



**UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO
FACULTAD CIENCIAS E INGENIERÍA**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA
INDUSTRIAL**

**TEMA: LA SOSTENIBILIDAD DEL MEDIO AMBIENTE,
OPTIMIZACIÓN DEL LAVADOR DE GASES PARA CALDERAS
ACUOTUBULARES EN COMPAÑÍA AZUCARERA VALDEZ S. A**

Autores:

Srta. Ramos Nuñez Leidy Jocelyne

Tutor:

Mgr. Mendoza Haro Edgar Italo

Milagro, Mayo 2021

ECUADOR

DERECHOS DE AUTOR

Ingeniero.

Fabrizio Guevara Viejó, PhD.

RECTOR

Universidad Estatal de Milagro

Presente.

Yo, **Ramos Nuñez Leidy Jocelyne**, en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de integración curricular, modalidad **en línea**, mediante el presente documento, libre y voluntariamente procedo a hacer entrega de la Cesión de Derecho del Autor, como requisito previo para la obtención de mi Título de Grado, como aporte a la Línea de Investigación **Desarrollo sostenible**, de conformidad con el Art. 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, concedo a favor de la Universidad Estatal de Milagro una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Conservo a mi favor todos los derechos de autor sobre la obra, establecidos en la normativa citada.

Así mismo, autorizo a la Universidad Estatal de Milagro para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de integración curricular en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

El autor declara que la obra objeto de la presente autorización es original en su forma de expresión y no infringe el derecho de autor de terceros, asumiendo la responsabilidad por cualquier reclamación que pudiera presentarse por esta causa y liberando a la Universidad de toda responsabilidad.

Milagro, mayo de 2021

Ramos Nuñez Leidy Jocelyne

Autor 1

CI: 1805345822

APROBACIÓN DEL TUTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Yo, **Mendoza Haro Edgar Italo** en mi calidad de tutor del trabajo de integración curricular, elaborado por la estudiante **Ramos Nuñez Leidy Jocelyne** , cuyo título es **La sostenibilidad del medio ambiente, optimización del lavador de gases para calderas acuotubulares en Compañía Azucarera Valdez S. A.**, que aporta a la Línea de Investigación **Desarrollo sostenible** previo a la obtención del Título de Grado **Ingeniera Industrial**; considero que el mismo reúne los requisitos y méritos necesarios en el campo metodológico y epistemológico, para ser sometido a la evaluación por parte del tribunal calificador que se designe, por lo que lo APRUEBO, a fin de que el trabajo sea habilitado para continuar con el proceso previa culminación de Trabajo de Integración Curricular de la Universidad Estatal de Milagro.

Milagro, Haga clic aquí para escribir una fecha.

Mendoza Haro Edgar Italo

Tutor

C.I: Haga clic aquí para escribir cédula (Tutor).

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL CALIFICADOR

El tribunal calificador constituido por:

Elija un elemento. Haga clic aquí para escribir apellidos y nombres (tutor).

Elija un elemento. Haga clic aquí para escribir apellidos y nombres (Secretario/a).

Elija un elemento. Haga clic aquí para escribir apellidos y nombres (integrante).

Luego de realizar la revisión del Trabajo de Integración Curricular, previo a la obtención del título (o grado académico) de ELIJA UN ELEMENTO. presentado por Elija un elemento. Haga clic aquí para escribir apellidos y nombres (estudiante1).

Con el tema de trabajo de Integración Curricular: Haga clic aquí para escribir el tema del Trabajo de Integración Curricular.

Otorga al presente Trabajo de Integración Curricular, las siguientes calificaciones:

Trabajo Curricular	Integración	[]
Defensa oral		[]
Total		[]

Emite el siguiente veredicto: (aprobado/reprobado) _____

Fecha: Haga clic aquí para escribir una fecha.

Para constancia de lo actuado firman:

	Nombres y Apellidos				Firma
Presidente	Apellidos Presidente.	y	nombres	de	_____
Secretario /a	Apellidos Secretario	y	nombres	de	_____
Integrante	Apellidos Integrante.	y	nombres	de	_____

DEDICATORIA

A mis padres quienes siempre me han brindado su apoyo, amor, paciencia y esfuerzo me han permitido cumplir una meta más, gracias por confiar en mí.

A mis hermanas por ser mi fuente de apoyo incondicional siempre durante cualquier etapa de mi vida.

A mis sobrinos por ser quienes me han alegrado y me han motivo a no rendirme, gracias a ellos que ven en mi un ejemplo a seguir.

Finalmente quiero dedicar este trabajo de investigación a todos los profesores que aportaron a mi formación profesional y personal.

AGRADECIMIENTO

A Dios, a mis padres, a mis hermanas, a mis sobrinos, por ser el motor necesario en los momentos difíciles, por su constante apoyo que me ha permitido concluir esta etapa en mi vida.

A la Universidad Estatal de Milagro por permitirme desarrollarme como persona y profesional, a mis maestros y en manera especial a mi tutor Ing. Italo Mendoza Haro, por todos sus conocimientos brindados para este trabajo de investigación.

ÍNDICE GENERAL

DERECHOS DE AUTOR	ii
APROBACIÓN DEL TUTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR.....	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL CALIFICADOR.....	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE GENERAL	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS	x
RESUMEN	1
ABSTRACT.....	2
CAPÍTULO 1.....	3
1. INTRODUCCIÓN	3
1.1. Planteamiento del problema	4
1.1.1. Preguntas de investigación	5
1.2. Objetivos.....	6
1.2.1. Objetivo General.....	6
1.3.2. Objetivos Específicos.....	6
1.4. Objeto de investigación.....	6
1.5. Campo de acción.....	6
1.6. Variables de investigación:	6
1.7. Alcance.....	8
1.8. Estado del arte.....	9
1.8.1. Antecedentes investigativos a nivel mundial	9
1.8.2. Antecedentes investigativos a nivel nacional	11
1.8.3. Fundamentación teórica	12
CAPÍTULO 2.....	22
1. METODOLOGÍA	22
2.1. Tipo y diseño de Investigación	22
2.2. Los métodos y las técnicas	23
2.3. Método de Análisis de Decisión con Criterios Múltiples (MADCM).....	23
2.3.1. Técnica de fichas de cotejo.....	23
2.3.2. Tipos de tecnologías evaluadas.....	23
2.3.3. Factores de Decisión	24
2.3.4. Matriz de Evaluación.....	25

CAPÍTULO 3.....	26
3. PROPUESTA DE SOLUCIÓN	26
3.1. Caracterización de las duchas	27
3.2. Softwares usados AutoCAD y SolidWorks	29
3.3. Pasos para la elaboración del diseño.....	30
3.4. Ventajas del eliminador de niebla	35
3.5. Resultados deseados	36
3.6. Beneficiarios	38
3.7. Estimación de costos	39
3.7.1. Análisis de costos VAN y TIR	41
3.7.2. Análisis del Playback o periodo de recuperación	43
CONCLUSIONES	45
RECOMENDACIONES.....	46
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	47
ANEXOS	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	16
Figura 2	28
Figura 3	28
Figura 4	29
Figura 5	30
Figura 6	30
Figura 7	31
Figura 8	32
Figura 9	33
Figura 10	34
Figura 11	35
Figura 12	36
Figura 13	53
Figura 14	54
Figura 15	55
Figura 16	56
Figura 17	57
Figura 18	58
Figura 19	59
Figura 20	60
Figura 21	61
Figura 22	62

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	7
Tabla 2	12
Tabla 3	18
Tabla 4	24
Tabla 5	24
Tabla 6	25
Tabla 7	27
Tabla 8	31
Tabla 9	37
Tabla 10	37
Tabla 11	39
Tabla 12	40
Tabla 13	41
Tabla 14	41
Tabla 15	42
Tabla 16	43
Tabla 17	53
Tabla 18	54
Tabla 19	55
Tabla 20	56
Tabla 21	57
Tabla 22	58
Tabla 23	59
Tabla 24	60
Tabla 25	61
Tabla 26	62

LA SOSTENIBILIDAD DEL MEDIO AMBIENTE, OPTIMIZACIÓN DEL LAVADOR DE GASES PARA CALDERAS ACUOTUBULARES EN COMPAÑÍA AZUCARERA VALDEZ S. A

RESUMEN

Luego de varios estudios y en virtud de la necesidad de mitigar las emisiones de material particulado a la atmósfera por parte de las calderas acuotubulares de la Compañía Azucarera Valdez S.A, se llevó a cabo el diseño de un eliminador de niebla que trabaje con el lavador de gases del caldero acuotubular #10 de la entidad, para lo cual en primera instancia se realizó una investigación de tipo documental para obtener criterios de diferentes autores respecto al tema planteado. En cuanto a la metodología utilizada en la presente propuesta ha salido de lo convencional, principalmente se enfocó en la comparación de los tres tipos de tecnologías que brindan un aporte para la solución del problema, mediante la metodología de Análisis de Decisión con Criterios Múltiples (MADCM), para lo cual según los indicadores el más adecuado fue el eliminador de niebla tipo chevron, el mismo que ofrece los mejores beneficios. Dando respuesta a la propuesta realizada, se describió el diseño con gráficos creados en los softwares de diseño AutoCAD y SolidWorks, lo cual permitió visualizar en el formato 3D como quedará el diseño estructural en el lavador de gases del caldero.

PALABRAS CLAVE: Caldera acuotubular, material particulado, lavador de gases, eliminador de niebla.

SUSTAINABILITY OF THE ENVIRONMENT, OPTIMIZATION OF GAS SCRUBBER FOR AQUOTUBULAR BOILERS IN THE COMPANY AZUCARERA VALDEZ S. A

ABSTRACT

After several studies and by virtue of the need to mitigate the emissions of particulate material into the atmosphere by the aquotubular boilers of the Compañía Azucarera Valdez SA, the design of a mist eliminator that works with the gas scrubber was carried out from the water-tube boiler # 10 of the entity, for which in the first instance a documentary research was carried out to obtain criteria from different authors regarding the issue raised. Referring to the methodology used in the present proposal, it has gone out of the conventional, above all focused on the comparison of the three types of technologies that provide a contribution to the solution of the problem through the methodology of Decision Analysis with Multiple Criteria (MADCM), for which according to the indicators the most suitable was the chevron type mist eliminator, the same one that offers the best benefits. In response to the proposal made, the design was described with graphics created in the AutoCAD and SolidWorks design software, which made it possible to visualize in 3D format how the structural design will be in the cauldron gas scrubber.

KEY WORDS: Aquotubular boiler, particulate material, gas scrubber, mist eliminator.

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

El proyecto de investigación es llevado a cabo para realizar el diseño de un equipo adicional para el lavador de gases de la caldera acuotubular #10 de la CAVSA¹. La importancia de la investigación planteada radica en que la ceniza e inquemados emitidos por los procesos productivos se mitiguen, para que con un diseño adicional se pueda mejorar la eficiencia del lavador de gases que viene trabajando actualmente y así disminuir la contaminación ambiental.

En la actualidad debido a las diversas leyes que existen en el país de la conservación y preservación del medioambiente, es de vital importancia mejorar la eficiencia del lavador de gases, pues un problema latente es la emisión de material particulado a la atmósfera.

Dentro de la investigación se abordan diferentes soluciones para minimizar este problema, poniendo énfasis en el diseño de un eliminador de niebla tipo chevron, puesto que con la implementación del mismo ha generado resultados, con el cual se pretende generar resultados positivos, disminuyendo el particulado que sale por la chimenea del caldero.

El diseño del eliminador de niebla tipo chevron, servirá para mitigar la emisión de material particulado a la atmósfera que actualmente genera la CAVSA, ayudando a cumplir los parámetros legales.

Se espera que el presente trabajo pueda ser implantado por la entidad, para dar una solución medioambiental a los problemas que viven los habitantes del Cantón Milagro.

¹ CAVSA: Compañía Azucarera Valdez S.A

1.1.Planteamiento del problema

La CAVSA, situada en la provincia de Guayas, ubicada en San Francisco de Milagro desde su fundación, cuenta con cerca de 138 años dedicada a la producción azucarera. Su infraestructura fabril, en donde se llevan a cabo los procesos para la elaboración de azúcar, se encuentra ubicada dentro de la zona urbana de la ciudad.

La industria azucarera con el pasar de los años posee una variedad de productos a partir de la caña de azúcar que tienen características de gran potencial productivo, como son, la generación de vapor para transferencia de calor en los procesos de elaboración de azúcar como también en la cogeneración de energía eléctrica, a través del bagazo de la caña de azúcar, que es un combustible renovable.

En la compañía azucarera, para sus procesos industriales se obtienen vapor a través de los calderos acuatubulares, denominados caldero # 10, caldero # 11, caldero # 12. La finalidad de esta investigación es enfocar la atención en el caldero # 10 debido a que, por los años de fabricación es el que presenta mayores problemas con las emisiones de partículas al medio ambiente, se puede visualizar la presencia de hollín, cenizas volátiles, inquemados del bagazo, arena y arcilla.

Los gases con material particulado producidos por la combustión de bagazo, son emitidos a la atmósfera, afectando al medioambiente y directamente a la población y así como a los trabajadores en el área de las calderas.

La ley ecuatoriana a través de la Norma de emisiones al aire de fuentes fijas de Combustión, “es dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, menciona que la cantidad de material particulado para equipos instalados antes del año 2003 tienen un límite máximo de 300 mg/m³” (TULSMA, 2016, pág. 398).

En la actualidad, el caldero # 10 cumple con los parámetros emitidos en la ley ambiental, aunque las condiciones de continuidad no las mantiene durante los períodos de zafra², debido a esta problemática ocasionada en dicha época, se considera oportuno diagnosticar la recolección de material particulado actual del lavador de gases del caldero # 10 y diseñar un equipo adicional que mejore su eficiencia, para que la cantidad de material particulado

² Zafra: periodo donde se cosecha la caña y produce azúcar, de junio a diciembre.

emitido a la atmósfera se reduzca y disminuya el nivel de riesgo tanto para la salud de las personas y el medio ambiente.

1.1.1. Preguntas de investigación

Pregunta 1

¿Qué pretende mejorar para la reducción de material particulado emitido al medioambiente?

Pregunta 2

¿Qué se ha escrito sobre los factores que han permitido mejorar la eficiencia de los lavadores de gases?

Pregunta 3

¿Con qué equipos va a trabajar para mejorar la captación de material particulado?

Pregunta 4

¿Con qué tecnología se pretende mejorar la eficiencia del lavador de gases de la caldera #10?

Pregunta 5

¿Con el diseño de la propuesta qué porcentaje de captación de material particulado pretende mejorar?

1.2.Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Mejorar la eficiencia del lavador de gases de la caldera # 10 con el fin de incrementar la captación de ceniza e inquemados.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Fundamentar teóricamente aspectos relacionados con el mejoramiento de la eficiencia del lavador de gases.
- Diagnosticar y caracterizar el equipo existente llamado lavador de gases por vía húmeda para mejorar su rendimiento.
- Diseñar un equipo adicional que trabaje con el lavador de gases por vía húmeda para el mejoramiento de la captación de material particulado.
- Proponer un diseño final que garantice el incremento de retención del particulado en valores del 2% al 4% de la ceniza e inquemados que se venía obteniendo sin el equipo.

1.4. Objeto de investigación

El lavador de gases del caldero acuatubular #10.

1.5. Campo de acción

Calderos acuatubulares de la CAVSA.

1.6. Variables de investigación:

Variable independiente: Equipo adicional que trabaje con el lavador de gases.

Variable dependiente: Emisión de material particulado.

En la tabla 1, se indica la operacionalización de las variables, es decir la definición conceptual y operacional, la dimensión, el indicador de gestión y las diferentes técnicas e instrumentos que se puede utilizar para evaluar las variables.

Tabla 1

Operacionalización de las variables.

Variab	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensió n	Indicador	Técnicas e instrumentos
Equipo adicional que trabaja con el lavador de gases	Tecnología enfocada a mejorar la eficiencia de colección de material particulado en los lavadores de gases	El tipo de tecnología que se pretende incorporar, será analizado según los diferentes factores.	Tres tecnologías propuestas para analizar cuál es la más óptima.	<ul style="list-style-type: none"> • Eficiencia de colección de partículas. • Costo de mantenimiento y operación. • Consumo de energía. • Facilidad de uso e implementación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Artículos científicos. • Estudios realizados. • Comparación de tecnologías.
Emisión de material particulado	Cenizas e inquemados que son liberados a la atmósfera, por el lavador de gases.	La variable fue analizada en un estudio en el año 1996, además con la aplicación de una encuesta a los ciudadanos se determinó la inconformidad con la emisión de material particulado.	La emisión de material particulado a la atmósfera.	<ul style="list-style-type: none"> • Satisfacción de los habitantes aledaños a la entidad. • Medir la cantidad de emisiones, si se llegase a implementar. 	<ul style="list-style-type: none"> • Encuestas. • Mediciones de emisiones.

Fuente: Elaboración propia.

1.7. Alcance

Las actividades de producción azucarera en la CAVSA en los períodos de zafra y la preocupación por el cuidado del medio ambiente hace evidente la necesidad de implementar un complemento que trabaje con el lavador de gases por vía húmeda, es indudable la no conformidad de los habitantes del cantón Milagro por la emisión de material particulado originado en los procesos fabriles de la entidad, por ello es necesario que se empiece a trabajar con la finalidad de mitigar un porcentaje de esta contaminación.

El equipo adicional que trabaje con el lavador de gases por vía húmeda que se presente como propuesta pretende disminuir la cantidad de material particulado expulsado a la atmósfera, para cumplir con las normativas de la ley ecuatoriana, la cual se centra en el cuidado del medio ambiente.

1.8. Estado del arte

1.8.1. Antecedentes investigativos a nivel mundial

En todas las industrias y en las actividades desarrolladas por el hombre se crean fuentes de contaminación, que afectan de forma directa al medioambiente, un ejemplo son los ingenios azucareros. “donde para la elaboración de sus procesos cuentan con calderas acuatubulares industriales para generar energía en el proceso de elaboración de azúcar enviando sus emisiones de gases a la atmósfera. Estos gases son generados por la combustión del bagazo” (Pacherrez, 2019, pág. 2).

En Tucumán, República de Argentina en el año 2012 se realizó un estudio para medir la concentración de material particulado en las emisiones de las chimeneas de la industria azucarera, en el año 2007 se estableció la Ley N.º 7462, Decreto 1610, que determina como límite máximo permitido 700 mg/m³ de partículas totales para equipos antiguos y 400 mg/m³ para equipos nuevos. Los resultados obtenidos en dicho estudio revelaron que la influencia del mantenimiento, la correcta operación de los equipos, y las características de diseño de los lavadores de gases, ayudaron a que se logre un menor impacto ambiental, es decir, las emisiones de material particulado a la atmósfera se redujeron (Golato, Morales, Méndez, Feijóo, & Paz, 2012, pág. 12).

Implementar sistemas de control de flujo de agua en el lavador, tiene la capacidad de facilitar una solución medioambiental, ya que se puede conseguir emisiones de particulado, por debajo de los límites máximos admitidos en el reglamento, el estudio realizado determinó que sin un sistema de control se emite 433 mg/m³ de material particulado, mientras que con un sistema de control 374 mg/m³ de material particulado, con esta alternativa se apreció una disminución del material particulado del 13,6 % (Torkar & Golato, 2018, pág. 10).

En la industria azucarera Peruana, se realizó un estudio; “que plantea utilizar los gases de combustión de la chimenea para reducir la humedad del bagazo, para evitar el uso de un combustible adicional, con lo cual se ha determinado un incremento de la eficiencia en los calderos antiguos y se logra visualizar un ahorro con el gas producido, de esta manera los gases de combustión no son emitidos directamente a la atmósfera, también se reduce mucho la cantidad de material particulado enviado a la atmósfera, desde alrededor de 4500 mg/m³ a menos de 300 mg/m³” (Esquerre, 2016, pág. 72).

En México las industrias azucareras, también tienen problemas de contaminación en el cual nos centramos es la emisión de componentes orgánicos, en este caso de estudio se propone;

“instalar sistemas de control de emisiones a la atmósfera eficientes como separadores de partículas vía seca, realizar un programa de vigilancia de las calderas para verificar la eficiencia de la combustión, observar la acumulación de hollín, elaborar un plan de mantenimiento preventivo en los equipos, entre otras” (Dominguez, Bravo, & Sosa, 2014, pág. 553).

Al momento de hablar netamente de los procesos de lavado de gases generados por calderas, Odar (2019) habla acerca del diseño de un lavador de gases para comprobar la disminución de material particulado de una caldera acuotubular. El principal problema que menciona la investigación citada es el alto nivel de contaminación que se produce por la quema de materia prima y combustibles, necesarios para la generación de energía dentro de una caldera. Dentro de todas las empresas y otras acciones humanas se realizan actividades que, de manera inevitable, producen fuentes de contaminación, mismas que afectan en sobremanera al medioambiente.

Estos gases son generados por la combustión directa de bagazo en las calderas de los ingenios azucareros, como consecuencia del proceso de cogeneración. Este es un problema no sólo local, sino internacional, mismo que debe ser tratado de la mejor manera posible. El trabajo citado menciona que, en Perú, esta situación ha desembocado en un problema de contaminación grave, situación que afecta negativamente al medioambiente como tal, principalmente a los trabajadores de los ingenios azucareros, quienes absorben el humo generado por las calderas mencionadas. Esta problemática hace necesaria la instalación de un sistema que lave gases para las calderas en los ingenios azucareros (Odar, 2019, pág. 24).

1.8.2. Antecedentes investigativos a nivel nacional

Con relación al tema presentado en el presente trabajo, si bien no existen antecedentes investigativos en Ecuador referentes al tema en específico, se pueden mencionar trabajos investigativos que se relacionan con la optimización y manejo de calderas empleadas dentro de los ingenios azucareros.

Dentro de este grupo de trabajos mencionados, se puede citar la investigación realizada por Vizuela y Martínez (2013), en donde se hace referencia a la ejecución de un sistema de tratamiento de agua con ceniza proveniente de los lavadores de gases de combustión. Los autores mencionan que los ingenios azucareros se encargan de la transformación de la energía térmica y potencial procedente del bagazo de caña en energía empleable para sus procesos de producción. Este proceso de transformación genera altos niveles de contaminación, misma que se emite mediante gases de emisión. Estos gases contienen partículas de CO₂ y otros componentes tóxicos para la atmósfera, lo que genera que esta tenga un alto nivel de contaminación.

Por tales circunstancias, diversos calderos implementan una alternativa para lavar gases, con el fin de que los gases emanados por las calderas tengan la menor cantidad de CO₂ y sustancias químicas posible, con el fin de evitar la contaminación del ambiente. No obstante, el agua resultante de estos procesos presenta también altos niveles de contaminación, situación que hace necesaria la implementación de un sistema de tratamiento de estas aguas (Vizuela & Martínez, 2013, pág. 3).

Otro de los documentos que puede ser mencionado dentro de este apartado, aunque este no sea una investigación como tal, es el Instructivo y Formato para el Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (Ministerio de Ambiente, 2011). Dentro de este documento se establecen los parámetros necesarios para el registro de las emisiones contaminantes emitidas por las empresas. El documento contiene los estándares de medición para las emisiones de gas, siendo este un punto importante para la optimización de los procesos referentes a la purificación del aire.

1.8.3. Fundamentación teórica

1.8.3.1. Bagazo

De acuerdo con la Real Academia Española (2021), el bagazo es un residuo que contiene fibra resultante del machacamiento, fermentación de frutos, semillas, tallos, etc., para extraerles su jugo, especialmente en uvas o caña de azúcar. Por otro lado, Intriago y Sabando (2017) mencionan que el bagazo es el restante fibroso que resulta después de la molienda de los tallos de la caña de azúcar. Por lo general, el bagazo se emplea dentro de los ingenios azucareros como combustible para calderas, siendo también empleado por la industria papelera debido a ser un subproducto con fibras no leñosas, mismas que son necesarias para la fabricación papelera.

El bagazo se compone principalmente de celulosa, hemicelulosa y lignina, siendo estos sus primordiales polímeros naturales. Este también muestra algunas cantidades de otros compuestos. Con relación a la composición en porcentajes del mismo, se dividen de la siguiente manera:

- Celulosa: 32%
- Hemicelulosa: 37,5%
- Lignina: 18%

En tabla 2, podemos visualizar la composición principal del bagazo.

Tabla 2

Composición del bagazo

Compuesto	Composición %
Holocelulosa	70-75
Celulosa	45-50
Hemicelulosa	20-25
Lignina y otros residuos no hidrolizables	20-25
Ceniza, azúcares y otros compuestos	5-10

Fuente: Realizado en base a (Zuleiqui, 2005)

1.8.3.2. Combustión del bagazo

Para hablar del tema de la combustión del bagazo, en primer lugar, es importante tratar el tema de la combustión en general. Como lo menciona Faria (2016), los métodos térmicos que involucran los diferentes tipos de combustión se han convertido en una de las principales maneras de obtener energía. Dada la importancia de este proceso, se han invertido recursos para una mejor comprensión y efectividad dentro de estos procesos, mismos que pueden incluir diferentes tipos de fenómenos.

Dentro de la industria azucarera existen procesos de combustión importantes para el medio ambiente. En estos procesos de combustión, el bagazo juega un papel importante debido a que se trata del principal combustible para esta industria. Se pueden mencionar dos aspectos importantes a partir de la combustión del bagazo de caña, la primera es ser alta consumidora de energía eléctrica y la otra tener la posibilidad de autoabastecerse de la energía térmica.

El uso del bagazo como combustible es algo relativamente nuevo. Esta aplicación surgió en la década del 70, etapa en la que se comenzó con un proceso amplio de renovación y reconversión para proceder a utilizar todo bagazo de caña de azúcar como combustible. Dentro de las principales particularidades que se pueden mencionar de la planta que da origen al bagazo es su capacidad de regeneración anual, lo que hace que la materia prima pueda tener un alto índice de disponibilidad (Zuleiqui, 2005, pág. 205).

La combustión de bagazo como fuente alternativa de energía, encontrará el apoyo de organismos ambientales ya que es un tema fundamental en la argumentación de posesionar a la industria azucarera como un eje en el sector agroindustrial, así también como la necesidad de hacer competitiva a los ingenios azucareros.

De acuerdo a lo mencionado por Zuleiqui: “la cantidad de bagazo consumida es mucho mayor que la de petróleo, esto debido a que el calor específico de combustión del bagazo es aproximadamente seis veces inferior al del petróleo equivalente” (2005, pág. 83). Esta situación permite apreciar que la reutilización del bagazo como fuente de energía sería una alternativa viable y sostenible con relación al uso de combustibles fósiles.

Un aspecto que cabe mencionar en la quema del bagazo es que la cantidad de dióxido de carbono emitida durante la quema del bagazo es casi tres veces más que la quema de un hidrocarburo. De acuerdo con Quintana (2010), estos datos no se encuentran correctamente relacionados, ya que recordando el gas de un hidrocarburo crea una contribución total de gas,

mientras que el bagazo conserva un equilibrio, debido a que durante su crecimiento absorbe la misma cantidad de gas que cuando entra en combustión haciendo notable su ventaja ante el calentamiento global.

De igual forma es favorable en cuanto a la presencia de azufre, ya que dada la composición del bagazo de caña de azúcar no se encuentra presente este elemento. El aspecto negativo en el que concuerdan los autores es que la combustión genera residuos sólidos de fácil arrastre por el viento, lo que conlleva a que las partículas sean arrastradas a núcleos poblacionales cercanos provocando daños en la salud.

Hoy en día, la idea de utilizar el bagazo de la caña de azúcar como combustible en las industrias azucareras ya no es tan especulada o trillada, debido a que cada día aumentan los estudios de estas alternativas de energía. La combustión de bagazo ha demostrado un potencial energético favorable para las empresas y los procesos en donde participan estos, además se ha propuesto diferentes formas para ser procesados estos residuos en las fábricas, pero las alternativas que se han planteado se encuentran con problemáticas de movilidad o recolección por lo que los estudios están planteados, pero no hay ejecución sobre estas alternativas (León, Dopico, Triana, & Medina, 2013, pág. 15).

En los estudios planteados por Perez (2000), se recalca los beneficios que se obtiene al utilizar los desechos de la caña como un combustible, así como su importancia a nivel ecológico, la eliminación de lugares de almacenamiento. No se aborda los aportes físico-químicos de otros componentes que existen dentro de la elaboración de azúcar.

Dentro de la combustión del bagazo cabe mencionar a la hoja seca de la caña de azúcar que en algunos establecimientos por no suponer que en la mayoría tienen una aplicación similar. Las aplicaciones que se le puede dar a la hoja son:

- Alimento de animal
- Abono de los suelos de caña al terminar la cosecha.

Actualmente, la ciencia y la economía ha realizado grandes aportaciones para hacer un adecuado uso de la hoja seca de la caña de azúcar por medio de la utilización de estos como combustible. (Quintana, 2010, pág. 100).

Este tipo de residuo dentro del campo energético presenta las siguientes ventajas: sustituye el uso petrolero en la producción de la refinación azucarera y derivados, así como, sustituye

la leña y hojas secas de la caña como un combustible, descartando la generación de materia orgánica sólida (Quintana, 2010, pág. 101).

1.8.3.3. Gases de combustión

Como lo menciona Orozco (2016), el oxígeno necesario para que una combustión pueda producirse es suministrado como parte del aire de combustión suministrado en el proceso. En este proceso se consideran a los gases de salida, es decir, los gases de combustión, dependiendo del tipo de combustible que se emplee. El combustible empleado producirá una cierta cantidad de residuos. En algunos casos en particular, la combustión se puede ver afectada debido a valores excesivos de aire, situación que ocasiona pérdidas en los gases de combustión, generando una combustión incompleta que generará mayor contaminación.

Como es de conocimiento general, la emisión de gases es una problemática a nivel mundial y en la cual se ha trabajado desde hace mucho tiempo para reducir sus impactos en el ambiente. El uso de energías alternativas es sin duda la opción primordial y más importante en cuanto a reducir niveles de gases de contaminación.

La opción de la quema de bagazo que es utilizada en las fábricas azucareras es una alternativa viable y rentera para estas empresas por lo antes mencionado. Existen investigadores que han calculado las emisiones provenientes de la quema del bagazo para calcular el impacto de este en el medio ambiente.

A partir de estudios de laboratorio donde se miden las cantidades permisibles de SO_2 y NO_2 , Gadi (2003) obtiene factores de emisión de varios biocombustibles, entre los que se puede mencionar el bagazo de la caña de azúcar. Este trabajo menciona que el bagazo presenta el menor valor de emisión de CO_2 , a comparación de otros combustibles. Sin embargo, para los NO_2 obtienen valores superiores, pero como se mencionó anteriormente estas emisiones son equitativas a lo que la caña de azúcar consume durante toda su plantación.

Una de las alternativas que ha surgido para contrarrestar este tipo de efectos negativos, es la plantación de la caña de azúcar debido a que cada hectárea de esta planta elimina alrededor de 60 toneladas de dióxido de carbono, efecto que es muy similar realizado por bosques que se encuentran en latitudes medias (Valladares, 2018, pág. 5).

1.8.3.4. Material particulado

El material particulado es uno de los principales agentes contaminantes de la atmósfera, situación que ha motivado a que sea uno de los factores de mayor investigación a lo largo de

los años. Se define como el conjunto de partículas sólidas y líquidas que se encuentran presentes en suspensión en el medioambiente. Como lo señala Arciniegas (2012), la presencia en la atmósfera de este contaminante genera diversos impactos en la biología del planeta y en el ser humano, dentro de los que se puede resaltar la pérdida de visión en la atmósfera, misma que es producida por la absorción y dispersión de la luz. El material particulado al estar en contacto con los seres humanos, también se relaciona con el riesgo de muerte por causas cardiopulmonares en personas adultas.

Estas partículas pueden variar en tamaño y composición química, esto debido a los procesos que se desarrollan en la atmósfera, tales como la condensación de vapor, evaporación, coagulación por medio de colisiones y la presencia de fuerzas gravitacionales o eléctricas. Es importante mencionar también que el material particulado posee un extenso campo de propiedades químicas, físicas, morfológicas y termodinámicas. Estas partículas tienen diferentes fuentes de origen.

En la siguiente figura se puede apreciar de mejor manera las principales fuentes de origen del material particulado.

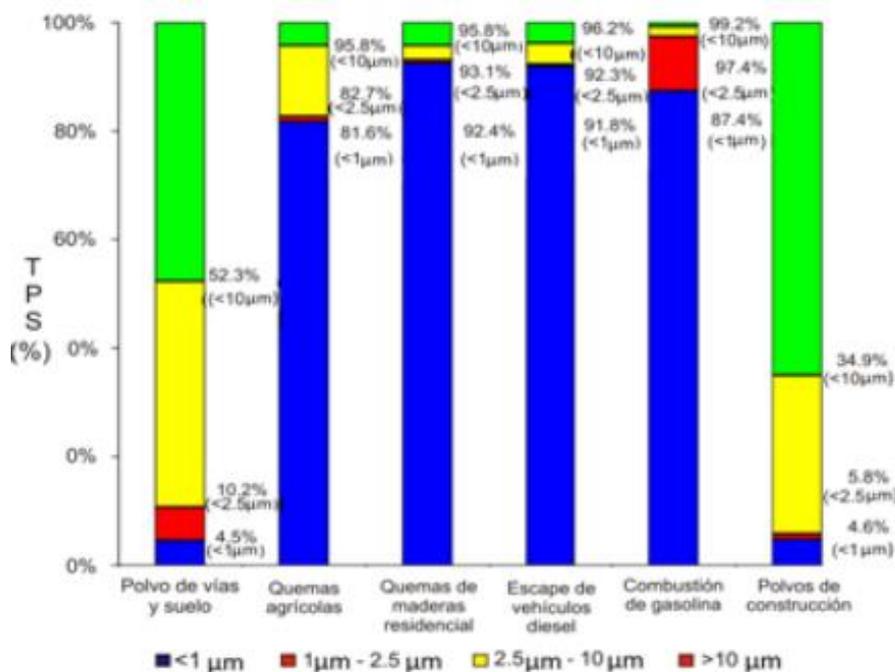


Figura 1

Principales fuentes que generan material particulado.

El material particulado que se encuentra en las plantaciones de caña de azúcar es por tradición los residuos que se van quedando de las cosechas o del material vegetal de la producción de la azúcar, este material extraño se le conoce como material particulado. El material particulado pueda acumularse en molinos, además genera grandes contaminaciones a la atmósfera principalmente compuestos nitrogenados CO, NO, NO₂, compuestos de azufre SO₂, gas metano (CH₄), hidrocarburos no metálicos (NMHC) y partículas con un tamaño menos 10 micras (PM₁₀), los cuales en algunas ocasiones forman parte del aire que respira el ser humano que por lo general causan efectos adversos en su salud (Galvis, 2008, pág. 7).

1.8.3.5.Emisiones

La atmósfera es una capa del planeta tierra constituida por capas de aire, siendo la troposfera y estratósfera las que tienen mayor relevancia en la presente investigación. La tropósfera es una capa de aire denso que se encuentra más cerca de la superficie terrestre, contiene el aire que respiran todos los seres vivos. La estratósfera es la capa de protección que tiene la tierra ya que ayuda a absorber y dispersar los rayos solares (Prendez, 2017, pág. 19).

La baja calidad del aire ha sido una problemática que tiene el ministerio de salud pública, la degradación del aire es la contaminación por partículas extrañas en el aire, o agentes contaminantes que pueden alterar la estructura de estas y afectar la salud humana.

Sanchez (2016), indica que, al realizar la combustión de la caña de azúcar como etapa previa a la cosecha, se presentan una serie de consecuencias ambientales, entre los que se pueden mencionar los siguientes:

- Aumento de la contaminación ambiental
- incremento de los índices de ozono en la capa atmosférica y del monóxido de carbono los cuales son los principales causantes del efecto invernadero.

Las emisiones que se hacen durante la quema de la caña de azúcar o la requema de las plantaciones causa un deterioro en el aire, generando un impacto negativo en el ambiente. La combustión de caña de azúcar emite contaminantes tales como CO, hidrocarburos y SO₂. En los reportes mensuales que realizan las empresas hay coincidencias entre los valores más altos de partículas en suspensión y la época de combustión de caña de azúcar en algunas de las zonas de estudio (Orozco, 2016, pág. 16).

Si bien el cultivo de azúcar puede ser considerado como una de las principales alternativas de remediación del cambio climático generado, este monocultivo ha presentado el consumo de elevados niveles de combustibles de tipo fósil, máquinas agrícolas y agroquímicos que incrementan los efectos adversos de este sector sobre la contaminación ambiental. Es por ello que es muy primordial las aplicaciones de herramientas y métodos cuantifique estos parámetros (Reinosa, Canciano, Hernández, Ordoñez, & Figueroa, 2015, pág. 5).

1.8.3.6. Norma de emisiones al aire desde fuentes fijas de combustión

“La norma técnica ambiental es dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y se somete a las disposiciones de éstos, es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional” (TULSMA, 2016, pág. 371).

La presente norma técnica determina o establece:

- Los límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para emisiones de contaminantes del aire hacia la atmósfera desde fuentes fijas de combustión.
- Los métodos y procedimientos destinados a la determinación de las cantidades emitidas de contaminantes al aire desde fuentes fijas de combustión.

En la tabla 3, se muestra los límites máximos de emisiones al aire desde combustión de bagazo en equipos de instalaciones de elaboración de azúcar.

Tabla 3

Límites máximos permisibles de emisiones al aire desde combustión de bagazo

Contaminante emitido	Observaciones	Fuentes	Fuentes	Unidades
		existentes (antes del 2003)	nuevas	
Partículas totales	--	300	150	mg/m ³

Fuente: Realizado en base (TULSMA, 2016, pág. 398)

1.8.3.7. Calderas acuotubulares

Las calderas de vapor se definen como equipos destinados a la producción de vapor, mismo que será empleado para diferentes procesos productivos dentro de una planta industrial. El vapor se genera mediante la aplicación de energía calorífica al agua. Por otra parte, las calderas acuotubulares se emplean exclusivamente cuando se plantea obtener vapor con una presión elevada y alto rendimiento, esto debido a que las calderas acuotubulares hacen un esfuerzo en los tubos debido a las presiones elevadas (ZOZEN, 2021).

En las calderas acuotubulares la circulación del agua alcanza velocidades considerables, este mecanismo permite una eficaz transmisión del calor y por consiguiente se eleva la producción de vapor. Las calderas acuotubulares presentan una mejor eficiencia que las calderas pirotubulares, llegando a alcanzar presiones cercanas a los 350 Psi, temperaturas cercanas a los 400°C y una producción de vapor cercana a las 2000 t/h. Las calderas acuotubulares se ensamblan y fabrican tomando como referencia la normativa europea EN12952 (VYC, 2017).

La principal diferencia entre una caldera pirotubular y una caldera acuotubular radica en la circulación del agua al interior de la caldera. En la caldera acuotubular, el agua circula al interior de los tubos de la caldera, lo que genera que esta pueda tener una mayor presión y temperatura de salida. El calor generado y los gases de combustión que rodean los tubos calientan el agua hasta alcanzar el punto de evaporación. La capacidad de este tipo de calderas puede incrementarse si se aumentan el número de tubos que forman parte de ellas.

1.8.3.8.Lavador de gases

Es un mecanismo de limpieza conocido en inglés como *scrubbing*, consiste en el paso de un gas que contiene partículas dentro de una cámara, en este momento hace contacto directo con un líquido, que generalmente es el agua, de esta manera las partículas son interceptadas en las gotas del agua.

Si bien existen diferentes criterios de clasificación de lavadores de partículas, se debe considerar la energía que utiliza el dispositivo para que pueda mover el agua en su proceso. En este sentido, se puede considerar la siguiente clasificación:

- **Lavadores de baja energía**

Este tipo de lavadores es el más utilizado; “es la cámara de rociado o spray, donde el consumo de energía necesaria para la movilización del gas oscila 0.5 hp / 1000 cfm (2.83 m³/min). Este tipo de lavador es el más sencillo de utilizar, sin embargo, es el menos eficiente de los lavadores es capaz de remover partículas” (Montenegro & Moncayo, 2006, pág. 56).

- **Lavadores de energía moderada**

Estos lavadores de energía moderada son cámaras de rociado ciclónicas, en donde el gas ingresa tangencialmente dentro de una cámara que se encuentra equipada con toberas rociadoras. Este esquema permite una mejor y mayor eficiencia en la remoción de material y escombros, esto mediante el aumento del tamaño de las gotas que salen de la tobera. Con este

tipo de lavador se logra la remoción de partículas de 5 μm logrando una eficiencia igual al 95% y un consumo energético que varía de 1 a 3,5 hp/ 1000 cfm (2.83 m^3/min) (Montenegro & Moncayo, 2006, pág. 59).

- **Lavadores de alta energía**

Este tipo de lavadoras es el más eficiente, el cual logra la remoción de partículas mayores a 0.5 μm alcanzando una eficiencia aproximada del 98%. Conocidos también como lavadores de Venturi, siendo el consumo energético entre 3 y 10 hp / 1000 cfm (2.83 m^3/min), el más alto de este tipo.

Este mecanismo de lavado presenta las siguientes ventajas:

- Eficacia de recolección de partículas alta.
- Pueden utilizarse al mismo tiempo para remoción de gases y partículas
- Reducción de temperaturas calientes
- Control de partículas sólidos y líquidas
- Permiten variar la eficiencia de recolección

1.8.3.9. Torres de aspersion

Se las conoce también como cámaras de aspersion. Son una manera de controlar la contaminación generada por la emisión de gases en las calderas. Estas consisten en recipientes en forma de cilindros vacíos construidos en acero o en plástico que cuentan con boquillas para la aplicación del líquido. La corriente de gas de entrada, ingresa por la parte inferior, desplazándose de manera ascendente, mientras que el líquido se atomiza de manera descendente en uno o más niveles (Prendez, 2017, pág. 18).

En las torres de aspersion de flujo a favor de corriente, tanto el gas inicial como el flujo de líquido van en la misma dirección. Debido a que la corriente de gas no empuja contra los aerosoles líquidos, las velocidades de los gases a través de los vasos son más altos que en las torres de aspersion de flujo en contracorriente. (VYC, 2017, pág. 57).

Las torres de aspersion se pueden utilizar para la absorción de gas, sin embargo, presentan una eficiencia menor en comparación con las torres de placas. Pueden ser muy eficaces en la eliminación de contaminantes siempre y cuando sean solubles, o si un reactivo químico se añade al líquido.

1.8.3.10. Equipos separadores de partículas

Los separadores de partículas son equipos que permiten el control de las partículas que son emitidas al aire con el fin de evitar que estas puedan generar un daño considerable, de manera primordial cuando se utiliza compuestos tóxicos.

El objetivo principal de estos equipos es la recolección de partículas emitidas a nivel industrial antes de ser eliminadas al medio ambiente. Pueden ser de varios tipos de acuerdo al sistema de separación empleado, las propiedades físicas de las partículas es un aspecto fundamental para seleccionar el dispositivo adecuado. Los más utilizados son las cámaras de sedimentación gravitatoria y los ciclónicos (Freire, 2015, pág. 56).

1.8.3.11. Plan de investigación

Para la elaboración de este trabajo se tomó como referencia el estudio y las pruebas realizadas en la Patente de Estados Unidos *Mist eliminator for wet gas scrubbing*, el cual sirvió para entender más a fondo el funcionamiento de este tipo de tecnología y poder desarrollar una investigación adecuada con una fundamentación teórica mucho más sólida (Estados Unidos Patente n° 6.083.302, 2000)

CAPÍTULO 2

1. METODOLOGÍA

Contar con un complemento que trabaje junto con el lavador de gases de la caldera acuotubular #10 de la CAVSA, es una solución medioambiental que se debería implementar para reducir los niveles de emisiones de material particulado a la atmósfera, que afecta principalmente a los pobladores aledaños a la entidad, se ha trabajado en la propuesta con el fin de aminorar el porcentaje de contaminación que existe actualmente, en el cantón Milagro.

Previo a la realización del diseño del eliminador de niebla tipo chevron, se realizó una encuesta de manera virtual a los individuos que viven a los alrededores de la empresa, donde se obtuvo como resultado la no conformidad con las emisiones de material particulado emitidas por la entidad.

2.1. Tipo y diseño de Investigación

El proceso metodológico de esta investigación, se basa en la propuesta de optimización de un lavador de gas de la caldera acuotubular #10 de la CAVSA, por lo cual se considera que se trata de una investigación de campo ya que se va a tomar decisiones por lo que está sucediendo en dicho lugar.

Para el presente trabajo de investigación se empleó un enfoque de investigación mixto, desde el punto de vista cuantitativo, se pretende explicar y predecir los fenómenos investigados, esto por medio de la búsqueda de regularidades y relaciones causales entre elementos, partiendo de la idea de contaminación por la emisión de ceniza, y que tiene como objetivo la mejora en la recolección de este material. El enfoque cualitativo parte de los datos sobre las emisiones de ceniza antes de instalar el lavador de gases en noviembre 1996, los datos nos indican la cantidad de gases y cenizas que se emitían con la caldera #10 trabajando al 100%, pero debido a que se estima que el lavador de gases actualmente no trabaja eficientemente durante toda la zafra, el trabajo de investigación se encamina en encontrar la solución de este mal funcionamiento (Hernandez, Fernández, & Baptista, 2014).

Además, se considera que es un tipo de investigación documental y bibliográfica ya que toda la realización de la propuesta se basa fundamentalmente en ella, contribuyendo a que se aclare cualquier tipo de dudas relacionadas con el tema y permitiendo que se use la técnica más adecuada para el diseño de la propuesta.

2.2.Los métodos y las técnicas

El método que se utilizará es el explicativo, debido a que permitirá que se despejen las causas y efectos de la investigación, basada en el diseño de un equipo adicional que trabaje con el lavador de gases de la caldera acuotubular #10 y esto ayudará al cumplimiento de los objetivos planteados.

2.3.Método de Análisis de Decisión con Criterios Múltiples (MADCM)

Para la selección de la propuesta más idónea y que favorezca a la disminución de la emisión de material particulado y gases se utilizó el método de análisis de decisión con criterios múltiples (MADCM). Este método se evalúa diferentes criterios con diferentes escalas, que ayudan a la toma de decisiones acordes a las necesidades de la institución, en este caso la CAVSA y elegir la mejor alternativa para que trabaje con el lavador de gases de la caldera acuotubular #10.

2.3.1. Técnica de fichas de cotejo

Existen varias alternativas que pueden trabajar con el lavador de gases para cumplir con los objetivos deseados, los que se han usado habitualmente son: eliminador de niebla demister, eliminador de niebla ciclón , eliminador de niebla tipo chevron; con el fin de encontrar el complemento adecuado se realizará una ficha de cotejo, es una tabla de contenidos evaluados cuantitativamente que sirve para analizar si los indicadores formulados para cada uno de los contenidos se adecuan al proyecto que se va a realizar y permite la obtención de resultados adecuados tomando en cuenta el tiempo, el lugar y las necesidades de la investigación.

2.3.2. Tipos de tecnologías evaluadas

Para realizar el proceso de evaluación y elegir el tipo de tecnología adecuado para dar apoyo al lavador de gases de la caldera #10 de la CAVSA, fueron analizadas 3 propuestas, las mismas que se detallan en la tabla 4. Estas propuestas fueron evaluadas bajo los mismos parámetros.

Tabla 4

Tecnologías a evaluar

N.-	Tecnologías
1	Eliminador de niebla demister
2	Eliminador de niebla ciclón
3	Eliminador de niebla tipo chevron

Fuente: Elaboración propia.

2.3.3. Factores de Decisión

Para la selección de una de las propuestas se tomó en cuenta los siguientes factores de decisión: costos de mantenimiento y operación, calidad del aire, consumo de energía, área ocupada, facilidad de uso e implementación.

A estos factores se asignó un peso relativo en base a su importancia, el puntaje más alto fue de 3, el cual indica un alto grado de incidencia. Seguido el 2, nivel intermedio que puede o no tener incidencia. Y finalmente 1, el cual indica que no tiene gran incidencia al momento de la selección de la adecuada propuesta.

Tabla 5

Peso relativo de los factores de decisión

Factor de decisión	Peso relativo
Costos de mantenimiento y operación	3
Calidad del aire	3
Consumo de energía	2
Área ocupada	1
Facilidad de uso e implementación	2

Fuente: Elaboración propia.

2.3.4. Matriz de Evaluación

Una vez determinado las tecnologías a evaluar, así como los factores de decisión y su peso relativo se estableció la ficha de cotejo (Tabla 6). Las tres tecnologías en base al factor de decisión fueron puntuadas en una escala del 1 al 5, el cual es asignado acorde a valoraciones deducidas por lo investigado anteriormente, también tiene un puntaje total que proviene de la multiplicación de la puntuación asignada por el peso relativo de cada factor de decisión, esto llevó a que a través de la sumatoria se obtenga un margen de error mínimo permitiendo que escoja la opción más adecuada y viable que en el caso de la presente investigación fue el eliminador de niebla tipo chevron, puesto que con un puntaje total de 52 obtuvo la mayor puntuación en base a los aspectos técnicos analizados.

Tabla 6

Tabla de Cotejo

		Propuestas					
		Eliminador de niebla demister		Eliminador de niebla ciclón		Eliminador de niebla tipo chevron	
Factor de decisión	Peso relativo	Puntaje (1-5)	Puntaje total	Puntaje (1-5)	Puntaje total	Puntaje (1-5)	Puntaje total
Costos de mantenimiento y operación	3	3	9	4	12	5	15
Calidad del aire	3	4	12	4	12	5	15
Consumo de energía	2	5	10	1	2	4	8
Área ocupada	1	4	4	3	3	4	4
Facilidad de uso e implementación	2	4	8	3	6	5	10
		Suma	43	Suma	35	Suma	52

Fuente: Elaboración propia.

Luego de hacer la comparativa y analizar por medio de indicadores, se eligió el equipo adicional adecuado para la propuesta que se va a diseñar. En base a las características del lavador de gases, se determinó mejorar la captura de ceniza con dispositivos económicos de fabricar, fácil instalación y mantenimiento, el estudio menciona que “los eliminadores de niebla son ampliamente usados en la industria de químicos, aceite y gases, para capturar las gotas de líquido del flujo de un gas o vapor, otra de las razones del uso de eliminadores de niebla es para restringir las emisiones de contaminantes al medio ambiente, para prevenir daños por corrosión de equipos” (Galletti, Brunazzi, & Tognotti, 2008, págs. 5639-5652).

CAPÍTULO 3

3. PROPUESTA DE SOLUCIÓN

Después de un exhaustivo análisis y en base a lo expuesto en los capítulos 1 y 2 con información tipo documental y de campo del presente trabajo de investigación, la propuesta tecnológica que se hace para este proyecto es el diseño de un lavador de gases del caldero acuatubular #10 de la CAVSA, que en referencia a lo expuesto será un eliminador de niebla de tipo chevron, por las cualidades que aporta ya que según los resultados es de mayor factibilidad y, además ayuda a reducir las emisiones de material particulado al medio ambiente.

El eliminador de niebla se debe ubicar antes de la salida de los gases, para mitigar las emisiones de material particulado, el mismo consiste en aspas con un perfil definido el cual se adapta a los requerimientos del sistema de lavado de gases.

Los requerimientos del sistema de lavado de gases son:

El manejo de partículas en una proporción del 5% de la cantidad de partículas (ceniza) emitidas por la combustión de bagazo, debido a que el caldero # 10 no trabaja al 100% de generación de vapor y lo hace en capacidades menores, no se posee un valor determinado de la cantidad de ceniza que se genera por la combustión, como dato referencial de la cantidad de ceniza con el caldero al 100%. El estudio realizado en noviembre de 1996 por la compañía Análisis Ambiental de Cali, arrojaron los siguientes resultados:

Emisión de partículas: 891,29 kg/hora

Flujo de gases condiciones chimenea: 265.398,5 m³/hora

Temperatura de gases: 396,8 °F (202,67 °C)

Considerando el 100% de generación de vapor por parte del caldero, tenemos que la emisión de partículas en un 5% es alrededor de 44,56 kg/hora, lo cual, multiplicado por las horas de zafra, se tiene aproximadamente 192.518,64 kg emitidos al medio ambiente.

Actualmente el caldero tiene un rango de trabajo durante la zafra de entre el 25% al 60% de generación de vapor por lo que la emisión de ceniza es menor, ocasionando el aumento de las emisiones de inquemados debido al caldero ineficiente, cuando no trabaja al 100%.

3.1. Caracterización de las duchas

Para realizar la caracterización de las boquillas la información fue facilitada por parte del tutor del trabajo de investigación, se deberá trabajar con una bomba de lavado de gases de 1666 l/m accionada por un motor eléctrico de 40 HP y presión nominal de salida de 70 Psig, a la descarga del impulsor de la bomba existe una brida que une el impulsor con la válvula de salida, donde existe una toma de $\text{Ø } \frac{1}{2}$ " NPT para la colocación de un manómetro, por tanto, se utilizó dicha instalación incrementando el diámetro de la tubería y accesorios a $\text{Ø } 1$ " NPT. Con un reductor de acero de diámetros de $\text{Ø } \frac{1}{2}$ " a $\text{Ø } 1$ ", acoplando una válvula y manómetro antes de la salía del rociador de prueba para observar la presión, así se definió el patrón del cono, en base a las pruebas se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 7

Caracterización de duchas de lavado

Presión [Psi]	Radio de cono [cm]	Altura [cm]	Espesor de cono[cm]
20	53,34	50	17,78
	83,82	100	17,78
	119,38	157	17,78
30	53,34	50	20,32
	83,82	100	20,32
	116,84	157	20,32
40	53,34	50	20,32
	83,82	100	20,32
	116,84	157	20,32
56	53,34	50	22,86
	83,82	100	22,86
	119,38	157	22,86

Fuente: Elaboración propia.

Las características físicas de las boquillas de lavado son: el diámetro nominal de la esfera es de 100 mm con un espesor de chapa de 3 mm, además posee un diámetro de boquilla de 14 mm, la tubería excéntrica de ingreso de agua es de $\text{Ø } \frac{3}{4}$ " con célula SCH 80 para generar un flujo tangencial, la cual genera el cono. Ver figura 2 y figura 3:



Figura 2

Vista de tubería de $\frac{3}{4}$ " de boquillas



Figura 3

Vista de orificio descarga de boquillas

De acuerdo con los datos obtenidos en la tabla 7, el cono formado por la boquilla de prueba se muestra en la figura 4, en la siguiente figura se observa que la forma del cono no varía significativamente a diferentes presiones.

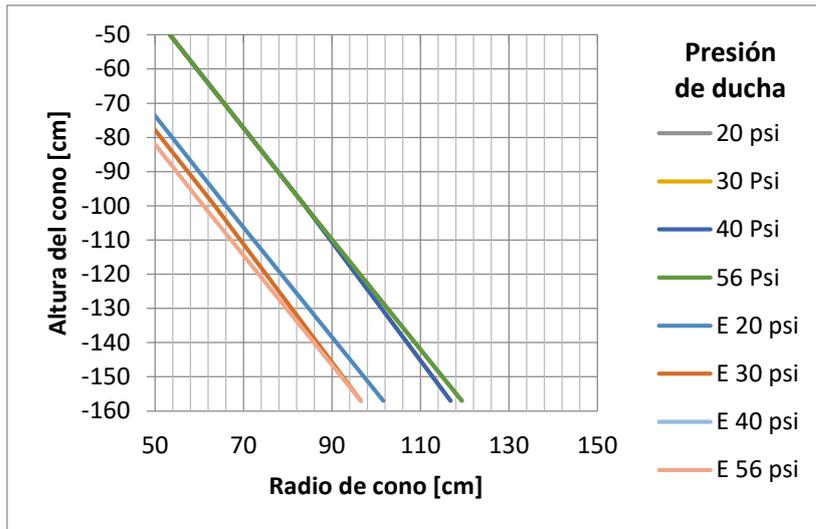


Figura 4

Representación gráfica del perfil del cono formado por el rociador a diferentes presiones

Fuente: Elaboración Propia.

En la figura 4 se observa el perfil del cono, tanto el diámetro interno como externo, los datos presentados están desde una altura -50 cm, tomando como sistema de referencia el cero en la boquilla de la ducha. Debe existir una diferencia considerable entre la velocidad de los gases y la velocidad de las gotas de agua.

El tamaño de las gotas es inversamente proporcional a la presión de salida, a mayor presión menor tamaño de gotas por lo tanto se encontró la presión adecuada de trabajo para mantener la velocidad relativa en valores altos. La presión ideal para la formación del cono en la boquilla está entre los 30 y 40 Psi.

3.2. Softwares usados AutoCAD y SolidWorks

Para la realización del diseño se usó programas como AutoCAD y SolidWorks, que son habitualmente usados para crear dibujos técnicos, más usados por ingenieros, tecnólogos y personas dedicadas al diseño gráfico.

En el caso de AutoCAD es usado para diseñar, CAD en inglés quiere decir *Computer Aid Design*, en el programa se pueden crear una variedad de diseños técnicos, en 2D y 3D, planos, objetos, etc.



Figura 5

Autores: Autodesk

Por su parte el SolidWorks es un software CAD, en donde se puede crear modelados mecánicos en 2D y 3D, es un recurso muy útil que permite de la manera más moderna hacer diseños en 3D, esta herramienta es comúnmente utilizada en el área de ingeniería y diseño.



Figura 6

Autores: SolidWorks

3.3.Pasos para la elaboración del diseño

“Dependiendo de los parámetros de diseño en los cuales está basado el eliminador de niebla chevron, colectará el 100% de todas las gotas en el rango de tamaño entre 10-40 micras de diámetro, este tipo de eliminador de niebla es preferible en aplicaciones donde se involucre altas velocidades de gases y se requiera una baja caída de presión” (Galletti, Brunazzi, & Tognotti, 2008, págs. 5639-5652).

Para el diseño del eliminador de niebla se tomó en cuenta varios aspectos de acuerdo a las condiciones de trabajo del mismo, como son las condiciones de operación del lavador de gases, el flujo de gases que ingresan y que salen, los datos referenciales de las eficiencias de recolección con un perfil determinado de acuerdo al modelo del eliminador de niebla, facilidad de limpieza y mantenimiento.

A continuación, se detallan las dimensiones y especificaciones técnicas del soporte estructural del eliminador de niebla tipo chevron. El perfil seleccionado para la propuesta tiene como referente el diseño de (Estados Unidos Patente n° 6.083.302, 2000), para el cual los autores realizaron pruebas para determinar la eficiencia de recolección que posee el perfil.

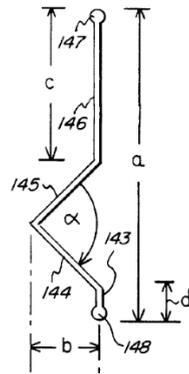


Figura 7

Nomenclatura de las dimensiones del perfil para eliminador de niebla

Fuente: (Estados Unidos Patente nº 6.083.302, 2000).

En la figura 7 se puede visualizar el perfil del eliminador de niebla de una etapa y dos pases, los pases son definidos por el ángulo alfa “ α ”, ancho de perfil denotado con la letra “b”, y una extensión de salida expresada por la letra “c”. Para el diseño del perfil las dimensiones están relacionadas, por lo que el perfil diseñado posee las siguientes dimensiones.

Tabla 8

Dimensiones del perfil de las láminas para el eliminador de niebla.

Nomenclatura	Dimensiones [mm]
a	230,89
b	56,31
c	114,37
d	22,52

Fuente: Elaboración propia.

Para el diseño del módulo del eliminador de niebla tipo chevron debe utilizar; plancha de acero inoxidable de 1/32'', tubería inoxidable de $\varnothing 3/8''$ y varilla inoxidable de $\varnothing 3/8''$. La longitud para el módulo es de 2778 mm * 1183,21 mm.

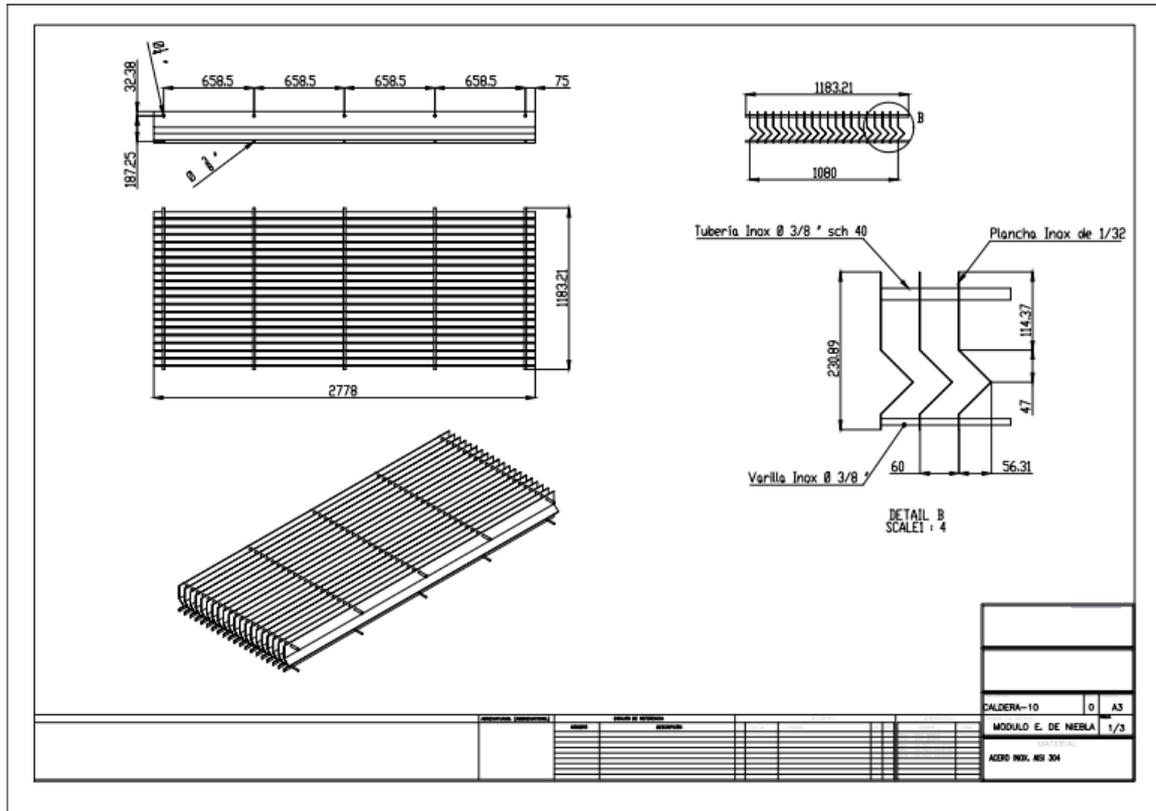


Figura 8

Módulo del eliminador de niebla.

En el diseño del marco para el módulo del eliminador de niebla se toma en cuenta las siguientes medidas 2784 mm * 1175,21 mm, en cuanto para el soporte del mismo se utiliza las siguientes medidas 2784 mm * 1107 mm.

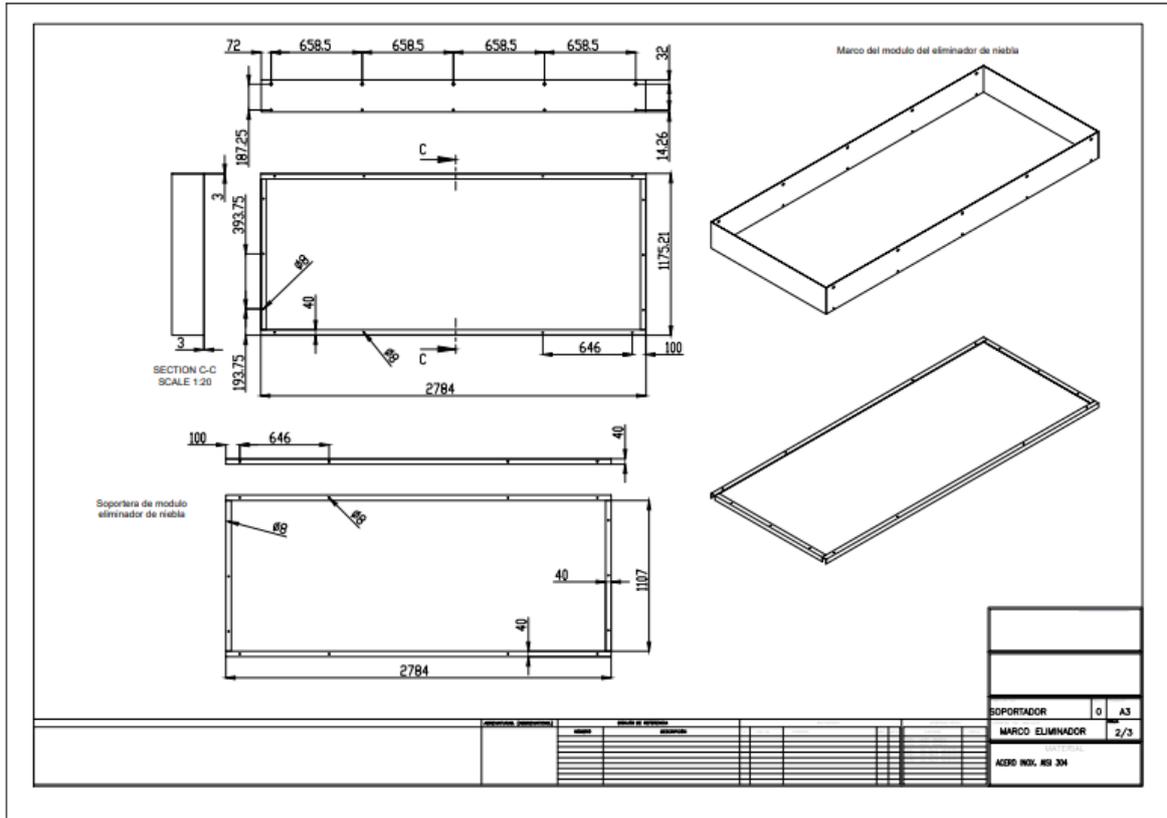


Figura 9

Marco y soporte del eliminador de niebla.

Una vez diseñado el módulo, marco y soporte del eliminador de niebla se debe proceder a realizar el ensamble, en la figura 10 se puede apreciar en el lugar que se debe ubicar el mismo, en el lavador de gases.

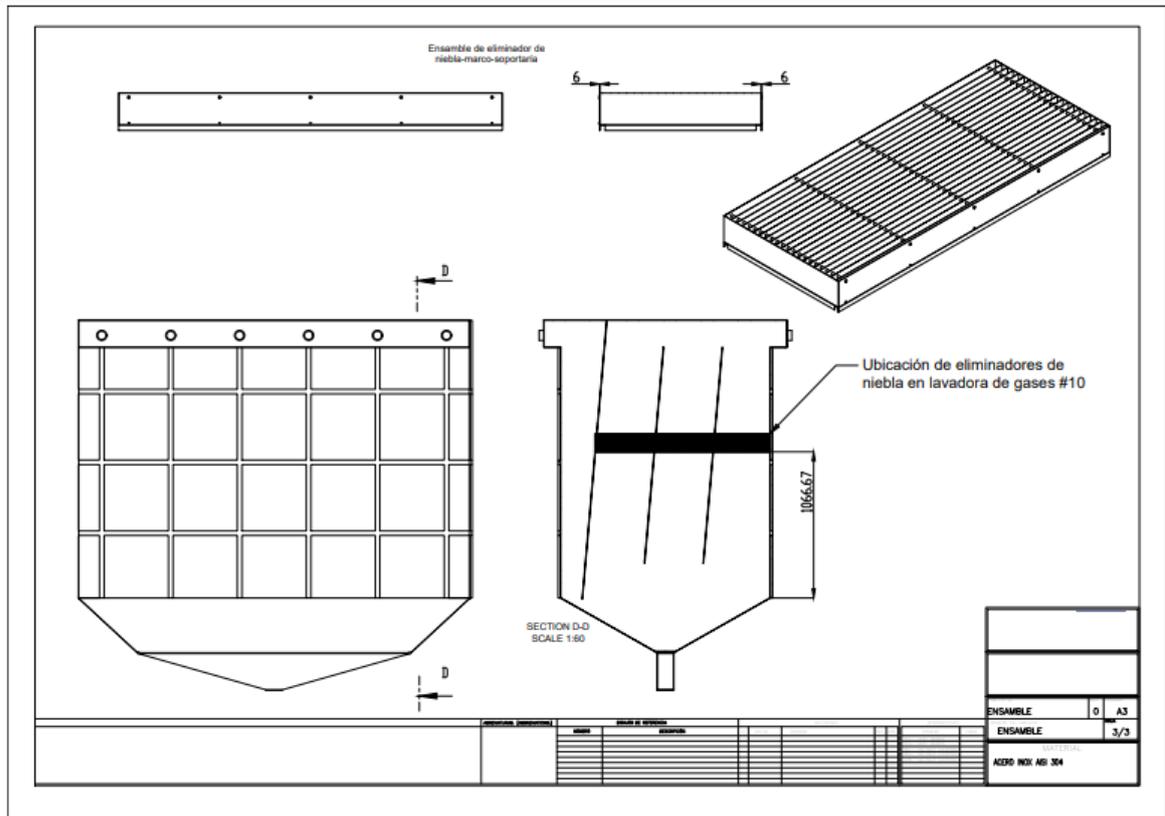


Figura 10

Ensamble del módulo, marco y soporte del eliminador de niebla.

3.5.Resultados deseados

La figura 13 representa los resultados de las pruebas, para un flujo de aire vertical, es decir los resultados de la eficiencia de colección de gotas de agua, la configuración analizada es de igual forma de dos etapas con dos pasos con extensión, representada en la figura 12 como “ABB 2 X 2+”

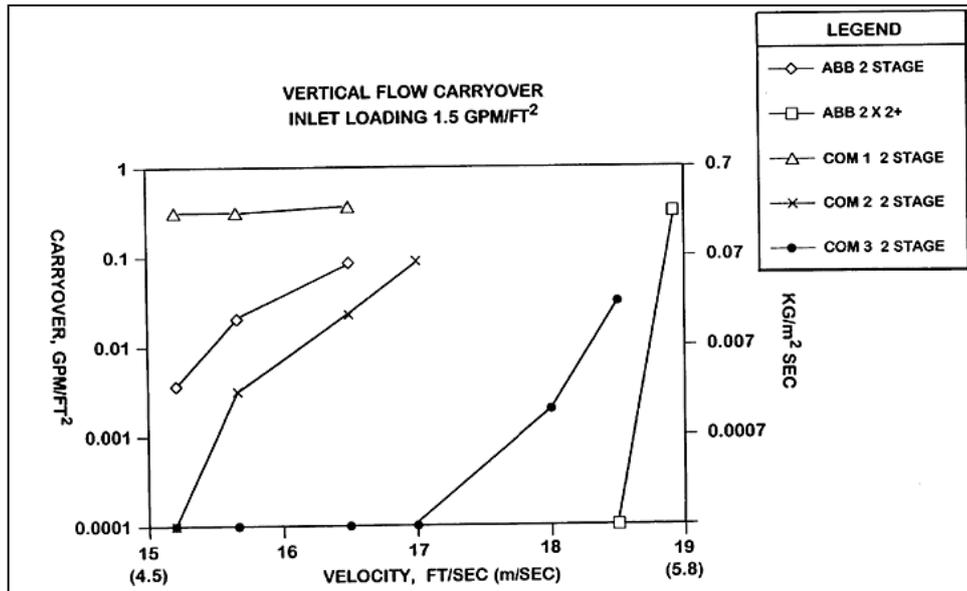


Figura 12

Representación gráfica del tests de realizado en el banco de prueba para flujo vertical

Fuente: (Estados Unidos Patente nº 6.083.302, 2000).

Los resultados obtenidos para los modelos en el flujo vertical indican que el eliminador de niebla de dos etapas con dos pasos con extensión (ABB 2 X 2+) tiene una eficiencia aproximada de 0,005 gpm/ft², tal como lo muestra la gráfica a una velocidad aproximada de 15,2 ft/s (4,62 m/s), nos indica que de la carga de 1,5 gpm/ft² de entrada, solamente el 0,005 gpm/ft² no es capturado por el eliminador de niebla.

Se estimó que de acuerdo con los resultados que se mostraron anteriormente, se utilizó una configuración de eliminador de niebla de 1 etapa de 2 pasos con extensión, para lo cual se estimó una eficiencia de recolección de 0,01 gpm/ft².

La carga a la cual estará sometido el sistema de eliminadores de niebla tipo chevron con la configuración de una etapa con 2 pasos se la determinó de la siguiente manera:

Carga de líquido: 440 gpm (1666 litros por min)

Área transversal de los eliminadores de niebla: 267 ft² (24.8051 m²)

Carga en gpm/ ft²: 1,65 (67,23 l/min*m²)

Tabla 9

Eficiencia de recolección

Carga de entrada (gpm/ft ²)	Carga de entrada (l/min*m ²)	Eficiencia (gpm/ft ²)	Eficiencia (l/min*m ²)	Porcentaje (%)
Estudio de Estados Unidos				
1,5	61,12	0,005	0,204	99,96
Resultados esperados en la propuesta				
1,65	67,23	0,01	0,407	99,39

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 9 se muestra los resultados deseados para el eliminador de niebla que se diseñó, el cual nos indica que tendría una eficiencia de recolección del 99.39%, con el cual se puede estar reduciendo de manera significativa las emisiones de material particulado a la atmósfera, así pues, se puede dar una solución a los habitantes aledaños a la CAVSA.

En la tabla 10 se comparará los datos obtenidos en el estudio realizado en el año 1996, con el porcentaje de eficiencia que se estima obtener si se añade el eliminador de niebla al lavador de gases del caldero acuatubular #10 de la entidad.

Tabla 10

Resultados esperados implementando el eliminador de niebla.

Emisión de partículas (kg/h)	Eficiencia %	Emisión de partículas a la atmósfera (kg/h)	Horas de zafra	Emisión de partículas en el periodo de zafra (kg/h)
Sin el eliminador de niebla				
891,29	95	44,5645	4320	192518,64
Con el eliminador de niebla				
891,29	99,39	5,436869	4320	23487,2741

Fuente: Elaboración propia.

3.6. Beneficiarios

Se ha clasificado dos tipos de beneficiarios que se alcanzaría si la propuesta del diseño de eliminador de niebla tipo chevron, sería implementado con la empresa.

- Compañía Azucarera Valdez S.A, esta entidad estaría obteniendo beneficios de manera directa, ya que como se sabe en algunas ocasiones ha tenido que parar sus actividades, debido a las quejas existentes de las personas que habitan en la zona aledaña a la empresa. Parar un día las actividades para la producción azucarera es una pérdida significativa para la entidad.

Cálculo para determinar las pérdidas monetarias que obtiene la entidad por un día de paro.

Producción de sacos de azúcar diario: 20000

Valor a la venta de cada saco de azúcar: 32\$

*Costo de parar el ingenio un día = 20000 (sacos) * 32(\$)*

Costo de parar el ingenio un día = 640000 \$

El caldero acuotubular #10 en el cual centramos nuestro estudio es aproximadamente el 25% al 60% de la generación de vapor, para los cálculos se tomó en cuenta el porcentaje menor. De esta manera calculamos cual es el costo de parar un día a dicho caldero.

*Costo de parar un día el caldero #10 = 640000 * 25%*

Costo de parar un día el caldero #10 = 160000 \$

Si tomamos como referencia el valor obtenido, el mismo determina lo que cuesta parar un día el caldero acuotubular #10 por asuntos ambientales. Al cual lo podemos tomar como un ingreso, si con la propuesta realizada se lograría reducir las emisiones de material particulado a la atmósfera.

- Pobladores, alrededor de 3000 familias son las que habitan en el barrio los Chirijos, donde está ubicada la entidad, más de 15000 personas estarían obteniendo beneficios de manera indirecta, si la propuesta fuera implementada por la entidad, y si se logra reducir los niveles de emisión del particulado. Estos habitantes podrán vivir en un ambiente más saludable.

3.7. Estimación de costos

El siguiente apartado consta las tablas de los costos de mano de obra, el costo de los materiales, el costo total de la propuesta, el análisis de costos VAN y TIR, y finalmente el Playback o tiempo de retorno de la inversión. En el caso que la CAVSA decidiera implementar la propuesta diseñada.

En la tabla 11, se evidencia los costos de la mano de obra, especificando cada actividad que se debe realizar, la cantidad de veces, el peso que se maneja en cada acción, el peso total, el costo promedio por actividad, y el costo total.

Tabla 11

Costos de la mano de obra del eliminador de niebla.

Mano de obra para el eliminador de niebla de dos pasos con ext.					
Descripción	Unidad	Peso unitario (kg)	Peso total (kg)	Costo promedio (\$)	Costo total (\$)
Trazado y montaje de aspas de eliminador de niebla de 1/32" x 0.305 m x 2.779	180	5,29	952,20	0,80	761,76
Doblaje de aspas para formar perfil de 1/32" (según plano)	540	5,29	2856,60	0,25	714,15
Perforación de agujeros para tubería de Ø3/8" en aspas (según plano)	855	1,00	855,00	0,25	213,75
Perforación de agujeros para varilla de Ø3/8" en aspas (según plano)	855	1,00	855,00	0,25	213,75
Trazado y montaje de tuberías Inox de soporte para aspas de eliminador de niebla de 3/8" cedula 40 x 1.169 m	9	4,90	44,10	1,60	70,56
Trazado y montaje de varilla Inox de soporte para aspas de eliminador de niebla de 3/8" 1.169 m	9	2,19	19,71	1,60	31,54
Trazado y montaje de marco de	9	65,18	586,60	0,80	469,28

soporte de eliminador de niebla de
0,231 m x 2.785 m x 1.179 m (según
planos)

Trazado y montaje de soporte de

eliminadores de niebla con ángulo de 9 14,64 131,79 0,80 105,43
40 mm Inox.

Total
(kg) **6301,00** **Total (s)** **2580,22**

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 12, se indica los materiales necesarios para construir el diseño del eliminador de niebla, la cantidad, el precio, el costo por pedir y el total de los materiales.

Tabla 12

Materiales para el diseño del eliminador de niebla.

Materiales para el eliminador de niebla de dos pasos con ext.

Descripción	Cantidad	Precio (\$ c/u)	Total	Costo promedio de pedir (\$)	Costo total (\$)
Planchas Inox AISI 304 4'x 8' por 1/32"	180 kg	5,29	952,20	3,05	2901,35
Planchas Inox AISI 304 de 1/8"	9 kg	65,18	586,60	3,17	1858,94
Tubería Inox AISI 304 de 3/8" cedula 40	9 kg	5,85	52,61	6,73	354,03
Varilla Inox AISI 304 1/4"	9 kg	2,19	19,71	0,99	19,51
Ángulo de 40 x 40 x 4 mm	9 m	7,91	71,17	10,17	723,82
Total (\$)					5857,66

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 13, se muestra el valor que un contratista cobra por cada kg de material ocupado, con un impuesto del 10%, para obtener el valor total monetario, que se necesita para implementar la propuesta.

Tabla 13

Costo total de la propuesta.

Equipo	Total (kg)	Costo unitario (\$)	Costo total (\$)
Mano de obra para el eliminador de niebla de dos pasos con ext.	6.301,00	\$ 0,41	\$ 2.580
Materiales para el eliminador de niebla de dos pasos con ext.	1,00	\$ 5.857,66	\$ 5.858
Subtotal	6.301,00		\$ 8.438
10%			\$ 844
Total			\$ 9.282

Fuente: Elaboración propia.

3.7.1. Análisis de costos VAN y TIR

Para realizar dicho análisis de costos debemos tener en consideración los siguientes aspectos, a cuantos años deseamos proyectar la inversión, los ingresos, los egresos y la tasa de descuento. Como ingresos tenemos el costo que tiene para un día el caldero acuatubular #10 que es 160000 \$, y para determinar los egresos sabemos que el costo de producción de cada saco de azúcar es el 65% del valor a la venta del mismo. Los cálculos se realizan para un periodo de 5 años. Entonces:

Tabla 14

Datos para determinar el VAN y TIR.

Datos	
Inversión inicial	9282
Tasa de descuento	12%

Ingresos	160000
Egresos	104000

Fuente: Elaboración propia.

El cálculo del VAN y TIR se realizó mediante fórmulas directas en Excel.

$$VAN = BNA - Inversión$$

Donde, BNA es la suma del valor actual del flujo de caja, el cual es actualizado a través de la tasa de descuento.

$$Valor\ actual\ del\ flujo\ de\ caja = \frac{Flujo\ de\ efectivo\ neto}{(1 + Tasa\ de\ descuento)^{Periodo}}$$

Tabla 15

Cálculo del VAN y TIR.

Periodo	Ingresos	Egresos	Flujos de efectivo neto	Valor actual del flujo de caja
0			-9282	-9282
1	32000	20800	11200	10000
2	32000	20800	11200	8928,57
3	32000	20800	11200	7971,94
4	32000	20800	11200	7117,80
5	32000	20800	11200	6355,18
Beneficio neto actualizado (BNA)				40373,49
Valor actual neto (VAN)			\$ 31091,49	
Tasa interna de retorno (TIR)			95%	

Fuente: Elaboración propia.

Resultados:

En este caso el VAN es un valor positivo el cual nos indica la ganancia que se obtendrá luego de descontar la inversión inicial. Es decir, el proyecto es viable.

La tasa interna de retorno (TIR) nos indica que nuestro proyecto tiene una tasa de rentabilidad del 95%.

3.7.2. Análisis del Playback o periodo de recuperación

Este análisis nos permite conocer el tiempo estimado en que se recuperaría la inversión inicial.

Tabla 16

Periodo de recuperación de la inversión.

Periodo	Valor actual del flujo de caja	Acumulado
0	-9282	
1	10000	10000
2	8928,57	18928,57
3	7971,94	26900,51
4	7117,80	34018,31
5	6355,18	40373,49
Periodo de recuperación		0,92 años

Fuente: Elaboración propia

Resultados:

En este caso se estima que el periodo de recuperación de la inversión inicial será en 11 meses y un día.

CONCLUSIONES

- En conclusión, es posible mejorar la eficiencia del lavador de gases de la caldera acuotubular #10, en base a los estudios realizados se ha determinado que, con la ayuda de un eliminador de niebla colocado antes de la salida de gases se puede incrementar la captación de material particulado.
- Para el mejoramiento de la eficiencia de los lavadores de gases, se tomaron en cuenta fundamentaciones teóricas, aplicadas fuera del territorio nacional, esto nos ayudó a conocer diferentes métodos que se utilizan para mejorar la eficiencia de un lavador de gases, emplear el más factible según el medio.
- Desde un principio se trabajó con el sistema del lavador de gases por vía húmeda, fue indispensable conocer las variables que estuvieron en el sistema como son; tipo y cantidad de contaminante que se produce al salir al medio ambiente.
- Una vez conocido los tipos de tecnología por medio de un análisis exhaustivo, se determinó un eliminador de niebla tipo chevron que trabaje junto con el lavador de gases de la caldera acuotubular #10, este sistema fue el más favorable para ayudar a la colección de partículas.
- El diseño del eliminador de niebla que se propone, puede obtener una eficiencia de colección de partículas aproximadamente del 99,39%, es decir, reducir en un 4,39% la emisión de material particulado a la atmósfera.

RECOMENDACIONES

Considerando los aspectos más importantes y que pueden ayudar al crecimiento de esta investigación, es de vital importancia tomar en cuenta las recomendaciones que se presentan a continuación:

Aplicación

- Se recomienda a la Compañía Azucarera S.A que implemente el diseño propuesto en el presente trabajo de titulación, para que sus emisiones de material particulado a la atmósfera se mitiguen.

Investigaciones continuas

- Se recomienda a los estudiantes de ingeniería industrial continuar con este tipo de investigaciones, para ir contribuyendo y solucionando los problemas que existen en el sector.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anaya, J. (2015). Estimación mensual de emisiones por biomasa quemada para. *Tesis de Doctorado. Madrid, España:*, 17-20.
- Arciniégas, C. (2012). Diagnóstico y control de material particulado: Partículas suspendidas totales y fracción respirable. *Luna Azul*, 195-213. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/luaz/n34/n34a12.pdf>
- Bauver, W., Anderson, D., & Kingston, W. (2000). *Estados Unidos Patente n° 6.083.302*.
- Bernal, C. (2010). *Metodología de la Investigación para admimstración, economía, humanidades y ciencias sociales*. México: Pearson Educación.
- Domínguez, C., Bravo, H., & Sosa, R. (2014). Prevención, minimización y control de la contaminación ambiental en un ingenio azucarero de México. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, 549-560.
- Esquerre, J. E. (2016). Reducción del impacto ambiental de calderas bagaceras . *UNTELSCIENCIA-PERÚ*, 69-78.
- Faria, A. (1 de Julio de 2016). *Reacción de Combustión: ¿qué es?* Obtenido de Blog ESSS: <https://www.esss.co/es/blog/reaccion-de-combustion-que-es/>
- Freire, G. E. (2015). Diseño y Construcción de un separador ciclónico de entrada tangencial y descarga axial para material particulado de tamaño menor a 4 μm . *ESPOCH*, 32-104.
- Gadi, R. (2003). Emissions of SO₂ and NO_x from biofuels in India. 787-795.
- Galletti, C., Brunazzi, E., & Tognotti, L. (2008). A numerical model for gas flow and droplet motion in wave-plate mist eliminators with drainage channels. *Chemical Engineering Science*, 5639-5652.
- Galvis, C. (2008). *Optimización del sistema de generación de vapor de la empresa Incauca S.A.* . Obtenido de Universidad Autónoma de Occidente: <https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/6105/T04108.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Golato, M., Morales, W., Méndez, H., Feijóo, E., & Paz, D. (2012). Monitoreo de emisiones de material particulado de chimeneas de generadores de vapor de la industria azucarera en Tucumán, R. Argentina. *Rev. Ind. y Agríc. de Tucumán*, 11-19.
- Hernandez, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación*. México: McGraw-Hill.
- Intriago, G., & Sabando, T. (Noviembre de 2017). *Aprovechamiento del residuo del bagazo de la caña de azúcar (Shaccharum officinarum) para la obtención de alcohol, sitio Agua Fría, Junín*. Obtenido de Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí: <http://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/674/1/TMA153.pdf>
- León, T., Dopico, D., Triana, O., & Medina, M. (2013). Paja de la caña de azúcar. Sus usos en la actualidad. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, 13-22. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/2231/223128548003.pdf>
- MAVDT. (2008). *Protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire*. Bogotá: K2 Ingeniería Ltda. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/documents/51310/527391/Protocolo+para+el+Monitoreo+y+seguimiento+de+la+calidad+del+aire.pdf/6b2f53c8-6a8d-4f3d-b210-011a45f3ee88>
- Mendez, J. (2010). Estimación de factores de emisión de material particulado suspendido antes, durante y después de la pavimentación de una pavimentación. *Scielo*, 23-25.
- Ministerio de Ambiente. (Septiembre de 2011). *Instructivo y Formato para el Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes*. Obtenido de <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/10/INSTRUCTIVO-Y-FORMATO-DEL-RETC.pdf>
- Montenegro, I., & Moncayo, A. (8 de Febrero de 2006). *Diseño y construcción de un prototipo de sistema para reducir la concentración de SO₂ de los gases de cola generados en el proceso de desulfurización del refinamiento de crudo en la Refinería Estatal Esmeraldas*. Obtenido de Escuela Politécnica del Ejército: <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/826/T-ESPE-014414.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Odar, D. (2019). *Diseño de un lavador de gases para determinar la disminución del material particulado de la caldera acuotubular n°06 en Agroindustrial Pomalca*. Obtenido de Universidad César Vallejo: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/36536/Pacherres_OD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Orozco, B. (2016). *Ajuste de los parámetros de combustión en la caldera de la compañía eléctrica de Sochagota S.A. E.S.P. - Termopapipa IV para buscar una reducción en los niveles de NOx*. Obtenido de Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia: https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/2703/1/TGT_1324.pdf
- Pacherrez, D. (2019). "Diseño de un lavador de gases para determinar la disminución del material particulado de la caldera acuotubular N°06 en Agroindustrial Pomalca". *"Tesis para obtener el título profesional de: Ingeniero Mecánico Eléctricista"*. UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO, Chiclayo-Perú.
- Perez, F. (2000). Realidad acerca del uso de los residuos de la caña de azúcar como combustible en la industria azucarera cubana durante los 20 años. *Folleto Delegación*, 88-206.
- Prendez, M. (2017). Características de los contaminantes atmosféricos. *Universidad de Chile, Santiago*, 19.
- Quintana, C. (2010). Impacto ambiental debido a la combustión de biomasa cañera en la *Centro Azucar*, 86-230.
- RAE. (2021). *Definición de bagazo*. Obtenido de Asociación de Academias de la Lengua Española: <https://dle.rae.es/bagazo>
- Reinosa, M., Canciano, J., Hernández, A., Ordoñez, Y., & Figueroa, I. (2015). Huella de carbono en la industria azucarera. Caso de estudio. *Tecnología Química*. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852018000200020
- Sanchez, I. (2016). 1. Determinación de metales pesados en suelos de Mediana del Campo. *Universidad de Valladolid. España.*, 29-19.
- Torkar, S., & Golato, M. (2018). Mejora en el lavado de gases efluentes por chimenea de una caldera de vapor bagacera con la implementación de un sistema de control asociado.

- VI Congreso argentino de Ingeniería Mecánica, 1-11. Obtenido de <https://caim2018.com.ar/gestor/wp-content/uploads/2018/10/122.pdf>
- TULSMA. (2016). *Norma Vigente de la Republica del Ecuador, Norma de emisiones al aire desde fuentes fijas de combustión, Libro VI ANEXO 3*. Obtenido de <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu112182.pdf>
- Valladares, M. (2018). Huella de carbono en la industria azucarera. Caso de estudio. *Scielo* , 3-6.
- Vizueta, J., & Martínez, E. (2013). *Implementación de un nuevo sistema de tratamiento de agua con ceniza proveniente de los lavadores de gases de combustión de las calderas del Ingenio San Carlos*. Obtenido de Repositorio ESPOL: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwj7osX8nMzvAhVqRzABHVD7BrAQFjALegQIHxAD&url=https%3A%2F%2Fwww.dspace.espol.edu.ec%2Fbitstream%2F123456789%2F24603%2F1%2FFIMCP_Implementacion%2520de%2520un%2520nuevo%2520sisema%2520de
- VYC, I. (24 de 07 de 2017). *Calderas de vapor Pirotubulares y Acuotubulares*. Obtenido de <https://vycindustrial.com/calderas-de-vapor-pirotubulares-y-acuotubulares/>
- ZOZEN. (15 de 03 de 2021). *Info Zozen*. Obtenido de <https://es.zozen.com/conoce-el-principio-de-funcionamiento-de-las-calderas-acuotubulares/#:~:text=%C2%BFConoce%20el%20principio%20de%20funcionamiento%20de%20las%20calderas%20acuotubulares%3F,-07%20Feb%202020&text=La%20circulaci%C3%B3n%20del%20agua%2C%20en>
- Zuleiqui, G. U. (2005). Estudio del impacto ambiental del uso del bagazo como fuente de energía en centrales azucareros en Cuba. Estudio de caso “MELANIO HERNÁNDEZ”. *Universidad de Girona* , 86-230 .

ANEXOS

Encuesta de Consideraciones sobre la Contaminación Ambiental en el Cantón

Milagro

De forma adicional se estableció dentro de la investigación de campo la aplicación de una encuesta utilizada como herramienta para establecer criterios de consideración para la propuesta a presentarse, para este fin se encuestó a personas mayores de 20 años de manera virtual mediante Google drive, que viven en los alrededores de la CAVSA, aplicado a 248 personas que cumplieron con el perfil y que colaboraron con el estudio.

La mencionada encuesta tuvo 10 preguntas de carácter objetivo, las cuales se formularon con la finalidad de sustentar el problema ambiental existente en la zona en la que está ubicada la compañía azucarera.

Cuestionario:

1. ¿Cree usted que la Compañía Azucarera Valdez S. A. ha contribuido al desarrollo local?
 - Si
 - No
2. ¿Sabe usted que es el periodo de zafra?
 - Si
 - No
 - Tal vez
3. ¿En qué periodo de producción de la Compañía Azucarera Valdez S. A. considera usted que se genera mayor presencia de contaminación en el cantón Milagro?
 - Zafra
 - Durante todo el año
4. ¿Qué tipo de material sólido emitido por la Compañía Azucarera Valdez S. A. está más presente en su entorno?
 - Ceniza
 - Arena
 - Inquemados de bagazo

5. ¿Cree usted que los gases emitidos por la Compañía Azucarera Valdez S. A. en el cantón Milagro influyen en la degradación del medio ambiente?
- Si
 - No
 - Tal vez
6. ¿Cree usted que ha incrementado la contaminación del aire- ambiente en el Cantón Milagro?
- Si
 - No
 - Tal vez
7. ¿Considera usted que las emisiones de ceniza e inquemados por la Compañía Azucarera Valdez S. A. afecta al medio ambiente?
- Si
 - No
 - Tal vez
8. ¿Considera usted que las emisiones de ceniza e inquemados por la Compañía Azucarera Valdez S. A. afecta a su salud?
- Si
 - No
 - Tal vez
9. ¿Considera usted que la contaminación del aire- ambiente ha causado malestar en su salud?
- Si
 - No
10. ¿Cree usted que la Compañía Azucarera Valdez S. A. realiza acciones para mitigar la contaminación emitida por la misma institución?
- Si
 - No
 - Tal vez

Donde se encontró los siguientes resultados:

Tabla 17

Pregunta 1.

¿Cree usted que la Compañía Azucarera Valdez S. A. ha contribuido al desarrollo local?	Frecuencia	Porcentaje
Si	217	87,5%
No	31	12,5%
Total	248	100%

Fuente: Elaboración propia.

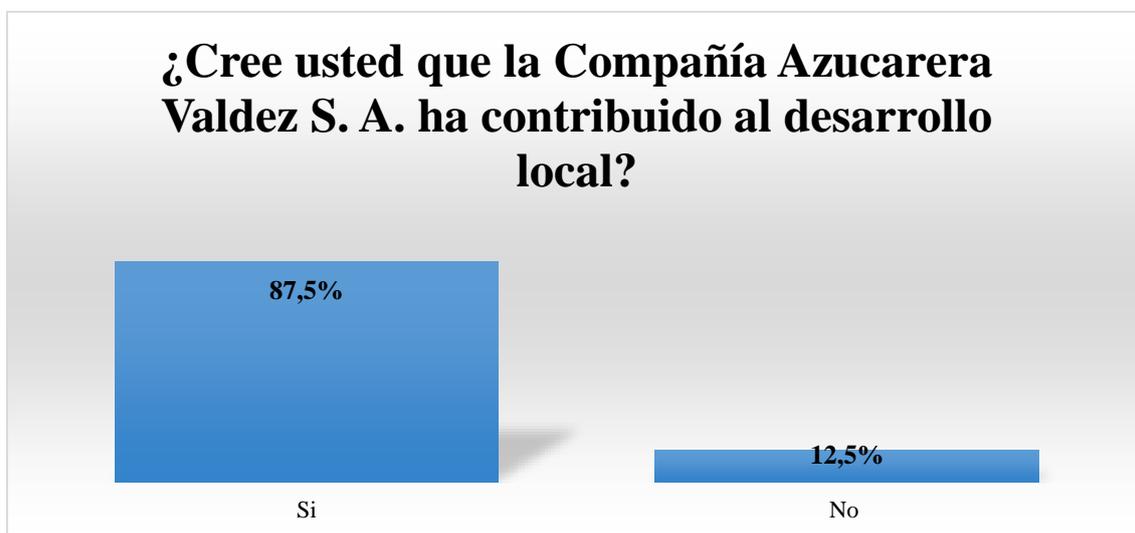


Figura 13

Contribución de la Compañía Azucarera Valdez S. A. al desarrollo local.

Fuente: Elaboración propia.

Análisis e interpretación:

De las personas encuestadas, se encontró que el 87,5% considera que la Compañía Azucarera Valdez S. A. ha contribuido al desarrollo local, mientras que el 12,5% considera que no lo ha hecho, lo cual menciona la importancia de la empresa dentro del sector.

Tabla 18

Pregunta 2.

¿Sabe usted que es el periodo de zafra?	Frecuencia	Porcentaje
Si	217	87,5%
No	31	12,5%
Tal vez	0	0,0%
Total	248	100%

Fuente: Elaboración propia.

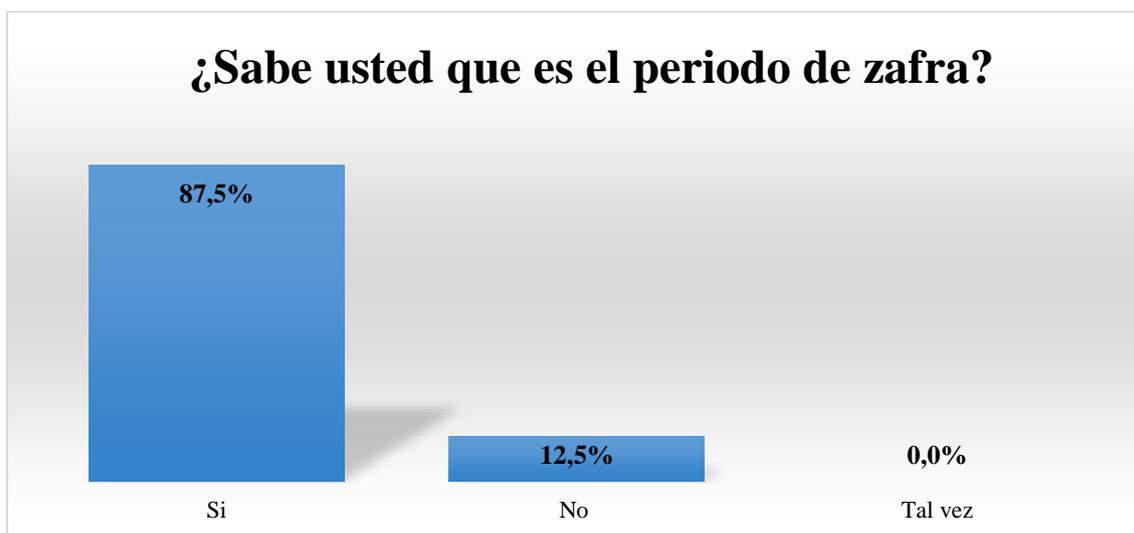


Figura 14

Porcentaje de individuos que conocen lo que es el periodo de zafra.

Fuente: Elaboración propia.

Análisis e interpretación:

De las personas encuestadas, se encontró que el 87,5% sabe que es el periodo de zafra, mientras que el 12,5% considera que no lo sabe, lo cual determina la importancia de socializar a los moradores de la zona para que sepan y estén vinculados a la empresa.

Tabla 19

Pregunta 3.

¿En qué periodo de producción de la Compañía Azucarera Valdez S. A. considera usted que se genera mayor presencia de contaminación en el cantón Milagro?	Frecuencia	Porcentaje
Zafra	155	62,5%
Durante todo el año	93	37,5%
Total	248	100%

Fuente: Elaboración propia.

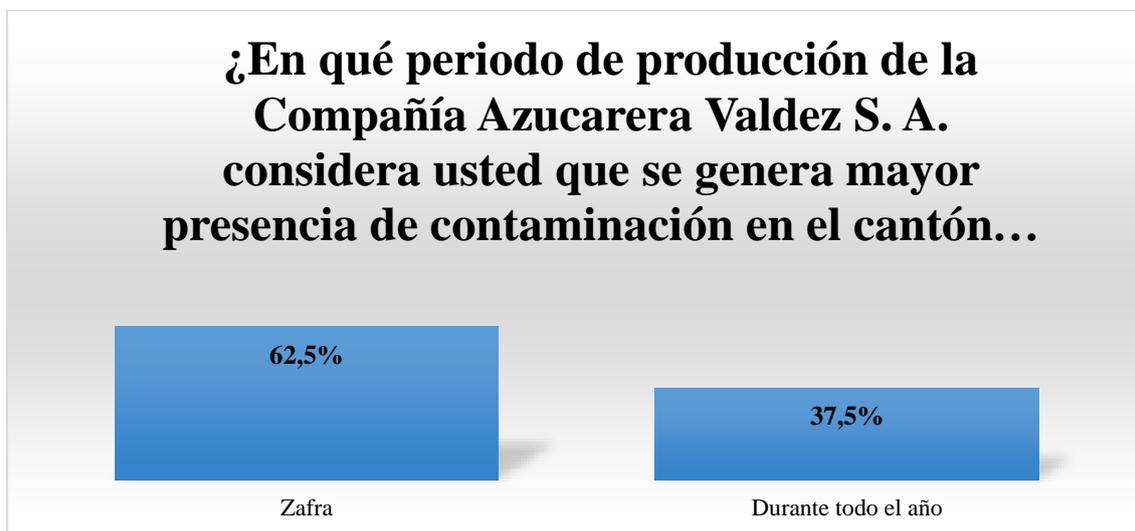


Figura 15

Periodo en el cual se nota más la contaminación en Milagro.

Fuente: Elaboración propia.

Análisis e interpretación:

De las personas encuestadas, se encontró que el 62,5% considera que se genera mayor presencia de contaminación en el cantón Milagro en el periodo de Zafra mientras que el 37,5% considera que es durante todo el año la presencia de contaminación en el Cantón, lo cual muestra la importancia de que la propuesta esté establecido de forma permanente no únicamente en periodos claves.

Tabla 20

Pregunta 4.

¿Qué tipo de material sólido emitido por la Compañía Azucarera Valdez S. A. está más presente en su entorno?	Frecuencia	Porcentaje
Ceniza	72	29,2%
Arena	10	4,1%
Inquemados de bagazo	165	66,7%
Total	248	100%

Fuente: Elaboración propia.

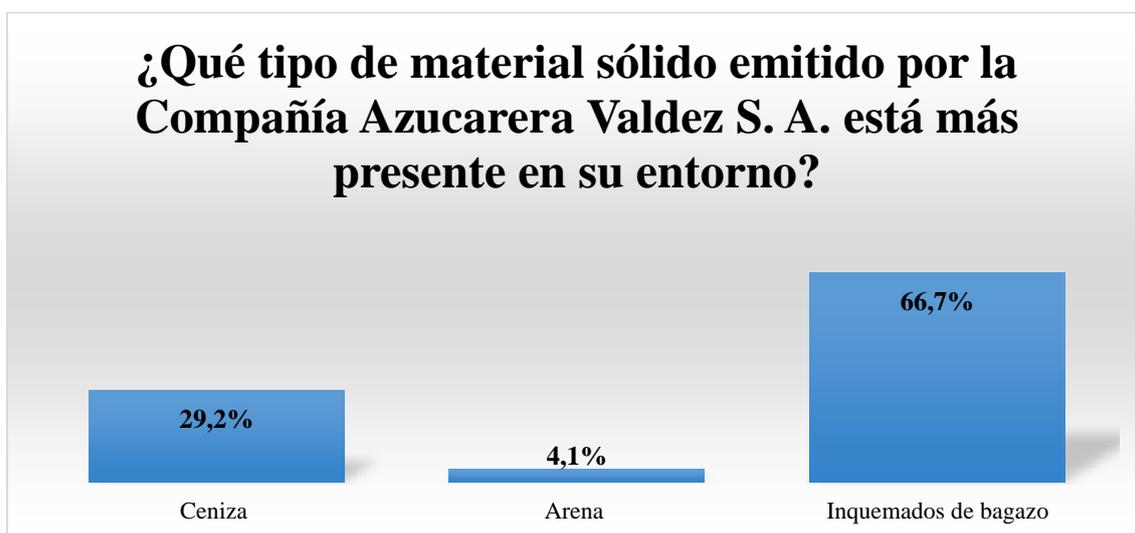


Figura 16

Materiales sólidos emitidos por la Compañía Azucarera Valdez S.A.

Fuente: Elaboración propia.

Análisis e interpretación:

De las personas encuestadas, se encontró que el 66,7% considera que el inquemados de bagazos son el tipo de material sólido emitido por la Compañía Azucarera Valdez S. A. está más presente en su entorno, el 29,2% considera que el tipo es la ceniza mientras que el 4,1% considera que es la arena. Donde se identifica claramente que el inquemado de bagazos son los desechos mayormente problemáticos.

Tabla 21

Pregunta 5.

¿Cree usted que los gases emitidos por la Compañía Azucarera Valdez S. A. en el cantón Milagro influyen en la degradación del medio ambiente?	Frecuencia	Porcentaje
Si	186	75,0%
No	0	0,0%
Tal vez	62	25,0%
Total	248	100%

Fuente: Elaboración propia.

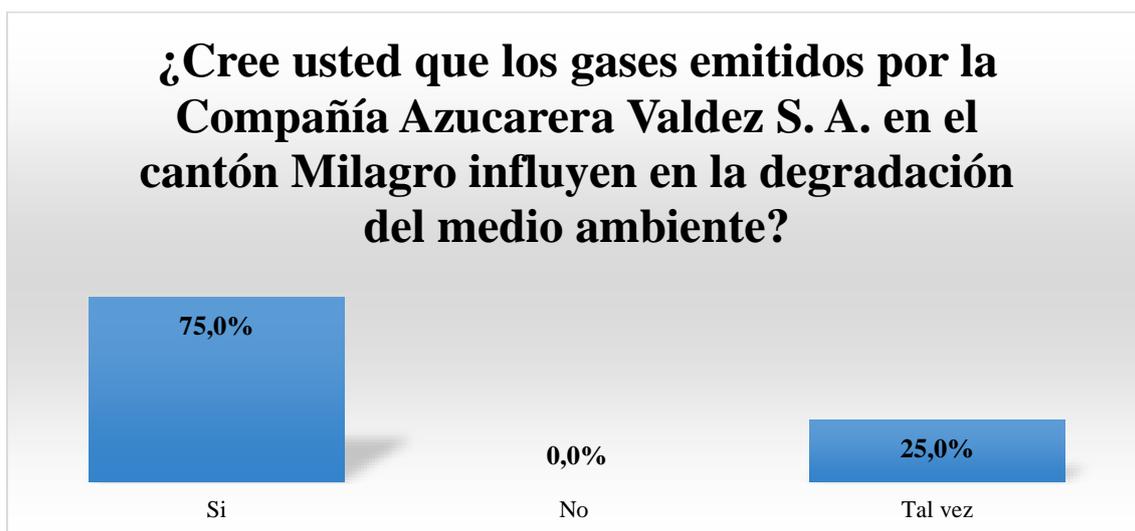


Figura 17

Consideración si la emisión de gases influye en la degradación del medio ambiente.

Fuente: Elaboración propia.

Análisis e interpretación:

De las personas encuestadas, se encontró que el 75% considera que los gases emitidos por la Compañía Azucarera Valdez S. A. en el cantón Milagro influyen en la degradación del medio ambiente mientras que el 25% restante tal vez suponen de su influencia. Es decir que las personas en más de la mitad están conscientes de su afectación.

Tabla 22

Pregunta 6.

¿Considera usted que las emisiones de ceniza e inquemados por la Compañía Azucarera Valdez S. A. afecta al medio ambiente?	Frecuencia	Porcentaje
Si	186	75,0%
No	21	8,3%
Tal vez	41	16,7%
Total	248	100%

Fuente: Elaboración propia.

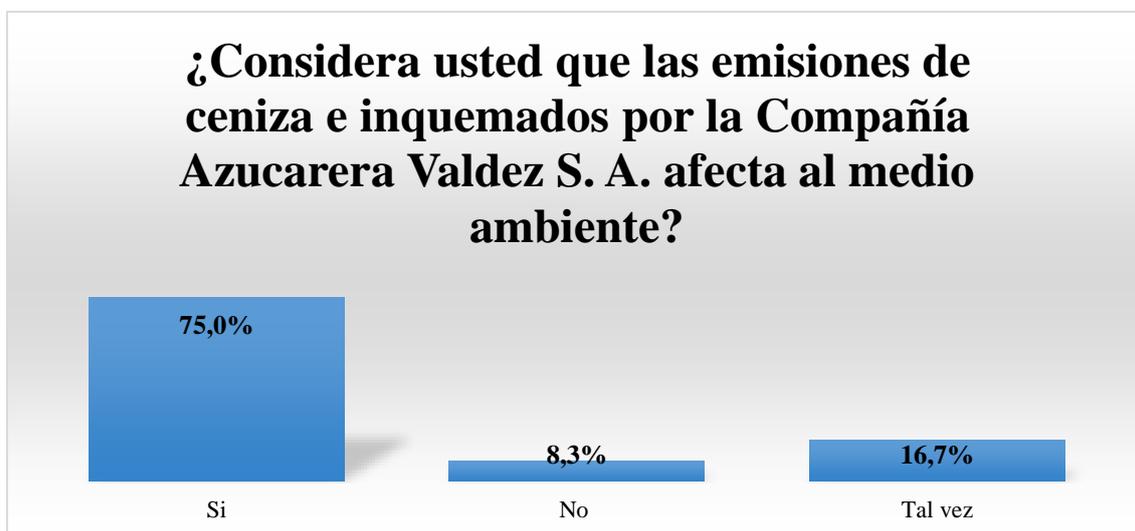


Figura 18

¿Afecta las emisiones de ceniza al medio ambiente?

Fuente: Elaboración propia.

Análisis e interpretación:

De las personas encuestadas, se encontró que el 75% considera que las emisiones de ceniza e inquemados por la Compañía Azucarera Valdez S. A. afecta al medio ambiente mientras que el 16,7% considera que tal vez son estas las causantes mientras que el 8,3% consideran que no son las causantes de afectaciones al medioambiente, en este sentido se debe tener en cuenta que más de la mitad consideran que es un factor importante pese a la existencia de otros factores que lo afecten.

Tabla 23

Pregunta 7.

¿Cree usted que ha incrementado la contaminación del aire- ambiente en el Cantón Milagro?	Frecuencia	Porcentaje
Si	217	87,5%
No	0	0,0%
Tal vez	31	12,5%
Total	248	100%

Fuente: Elaboración propia.

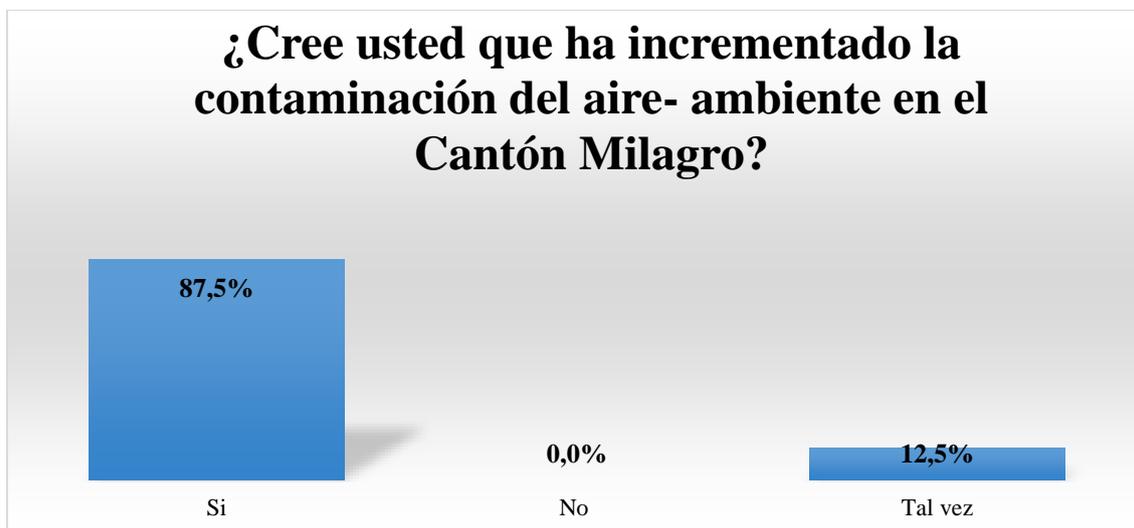


Figura 19

Opiniones sobre el incremento de la contaminación del aire en Milagro.

Fuente: Elaboración propia.

Análisis e interpretación:

De las personas encuestadas, se encontró que el 87,5% considera que se ha incrementado la contaminación del aire- ambiente en el Cantón Milagro mientras que el 12,5% considera que tal vez, lo cual indica que si se ha presentado una variación considerable ya que la población en su mayoría lo evidencia.

Tabla 24

Pregunta 8.

¿Considera usted que las emisiones de ceniza e inquemados por la Compañía Azucarera Valdez S. A. afecta a su salud?	Frecuencia	Porcentaje
Si	196	79,2%
No	0	0,0%
Tal vez	52	20,8%
Total	248	100%

Fuente: Elaboración propia.



Figura 20

Consideración si las emisiones de ceniza e inquemados afectan a la salud humana.

Fuente: Elaboración propia.

Análisis e interpretación:

De las personas encuestadas, se encontró que el 79,2% considera que las emisiones de ceniza e inquemados por la Compañía Azucarera Valdez S. A. afecta a su salud mientras que el 20,8% considera que tal vez lo cual muestra que la población está consciente del nivel de afectación de la contaminación por lo cual es importante la propuesta.

Tabla 25

Pregunta 9.

¿Considera usted que la contaminación del aire-ambiente ha causado malestar en hogar?	Frecuencia	Porcentaje
Si	186	75,0%
No	62	25,0%
Total	248	100%

Fuente: Elaboración propia.

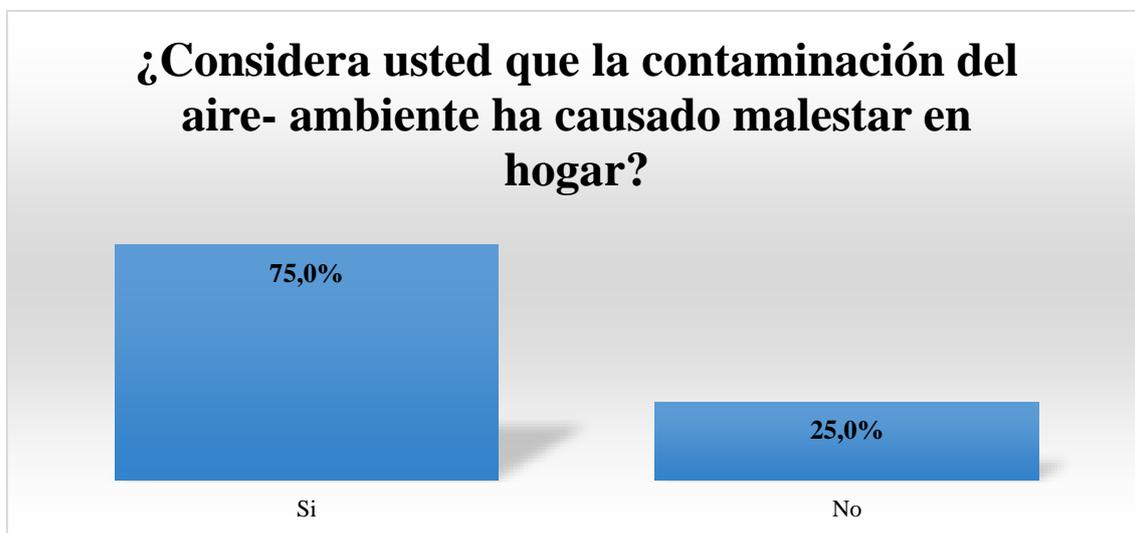


Figura 21

Contaminación del aire muestra si hay malestar en los hogares.

Fuente: Elaboración propia.

Análisis e interpretación:

De las personas encuestadas, se encontró que el 75% considera que la contaminación del aire- ambiente ha causado malestar en hogar mientras que el 25% considera que no ha sido así por lo cual existe gran mayoría de pobladores que están conscientes de la realidad.

Tabla 26

Pregunta 10.

¿Cree usted que la Compañía Azucarera Valdez S. A. realiza acciones para mitigar la contaminación emitida por la misma institución?	Frecuencia	Porcentaje
Si	119	47,8%
No	43	17,4%
Tal vez	86	34,8%
Total	248	100%

Fuente: Elaboración propia.



Figura 22

Consideración si la Compañía Azucarera Valdez S.A realiza acciones para mitigar la contaminación provocada por la misma institución.

Fuente: Elaboración propia.

Análisis e interpretación:

De las personas encuestadas, se encontró que el 47,8% considera que la Compañía Azucarera Valdez S. A. realiza acciones para mitigar la contaminación emitida por la misma institución mientras que es el 34,8% quienes consideran que tal vez lo hace y apenas el 17,4% consideran que no lo hacen lo cual señala la apertura de la empresa hacia buscar medidas correctivas para evitar la contaminación y afectaciones futuras en la población.

Estudio realizado en noviembre de 1996 por la compañía Análisis Ambiental de Cali

COMPANIA AZUCARERA VALDEZ
FAX: (593-4) 970812
Milagro - Ecuador

Milagro, 17 de enero de 1997

Señores
INTERUNION COMERCIO INTERNACIONAL LTDA
Brasil

Fax: 55-16-6292141

Atención: Laudelino Barbosa

El ingenio Valdez en el mes de noviembre de 1996 contrató la firma Análisis Ambiental de Cali Colombia, para hacer un estudio de los gases de la combustión de las calderas del Ingenio Valdez.

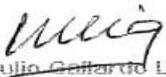
Los resultados para el caso de la caldera Zanini, para la que ustedes están diseñando el captador de ceniza, es el siguiente.

Emisión de partículas:	891,29 kg./hora
Flujo de gases condiciones chimenea:	265,398.5 m ³ /hora (156,300.7 pies ³ /min.)
Temperatura gases :	396.8 °F

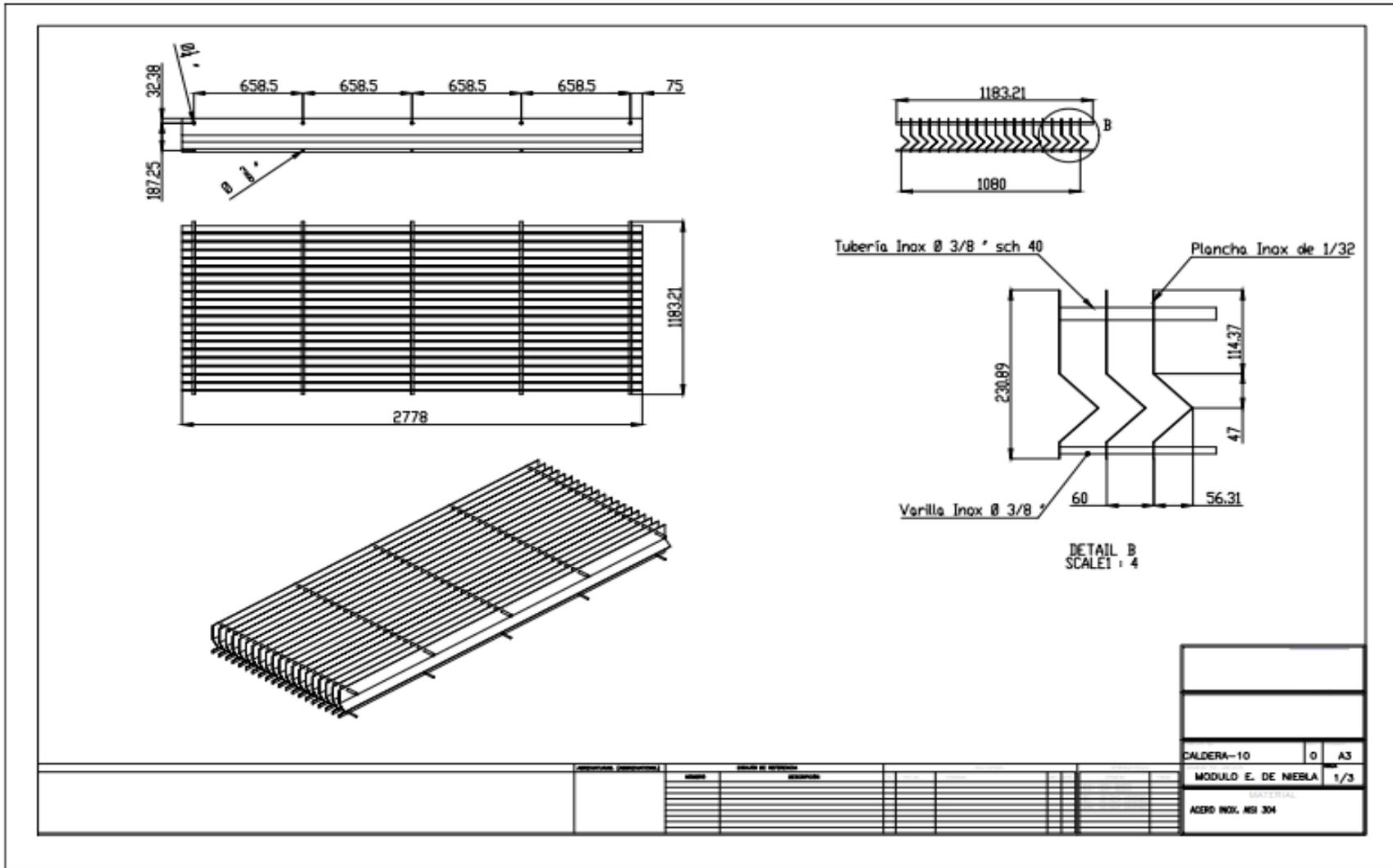
Datos tomados a fines de noviembre de 1996

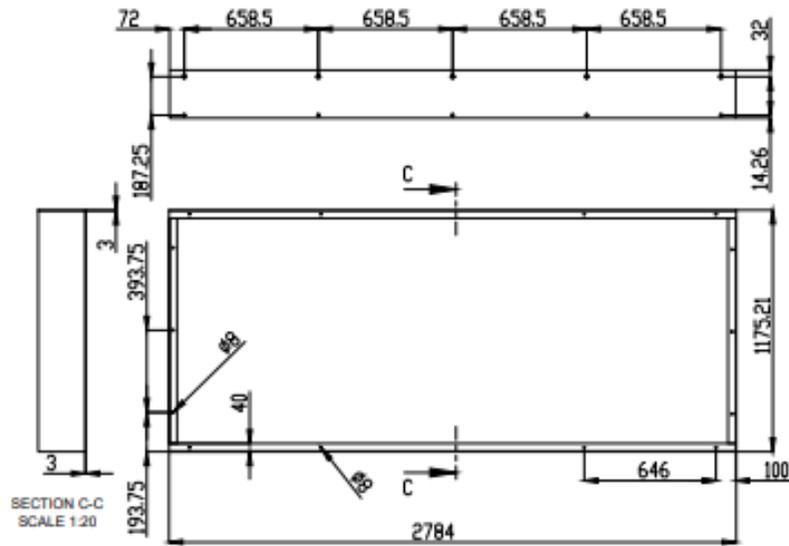
Sírvase enviarnos su contestación al Fax # 593-4- 970 632 ó 314 946

Atentamente,

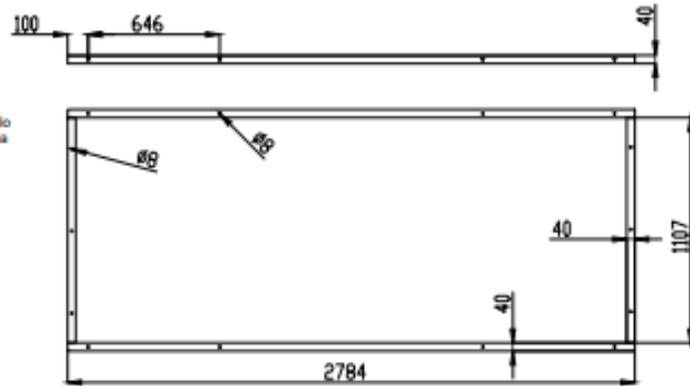

Ing. Julio Gallardo L.
GERENTE DE DESARROLLO

Diseño del eliminador de niebla tipo chevron.

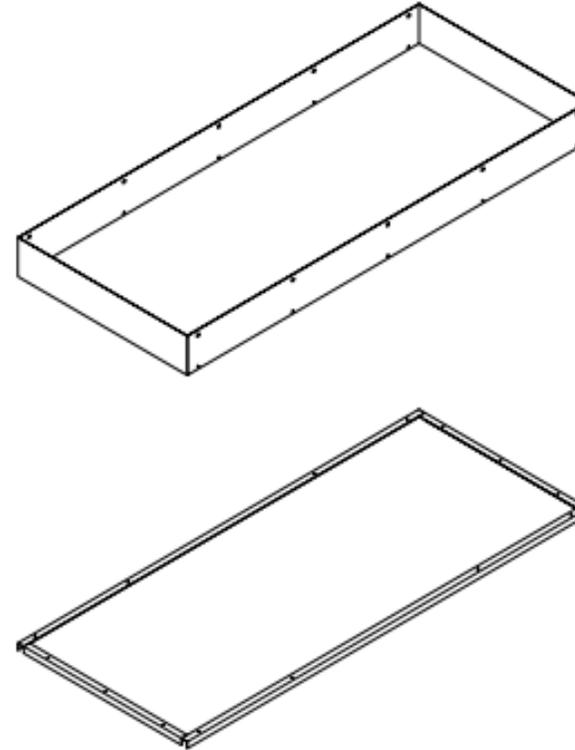




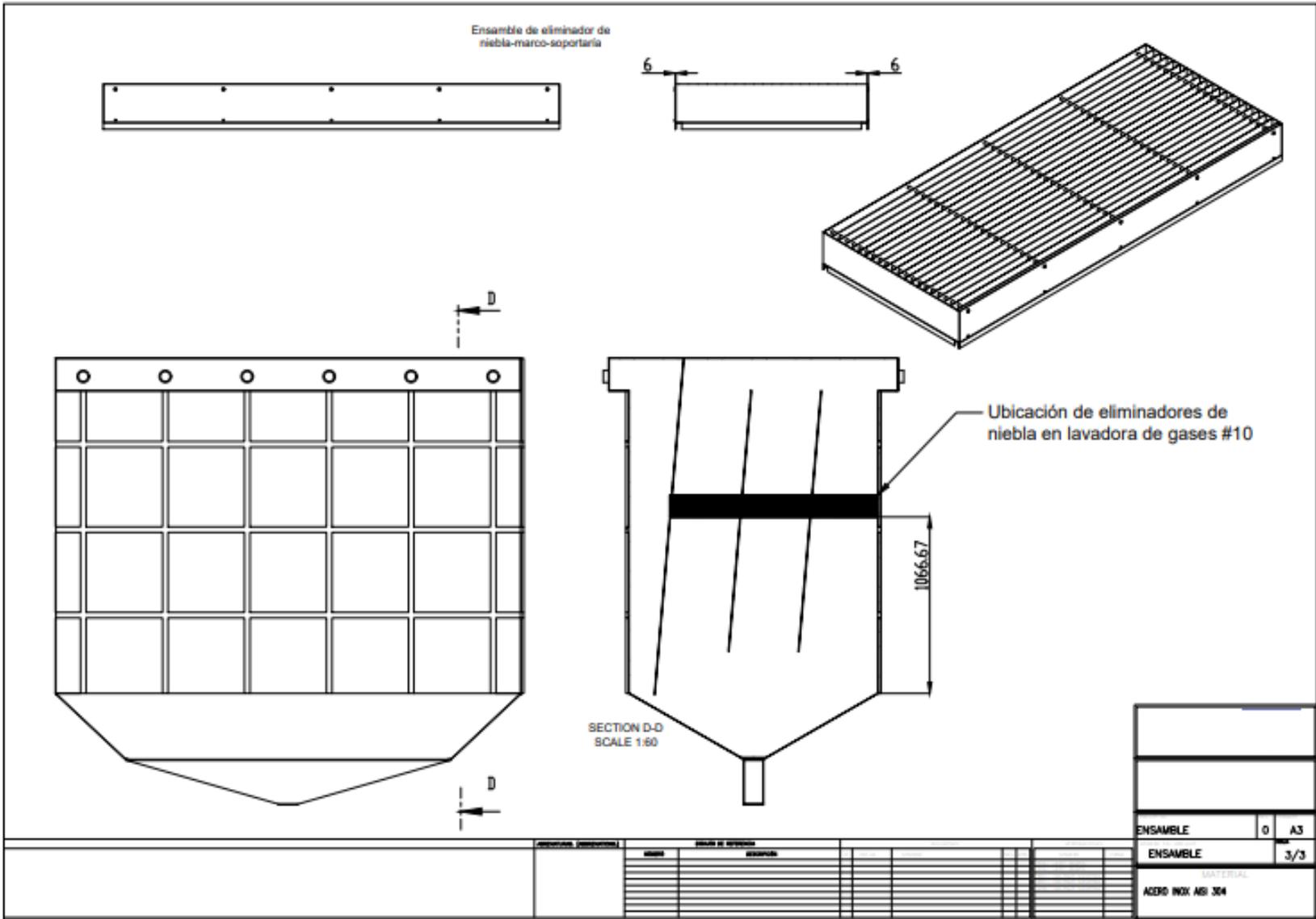
Soportera de modulo eliminador de niebla

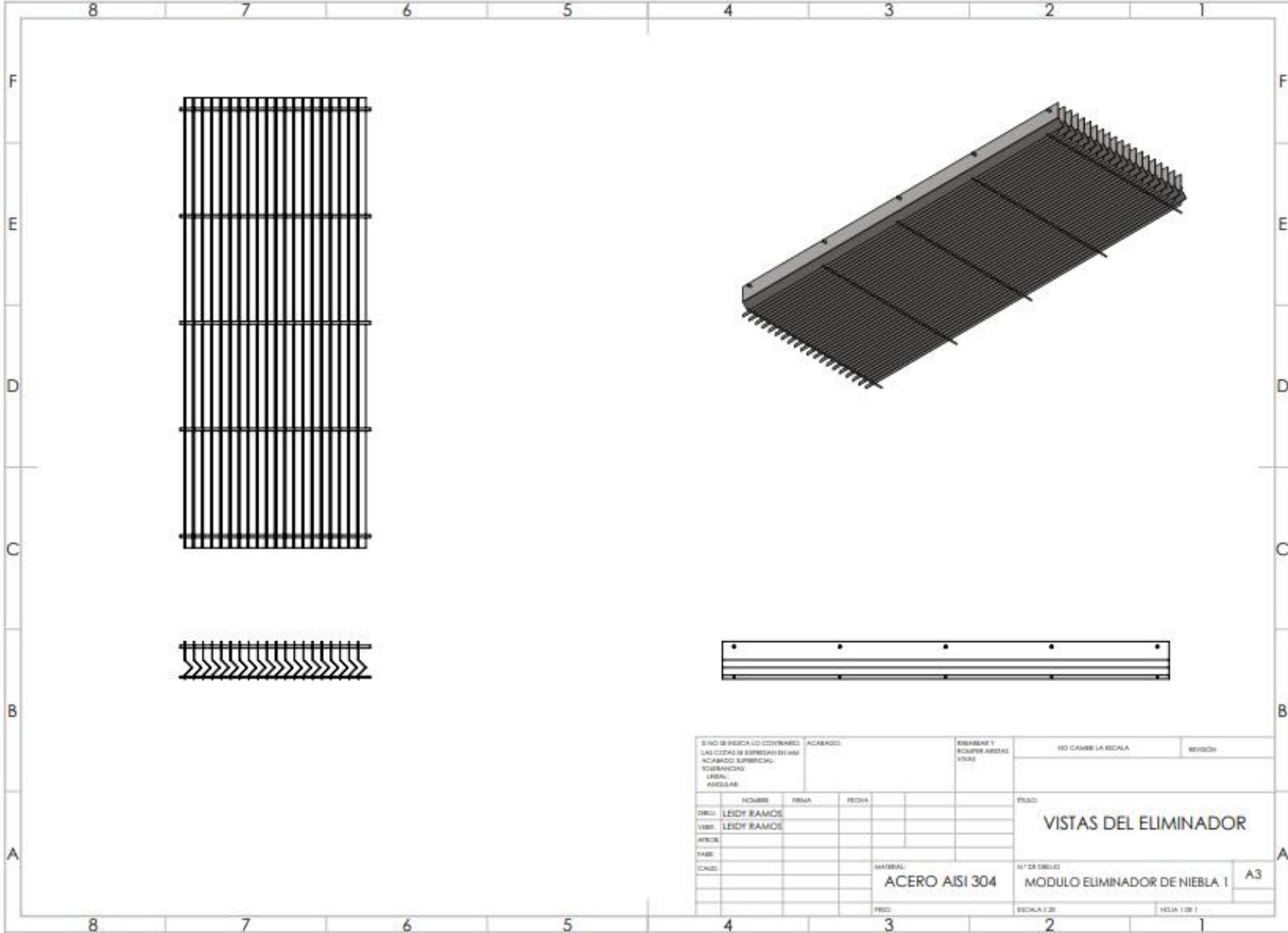


Marco del modulo del eliminador de niebla

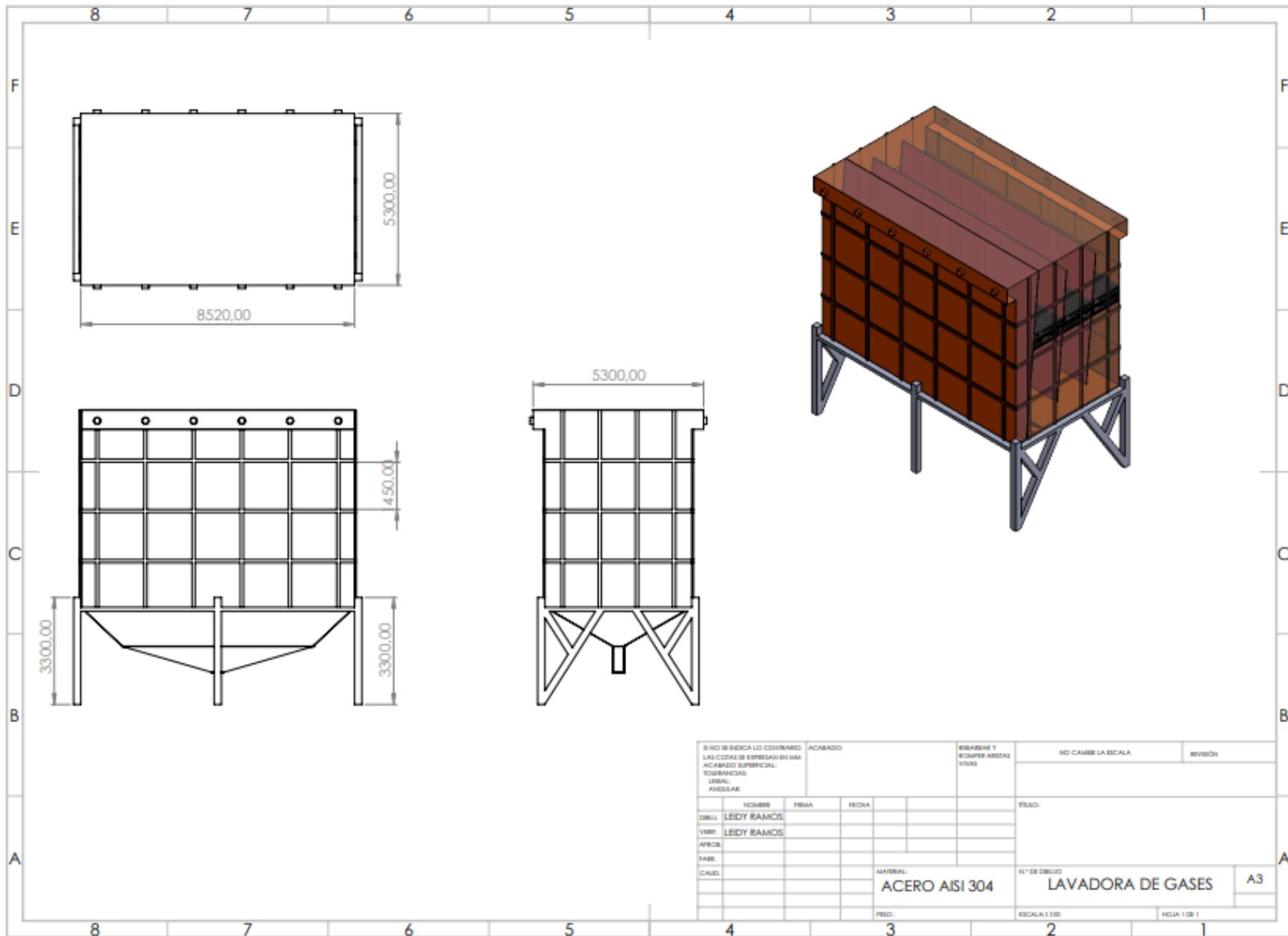


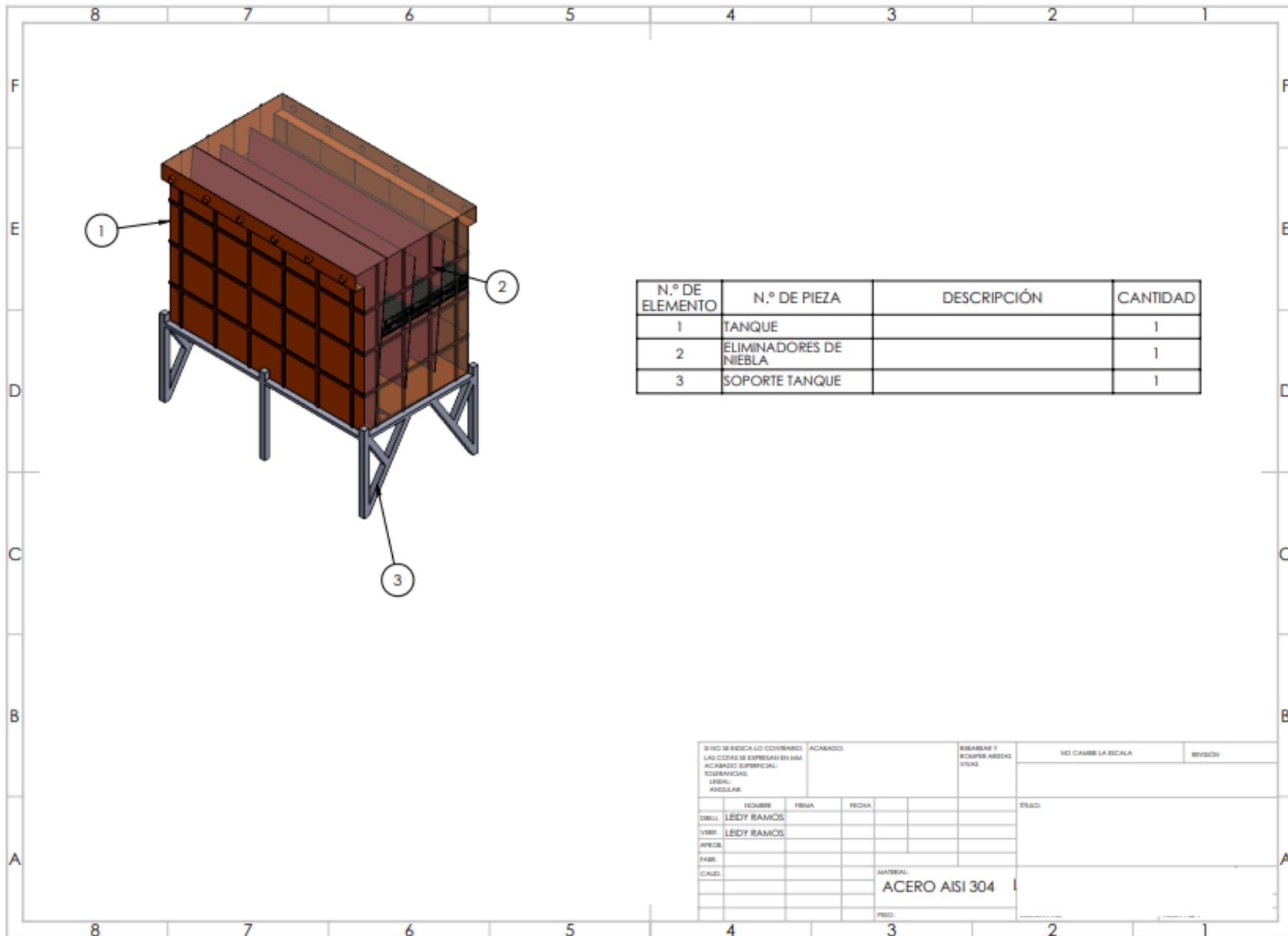
SOPORTADOR	0 A3
MARCO ELIMINADOR	2/3
MATERIAL	
ACERO INOX. AISI 304	





E/NO SE INDICA LO CONTRARIO LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TORNEADOS LIMA ANILASAR			ACABADO:			DIBUJARE Y NOMBRARE ARIETALES Y VITAS			NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN
	FIGURA	FISMA	FECHA			TÍTULO: VISTAS DEL ELIMINADOR					
DISEÑ:	LEIDY RAMOS										
VERIF:	LEIDY RAMOS										
APROB:											
FABR:											
CALIF:											
MATERIAL:						ACERO AISI 304			N° DE DISEÑO		
PREC:						MODULO ELIMINADOR DE NIEBLA 1			A3		
ESCALA: 1:20						FOLIA 1 DE 1					





N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	TANQUE		1
2	ELIMINADORES DE NIEBLA		1
3	SOPORTE TANQUE		1

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: UNID: ANGULOS:		ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VING	NO CAMBE LA ESCALA	REVISIÓN
DESIGNADO POR:	FECHA:				
VERIFICADO POR:	FECHA:				
APROBADO POR:	FECHA:				
FABR:					
CALIB:					
			MATERIAL: ACERO AISI 304		
			PELO:		