Aplicar a las corrientes que figuran a continuación los siguientes coeficientes, que tienen en cuenta el reparto a menudo desigual entre los polos												
2 polos en paralelo: K = 1,5 3 polos en paralelo: K = 2,25 4 polos en paralelo: K = 2,8												
Empleo en categoría	Corriente y potencia de empleo (temperatura ambiente ≤ 55 °C)											
AC-3	Corriente de empleo máxima	A	9	12	18	25	32	40	50	65	80	
	Potencia nominal	kW	3,2	3	4	5,5	7,5	11	15	19,5	25	
	240 V	kW	2,2	3	4	5,5	7,5	11	15	19,5	25	
	380/430 V	kW	4	5,5	7,5	11	15	19,5	25	37	45	
	440 V	kW	4	5,5	9	11	15	22	25	37	45	
	440 V	kW	4	5,5	9	11	15	22	30	37	45	
	500 V	kW	5,5	7,5	10	15	19,5	22	30	37	45	
	650/690 V	kW	5,5	7,5	10	15	19,5	30	37	45	45	
Frecuencias máximas de ciclos de maniobras (en función de la potencia de empleo y del factor de marcha) (t ≤ 55 °C)												
	Factor de marcha	Potencia de empleo										
	≤ 0,65	P	1.200	1.200	1.200	1.200	1.000	1.000	1.000	1.000	750	
	0,5 P	P	3.000	3.000	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.000	2.000	
	≤ 0,25	P	1.800	1.800	1.900	1.800	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	
Empleo en categoría	Corriente cortada máxima (en función de la frecuencia máxima de ciclos de maniobras (1) y del factor de marcha) (t ≤ 55 °C) (2)											
AC-2 y AC-4 (t ≤ 65 °C)	De 150 y 15% a 300 y 10%	A	30	40	45	75	80	110	140	160	200	
	De 150 y 20% a 600 y 10%	A	27	35	40	67	70	95	120	145	170	
	De 150 y 30% a 1.200 y 10%	A	24	30	35	58	60	80	100	120	145	
	De 150 y 55% a 2.400 y 10%	A	19	24	30	45	50	60	80	110	120	
	De 150 y 85% a 3.600 y 10%	A	16	21	25	40	45	55	70	90	100	
(1) No sobrepasar la frecuencia máxima de ciclos de maniobras mecánicas.												
(2) Para las temperaturas superiores a 55 °C, utilizar en las tablas de elección un valor de la frecuencia máxima de ciclos de maniobras igual a 30% del valor.												

FUENTE: SCHNEIDER ELECTRIC; Manual electrónico Telemecanique "Tecnologías de Control Industrial". Barcelona, 1999.

Corriente asignada de empleo la máx. AC-3 (Us < 40 V) la AC-1 (Us < 60 °C)	9 A	12 A	18 A	25 A	32 A	38 A	65 A	80 A	95 A	115 A	150 A
	20 A	25 A	32 A	40 A	50 A			125 A		200 A	

Tensión asignada de empleo
600 V

Número de polos	3	3	4	3	3	4	3	3	4	3	4	3
-----------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Potencia asignada de empleo en AC-3 380/400 V 415/440 V 500 V 660/690 V	4 kW	5,5 kW	7,5 kW	11 kW	15 kW	18,5 kW	30 kW	37 kW	45 kW	55 kW	75 kW
	4 kW	5,5 kW	9 kW	11 kW	15 kW	18,5 kW	30 kW	45 kW	55 kW	75 kW	80 kW
	5,5 kW	7,5 kW	10 kW	15 kW	18,5 kW	18,5 kW	37 kW	55 kW	55 kW	75 kW	90 kW
	5,5 kW	7,5 kW	10 kW	15 kW	18,5 kW	18,5 kW	37 kW	45 kW	45 kW	80 kW	100 kW

Contactos auxiliares
1 "NC" y 1 "NA" instantáneos incorporados a los contactores completos mediante alfileres comunes en toda la gama
1 "NC" y 1 "NA" instantáneos, hasta 1 "NA" + 1 "NC" temporizables y hasta 2 "NA" o 2 "NC" estancos y 2 bornes de continuidad de masas

Reles térmicos manual-auto asociables Clase 10 A Clase 20	0,10...10 A	0,10...13 A	0,10...18 A	0,10...32 A	0,10...38 A	50 A	13...65 A	17...104 A	17...10 A	60...150 A
	2,5...10 A	2,5...13 A	2,5...18 A	2,5...32 A		50 A	13...65 A	17...80 A		60...150 A

Módulos de antiparásitado (contactores y bajo consumo antiparásitados de origen) cresta bitérmico-nal	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•

Interfaz De relé De relé y marcha forzada	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•

Tipo de contactores Estático ~0...3 polos ~4 polos	LC1-D09	LC1-D12	LC1-D18	LC1-D25	LC1-D32	LC1-D38	LC1-D65A	LC1-D80	LC1-D95	LC1-D115	LC1-D150
	LC1-D720	LC1-D725	LC1-D732	LC1-D740			LC1-D780A	LC1-D80		LC1-D115	
	LC1-D088	LC1-D128	LC1-D168	LC1-D258			LC1-D780A	LC1-D80		LC1-D115	

Tipo de inversores ~3 polos ~3 polos ~4 polos ~4 polos	LC2-D09	LC2-D12	LC2-D18	LC2-D25	LC2-D32	LC2-D38	LC2-D65A	LC2-D80	LC2-D95	LC2-D115	LC2-D150
	LC2-D09	LC2-D12	LC2-D18	LC2-D25	LC2-D32	LC2-D38	LC2-D65A				
	LC2-D720	LC2-D725	LC2-D732	LC2-D740				LC2-D80		LC2-D115	

D-18

CABLES TIPO TF Y TW 600 VOLTIOS 60°C			
CALIBRE AWG-MCM	SECCION EN MM ²	DIAMETRO MM	CAPACIDAD AMPERIOS
20	0,52	0,81	7
18	0,82	1,02	7
16	1,31	1,28	10
14	2,08	1,63	25
12	3,31	2,05	30
10	5,26	2,50	40
8	8,37	3,26	60
6	13,3	4,55	82
4	21,12	5,88	105
2	33,54	7,41	140
1/0	53,52	9,36	195
2/0	67,36	10,6	225
3/0	84,91	11,79	260
4/0	107,41	13,26	300
250	126,37	14,55	240
300	151,58	15,95	375
350	177,28	17,23	420
400	203,19	18,45	455
500	252,89	20,26	515
600	303,18	22,61	575
700	353,18	24,43	630
750	380,81	25,34	655
800	404,31	26,11	680
1000	758,9	35,82	1635

Fuente: Schneider Electric "Manual Telemecanique"