



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**MODELO DE UN COLECTOR DE HOLLÍN PARA LA REDUCCIÓN
DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL, PRODUCIDA POR UNA
CALDERA DE COMBUSTIBLE DE BAGAZO DE CAÑA**

Jaenz Orlando Arreaza Navas

Asesorado por el Ing. Erick Rolando Monroy Gudiel

Guatemala, septiembre de 2009.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**MODELO DE UN COLECTOR DE HOLLÍN PARA LA REDUCCIÓN DE LA
CONTAMINACIÓN AMBIENTAL, PRODUCIDA POR UNA CALDERA DE
COMBUSTIBLE DE BAGAZO DE CAÑA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

JAENZ ORLANDO ARREAZA NAVAS

ASESORADO POR EL ING. ERICK ROLANDO MONROY GUDIEL

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2009.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing.	Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Inga.	Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga.	Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing.	Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br.	José Milton De León Bran
VOCAL V	Br.	Isaac Sultán Mejía
SECRETARIA	Inga.	Marcia Ivóne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing.	Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing.	Pedro Enrique Kubes Zacek
EXAMINADOR	Ing.	Carlos Humberto Pérez Rodríguez
EXAMINADOR	Ing.	Erwin Danilo González Trejo
SECRETARIO	Ing.	Pedro Antonio Aguilar Polanco

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

MODELO DE UN COLECTOR DE HOLLÍN PARA LA REDUCCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL, PRODUCIDA POR UNA CALDERA DE COMBUSTIBLE DE BAGAZO DE CAÑA,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 31 de mayo de 2005.

Jaenz Orlando Arreaza Navas

ACTO QUE DEDICO A:

DIOS	Padre Celestial que tiene la gloria, el honor, el poder y la sabiduría como Ser Supremo y omnipotente, por darme serenidad, valor, fe y esperanza.
MIS PADRES	Francisco Augusto Arreaza Ortiz y Mirna Yolanda Navas Rojo, por darme apoyo, consejos y enseñanzas, que Dios los bendiga.
MI FAMILIA	Hannia Ninethe Ruiz De Arreaza y Gabriela Ninethe Arreaza Ruiz, por compartir con migo sus sueños y amor.
MIS HERMANOS	Francisco Augusto y Daniel Edmundo, por su apoyo para alcanzar esta meta, gracias.
MIS ABUELOS	Augusto Cesar Arriaza Herrera, (D.E.P.) Paula Ortiz Escobar, (D.E.P.) Daniel Antonio Navas Reyes, (D.E.P.) Lucia Morales, (D.E.P.) Alicia Rojo Reyes Por expresarme su apoyo
MIS TÍOS	Zoila Arriaza, Ernestina Arreaza, Marilu Arreaza, Elmira Arreaza, Reina Arriaza, Mundo Arriaza y Hermelinda Arriaza y Sandra Navas, por su apoyo incondicional para alcanzar la meta.
MIS PRIMOS	Que sirva de ejemplo para alcanzar sus metas.
MIS AMIGOS	Porque de una u otra forma me brindaron apoyo cuando lo necesite.
Y A USTED	Con todo respeto.

AGRADECIMIENTOS A:

ASESOR Ing. Erick Rolando Monroy Gudiel, por la colaboración
brindada.

EL INGENIO
SANTA ANA Por abrir sus puertas y permitir realizar el estudio del
presente trabajo de graduación.

LA FACULTAD DE INGENIERÍA

LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.

A TODAS LAS PERSONAS QUE DE UNA U OTRA FORMA PARTICIPARON
EN LA REALIZACIÓN DE ESTE GRABAJO DE GRADUACIÓN.

Guatemala, 22 de Julio de 2009

A: Ing. Francisco Gómez
Director de la Escuela
de Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería USAC
Presente

Por este medio le saludo cordialmente deseando éxitos en sus actividades diarias. La presente me permite hacer de su conocimiento que el estudiante Jaenz Orlando Arreaza Navas, con carné 94-16509, termino satisfactoriamente su trabajo de graduación titulado "MODELO DE UN COLECTOR DE HOLLIN PARA LA REDUCCION DE LA CONTAMINACION AMBIENTAL PRODUCIDA POR UNA CALDERA DE COMBUSTIBLE DE BAGAZO DE CAÑA", siendo mi persona quien asesoro en el trabajo de graduación quedando concluido y de acuerdo con el contenido de dicho trabajo.

Sin otro particular, atentamente



Ing. Erick Rolando Monroy Gudiel
Colegiado No. 4,058

Erick Rolando Monroy Gudiel
INGENIERO MECÁNICO
COLEGIADO No. 4,058



Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **MODELO DE UN COLECTOR DE HOLLÍN PARA LA REDUCCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL PRODUCIDA POR UNA CALDERA DE COMBUSTIBLE DE BAGAZO DE CAÑA**, presentado por el estudiante universitario **Jaenz Orlando Arreaza Navas**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Inga. Miriam Patricia Rubio de Akú
Catedrática Revisora de Trabajos de Graduación
Escuela Mecánica Industrial

Miriam Patricia Rubio Contreras
INGENIERA INDUSTRIAL
COL. 4074

Guatemala, septiembre de 2009.

/mgp



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **MODELO DE UN COLECTOR DE HOLLIN PARA LA REDUCCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL, PRODUCIDA POR UNA CALDERA DE COMBUSTIBLE DE BAGAZO DE CAÑA**, presentado por el estudiante universitario **Jaenz Orlando Arreaza Navas**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.


Ing. José Francisco Gómez Rivera
DIRECTOR
Escuela Mecánica Industrial



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DIRECCION
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala, septiembre de 2009.

/mgp



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **MODELO DE UN COLECTOR DE HOLLÍN PARA LA REDUCCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL, PRODUCIDA POR UNA CALDERA DE COMBUSTIBLE DE BAGAZO DE CAÑA**, presentado por el estudiante universitario **Jaenz Orlando Arreaza Navas** autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
DECANO



Guatemala, Septiembre de 2009.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XI
OBJETIVOS	XIII
INTRODUCCIÓN	XV
1. ANTECEDENTES GENERALES	1
1.1 Demografía de Escuintla	2
1.2 Aspectos generales del Ingenio Santa Ana	3
1.2.1 Origen y desarrollo del Ingenio Santa Ana	3
1.2.2 Nociones sobre el procesote fabricación del azúcar	5
1.3 Medio Ambiente	6
1.3.1 El aire recurso natural	8
1.3.2 Ingeniería ambiental	9
1.3.3 Perfil general del ingeniero ambiental	10
1.3.4 Legislación ambiental	11
1.3.4.1 Instituciones que protegen el medio ambiente	12
1.3.4.2 Leyes que protegen del medio ambiente	13
1.4 Contaminación ambiental	15
1.4.1 Clases de contaminación	16
1.4.2 Contaminantes del aire	17
1.5 Calderas	20
1.5.1 Tipos de calderas	20
1.5.2 Diseño básico de una caldera de ingenio azucarero	22
1.5.3 Tipos de combustibles	23

1.5.3.1	Poder calorífico del bagazo de caña	25
1.5.3.2	Combustión del bagazo de caña	27
1.6	Colectores	28
1.6.1	Control de emisiones contaminantes del aire	29
1.6.1.1	Algunos contaminantes en la industria y su control	32
1.6.2	Colectores de polvo	33
1.6.2.1	Colectores electrostáticas	33
1.6.2.2	Colectores mecánicos	35
1.6.2.3	Colectores mecánicos y eléctricos combinados	36
1.6.3	Colectores húmedos	38
1.6.3.1	Colectores de baja energía	38
1.6.3.2	Colectores de energía media o Scrubbers	39
1.6.3.3	Aglomeradores de alta energía	41
1.6.4	Principio de funcionamiento de la trampa ciclónica	43
1.6.5	Remoción de escoria y ceniza	43
1.7	Mantenimiento	45
1.7.1	Mantenimiento preventivo	46
1.7.2	Mantenimiento correctivo	48
2.	SITUACIÓN ACTUAL DEL COLECTOR DE HOLLÍN	
	DE LA CALDERA 7	51
2.1	Descripción de funcionamiento del colector de hollín actual	51
2.1.1	Elementos naturales que utiliza el colector de hollín	51
2.1.2	Mediciones cartas de Ringelman	52
2.1.3	Impacto actual del hollín en la sociedad	54
2.2	Descripción del diseño del colector de hollín actual	55
2.3	Partes componentes del colector de hollín actual	55
2.3.1	Plano del colector de hollín actual	56

3. DISEÑO PROPUESTO DEL NUEVO COLECTOR DE HOLLÍN DE LA CALDERA 7	59
3.1 Descripción del funcionamiento del nuevo colector	59
3.1.1 Elementos naturales que utiliza el colector de hollín	60
3.1.3 Beneficios de la sociedad	60
3.2 Descripción del diseño del nuevo colector	60
3.3 Partes componentes del nuevo colector	61
3.3.1 Plano del nuevo colector	62
3.4 Sistema de alimentación de agua condensada	67
3.5 Materiales del nuevo colector de hollín	67
3.6 Proyección del desmontaje del colector	69
3.7 Proyección del montaje del nuevo colector	70
3.8 Estudio financiero del nuevo colector	75
3.8.1 Costo de los materiales	75
3.8.2 Costo de la mano de obra	77
3.8.3 Costo de la maquinaria/hora	79
3.8.4 Costos totales del nuevo colector	80
4. IMPLEMENTACIÓN DEL DESMONTAJE Y MONTAJE DEL COLECTOR DE HOLLÍN	81
4.1 Maquinaria que se utilizará en el desmontaje del colector de hollín actual	81
4.1.1 Herramientas a utilizar en el desmontaje de colector de hollín actual	82
4.2 Lineamientos de seguridad en el desmontaje del colector de hollín actual	82
4.2.1 Herramientas de seguridad	83
4.3 Lineamientos a seguir en el desmontaje del colector	84
4.4 Maquinaria que se utilizará en el montaje del nuevo colector	85

4.4.1	Herramienta que se utilizará en el montaje del nuevo colector	86
4.5	Lineamientos de seguridad a seguir en el montaje del nuevo colector	86
4.5.1	Herramientas de seguridad	88
4.6	Lineamientos a seguir en el montaje del nuevo colector	88
5.	MEJORA CONTINUA DEL COLECTOR DE HOLLÍN	93
5.1	Mantenimiento preventivo del colector	93
5.1.1	Durante la zafra u operación	93
5.1.2	Durante reparaciones	94
5.2	Mantenimiento correctivo del colector	94
5.2.1	Durante la zafra u operación	94
5.2.2	Durante reparaciones	94
5.3	Monitoreo ambiental	94
5.3.1	Mediciones cartas de Ringelman	95
	CONCLUSIONES	97
	RECOMENDACIONES	99
	BIBLIOGRAFÍA	101
	ANEXO	103

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Capas de la atmósfera terrestre	7
2	Diseño básico de una caldera acuatubular	21
3	Diseño básico de una caldera de ingenio azucarero	22
4	Colector electrostatico	34
5	Colector mecánico	35
6	Colector mecánico y eléctrico combinado	37
7	Colector de baja energía	39
8	Colector de energía media	40
9	Colector de energía media, ciclones húmedos	40
10	Aglomeradores de alta energía	41
11	Gráfica costo mantenimiento preventivo	48
12	Vista completa del colector de hollín	56
13	Ducto vertical interno, sombrero chino	57
14	Vista de planta de colector de hollín	58
15	Elevación lateral del colector de hollín	62
16	Sección “A-A” del colector de hollín	63
17	Detalle unión de salida de colectores	64
18	Detalle de sección “C-C” y “D-D”	65
19	Detalle 1 y 2 de agua y toberas	66

TABLAS

I	Contaminantes primarios, efectos y fuentes	18
II	Combustibles gaseosos	24
III	Combustibles líquidos	24
IV	Combustibles sólidos	25
V	Colectores y su eficiencia	28
VI	Contaminantes y su tamaño de partícula	30
VII	Equipo y tamaño de partícula a atrapar	31
VIII	Contaminantes, fuente de emisión y método de control	32
IX	Ventajas y desventajas de los colectores de hollín	42
X	Mediciones de Ringelman	53
XI	Cálculo de valores, mediciones de Ringelman	54
XII	Proyección del desmontaje del colector de hollín actual	69
XIII	Proyección del montaje del nuevo colector de hollín	70
XIV	Presupuesto de materiales	75
XV	Presupuesto de mano de obra 1	77
XVI	Presupuesto de mano de obra 2	78
XVII	Presupuesto de la maquinaria por hora	79
XVIII	Costos totales del nuevo colector	80
XIX	Planeación a seguir con actividades predecesoras	84
XX	Planeación montaje del colector con actividades predecesoras	88

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
%	Porcentaje
#	Número
Ø	Diámetro
→	Dirección
”	Pulgadas
′	Pies
+	Sumar
-	Restar
*	Multiplicar
/	Dividir
=	Igual

GLOSARIO

Atomización	Proceso por el cual se disgrega un combustible sólido o líquido para obtener un mayor rendimiento.
Bayoneta	Cambio de dirección en una tubería para pasar una estructura.
Calderas	Recipiente de metal grande y semiesférico que su función es calentar o coser algo dentro de él.
Caldera Acuatubular	En estas calderas, por el interior de los tubos pasa agua o vapor, y los gases calientes se haya en contacto con la superficie externa de aquellos.
Caldera Piro tubular	En estas calderas los gases calientes pasan por el interior de los tubos, los cuales se hallan rodeados de agua.
Celulosa	Polisacárido que forma y determina la estructura de la pared celular de las plantas.
Cogeneración	Producción conjunta de electricidad o energía mecánica y de energía calorífica a partir de una única fuente primaria de energía, y que es aprovechable en forma de líquidos calientes o de gases.

Demografía	Ciencia que estudia la población, ocupándose particularmente de la investigación estadística, de sus tendencias, composición, tamaño y distribución.
Domos	Parte de la caldera donde se encuentra ubicada el agua a evaporar.
Escoria	Sustancia vítrea que sobrenada en el crisol de los hornos de fundir metales, y procede de las impurezas.
Esmerilar	Pulir algo o deslustrar el vidrio con esmeril o con otra sustancia.
Hollín	Una aglomeración de partículas de carbón.
Lignina	Polímero aromático de estructura más conocida, que forma parte de los tejidos de sostén de los vegetales.
Mamparras	Serie de láminas colocadas una tras de otras dentro de un recipiente.
Perniciosos	Gravemente dañoso y perjudicial
Trapiche	Molino para extraer el jugo de algunos frutos.
Zafra	Periodo de cosecha de la caña de azúcar.

RESUMEN

Es importante conocer el funcionamiento de las calderas, el tipo de caldera acuatubulares, pirótubulares, supercríticas, sus componentes, que tipo de combustible utilizan que puede ser sólido, líquido o gaseoso y en general su funcionamiento, la responsabilidad en todo proceso es la seguridad del mismo y de las personas que intervienen en el proceso, en la actualidad agregamos un factor muy importante, la contaminación ambiental. Los ingenieros son responsables de la no contaminación, nuestra visión es la eficiencia y la calidad del aire procesado.

Es importante mencionar que si no se cuenta con el equipo adecuado, será difícil lograr condiciones favorables en cuanto a esto se refiere, la correcta implementación del equipo, la estructura en su diseño, tamaño del mismo, capacidad y métodos a seguir en su construcción son importantes para el ingeniero mecánico industrial. Con el sistema de recolección de hollín, se obtendrá mediante mediciones como las cartas de Ringelman registros de la contaminación. Los registros sirven de parámetro con el fin de aumentar la capacidad del colector en la reducción de la contaminación de hollín.

El agua se utiliza para atrapar el hollín emitido por la caldera, cuando se emplea condensado de vapor de los distintos procesos se genera una mejor recolección de hollín, el agua es 100 pura sin contaminantes. Si se obtiene un proceso balanceado en la combustión evitamos contaminación de hollín, la humedad del combustible y otros factores que intervienen en el proceso pueden producir una mala combustión produciendo exceso de hollín en la generación de vapor, entonces necesitaremos un colector de hollín, obteniendo el éxito en la no contaminación.

OBJETIVOS

- **General:**

Reducir la contaminación ambiental producida por el hollín causado por la combustión de una caldera de combustible de bagazo de caña.

- **Específicos:**

1. Modificar el colector de hollín de la caldera 7, mediante la ampliación del área de captación de hollín para la reducción de la contaminación ambiental.
2. Reducir la contaminación ambiental de hollín, producido por una caldera que usa como combustible bagazo de caña, aumentando el volumen del agua del colector de hollín.
3. Mediante la recolección de hollín evitamos sedimentaciones y depósitos en el ambiente, mejorando la calidad de vida de las personas y sociedades cercanas al ingenio.
4. Determinar los lineamientos a seguir en una modificación de un colector de caldera que utiliza aire y bagazo de caña como elemento de combustión.
5. Identificar los elementos que forman un colector de hollín que reduce la contaminación ambiental por medio de agua.

INTRODUCCIÓN

Tradicionalmente la actividad del ingeniero industrial o mecánico industrial en los sistemas productivos se ha centrado en la organización y programación de los procesos necesarios para cumplir con la producción, en la época actual en la que la sociedad demanda participación ética de todos los profesionales para procurar el beneficio de sus semejantes y la conservación del planeta, el ingeniero adquiere otra responsabilidad en su que hacer diario, es la de producir cuidando el medio ambiente.

En las plantas industriales, especialmente en la industria azucarera, los sistemas de colectores de hollín han adquirido importancia, debido a que son indispensables en las calderas y en la no contaminación ambiental. Las calderas utilizadas en los ingenios azucareros operan con bagazo de caña, en su mayoría no constan de un colector de hollín, el no quemar bien el combustible empleado este no es emitido como ceniza pura si no como un compuesto de ceniza y sólido del material de combustible, al contener carbón en forma de sólido este se precipita, este tiende a degradarse lentamente en el ambiente y produce contaminación en la vegetación, pureza del aire, en el presente trabajo de graduación se indicará la remodelación de un colector de hollín, tomando como modelo la caldera 7 del Ingenio Santa Ana.

El trabajo de graduación será de utilidad al estudiante de ingeniería y profesional del área que este interesado en los sistemas de recolección de hollín, así como en la prevención de la contaminación ambiental que es de importancia en nuestro medio.

1. ANTECEDENTES GENERALES

La demografía de Escuintla ubica el lugar donde se encuentra situada la ciudad, empresa, etc. Es importante saber la trayectoria de la empresa, a que se dedica, donde se encuentra ubicada, su infraestructura y su organización.

El medio ambiente brinda información sobre la naturaleza del mundo en que vivimos, los recursos naturales utilizables por el hombre, el ingeniero brinda soluciones a la mejora del ambiente, leyes aplicables a la preservación de los recursos. Es necesario conocer los tipos de contaminantes que producen los distintos dispositivos que utiliza el hombre para la transformación de la materia prima.

Los equipos contaminantes y los equipos que reducen la contaminación son compatibles en su aplicación en la reducción de la contaminación, es importante conocer la compatibilidad eficientando su aplicación. Los combustibles que utilizan los equipos nos brindan el calor necesario en la transformación de la materia prima, la aplicación de los equipos correctos en la reducción de la contaminación nos brindaran una reducción en los mantenimientos.

Los equipos de recolección de hollín, existen para diferente aplicación según el producto a recolectar, utilizando colectores eléctricos, mecánicos o combinación de estos reducimos la contaminación. Los colectores también se identifican como colectores de baja energía como de alta energía. La total recolección de hollín no sería posible sin la aplicación de los deshollinadores, estos permiten desprender de las paredes de la caldera el hollín pegado.

Los mantenimientos preventivos, correctivos, predictivos, etc., son una herramienta en el buen funcionamiento de los equipos, la correcta utilización y aplicación de estos evita paros innecesarios en los equipos, evitando una contaminación en el ambiente.

1.1 Demografía de Escuintla

Escuintla es uno de los trece municipios del departamento de Escuintla, ubicado al sur de Guatemala. El área aproximada es de 332 Kms. cuadrados. Colinda al norte con Yepocapa y Alotenango; al este con Palin, San Vicente Pacaya y Guanagazapa, al oeste con la Democracia, Siquinala y Santa Lucia Cotzumalguapa; al sur con Masagua. El monumento de elevación del Instituto Geográfico Nacional en el parque de la cabecera departamental esta a 346.91 mts. Sobre el nivel del mar, con latitud 14 18' 13", longitud 90 47'08".

Los principales ríos que corren en este municipio son: el Michatoya, Guacalate, Achíguate y Maria Linda, así como riachuelos y quebradas, cascadas y manantiales, montañas como Del Salto, el Nispero, el Peñón, el Zapote, Hermosa, cerros y grutas. El departamento de Escuintla se encuentra dentro de la región cañera productora de azúcar en Guatemala. Se localiza en la vertiente del océano pacífico a los largo de la planicie costera. La planicie costera comprende una extensa franja de 300 kilómetros de largo desde la frontera con la República Mexicana al poniente, hasta El Salvador al oriente; los terrenos agrícolas se localizan desde los 1,829.27 metros sobre el nivel del mar hasta la costa. Es la región más rica del país, se encuentran las plantaciones de caña de azúcar, café, banano, arroz, cacao, algodón, maíz y potreros para ganado. Socioeconómicamente, Escuintla es uno de los departamentos más productivos del país, debido a su amplia infraestructura comercial, posee gran variedad de industrias, especialmente la azucarera. Cuenta con los siguientes ingenios: Santa Ana, San Diego, Concepción, Pantaleón, La Unión, Magdalena, Madre Tierra, El Baúl, Los Tarros, Trinidad, Guadalupe y Tierra Buena.

1.2 Aspectos generales del Ingenio Santa Ana.

El Ingenio Santa Ana es una compañía agrícola industrial ubicada en la finca Cerritos, en el kilómetro 64 ½ al sur de la ciudad de Guatemala, en el departamento de Escuintla; colinda al norte con las fincas Rancho Mari, El Sagitario, Santa Teresa, San Luís y Las Palmas; al sur con las fincas Managua, la Ceibita y el parcelamiento los Cerritos; al este con las fincas Esmeralda, Lanndeville, el Dorado, San Juan, la Ceiba, lo Ángeles, el Coco y Santa fe; al oeste con las fincas Cuncun y Honduras. El ingenio ocupa aproximadamente un área de 6.25 manzanas. El ingenio Santa Ana se dedica al corte de caña de azúcar, extracción de sacarosa, evaporación y fabricación de azúcar de distintos tipos, los cuales son: azúcar crudo, azúcar blanco estándar, azúcar morena, azúcar superior, azúcar refino local, azúcar refino de exportación.

1.2.1 Origen y desarrollo del Ingenio Santa Ana

El Ingenio Santa Ana tuvo sus inicios en 1968 cuando un grupo de empresarios adquirió parte del Ingenio Santa Juana y Caobanas de Puerto Rico, iniciándose así la construcción del Ingenio Santa Ana. La primera zafra de prueba se hizo en 1969/70 moliéndose 154,973.75 toneladas de caña y produjo 239,525 quintales de azúcar en 136 días; la capacidad instalada en esa época era de 3,500 toneladas por día. En 1991 se inicio el montaje de la refinería, que comenzó a operar el 2 de febrero de 1993 con una capacidad de 500 toneladas de azúcar por día. Está diseñada para elaborar refinado de alta calidad, a partir de azúcar blanco estándar, cuenta con 3 tachos 5 filtros, 6 centrifugas automáticas, una secadora y una enfriadora. Para la zafra 1,994/95 la refinería produjo 750 toneladas de azúcar por día, al instalar un clarificador de azúcar disuelta para poder trabajar azucares afinados. En lo referente a cogeneración, el Ingenio produce su propia electricidad obtenida de la quema de bagazo de caña en sus calderas desde el comienzo de sus operaciones.

En 1,969 con 9 generadores, una potencia instalada de 3,500 Kw. y para la zafra 1,982/83 ya tenía una capacidad de 7,250 Kw. En 1990 se adquirió un generador de 7,500 Kw. y en 1,991 se inició la construcción de la subestación de 69 Kw. entró en servicio el 28 de enero de 1,993. Este mismo año el ingenio adquiere un turbogenerador tipo condensación con capacidad para generar 25,000 KW y otro de contrapresión con capacidad de generar 15,600 KW. Al construir una caldera de 850 libras de presión con una producción de 240,000 libras de vapor hora, la cual quema en época de zafra bagazo de caña y en época de no zafra combustible Bunker C No. 6

La compañía a través de la supervisión directa de la división agrícola provee caña en óptimas condiciones aplicando labores agrícolas manuales y mecanizadas, con el apoyo de los departamentos de ingeniería agrícola, investigación varietal y fitosanitaria. Durante la zafra 1,992/93 se inauguró el taller de reparaciones automotrices y de maquinaria agrícola, que con base en un programa de mantenimiento preventivo tiene a su cargo el equipo agrícola y de transporte de la empresa, tractores, alzadoras, cabezales, autobuses, vehículos livianos, etc. Dicho ingenio para tener una mejor organización de sus operaciones se dividió en departamentos, estos son:

- División industrial, área destinada a la fabricación del azúcar, almacenamiento de la misma.
- División de recursos humanos, área destinada a la administración, contratación selección de personal y la administración de las instalaciones.
- División de generación eléctrica, área destinada a la generación y venta de energía eléctrica durante el período de zafra y no zafra.
- División agrícola, área destinada a la planificación, corte de la caña de azúcar y mantenimiento de las vías de acceso a las mismas, transporte de la caña y mantenimiento de transporte pesado.
- División de informática, área destinada a la generación de sistemas de programación en la aplicación de procesos de fábrica y campo.

1.2.2 Nociones sobre el proceso de fabricación del azúcar

El proceso se inicia cuando la caña que viene del campo es pesada en romanas hidráulicas luego es transportada a las plataformas de recibido y de aquí es puesta en el tablero sin fin que la conduce a 2 masas provistas de cuchillas que dan alrededor de 400 revoluciones por minuto. Cortan la caña en pedazos para ser pasadas luego en otro tablero sin fin que los conduce a una batería compuesta de 2 cilindros o masa de estrílla que se llaman desmenzadoras. Otro tablero conduce la caña machacada a la primera batería compuesta de 3 masas o molinos formados de más entrilladas que dan 1 y $\frac{3}{4}$ revoluciones por minuto y son movidas por un motor de 200 hp. La masa superior soporta una presión aproximadamente 225 toneladas. El jugo de la caña es recibida en un canal que la lleva a un depósito provisto en su parte superior de un colador, donde queda el bagacillo. El guarapo propiamente dicho, que se filtra es conducido a la sulfatación. El bagacillo que se queda en el filtro regresa nuevamente siendo conducido junto con el bagazo que se sale del primer trapiche y pasa por el segundo trapiche. El segundo trapiche esta construido por 3 masas estiradas que dan poco más o menos de 1 $\frac{1}{2}$ revoluciones por minuto y la masa superior soporta una presión de 300 toneladas. El jugo de la caña que sale de aquí sigue el mismo camino que el jugo del primer trapiche, pues tiempo contiene bagacillo en suspensión. El bagazo al salir del segundo trapiche lleva 48% de humedad, 47% de fibra y 5% de sacarosa.

Cada uno de los trapiches o molinos extractores de guarapo esta conectado a una serie de acumuladores hidráulicos, los cuales regularizan la presión sobre las masa superiores de los trapiches, en caso de que pases una piedra o material de hierro o acero, las masas superiores se levantan automáticamente dejando el paso libre a estos cuerpos extraños, para que las estrías de los molinos no se arruinen. En algunos ingenios se acostumbra el uso de agua caliente que se agrega al bagazo a la salida del primer trapiche. Esta se usa a razón de 6.5% del peso de la caña y tiene el objeto de extraer la mayor cantidad de sacarosa.

Sobre esta base, el Ingenio Santa Ana trabaja de la manera siguiente: se inicia al desmenuzar la caña a través de las picadoras de caña las cuales separa la fibra de la corteza y la misma es hecha pequeños trozos desfibrados luego de pasar la caña por cuatro de ellas es transportada a través de conductores al molino que esta conformado por una serie de rodillos dispuesto uno sobre otro los cuales son encargados de comprimir la fibra hasta extraer el jugo de caña, dentro de la molienda se tiene una serie de siete molinos el cual se denominan tanden. Para que este tanden trabaje eficientemente hay que analizar el montaje de cada uno de los molinos ya que debido a una mala alineación, nivelación o inclusive escuadración provocara fricción en las chumaceras por consiguiente calentamiento excesivo, eliminando así la película de lubricante, lo que conlleva a una vida útil corta que repercutirá en una pérdida de fuerza de la turbina, lo cual reduce las revoluciones de la misma y evitando que sea molida mayor cantidad de caña por razón de molida.

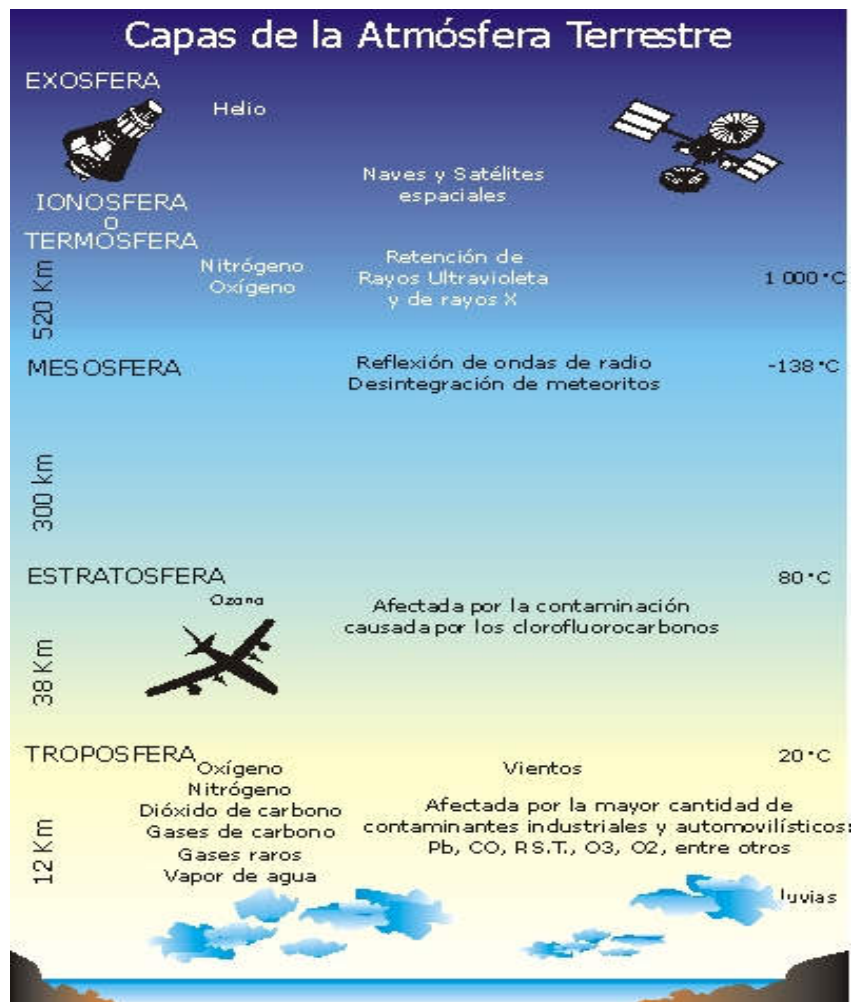
1.3 Medio ambiente

La tierra está rodeada por una gigantesca masa de gases llamada atmósfera, sin la cual seria un planeta muerto, estéril y no podrían existir las plantas, los animales y el bosque. La atmósfera es una cubierta protectora, sin ella la temperatura terrestre alcanzaría más de 75 grados centígrados el día y más 130 grados centígrados bajo cero en la noche. Este gran océano de aire en cuyo fondo habitan los seres vivos, esta constituido por una mezcla de gases que rodean al planeta, envolviéndolo en capas concéntricas de espesor y densidad variable. La atmósfera se encuentra sujeta a la tierra por su fuerza de gravedad, esta compuesta principalmente por diferentes gases tales como: nitrógeno, vapor de agua, argon, dióxido de carbono, hidrogeno, helio, criptón y xenón. La atmósfera tiene una estructura bien determinada, clara y organizada, en la que se distinguen cinco capas:

- La tropósfera, tiene 12 kilómetros de altura que contiene el 80% de aire.

- La estratosfera, del kilómetro 12 al 45. en ella el aire es escaso. La principal importancia de esta región es que en ella se encuentra la capa superior de ozono a 20 kilómetros de altura de la superficie terrestre; funcionando como filtro para evitar que lleguen hasta nosotros los rayos ultravioleta provenientes del sol y que estos nos dañen. La capa de ozono tiene un grosor de 20 kilómetros.
- La mesosfera extiende del kilómetro 45 al 85.
- La termosfera se extiende del kilómetro 85 al 500.
- La ionosfera se encuentra a 500 kilómetros de distancia con respecto a la tierra.

Figura 1 Capas de la atmósfera terrestre



Fuente: Dirección de educación ambiental, México. **Atmósfera. Pág. 1 y 2**

1.3.1 El aire recurso natural

El aire es un fluido incoloro, inodoro, insípido y transparente, que forma la atmósfera de la tierra, cubriendo todo el planeta, a pesar de que el aire es transparente, la atmósfera tiene un color azulado, el cual se debe a la difracción que experimenta las radiaciones de pequeña longitud de onda en las moléculas gaseosas. El aire ha venido evolucionando durante varios miles de millones de años hasta llegar a su composición actual, en zonas urbanas y algunas rurales el aire presenta además de los elementos y compuestos vistos, otros de diversas naturalezas como por ejemplo: pequeñas partículas de madera, humo, polen, diario, polvo común y corriente, partículas vegetales, fibra de toda clases, ceniza, etc. El aire además de ser un factor vital que garantiza la vida sobre el planeta, como recurso natural ofrece grandes aplicaciones técnicas, como por ejemplo:

- a. Se utiliza en máquinas de limpieza por aspiración y en ventiladores.
- b. Es factor básico en aeronáutica para los aeroplanos dirigibles, globos, y toda clase de vehículos que transitan por la atmósfera.
- c. La energía del aire es aprovechada por los molinos de viento y algunas bombas son utilizadas a base de aire para la explotación de las aguas subterráneas.
- d. Algunas máquinas utilizan el aire como los taladros, artefactos para pintas o esmerilar.
- e. Es utilizado por los instrumentos musicales llamados de viento.
- f. El aire licuado se usa para templar el acero o en la fabricación de explosivos.
- g. El aire se utiliza para la extracción de partículas y como componente de una combustión.

La palabra ozono se ha venido escuchando muy a menudo desde hace ya algunos años, principalmente la expresión: “existe un agujero en la capa de ozono” pero ¿que es en realidad el ozono? El ozono es una forma alotrópica del oxígeno, constituido por tres átomos de oxígeno en lugar de los dos átomos que configura la molécula de oxígeno en su forma habitual.

Su apariencia es de color azulado pálido y que al licuarse se torna en azul oscuro, se forma a unos 20 kilómetros de altura debido a la acción de las descargas eléctricas de alto voltaje, que normalmente son las ocasionadas por los rayos en las tormentas. También se presenta en forma de una capa gigantesca de pequeño grosor que rodea al planeta, protegiendo a los organismos vivos de los efectos de las radiaciones ultravioletas, su deterioro o pérdida representa un grave peligro para todas las especies que habitan la tierra, previéndose catástrofes biológicas si se llegara a deteriorar sensiblemente.

1.3.2 Ingeniería ambiental

La preocupación sobre el creciente deterioro ambiental ha crecido grandemente, siendo su última manifestación a nivel mundial. En muchos países de América Latina y especialmente en el istmo centroamericano, el aspecto de la salud se ha vuelto muy vulnerable, desenmascarándose la necesidad de una mejor infraestructura sanitaria eficiente para atender la problemática ambiental, tanto en forma institucional como técnica. Esto no puede darse sin la participación de un recurso humano técnicamente preparado, es aquí donde la ingeniería ofrece una amplia gama de conocimientos tendientes a participar en las soluciones científicas y técnicas de la problemática ambiental. Dada esta problemática mundial, se ha dado por llevar a la práctica un nuevo concepto de ingeniería: “ingeniería Ambiental”, la cual acunada a la utilización de los recursos naturales ha de proteger y promover la salud ambiental, considerándola como un factor esencial en el desarrollo. Este nuevo concepto no solamente cubre lo científico y tecnológico, sino que amplía sus fronteras del conocimiento, abarcando conceptos administrativos, económicos, legislativos, social y político.

1.3.3 Perfil general del ingeniero ambiental

El profesional ambiental debe responder no solo a las necesidades de hoy, sino también a las del mañana, con una idea clara de la relación entre salud, ambiente y desarrollo, dentro de la realidad de su propio país. Daremos a conocer algunos perfiles del ingeniero ambiental:

1. Reconocer el impacto ambiental ocasionado por determinado modelo de desarrollo económico y social, así como la necesidad de una utilización racional de los recursos y la importancia de una reutilización de los mismos.
2. Identificar los factores que relacionan al hombre con el ambiente dentro del contexto de desarrollo socioeconómico.
3. Considerar la variable ambiental y ecológica en las diferentes etapas de un proyecto, sea tipo social, económico o de infraestructura.
4. Analizar los problemas ecológicos y sus consecuencias para el hombre.
5. Promover, planificar, coordinar y desarrollar las acciones de prevención y de corrección en los problemas ambientales, técnicos, financieros, administrativos e institucionales.
6. Actuar como agente de cambio en su comunidad en la solución de los problemas ambientales y sanitarios.
7. Planificar y desarrollar programas de control de contaminación ambiental y preservación ecológica.
8. Aplicar los principios científicos en la solución de los problemas ambientales.
9. Desarrollar programas de vigilancia ambiental sobre los principales recursos naturales como el agua, suelo y aire.

1.3.4 Legislación ambiental

La legislación ambiental es determinada por cada país, en Guatemala le corresponde al Organismo Legislativo crear la ley que considere que protegerán los recursos naturales del país. Damos a conocer los fundamentos para crear dicha ley.

CONGRESO DE LA REPÚBLICA DE GUATEMALA

DECRETO NÚMERO 68-86

CONSIDERANDO

Que la protección y mejoramiento del medio ambiente y los recursos naturales y culturales es fundamental para el logro de un desarrollo social y económico del país, de manera sostenida;

CONSIDERANDO

Que Guatemala aceptó la declaratoria de principios de las resoluciones de la histórica conferencia de las Naciones Unidas, celebrada en Estocolmo, Suecia, en el año 1972, y en tal virtud, debe integrarse a los programas mundiales para la protección y mejoramiento del medio ambiente y la calidad de vida en lo que a su parte territorial corresponde;

CONDISERANDO

Que en ausencia de un marco jurídico institucional que permita normar, asesorar, coordinar y aplicar la política nacional y las acciones tendientes a la prevención del deterioro ecológico y mejoramiento del medio ambiente, se hace necesario emitir el correspondiente instrumento legal especial y crear una entidad específica para el logro de estos propósitos;

CONSIDERANDO

Que la situación de los recursos naturales y el medio ambiente en general en Guatemala han alcanzado niveles históricos de deterioro que inciden directamente en la calidad de vida de los habitantes y ecosistemas del país, obligándonos a tomar acciones inmediatas y así garantizar un ambiente propicio para el futuro

POR TANTO

En uso de las facultades que le confieren los Artículos 157 y 171, inciso a) de la Constitución Política de la República de Guatemala,

DECRETA:

La siguiente

LEY DE PROTECCIÓN Y MEJORAMIENTO DEL
MEDIO AMBIENTE

1.3.4.1 Instituciones que protegen el medio ambiente

En Guatemala existen diversas instituciones que se dedican a la protección del medio ambiente. A continuación se da a conocer el nombre de la institución así como su dirección, tomando como referencia el Directorio de Instituciones de Población, Recursos Naturales y Medio Ambiente del Istmo Centroamericano y República Dominicana 1999. El día mundial del medio ambiente es el 5 de junio.

1. Asociación Nacional de Organización No Gubernamental de los Recursos Naturales y el Medio (ASOREMA) 28 Avenida 18-8 Zona 10, 20 Calle final Guatemala
2. Asociación de Azucareros de Guatemala (ASAZGUA) 6 Calle 6-38 Zona 9 ED. Tivoli Plaza 7mo nivel Guatemala
3. Asesoría y Promoción Económica S.A. (APESA) Avenida Reforma 12-01 Zona 10 ED. Reforma – Montufar Guatemala
4. Asociación Guatemalteca Pro Defensa del Medio Ambiente (APRODEMA) 20 Calle 19-44 Zona 10 Guatemala
5. Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA) 7 Avenida 7-09 Zona 13 Guatemala
6. Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD) 7 Avenida y 13 Calle Zona 9 ED. La Cúpula 2do nivel Guatemala

7. Fundación para la Conservación del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales Mario Dary Rivera (FUNDARY) Diagonal 6 17-19 Zona 10 Guatemala
8. Asociación para la Regulación, Mejora y Saneamiento Ambiental (ARMSA) 11 Calle 14-60 Zona 9. Lomas del norte Guatemala.
9. Instituto de Derecho Ambiental y Desarrollo Sustentable (IDEADS) 28 Avenida 18-80 Zona 10 Guatemala
10. Programa de Naciones Unidas del Medio Ambiente (PNUMA) 6 Avenida 20-25 Zona 10 Guatemala.

1.3.4.2 Leyes que protegen el medio ambiente

En Guatemala se aplica la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente, de la cual describiremos los artículos que aplican al trabajo de graduación.

LEY DE PROTECCIÓN Y MEJORAMIENTO DEL MEDIO AMBIENTE

TÍTULO I

Objetivos generales y ámbito de aplicación de la ley

CAPÍTULO I

Principios fundamentales

Artículo 2.- La aplicación de esta ley y de sus reglamentos compete al Organismo Ejecutivo, a través del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, cuya función establece la Ley del Organismo Ejecutivo.

Artículo 8.- Para todo proyecto, obra, industria o cualquier otra actividad que por sus características puede producir deterioro a los recursos naturales renovable o no, al ambiente o introducir modificaciones nocivas o notorias al paisaje y a los recursos culturales del patrimonio nacional, será necesario previamente a su desarrollo un estudio de evaluación del impacto ambiental, realizado por técnicos en la materia y aprobado por la Comisión del Medio Ambiente.

El funcionario que omitiera exigir el estudio de impacto Ambiental de conformidad con este Artículo será responsable personalmente por incumplimiento de deberes, así como el particular que omitiere cumplir con dicho estudio de Impacto Ambiental será sancionado con una multa de Q. 5,000 a Q. 100,000.00. En caso de no cumplir con este requisito en el término de seis meses de haber sido multado, el negocio será clausurado en tanto no cumpla.

Artículo 10.- El Organismo Ejecutivo por conducto de la Comisión Nacional del Medio Ambiente, realizará la vigilancia e inspección que considere necesaria para el cumplimiento de la presente ley. Al efecto, el personal autorizado tendrá acceso a los lugares o establecimientos, objeto de dicha vigilancia e inspección, siempre que no se tratare de vivienda, ya que de ser así deberá contar con orden de juez competente.

TÍTULO II

Disposiciones Preliminares

CAPÍTULO ÚNICO

Del objeto de la ley

Artículo 11.- La presente ley tiene por objeto velar por el mantenimiento del equilibrio ecológico y la calidad del medio ambiente para mejorar la calidad de vida de los habitantes del país-

TÍTULO III

De los sistemas y elementos ambientales

CAPÍTULO I

Del Sistema atmosférico

Artículo 14.- Para prevenir la contaminación atmosférica y mantener la calidad del aire, el Gobierno, por medio de la presente ley, emitirá los reglamentos correspondientes y dictara las disposiciones que sean necesarias para:

- a) Promover el empleo de métodos adecuados para reducir las emisiones contaminantes;
- b) Promover en el ámbito nacional e internacional las acciones necesarias para proteger la calidad de la atmósfera;

- c) Regular las sustancias contaminantes que provoquen alteraciones inconvenientes de la atmósfera;
- d) Regular la existencia de lugares que provoquen emanaciones;
- e) Regular la contaminación producida por el consumo de los diferentes energéticos
- f) Establecer estaciones o redes de muestreo para detectar y localizar las fuentes de contaminación atmosférica;
- g) Investigar y controlar cualquier otra causa o fuente de contaminación atmosférica.

1.4 Contaminación ambiental

Inexplicablemente se esta provocando cada día una mayor degradación del medio ambiente y de los recursos naturales en el medio social; presentando más pobreza, mayor delincuencia, desnutrición infantil, mortandad infantil, etc. La población creciente hace que aumenten las necesidades y por ende el consumo de los recursos, lo que trae como consecuencia que se requieran mayores extensiones de tierra aprovechables para la producción. A pesar de que el planeta tiene grandes extensiones de tierra, este aumento de requerimientos humanos, hace que sobre algunas tierras fértiles caigan grandes presiones y sean sobre explotadas. El ser humano se esta convirtiendo en el peor enemigo de la naturaleza, por tanto asalto sobre los recursos naturales de uso común, como por ejemplo contra los océanos, el aire, y la biodiversidad. La situación es tan generalizada, que Guatemala se encuentra en un estado similar al del resto del mundo, la situación ambiental del país se vuelve difícil, el uso inadecuado de las tierras, la tala inmoderada de árboles, la acumulación de desechos tóxicos y basura, los derrames de petróleo en los caminos y zonas peteneras, la caza inmoderada de especies en peligro de extinción, etc. estén teniendo un efecto negativo sobre la ecología.

Los guatemaltecos deben trabajar todos con un objetivo común, salvaguardar los recursos y alcanzar el desarrollo humano, lo que garantizará la armonía social tan esperada, en un país en vías de desarrollo como el nuestro, la contaminación y destrucción del patrimonio natural, se ve traducido en la salud y en la calidad de vida de la población.

1.4.1 Clases de contaminación

Si pudiera verse las partículas y elementos que contienen el aire que se respira, produciría un ataque cardiaco del puro susto. Muchas de estas partículas y elementos entran al sistema respiratorio, algunas que no ocasionan ningún problema a la salud y otras que por el contrario son nocivas. Con el transcurso del tiempo, se ha acumulado en la atmósfera todo tipo de sustancias, pero este fenómeno se ha venido dando a mayor velocidad en este último siglo. El aire constituye un elemento vital para la vida del hombre, incluso de necesidad mas inmediata que la del agua y del alimento, pues el hombre puede sobrevivir alrededor de cuarenta días sin comer, hasta tres días sin agua, pero no sobrevive mas de cinco minutos sin aire, además protege de temperaturas elevadas y algunos gases inertes o nobles. La atmósfera se contamina a consecuencia de:

- Actividades humanas como la producción industrial, transporte privado y público de personas y materiales, labores domesticas, actividades consideradas como fuentes artificiales de contaminación.
- Factores naturales como erosiones e incendios forestales, considerados como fuentes naturales de contaminación.
- Las condiciones geográficas y urbanísticas de una ciudad.

La contaminación de la atmósfera generados en una ciudad industrial como la nuestra, son muchos y diversos, no obstante predominan los originados por quema de combustibles derivados del petróleo, como la gasolina, diesel, el gas avión, usados en hornos, calderas y motores de distintas industrias, así como motores de vehículos.

1.4.2 Contaminantes del aire

Desde el descubrimiento del fuego el hombre ha contaminado la atmósfera con gases perniciosos y polvo. Cuando se empezó a utilizar el carbón como combustible en el siglo XIX este problema comenzó a ser una preocupación general. El aumento de consumo de los combustibles por la industria, por las grandes concentraciones humanas en las áreas urbanas y por la aparición del motor de explosión, ha empeorado el problema año tras año, debemos tener en cuenta que principal causa de contaminación atmosférica es la producida por los motores de gasolina. Cualquier sustancia que añadida a la atmósfera produzca un efecto apreciable sobre las personas o el medio puede ser clasificado de contaminante, así las partículas en suspensión o las especies radiactivas producida en los ensayos nucleares están también incluidas.

El aire se contamina cuando se le añade substancias que originalmente no forman parte de su composición, en algunos casos estos contaminantes o su combinación son perjudiciales y dañinos, tanto para el hombre y los animales como para las plantas e incluso algunos causan corrosión a los metales y piedras, según el grado de contaminación de que se trate; algunos de estos llega a interferir con el manejo de las actividades industriales, comerciales y deportes.

Se han clasificado los contaminantes del aire de diferentes formas, como por ejemplo por sus características químicas, por sus características físicas, por sus efectos, por sus fuentes de producción y otros; se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Contaminantes primarios: son los que se encuentran en la atmósfera tal y como provienen de las fuentes, en la tabla se pueden ver los contaminantes primarios, sus efectos y sus fuentes.

Tabla I **Contaminantes primarios, efectos y fuentes**

CONTAMINANTES PRIMARIOS, EFECTOS Y FUENTES		
CONTAMINANTE	EFEECTO EN LA SALUD	PRINCIPALES FUENTES
Monóxido de Carbono	Impide el transporte de oxígeno en la sangre. Causa daños en los sistemas nervioso central y cardiovascular	Uso de combustible fósil
Bióxido de Azufre Trióxido de Azufre	Cardiovasculares y respiratorias	Combustión de carbón y petróleo que contiene azufre
Bióxido de nitrógeno Monóxido de nitrógeno	Tracto respiratorio alto y bajo	Plantas generadoras de energía eléctrica.
Hidrocarburos no saturados y aromáticos	Algunos tiene propiedades cancerígenas, teratogénicas mutagénicas	Uso de petróleo, gas naturales y carbón.
Macro partículas sólidas líquidas	Respiratorio, gastrointestinal, sistema nervioso central, renal.	Actividades industriales de transporte, combustión y causas naturales
Bióxido de Carbono	No existe pruebas de que sea tóxico como contaminante los problemas respiratorios y del sistema nervioso central son consecuencia de problemas internos y del organismo.	Sobre utilización de combustibles fósiles y carbón.

Fuente: Dirección de educación ambiental, México. **Atmósfera. Pág. 1 y 2**

- Contaminantes secundarios: son aquellos que resultan de la interacción de los contaminantes primarios. Las fuentes de contaminación atmosférica no son uniformes, sino que varían según la región de que se trate; las condiciones atmosféricas de cada región modifican los contaminantes primarios facilitando la interacción entre los mismos. Los principales factores atmosféricos que modifican los contaminantes son la temperatura, la humedad y los vientos. Los principales contaminantes secundarios son los siguientes
 - Derivados de los óxidos de azufre
 - Derivados de los óxidos de nitrógeno
 - Derivados de los hidrocarburos
 - Compuestos orgánicos
 - Contaminación fotoquímica

Los principales contaminantes del aire son:

1. Las partículas sólidas o polvos. Son generados por plantas de energía eléctrica y procesos de fabricación diversos. Estas se miden por su tamaño y se clasifican como tóxicas, si generan alguna reacción en el cuerpo humano, en los animales o las plantas.
2. Los gases. La mayoría se emiten por los procesos de combustión o por reacciones químicas en procesos industriales. también se considera como parte de la contaminación del aire por gases la emisión de olores como los que se desprenden de las plantas de procesamiento de alimentos para animales o las harinas de pescado o ave. Los gases se miden por su toxicidad, explosividad, corrosividad o por las reacciones que producen en los seres vivos.
3. El ruido. Por lo regular es producto de una operación industrial que maneja grandes cantidades de material y energía. Se mide en decibeles y las frecuencias de onda de las emisiones.

4. El hollín. Se forma especialmente en las combustiones incompletas y con los combustibles Diesel. Está formado por partículas de carbón. Sobre ellas se fijan compuestos, como el benzopleno, que pueden ser cancerígenos. El hollín en los escapes de autos, colectivos y camiones, que contaminan el aire con nubes negras. también se lo distingue, en las mañanas, sobre los autos que han quedado estacionados en la intemperie formando una delgada capa negrusca.
5. Otras partículas. además hay muchas otras partículas sólidas en el aire, polvillos que se deben a la tierra, desgaste de neumáticos, fibrillas textiles, pelitos, plumas, madera, escamas de piel, polen, esporas, bacterias y otros. Muchos de ellos producen alergias en las personas sensibles.

1.5 Calderas

La caldera es el equipo donde estrictamente se produce el cambio de estado del agua vapor y básicamente está conformado por un cuerpo cilíndrico de metal hermético sellado, al cual se le suministra continuamente agua y aplicando calor para una producción continua de vapor. La caldera es el elemento esencial en una planta de vapor, el vapor no se puede obtener a menos que se genere o se obtenga una fuente de pavor natural o subterránea, la mayor parte de las plantas generan su propio vapor en recipientes herméticos alimentados con agua que al recibir el calor generan vapor.

1.5.1 Tipos de calderas

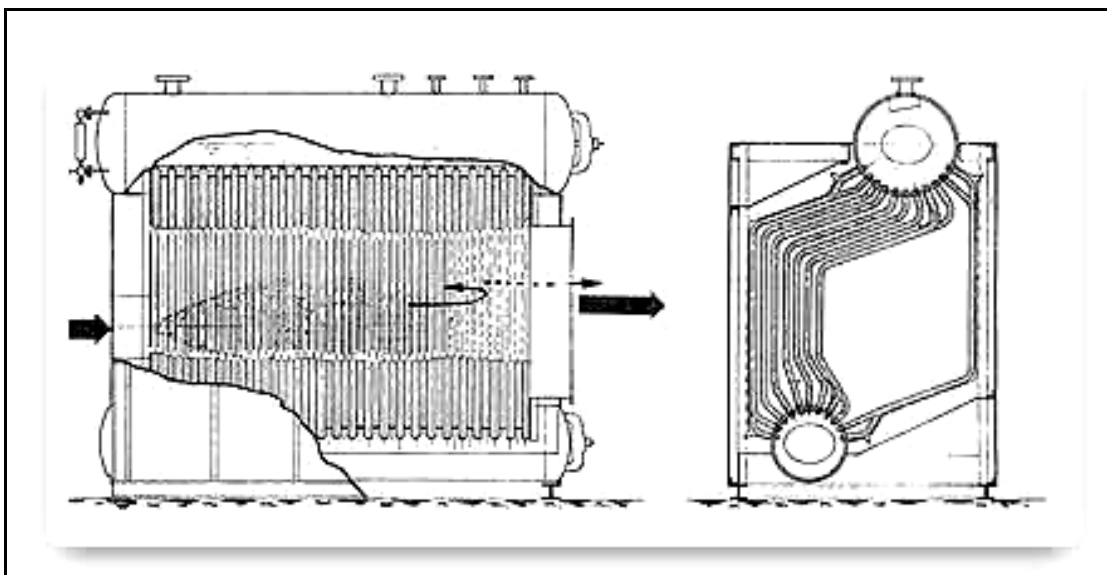
En la actualidad existen varios diseños de caldera que estos pueden variar de acuerdo al uso y a la cantidad de vapor requerido, los tipos básicos de una caldera son:

- a. Pirotubulares
- b. Acuatubulares
- c. Súper críticas o de circulación forzada

a. Pirotubulares: Estas son construidas y enviadas en un solo paquete, sus equipos integrados. Las calderas están construidas con tubos horizontales, los gases de combustión se hacen pasar a través de una serie de tubos calientes, consta de una cámara de combustión de construcción de acero soldado e incluye un receptáculo de presión, quemador, controles de quemador, ventilador de aire a presión, bomba de aire y componentes asociados. Las calderas están diseñadas para utilizar una disposición de paso múltiple para los gases de combustión a fin de propiciar una transferencia de calor más eficiente.

b. Acuatubulares: Es un equipo que es utilizado para grandes producciones de vapor a altas presiones y temperaturas, son empleadas principalmente en industrias termoeléctricas e ingenios azucareros. Tienen como característica principal de que el agua fluye dentro de los tubos, domos y tambores de caldera; reciben la transferencia de calor de las tres formas radiación, conducción y convección directamente del fluido de gases generados por la combustión en el horno de caldera. La caldera acuatubular tiene varias configuraciones, dependiendo del número de domos o tambores, los cuales nos aseguran la circular del agua, estas configuraciones pueden ser de: Tubos rectos y tubos curvos. Los tubos curvos pueden ser en forma de O, A, D y otras formas

Figura 2 **Diseño básico de una caldera acuatubular**

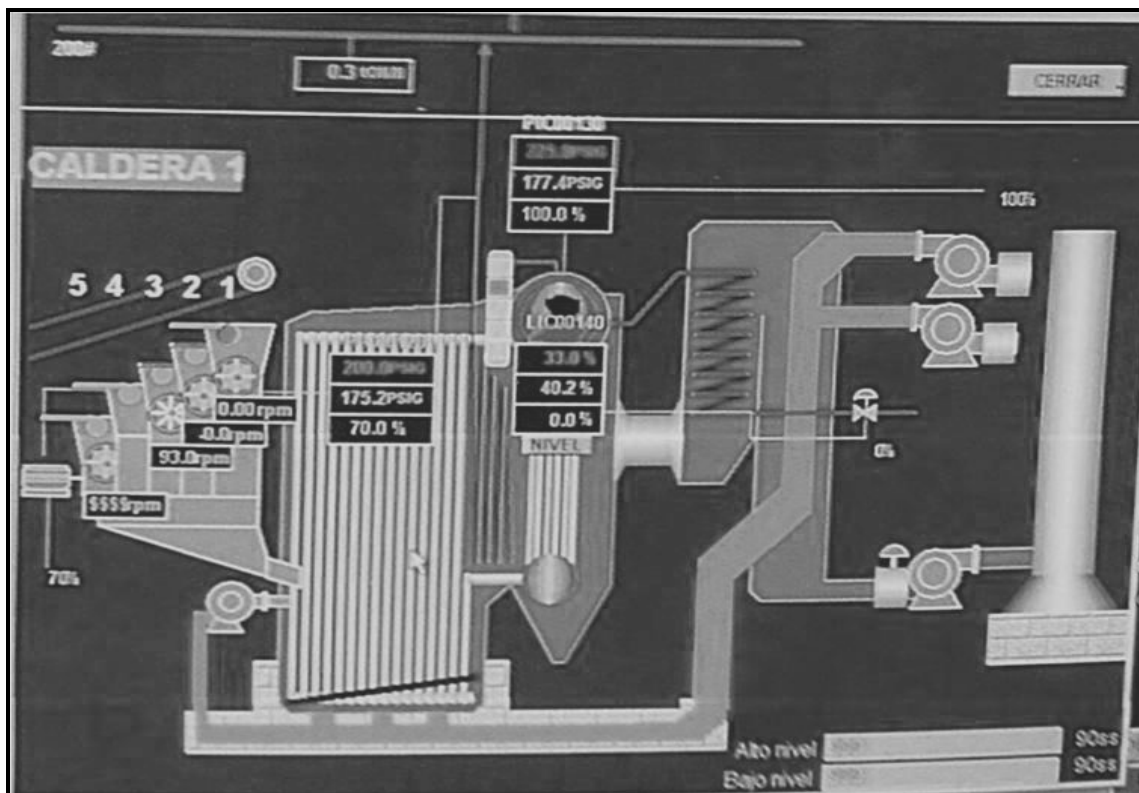


Fuente: López Hnos. S.A. Calderas de vapor acuatubulares,

c. Súper críticas o circulación forzada: Estas calderas fueron diseñadas para obtener eficiencias termodinámicas lo mas altas posibles y fueron logradas gracias a los avances en la metalurgia y en las mismas, la caldera es alimentada por una bomba que introduce agua en un extremo del tubo y a través de este corre la misma, en el otro extremos del tubo sale vapor, es decir no requiere reservorios, depósitos o domos para la producción de vapor.

1.5.2 Diseño básico de una caldera de ingenio azucarero

Figura 3 Diseño básico de una caldera de ingenio azucarero



Fuente: Pantalla de computadora del sistema de control de la caldera del Ingenio Santa Ana

Como se muestra en la figura 3 toda caldera para iniciar una combustión necesita aire y combustible, en este caso el combustible es el bagazo de caña, que es alimentado al hogar por medio de una banda e introducido por unas tolvas que contienen un motor con un variador para regular la entrada de bagazo; así mismo el tiro forzado es introducido por unos motores con variador para regular su flujo. El aire es introducido por la salida del aire del hogar, que es extraído por el tiro inducido, el aire forzado se calienta llegando a una temperatura adecuada al hogar para la combustión, calentando así el hogar. El agua que utiliza la caldera es introducida por medio de una válvula, esta tubería es calentada también por el aire del tiro inducido, el agua entra a un domo y este lo distribuye al serpentín que se encuentra en el hogar produciendo así el vapor a una temperatura y presión requerida.

1.5.3 Tipos de combustibles

La demanda de energía se satisface fundamentalmente con combustible fósil y nuclear, energía hidroeléctrica y con otras fuentes. Los combustibles son sustancias que reaccionan químicamente con otras sustancias para producir calor. El término combustibles se limita por lo general a aquellas sustancias que arden fácilmente en aire u oxígeno emitiendo grandes cantidades de calor. Los combustibles se utilizan para calentar, producir vapor con el fin de obtener calor y energía, como fuente directa. De la definición anterior se depende que la propiedad fundamental de las sustancias combustibles en su poder calorífico, es decir, la cantidad de calor que puede desarrollarse por la combustión de una cantidad dada de combustible. Los combustibles según su estado físico se clasifican en combustibles sólidos, líquidos y gaseosos. Los combustibles gaseosos pueden quemarse con facilidad debido a su estado que permite la mezcla con el aire. Esta mezcla debe efectuarse de una manera íntima y completa; debe contarse con la temperatura y espacio requerido para asegurar que la combustión se efectuó correctamente. En la siguiente tabla mencionaremos algunos combustibles gaseosos.

Tabla II Combustibles gaseosos

COMBUSTIBLE GASEOSO	Poder calorífico máximo Btu / pie cúbico
Gas de alto horno	10 -100
Butano	3,200 – 3,400
Gas de agua	50 – 600
Gas natural	950 – 1,150
Gas de petróleo	500 – 550
Gas de carbón	135 – 165
Propano	2,500
Gas de refinería	1,200 – 2,000
Gas de aguas negras	600 – 700

Fuente: Jaenz Arreaza

Los combustibles líquidos a fin de quemar de una manera rápida y para que no deposite hollín en el horno, es necesario atomizarlo. Dicha atomización se consigue por medio de altas presiones, una acción centrífuga enérgica o por medio de atomización de vapor hasta que el combustible forma una nube de rocío que facilite la mezcla con el aire. El aceite combustible deber encontrarse a una temperatura suficientemente alta, a fin de que su viscosidad sea baja.

Tabla III Combustibles líquidos

COMBUSTIBLE LIQUIDO	Densidad grados API	Poder calorífico alto Btu / lb
petróleo crudo	22.8	18,910
petróleo crudo	42.6	19,505
petróleo crudo	13.6	18,755
Gasolina	60	20,750
Kerosina	41.3	19,810
Gasoleo	32.5	19,200
Combustóleo	27.1	19,376

Fuente: Jaenz Arreaza

Los combustibles sólidos contienen ciertos elementos volátiles que al calentarse el combustible son liberados como gases, participando en la combustión. El resto del combustible es en su mayor parte carbón con pequeños porcentajes de azufre y cenizas. Los residuos del combustible se combinan y se queman con el oxígeno del aire siempre y cuando la temperatura sea de 800 grados Fahrenheit aproximadamente, mientras que los gases necesitan de una temperatura de 1,000 a 1,200 grados Fahrenheit para poder iniciar la ignición; ya que el aire solo puede ponerse en contacto con la parte exterior de una partícula de carbón, el tiempo necesario para la combustión depende en gran parte del tamaño de las partículas de combustible. En la siguiente tabla muestran algunos combustibles sólidos típicos.

Tabla IV Combustibles sólidos

COMBUSTIBLE SÓLIDO	Poder calorífico Btu / lb
Madera	4,700
carbón de turba	3,240
Lignito	7,080
Subituminoso	10,260
Bituminoso de baja volatilidad	14,400
Bituminoso de media volatilidad	14,310
Bituminoso de alta volatilidad	14,040
Coque de alquitrán	14,100
Coque de petróleo	15,050
Bagazo de caña	8,390

Fuente: Jaenz Arreaza

1.5.3.1 Poder calorífico del bagazo de caña

El bagazo de caña es: residuo de la caña después de la primera molienda o de un conjunto de moliendas.

La potencia calorífica de un combustible es la energía liberada por unidad de peso o de volumen del mismo. Para los combustibles sólidos la potencia calorífica se expresa en Kcal / Kg o Btu / Lb. Los combustibles que contienen hidrógeno tienen dos potencias caloríficas: la superior y la inferior. La combustión de hidrógeno produce vapor de agua, el cual en los hogares ordinarios se escapa a la temperatura de los gases de la chimenea.

La potencia calorífica inferior es el calor liberado por Kg de combustible después de deducir el necesario para vaporizar el agua formada por la combustión del hidrogeno. La potencia calorífica superior es el calor obtenido cuando el vapor producido se condensa y se recupera su calor. El poder calorífico del bagazo entra en función del porcentaje de fibra del bagazo, el azúcar en el bagazo, el porcentaje de humedad y otras impurezas. Hay diferentes ecuaciones para determinar el poder calorífico, tanto superior como inferior, la ecuación puede ser:

$$\text{Poder calorífico superior} = 8280 * (1 - w) \text{ Btu / Lb}$$

$$\text{Poder calorífico inferior} = 7650 - 8730 * w \text{ Btu / Lb}$$

w = Humedad del bagazo relativa a la unidad

P.C.S. = Poder calorífico superior

P.C.I. = Poder calorífico inferior.

Composición química del bagazo de caña:

- Carbono 23%
- Oxígeno 22%
- Hidrógeno 3%
- Ceniza 2%
- Agua 50%

Composición media de bagazo de caña:

- Bagazo – Humedad (50%)
- Fibra 46%
- Brix (sólidos solubles en agua) 2%
- Impurezas minerales 2%

Fibra: materia seca e insoluble en agua contenida en la caña de azúcar

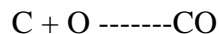
- Celulosa – 48%
- Hemicelulosa
- Lignina – 12%

Caña de azúcar

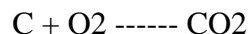
- Fibra 12%
- Brix 18%
- Humedad 70%

1.5.3.2 Combustión del bagazo de caña

El aire es necesario en todo proceso de combustión, teóricamente para quemar 1 Kg de bagazo seco se necesita un volumen total de 4.47 metros cúbicos a cero grados centígrados y 760mm de Hg. Para quemar bagazo húmedo con exceso de aire no es posible quemar combustible proporcionándole solo la cantidad de aire necesaria, teóricamente, la combustión sería en esta forma, pobre e incompleta. Para obtener una combustión completa, sin dejar material no quemado y para que todo el carbono se convierta en CO₂ es necesario proporcionar cierto exceso de aire. En efecto, se perderá una proporción considerable de calor, si se permite que, parte del carbono se queme, formando cínicamente CO. La reacción



Libera únicamente 2,473 Kcal / Kg, mientras que la combustión normal:



Libera 8,140 Kcal / Kg

1.6 Colectores

La calidad del aire se convirtió en un tema de gran importancia a principios de la década de 1990 y el sistema de colección de polvo ha tenido un papel preponderante sobre este aspecto. Según tratados de masa de polvo con relación a los gases de descarga es menos de 1Kg por 1000Kg de descarga. Se tiende al montaje de colectores de polvo, aun en instalaciones aisladas, ya que ello da a lugar a una gran reducción en el costo de mantenimiento de los rotores de los ventiladores. Últimamente se han instalado colectores de polvo para reducir la descarga a la atmósfera de hollín; en general las chimeneas quedan limpias y no existe materia sólida visible elevada en suspensión por la chimenea.

Existen diferentes tipos de separadores y colectores de polvos industriales y su uso se limita al tipo o material que se va a manejar, además a la eficiencia de recolección del equipo y del costo de instalación y operación. A continuación se presenta una tabla para la fácil selección del equipo y sus características de operación.

Tabla V **Colectores y su eficiencia**

TIPO	EFICIENCIA DE EQUIPO
Settlin Chamber	60
Ciclones	85
Jet Scrubber	88
Spray tower	95
Precipitadores	99
Filtros de tela, agitados	99
Filtros de tela, contra flujo	99

Fuente: Rubelsi Ovalle. **Rediseño del colector de polvo para una línea de elaboración de cigarrillos.**

1.6.1 Control de emisiones contaminantes del aire

En el mercado existen muchas empresas que se dedican a la venta, diseño, instalación y prueba de equipos de control de emisiones contaminantes. Por ello es que se debe tener una idea general de las principales características de los contaminantes del aire y de algunos equipos de control, en el caso de las emisiones contaminantes del aire los principales términos que describen a las partículas suspendidas en el aire son:

- partículas. Cualquier material, excepto agua no contaminada, que existe en estado soplido o liquido en la atmósfera o en una corriente de gas en condiciones normales.
- Aerosol. Una dispersión de partículas microscópicas, sólidas o liquidas, en un medio gaseoso.
- Polvo. partículas sólidas de un tamaño mayor que el coloidal (0.05 micras), capaces de estar en suspensión temporal en el aire.
- Ceniza fina. partículas de ceniza finamente divididas y arrastradas por el gas producto de la combustión. Estas pueden o no contener combustible no quemado.
- Niebla. Aerosol visible
- Partícula. Masa discreta de materia sólida o líquida.
- Humo. partículas pequeñas arrastradas por los gases que resultan de la combustión.
- hollín. Una aglomeración de partículas de carbón

Los tamaños de las partículas que contaminan el aire son su mejor descriptor y varios de los equipos de control se seleccionan por esta característica. A continuación se presenta una tabla general en la que se establecen los tamaños de algunos elementos contaminantes del aire.

Tabla VI **Contaminantes y su tamaño de partícula**

CONTAMINANTE	RANGO DEL TAMAÑO EN MICRAS
Lluvia	1000 a 10000
Roció	100 a 1000
Niebla	0.001 a 10
Nubes	12 a 90
Vapores	0.001 a 1
Polvo metalúrgico	0.001 a 100
Virus	0.006 a 0.09
Humo de cigarro	0.01 a 1
Humo de petróleo	0.05 a 1
Negro de humo	0.01 a 0.15
Vapores de óxido de zinc	0.01 a 0.12
Silica coloidal	0.03 a 0.08
Polvo atmosférico	0.001 a 80
Núcleos de sal marina	0.005 a 0.7
Bacterias	0.5 a 50
Polvo dañino	0.8 a 8
Vapores alcalinos	0.1 a 8
Talco molido	0.8 a 80
Insecticidas	0.8 a 10
Pigmentos de pintura	0.1 a 8
Niebla sulfúrica	0.5 a 5
Polvo de carbón	1 a 100
Ceniza fina	1 a 400
Polen	10 a 100
Gotas de boquillas neumáticas	10 a 100

Gotas de boquillas hidráulicas	70 a 8000
Arena de playa	100 a 1500

Fuente: Aprendizaje. **Procesos de manufactura II, tema XVIII la contaminación ambiental y los ingenieros industriales**

Los equipos purificadores del aire se pueden relacionar con el tamaño de partículas que pueden capturar. A continuación se presenta una tabla con información aproximada de los tamaños de partículas que pueden ser atrapadas por diferentes equipos de control.

Tabla VII Equipo y tamaño de partícula a atrapar

EQUIPO	RANGO DE PARTICULA QUE ATRAPA EN MICRAS
Precipitadores electrostáticas	0.01 a 90
Torres empacadas	0.01 a 100
Filtros de papel	0.005 a 8
Filtros de tela	0.005 a 90
Lavadores de gases	0.05 a 100
Separadores centrífugos	5 a 1000
Cámaras de sedimentación	10 a 10000

Fuente: Aprendizaje. **Procesos de manufactura II, tema XVIII la contaminación ambiental y los ingenieros industriales**

Las partículas de mayor tamaño son las que son capturadas por los equipos de control con 100 % de eficiencia.

La definición del tipo de equipo a utilizar para controlar un contaminante, no solo depende del tamaño de las partículas a controlar, también son muy importantes sus características físicas y químicas.

De nada servirá un filtro de tela con material húmedo o con alta temperatura, tampoco funcionará un precipitador electrostático si el material a capturar no se puede ionizar. Por ello se deberán conocer las características físicas y limitaciones operativas de los equipos de control.

1.6.1.1 Algunos contaminantes en la industria y su control

Tabla VIII Contaminantes, fuente de emisión y método de control

INDUSTRIA	FUENTE DE EMISIÓN	MÉTODO DE CONTROL
Producción de hierro y acero	Altos hornos, hornos para la producción de acero	P.E. Bolsas, venturis ciclones húmedos
Fundición de hierro gris	Hornos de cubilote, vibradores	Ciclones húmedos o scrubbers
Metalurgia no ferrosa	Fundición	P.E. Bolsas
Refinerías de petróleo	Catalizadores e incineradores	Ciclones, P.E. bolsas lavadores
Fabricación de cemento	Hornos secadores, envasado y manejo de materiales	P.E. Bolsas, ciclones
Fabricación de papel Kraft	Hornos de recuperación de cal. Tanques de beneficio	P.E. Cajas de aspersión
Ácido fosforico y sulfúrico	Molienda, aciduación de rocas procesos térmicos	P.E. Cajas de aspersión, venturis
Manufactura de coque	Estufas, molinos y manejo de materiales	P.E. Mantenimiento y manejo adecuado de materiales
Vidrio y fibra de vidrio	Hornos, formación y curado	Post quemadores y bolsas

Fuente: Aprendizaje. **Procesos de manufactura II, tema XVIII la contaminación ambiental y los ingenieros industriales**

P.E. = Precipitador electrostático

Bolsas = Filtro de bolsas

Venturas = Aglomeradotes ventura

La contaminación ambiental generada por los procesos productivos fue motivo de muchas investigaciones con las que se han desarrollado nuevas tecnologías productivas y de control.

1.6.2 Colectores de polvo

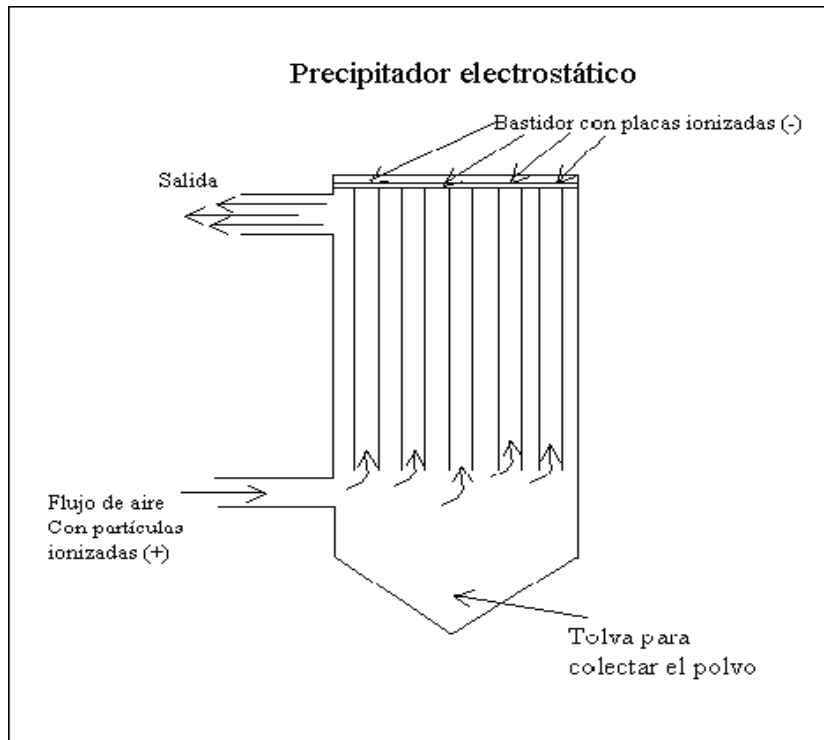
Diversos equipos se encuentran disponibles para remover partículas de polvos y gases, estos separadores y colectores de polvos industriales pueden tener filtros fabricados de fibra natural o sintética. Estos filtros o elementos de colectores tienen forma de bolsa y se encuentran encerrados en estructuras metálicas, generalmente, y son llamados trampas de polvo. Los colectores de polvo más conocidos en el medio industrial son los del tipo mangas, filtros de tela, que es el actualmente utilizado en el sistema de recolección de polvo y del tipo mangas verticales o trampas de polvo, limpiados con un sistema automático a presión en contra flujo y los limpiados por medio de agitadores. Los colectores de filtros verticales o trampas son los que han demostrado tener una mejor eficiencia en la recolección de polvo. Además de soportar los elementos filtrantes, las trampas desvían el flujo directo de aire y polvo por dentro o fuera de estos elementos para liberar aire limpio sin contaminación al ambiente. Estas trampas son usadas para el control de daños por polvo cuando el aire debe ser descargado a la atmósfera.

1.6.2.1 Colectores electrostáticos

En principio este dispositivo hace pasar los gases de combustión a través de un aparato formado por dos juegos de electrodos aislados eléctricamente entre sí. Entre los cuales se mantiene un campo electrostático a un elevado potencial eléctrico. El sistema de electrodos colectores va unido a tierra, mientras que el sistema de alta tensión se mantiene a un potencial negativo. A medida que para el gas se cargan eléctricamente y se desprenden del flujo de gas mediante placas colectoras a las cuales se adhieren hasta que se eliminan como desecho.

La eliminación se logra de manera mecánica por medio de vibración periódica, golpes o lavado. La corriente gaseosa que esta sobre todo libre de partículas contaminantes continua fluyendo para descargarse en la atmósfera.

Figura 4 **Colector electrostático**



Fuente: Aniversario.unet.edu. **Colectores de polvo. Pág. 1**

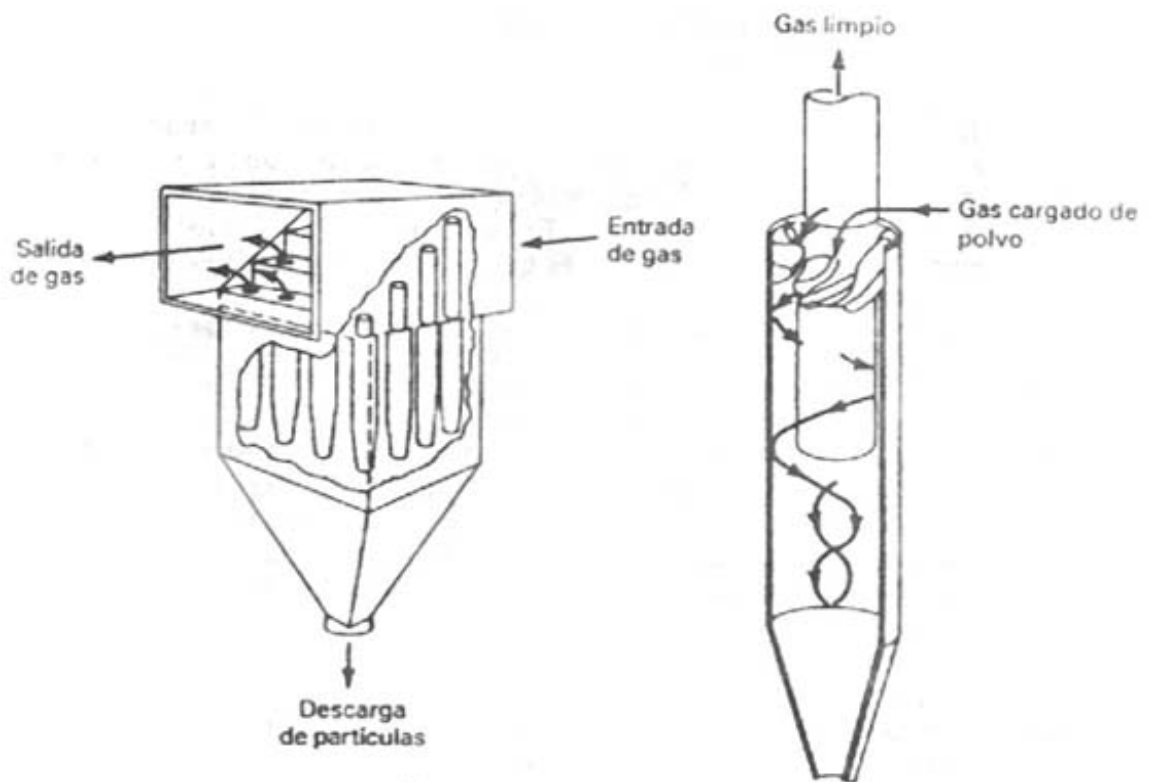
Debido a su mecanismo de colección, depende de la carga de las partículas en la corriente gaseosa, un precipitador electrostático será muy afectado por las características tanto de las partículas como de la corriente de gas que las contiene. Las partículas con una conductividad muy alta perderán su carga ya sea antes de colectarse, o bien, regresara a la corriente gaseosa después de impactar con los electrodos colectores. Las partículas con una conductividad muy baja no se cargaran con facilidad y podrán necesitar un precipitador muy grande para lograr una eficiencia adecuada en la colección. Al final cuando se obtiene el colector indicado, se puede llegar a una eficiencia del 99% de eliminación de partículas en una corriente gaseosa, pero hay que

tener en cuenta que son elevado costo igualmente su operación debido a las altas tensiones que manejan.

1.6.2.2 Colectores mecánicos

El más común de estos separadores es el separados ciclón. El gas entra de manera tangencial por la parte superior a gran velocidad, se le hace pasar hacia abajo por una sección cónica en espiral cuyo diámetro es cada vez menor. Las partículas avanzan en forma centrífuga y son empujadas hasta el fondo que esta cerrado con una trampa de aire. Debido a que el gas no puede escapar por la parte inferior, es forzado a girar y a desplazarse, todavía girando, de regreso al centro del vértice para poder salir por la parte superior. Las partículas se descargan por la parte inferior. En la siguiente figura se muestra dos tamaños de colectores mecánicos.

Figura 5 Colector mecánico



Fuente: Aniversario.unet.edu. Colectores de polvo. Pág. 2

La eficiencia de este ciclón puede llegar a ser de un 85% a 90% pero en general es menor que el que se obtiene con varios ciclones pequeños en paralelo. El mismo principio centrífugo se utiliza para el tipo multiciclón. En este de varios conos con entradas tangenciales, separación centrífuga y salida para los gases depurados por una zona central superior. El costo de esta instalación es bajo, pero pocas veces se recomienda utilizar ciclones como único elemento para el control de la contaminación, excepto cuando la carga consta casi en su totalidad de partículas gruesas. Con frecuencia, los ciclones se utilizan si existe una razón especial para separar y coleccionar partículas gruesas recuperables, a partir de las partículas finas inservibles. Algunas veces se aplican cuando es necesario un enfriamiento de gas, por ejemplo cuando después de utilizar el ciclón separa las fracciones gruesas de la carga y al mismo tiempo proporciona enfriamiento.

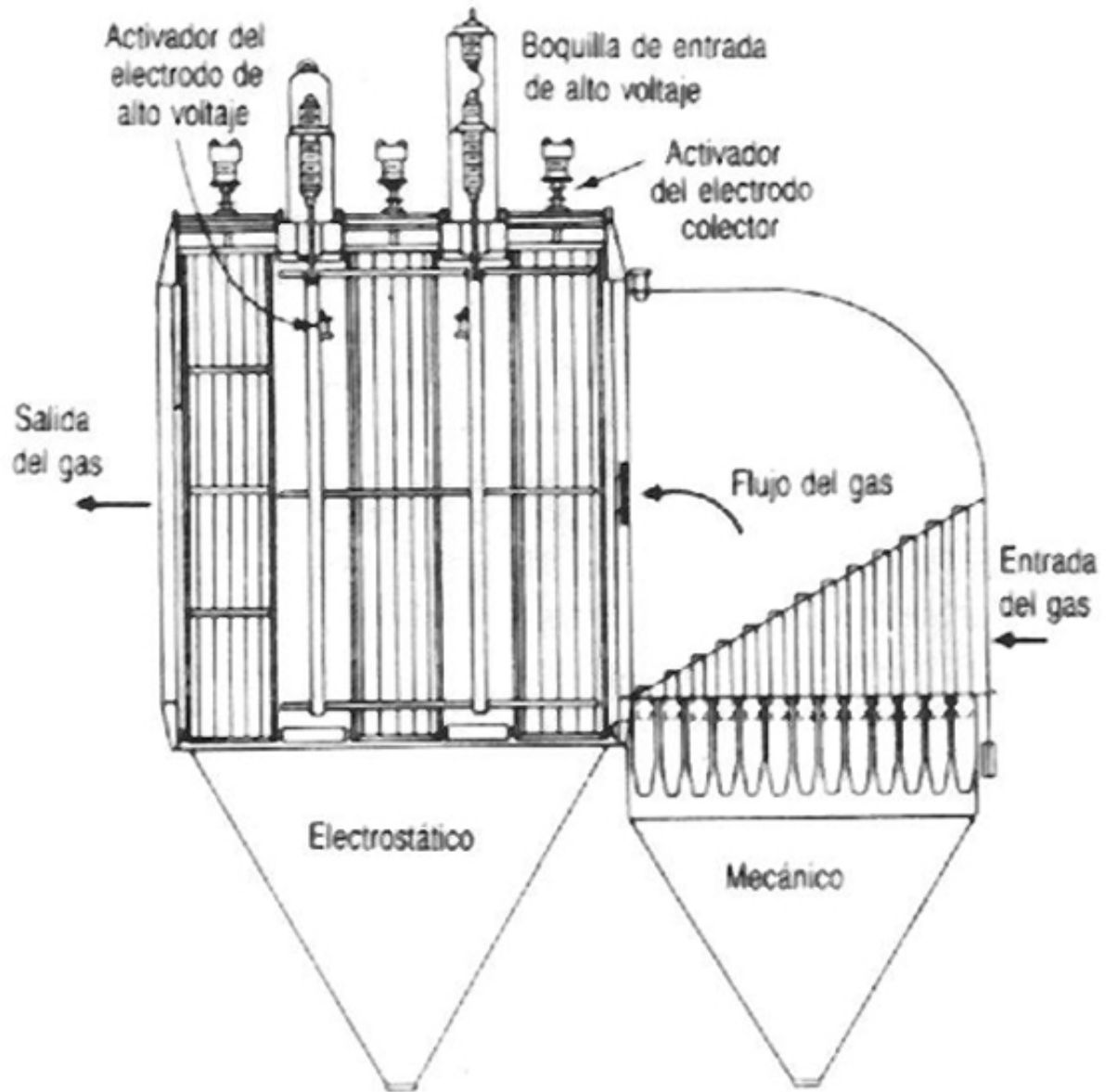
1.6.2.3 Colectores mecánicos y eléctricos combinados

En un intento para reducir el costo inicial de sistemas de colectores se han propuesto combinaciones de los mismos.

El colector eléctrico es muy caro y su característica de rendimiento es descendiente al aumentar la carga. El colector mecánico se instala por lo general en primer lugar y a continuación el colector eléctrico; el primero elimina las partículas más pesadas y el último las partículas pequeñas.

En instalaciones grandes de combustible pulverizado el soplado intermitente de hollín mantiene a la caldera en condición limpia y da lugar a descarga mínima de polvo a la atmósfera.

Figura 6 Colector mecánico y eléctrico combinado



Fuente: Aniversario.unet.edu. Colectores de polvo. Pág. 3

1.6.3 Colectores húmedos

En los colectores húmedos lo que se hace es atrapar a las partículas contaminantes en las gotas de agua que circulan por el colector y luego eliminar del agua los contaminantes atrapados.

También en los colectores húmedos puede haber algunas reacciones químicas o térmicas que pueden ayudar al control de emisiones de gases, por ejemplo si se tienen una emisión de óxidos de azufre y óxidos de nitrógeno al mezclarse con el agua se podrá tener ácido sulfúrico o nítrico, los que se pueden controlar en el equipo. Otro ejemplo es cuando se tienen emisiones de tetracloruro de etilo líquido que se utiliza para desengrasar.

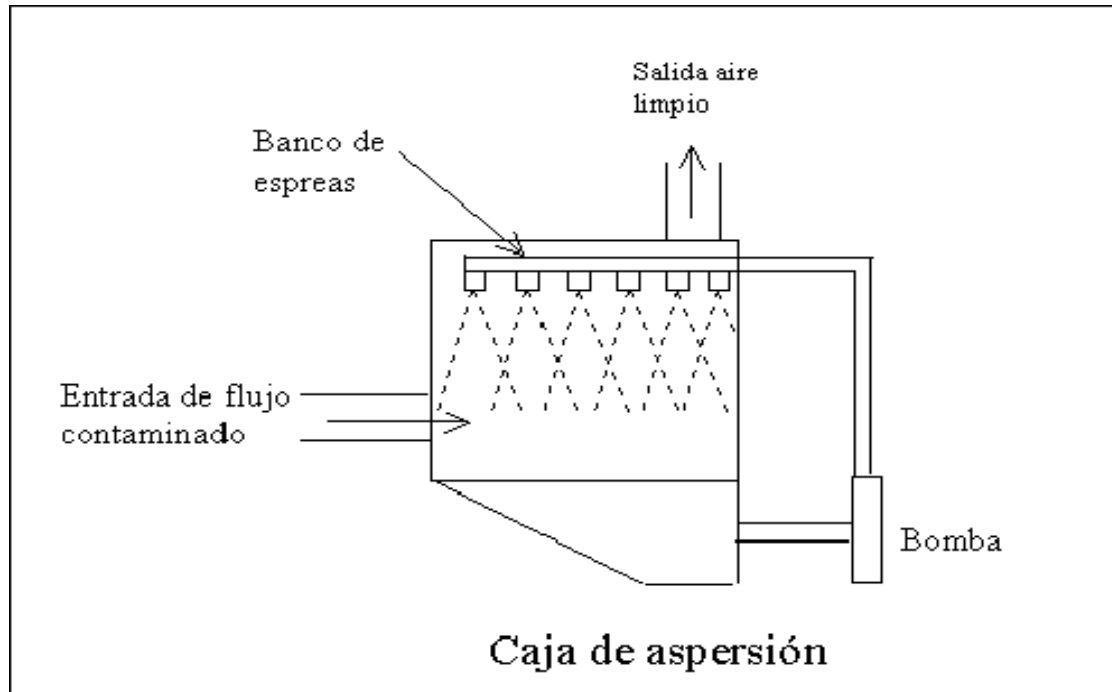
Su evaporación se da a temperatura ambiente y su condensación se logra 15 grados centígrados que al pasar los gases evaporados por un recipiente en el que el agua baje su temperatura a 15 grados centígrados se lograra la condensación y por lo tanto su captura en el fluido de control.

1.6.3.1 Colectores de baja energía

Son aquellos en los que el flujo de aire contaminado pasa pro una niebla o cortina de agua. Son para atrapar partículas de más de 50 micras o para hacer reacciones químicas o térmicas con los contaminantes.

Los más conocidos son las cajas de aspersion en los que el flujo contaminado pasa entre el agua, que es asperzada por unas boquillas. También entre estos equipos se encuentran las casetas de pintura con cortina de agua.

Figura 7 **Colector de baja energía**

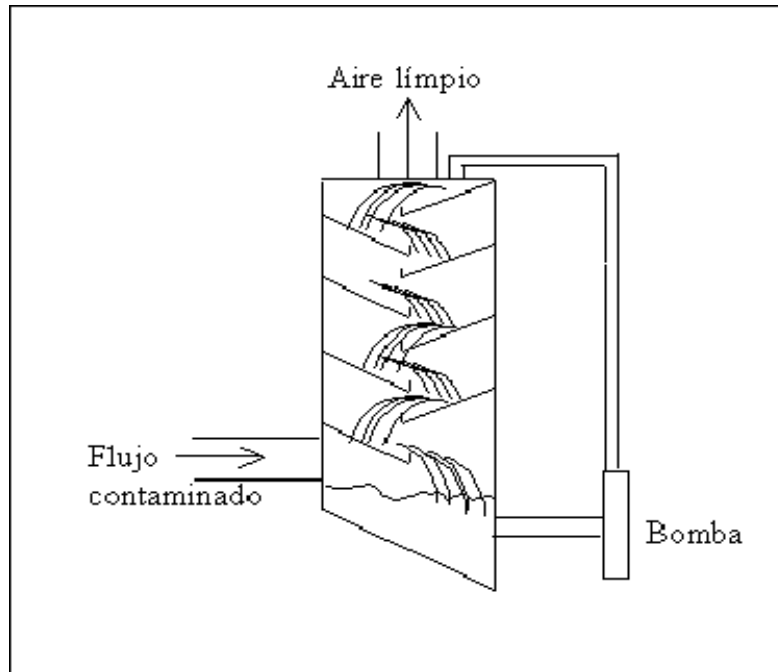


Fuente: Aprendizaje. **Procesos de manufactura II**, tema XVIII la contaminación ambiental y los ingenieros industriales

1.6.3.2 Colectores de energía media o Scrubbers

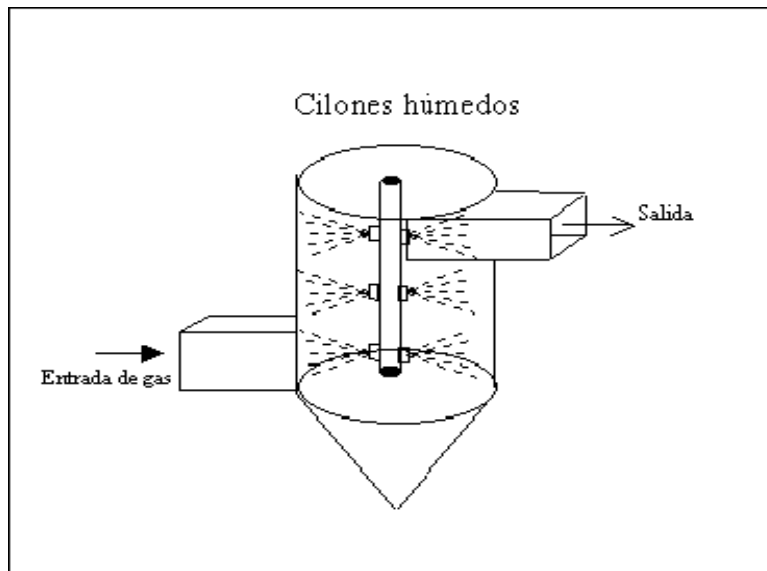
En ellos el flujo de contaminantes pasa por una serie de mamparas con cortinas de agua o junto a las paredes húmedas de los lavadores, las partículas del contaminante se unen al agua y luego este es tratado para separarla de los contaminantes.

Figura 8 **Colector de energía media**



Fuente: Aprendizaje. **Procesos de manufactura II, tema XVIII la contaminación ambiental y los ingenieros industriales**

Figura 9 **Colector de energía media, ciclones húmedos**

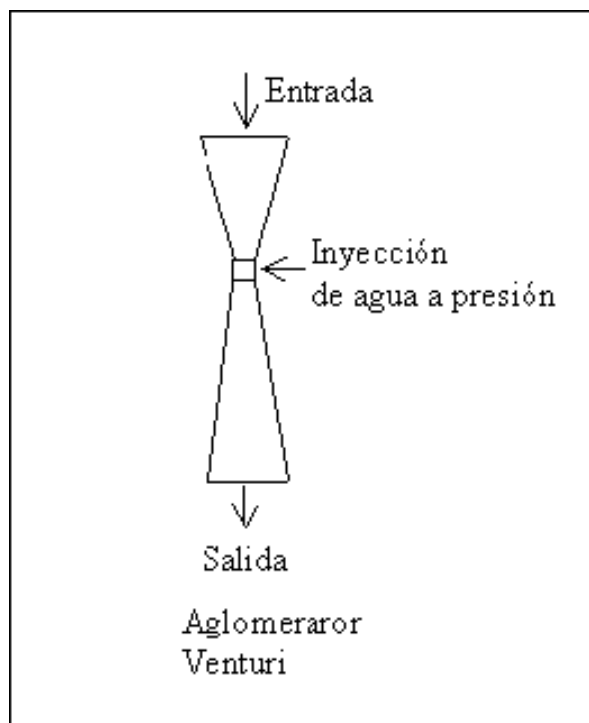


Fuente: Aprendizaje. **Procesos de manufactura II, tema XVIII la contaminación ambiental y los ingenieros industriales**

1.6.3.3 Aglomeradores de alta energía

Son aquellos equipos que utilizan la energía para mezclar con gran eficiencia a las emisiones y el agua, los equipos mas conocidos con los venturas de alta energía. Estos equipos logran capturar con 99% de eficiencia a partículas de 0.5 de micra. Para lograr esta eficiencias se llegan a tener caídas de 40 pulgadas de agua, lo que implica el uso de mucha potencia.

Figura 10 Aglomeradores de alta energía



Fuente: Aprendizaje. **Procesos de manufactura II, tema XVIII la contaminación ambiental y los ingenieros industriales**

Tabla IX Ventajas y desventajas de los colectores de hollín

Tipo de colector	Ventaja	Desventaja
Electrostático	Eficiencia 99%	Utilización de un campo electrostático Limpieza frecuente de las placas electrostáticas Costo elevado debido al potencial eléctrico
Mecánicos	Eficiencia 85% Separación y recolección de partículas recuperables Costo de instalación bajo	Altas velocidades Instalación de multiciclón
Combinados Mecánicos-Electrostático	Mejoramiento en la recolección de hollín	Implementación de dos colectores Aumento del costo de mantenimiento
Húmedos de baja energía	Bajo costo Atrapa partículas de más de 50 micras Reacciones químicas que ayudan al control de emisiones de gases recolección de partículas contaminantes en las gotas de agua	Flujo continuo de agua Separación de las partículas del agua
Húmedos lavadores de energía media	Mejoramiento en la recolección de partículas	Utilización de mamparras Flujo de agua Continuo Limpieza frecuente de las mamparras
Húmedos aglomerados de alta energía	Eficiencia del 99%	Utilización de mayor potencia en la dispersión del agua. Equipo venturi para su funcionamiento

Fuente: Jaenz Arreaza

1.6.4 Principio de funcionamiento de la trampa ciclónica

La trampa ciclónica es un dispositivo que se utiliza para recolecta el hollín producido por la combustión del bagazo y cuyo objetivo principal es reducir el grado de contaminación ambiental. Los gases producidos por la combustión del bagazo recorren el hogar, el sobrecalentador, la superficie de convección, el economizador y por ultimo el precalentador de aire. Al salir del precalentador de aire los gases de la combustión entran a la trampa ciclónica con cierta velocidad impelida por la succión que produce el ventilador del tiro inducido. La entrada de la trampa ciclónica esa diseñada de tal forma que al ingresar los gases de la combustión adquieran un movimiento rotacional, el cual permite que a través de la fuerza centrífuga producida por este movimiento, las partículas de hollín choquen contra la pared de la trampa y por el peso de este resbale por la pared hacia un conducto por el cual esta circulando agua y que además tienen incorporado un tornillo sin fin, que en conjunto con el agua conducen a las partículas de hollín atrapadas hacia el drenaje. Para mejorar de algún modo la efectividad de las trampas ciclónicas se instala una especie de rociadores de agua para que a través de esta se atrapara mayor cantidad de hollín y lograr, así reducir en mayor grado la contaminación ambiental producida por esta sustancia.

La trampa ciclónica esta localizada entre el precalentador de aire y el ventilador del tiro inducido.

1.6.5 Remoción de escoria y ceniza

En calderas que operan con combustibles sólidos, se originan depósitos de ceniza y escorias sobre el horno, paredes de tubos de agua, sobrecalentador, economizador y las superficies del calentador de aire. Dichos depósitos deber ser eliminados periódicamente a fin de mantener los valores de intercambio de calor en las condiciones usadas para el diseño y para mantener libres de obstrucciones los pasajes donde fluyen los gases.

Pueden ocurrir dos tipos generales de acumulación de escoria sobre las paredes del hogar y superficies de convección. Se produce escarificación cuando partículas de ceniza fundidas o parcialmente fundidas, arrastradas en el gas chocan contra una pared o la superficie de un tubo, se enfrían y se solidifican. Los carbones con temperaturas bajas de fusión de la ceniza, es decir, aquellas que son plásticas o están semihundidas a temperaturas menores 1100 grados centígrados, tienen una alta posibilidad de escorificación. Se produce incrustación, cuando los constituyentes volátiles de la ceniza se condensan sobre las partículas de ceniza muy fina, sobre los tubos de convección y sobre los depósitos existentes de ceniza a temperaturas en las que estos constituyentes volátiles se mantienen líquidos y se les permite reaccionar químicamente para formar depósitos ligados. Pueden evaluarse las características de escorificación e incrustación a partir de la composición química de la ceniza. La planta debe estar suministrada de equipos para limpiar las paredes del hogar y eliminar los depósitos de las paredes del hogar y eliminar los depósitos de las superficies de convección, para mantener la capacidad y la eficiencia. Con un equipo que emana chorros de vapor de agua y aire a través de las toberas de los aventadores de hollín desalojan la ceniza seca o sinterizada y la escoria, las que entonces caen las tolvas o se van junto con los productos gaseosos de la combustión al equipo de eliminación. Los tipos de aventadores de hollín varían según con su ubicación en la unidad de la caldera, la severidad de la ceniza y además de las condiciones de la escoria y la disposición de las superficies que absorben el calor. Existen varios tipos de aventadores de hollín como lo son:

- Aventadores de hollín: proyectan un conjunto de toberas hacia el hogar, para soplar y después se retraen hasta atrás de los tubos de la pared para que las toberas queden protegidas después de la operación.
- Aventadores del tipo rectactil del tipo de bayoneta: la bayoneta gira u oscila a medida que avanza en el interior de la caldera, esta provista de toberas de diámetro considerable, para una buena operación de limpieza; esta bayoneta se retrae saliendo de la caldera para su protección cuando no opera.

Limpia los bancos de tubos que se encuentran en las zonas del gas a alta temperatura, sobrecalentadores y recalentadores, en donde la escoria o la ceniza sinterizada puede acumularse.

- Aventadores de hollín del tipo giratorio de toberas múltiples: dichos aventadores limpian los bancos de tubos que se encuentran en las zonas de baja temperatura del gas, con inclusión del economizador y secciones de la caldera, donde hay partes metálicas sin enfriar que tienen una duración satisfactoria y la eliminación de la ceniza es mas fácil.
- Aventadores de hollín para calentadores de aire: la tobera o las toberas se disponen para soplar casi siempre a través de una placa o un banco de tubos, describiendo un arco o bien en línea recta. Estos aventadores pueden aventar agua para lavar la superficie del calentador

1.7 Mantenimiento

Es un conjunto de actividades que deben realizarse a instalaciones y equipos con el fin de corregir o prevenir fallas, buscando que estos continúen prestando el servicio para el cual fueron diseñados. Se considera que mantenimiento es la serie de trabajos que hay que ejecutar en algún equipo, planta o método, a fin de conservarlo y proporcionar el servicio para lo que fue diseñado. La creación de un programa equilibrado y flexible en el cual las operaciones a realizarse en los planos de uso, la tensión, el cuidado del equipo, maquinaria, de sus instalaciones sean completamente comprendidas por todos los jefes y supervisores, desde los directores de la organización hasta los empleados mas modestos, forman el programa básico del mantenimiento.

Un mantenimiento se debe basar en el equilibrio de los siguientes factores y objetivos:

- Minimizar los costos de parada del equipo por daños y reparaciones.

- Maximizar la utilización de capital invertido en instalaciones y equipo, aumentado su vida útil.
- Minimizar los costos de operaciones y mantenimiento para aumentar los beneficios de la actividad industrial.
- Garantizar la seguridad industrial.
- Optimización de la disponibilidad del equipo.
- Optimización de los recursos humanos.
- Maximización de la vida de la máquina.

Existen varios tipos de mantenimiento, de los cuales podemos mencionar:

- Correctivo
- Preventivo
- Periódico
- Programado
- Predictivo

1.7.1 Mantenimiento preventivo

Es aquel que se realiza mediante una programación previa de actividades, con el fin de evitar en lo posible la mayor cantidad de daños imprevistos, disminuir los tiempos muertos y disminuir los costos. La esencia de este mantenimiento son las revisiones e inspecciones programadas. Este sistema se basa en el hecho de que las partes de un equipo se gastan en forma desigual y es necesario prestarles servicio en forma racional. El mantenimiento preventivo también es llamado: mantenimiento preventivo planificado MPP. Se puede realizar un programa de mantenimiento preventivo respondiendo a las siguientes preguntas:

- ¿Qué hay que mantener?
- ¿Qué hay que hacer para mantenerlo funcionando?
- ¿Cuándo y cada cuánto hay que hacerlo?

- ¿Cómo hay que hacerlo?
- ¿Qué personal se requiere para hacerlo?
- ¿Cuánto tiempo requiere hacerlo?

Cuando se implanta un programa de mantenimiento, deberá hacerse una primera programación y contar en este momento con las siguientes fuentes de información:

- Catálogos de fabricantes
- Manuales de fabricantes
- Inventarios técnicos
- Planos levantados a la maquinaria
- Memorias de cálculo si se han realizado mejoras o reparaciones

Los tipos de trabajo que deben incluirse en un programa de mantenimiento preventivo son los siguientes:

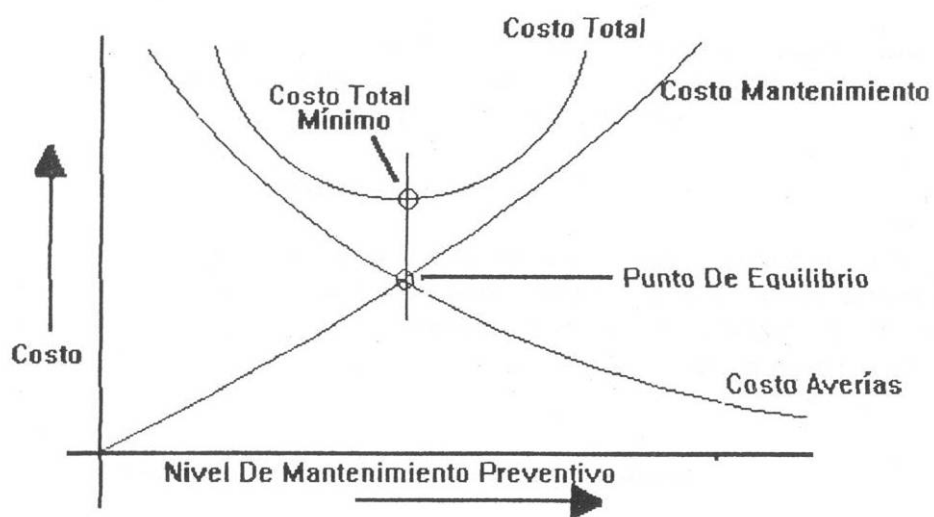
- visitas dirías
- revisiones periódicas
- limpieza constante
- lubricación de las piezas en movimiento

Ventajas del mantenimiento preventivo:

- Confiabilidad, los equipos operan en mejores condiciones de seguridad.
- Disminución del tiempo muerto, tiempo de parada por reparaciones.
- Mayor duración, de los equipos e instalaciones.
- Disminución de existencia en almacén, ajuste de los repuestos de mayor y menor consumo.
- Uniformidad en el trabajo para el personal.
- Menor costo de las reparaciones.

En la tentativa de aminorar las averías, la extensión de las operaciones de mantenimiento preventivo, pueden llegar a tal punto que su costo exceda al de las averías, incumbe al ingeniero encargado del mantenimiento determinar el punto de equilibrio entre los costos de averías y mantenimiento preventivo.

Figura 11 **Gráfica costo mantenimiento preventivo**



Fuente: Jaenz Arreaza

Obsérvese que se puede agregar o suprimir el mantenimiento preventivo, de lo cual resulta una curva de costo de mantenimiento aproximadamente lineal, al aumentar los costos de mantenimiento preventivo, la magnitud de la reducción de costos por avería disminuye rápidamente y es asintótica.

1.7.2 Mantenimiento correctivo

Corrección de las averías o fallas, cuando éstas se presentan, al contrario del caso de mantenimiento preventivo; consiste la reparación de un equipo o máquina cuando se dispone del personal, repuestos, y documentos técnicos necesario para efectuarlo.

Esta forma de mantenimiento impide el diagnóstico fiable de las causas que provocan la falla, se ignora si falló por mal trato, por abandono, por desconocimiento del manejo, por desgaste natural, etc. Mantenimiento correctivo: Es aquel que se ocupa de la reparación una vez se ha producido el fallo y el paro súbito de la máquina o instalación. Dentro de este tipo de mantenimiento podríamos contemplar dos tipos de enfoques:

- Mantenimiento paliativo o de campo (de arreglo): Este se encarga de la reposición del funcionamiento, aunque no quede eliminada la fuente que provocó la falla.
- Mantenimiento curativo (de reparación): Este se encarga de la reparación propiamente, eliminando las causas que han producido la falla.

Suelen tener un almacén de recambio, sin control de algunas cosas, hay demasiado, de otras quizás de más influencia, no hay piezas, por lo tanto es caro y con un alto riesgo de falla. Mientras se prioriza la reparación sobre la gestión, no se puede prever, analizar, planificar, controlar, rebajar costos.

Ventajas

1. Si el equipo esta preparado la intervención en el fallo es rápida y la reposición en la mayoría de los casos será con el mínimo tiempo.
2. No se necesita una infraestructura excesiva, un grupo de operarios competentes será suficiente, por lo tanto el costo de mano de obra será mínimo, será más prioritaria la experiencia y la pericia de los operarios, que la capacidad de análisis o de estudio del tipo de problema que se produzca.
3. -Es rentable en equipos que no intervienen de manera instantánea en la producción, donde la implantación de otro sistema resultaría poco económico.

Desventajas

1. Se producen paradas y daños imprevisibles en la producción que afectan a la planificación de manera incontrolada.

2. Se suele producir una baja calidad en las reparaciones debido a la rapidez en la intervención, y a la prioridad de reponer antes que reparar definitivamente, por lo que produce un hábito a trabajar defectuosamente, sensación de insatisfacción e impotencia, ya que este tipo de intervenciones a menudo generan otras al cabo del tiempo por mala reparación, por lo tanto será muy difícil romper con esta inercia.

Conclusiones:

La principal función de una gestión adecuada del mantenimiento consiste en rebajar el correctivo hasta el nivel óptimo de rentabilidad para la empresa. El correctivo no se puede eliminar en su totalidad, por lo tanto una gestión correcta extraerá conclusiones de cada parada e intentará realizar la reparación de manera definitiva ya sea en el mismo momento o programado un paro, para que esa falla no se repita. Es importante tener en cuenta en el análisis de la política de mantenimiento a implementar, que en algunas máquinas o instalaciones el correctivo será el sistema más rentable.

2. SITUACIÓN ACTUAL DEL COLECTOR DE HOLLÍN DE LA CALDERA 7

Al inicio de toda modificación tenemos un plano de diseño actual, este nos brinda información sobre su funcionamiento, partes componentes, elementos que intervienen en su funcionamiento y resultados que podríamos obtener al realizar las mediciones pertinentes a este. Su funcionamiento y los elementos que intervienen nos brinda información sobre como debe ser su estructura interna, cuales son sus puntos débiles o simplemente nos indican como mejorar el proceso.

2.1 Descripción de funcionamiento del colector de hollín actual

El aire extraído por el tiro inducido antes de llegar a la chimenea, se introduce a un colector de hollín, en la primera etapa del colector el aire entra a un tubo, su techo es en forma de sombrero chino, por medio del sombrero chino sale el aire, al techo le llueve agua en la parte de afuera resbalando en el sombrero y cuando el aire sale el agua captura el hollín llevándolo al fondo de este, en la segunda etapa el aire entra a un tubo horizontal que actúa como un depósito, a el se adhieren las entradas de la turbina del tiro inducido.

2.1.1 Elementos naturales que utiliza el colector de hollín

En la industria existe variedad de maquinas que utilizan elementos naturales para su funcionamiento. El colector de hollín utiliza el aire, que es introducido a la caldera por medio del tiro forzado, con el fin que exista reacción química para producir el fuego. El aire extraído del hogar por medio del tiro inducido, antes de llegar a la chimenea pasa por el colector de hollín.

Otro elemento natural es el agua, este es esparcido dentro del colector por medio de toberas, el agua detiene el paso de hollín producido por la combustión y esta es alojada en un depósito.

2.1.2 Mediciones cartas de Ringelman

Esta carta de humo proporciona diferentes tonalidades de gris por medio de las cuales pueden compararse las columnas de humo de las chimeneas, estas mediciones se hacen por medio de 5 tarjetas que contienen líneas en diferentes grosores, la tarjeta No. 0 es totalmente blanca y la tarjeta No. 5 es totalmente negra. Al efectuar comparaciones diurnas el observador debe colocarse a una distancia no menor de 30 metros ni mayor de 400 metros del cañón de la chimenea; el observador debe de colocarse a una distancia de las cartas cuando estas aparezcan como campos grises uniformes, que es una distancia aproximada de 20 metros. El sol debe quedar preferentemente a espaldas del observador. Las lecturas para determinar el porcentaje de densidad aparente visual del humo se efectúan una cada 15 ó 30 segundos en forma consecutiva y agruparse en una tabla, el número ideal de mediciones es de 60. El cálculo del porcentaje de densidad aparente visual de humo para el período total de observaciones, se efectúa aplicando la siguiente fórmula:

$$D.A.V. = (NE \times 20) / N \quad \text{En donde}$$

D.A.V. = Densidad Aparente Visual del humo

NE = Número total de equivalente al número I

N = Número total de lecturas,

20 = Equivalencia en porcentaje de densidad del número I

La opacidad simplemente significa el grado en que la luz transmitida se oscurece.

No. 1-----Igual 20_% de Opacidad
No. 2-----Igual 40_% de Opacidad
No. 3-----Igual 60_% de Opacidad
No. 4-----Igual 80_% de Opacidad

Lecturas tomadas de la chimenea de la caldera 7 del Ingeniero Santa Ana son las mostradas en la siguiente tabla.

Tabla X Mediciones de Ringelman

No. Lect.	15 Seg.	30 Seg.	45 Seg.	60 Seg.	No. Lect.	15 Seg.	30 Seg.	45 Seg.	60 Seg.
1	3	3	4	4	16	4	4	3	3
2	4	4	3	4	17	3	4	4	4
3	3	3	3	3	18	5	4	3	3
4	3	3	3	4	19	3	3	3	3
5	5	4	4	4	20	3	3	4	4
6	2	2	3	3	21	4	4	3	3
7	4	4	4	3	22	4	4	3	3
8	3	3	3	3	23	3	3	3	3
9	3	3	4	4	24	4	4	4	3
10	4	4	3	3	25	3	3	3	4
11	4	4	3	3	26	4	4	4	4
12	3	3	3	3	27	4	3	3	3
13	2	2	3	4	28	3	2	2	3
14	5	4	4	3	29	3	2	3	3
15	3	3	4	4	30	4	4	3	3
No. Lect.	15 Seg.	30 Seg.	45 Seg.	60 Seg.	No. Lect.	15 Seg.	30 Seg.	45 Seg.	60 Seg.
31	4	4	3	3	46	4	4	4	4
32	3	2	3	3	47	4	3	3	3
33	4	4	4	5	48	3	3	3	3
34	5	4	4	4	49	3	3	3	3
35	4	3	3	3	50	4	4	3	3
36	3	3	3	3	51	4	4	4	3
37	3	3	2	2	52	3	3	3	3
38	3	3	3	3	53	3	2	2	2
39	4	4	4	4	54	3	3	3	3
40	4	4	3	3	55	4	4	3	3
41	3	2	2	3	56	3	3	3	4
42	3	3	3	4	57	4	4	4	3
43	4	4	4	3	58	3	3	3	3
44	3	3	3	3	59	3	2	2	3
45	4	4	3	3	60	4	4	3	3

Fuente: Toma de lecturas. **Chimenea caldera 7 Ingenio Santa Ana**

Tabla XI **Cálculo de valores, mediciones de Ringelman**

Lecturas	Tarjeta	Equivalente al I
0	0	0
0	1	0
17	2	34
133	3	399
85	4	340
5	5	25
240		798

Fuente: Resultado de la toma de lectura. **Caldera 7 Ingenio Santa Ana**

$$DVA = (NE * 20) / N$$

$$DVA = (798 * 20) / 240$$

$$DVA = 66.5 \%$$

La densidad aparente de humo se encuentra en un 66.5 %

2.1.3 Impacto actual del hollín en la sociedad.

Antes del corte de caña, se quema la caña, este quemado es el que produce hollín que es llevado por el aire a diferentes lugares, produciendo una contaminación en el ambiente, el aire y el suelo. En las calderas se quema un combustible, el cual produce un hollín, el hollín es controlado debido a que la combustión se efectúa en un lugar cerrado, el tiro inducido que extrae el aire caliente y el hollín en este son expulsados al ambiente por medio de una chimenea. Sin un colector el hollín, el aire es expulsado al exterior formando una columna de humo, dependiendo de la cantidad de hollín esta es oscura, gris o blanca. El Ingenio Santa Ana se encuentra ubicado dentro de una finca y sus alrededores se encuentra caña sembrada, si la caldera no contara con un colector de hollín sería expulsado al ambiente, depositándose en sus alrededores, contaminando el suelo, el arrollo de agua. El hollín expulsado es delgado dando lugar a ser desintegrado en pequeñas partículas en el aire; quedando una pequeña contaminación de hollín.

2.2 Descripción del diseño del colector de hollín actual.

EL colector esta formado por tres ductos cilíndricos verticales, en sus extremos se encuentran acoplado en la parte superior un ducto horizontal que une los tres ductos, el ducto horizontal se acopla a la succión del tiro inducido.

En la parte inferior del ducto vertical se convierte en forma de cono, el cono se acopla a una pileta donde cae el agua con el hollín.

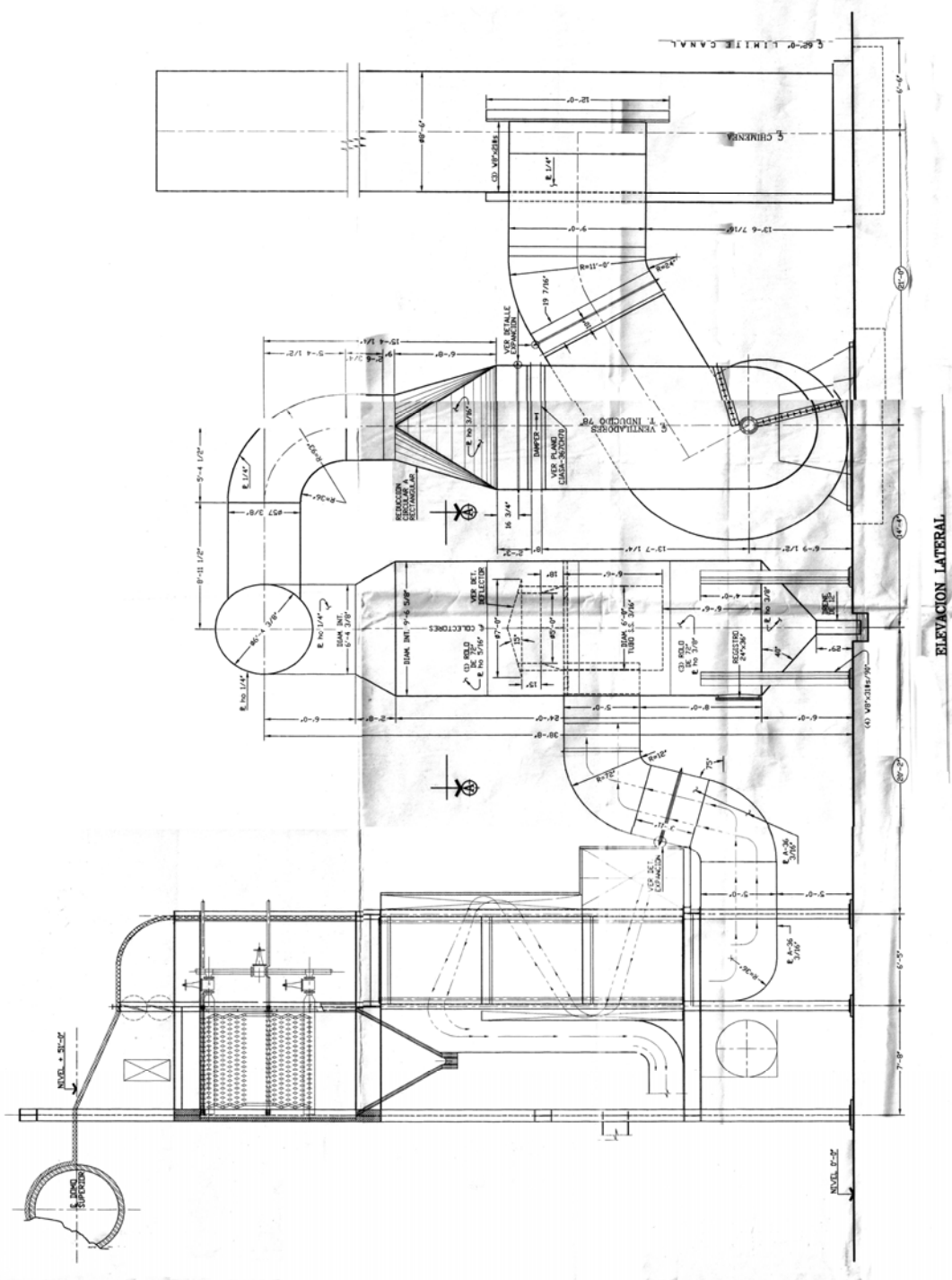
En el ducto vertical se encuentra una entrada en cada uno de ellos, la entrada es acoplada a otro ducto mas pequeño, el ducto pequeño tiene un sombrero chino que es donde sale el aire de la caldera. En la parte superior del ducto vertical y antes del acople con el ducto horizontal se encuentran las toberas de agua.

2.3 Partes componentes del colector de hollín

- a. Ducto en forma de S que es la entrada al colector
- b. Ducto vertical interno con sombrero chino, entra y sale el aire
- c. Ducto vertical principal, contiene el ducto pequeño
- d. Ducto horizontal principal, une los tres ductos verticales
- e. Toberas de agua
- f. Tubería de distribución de agua
- g. Bomba de agua
- h. Pileta receptora de agua con hollín
- i. Bases de colector

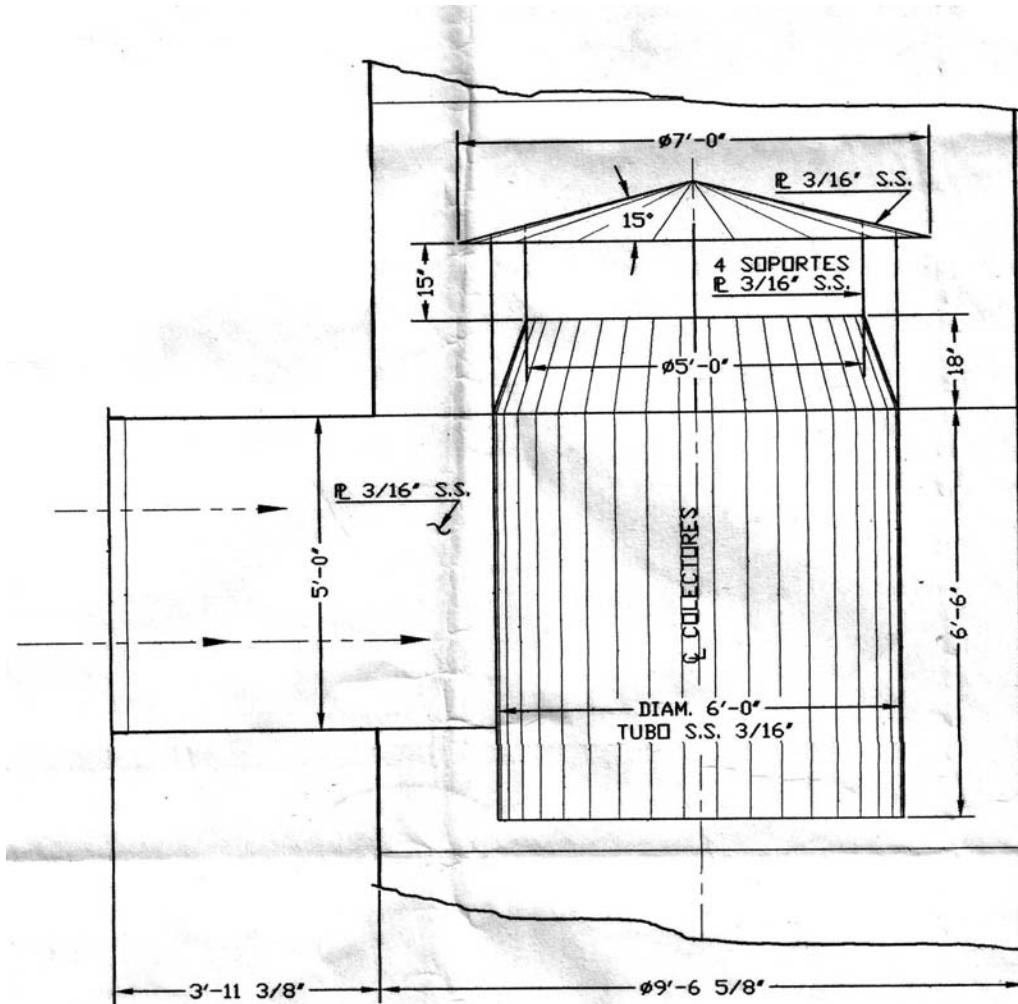
2.3.1 Plano del colector de hollín actual

Figura 12 Vista completa del colector de hollín



Fuente: Consultores de ingenios azucareros, S.A. **Plano instalación colectores de hollín ventiladores y chimenea caldera 7 Ingenio Santa Ana. STA-469CH181**

Figura 13 Ducto vertical interno, sombrero chino

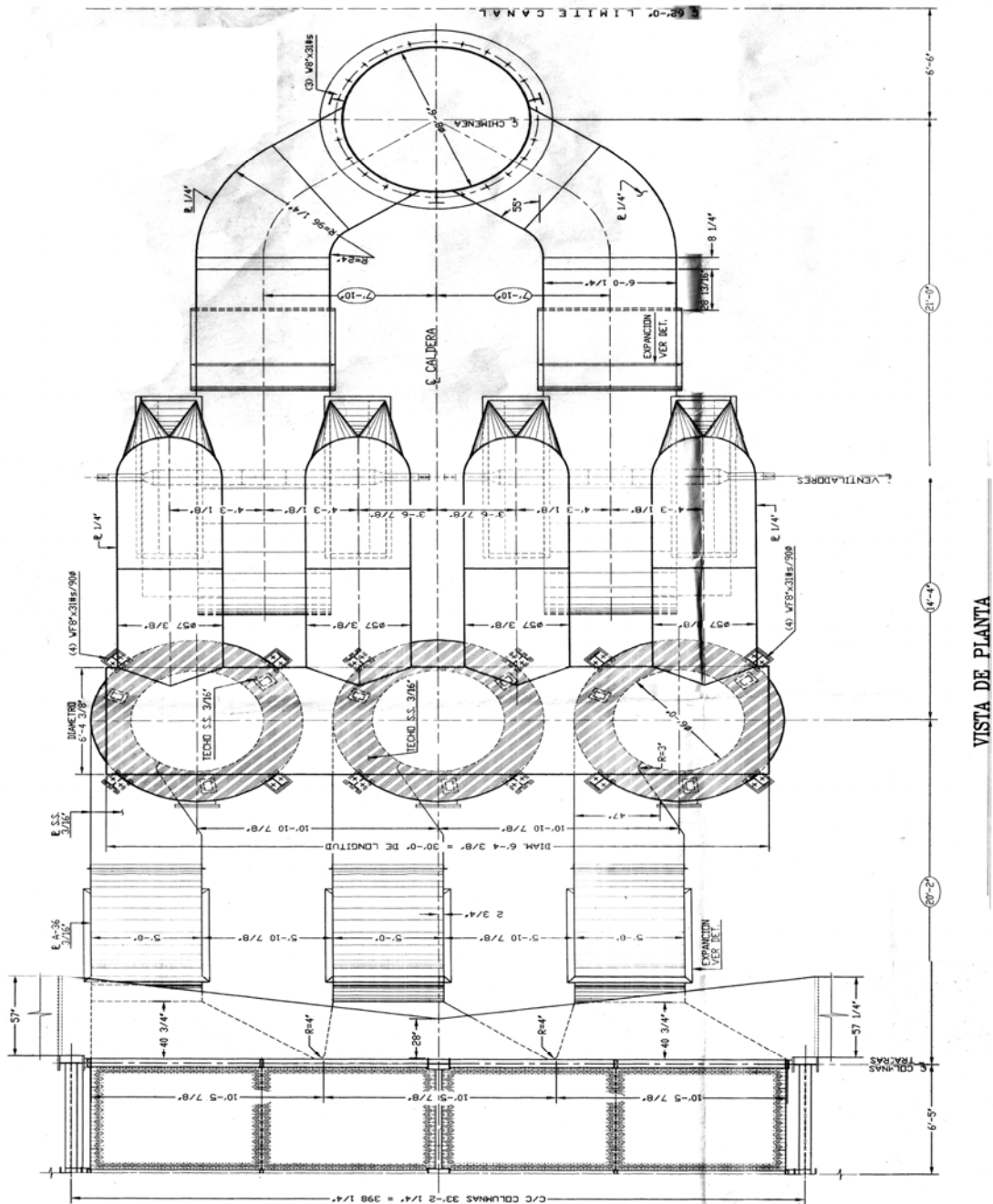


DETALLE DEFLECTOR

ESCALA: 3/8" = 1'-0"

Fuente: Consultores de ingenios azucareros, S.A. Plano instalación colectores de hollín ventiladores y chimenea caldera 7 Ingenio Santa Ana. STA-469CH181

Figura 14 Vista de planta del colector de hollín



Fuente: Consultores de ingenios azucareros, S.A. Plano instalación colectores de hollín ventiladores y chimenea caldera 7 Ingenio Santa Ana. STA-469CH181

3. DISEÑO PROPUESTO DEL NUEVO COLECTOR DE HOLLÍN DE LA CALDERA 7

Analizados los cambios, se puede realizar un plano del nuevo diseño, proporcionando los detalles de las mejoras, ampliaciones, medidas, equipo nuevo, evaluación del equipo que sigue en funcionamiento y todos los detalles relacionados con la mejora del colector.

Se implementa la utilización de agua de condensado, con el objetivo de realizar mayor recolección de hollín en el colector. Obtenido el plano de la estructura del nuevo colector obtenemos información para la construcción, cuantificación de material a utilizar en el proyecto, mano de obra, proyección de ejecución con forme a los días que puede llevar a cado el proyecto y estimación de costos.

3.1 Descripción del funcionamiento del nuevo colector

El aire extraído por el tiro inducido antes de llegar a la chimenea, se introduce a un colector de hollín, en la primera etapa del colector el aire entra a una caja gigante, esta caja se encuentra dividida en tres partes iguales por dos juegos de vigas, la primera en la parte superior, es la que acopla al ducto horizontal donde se une el ducto del tiro inducido, en el piso de la parte superior se encuentra instalada una malla de acero inoxidable que nos ayudara a retener el hollín mojado que pude salir. En la segunda parte, la superior, se encuentra instalados las toberas. En la tercera parte, superior se encuentra otra malla que también ayuda a retener el hollín, en la parte inferior se encuentra acoplado los drenajes de agua. Cuando el aire sale el agua captura el hollín llevándolo al fondo de este. En la segunda etapa el aire entra a un tubo horizontal que actúa como un deposito, a el se adhieren las entradas de la turbina del tiro inducido.

3.1.1 Elementos naturales que utiliza el colector de hollín

Como lo mencionamos anteriormente el aire como el agua son utilizados en el colector de hollín. Son elementos importantes para el funcionamiento del colector y en la mejora de este siguen participando activamente.

3.1.3 Beneficios de la sociedad

El beneficiado principal es la reducción de la contaminación de la naturaleza, los recursos creados por el hombre no son contaminados y estos son aprovechados al máximo.

Los ríos como los riachuelos no son contaminados con el hollín, a la vegetación no se le forma una capa negra de hollín, y a la sociedad cercana al lugar se evita que esta recibe en el aire la contaminación de pequeñas partículas de hollín que afectan la salud humana y los recursos naturales. Así mismo los recursos físicos empleados en el desempeño de sus labores cotidianas.

3.2 Descripción del diseño del nuevo colector

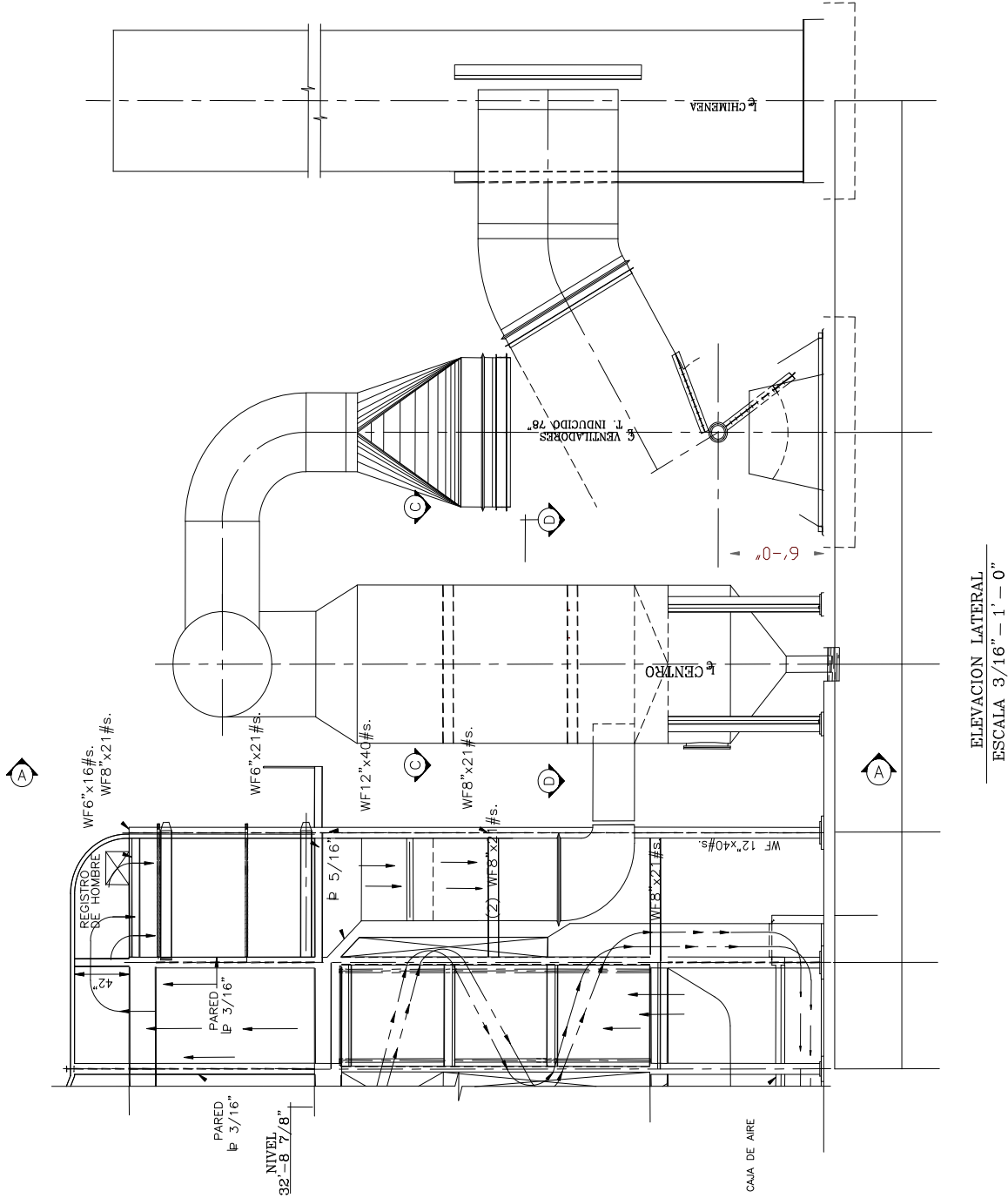
En el diseño anterior contábamos con tres ductos verticales, en este nuevo diseño cortaremos el ducto del centro, los de los lados cortaremos una parte de ellos para formar un ducto cuadrado. En la parte inferior del cuadrado se le colocara un piso con inclinaciones dirigidos hacia la otra parte de los cilindros que se dejaron. Dentro del colector se encuentran los toberas que en su totalidad son 19, dentro del colector se encuentran dos mallas que nos ayudan a retener el hollín, el colector se acopla a un ducto horizontal que a la vez esta acoplado a los ductos de aire del tiro inducido.

3.3 Partes componentes

- a. Ducto de entrada
- b. Cuadrado de lámina que forma el colector
- c. Toberas de agua
- d. Sistema de distribución de agua
- e. Piso inclinado
- f. Cilindros de drenaje
- g. Depósito de drenaje
- h. Vigas internas
- i. Mallas de acero inoxidable
- j. Sistema de condensados de agua

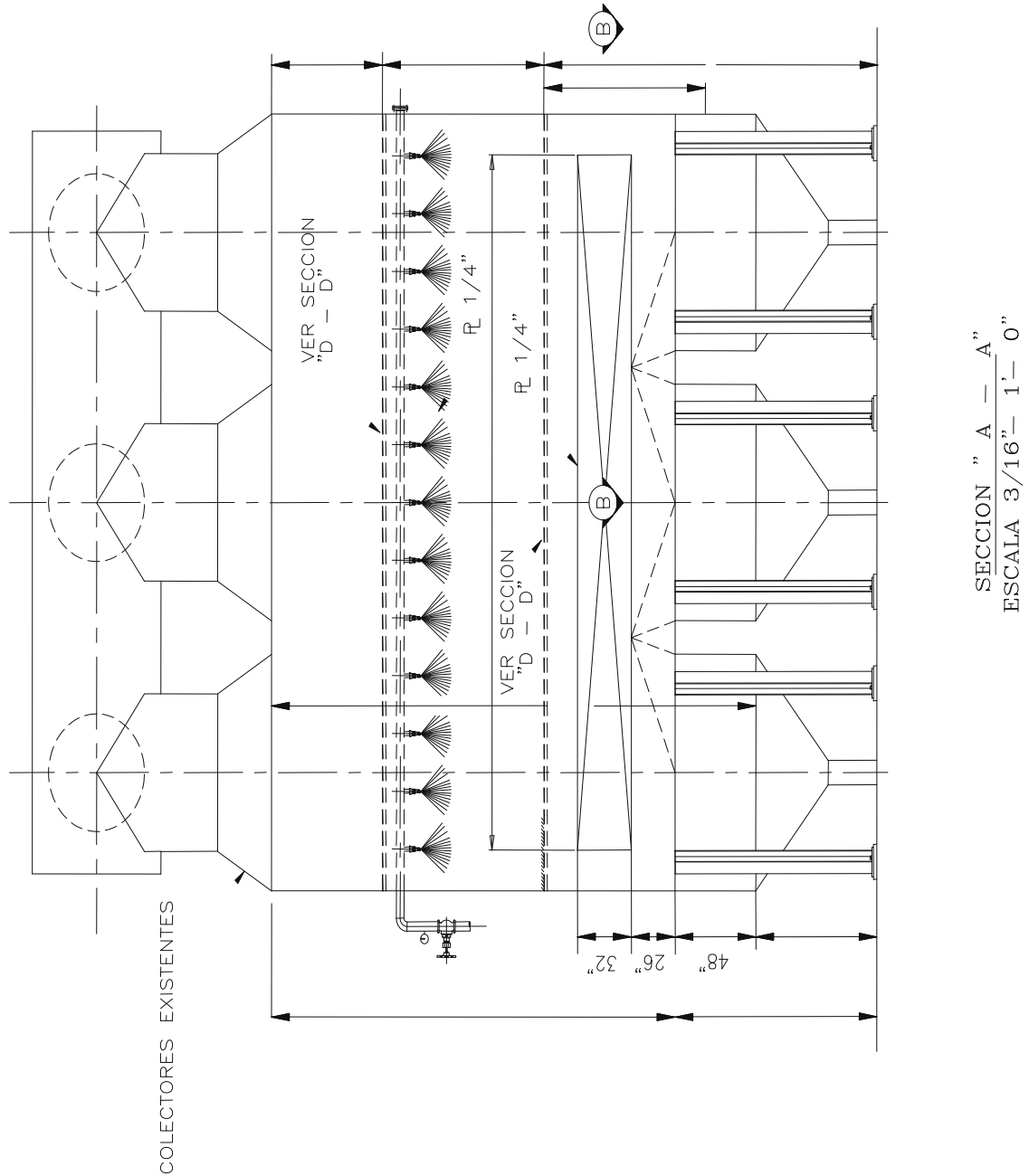
3.3.1 Plano del nuevo colector

Figura 15 Elevación lateral del colector de hollín



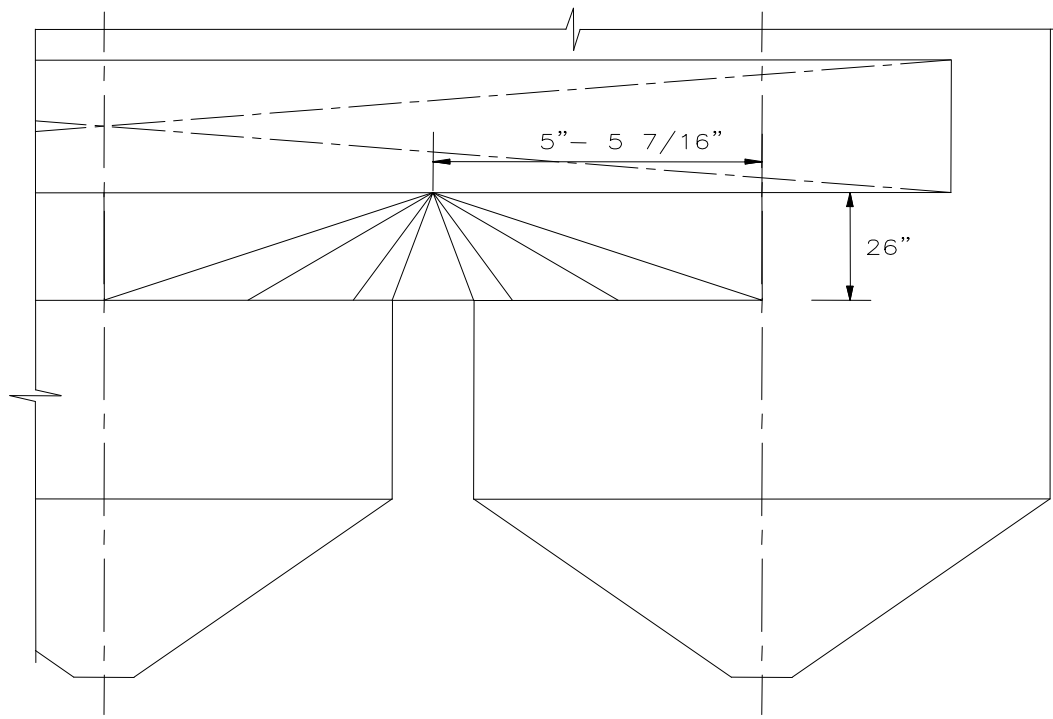
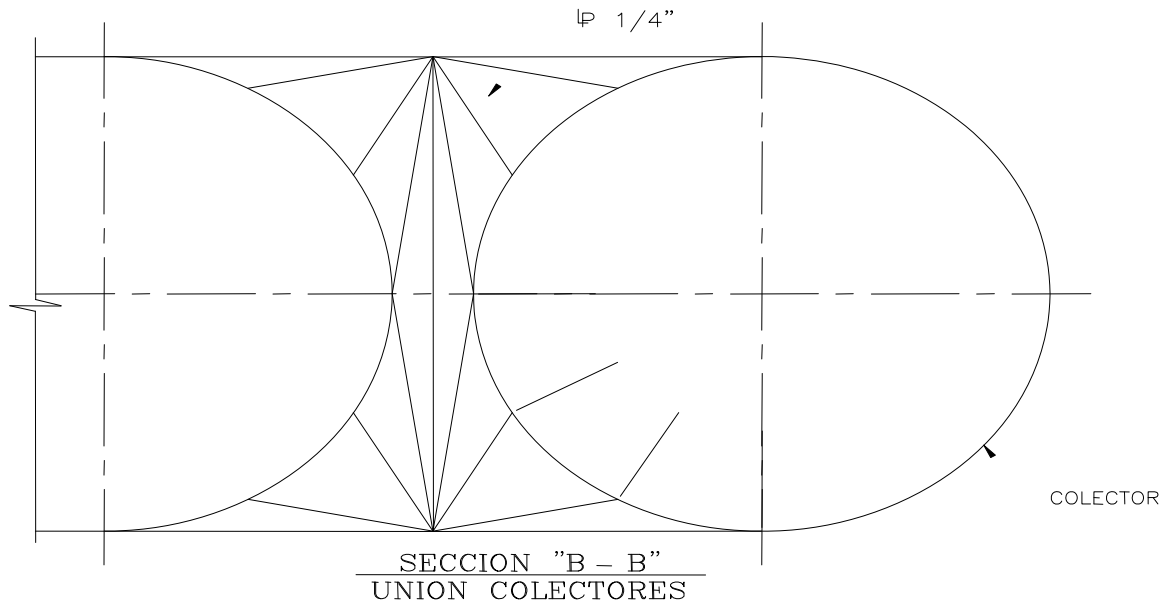
Fuente: Consultores de ingenios azucareros, S.A. **Plano modificación colectores de hollín caldera 7**
Ingenio Santa Ana. STA-619CH219

Figura 16 Sección "A-A" del colector de hollín



Fuente: Consultores de ingenios azucareros, S.A. Plano modificación colectores de hollín caldera 7
 Ingenio Santa Ana. STA-619CH219

Figura 17 **Detalle unión de salida de colectores**

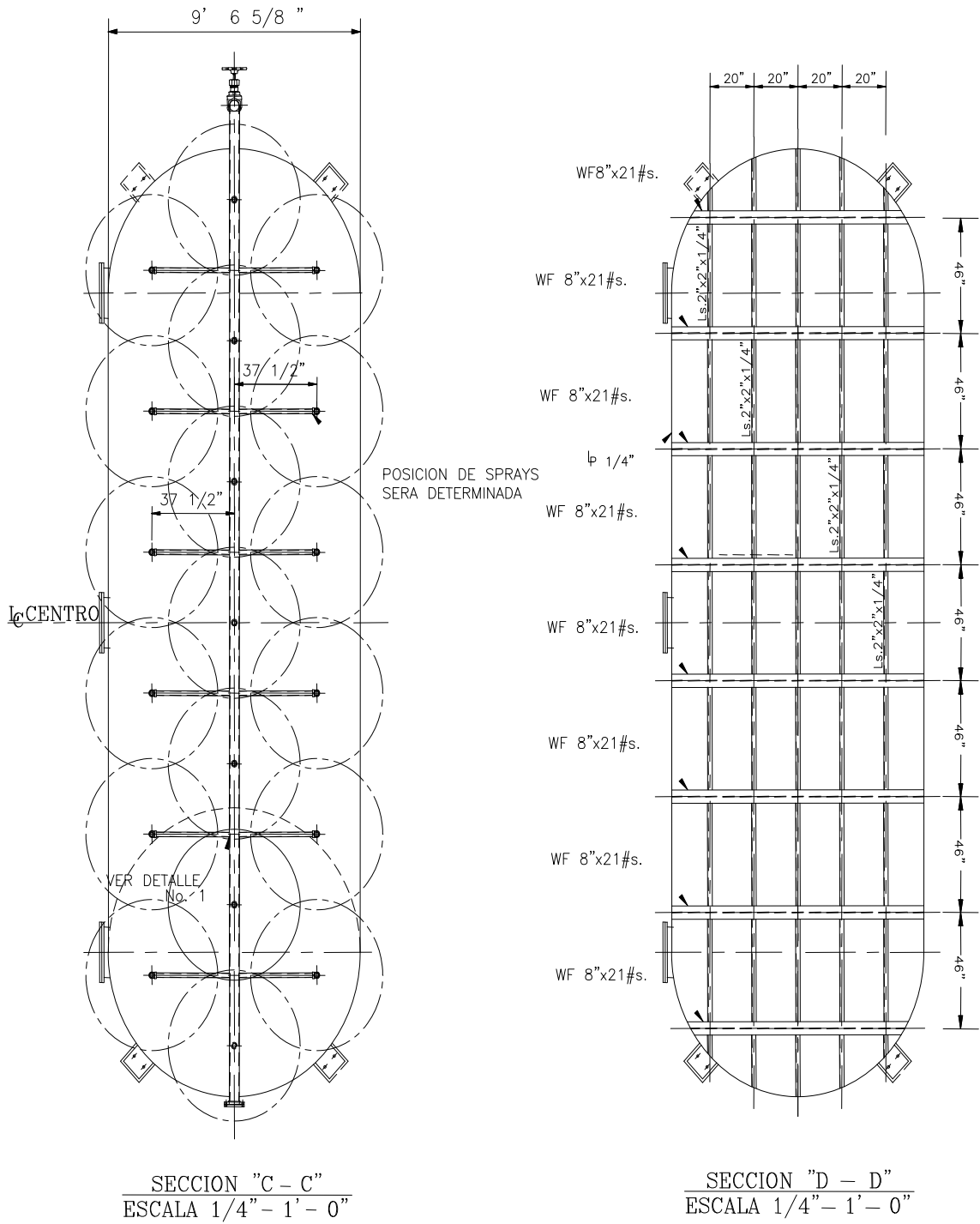


DETALLE DE UNION COLECTORES (TIPICO)

ESCALA 3/8" - 1' - 0"

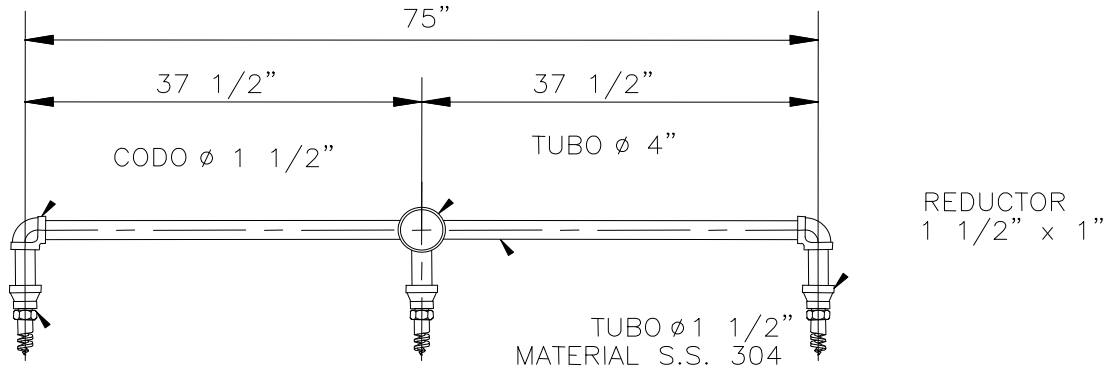
Fuente: Consultores de ingenios azucareros, S.A. **Plano modificación colectores de hollín caldera 7**
Ingenio Santa Ana. STA-619CH219

Figura 18 Detalle de sección "C-C" y "D-D"



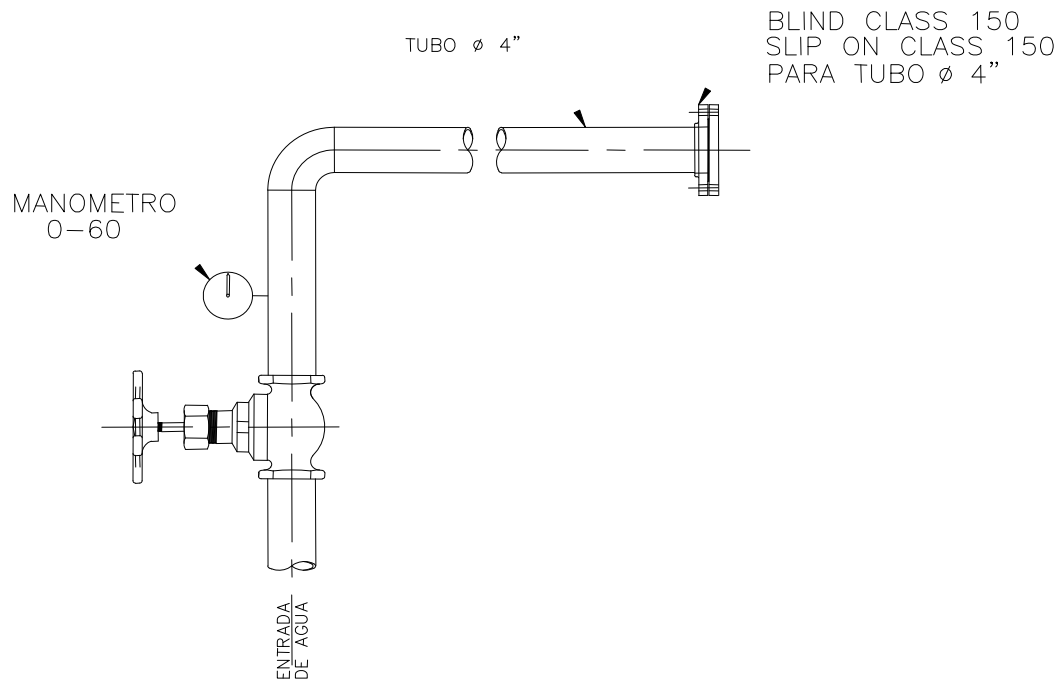
Fuente: Consultores de ingenios azucareros, S.A. Plano modificación colectores de hollín caldera 7
 Ingenio Santa Ana. STA-619CH219

Figura 19 Detalle 1 y 2 distribuidor de agua y toberas



(19) BOQUILLAS BÊTE MODEL
1" NPT TF40-120 XP
MATERIAL S.S. 304

DETALLE No. 1
ESCALA 3/4" - 1' - 0"



DETALLE No. 2
ESCALA 3/4" - 1' - 0"

Fuente: Consultores de ingenios azucareros, S.A. **Plano modificación colectores de hollín caldera 7**
Ingenio Santa Ana. STA-619CH219

3.4 Sistema de alimentación de agua condensada.

Las calderas entregan vapor a los distintos procesos, en los procesos es posible la recuperación de vapor ya utilizado, este a su vez se empieza a convertir en agua debido a la pérdida de temperatura y presión convirtiéndose en agua. El agua que se forma es posible recuperarla por medio de un sistema de tubería de condensados, el agua recolectada puede ser almacenada en un depósito, que dependiendo de la demanda de condensados es su tamaño. En alguna situación el vapor solicitado es mayor y produce un condensado mayor, rebalsando el depósito de este. El agua que rebalsa por este depósito puede ser canalizada por medio de una tubería a un depósito de menor capacidad para ser almacenado y ser succionada por la bomba de las toberas del colector de hollín. El agua recolectada tiene mayor capacidad de atrapar el hollín ya que esta es pura, es decir sin impurezas.

3.5 Materiales del nuevo colector de hollín

La selección de los materiales a utilizar es importante, una buena selección puede prolongar la vida útil del colector de hollín. Enunciaremos los materiales a utilizar en el colector de hollín:

- Lámina de hierro negro ¼” de grosor
- Lámina de hierro negro 3/8” de grosor
- Angular de hierro negro ¼” de grosor por 2” de ancho
- Hembra de hierro negro de 3/8” de grosor por 3” de ancho
- Tubo de hierro negro de 4” de diámetro Cedula 40
- Tubo de hierro negro de 8” de diámetro Cedula 80
- Disco para pulir de 4” de ancho
- Viga W 8” de ancho por 21 Lbs
- Tubo acero inoxidable de 1 ½” de diámetro Cedula 10
- Codo de hierro negro 1 ½” 90grados rosca

- Reducidor bushin hierro negro 1 ½” a 1” de grosor
- Flange ciego hierro negro 150Lbs de 4” de diámetro
- Boquilla de atomización tipo espiral inoxidable 1”
- Lamina acero inoxidable de 1 ½” de grosor Numero 13 Expanden Metal 4’ por 8’
- Hembra de hierro negro de ¼” grosor por 3” ancho
- Eje redondo acero 10 de 7/8” de grosor

Los soldadores para realizar su trabajo necesitan también materiales, los cuales son:

- Cilindro de oxígeno
- Cilindro de acetileno
- Electrodo
- Tiza
- Bombilla de luz

En la construcción del colector también interviene un albañil, este necesita de materiales para trabajar y los cuales son:

- Cemento
- Arena
- Piedrín
- Madera
- Alambre de amarre

Los materiales descritos anteriormente son los utilizados en el desmontaje y fabricación de un colector de hollín húmedo. Los materiales son utilizados por los empleados que intervienen en la construcción como los soldadores, ayudantes, albañiles y personal asignado-.

3.6 Proyección del desmontaje del colector

En la ejecución del proyecto se debe de ejecutar con una buena planificación de desarrollo, presentamos una proyección de cómo realizar dicho proyecto.

Tabla XII Proyección del desmontaje del colector de hollín actual

Proyección de desmontaje de colector de hollín actual				
			Días	Días
No.	ID	Descripción	Planificados	Acumulados
1		Corte de ducto de entrada		4.5
	a	Medir y trazo de ductos	0.5	
	b	Colocar polipastro, sujetadores	1	
	c	Corte de ductos de entrada	2	
	d	Traslado de ductos de entrada a patio	1	
2		Corte de lámina de cilindros		11
	e	Colocar andamio, primer cilindro	0.5	
	f	Medir y trazo de primer cilindro	0.5	
	g	Colocar andamio, sujetadores y grúa	1	
	h	Corte de lámina de cilindro	1	
	i	Medir y trazo de sombrero chino	0.5	
	j	Colocar sujetadores y grúa	0.5	
	k	Corte de sombrero chino	1	
	l	Colocar andamio, segundo cilindro	0.5	
	m	Medir y trazo de segundo cilindro	0.5	
	n	Colocar andamio, sujetadores y grúa	1	
	ñ	Corte de lámina de cilindro	1	
	o	Medir y trazo de sombrero chino	0.5	

	p	Colocar sujetadores y grúa	0.5	
	q	Corte de sombrero chino	1	
	r	Colocar andamio, primer cilindro	0.5	
	s	Medir y trazo de primer cilindro	0.5	
	t	Colocar andamio, sujetadores y grúa	1	
	u	Corte de lámina de cilindro	1	
	v	Medir y trazo de sombrero chino	0.5	
	w	Colocar sujetadores y grúa	0.5	
	x	Corte de sombrero chino	1	
3		Recoger escombros restantes		2
	y	Recoges los escombros sobrantes	2	

TOTAL DE DIAS PLANIFICADOS	17.5
----------------------------	------

Fuente: Jaenz Arreaza

3.7 Proyección del montaje del nuevo colector

En la ejecución del proyecto se debe de ejecutar con una buena planificación de desarrollo, presentamos una proyección de cómo realizar dicho proyecto.

Tabla XIII **Proyección del montaje del nuevo colector de hollín**

Proyección de Montaje de colector de hollín actual				
No.	ID	Descripción	Días Planificados	Días Acumulados
1		Ducto de entrada		2
	a	Colocar andamio, colocar sujetadores y polipastro	0.5 días	
	b	Recoger material, medir, trazar y cortar partes	1 día	
	c	Soldar piezas	1 día	

2		Refuerzo ducto de entrada		3
	d	Recoger material, trazar, cortar y soldar material	3 días	
3		Corte lámina 3 cilindros fase 2		2.3
	e	Colocar andamio, medir, trazar y cortar	0.5 días	
	f	Colocar sujetadores y polipastro, corte de lamina	1.5 días	
	g	Traslado de lamina a patio	0.3 días	
4		Forro frontal		3
	h	Recoger material, medir, trazar y cortar partes	1 día	
	i	Colocar sujetadores y polipastro, soldar piezas	2 días	
5	5	Forro de piso lado frontal		3
	j	Recoger material, medir, trazar y cortar partes	1 día	
	k	Soldar piezas	2 días	
6	6	Forro techo lado frontal		3
	l	medir, trazar y cortar piezas	1 día	
	m	Colocar sujetadores y polipastro, soldar piezas	2 días	
7	7	Refuerzo forro frontal		3
	n	Medir, trazar y cortar material, soldar piezas	3 días	
8	8	Forro de piso lado de atrás		3
	ñ	Medir, trazar y cortar piezas, soldar piezas	3 días	
9	9	Forro techo lado de atrás		3
	o	medir, trazar y cortar piezas	1 día	
	p	Colocar sujetadores y polipastro, soldar piezas	2 días	
10	10	Forro lado de atrás		3
	q	Recoger material, medir, trazar y cortar partes	1 día	
	r	Colocar andamio, sujetadores y soldar piezas	2 días	
11	11	Refuerzos forro de atrás		2
	s	Recoger material, medir, trazar y cortar partes	1 día	
	t	Soldar piezas	1 día	
12	12	Refuerzos forro lado de atrás		2
	u	Recoger material, medir, trazar y cortar partes	1 día	
	v	Soldar piezas	1 día	
13	13	Vigas de parrilla Inferior		6
	w	Colocar andamio	0.5 días	
	x	Recoger material, medir, trazar y cortar partes	1 día	

	y	Colocar cargadores y polipastro	0.5 días	
	z	Montar vigas y soldar	2 días	
	aa	Recoger de bodega angular	0.3 días	
	ab	Medir, cortar y soldar angular	1.7 días	
14	14	Deflectores de hollín		5
	ac	Medir, trazar y cortar material	2 días	
	ad	Colocar deflectores principales y soldar	1 día	
	ae	Colocar deflectores secundarios y soldar	2 días	
15	15	Vigas de parrilla superior		6
	af	Colocar andamio	0.5 días	
	ag	Medir, trazar y cortar material	1 día	
	ah	Colocar cargadores y polipastro	0.5 días	
	ai	Montar vigas y soldar	2 días	
	aj	Medir, cortar y soldar angular	2 días	
16	16	Remate de techo exterior		3
	ak	Rematar con soldadura eléctrica	3 días	
17	17	Escalera de pasillo		1
	al	Soldar escalera a pasillo	1 día	
18	18	Tubería de 4"		4
	am	Recoger material, medir, trazar y cortar partes	1.5 días	
	an	Colocar andamio	0.5 días	
	añ	Soldar tubo	2 días	
19	19	Remate de Vigas superiores		3
	ao	Soldar vigas y angulares	3 días	
20	20	Toberas antiguas		1
	ap	Cortar y tapar toberas antiguas	1 día	
21	21	Remate de tubo de 4"		2
	aq	Soldar tubo de 4"	2 días	
22	22	Remate de vigas inferiores		3
	ar	Soldar vigas y angulares	3 días	
23	23	Remate de lado frontal		3
	as	Soldar lámina	3 días	
24	24	Parrilla inferior		3
	at	Recoger de bodega parrillas, limpiar vigas	0.5 días	

	au	Soldar parrillas	1 día	
	av	Remate de parrillas	1.5 días	
25	25	Deposito de Condensado		8.5
	aw	Recoger deposito, medir, trazar, cortar patas y tapadera	1.5 días	
	ax	Soldar patas y tapadera	1 día	
	ay	Montar tanque	1 día	
	az	Recoger bomba de agua, alinear con tanque	1 día	
	ba	Hacer rebalce y soldar	2 días	
	bb	Presentación para acoplar bomba con deposito	1 día	
	bc	Colocar tubería de salida de Bomba	1 día	
26	26	Parrillas superiores		3.5
	bd	Limpiar vigas y soldar parrilla	1.5 días	
	be	Remate de parrillas	2 días	
27	27	Rematado adentro		4
	bf	Soldar parte superior	2 días	
	bg	Soldar parte intermedia	2 días	
28	28	Tubo de condensado		12.5
	bh	Recoger de bodega material	0.5 días	
	bi	Montaje lado tanque de condensado	2 días	
	bj	Montaje lado caldera 6	2 días	
	bk	Montaje frente a caldera 7	2 días	
	bl	Montaje al lado de caldera 7	2 días	
	bm	Montaje frente a taller	2 días	
	bn	Montaje al depósito	2 días	
29	29	Remate forro trasero		2
	bñ	Soldar lámina	2 días	
30	30	Registro forro trasero		2
	bo	Recoger de bodega material, medir, trazar y cortar material	1 día	
	bp	Soldar material	1 día	
31	31	Remate ducto de entrada adentro		2
	bq	Soldar lámina	2 días	
32	32	Forro lateral		3
	br	Soldar lámina	3 días	

33	33	Remate de deflectores		2
	bs	Soldar deflectores	1 día	
	bt	Soldar parte inferior de adentro	1 día	
34	34	Bomba de agua		3
	bu	Hacer base de concreto y colocar bomba	3 días	
35	35	Rematado lado frontal		2
	bv	Soldar lamina	2 días	
36	36	Rematado adentro parte baja		2
	bw	Soldar lamina	2 días	
37	37	Rematado tubo de condensado		3
	bx	Soldar tubería de 8"	3 días	
38	38	Rematado deposito de condensado		1
	by	Soldar deposito de condensado	1 día	
39	39	Soldar rebalce		1
	bz	Soldar tubería de 4"	1 día	
40	40	Limpieza del colector, adentro		2.5
	ca	Quitar andamio	0.5 días	
	cb	Quitar rebabas	1 día	
	cc	Colocar deflector faltante	1 día	
41	41	Tubería 1 1/2"		3
	cd	Recoger de bodega material	0.5 días	
	ce	Cortar tubo y hacer rosca	0.5 días	
	cf	Soldar tubería	1 día	
	cg	Remate de tubería	1 día	
42	42	Remate exterior		4
	ch	Soldar parte baja	3 días	
	ci	Desmontar andamio	1 día	
43	43	19 Boquillas		3.5
	cj	Recoger de bodega material	0.5 días	
	ck	Colocación de 19 boquillas	3 días	
44	44	Prueba de bomba de agua y tubería de agua		1.5
	cl	Alimentar entrada de bomba de agua	0.5 días	
	cm	Presurizar tubería de agua	0.5 días	
	cn	Alimentar de agua entrada de boquillas	0.5 días	

45	45	Otros		4
	cñ	Corregir problemas	4 días	
TOTAL DE DIAS PLANIFICADOS				142.3

Fuente: Jaenz Arreaza

3.8 Estudio Financiero del nuevo colector

Todo proyecto tiene un costo, un estudio que nos demuestra una aproximación real del costo es indispensable, dando lugar a la viabilidad del proyecto.

3.8.1 Costo de los materiales

El costo de los materiales se debe de cuantificar con el objetivo de obtener un presupuesto. Mostramos una tabla con los precios de los materiales, cotizados a la fecha 18 de septiembre del año 2006, para un uso en el futuro se debe de cuantificar los materiales según la fecha requerida.

Tabla XIV Presupuesto de materiales

PRESUPUESTO DE MATERIALES

Material	Medida	Cantidad	Unidad de medida	Costo total en Q.	Precio Unitario en Q.
Lámina hierro negro	1/4"	960	Pie ²	33321.6	34.71
Lámina hierro negro	3/8"	1200	Pie ²	62484	52.07
Angular hierro negro	1/4"x2"x2"	440	Pie	4782.8	10.87
Hembra hierro negro	3/8"x3"	420	Pie	8400	20
Tubo hierro negro Cedula 40	4"	20.25	Pie	911.25	45

Tubo hierro negro Cedula 40	8"	355	Pie	34080	96
Disco para pulir	1/4"x7/8"x7	4		88	22
Viga W	8"x 18Lbs	160	Pie	8640	54
Tubo acero inoxidable	1 1/2" C.40	60	Pie	4500	75
Codo hierro negro 90 G.	1 1/2"	12		540	45
Reducidor bushin H.N.	1 1/2"x1"	20		300	15
Flange 150Lbs.	4"	4		488	122
Flange ciego 150 Lbs.	4"	1		70	70
Boquilla Atomización	1"	2		1600	800
Maya acero inoxidable	11/2 X4'x8'	21		13650	650
Eje redondo acero 10	7/8"	146	Pulg.	255.5	1.75
Hembra hierro negro	1/4"x3"	200	Pie	2140	10.7
Cilindro de oxígeno		86	Cilindro	12078.7	140.45
Cilindro de Acetileno		22	Cilindro	9460	430
Electrodo	1/8" E6011	510	Lbs	4207.5	8.25
Electrodo	1/8"E7018	574	Lbs	4735.5	8.25
Tiza		48		48	1
Bombilla de luz	25 W	6		30	5
Cemento	saco	8	saco	332	41.5
Arena	Mts ³	1		150	150
Piedrín	Mts ³	1		150	150
madera	10'x12"x1/2"	3	Tablas	240	80
Alambre de amarre		10	Lbs	42.5	4.25
Guante cuero corto		6	Pares	135	22.5
Guante cuero largo		6	Pares	135	22.5

Vidrio redondo claro		8		12	1.5
Vidrio redondo oscuro		8		40	5
Vidrio claro careta		8		8	1
Vidrio oscuro careta		5		25	5
Boquilla para cortar		4		199.92	49.98
Cepillo de alambre		4		20	5
Sierra acero plata		4		33	8.25
Bisagra tipo cartucho	4"	2		16	8

Fuente: Jaenz Arreaza

3.8.2 Costo de la mano de obra

La mano de obra es importante en todo presupuesto, nos da un parámetro de costo tiempo.

Tabla XV Presupuesto de mano de obra 1

PRESUPUESTO DE MANO DE OBRA 1						
Cargo a desempeñar	No. De	Costo por	No. De	Valor	No. Hrs.	C. Total en Q.
	Días	Día	Trabajadores	Hrs. Extra	Extra	
Soldador	114	74	1	13.875	228	11599.5
Ayudante	114	30	1	5.625	228	4702.5
Rematador,	60	42	1	7.875	228	4315.5
Supervisor	114	200	1	37.5	228	31350
Ingeniero	114	400	1			45600
Dibujante	10	85	1			850
Tractorista	2	75	1	14.06	0	150
Op. Grúa	10	150	1	14.06	0	1500
					Total	100067.5

Fuente: Jaenz Arreaza

Si queremos disminuir el tiempo tendremos que aumentar la cantidad de mano de obra, para calcular los días de trabajo, nos basamos asignándole fechas de inicio a la planificación de ejecución, contando como 5 días a laborar en la semana con una jornada de 10 horas por día. En calendario nos dio 114 días

Tabla XVI Presupuesto de mano de obra 2

PRESUPUESTO DE MANO DE OBRA 2						
Cargo a desempeñar	No. De Dias	Costo por Dia	No. De Trabajadores	Valor Hrs. Extra	No. Hrs. Extra	C. Total en Q.
Soldador	114	74	4	13.875	228	36907.5
Ayudante	114	30	4	5.625	228	14962.5
Rematador,	60	42	2	7.875	228	6835.5
Supervisor	114	200	1	37.5	228	31350
Ingeniero	114	400	1			45600
Dibujante	10	85	1			850
Tractorista	2	75	1	14.06	0	150
Op. Grua	10	150	1	14.06	0	1500
					Total	138155.5

Fuente: Jaenz Arreaza

Hay una diferencia entre presupuestos de Q. 38,088.00 lo que nos brindaría una reducción de tiempo de ejecución.

3.8.3 Costo de la maquinaria/hora

La maquinaria tiene un costo en el tiempo, este costo se puede cuantificar según la depreciación de la maquinaria o la rentabilidad por el tipo de trabajo a ejecutar

Tabla XVII Presupuesto de la maquinaria por hora

PRESUPUESTO DE MA MAQUINARIA POR HORA				
Tipo de maquinaria	Horas a trabajar	Cantidad de maquinas	Costo hora	Costo total
Máquina de soldar	684	4	10.78	29494.08
Tractor cargador frontal	12	1	270	3240
Gruá	40	1	250	10000
Total				42734.08

Fuente: Jaenz Arreaza

El costo de la máquina de soldar se calcula en base al voltaje utilizado por la máquina de soldar multiplicado por la cantidad de amperaje de la máquina que consume dividido entre mil y multiplicado por el costo del kilovatio hora.

Ejemplo: $(220V * 35^a) / 1000 = 7.7 \text{ Kw./H} \times 1.40 \text{ Q.Kw/H} = \text{Q. } 10.78$

Máquina de soldar trabaja 6 horas al día por 114 días a trabajar

El tractor trabaja 6 horas al día por 2 días planificados

La grúa trabaja 4 horas al día por 10 días planificados

3.8.3 Costo totales del nuevo colector

Cuantificado todos los elementos a intervenir en el proceso del nuevo colector, obtendremos un presupuesto de un nuevo colector.

Tabla XVIII Costos totales del nuevo colector

PRESUPUESTO TOTAL DE IMPLEMENTACIÓN DE UN NUEVO COLECTOR PARA LA CALDERA 7		
Costo de materiales		Q. 208349.27
Marjen de seguridad en el costo de cualquier material	10%	Q. 20834.927
Costo de mano de obra		Q. 138155.5
Costo de maquinaria		Q. 42734.08
Costo total		Q. 410073.78

Fuente: Jaenz Arreaza

El costo total del proyecto es de Q. 410,073.78 Quetzales

4. IMPLEMENTACIÓN DEL DESMONTAJE Y MONTAJE DEL NUEVO COLECTOR

El nuevo diseño nos brinda información de lo requerido en el desmontaje y montaje del colector de hollín, se utilizará maquinaria, herramientas y lineamientos de seguridad como principales factores.

El diseño plasmado en planos nos brinda información sobre los pasos a seguir así como tiempos de ejecución del desmontaje y montaje, podremos estimar cuando se termina el proyecto, calculando esto es días y pasándolo a días calendario cuando se defina tiempo de inicio.

4.1 Maquinaria que se utiliza en el desmontaje del colector de hollín actual.

Como ya describimos en el estudio financiero se utilizara lo siguiente:

1. Tractor cargador frontal
2. Grúa de 25 toneladas
3. Máquinas de soldar

La grúa se utilizara para bajar los cilindros exteriores así mismo como los tres cilindros internos con el sombrero chino. El tractor lo utilizaremos para transportar el material cortado y transportarlo al patio. La máquina de soldar la utilizaremos para levantar el andamio y unir piezas necesarias con el objetivo de sostener el resto de la caldera

4.1.1 Herramientas a utilizar en el desmontaje del colector de hollín actual.

Existe una variedad de herramientas a utilizar, mencionaremos las utilizadas en la ejecución del proyecto:

1. Equipo de soldadura autógena
2. Equipo de corte para soldadura autógena
3. Pulidora
4. Extensiones de voltaje
5. Extensiones de luz
6. Martillo
7. Picador
8. Compás
9. Juego de llaves milimétricas y métricas
10. Guantes para soldadura
11. Cepillo de alambre
12. Cinta métrica
13. Marco con sierra de corte de metal
14. Escalera
15. Polipastro
16. Cadenas
17. Llave ajustable de tubo

4.2 Lineamientos de seguridad en el desmontaje del colector de hollín.

Son normas de seguridad que protegen la vida del operador, protegen a las personas que participan en el proyecto. Todos los accidentes pueden evitarse participando todos con responsabilidad en la prevención de estos. Enlistamos los siguientes lineamientos:

1. Toda persona que trabaje en el proyecto tiene que utilizar su equipo de protección personal; casco, lentes, tapones de oídos, zapatos de trabajo.

2. Llenar y tener a la vista el permiso de corte, soldadura y herramientas eléctricas.
3. Diferenciar con una cinta de precaución el lugar de trabajo.
4. Colocar cerca del lugar de trabajo extinguidores que nos permitan sofocar de inmediato un inicio de incendio.
5. Revisar que se encuentre en buenas condiciones su equipo de trabajo.
6. Limpiar el lugar de trabajo, eliminando materiales inflamables.
7. Retirar del lugar de embase o depósitos que contengan líquidos inflamables.
8. Mantener el área de trabajo libre de objetos que impidan la libertad de movimiento.

Lineamientos de seguridad para el uso de equipo de corte con soldadura autógena:

- En las botellas de oxígeno, las válvulas y la reductora de presión deben estar limpias de grasas y aceites
- El equipo de corte nunca debe de ser situado debajo del lugar de trabajo
- Ante un incendio fortuito en el equipo de soldadura antes de intentar sofocarlo se procederá a cerrar rápidamente las válvulas de alimentación si es posible.
- Si la soldadura o el oxicorte es en el interior de un equipo, nunca se introducirá en el las botellas del equipo de soldadura oxiacetilénica. El interior debe ser lo suficientemente ventilado.
- Las botellas de gases se colocaran y se fijaran en un carrito adecuado para mantenerlas siempre en posición vertical

4.2.1 Herramientas de seguridad

1. Casco personal
2. Guantes de cuero para soldadura
3. Lentes claros para pulir
4. Lentes para soldadura autógena

5. Careta para soldadura eléctrica
6. Arnés para alturas
7. Laso de seguridad del arnés
8. Cable de la vida
9. Tapones de oído

4.3 Lineamientos a seguir en el desmontaje del colector

En este inciso nos referimos a la secuencia con que se deben de ejecutarse los trabajos. La planeación viene organizada según la proyección de tiempo de ejecución.

Tabla XIX Planeación a seguir con actividades predecesoras

Act. No.	Id. Act.	NOMBRE DE LA ACTIVIDAD	Días a ejecutar	Actividad predecesora
1	1	Corte de ducto de entrada	4.5 días	
2	a	Medir y trazo de ductos	0.5 días	
3	b	Colocar polipastro, sujetadores	1 día	2
4	c	Corte de ductos de entrada	2 días	3
5	d	Traslado de ductos de entrada a patio	1 día	4
6	2	Corte de lamina de cilindros	11 días	
7	e	Colocar andamio, primer cilindro	0.5 días	4
8	f	Medir y trazo de primer cilindro	0.5 días	7
9	g	Colocar andamio, sujetadores y grúa	1 día	8
10	h	Corte de lamina de cilindro	1 día	9
11	i	Medir y trazo de sombrero chino	0.5 días	10
12	j	Colocar sujetadores y grúa	0.5 días	11
13	k	Corte de sombrero chino y llevarlo a patio	1 día	12
14	l	Colocar andamio, segundo cilindro	0.5 días	4

15	m	Medir y trazo de segundo cilindro	0.5 días	14
16	n	Colocar andamio, sujetadores y grúa	1 día	14
17	ñ	Corte de lámina de cilindro	1 día	16
18	o	Medir y trazo de sombrero chino	0.5 días	17
19	p	Colocar sujetadores y grúa	0.5 días	18
20	q	Corte de sombrero chino y llevarlo a patio	1 día	13
21	r	Colocar andamio, tercer cilindro	0.5 días	20
22	s	Medir y trazo de tercer cilindro	0.5 días	21
23	t	Colocar andamio, sujetadores y grúa	1 día	22
24	u	Corte de lámina de cilindro	1 día	23
25	v	Medir y trazo de sombrero chino	0.5 días	24
26	w	Colocar sujetadores y grúa	0.5 días	25
27	x	Corte de sombrero chino y llevarlo a patio	1 día	26
28	3	Recoger escombros restantes	2 días	
29	y	Recoges los escombros sobrantes	2 días	27

Fuente: Jaenz Arreaza

4.4 Maquinaria que se utilizara en el montaje del nuevo colector de hollín

La maquinaria empleada en el montaje es igual a la empleada en el desmontaje y estas es:

1. Un tractor cargador frontal
2. Una grúa de 25 toneladas
3. Cuatro máquinas de soldar

El tractor lo utilizamos para transportar el material a utilizar en el nuevo colector. La grúa se utilizará para el levantamiento de las primeras láminas, estas son de 4' de ancho x 20' de largo y la máquina de soldar para unir todas las láminas.

4.4.1 Herramientas que se utilizaran en el montaje del nuevo colector

En el desmontaje se menciona una variedad de herramientas, indispensable la utilización de las mismas herramientas en el montaje del colector de hollín. Mencionaremos a continuación:

1. Equipo de soldadura autógena
2. Equipo de corte para soldadura autógena
3. Pulidora
4. Extensiones de voltaje
5. Extensiones de luz
6. Picador
7. Compás
8. Juego de llaves milimétricas y métricas
9. Guantes para soldadura
10. Cepillo de alambre
11. Cinta métrica
12. Marco para Sierra de corte de metal
13. Escalera
14. Polipastro
15. Cadenas
16. Llave ajustable de tubo

4.5 Lineamientos de seguridad a seguir en el montaje del nuevo colector

Todos los accidentes pueden evitarse participando todos con responsabilidad en la prevención de estos. Enlistamos los siguientes lineamientos:

- Toda persona que trabaje en el proyecto tiene que utilizar su equipo de protección personal; casco, lentes, tapones de oídos, zapatos de trabajo.

- Llenar y tener a la vista el permiso de corte, soldadura y herramientas eléctricas.
- Diferenciar con una cinta de precaución el lugar de trabajo.
- Colocar cerca del lugar de trabajo extinguidores que nos permitan sofocar de inmediato un inicio de incendio.
- Revisar que se encuentre en buenas condiciones su equipo de trabajo.
- Limpiar el lugar de trabajo, eliminando materiales inflamables.
- Retirar del lugar de embase o depósitos que contengan líquidos inflamables.
- Mantener el área de trabajo libre de objetos que impidan la libertad de movimiento.

Lineamientos de seguridad para el uso de equipo de soldadura de arco eléctrico.

1. Los soldadores y sus ayudantes deben de usar gafa, anteojos o cascos de seguridad con el filtro de tinte debido
2. Los soldadores y ayudantes que tengan que cincelar, esmerilar o hacer trabajos peligrosos para los ojos deben usar caretas y anteojos de seguridad, se debe de usar equipo de protección respiratoria adecuado al trabajo que se realice.
3. La ropa y guantes deben estar sin manchas de grasa o solvente
4. Antes de efectuar un cambio de intensidad apague el equipo de soldadura de arco eléctrico.
5. Comprobar que las terminales de llegada de corriente no están al descubierto.
6. En lugares húmedos, aíslese trabajando sobre una base de madera seca o alfombra aislante.
7. No tocar la pinza y apoyarse en la mesa al mismo tiempo
8. No tocar el electrodo una vez conectado al equipo.
9. No introducir jamás el electrodo en agua para enfriarlo. Puede cuasar un accidente eléctrico.

4.5.1 Herramientas de seguridad.

Se utilizaran las siguientes herramientas

1. Casco personal
2. Guantes de cuero para soldadura
3. Lentes claros para pulir
4. Lentes para soldadura autógena
5. Careta para soldadura eléctrica
6. Arnés para alturas
7. Cable de la vida
8. Tapones de oído

4.6 Lineamientos a seguir en el montaje del nuevo colector

Como en la planeación anterior describimos las actividades como los días a ejecutarse por cada actividad así como la actividad predecesora.

Tabla XX Planeación del montaje del colector con actividad predecesora

Act. No.	Id. Act.	NOMBRE DE LA ACTIVIDAD	Días a ejecutar	Actividad predecesora
30	1	Ducto de entrada	2 días	
31	a	Colocar andamio, colocar sujetadores y polipastro	0.5 días	29
32	b	Recoger material, medir, trazar y cortar partes	1 día	29
33	c	Soldar piezas	1 día	32
34	2	Refuerzo ducto de entrada	3 días	
35	d	Recoger material, trazar, cortar y soldar material	3 días	33
36	3	Corte lamina 3 cilindros fase 2	2.3 días	
37	e	Colocar andamio, medir, trazar y cortar	0.5 días	29
38	f	Colocar sujetadores y polipastro, corte de lámina	1.5 días	37

39	g	Traslado de lamina a patio	0.3 días	38
40	4	Forro frontal	3 días	
41	h	Recoger material, medir, trazar y cortar partes	1 día	35
42	i	Colocar sujetadores y polipastro, soldar piezas	2 días	41
43	5	Forro de piso lado frontal	3 días	
44	j	Recoger material, medir, trazar y cortar partes	1 día	39
45	k	Soldar piezas	2 días	44
46	6	Forro techo lado frontal	3 días	
47	l	medir, trazar y cortar piezas	1 día	42
48	m	Colocar sujetadores y polipastro, soldar piezas	2 días	47
49	7	Refuerzo forro frontal	3 días	
50	n	Medir, trazar y cortar material, soldar piezas	3 días	45
51	8	Forro de piso lado de atrás	3 días	
52	ñ	Medir, trazar y cortar piezas, soldar piezas	3 días	48
53	9	Forro techo lado de atrás	3 días	
54	o	medir, trazar y cortar piezas	1 día	50
55	p	Colocar sujetadores y polipastro, soldar piezas	2 días	54
56	10	Forro lado de atrás	3 días	
57	q	Recoger material, medir, trazar y cortar partes	1 día	55
58	r	Colocar andamio, sujetadores y soldar piezas	2 días	57
59	11	Refuerzos forro de atrás	2 días	
60	s	Recoger material, medir, trazar y cortar partes	1 día	58
61	t	Soldar piezas	1 día	60
62	12	Refuerzos forro lado de atrás	2 días	
63	u	Recoger material, medir, trazar y cortar partes	1 día	61
64	v	Soldar piezas	1 día	63
65	13	Vigas de parrilla Inferior	6 días	
66	w	Colocar andamio	0.5 días	64
67	x	Recoger material, medir, trazar y cortar partes	1 día	66
68	y	Colocar cargadores y polipastro	0.5 días	67
69	z	Montar vigas y soldar	2 días	68
70	aa	Recoger de bodega angular	0.3 días	69
71	ab	Medir, cortar y soldar angular	1.7 días	70
72	14	Deflectores de hollín	5 días	

73	ac	Medir, trazar y cortar material	2 días	64
74	ad	Colocar deflectores principales y soldar	1 día	73
75	ae	Colocar deflectores secundarios y soldar	2 días	74
76	15	Vigas de parrilla superior	6 días	
77	af	Colocar andamio	0.5 días	71
78	ag	Medir, trazar y cortar material	1 día	77
79	ah	Colocar cargadores y polipastro	0.5 días	78
80	ai	Montar vigas y soldar	2 días	79
81	aj	Medir, cortar y soldar angular	2 días	80
82	16	Remate de techo exterior	3 días	
83	ak	Rematar con soldadura eléctrica	3 días	75
84	17	Escalera de pasillo	1 día	
85	al	Soldar escalera a pasillo	1 día	83
86	18	Tubería de 4"	4 días	
87	am	Recoger material, medir, trazar y cortar partes	1.5 días	85
88	an	Colocar andamio	0.5 días	87
89	añ	Soldar tubo	2 días	88
90	19	Remate de Vigas superiores	3 días	
91	ao	Soldar vigas y angulares	3 días	81
92	20	Spray antiguos	1 día	
93	ap	Cortar y tapar spray antiguos	1 día	89
94	21	Remate de tubo de 4"	2 días	
95	aq	Soldar tubo de 4"	2 días	91
96	22	Remate de vigas inferiores	3 días	
97	ar	Soldar vigas y angulares	3 días	93
98	23	Remate de lado frontal	3 días	
99	as	Soldar lámina	3 días	95
100	24	Parrilla inferior	3 días	
101	at	Recoger de bodega parrillas, limpiar vigas	0.5 días	97
102	au	Soldar parrillas	1 día	101
103	av	Remate de parrillas	1.5 días	102
104	25	Deposito de Condensado	8.5 días	
105	aw	Recoger depósito, medir, trazar, cortar patas y tapadera	1.5 días	99

106	ax	Soldar patas y tapadera	1 día	105
107	ay	Montar tanque	1 día	106
108	az	Recoger bomba de agua, alinear con tanque	1 día	107
109	ba	Hacer rebalce y soldar	2 días	108
110	bb	Presentación para acoplar bomba con deposito	1 día	109
111	bc	Colocar tubería de salida de Bomba	1 día	110
112	26	Parrillas superiores	3.5 días	
113	bd	Limpiar vigas y soldar parrilla	1.5 días	103
114	be	Remate de parrillas	2 días	113
115	27	Rematado adentro	4 días	
116	bf	Soldar parte superior	2 días	114
117	bg	Soldar parte intermedia	2 días	116
118	28	Tubo de condensado	12.5 días	
119	bh	Recoger de bodega material	0.5 días	111
120	bi	Montaje lado tanque de condensado	2 días	119
121	bj	Montaje lado caldera 6	2 días	120
122	bk	Montaje frente a caldera 7	2 días	121
123	bl	Montaje al lado de caldera 7	2 días	122
124	bm	Montaje frente a taller	2 días	123
125	bn	Montaje al depósito	2 días	124
126	29	Remate forro trasero	2 días	
127	bñ	Soldar lámina	2 días	117
128	30	Registro forro trasero	2 días	
129	bo	Recoger de bodega material, medir, trazar y cortar material	1 día	127
130	bp	Soldar material	1 día	129
131	31	Remate ducto de entrada adentro	2 días	
132	bq	Soldar lámina	2 días	130
133	32	Forro lateral	3 días	
134	br	Soldar lámina	3 días	132
135	33	Remate de deflectores	2 días	
136	bs	Soldar deflectores	1 día	134
137	bt	Soldar parte inferior de adentro	1 día	136
138	34	Bomba de agua	3 días	

139	bu	Hacer base de concreto y colocar bomba	3 días	137
140	35	Rematado lado frontal	2 días	
141	bv	Soldar lámina	2 días	125
142	36	Rematado adentro parte baja	2 días	
143	bw	Soldar lámina	2 días	139
144	37	Rematado tubo de condensado	3 días	
145	bx	Soldar tubería de 8"	3 días	141
146	38	Rematado deposito de condensado	1 día	
147	by	Soldar deposito de condensado	1 día	143
148	39	Soldar rebalce	1 día	
149	bz	Soldar tubería de 4"	1 día	147
150	40	Limpieza del colector, adentro	2.5 días	
151	ca	Quitar andamio	0.5 días	145
152	cb	Quitar rebabas	1 día	151
153	cc	Colocar deflector faltante	1 día	152
154	41	Tubería 1 1/2"	3 días	
155	cd	Recoger de bodega material	0.5 días	149
156	ce	Cortar tubo y hacer rosca	0.5 días	155
157	cf	Soldar tubería	1 día	156
158	cg	Remate de tubería	1 día	157
159	42	Remate exterior	4 días	
160	ch	Soldar parte baja	3 días	153
161	ci	Desmontar andamio	1 día	160
162	43	19 Boquillas	3.5 días	
163	cj	Recoger de bodega material	0.5 días	158
164	ck	Colocación de 19 boquillas	3 días	163
165	44	Prueba de bomba de agua y tubería de agua	1.5 días	
166	cl	Alimentar entrada de bomba de agua	0.5 días	161
167	cm	Presurizar tubería de agua	0.5 días	166
168	cn	Alimentar de agua entrada de boquillas	0.5 días	167
169	45	Otros	4 días	
170	cñ	Corregir problemas	4 días	164

Fuente: Jaenz Arreaza

5. MEJORA CONTINUA DEL NUEVO COLECTOR DE HOLLÍN

Cuando un proyecto nuevo empieza a funcionar, surgen varios problemas de los cuales no se habían previsto, la mejora continua consiste en solucionar estos problemas de acuerdo al funcionamiento del colector.

Un mantenimiento programado durante la operación es muy importante, manteniendo la eficiencia del mismo, así como un mantenimiento durante reparaciones brinda correcciones de funcionamiento y mejoras de eficiencia en la captación del hollín y la reducción de la contaminación.

5.1 Mantenimiento preventivo del colector

Es aquel que se realiza mediante una programación previa de actividades, con el fin de evitar en lo posible la mayor cantidad de daños imprevistos, disminuir los tiempos muertos y disminuir los costos.

5.1.1 Durante la zafra u operación

1. Realizar rutinas de inspección mensualmente en la parte exterior del colector y bomba de agua
2. Realizar rutinas de inspección quincenalmente en la parte interior del colector y tubería de abastecimiento de agua.
3. Realizar limpieza en mallas, toberas y parte inferior del colector en cualquier momento que se detecte un paro de la caldera.

5.1.2 Durante reparaciones

1. Limpieza general del interior del colector
2. Revisión y reparación de puntos soldados en el colector
3. Cambio de maya defectuosa
4. Cambio de toberas defectuosos

5.2 Mantenimiento correctivo del colector

Corrección de las averías o fallas, cuando éstas se presentan, al contrario del caso de mantenimiento preventivo; consiste la reparación de un equipo o máquina cuando se dispone del personal, repuestos, y documentos técnicos necesario para efectuarlo.

5.2.1 Durante la zafra u operación

1. Reemplazo de toberas en primer paro
2. Reemplazo de tubería de agua rota en primer paro
3. Colocación de lamina en agujeros aparecidos en el colector de hollín, en primer paro

5.2.2 Durante reparaciones.

1. Modificaciones al colector de hollín

5.3 Monitoreo ambiental

El monitoreo se puede realizar por dos formas, una por medio de las cartas de Ringelman y la otra por medio de análisis químico a las aguas residuales del colector de hollín.

5.3.1 Mediciones cartas de Ringelman

El monitoreo lo realizaremos en base a las mediciones de las cartas de Ringelman. Durante un período de 2 meses se monitorea la chimenea de la caldera, tomando mediciones cada 4 días con las cartas de Ringelman. La forma de utilizar las cartas la describimos en el inciso 2.1.2 mediciones cartas Ringelman.

CONCLUSIONES

1. Se reduce la contaminación ambiental con una expansión de área de captación de hollín, con un colector que tiene tres cilindros y cada cilindro con una superficie de 22 pies se desaprovecha la recolección de hollín, con el nuevo colector obtenemos una superficie de 270 pies cuadrados formando un solo cuadrado de recolección de 9 pies x 30 pies, los galones de agua esparcido por las toberas en un área igual a la salida de la caldera antes de ingresar el aire al tiro inducido de la misma.
2. Aumentando el área de captación, brinda un espacio mayor en la colocación de boquillas y la dispersión del agua, con el aumento a 19 boquillas de una pulgada de diámetro se puede ingresar mayor cantidad de agua con mayor presión atrapando la partícula de hollín y arrastrándola al fondo del colector reduciendo la contaminación producida por la de la caldera 7
3. Con una densidad aparente visual del humo de 66.5%, el hollín de la chimenea actual se sedimenta y deposita en el medio ambiente, mediante la modificación del colector de hollín, se mejoró la recolección estimando un 20% de densidad aparente visual del humo se mejora el medio ambiente en general y la calidad de vida de las sociedades cercanas al ingenio.
4. Con la modificación e implementación del colector el operador o trabajador del ingenio se siente seguro de la no contaminación, difundiendo por si mismo a la sociedad de los cambios y mejoras que promueve el ingenio azucarero.

5. Con las mediciones de las cartas de Ringelman obtenemos información de la contaminación producida, iniciando con los lineamientos de la modificación, como primer paso el análisis del funcionamiento y diseño del colector actual, un segundo paso el diseño del nuevo colector y finalizando con la realización de la modificación del colector de hollín de la caldera 7 de combustible de bagazo de caña.
6. Analizando los planos del colector de hollín actual y colector modificado, identificamos las partes componentes de un colector, como el funcionamiento nos brinda información de los medios naturales que utiliza en la prevención de la contaminación, agua y aire, estos son importantes en todos los sentidos, dependemos uno del otro, logrando una eficiencia de trabajo organizada y distribuida en todo el colector de hollín
7. Con la proyección del desmontaje del colector obtenemos que se necesitan planificar 17.5 días con 3 actividades principales, en cambio con la proyección del montaje del colector se necesitan planificar 142.3 días con 45 actividades principales. El proyecto completo necesita 159.8 días, en semanas de trabajo de 5 días se necesitan 31.96 semanas, en meses de trabajo de 4 semanas se necesitan 8 meses. La mano de obra es importante dando un parámetro de costo-tiempo, si queremos disminuir el tiempo tendremos que aumentar la cantidad de mano de obra, si se realiza el proyecto en un tiempo de 114 días equivalente a 5 meses, el costo-tiempo de la mano de obra sería de Q. 38,088.00

RECOMENDACIONES

1. Investigar y capacitar al personal de los diferentes procesos de desmontaje y montaje de equipos industriales de calderas, así como la ejecución de normas de seguridad industrial, logrando la reducción de riesgos dentro del proyecto.
2. Cuando se efectúe el desmontaje y montaje del colector, el personal a cargo debe de utilizar su equipo de seguridad industrial, evitando accidentes de caídas en altura, corte de miembros del cuerpo humano, fisuras en la piel, pérdida de la vista u oído.
3. Con la planificación de ejecución del proyecto obtenemos un tiempo de terminación, es conveniente estipular tiempo para los imprevistos, el tiempo necesario de imprevistos se puede obtener en colocar mas gente al trabajo donde consume mayor tiempo.
4. El rematado de soldadura a la estructura del colector nuevo debe de ejecutarse de ambos lados de la estructura, obteniendo una mayor adherencia y soporte entre las partes unidas, recordando que las partes a unir deben de estar biseladas en ambas caras. La tubería debe de unirse con soldadura eléctrica también, biselada y con varias pasadas de cordones de soldadura.
5. Al aumentar la cantidad de agua en el colector, el abastecimiento de esta, no debe de descuidarse, el lugar a utilizar como fuente debe de ser inspeccionado periódicamente. Al acumular en el depósito agua condensada, utilizarla el mayor tiempo posible, el agua condensada es mas limpia y atrapa de mejor manera el hollín expulsado por la caldera. La bomba de agua debe de mantener una presión

uniforme no menor a 40 psi.

6. Inspecciones periódicas diarias al drenaje del colector, limpiarse, evitando acumulación de hollín y taponamientos en el desembocadero del mismo, si sucediera taponamiento los auxiliares de caldera deberán de limpiarlo de inmediato con el equipo adecuado de trabajo sin faltar equipo de seguridad personal.
7. La malla utilizada en medio del colector, recibe inspección y limpieza periódicamente, según los paros de la caldera. Si en algún momento la malla es tapada por la acumulación de hollín húmedo, esta debe de cambiarse en tamaño en el primer paro programado, si no se puede cambiar la malla, se detiene la operación de la caldera para quitar por definitivamente la malla.
8. Se debe investigar en operación las rutinas de mantenimiento preventivo, al mismo tiempo implementarlas en la mayor brevedad posible, respetando el programa establecido para cada una de ellas.
9. Realizar mediciones con las cartas de Ringelman en períodos cortos, formando un estadístico de la contaminación que pueda generar la caldera. El humo de la chimenea debe ser de color gris claro o blanco, debido al mejoramiento del colector de hollín y al buen funcionamiento de la caldera.

BIBLIOGRAFÍA

1. ACP, **Normas de seguridad en operaciones de soldadura y corte 2600E55-112**
2. Avallone, Eugene A. y Theodore Baumeister III, **Manual Del Ingeniero Mecánico.** 9na. Edición Vol. 1 Editorial Mcgraw Hill.
3. Calderería López Hnos. S.A. **Calderas de vapor acuatubulares.**
4. Cachón Flores, Humberto Alejandro **Diseño teórico de un sistema para la limpieza y purificación de la descarga de gases de combustión,** Trabajo de Graduación Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería 1999 55 páginas, USAC
5. De León Salazar, Gustavo **Guía del montaje y mantenimiento del molino de caña de azúcar No. 1 del Ingenio Santa Ana,** Trabajo de Graduación de Ingeniería Mecánica, Facultad de Ingeniería 1997 USAC
6. <http://www.aprendizaje.com> **Procesos de manufactura II, Temario La contaminación ambiental y los ingenieros ambientales,** Octubre 2002
7. <http://www.contenidos.com> **Colectores de polvo. CAC09_4_2_ HTM,** Noviembre 2002
8. <http://www.contenidos.com> **Contaminación del aire, El hollín,** Copyright 1998 2001 programa Santa Clara S.A. Noviembre 2002
9. <http://www.contenidos.com> **Ecología, Contaminación del aire,** Noviembre 2002
10. <http://www.direccióndeeducaciónambiental.com>, **Fuentes naturales y artificiales de la contaminación ambiental,** Enero 2003
11. <http://www.monografías.com> **Mantenimiento y seguridad industrial,** Febrero 2003
12. <http://www.solomantenimiento.com> **Portal del mantenimiento integral, el mantenimiento correctivo,** Febrero 2003

13. <http://www.solomantenimiento.com> **Portal del mantenimiento, Mantenimiento preventivo**, Febrero 2003
14. Industria la popular S. A. **Permiso para uso de corte y soldadura y herramientas eléctricas**, FO392 Edición 01
15. Martines García, Mónica **Normas y recomendaciones de seguridad y salud laboral en soldadura**, Universidad Carlos III, Madrid
16. Ovalle Fuentes, Rubelsi Manfredo **Rediseño del colector de polvo para una línea de elaboración de cigarrillos**, trabajo de graduación de Ingeniería Mecánica, Facultad de Ingeniería 2001 USAC
17. Swifte, Charles Donald, **Plantas de vapor arranque, prueba y operación**, Editorial Continental S.A.
18. Timing, R.L. **Tecnología mecánica, procesos y materiales**, Editorial Representaciones y servicios de ingeniería S.A. México
19. Veliz Vega, Herman **Construcción de túneles, su aplicación y experiencia en el túnel colector**, Trabajo de Graduación Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, 1975, 109 páginas USAC

ANEXOS



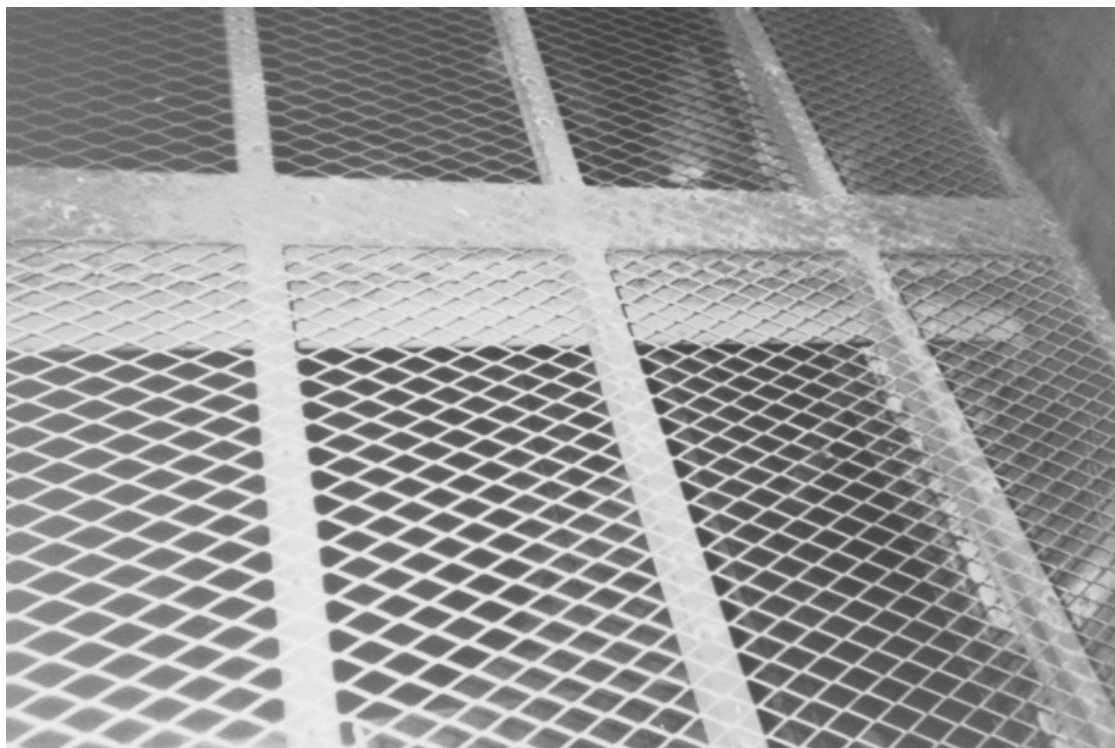
1) Colector de hollín, tiro inducido y chimenea de caldera 7 Ingenio Santa Ana



2) Techo modificado del colector de hollín de caldera 7 Ingenio Santa Ana



3) Modificado el colector de hollín, Ingenio Santa Ana



4) Malla dentro del colector de hollín caldera 7 Ingenio Santa Ana



5) Toberas dentro del colector de hollín caldera 7 Ingenio Santa Ana



6) Mediciones de Ringelman chimenea caldera 7 Ingenio Santa Ana

