

**UNIVERSIDAD CENTRAL “MARTA ABREU”
DE LAS VILLAS**

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

Departamento de Energía

Trabajo de diploma

Título: *Caracterización Energético-Ambiental de la Empresa de productos lácteos “La Villareña” Santa Clara.*

Autor: *Erick Laza Trejo.*

Tutor: *MSc. Idalberto Herrera Moya*

Curso 2009-2010

PENSAMIENTO

Todo nuestro pueblo, todos los trabajadores, todos nuestros jóvenes, nuestros estudiantes, incluso nuestros pioneros tienen que tomar conciencia de la energía, de sus perspectivas futuras.

...mientras no seamos un pueblo realmente ahorrativo, que sepamos emplear con sabiduría y con responsabilidad cada recurso, no nos podremos llamar un pueblo enteramente revolucionario”

Fidel

DEDICATORIA

A mis padres por estar siempre presentes en todos los momentos apoyándome y confiando siempre en mí, a ellos les debo todo lo que soy.

A mi esposa por comprenderme y apoyarme con todo su amor en los buenos y malos momentos.

AGRADECIMIENTOS

A mi madre que ha luchado incesantemente por ver concretada esta realidad de la cual ella es protagonista, por su dedicación y por haberme dado la fuerza y voluntad para seguir por el camino correcto.

A mi padre que con su ternura y amor infinito me ha brindado su valiosísima ayuda, por ser paciente, por su confianza y dedicación.

A mi esposa por permanecer a mi lado en los momentos en que más la necesité brindándome su amor y cariño, por su comprensión a cada instante y luchar tanto junto a mí para que este sueño se hiciera realidad, a ella muchas gracias.

Al tutor Idalberto Herrera Moya por su consagración por haber trabajado arduamente en la realización de este trabajo.

A mis familiares por darme fuerzas a cada momento para alcanzar mis objetivos.

A todos los profesores que tuvieron que ver con mi formación profesional a lo largo de toda mi vida como estudiante.

A todas aquellas personas que de una forma u otra han contribuido en la realización de este sueño.

...a todos muchas gracias...

Resumen

En el presente trabajo se aplicaron algunas de las herramientas de Gestión Total Eficiente de la Energía (TGTEE) para caracterizar la situación energética actual de la Empresa de productos lácteos La Villareña de Santa Clara. Se realizó un diagnóstico sobre el manejo de los recursos energéticos en esta entidad y se determinó la estructura de consumo, siendo los portadores energéticos de mayor incidencia la energía eléctrica y el Fuel Oil los que representan el 77.3% de consumo total.

En el Capítulo I se realizó un análisis documental sobre las diferentes herramientas existentes para la gestión energética empresarial y se define las que pueden ser aplicadas a la entidad objeto de estudio, en el Capítulo II se aplican herramientas de la Gestión Total Eficiente de la Energía para caracterizar en este sentido la Empresa de productos lácteos La Villareña de Santa Clara y en el Capítulo III se analiza el impacto económico a partir de una mejor gestión de la energía y se realizan algunas valoraciones de carácter ambiental.

Se determino con este estudio un potencial de ahorro de combustible equivalente a aproximadamente 290 ton de combustible en un año lo que equivale a disminuir para ese mismo período en 870 ton las emisiones de CO₂ a la atmósfera. Las principales herramientas empleadas fueron para el cálculo y el tratamiento de datos y gráficos el Microsoft Excel del paquete de office y el ISCST3 de la Agencia de protección ambiental de los estados unidos para la valoración de los impactos de las emisiones de gases.

Summary

In this paper were apply some tools for the Total Management Energy Efficiency (TMEE) with the purpose to characterize the current energy landscape of the dairy company's "La Villareña" from Santa Clara city. Was made a diagnosis about the management of the energy resources in this company and also was determined the structure of consumption of the energy carriers, being of higher incidence the electricity and fuel oil which account 77.3% of the total consumption.

In Chapter I was made a documentary analysis of the different existing tools for enterprise energy management asses and sets which of them could be applied to the company under study, in Chapter II were apply the management tools for Total Energy Efficiency to characterize in this sense the dairy company's "La Villareña", in Chapter III is discusses the economic impact because of a better energy management and some environmental considerations.

With this study was determined a fuel savings potential equivalent to approximately 290 tons of fuel per year, which is equivalent to decrease for the same period in 870 tons the CO₂ emissions to the atmosphere. The main tools used were: for calculating and processing data and graphs the Microsoft Excel from office package and ISCST3 of the Environmental Protection Agency of the United States for assessing the impacts of emissions.

Índice

Introducción	1
Capítulo I. Estado del arte	3
1.-Introducción	3
1.1-Eficiencia energética y competitividad empresarial	3
1.2- Ventajas que proporciona una mejor eficiencia energética:	3
1.3- Eficiencia energética en Cuba.....	3
1.4- Gestión total eficiente de la energía.....	5
1.5-Herramientas para establecer un sistema de Gestión Total Eficiente de la Energía	6
1.5.1-Diagrama de Pareto.....	6
1.5.2-Gráficos de control.....	7
1.5.3-Gráfico de consumo y producción en el tiempo (E – P vs. T)	8
1.5.4- Diagramas de dispersión y correlación	9
1.5.5-Diagramas de consumo – producción (E vs. P)	9
1.5.6- Gráfico de tendencia o de sumas acumulativas (CUSUM)	10
1.5.7- Estratificación de los resultados.....	11
1.6-Eficiencia energética y medio ambiente	11
1.7-La gestión ambiental	12
1.8- La contaminación atmosférica uno de los principales impactos del uso de los combustibles fósiles	13
1.8.1- Procesos de emisión de contaminantes	13
1.8.2- La dispersión de los contaminantes, influencias climatológicas	14
1.8.3-La dispersión de contaminantes, influencias topográficas.....	14
1.9- Normas cubanas sobre la calidad del aire	14
1.9.1-Metodología para la determinación de los impactos sobre la calidad del aire de la generación de energía por combustión	15
Conclusiones del capítulo.....	16
Capítulo II. Aplicación de herramientas de la Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía para caracterizar el consumo de energía de la Empresa de productos lácteos “La Villareña” de Santa Clara.	17
2.1- Estructura de consumo	17
2.2- Análisis del consumo de energía eléctrica.....	15
2.6- Análisis del consumo con Relación al Fuel-Oil.....	16
2.3- Descripción de la sala de calderas	18
2.3.1- Datos de chapa de los equipos generadores y consumidores de vapor.....	19

2.4- Caracterización del sistema consumidor.....	21
2.5- Esquema mono lineal de la sala de caldera y líneas de vapor así como equipos consumidores.	21
2.7- Cálculo de la generación de vapor	21
2.8- Índice de generación del generador de vapor	22
2.9- Análisis termo técnico del generador de vapor.....	22
2.9.1- Tipo de combustible.....	22
2.9.2- Evaluación de la eficiencia térmica de generador de vapor.....	22
2.9.3- Cálculo del calor disponible.....	23
2.9.4- Cálculo de las pérdidas de calor.....	23
2.9.5-Cálculo de las pérdidas por aislamiento térmico	25
2.9.6- Cálculo de las pérdidas de energía por no recuperación del condensado	25
2.9.7- Potencial de disminución de consumo de combustible a partir posibles incrementos de eficiencia en el generador de vapor.....	26
Conclusiones del capítulo.....	27
CAPÍTULO III: Valoración de los impactos ambientales, emisiones de gases contaminantes.....	29
3.1-Metodología para la determinación de los impactos sobre la calidad del aire de la generación de energía por combustión	29
3.2-Descripción del Equipamiento.....	29
3.3 Localización de la entidad y área de Estudio	31
3.4 Cuantificación de las emisiones	31
3.5- Resultados de la modelación.....	32
Conclusiones del capítulo.....	33
Conclusiones Generales	34
Recomendaciones.....	35
Bibliografía.....	36
Anexos.....	37

Introducción

Los temas acerca de la energía y el medio ambiente, en su relación con las tendencias y problemas de la economía mundial, se encuentran entre los que han generado más debate y polémica a nivel internacional en las últimas décadas. Los análisis realizados en numerosas empresas ponen de manifiesto el insuficiente nivel de gestión energética existente en muchas de ellas, así como las posibilidades de reducir los costos energéticos mediante la creación en las empresas de las capacidades técnico organizativo para administrar eficientemente la energía. Hasta el momento, el problema de explotar el recurso eficiencia energética se ha visto de una forma muy limitada, fundamentalmente mediante la realización de diagnósticos energéticos para detectar las fuentes y niveles de pérdidas, y posteriormente definir medidas o proyectos de ahorro o conservación energética. Esta vía, además de obviar parte de las causas que provocan baja eficiencia energética en las empresas, generalmente tiene reducida efectividad por realizarse muchas veces sin la integralidad, los procedimientos y el equipamiento requerido, por limitaciones financieras para aplicar los proyectos, pero sobre todo, por no contar la empresa con la cultura ni con las capacidades técnico-administrativas necesarias para realizar el seguimiento y control requerido y lograr un adecuado nivel de consolidación de las medidas aplicadas.

El presente trabajo integra la gestión energética y la calidad del aire, en fuentes fijas industriales, para minimizar la contaminación atmosférica. Cabe resaltar que se buscan mejoras en la eficiencia energética de la entidad respetando su tecnología y la organización de sus producciones o servicios, además se centra la atención en las reducciones de las pérdidas por mal funcionamiento en el área de generación, transporte y uso del vapor.

Los niveles de gases y humo derivados de tal contaminación según se reporta en varias fuentes elevan la incidencia de enfermedades respiratorias lo que contrasta con los apreciables logros del estado cubano en el sector de la salud y los gigantescos los esfuerzos del mismo para presupuestar estos servicios de alto valor social, por lo que principalmente este trabajo consiste en propiciar una herramienta que tribute al mejoramiento de la calidad del aire y con esto a la calidad de vida en asentamientos y comunidades humanas a partir de la gestión energética.

Es importante, también, señalar el valioso aporte económico por concepto de ahorro que se logra al reducir consumos de combustible por mejoras de eficiencia.

Importancia

El presente trabajo tiene gran importancia enmarcada en el programa de ahorro energético que lleva a cabo el país, pues permitirá conocer los gastos en que incurre la instalación y hacia donde deben focalizarse las principales acciones.

Problema de investigación

La Empresa de productos lácteos “La Villareña” Santa Clara es un importante consumidor de portadores energéticos en la provincia de Villa Clara y una caracterización de sus consumos permite estudiar el comportamiento de los mismos y tomar acciones encaminadas a disminuirlos.

Hipótesis

La caracterización del consumo de los portadores energéticos en la Empresa de productos lácteos “La Villareña” Santa Clara mediante la aplicación de las Herramientas de Gestión Total Eficiente de la Energía permite detectar cuales son los portadores de mayor incidencia y determinar el potencial de ahorro y reducción del impactos ambientales.

Objetivo general

Caracterizar desde el punto de vista energético-ambiental la Empresa de productos lácteos “La Villareña” Santa Clara, mediante la aplicación del sistema de gestión total eficiente de la energía (SGTEE) y herramientas para la valoración de los impactos ambientales generados por los portadores energéticos, con el fin de identificar potenciales de ahorro así como su efecto en la reducción de los impactos ambientales e implantar dicho sistema como método de trabajo para reducir los costos energéticos y el impacto ambiental de esta entidad.

Objetivos específicos:

1. Realizar una revisión bibliográfica sobre las herramientas o sistemas existentes para la gestión de la eficiencia energética y ambiental así como sus aplicaciones en empresas con características similares a las tratadas en este trabajo.
2. Establecer criterios que faciliten la toma de decisiones en lo relacionado con el uso eficiente de portadores energéticos.
3. Determinar lo potenciales de ahorro que puedan derivarse de la aplicación del SGTEE y su impacto económico y ambiental.
4. Valorar las demandas en la empresa de electricidad, calor y frío con vistas de evaluar en un futuro la posibilidad de instalar un sistema de trigeneración.

Capítulo I. Estado del arte

1.-Introducción

En el presente capítulo se desarrolla el marco teórico para respaldar este trabajo a partir de una revisión documental de temas que abarcan desde la Eficiencia Energética y Competitividad Empresarial, las ventajas que proporciona una mejor eficiencia energética, la eficiencia energética en Cuba, haciendo énfasis en la Gestión total eficiente de la energía, sus herramientas para establecer un sistema de gestión total eficiente de la energía, la Gestión Ambiental, llegando hasta los análisis de dispersión atmosférica de contaminantes y las Normas Cubanas de calidad del aire.

1.1-Eficiencia energética y competitividad empresarial

El desarrollo actual y prospectivo del país requiere de acciones encaminadas a reducir costos, aumentar la competitividad de las empresas, contribuir a la conservación de los recursos naturales y el medio ambiente, ante una economía cada vez más abierta y globalizada.

Eficiencia Energética implica lograr los requisitos establecidos por el cliente con el menor gasto energético posible y la menor contaminación ambiental por este concepto. Toda técnica creada por el hombre trabaja sobre la base de la utilización de energía; por ello es natural que en muchos casos uno de las principales partidas del costo total sea el costo energético, donde se incluyen los componentes relativos a la producción, distribución y uso de las diferentes formas de energía[1].

1.2- Ventajas que proporciona una mejor eficiencia energética:

- 1- Capacidad de generación y utilización del sistema eléctrico disponible para otros usos.
- 2- Costos de producción menores
- 3- Menor desperdicio de energía.
- 4- Menores niveles de contaminación. [2]

1.3- Eficiencia energética en Cuba

En el período 80- 89 en Cuba existía un adecuado balance oferta - demanda de portadores energéticos, creciendo el consumo de energía debido al desarrollo del país a una tasa promedio anual del 4 %. En el período 90- 93, con el derrumbe del campo socialista, el incremento del bloqueo y la crisis económica que comenzó a sufrir el país, la disponibilidad de generación eléctrica decreció desde el 78 % hasta el 53 % y la de combustibles, en prácticamente 2 años, se redujo a menos del 50 %. El consumo promedio de energía eléctrica en este período en el país decreció en más de un 6 % anual[3].

Esta situación repercutió en los sistemas de gestión energética establecidos, existiendo un período de inestabilidad, en el que se tuvo que obviar gran parte del sistema de control anterior e implementar nuevos mecanismos, muchas veces con carácter particular y no debidamente fundamentado.

La entrada del país en el Periodo Especial influyó de manera significativa en la reducción de la eficiencia energética por diversas causas, tal como se aprecia en el diagrama causa-efecto siguiente:

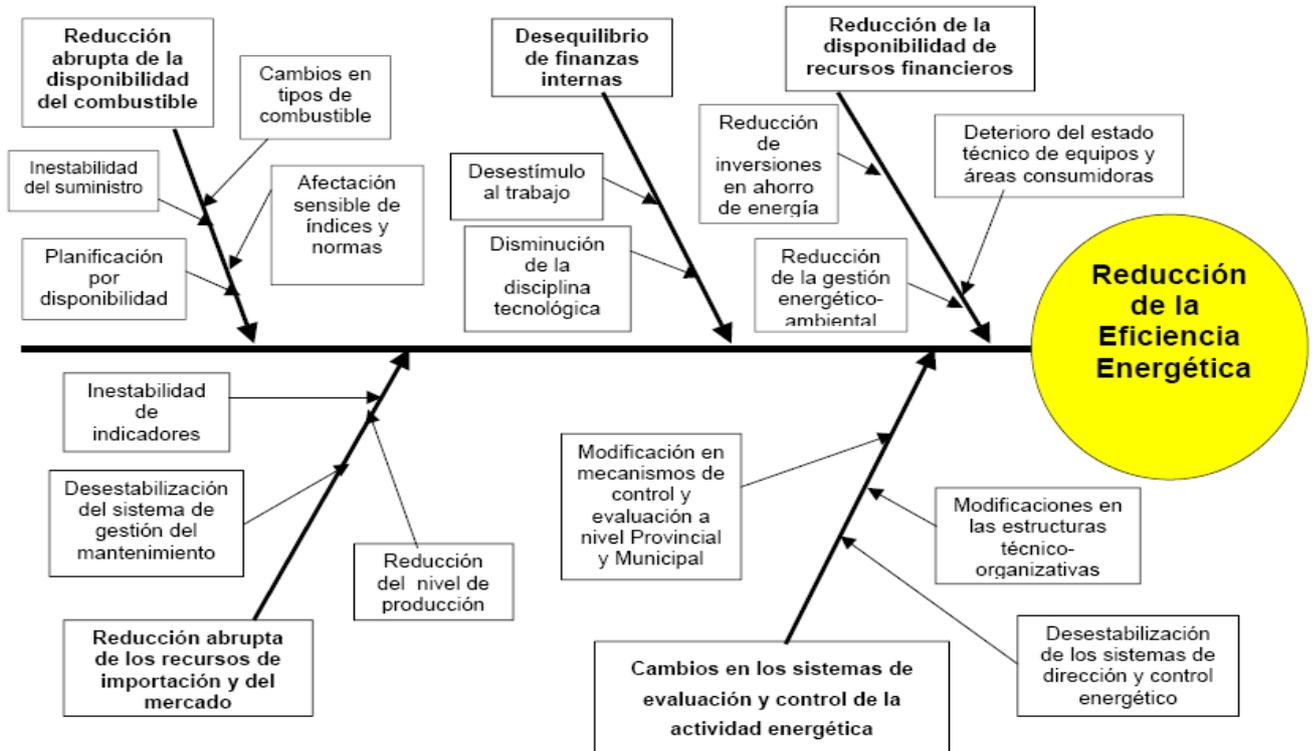


Figura 1. Diagrama causa-efecto

En la etapa de recuperación de la economía cubana a partir de 1994, existen varios factores que apuntan a la necesidad de perfeccionar todo el sistema de gestión energética empresarial. Dentro de los factores referidos se pueden mencionar los siguientes:

- El redimensionamiento y el perfeccionamiento de las empresas en función de las disponibilidades de mercado y las materias primas variaron sus estructuras de consumo y de pérdidas de portadores energéticos modificando sus normas de consumo o indicadores de eficiencia. La variación de las tarifas y costos de energía eléctrica al sector estatal, la introducción del crudo nacional, la modificación de sistemas de preparación y uso de combustible, el deterioro del estado técnico del equipamiento por la afectación de los ciclos de mantenimientos, también contribuyó a la modificación de las normas de consumo establecidas y de los indicadores de eficiencia, así como a la aparición de nuevos problemas energéticos.
- La reorientación que ha sufrido la economía para lograr su inserción en el mercado mundial, la necesidad de elevar continuamente la competitividad, el cambio de los sistemas de contabilidad, la modificación en los sistemas de planificación basados en recursos materiales a los financieros, la modificación del sistema bancario y la introducción de los diferentes sistemas de estimulación que se aplican en varios sectores de la economía, modifican substancialmente el escenario técnico - organizativo de las empresas, y por tanto, se requiere del perfeccionamiento de las

capacidades creadas con anterioridad para la administración eficiente de la energía, las cuales no han evolucionado con igual rapidez que las transformaciones económicas y administrativas.

- La promulgación de la estrategia y ley nacional ambiental que cada día gana más peso en la acción de disminución de la contaminación del medio en el ámbito empresarial, es otro elemento nuevo a tener en cuenta en el perfeccionamiento del sistema de gestión por la eficiencia energética en este periodo[3].

1.4- Gestión total eficiente de la energía

La Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía (TGTEE) consiste en un paquete de procedimientos, herramientas técnico-organizativas y software especializado que aplicado de forma continua y con la filosofía de la gestión total de la calidad, permite establecer nuevos hábitos de dirección, control, diagnóstico y uso de la energía, dirigidos al aprovechamiento de todas las oportunidades de ahorro, conservación y reducción de los costos energéticos en una empresa[4].

La forma de aplicación de la TGTEE con los criterios de mejoramiento continuo se ejecuta de forma sistemática, como se muestra en la figura 2, donde aparecen los componentes básicos en cada etapa.



Figura 2. Esquema de Gestión Total Eficiente de la Energía.

La TGTEE se diferencia de los servicios que se ofertan en este campo en que es un proceso de reingeniería de la gestión energética de la empresa; su objetivo no es sólo diagnosticar y dejar elaborado un programa, sino elevar las capacidades técnico-organizativas de la empresa para ser autosuficiente en la gestión por la reducción de sus costos energéticos; añade el estudio socio ambiental, la gestión de mantenimiento, la gestión tecnológica y los elementos de las funciones básicas de la administración que inciden en el uso eficiente de la energía; es capaz de identificar un número muy superior de medidas triviales y de baja inversión para la reducción de los costos energéticos; entrena, capacita y organiza los recursos humanos que deciden la reducción de los consumos y gastos energéticos, creando una nueva cultura energética; e instala en la empresa procedimientos, herramientas y capacidades para su uso continuo y se compromete con su consolidación.

La TGTEE incluye la capacitación al Consejo de Dirección y especialistas en el uso de la energía; el establecimiento de un nuevo sistema de monitoreo, evaluación, control y mejora continua del manejo de la energía; la identificación de las oportunidades de conservación y uso eficiente de la energía en la empresa; la proposición, en orden de factibilidad, de los proyectos para el aprovechamiento de las oportunidades identificadas; la organización y capacitación a los trabajadores vinculados al consumo energético, en hábitos de uso eficiente; el establecimiento de un programa efectivo de concientización y motivación de los recursos humanos de la empresa hacia la eficiencia energética; la preparación de la empresa para auto diagnosticarse en eficiencia energética; y el establecimiento en la empresa de las herramientas necesarias para el desarrollo y perfeccionamiento continuo de la tecnología.

La TGTEE permite, a diferencia de las medidas aisladas, abordar el problema en su máxima profundidad, con concepto de sistema, de forma ininterrumpida y creando una cultura técnica que permite el autodesarrollo de la competencia alcanzada por la empresa y sus recursos humanos[4].

1.5-Herramientas para establecer un sistema de Gestión Total Eficiente de la Energía

Existen múltiples herramientas que se emplean en la gestión de la energía, a continuación se presentan las que se han determinado como de mayor utilidad para el desarrollo de este trabajo.

1.5.1-Diagrama de Pareto

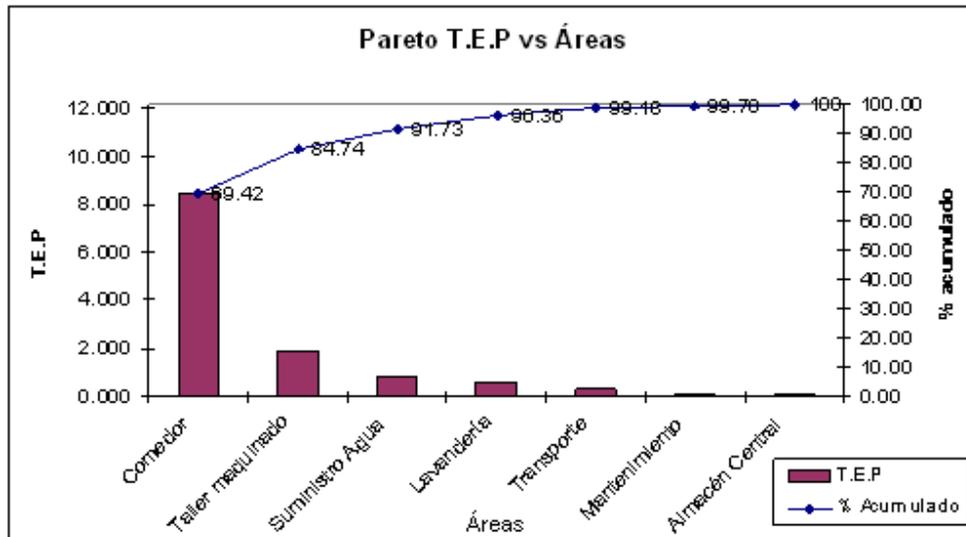
Los diagramas de Pareto son gráficos especializados de barras que presentan la información en orden descendente, desde la categoría mayor a la más pequeña en unidades y en por ciento. Los porcentajes agregados de cada barra se conectan por una línea para mostrar la suma incremental de cada categoría respecto al total. El diagrama de Pareto es muy útil para aplicar la Ley de Pareto o Ley 80 – 20, que identifica el 20% de las causas que provoca el 80% de los efectos de cualquier fenómeno estudiado[5].

Utilidad del diagrama de Pareto

- Identificar y concentrar los esfuerzos en los puntos clave de un problema o fenómeno como puede ser los mayores consumidores de energía de la fábrica, las mayores pérdidas energéticas o los mayores costos energéticos.

- Predecir la efectividad de una mejora al conocer la influencia de la disminución de un efecto al reducir la barra de la causa principal que lo produce.
- Determinar la efectividad de una mejora comparando los diagramas de Pareto anterior y posterior a la mejora.

Gráfico 1.1- Diagrama de Pareto.



Uso del diagrama de Pareto para identificar puntos claves de control de los consumos y costos energéticos.

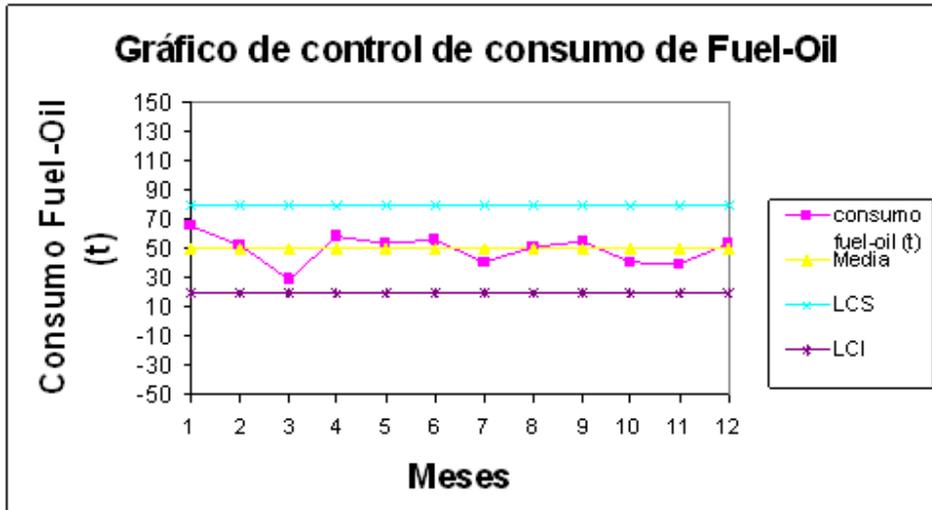
- Identificar el 20% de los portadores energéticos de las fábricas que producen el 80% del consumo total equivalente, realizando un diagrama de Pareto de los consumos equivalentes de energía (TEP) por portador energético.
- Identificar el 20% de las áreas de la empresa que producen el 80% del consumo energético de un portador energético específico, realizando un diagrama de Pareto de los consumos energéticos de ese portador para las diferentes áreas que lo utilizan en la fábrica.
- Identificar el 20% de los equipos que producen el 80% del consumo energético de un portador específico, realizando un diagrama de Pareto de los consumos de ese portador para todos los equipos que lo utilizan.
- Realizar de igual forma que lo explicado en los 3 puntos anteriores, diagramas de Pareto para los costos energéticos.
- Identificar el 20% de los equipos o áreas que producen el 80% de las pérdidas energéticas equivalentes de la empresa, realizando un diagrama de Pareto de las pérdidas energéticas equivalentes para todos los equipos donde estas son significativas.

1.5.2-Gráficos de control

Los gráficos de control son diagramas lineales que permiten observar el comportamiento de una variable en función de ciertos límites establecidos. Se usan como instrumento de

autocontrol y resultan muy útiles como complemento a los diagramas causa y efecto, para detectar en cuales fases del proceso analizado se producen las alteraciones.

Gráfico 1.2. Gráfico de control.



Su importancia consiste en que la mayor parte de los procesos productivos tienen un comportamiento denominado normal, es decir existe un valor medio del parámetro de salida muy probable de obtener, y a medida que nos alejamos de este valor medio la probabilidad de aparición de otros valores de este parámetro cae bruscamente, si no aparecen causas externas que alteren el proceso, hasta hacerse prácticamente cero para desviaciones superiores a tres veces la desviación estándar del valor medio. El objetivo del uso de este gráfico dentro del sistema de GTEE es determinar si los consumos y costos energéticos tienen un comportamiento estable o un comportamiento anómalo lo cual permite conocer si las variables evaluadas están bajo control o no, los límites en que se puede considerar la variable bajo control y la influencia de las acciones correctivas sobre los consumos o costos energéticos[5].

Utilidad de los gráficos de Control

- 1- Conocer si las variables evaluadas están bajo control o no
- 2- Conocer los límites en que se puede considerar la variable bajo control.
- 3 - Identificar los comportamientos que requieren explicación e identificar las causas no aleatorias que influyen en el comportamiento de los consumos.
- 4 - Conocer la influencia de las acciones correctivas sobre los consumos o costos energéticos.

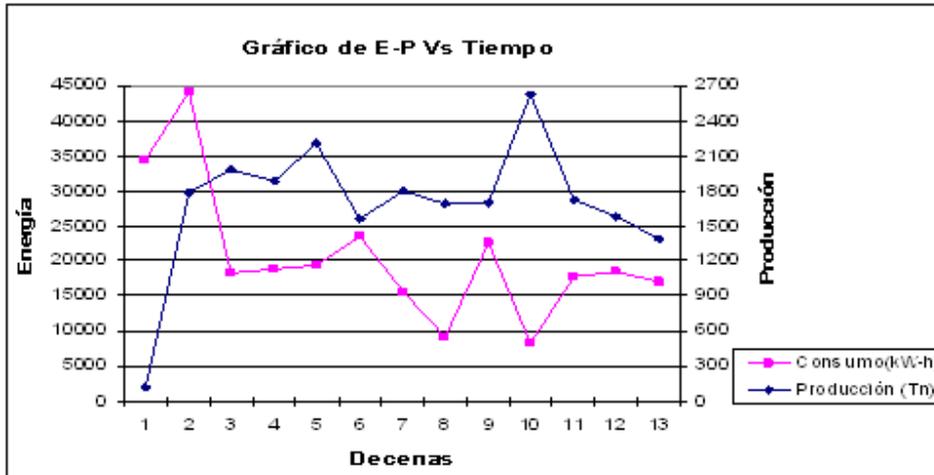
1.5.3-Gráfico de consumo y producción en el tiempo (E – P vs. T)

Consiste en un gráfico que muestra la variación simultánea del consumo energético con la producción realizada en el tiempo. El gráfico se realiza para cada portador energético importante de la empresa y puede establecerse a nivel de empresa, área o equipos[5].

Utilidad de los gráficos E-P vs. T

- Muestran períodos en que se producen comportamientos anormales de la variación del consumo energético con respecto a la variación de la producción.
- Permiten identificar causas o factores que producen variaciones significativas de los consumos.

Gráfico 1.3. Gráfico de consumo y producción



1.5.4- Diagramas de dispersión y correlación

En un gráfico que muestra la relación entre 2 parámetros. Su objetivo es mostrar en un gráfico (xy) si existe correlación entre dos variables, y en caso de que exista, qué carácter tiene esta[5].

Utilidad de los diagramas de dispersión y correlación:

- Muestra con claridad si los componentes de un indicador de control están correlacionados entre sí y por tanto si el indicador es válido o no.
- Permite establecer nuevos indicadores de control.
- Permite determinar la influencia de factores productivos de la empresa sobre las variables en cuestión y establecer nuevas variables de control.

1.5.5-Diagramas de consumo – producción (E vs. P)

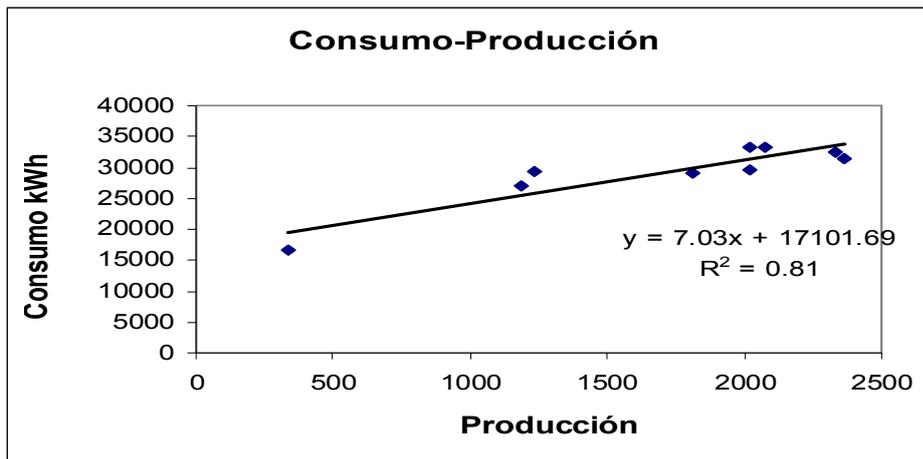
Para las empresas industriales y de servicios, realizar un diagrama de dispersión de la energía usada por mes u otro período de tiempo con respecto a la producción realizada o los servicios prestados durante ese mismo período, revela importante información sobre el proceso. Este gráfico de E vs. P puede realizarse por tipo de portador energético, y por áreas, considerando en cada caso la producción asociada al portador en cuestión[5].

Utilidad de los diagramas E vs. P

- Determinar en qué medida la variación de los consumos energéticos se deben a variaciones de la producción.
- Mostrar si los componentes de un indicador de consumo de energía están correlacionados entre sí, y por tanto, si el indicador es válido o no.

- Establecer nuevos indicadores de consumos o costos energéticos.
- Determinar la influencia de factores productivos de la empresa sobre los consumos energéticos y establecer variables de control.
- Identificar el modelo de variación promedio de los consumos respecto a la producción.
- Determinar cuantitativamente el valor de la energía no asociada a la producción.

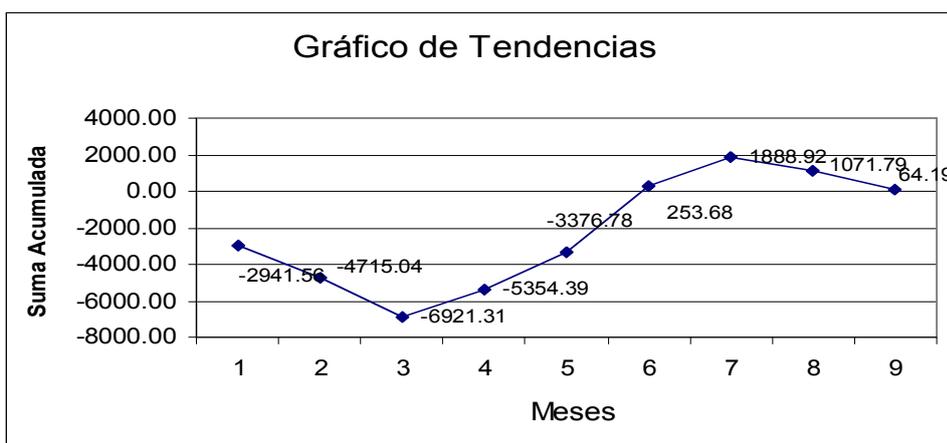
Gráfico 1.4. Diagrama de consumo y producción



1.5.6- Gráfico de tendencia o de sumas acumulativas (CUSUM)

Este gráfico se utiliza para monitorear la tendencia de la empresa en cuanto a la variación de sus consumos energéticos, con respecto a un período base de comparación dado. A partir de este gráfico también puede determinarse cuantitativamente la magnitud de la energía que se ha dejado de consumir o se ha consumido en exceso con relación al comportamiento del periodo base hasta el momento de su actualización[5].

Gráfico 1.5- Gráfico de tendencia



Utilidad del gráfico de tendencia

- Conocer la tendencia real de la empresa en cuanto a variación de los consumos energéticos.
- Comparar la eficiencia energética de períodos con diferentes niveles de producción.
- Determinar la magnitud del ahorro o gasto en exceso en un período actual respecto a un período base.
- Evaluar la efectividad de medidas de ahorro de energía.

Nota: Los Gráficos utilizados anteriormente son con fines didácticos para ilustrar las diferentes herramientas que posteriormente serán utilizadas.

1.5.7- Estratificación de los resultados

La estratificación es un método de análisis, no consta de un diagrama particular. Consiste en utilizar las herramientas de diagramas para profundizar en las capas interiores de las causas. Si se estratifica un diagrama de Pareto, en cada capa se utiliza un diagrama de Pareto para encontrar las causas particulares más influyentes en el efecto estudiado. Si se estratifica un gráfico de control, se subdivide el gráfico en períodos, máquinas, áreas, etc. para encontrar la influencia de estos elementos en la variabilidad del gráfico. Si se aplica la estratificación a un diagrama de dispersión, se agrupan los puntos por materiales, fabricantes, períodos, etc. para encontrar las causas de una alta dispersión, etc. [5].

Uso del método de estratificación para el control y reducción de los consumos y costos energéticos:

- Identificar el número mínimo de equipos que provocan la mayor parte de los consumos totales equivalentes de energía de la empresa.
- Identificar el número mínimo de las causas de pérdidas que provocan la mayor parte de los sobre consumos de energía de la empresa.
- Identificar el número mínimo de áreas o equipos que provocan los mayores costos de energía de la empresa.
- Identificar factores o variables de control que pueden influir sobre los consumos, pérdidas y costos energéticos.
- Identificar causas de comportamientos no esperados de las variaciones de los consumos energéticos.

1.6-Eficiencia energética y medio ambiente

La energía posibilita y facilita toda la actividad humana, las diferentes fuentes y sistemas de producción y el tipo de energía utilizada por el hombre han marcado las etapas en el desarrollo de la sociedad, dependiendo el curso de éste en gran medida de las elecciones energéticas realizadas en cada momento.

En el decursar del tiempo el hombre pasó del empleo de su fuerza muscular al uso de diversas fuentes para satisfacer sus necesidades, el empleo del fuego, la utilización de la tracción animal, y finalmente, en rápida sucesión, el dominio de las tecnologías del carbón, del petróleo y el gas natural, y la producción y uso del vapor y la electricidad. Desde esta perspectiva, la historia de la Humanidad no ha sido más que la historia del control de ésta

sobre las fuentes y tecnologías energéticas, llegando al esquema energético global actual, el que descansa en la utilización de los combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas natural); combustibles que son extinguidos, contaminantes en alto grado, que están concentrados en pocas regiones de la tierra, en manos de grandes consorcios transnacionales y que son utilizados de forma muy ineficiente.[3]

Es innegable y un derecho legítimo que el desarrollo en los países más atrasados requiere incrementos en el consumo de energía, pero sería imposible seguir el camino de los países desarrollados. Se sobrepasarían los límites de la capacidad del planeta para absorber los impactos asociados a la producción y uso de la energía. Sin embargo, con un uso racional y eficiente de la energía se pueden lograr los niveles de vida de Europa Occidental en la década de los 70 con menos de la mitad del consumo de electricidad actual en estos países y menos de la cuarta parte del consumo en Estados Unidos[3].

¿Cuáles son entonces las alternativas energéticas que se presentan en los inicios del tercer milenio? ¿Cuáles deben ser las bases de la política energética para lograr un desarrollo sostenible? En este sentido se señalan tres direcciones principales para conformar una política energética acorde al desarrollo sostenible:

1. Elevación de la eficiencia energética, eliminando esquemas de consumo irracionales, reduciendo la intensidad energética en los procesos industriales, aprovechando las fuentes secundarias de bajo potencial, utilizando sistemas de cogeneración, y empleando en general la energía de acuerdo a su calidad.
2. Sustitución de fuentes de energía, por otras de menor impacto ambiental, en particular por fuentes renovables, tales como energía solar, energía eólica, energía geotérmica, hidroenergía, biomasa, energía de los océanos, etc.
3. Empleo de tecnologías para atenuar los impactos ambientales, o tecnologías limpias, como son los sistemas depuradores de gases de combustión o las tecnologías de gasificación del carbón en ciclos combinados con turbinas de gas.

Aunque en realidad, la única alternativa verdaderamente sostenible es la sustitución de fuentes convencionales por fuentes renovables, la eficiencia energética es una alternativa esencial, tanto por su efecto directo, como por lo que la misma puede contribuir al relevo por las energías renovables.

1.7-La gestión ambiental

Según la Ley No. 81 DEL MEDIO AMBIENTE, promulgada por la Asamblea Nacional del Poder Popular de la Republica de Cuba se entiende por gestión ambiental, el conjunto de actividades, mecanismos, acciones e instrumentos, dirigidos a garantizar la administración y uso racional de los recursos naturales, mediante la conservación, mejoramiento, rehabilitación y monitoreo del medio ambiente y el control de la actividad del hombre en esta esfera. La gestión ambiental aplica la política ambiental establecida mediante un enfoque multidisciplinario, teniendo en cuenta el acervo cultural, la experiencia nacional acumulada y la participación ciudadana[6].

Un sistema de gestión ambiental busca que las organizaciones, incorporen a la actividad cotidiana de producción, servicio y de comercialización una estrategia ambiental de prevención de la contaminación y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales y que lo hagan de manera integral más allá de lo que exige la normativa vigente. Tomando

en cuenta el proceso productivo de manera integral, desde la provisión de insumos hasta la disposición de residuos, pasando por las diferentes etapas del proceso[6].

Atendiendo al ciclo de gestión: planificar, implantar, verificar y revisar, de modo que las fases de verificación y revisión den paso a una nueva fase de planificación y a su vez a la implementación de los cambios o implantación, estableciéndose un proceso estructurado para el logro del mejoramiento continuo[6].

La adopción e implantación de un conjunto de técnicas de gestión ambiental de una manera sistemática, puede contribuir a optimizar los resultados para protección del medio, si se logra alentar a las organizaciones para que consideren la implantación de la mejor tecnología disponible donde ello sea apropiado y económicamente viable.

1.8- La contaminación atmosférica uno de los principales impactos del uso de los combustibles fósiles

La utilización de los combustibles fósiles implica, además de su cercano y progresivo agotamiento, un constante deterioro para el medio ambiente, que se manifiesta entre otros impactos en las emisiones de contaminantes que deterioran la calidad del aire contribuyen al calentamiento global, entre estos puede citarse el dióxido de carbono (CO₂), los óxidos de azufre (SO_x), los óxido de nitrógeno (NO_x), partículas y otros.

1.8.1- Procesos de emisión de contaminantes

La emisión es la expulsión del contaminante desde una fuente a la atmósfera. No sólo las fuentes industriales fijas en que la descarga está localizada en chimeneas (o conductos de ventilación) o las móviles, los vehículos de transporte (automóviles, aeronaves y barcos), son ejemplos de fuentes de emisión, sino también, la construcción de caminos y obras viales en general, plantas de tratamiento de aguas residuales (en las cuales se emite metano y olores), depósitos de combustibles y otros productos químicos (emisiones fugitivas), etc. Existen también fuentes naturales como los volcanes, los incendios forestales, descomposición de la materia orgánica en suelos y océanos, partículas de agua que arrastran sales en las brisas marinas, virus y polvo que provienen del suelo arrastradas por los vientos.

Según su disposición, los focos de emisión pueden ser:

- Focos puntuales: industrias.
- Focos lineales: autopistas.
- Focos planos: polígono industrial, ciudades.

En Cuba existe una norma para cuantificar las emisiones de fuentes industriales, la **Norma Cubana 242: 2005** Guía de datos tecnológicos para inventario de emisiones de los contaminantes atmosféricos para fuentes puntuales industriales

Esta norma establece los datos tecnológicos que se han de tener en cuenta para la realización de un inventario de emisiones de contaminantes a la atmósfera generados por fuentes puntuales industriales, teniendo además por objetivo ofrecer a los especialistas y técnicos una herramienta práctica para obtener los datos tecnológicos necesarios para la realización de un inventario de emisiones de contaminantes a la atmósfera[6].

Una vez determinados los niveles de emisión asociados a determinadas fuentes el siguiente paso en la valoración de los impactos que provocan es estudiar su dispersión en la atmosfera proceso en el cual intervienen numerosas variables.

Las condiciones climatológicas y topográficas de una región, influyen de manera directa en el comportamiento de cualquier contaminante emitido a la atmósfera por una fuente. Aunque la tasa de emisión de un contaminante se mantenga constante, su nivel sobre un área determinada es muy variable debido a las condiciones climatológicas y topográficas que actúan como difusoras. El conocimiento del comportamiento de estos parámetros permite establecer el marco de referencia, sobre el que se pueden determinar las posibles alteraciones de la calidad del aire[6].

1.8.2- La dispersión de los contaminantes, influencias climatológicas

Como la atmósfera es el medio en el que se liberan los contaminantes, el transporte y la dispersión de estas descargas depende en gran medida de parámetros meteorológicos. Para realizar actividades relativas a la planificación de la calidad del aire es imprescindible comprender la meteorología de la contaminación del aire y su influencia en la dispersión de las sustancias contaminantes[6].

- Temperatura
- Presión
- Nubosidad
- Radiación solar
- Precipitación
- Régimen de vientos
- Estabilidad atmosférica

1.8.3-La dispersión de contaminantes, influencias topográficas

Las características físicas de la superficie terrestre se denominan rasgos del terreno o topografía. Los rasgos topográficos afectan la atmósfera de dos maneras, térmicamente (a través del calor) se produce por el calentamiento diferencial, los objetos emiten calor en tasas distintas y geoméricamente (o mecánicamente) es causada por el viento que fluye sobre objetos de tamaños y formas diferentes. No sólo influyen en el calentamiento de la Tierra y del aire que la rodea sino también en el flujo del aire. Los rasgos del terreno, afectan sobre todo el flujo del aire relativamente cercano a la superficie terrestre, estos rasgos se pueden agrupar en cuatro categorías: plano, montaña/valle, tierra/agua y áreas urbanas[6].

1.9- Normas cubanas sobre la calidad del aire

Norma Cubana 39: 1999 Calidad del aire: requisitos higiénico-sanitarios

Esta norma establece los requisitos higiénicos sanitarios en cuanto a las concentraciones máximas admisibles de sustancias químicas contaminantes del aire y los radios mínimos admisibles de las zonas de protección en torno a las empresas industriales y otras fuentes de contaminación del aire, a continuación se muestra en la tabla 1.4 algunos valores límites que da esta norma para los contaminantes más conocidos producto de la combustión de los combustibles fósiles[6].

Tabla 1.1. Concentraciones máxima admisibles de sustancias contaminantes del aire para zonas habitables.

Contaminantes	Concentraciones máximas Admisibles (mg/m ³)		Clase de Peligrosidad
	Instant. (20 min.)	Prom. Diario. (24 h)	
Dióxido de Azufre	0,50	0,05	3
Dióxido de Nitrógeno	0,085	0,04	2
Hollín	0,15	0,05	3
Monóxido de Carbono	5,00	3,00	4
Monóxido de Nitrógeno	0,6	0,06	3

Nota: La última columna define la peligrosidad de las sustancias contaminantes del aire definida como: probabilidad o velocidad de aparición de efectos nocivos sobre la salud de la población a causa de los niveles reales de concentración existentes. Se clasifican, en dependencia de sus efectos de resorción crónica, en cuatro clases:

- Sumamente peligrosas.
- Moderadamente peligrosas.
- Muy peligrosas.
- Ligeramente peligrosas.

Norma Cubana 111: 2004 Calidad del aire—reglas para la vigilancia de la calidad del aire en asentamientos humanos

Esta norma establece las reglas para el desarrollo de la vigilancia de la calidad del aire en los asentamientos humanos y los principios de organización de la misma. De acuerdo a la norma la situación de la calidad o grado de contaminación del aire en los asentamientos humanos se evalúa mediante el índice de calidad del aire[6], este se establece teniendo en cuenta las concentraciones máximas determinadas y las permisibles.

En la tabla 1.2 se muestra la relación entre el índice de calidad del aire y posibles implicaciones sanitarias relacionadas con cada categoría de calidad.

Tabla 1.2 Relación entre el ICA y las implicaciones sanitarias relacionadas con cada Categoría de Calidad.

Índice	Categoría	Comentarios
0 - 79	Buena	No sobrepasa el 79 % del valor de la Concentraciones máxima admisibles (Cma) prescrito en la NC. 39. Óptima calidad sanitaria del aire. Supuesta protección de toda la población (aunque no puede asegurarse que no sobrepase el umbral de respuesta de efectos adversos en individuos aislados).
80- 99	Aceptable	No supera el 99 % de la Cma . Comienza el deterioro de la calidad del aire. Posible aparición de efectos leves en individuos o grupos de alta susceptibilidad (variabilidad individual de umbral de respuesta a los efectos) de muy difícil detección aún por investigaciones.

100-199	Deficiente	Sobrepasa entre 100 - 199 % el valor de la Cma prescrito en la NC 39. Ligero incremento en la frecuencia y severidad de los efectos adversos agudos y crónicos en la población general y principalmente en personas con enfermedades cardiovasculares, respiratorias y alérgicas y en otras de elevada susceptibilidad, solo detectables mediante investigaciones muy específicas y sensibles.
200-299	Mala	Supera entre 2 y 3 veces (200 – 300 %) el valor de la Cma . Aumento de la frecuencia y gravedad de los efectos adversos en grupos de alta susceptibilidad y en la población general, ya medibles mediante investigaciones específicas a escala individual y ecológica, basadas en registros morbilidad. Da lugar a una SITUACIÓN DE ATENCIÓN .
300–499	Pésima	Supera entre 3 y 5 veces el valor de la Cma . En dependencia del incremento de la concentración del contaminante y el tiempo de exposición continua el aumento de la frecuencia y gravedad de efectos adversos en los grupos de alta susceptibilidad y en la población general. Da lugar a una SITUACIÓN DE ALERTA .
> 500	Crítica	Se supera el límite de 5 veces la Cma , dando lugar a un incremento aún mayor del riesgo o probabilidad de ocurrencia de los efectos adversos sobre la salud de la población general y en grupos de riesgo, que se traduce en un evidente incremento agudo de la morbilidad y mortalidad que sobrecarga los servicios asistenciales; da lugar a una SITUACIÓN DE EMERGENCIA AMBIENTAL .

1.9.1-Metodología para la determinación de los impactos sobre la calidad del aire de la generación de energía por combustión

Los pasos que se propone seguir en el desarrollo de este estudio son los siguientes:

1. Definición del área de estudio para determinar el impacto de la fuente de emisión sobre la calidad del aire. (Extensión, localización del área).
2. Identificación y ubicación de la fuente de emisión dentro del área de estudio.
3. Evaluación de los estados de carga más frecuentes o significativos del tiempo de trabajo de la instalación en estudio para períodos de 24h, para asignar a cada estado un factor de emisión horaria según corresponda.
4. Medición de la composición de los gases de salida de las fuentes de emisión, así como tratamiento estadístico de los resultados, determinación de flujo de salida de cada contaminante en g/seg.
5. Generación de las bases de datos con la información topográfica y meteorológica del área de estudio compatibles con el software (ISCST3) empleado en la modelación de la dispersión de contaminantes.

6. Modelación de la dispersión de contaminantes.

7. Establecimiento de los criterios a seguir según los análisis realizados para emitir las valoraciones sobre el estado del área en estudio y evaluar el impacto de la fuente de emisión sobre la calidad del aire.

Conclusiones del capítulo.

- 1- El sistema de Gestión Total Eficiente de la Energía es de gran aplicabilidad a la Empresa de productos lácteos “La Villareña” Santa Clara.
- 2- Se determinaron dentro del sistema de gestión total eficiente de la energía como herramientas principales para su aplicación en el presente estudio el diagrama de Pareto, el gráfico de control y el gráfico de consumo producción en el tiempo.
- 3- Se identifica como uno de los impactos fundamentales de uso de la energía las emisiones de gases contaminantes.

Capítulo II. Aplicación de herramientas de la Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía para caracterizar el consumo de energía de la Empresa de productos lácteos “La Villareña” de Santa Clara.

En este capítulo se realiza un estudio sobre el consumo de portadores energéticos de la empresa objeto de estudio, determinándose los de mayor importancia. Se emplea para este trabajo una selección de herramientas del sistema la Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía programadas en EXCEL y se complementó el análisis con elementos teóricos de la generación transporte y uso del vapor.

2.1- Estructura de consumo

Los portadores que se consumen en esta empresa son:

- | | |
|--------------------------|-----------------------------|
| 1. Energía Eléctrica, | 5. Aceite Lubricante, |
| 2. Petróleo combustible, | 6. Grasa, |
| 3. Combustible Diesel, | 7. Gas Licuado del Petróleo |
| 4. Gasolina Motor, | |

La Energía Eléctrica se consume fundamentalmente en:

- | | |
|-------------------------|-------------------|
| 1. Refrigeración, | 4. Climatización, |
| 2. Bombeo, | 5. Alumbrado, |
| 3. Compresores de Aire, | 6. Otros |

Dentro de la denominación otros se incluyen los talleres de maquinado y mantenimiento industrial, talleres de mantenimiento automotor, otros equipos auxiliares y locales administrativos.

El petróleo combustible (fuel-oil) se consume solamente en la sala de caldera.

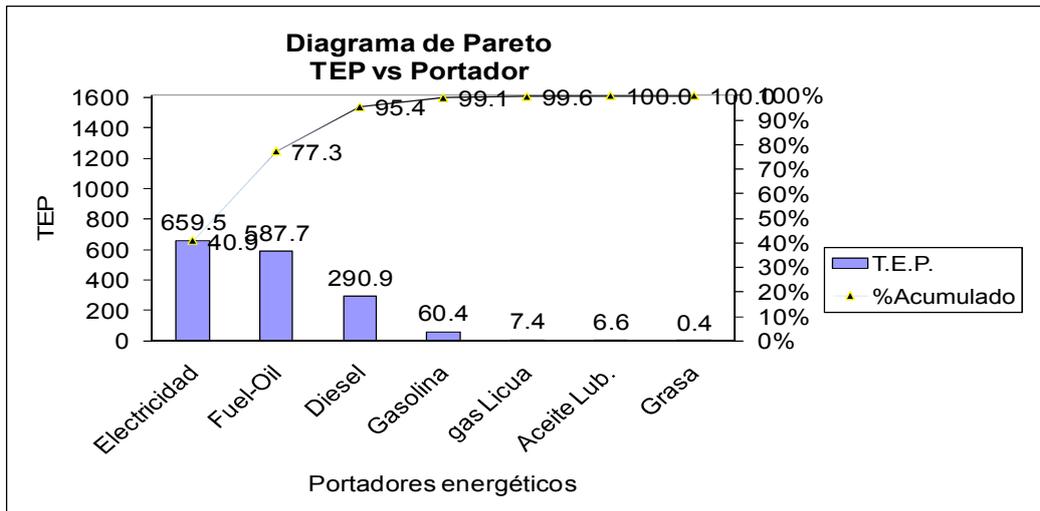
Para la aplicación de las herramientas de la GTEE en la pasteurizadora “La Villareña” se seleccionó el período del año 2009, para este período se identificaron los principales portadores energéticos demandados, véase las precisiones en la siguiente tabla.

Tabla 2.1- Estructura de consumo por portadores energéticos de la empresa de productos lácteos La Villareña para el año 2009

Nº	Portador	U.M.	Consumo	F.Conver	T.E.P.	%	%ACUM
1.	Electricidad	MWh	1801.9	0.3660	659.50	40.89	40.89
2.	Fuel-Oil	T	593.48	0.990	587.72	36.44	77.32
3.	Diesel	T	276.19	1.053	290.94	18.04	95.36
4.	Gasolina	T	57.38	1.0534	60.44	3.75	99.11
5.	gas Licua	T	6.401	1.163	7.44	0.46	99.57
6.	Aceite Lub.	T	6.55	1	6.55	0.41	99.97
7.	Grasa	T	0.404	1	0.40	0.03	100.00
				Total	1613.00		

Para facilitar el análisis del consumo de portadores energéticos en la entidad a partir de los datos que aparecen en la tabla 2.1 se elaboró el diagrama de Pareto que se muestra en el gráfico 2.1. Puede verse que los portadores más demandados son la energía eléctrica y el Fuel Oil en porcentajes del 41 y 36 % respectivamente con un monto total expresado en TEP de 659 y 587 anuales respectivamente, la suma de ambos portadores representó en el 2009 el 77.3% del consumo de portadores energéticos.

Gráfico 2.1. Diagrama de Pareto de la Estructura de Consumos



A los portadores antes mencionados le sigue el diesel que representa el 18% del consumo anual de portadores y la gasolina con un 3.75%, otros portadores usados en magnitud muy poco significativa son el gas licuado, el aceite lubricante y la grasa que representan un 0.46, 0.41 y 0.03% respectivamente. A excepción del gas licuado que solo se consume en la cocina; el diesel, la gasolina, el aceite lubricante y la grasa se consumen en transporte.

Del análisis visto anteriormente puede decirse que el diesel, la gasolina, el gas licuado, el aceite lubricante y la grasa son portadores energéticos que representan un bajo % en relación al consumo total de la Empresa, por tanto deben centrarse los esfuerzos en manejar con mayor eficiencia la electricidad y el Fuel-Oil, este último utilizado solamente en la generación de vapor.

2.2- Análisis del consumo de energía eléctrica

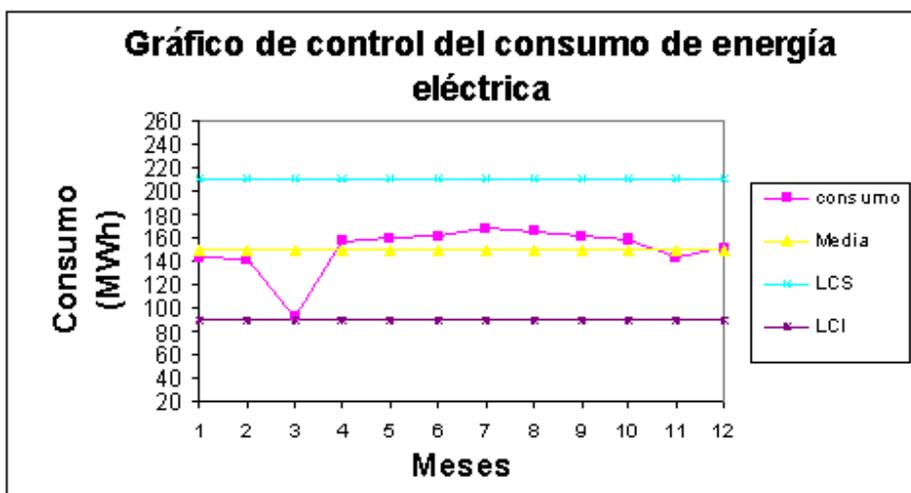
Por ser la energía eléctrica el portador más demandado en la Empresa se realiza un análisis de su consumo en el año 2009, los datos obtenidos son valorados con la ayuda del gráfico de control.

Tabla 2.2- Consumo de energía eléctrica año 2009

MES	Consumo de energía eléctrica (MWh)
Enero	142.3
Febrero	141.3
Marzo	92.7

Abril	156.9
Mayo	159.1
Junio	161.3
Julio	168.7
Agosto	165.2
Septiembre	160.5
Octubre	158.7
Noviembre	143.3
Diciembre	151.9

Gráfico 2.2- Gráfico de control de consumo de energía eléctrica



Del gráfico de control del consumo de energía eléctrica se observa que de manera general los valores están muy cercanos a la media lo que indica un comportamiento estable en la demanda de energía eléctrica, solo en el mes de Marzo el consumo bajó hasta un valor cercano al límite inferior debido a que la empresa detuvo la producción por presentar problemas con la materia prima, en los demás meses no se detectaron demandas de energía cercanas a los valores calculados y establecidos como límites de control del consumo para ese período, lo cual indica un funcionamiento estable de la Empresa de productos lácteos “La Villareña” Santa Clara.

Partiendo del análisis dado anteriormente y de una inspección visual no se detectaron grandes oportunidades de ahorro de energía eléctrica en la empresa, por lo que en adelante se estudia el consumo de Fuel Oil.

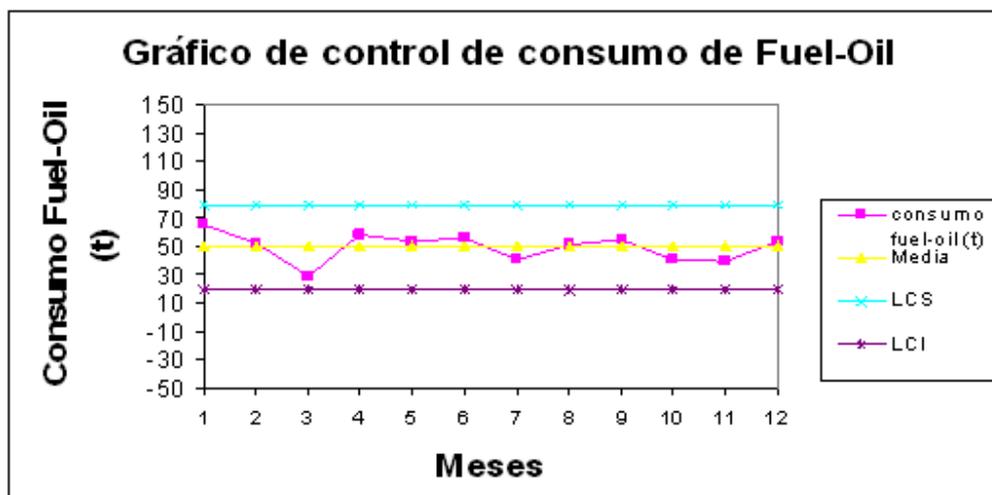
2.6- Análisis del consumo con Relación al Fuel-Oil

El Fuel-Oil es el segundo portador más demandado en la Empresa por lo que se realiza un análisis detallado de su consumo, a continuación se dan los gráficos de control referente al año 2009 para este portador.

Tabla 2.4. Consumo de combustible año 2009.

MES	Consumo de combustible (Toneladas)
Enero	65.19
Febrero	52.9
Marzo	28.97
Abril	58.08
Mayo	53.09
Junio	55.77
Julio	40.70
Agosto	51.43
Septiembre	54.45
Octubre	40.48
Noviembre	39.23
Diciembre	53.13

Gráfico 2.3- Gráfico de control de consumo de Fuel-Oil

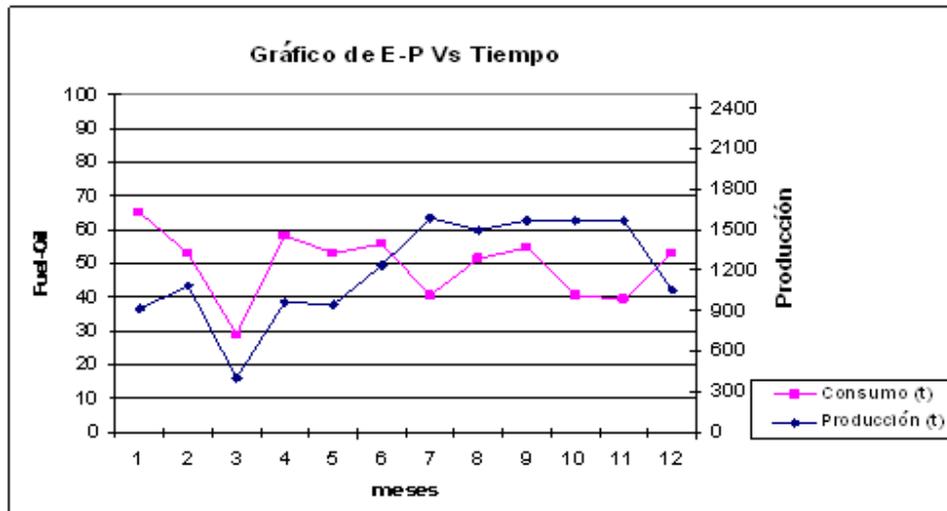


Del gráfico de control del Fuel-Oil se observa que los valores de la demanda de este portador oscilan alrededor de la media excepto en el mes de Marzo donde el consumo baja debido a que la empresa detuvo la producción por presentar problemas con la materia prima. En el período analizado no se detectaron puntos fuera de los límites de control del consumo, lo cual indica un funcionamiento estable de la entidad. No obstante para el caso de este portador se puede apreciar que las variaciones de la demanda por mes son mayores que para la energía eléctrica, por lo que se valora a continuación la relación consumo Fuel oil-producción en el tiempo.

En el gráfico 2.4 que relaciona consumo-producción Vs Tiempo se aprecia la variación del consumo de Fuel-Oil contra Producción en el período del año 2009. El gráfico permite identificar por mes el comportamiento del consumo con respecto a la variación de la producción, normalmente es directamente proporcional el incremento de la producción con

respecto al incremento del consumo de Fuel-Oil, aunque no siempre se dio este comportamiento en este caso de estudio. Partiendo de estas irregularidades se profundiza en el sistema de producción transporte y uso final de vapor. Por otra parte partiendo de una inspección visual se identificaron posibles mejoras en el sistema que pudieran conducir a sustanciales ahorros de combustible.

Gráfico 2.4- Gráfico de consumo-producción Vs Tiempo



2.3- Descripción de la sala de calderas

Esta entidad dispone de una sala de calderas compuesta por 3 equipos generadores de vapor cuyas características se dan en el siguiente epígrafe 2.3.1, estos generadores son los encargados de suministrar el vapor a los siguientes consumidores:

- Calentador de agua
- Pasteurizador de leche
- Tanque de fabricación de queso
- Pre-calentamiento de petróleo combustible
- Líneas de limpieza
- Línea de producción del yogurt

Además de lo anterior esta empresa dispone de una estación de pre-calentamiento del fuel-oil con vapor, distribuidor de vapor, tanque de agua de alimentar y estación de tratamiento de agua. Adicionalmente y en el exterior se dispone de 2 tanques de almacenamiento de fuel-oil con 50 000 litros de capacidad cada uno y con sistemas de tuberías de vapor y serpentín que en estos momentos está roto y se utilizaba para el pre-calentamiento. La presión del vapor de trabajo es 6.0 kg/cm^2 y la temperatura del vapor es de $165 \text{ }^\circ\text{C}$.

El condensado no se recupera y se desecha porque las dos bombas de recirculación están rotas y lo que significa una pérdida considerable de combustible.

2.3.1- Datos de chapa de los equipos generadores y consumidores de vapor

Caldera No 1

Marca: PKM

País de origen: cubano-búlgaro

Año de puesta en marcha: 2000

Capacidad de carga: 1.5 t/h

Caldera No 2

Marca: Arauterm

Modelo: Lambada 3750

País de origen: Brasil

Año de puesta en marcha: 2004

Capacidad de carga: 4327kg/h

Potencia máxima: 40kw

Presión: 10 bar

Temperatura: 184 °C

Descripción

Temperatura de los gases de escape: 250 °C

Temperatura de vapor saturado: 184 °C

Volumen de agua: 11.4 m³

Superficie de calefacción: 110.1 m²

Consumo de combustible máximo: 250kg/h

Caldera No 3

Marca: PKM47-35

País de origen: cubano-búlgaro

Año de puesta en marcha: 1990

Presión de atomización: 13 kgf/cm²

Descripción

Superficie de calefacción: 133 m²

Capacidad de carga: 4000kg/h

Tanque de agua caliente

Marca: Potrubi

Modelo: Boiler

País de origen: checo

Año de fabricación: 1969

Capacidad de carga: 4000 litros

Presión: 6 ATP

Temperatura: 100 °C

Descripción

5 válvulas de globo

1 válvula de calefacción

1 válvula de retorno

1 válvula de seguridad

2 trampas de vapor

2 termostatos

1 manómetro

Tacho para queso fundido

Marca: Emia

Modelo: HD 105 CUBIBAST

País de origen: U.R.S.S

Año de fabricación: 1987

Capacidad: 378 litros

Potencia: 4kw

Presión: 4 a 6 kg/cm^2

Pasteurizador

Marca: LONGEM

Modelo: BR-HTST-10B

País de origen: China

Año de fabricación: 2007

Año de Puesta en Marcha: 2008

Capacidad de Carga: 10 t/h

Potencia: 7 KW

Temperatura: 76°C

Accionamiento: Electromecánico

Dimensiones:

Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)
2.8	1.9	2.2

Turnos de Trabajo: 1

Horas efectivas diarias: 8

Días de trabajo por año: 365

Relación de Electromotores:

Tabla 2.3- Relación de Electromotores

Número	Potencia (KW)	Fases	Velocidad de rotación (rpm)	Descripción
1	3	3	3480	2 bombas chinas ϕ ext DN 65 mm
2	3	3	3480	ϕ int DN 50 mm
3	4	3	3500	Bomba vertical GRUNDFOS

2.4- Caracterización del sistema consumidor

El sistema consumidor es de mediana magnitud referido al consumo de vapor ya que cuenta con diversos equipos que de estar trabajando a plena capacidad exigirían una gran demanda de vapor. En práctica esto no ocurre así ya que la materia prima no siempre llega a la misma vez o no se producen ciertos productos todos los días. Aunque esta instalación trabaja todos los días del año aproximadamente 19 horas al día. Para dar una idea de cómo funcionan estos, señalar que arrancan a las 6:00 am trabajando de forma continua (caldera No 3 con quemador de dos boquillas) a máxima capacidad hasta aproximadamente las 2:00 pm, a partir de las 2:00 pm hasta las 6:00 pm se trabaja con una sola boquilla ya que la demanda disminuye, de 6:00 pm a 10:00 pm se para y se reinicia la producción de igual forma hasta aproximadamente las 5:00 am. En caso de que la demanda sea muy alta se arranca la caldera (No 2) para satisfacer la misma.

2.5- Esquema mono lineal de la sala de caldera y líneas de vapor así como equipos consumidores

En el esquema mono lineal de la sala de calderas se muestra la ubicación de los generadores de Vapor y su conexión con el sistema consumidor, se muestran las diferentes líneas en las que se utiliza el vapor que parten desde el distribuidor hasta el área de producción así como las conexiones de alimentación de agua y combustible. (Ver Anexo1, 2, 3)

2.7- Cálculo de la generación de vapor

Para realizar el cálculo aproximado de la producción de vapor se midió el consumo de agua del tanque de alimentación para una hora de trabajo, esta medición fue realizada para la máxima carga de trabajo del generador de vapor es decir máxima demanda de vapor en la empresa.

La capacidad total del tanque es de 3000 L, y como promedio la temperatura del agua de alimentación es de 27°C, las dimensiones de tanque son D=1.80m y L=4.00m, la densidad del agua empleada para el agua fue de 1000 kg/m³

Tabla 2.5- Mediciones del nivel del tanque

Variación del nivel del tanque por agua consumida	0.28 m
Variación del nivel del tanque por recuperación de condensado.	0

Volumen del agua consumida

$$V = 1.8m^3/h$$

Masa de agua consumida

$$\text{masa} = 1.8m^3/h * 1000kg/m^3$$

La masa de agua consumida es igual al flujo de vapor generado. $D = 1800Kg/h$

Volumen del condensado recuperado.

$$V = 0Kg/h$$

2.8- Índice de generación del generador de vapor

El consumo de combustible del generador de vapor es de 2175 Kg/día aproximadamente, partiendo de este dato, las horas de trabajo por día ya la producción de vapor puede determinarse el índice de generación.

Índice de generación.

$$IC = \frac{Kgvapor}{Kgcomb} = \frac{1800kg/h}{145kg/h} = 12.4 \frac{Kgv/h}{Kgc/h}$$

2.9- Análisis termo técnico del generador de vapor

2.9.1- Tipo de combustible

El combustible que se emplea para la combustión es Petróleo pesado (Fuel – Oil) producido fundamentalmente en Cuba, del cual se muestran las siguientes características.

Tabla 2.6- Características del combustible

Parámetro	U/M	Valor
Viscosidad 50 °C	mm ² /s	181-350
Densidad	g/cm ³	0.99
Capacidad térmica específica NC	kJ/kg.(kcal/kg.)	38 548 (9200)

2.9.2- Evaluación de la eficiencia térmica de generador de vapor

La eficiencia fue medida con el analizador de gases, en este caso se realizó el análisis a la caldera No3 ya que la No2 estaba apagada y la No1 está fuera de servicio por reparación.

Tabla 2.7- Datos para realizar el balance térmico del generador de Vapor

Variable	Símbolo	UM	Valores
Gasto total de combustible	B	kg/h	145
Temperatura del combustible al entrar a los quemadores	tc	°C	120
Temperatura del agua de alimentación	t _{aa}	°C	27
Producción de vapor	D	kg/h	1800
Presión de trabajo de la caldera	P	kg/cm ²	6
Temperatura ambiente.	t _a	°C	27
Temperatura de los gases a la salida del generador de vapor	θ _{sgv}	°C	220
Temperatura superficial de la caldera.	ts	°C	48
índice de Bacharach	-	-	7
Contenido de CO ₂ en los gases de salida	CO ₂	%	5.5
Contenido de CO en los gases de salida	CO	ppm	810
Contenido de O ₂ en los gases de salida	O ₂	%	13.7
Contenido de SO ₂ en los gases de salida	SO ₂	ppm	340
Contenido de NO en los gases de salida	NO ₂	ppm	9

2.9.3- Cálculo del calor disponible

$$Q_d = Q_i^p + i_c + Q_{acp} + Q\phi \rightarrow \left(\frac{kJ}{kg} \right)$$

Q_i^p - Calor específico de combustión inferior de la masa principal.

i_c - Entalpía del combustible a la entrada del quemador.

Q_{acp} - Calor aceptado por el aire en el precalentador.

$Q\phi$ - Calor introducido por el vapor de atomización.

$$Q_d = 40044.8 \left(\frac{kJ}{kg} \right)$$

2.9.4- Cálculo de las pérdidas de calor

Pérdida de calor con los gases de salida

$$q_2 = K \frac{(\theta_{sgv} - t_a)}{(CO_2 + CO)} = 20.4\% \quad K = 0.59 \rightarrow \text{Combustible pesado}$$

$$CO = 810 \text{ ppm} \rightarrow \% 0.81\%$$

θ_{sgv} - Temperatura de los gases a la salida del generador de vapor.

t_a - Temperatura del aire ambiente.

CO_2 - % de CO_2 en los gases de salida.

CO - % de CO en los gases de salida.

K - Coeficiente de Hassintein.

Las pérdidas por calor en los gases de escape es la mayor de todas las pérdidas que ocurren en el generador, sus valores normales están entre 8% y 30%. Aunque 20.4% se encuentre dentro del rango lo mejor es mantenerla en el mínimo posible. La magnitud de esta pérdida depende fundamentalmente de dos factores, los cuales son:

Coeficiente de exceso de aire a la salida del generador.

Temperatura de los gases a la salida del generador.

Pérdida de calor por incombustión química

$$q_3 = 2,37 \cdot 10^4 \frac{C^p}{Q_d} \frac{CO}{CO_2 + CO} = 0.73(\%)$$

C^p - Contenido de carbono en el combustible (%).

Q_d - Calor disponible.

Las pérdidas de calor por incombustión química calculada es elevada con un valor de 0.73%, ya que en generadores de vapor con combustión a la llama los valores aceptables están entre 0 y 0.5%. Cuando esta pérdida excede los valores de su rango normal, el origen puede estar en los siguientes factores:

Coefficiente de exceso de aire en el horno inferior al necesario que no se considera en este caso ya que el valor medido estuvo en alrededor de 1.8.

Mezcla inadecuada del aire y el combustible.

Pérdida de calor por incombustión mecánica

$q_4 = q_{4p} + q_{4v}$ $q_{4p} = 0$ → Porque los combustibles líquidos no tienen residuos en la parrilla

$q_4 = q_{4v}$ Es un combustible líquido estos estudios se basan solamente en el índice de Bacharach.

$q_4 = 0.8\% \rightarrow [7]$

Pérdida de calor por radiación al medio ambiente

$q_5 = Fc \cdot q_5' = 1.29\%$

$q_5' = 2.3\%$

$Fc = \frac{kc}{1420} = 0.56$

Fc - Factor de corrección de transferencia de calor.

q_5' - Pérdida de calor por radiación al medio ambiente bajo condiciones estándar.

La pérdida de calor por radiación ocurre a través de todas las paredes de la caldera, el valor de esta pérdida es un valor bajo ya que el rango de variación de su magnitud es de 1,8 – 3,2.

$q_6 = 0$

$q_7 = 0$ Se cierran las extracciones

Tabla 2.8- Resumen de pérdidas de calor calculadas.

Perdida	Valor (%)
q_2	20.4
q_3	0.73
q_4	0.8
q_5	1.29

Eficiencia del generador de vapor

$$\sum q_p = q_2 + q_3 + q_4 + q_5 = 20.4 + 0.73 + 0.8 + 1.29 = 23.22\%$$

$$\eta = 100 - \sum q_p = 100 - 23.22 = 76.8\%$$

La eficiencia con que trabaja un generador de vapor es desde el punto de vista de la economía, el concepto más importante, pues caracteriza con que efectividad el equipo capta, para la generación de vapor, el calor liberado por el combustible, la eficiencia calculada del generador de vapor en estudio fue de un 76.8%, este es un valor bajo, ya que estos generadores pueden alcanzar valores de eficiencias entre 85 y 95%.

2.9.5-Cálculo de las pérdidas por aislamiento térmico

El aislamiento térmico de las tuberías que conducen sustancias con temperaturas diferentes a la ambiente juega un papel importante en lo relacionado con la economía ya que este garantiza que no existan perdidas de calor al medio ambiente o al menos las disminuye. La determinación del espesor óptimo del aislamiento de una tubería requiere de un análisis ya que al aumentar el mismo disminuyen las pérdidas y el costo de operación, pero por otro lado sus costos en material y montaje se incrementan. Por lo tanto su valor debe ser tal que garantice los menores costos posibles.

$$Q = Q_c + Q_r$$

Donde:

Q_c Calor por convección

Q_r Calor por radiación

$$Q_c = 4.1 \cdot D_2^{0.75} \cdot (T_s - T_a)^{1.25} \quad \text{Convección Libre}$$

$$Q_c = 57W / m = 0.06kW / m$$

T_s Temperatura de la superficie del aislante

T_a Temperatura ambiente

$$Q_r = Fr \cdot E \cdot \pi \cdot D_2 (T_s - T_a) \quad \text{Convección por radiación}$$

$$Q_r = 0.11W / m = 1.1 \cdot 10^{-4} kW / m$$

$Fr \rightarrow$ Coeficiente de radiación térmica 0.76 [8]

$E \rightarrow$ Emisividad de la superficie exterior del aislante 0.03 para chapa de aluminio pulido

$$Q = Q_c + Q_r$$

$$Q = 0.06kW / m * 80m$$

$$Q = 4.8kW$$

Desde la caldera hasta los consumidores existen 80m de tubería

2.9.6- Cálculo de las pérdidas de energía por no recuperación del condensado

Producción de vapor $D=1.8ton / h$

Pérdida de condensado $C=100\% \rightarrow 1.8ton / h$

Entalpía del líquido saturado $h = 697.2 \text{ kJ/kg} \rightarrow [7]$

$$Q_i^p = 39800 \text{ kJ/kg}$$

$$B = 145 \text{ kg/h}$$

Condensado

100% de no recuperación de condensado.

C=1.8 t/h

$$C \cdot hf \rightarrow f(p) = 697.2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \cdot 1.8 \frac{\text{ton}}{\text{h}} \cdot 1000 \frac{\text{kg}}{\text{ton}} = 1254960 \text{ kJ/h}$$

A=% de energía que se pierde para un 100% de no recuperación del condensado.

$$A = \frac{C \cdot hf}{B \cdot Q_i^p} * 100 = \frac{1254960}{145 \cdot 39800} * 100 = 21\%.$$

Energía que entra al generador de vapor

$$B \cdot Q_i^p = 145 \text{ kg/h} \cdot 39800 \text{ kJ/kg} = 5771000 \text{ kJ/h}$$

Energía que se pierde para un 100% de no recuperación del condensado.

$$5771000 \rightarrow 100\%$$

$$X \rightarrow 21\%$$

$$X = 1211910 \text{ kJ/h}$$

Cantidad de combustible perdido. (Bp)

$$Bp = \frac{X}{Q_i^p} = \frac{1211910 \text{ kJ/h}}{39800 \text{ kJ/kg}} \cdot \frac{19 \text{ h}}{\text{día}} \cdot \frac{30 \text{ día}}{\text{mes}} \cdot \frac{\text{ton}}{1000 \text{ kg}} * \frac{12 \text{ mes}}{\text{año}} = 208 \text{ ton/año}$$

Las pérdidas de combustible por la no recuperación del condensado alcanzan un valor de 208 ton/año lo que significa un gasto excesivo de combustible que representa para un precio de 475 USD/ton un monto de 98 868 USD en el año.

Nota: Para calcular el valor del costo del combustible se utilizó el precio del Fuel – Oil (FOB) del 2/diciembre/2009 (475.33 USD por tonelada).

A partir de los posibles ahorros de combustibles derivados de la recuperación de condensado pueden lograrse disminuciones considerables en las emisiones de contaminantes, por ejemplo en el caso de la emisiones de CO₂ puede evitarse la emisión de 624 ton/año.

2.9.7- Potencial de disminución de consumo de combustible a partir posibles incrementos de eficiencia en el generador de vapor.

Para evaluar la posible disminución del consumo de combustible en el generador de vapor se parte del consumo de combustible calculado y empleando la ecuación para la

determinación de la eficiencia por el método directo una vez que se ha despejado de ella el consumo de combustible (B) se calcula la variación de este evaluando en la expresión los valores posibles de eficiencia a lograr para el tipo de generador objeto de estudio. Las expresiones empleadas son las que se dan a continuación, se evaluaron las posibles disminuciones en el consumo de combustible a partir de lograr eficiencia de un 85 y 95%.

$$\eta = \frac{Q_u}{B \cdot Q_d} * 100$$

$$B = \frac{Q_u}{\eta \cdot Q_d} * 100$$

Q_u - Calor útil entregado a la sustancia de trabajo.

Q_d - Calor disponible.

B - Gasto de combustible.

Para una eficiencia en la generación de vapor del 85% el consumo de combustible es de 131kg/h, lo que disminuye el consumo de combustible en 14kg/h respecto al 76.8% de eficiencia calculado anteriormente por el método indirecto, lo que significa un potencial de ahorro de 82 toneladas de combustible en el año que a un precio de 475 USD/ton equivale a 38 977 USD/año.

Para una eficiencia en la generación de vapor del 95% el consumo de combustible es de 131kg/h, lo que disminuye el consumo de combustible en 28kg/h respecto al 76.8% de eficiencia calculado anteriormente por el método indirecto, lo que significa un potencial de ahorro de 163 toneladas de combustible en el año que a un precio de 475 USD/ton equivale a 77 479 USD/año.

A partir de los posibles ahorros de combustibles derivados del aumento de eficiencia pueden lograrse disminuciones considerables en las emisiones de contaminantes, por ejemplo en el caso de las emisiones de CO₂ puede evitarse la emisión de 246 a 489 ton/año en el caso de que lograra incrementar la eficiencia hasta un 85 o 95% respectivamente.

Conclusiones del capítulo

- 1- Del análisis del consumo de portadores energéticos para el año 2009, se identificó que los portadores más demandados son la energía eléctrica y el Fuel Oil en porcentajes del 41 y 36 % respectivamente con un monto total expresado en TEP de 659 y 587 toneladas anuales respectivamente, la suma de ambos portadores representó en el 2009 el 77.3% del consumo de portadores energéticos.
- 2- A partir de una inspección visual y de los se gráficos de control y energía producción en el tiempo se identificaron posibles mejoras en el sistema de generación transporte y uso final del vapor que pudieran conducir a sustanciales ahorros de combustible en la entidad.
- 3- La eficiencia calculada del generador de vapor en estudio fue de un 76.8%, este es un valor bajo, ya que estos generadores pueden alcanzar valores de eficiencias entre 85 y 95%.

- 4- Las pérdidas de combustible por la no recuperación del condensado alcanzan un valor de 208 ton/año lo que significa un gasto excesivo de combustible que representa para un precio de 475 USD/ton un monto de 98 868 USD en el año.
- 5- A partir de las reservas de eficiencia existentes en generador de vapor pudiera lograrse una reducción en el consumo anual de Fuel Oil para la generación de vapor de entre 82 a 163 Ton.
- 6- Teniendo en cuenta los potenciales de ahorro de energía en el área de generación y transporte de vapor pudieran evitarse en un período de un año la emisión de entre 870 y 1100 ton de CO₂.

CAPÍTULO III: Valoración de los impactos ambientales, emisiones de gases contaminantes.

En Cuba se le concede una atención especial al cuidado del medio ambiente, se ha promulgado por la Asamblea Nacional en correspondencia con el Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente la ley No 8, que tiene como objetivo establecer los principios que rigen la política del estado y las acciones de los ciudadanos y la sociedad en general, a fin de proteger el medio ambiente y contribuir a los objetivos de desarrollo sostenible del país.

Sin duda una de las actividades antropogénicas de mayor impacto sobre el medio lo constituye el uso desmedido que hace hoy el hombre de los combustibles fósiles, la contaminación ambiental producida por el uso de estos combustibles, amenaza la estabilidad del clima y la vida en el planeta. Las consecuencias del cambio climático y del calentamiento global ya se observan.

Las afectaciones a la calidad del aire que provocan los gases de escape de la combustión pudieran ser uno de los mayores impactos a escala local de las industrias, que desde el punto de vista de la contaminación atmosférica se denominan fuentes fijas industriales de emisiones de gases contaminantes. Sin embargo son pobres las acciones encaminadas a reducir su impacto, sobre todo en países en vías de desarrollo.

Los principales gases emitidos por estas fuentes son:

- ❖ Dióxido de azufre (SO₂).
- ❖ Monóxido de carbono (CO).
- ❖ Óxidos de nitrógeno (NOx).
- ❖ Material particulado.
- ❖ Hidrocarburos sin quemar.
- ❖ Dióxido de carbono (CO₂).

El CO₂ no es considerado un contaminante perjudicial a salud, por lo que no se considera de impacto a escala local, sin embargo a escala global es el principal causante del efecto invernadero y el calentamiento global.

3.1-Metodología para la determinación de los impactos sobre la calidad del aire de la generación de energía por combustión

La metodología que se propone seguir en el desarrollo de este estudio es la presentada en el primer capítulo en el epígrafe 1.9.1, por lo que en este capítulo solo se hace mención a dicha metodología.

3.2-Descripción del Equipamiento

Para realizar las mediciones de las características de los gases de la combustión se emplearon los analizadores de gases ECOM-SG y Testo 300 XL-1.

El Analizador de gases ECOM-SG PLUS figura 3.1 es utilizado para el análisis automático de gases. El equipo posee cuatro pantallas. La primera y principal, indica los % o ppm (partes por millón) del gas en la mezcla de productos gaseosos de la combustión y la temperatura del gas y del local (este sería el ambiente del equipo). Los valores mostrados son de la emisión instantánea, y los valores calculados de CO₂, ϵ , λ , las pérdidas sólo se indican cuando el % de O₂ medido está por debajo del 20,5% y la diferencia de temperatura es mayor que 5 °C (Tgas – Tlocal) > 5°C. Las otras tres pantallas muestran la información (durante el transcurso de las mediciones) de valores medios de forma automática en intervalos de tiempo dados. Todas las emisiones son reportadas en ppm, pero estas unidades pueden ser variadas expresando los resultados en % o mg/m³.

Se empleo también el **Testo 300 XL-1**, figura 3.2 analizador de gases de la combustión que cuenta con la certificación ISO 9001. Este Analizador puede de medir la temperatura de los gases de combustión y ambiente, y las concentraciones de O₂, CO₂, CO, NO y SO₂.



Figura. 3.1. ECOM-SG PLUS



Figura. 3.2. Testo 300 XL-1

Tabla 3.1. Características técnicas de los analizadores de gases.

Analizador	Variable medida	Rango de Medición	Exactitud	Resolución	Medición
ECOM-SG-Plus.[1]	O ₂	0-25 %	5 % (1,25%)* [2%(0,1%)]	0,1 %	Sensor electroquímico
	CO	0-4000 ppm	5 % (200 ppm)* [2%(16 ppm)]	1 ppm	
	NO	0-2000 ppm	5 % (100 ppm)* [2%(8 ppm)]	1 ppm	
	NO ₂	0-2000 ppm	5 % (10 ppm)* [2%(1 ppm)]	1 ppm	
	SO ₂	0-4000 ppm	5 % (200 ppm)* [2%(16 ppm)]	1 ppm	
	Temp-Gas	0-999 °C	2 % (20 °C)*	1 °C	Termopar
	Temp-Amb.	0-99 °C	2 % (2 °C)*	1 °C	
TESTO [2]	O ₂	0-25 %	< 0.8 *	0,1 %	Sensor electroquímico
	CO	0-10000 ppm	< 10 ppm (a 200 ppm)	1 ppm	
	NO	0-3000 ppm	< 5 ppm (a 100 ppm)	1 ppm	
	SO ₂	0-5000 ppm	< 10 ppm (0-200ppm)	1 ppm	
	Temp.	-40-1200°C	±0,5 °C(0 a 99,9 °C) ±0,5 °C del v.m(>100°C)	0,1 °C (a 1000 °C) 1 °C (> 1000 °C)	Termopar

El flujo de gases de salida se calcula empleando los modelos propuestos por Rubio, Generadores de vapor, funcionamiento y explotación, 2000, llevando los resultados obtenidos a las condiciones reales.

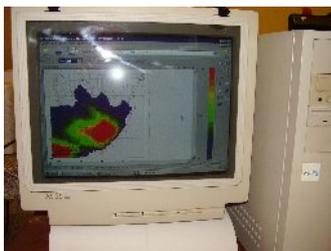


Para la determinación de las variables meteorológicas se emplea una estación meteorológica automática, figura 3.3, que permite crear la base de datos con la información atmosférica, temperatura, presión, velocidad y dirección de los vientos, radiación solar, humedad relativa y precipitaciones. Estas variables juegan un papel fundamental en el transporte y dispersión de los contaminantes.

También pueden usarse dependiendo de la cercanía del área de estudio las estaciones meteorológicas de la red nacional.

Figura 3.3. Estación meteorológica MCV-100 CPV-8D7A

Software ISCST3 empleado para la Modelación de la dispersión de contaminantes.



Para la determinación de las concentraciones provocadas en el área de estudio por la fuente de emisión se empleó el Software ISCST3.

El modelo utilizado para el análisis de la dispersión de contaminantes fue el ISCST3, un modelo de pluma Gaussiano de estado continuo que puede ser usado para evaluar concentraciones y/o deposiciones de flujos de una variedad amplia de fuentes asociadas a la industria y el transporte.

Figura 3.4. Pantalla gráfica ISCST3

El modelo ISCST3 es usado por la Agencia de Protección del Ambiente de los Estados Unidos (EPA) y fue diseñado para apoyar las opciones de modelación de emisiones reguladas. Algunas de las posibilidades del modelo son:

- Puede manejar fuentes múltiples, incluyendo puntuales, volumétricas, de área, y los tipos de fuente de hoyos abiertos. También pueden tratarse fuentes de la línea como un cordón de fuentes de volumen o como fuentes del área largas.
- Las fuentes de emisión pueden tratarse como constantes o pueden ser variadas por mes, estaciones, horas del día, u otros periodos optativos de variación. Estos factores de emisión variables pueden ser especificados para una sola fuente o para un grupo de fuentes.
- El modelo puede considerar los efectos aerodinámicos debido a los edificios cercanos en emisiones puntuales. Contiene algoritmos para modelar los efectos de precipitación de gases o partículas.
- Pueden especificarse situaciones del receptor como maya y/o receptores discretos en un sistema de coordenadas cartesianas o polares.
- Incorpora el modelo de algoritmos de dispersión COMPLEX1 para los receptores en terreno complejo.
- Utiliza el modelo de datos meteorológicos en tiempo real para considerar las condiciones atmosféricas que afectan la distribución de la contaminación aérea en el área modelada.

Los resultados pueden ser dados para la concentración, flujo de la deposición total, flujo de la deposición seco, y/o el flujo de la deposición húmeda.

3.3 Localización de la entidad y área de Estudio

La Empresa de productos lácteos “La Villareña” de Santa Clara se encuentra ubicada al suroeste de la ciudad de Santa Clara, zona hospitalaria y el área más poblada en las inmediaciones de la entidad se encuentra en la dirección norte de la misma. La localización exacta puede verse en la figura 3.5.

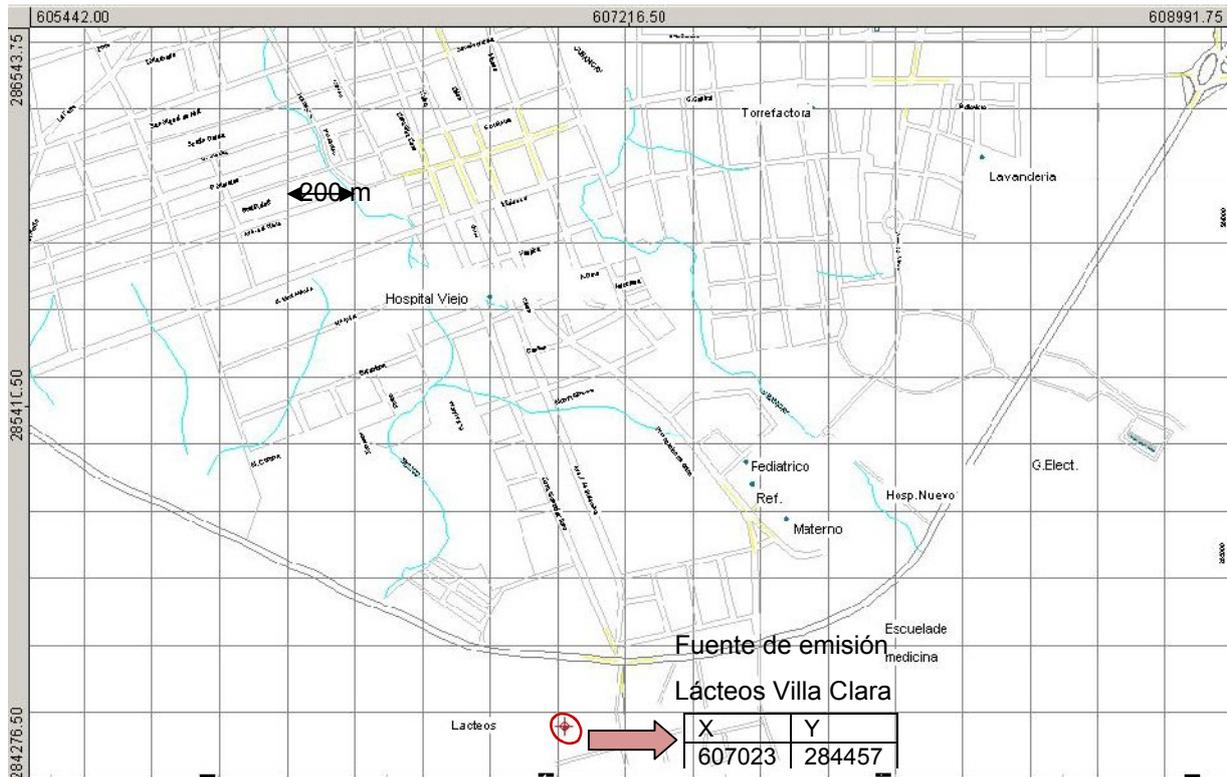


Figura 3.5. Área de estudio y ubicación de las fuentes de emisión, ciudad de Santa Clara. (Localización en el sistema UTM).

3.4 Cuantificación de las emisiones

Para la cuantificación de las emisiones se tomaron los resultados de las mediciones realizadas para la prueba termodinámica de la caldera, los valores aparecen en el capítulo II.

Tabla 3.2- Datos de las fuentes de emisión

Fuente	Descripción	Localización [m]		Altura de las chimeneas [m]	Tasas de emisión. [g/s]			Temperatura de salida de los gases [°K]	Velocidad de salida de los gases. [m/s]	Diámetro de la chimenea [m]
		X	Y		SO ₂	CO	NO _x			
Chim. 1	Generador de vapor: Fuel Oil	607023	284457	10	1.06	1.11	0.02	493	7.55	0.6

3.5- Resultados de la modelación.

El resultado de la modelación de la dispersión de CO aparece en el anexo 4, la concentración máxima determinada para las condiciones de la modelación fue de $36 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en la dirección sur de las fuentes de emisión a una distancia aproximadamente de 200 m, este resultado es para 19 horas de funcionamiento de la instalación y para un período de tiempo seleccionado para calcular el promedio de concentración de 24 horas. Esta concentración de CO de $36 \mu\text{g}/\text{m}^3$ no alcanza el valor que establece la norma cubana 39:1999 como permisible de $3000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para un período de 24h y la categoría de calidad del aire atendiendo a este contaminante es de buena.

El resultado de la modelación de la dispersión de NO_x aparece en el anexo 5, la concentración máxima determinada para las condiciones de la modelación fue de $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en la dirección sur de las fuentes de emisión a una distancia de 250 m aprox., este resultado es para 19 horas de funcionamiento de la instalación y para un período de tiempo seleccionado para calcular el promedio de concentración de 24 horas. Esta concentración de NO_x de $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ no excede el valor que establece la norma cubana 39:1999 como permisible de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para un período de 24h y la categoría de calidad del aire atendiendo a este contaminante es de buena.

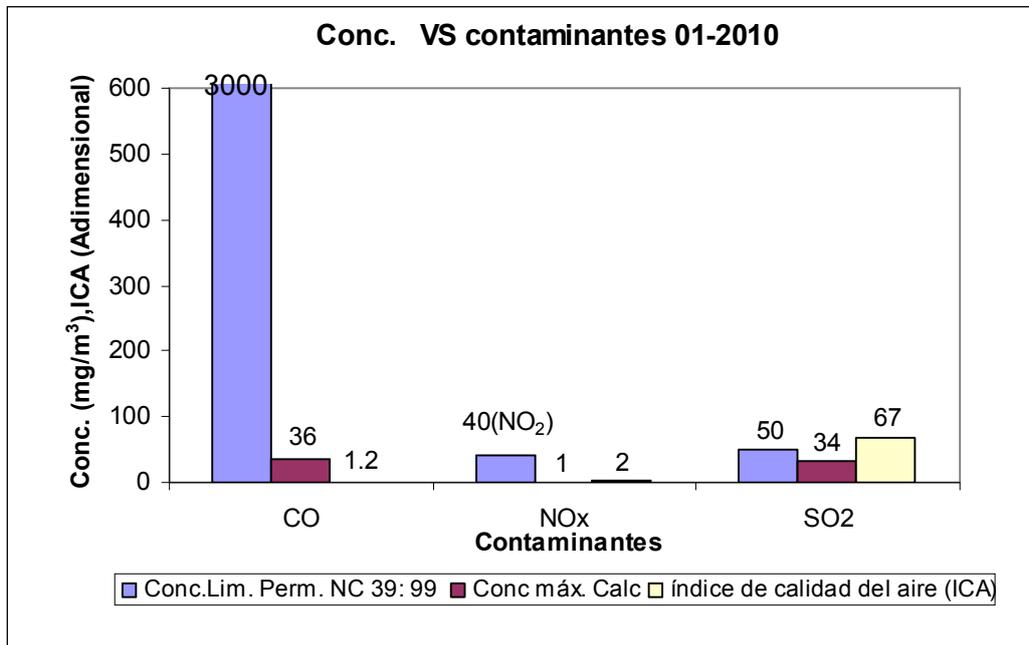
El resultado de la modelación de la dispersión de SO_2 aparece en el anexo 6, la concentración máxima determinada para las condiciones de la modelación fue de $34 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en la dirección oeste de las fuentes de emisión a una distancia de 400 m aprox., este resultado es para 19 horas de funcionamiento de la instalación y para un período de tiempo seleccionado para calcular el promedio de concentración de 24 horas. Esta concentración de SO_2 de $34 \mu\text{g}/\text{m}^3$ no excede el valor que establece la norma cubana 39:1999 como permisible de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para un período de 24 horas y la categoría de calidad del aire atendiendo a este contaminante es de buena.

Las concentraciones límites que establece la NC 39:1999, las concentraciones máximas calculadas, así como los índices de calidad y la categoría de calidad correspondiente según la NC 111:2004 aparecen en la tabla que sigue, se ilustran también el gráfico de barras que aparece a continuación.

Tabla 3.3- Límites de concentraciones según NC 39:1999, concentraciones máximas calculadas, índices de calidad y la categoría NC 111:2004

Contaminante	CO	NO_x	SO_2	U/M
Conc.Lim. Perm. NC 39: 99	3000	40	50	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Conc máx. Calc	36	1	33.5	
índice de calidad del aire (ICA)	1.18	2	67	—
Categoría de calidad.	Buena	Buena	Buena	—

Gráfico 3.1- Concentraciones VS contaminantes



Conclusiones del capítulo.

1. El contaminante de mayor impacto sobre la calidad de aire los emitidos por la empresa en estudio es el dióxido de azufre (SO₂), la concentración máxima determinada de este contaminante para las condiciones de la modelación fue de 34 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en la dirección oeste de las fuentes de emisión a una distancia de 400 m aprox., esta concentración no excede el valor que establece la norma cubana 39:1999 como permisible de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para un período de 24 horas y la categoría de calidad del aire atendiendo a este contaminante es de buena.

Conclusiones Generales

- 1- El sistema de Gestión Total Eficiente de la Energía es de gran aplicabilidad a la Empresa de productos lácteos “La Villareña” Santa Clara y puede enriquecerse integrándole la gestión ambiental tal y como se emplea en el presente estudio. .
- 2- Se identifican para la empresa estudiada como los portadores más demandados son la energía eléctrica y el Fuel Oil en porcentajes del 41 y 36 % respectivamente con un monto total expresado en TEP de 659 y 587 toneladas anuales respectivamente, la suma de ambos portadores representó en el 2009 el 77.3% del consumo de portadores energéticos.
- 3- La eficiencia calculada del generador de vapor en estudio fue de un 76.8%, este es un valor bajo, ya que estos generadores pueden alcanzar valores de eficiencias entre 85 y 95% lo que representa reservas de eficiencia existentes a partir de las cuales pudiera lograrse una reducción en el consumo anual de Fuel Oil para la generación de vapor de entre 82 a 163 Ton.
- 4- Las pérdidas de combustible por la no recuperación del condensado alcanzan un valor de 208 ton/año lo que significa un gasto excesivo de combustible que representa a un precio de 475 USD/ton un monto de 98 868 USD en el año.
- 5- El contaminante de mayor impacto sobre la calidad de aire de los emitidos por la empresa en estudio es el dióxido de azufre (SO_2), la concentración máxima determinada de este contaminante para las condiciones de la modelación fue de 34 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en la dirección oeste de las fuentes de emisión a una distancia de 400 m aprox., esta concentración no excede el valor que establece la norma cubana 39:1999 como permisible de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para un período de 24 horas y la categoría de calidad del aire atendiendo a este contaminante es de buena. El resto de los contaminantes valorados provocan incrementos de su concentración en el aire de muy poca importancia con relación al SO_2 .
- 6- Teniendo en cuenta los potenciales de ahorro de energía en el área de generación y transporte de vapor pudieran evitarse en un período de un año la emisión de entre 870 y 1100 ton de CO_2 .

Recomendaciones

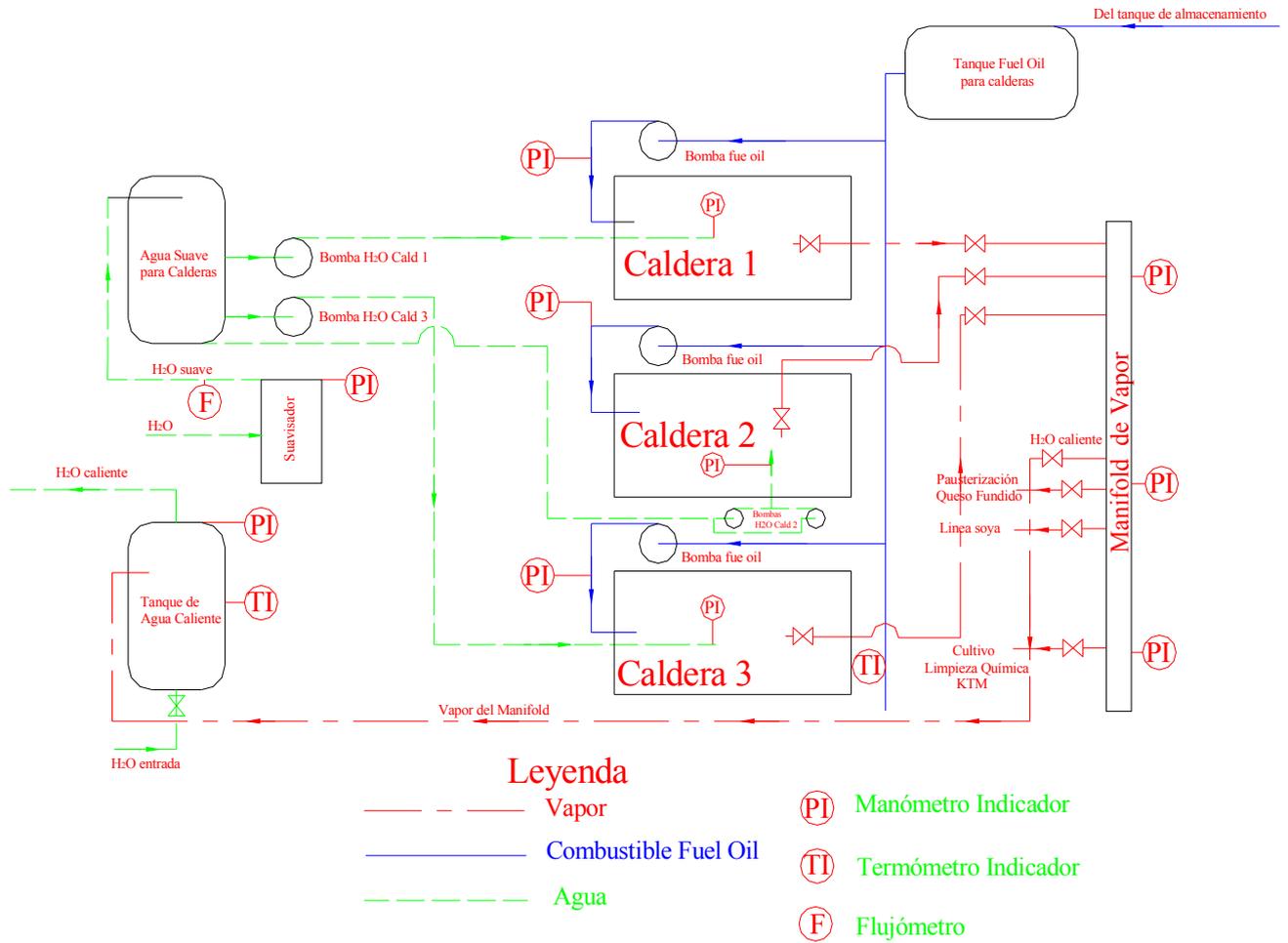
- 1- Continuar el estudio de todas las áreas para aplicar totalmente la TGTEE.
- 2- Prestársele interés especial a la determinación de los mayores consumidores de energía eléctrica y de Fuel-Oil, por la magnitud de la demanda de estos portadores en el centro y lo representan para el país en términos económicos.
- 3- Trabajar en la determinación de potenciales de ahorro a partir de operar eficientemente las instalaciones.
- 4- Proponer herramientas de control de los portadores energéticos.
- 6- Monitorear periódicamente las fuentes de emisión de gases contaminantes y su impacto sobre la calidad del aire.

Bibliografía

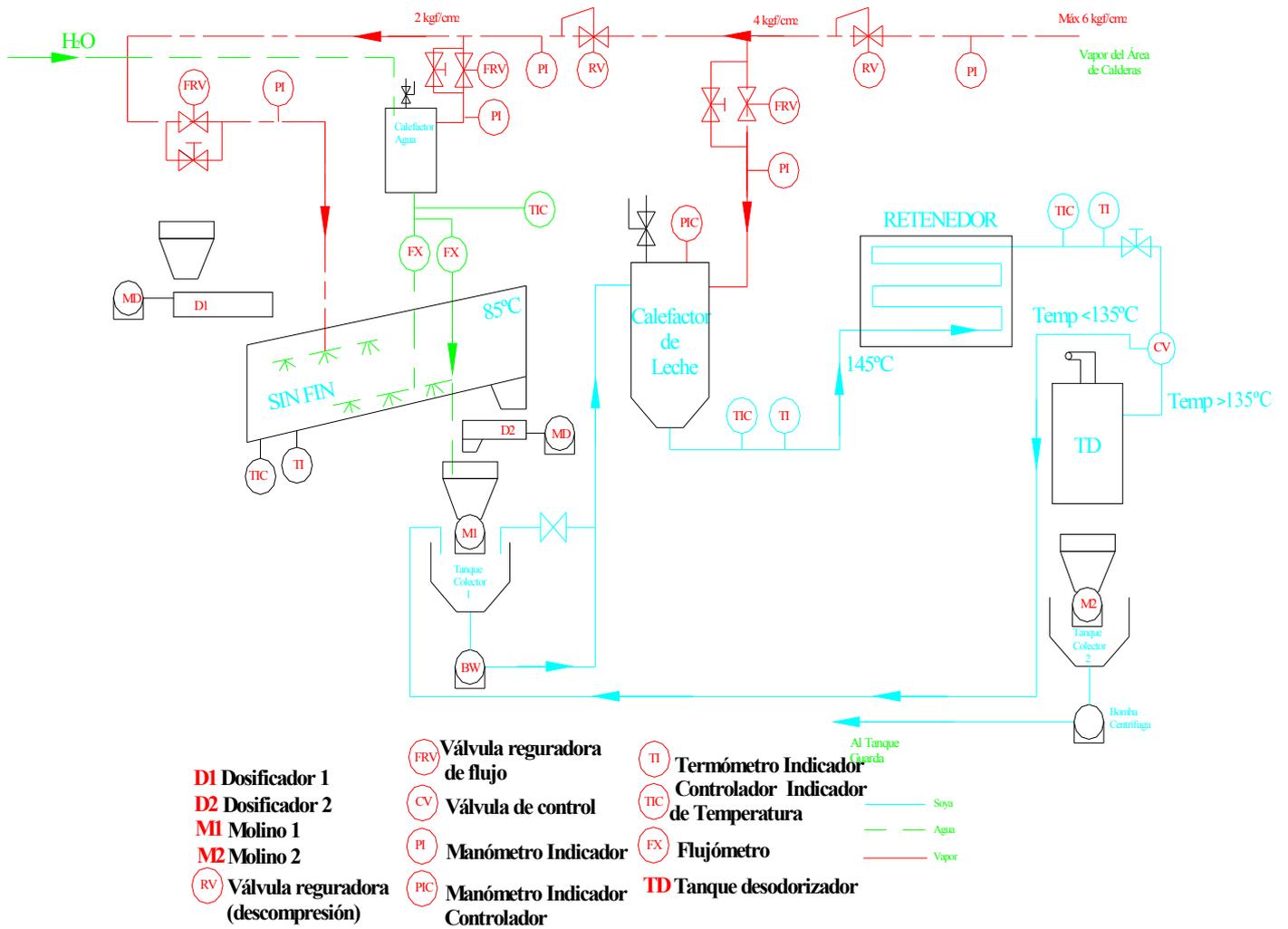
1. RESTREPO, A.H., *GESTIÓN TOTAL EFICIENTE DE LA ENERGÍA: HERRAMIENTA FUNDAMENTAL EN EL MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD DE LAS EMPRESAS*. 2003.
2. Carmentate., O.C., *Caracterización general del consumo de portadores energéticos en el Hospital "Arnaldo Milián Castro"*. 2009, UNIVERSIDAD CENTRAL MARTA ABTEU DE LAS VILLA: Santa Clara
3. autores, C.d., *gestión energética empresarial*. 2002.
4. Rodríguez, M.L., J.P.M. Yanes, and A.E.B. Nordelo, *La gestión energética y la competitividad empresarial*.
5. Castellón, R.L.M., *Análisis del Consumo de Portadores Energéticos en el Hospital Docente Gineco-Obstétrico "Mariana Grajales"*. in *Departamento de Energía*. 2008, UNIVERSIDAD CENTRAL MARTA ABREU DE LAS VILLA: Santa clara.
6. Pérez., I.C.J.R., *Procedimiento integral de gestión energética y calidad del aire en fuentes fijas industriales para minimizar la contaminación atmosférica*. 2007.
7. Rubio González, Á.M., *Generadores de Vapor Funcionamiento y Explotación*. 1983.
8. Rubio González, Á., *Instalación de máquinas industriales*.
- 9- Prevez Pascual Leticia, El uso de la energía en la producción más limpia.
- 10- González Arias Arnaldo, Falsas energías, pseudociencia y medios de comunicación masiva.
- 11- Arencibia Aruca Alois, La gestión del conocimiento en energía para municipios cubanos.
- 12- Hernández Porto Yahily, Riquenes Cutiño Odalis, Castro Medel Osviel, Sistema de gestión energética reduce gastos del Gran Hotel.
- 13- Marrero Arias Roberto, La Gestión Ambiental un reto empresarial hoy.
- 14- Morales Escandón Rigoberto A., Gestión ambiental y sostenibilidad.
- 15- Pena Escobio Damaris, La integración de sistemas de gestión de la calidad, el medio ambiente y la seguridad y salud en el trabajo.
- 16- Castillo León Yarima, Referentes teóricos metodológicos de la cultura ambiental en el diagnóstico comunitario.
- 17- Tejeda Maury José de Jesús, Efecto invernadero: Trampa científica.
- 18- Joris Flapper, Energy use and implications for efficiency strategies in global fluid-milk processing industry.
- 19- Ruano Domínguez René, Análisis de los consumos de energía primaria fósil y las emisiones de CO₂. 2008.
- 20- Ambriz García J. José, La Reforma Energética y el Ahorro de Energía, 21 mayo de 2008.

Anexos

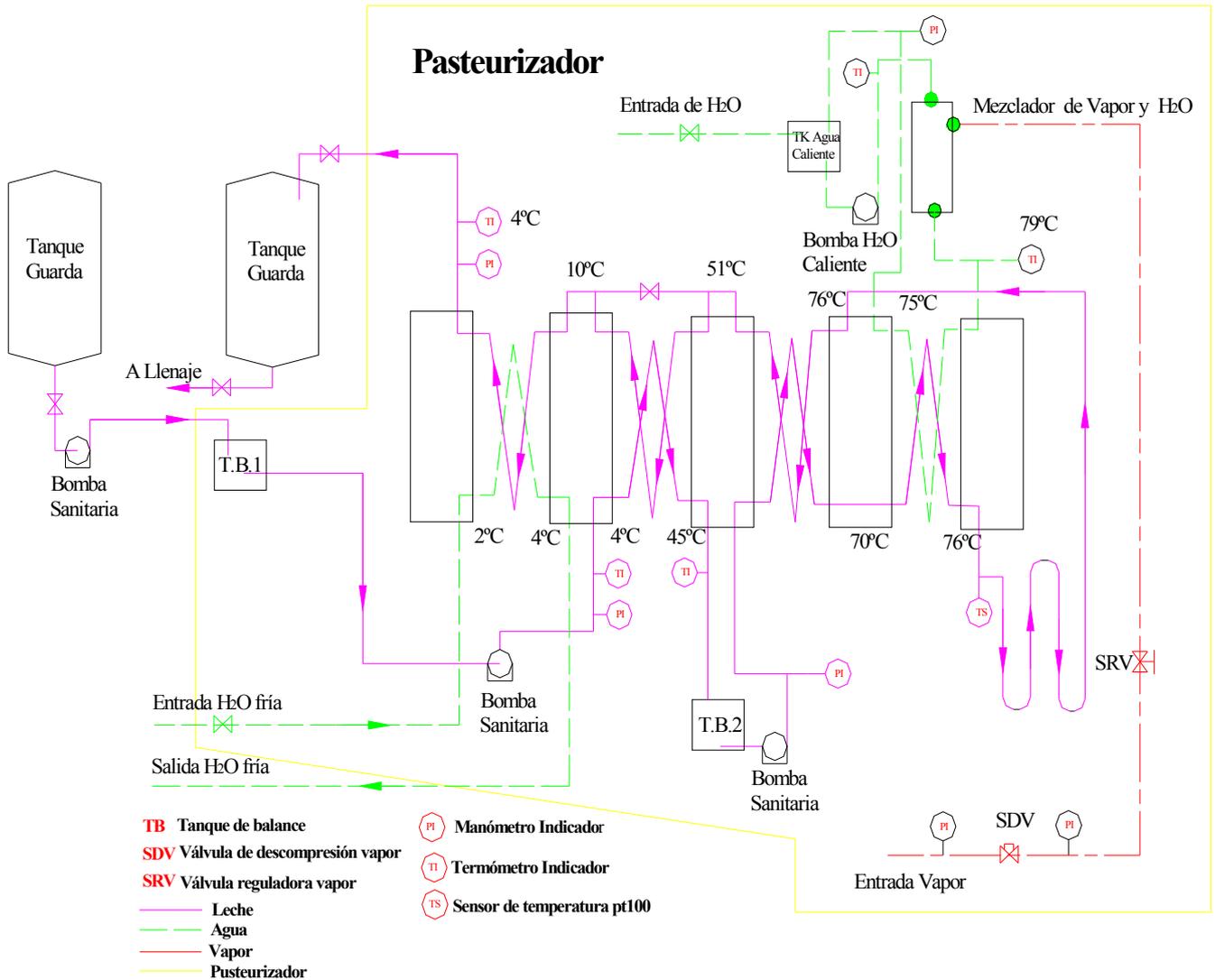
Anexo 1 Esquema Monolineal de la sala de calderas



Anexo 2 Diagrama de Flujo de la línea de Soya

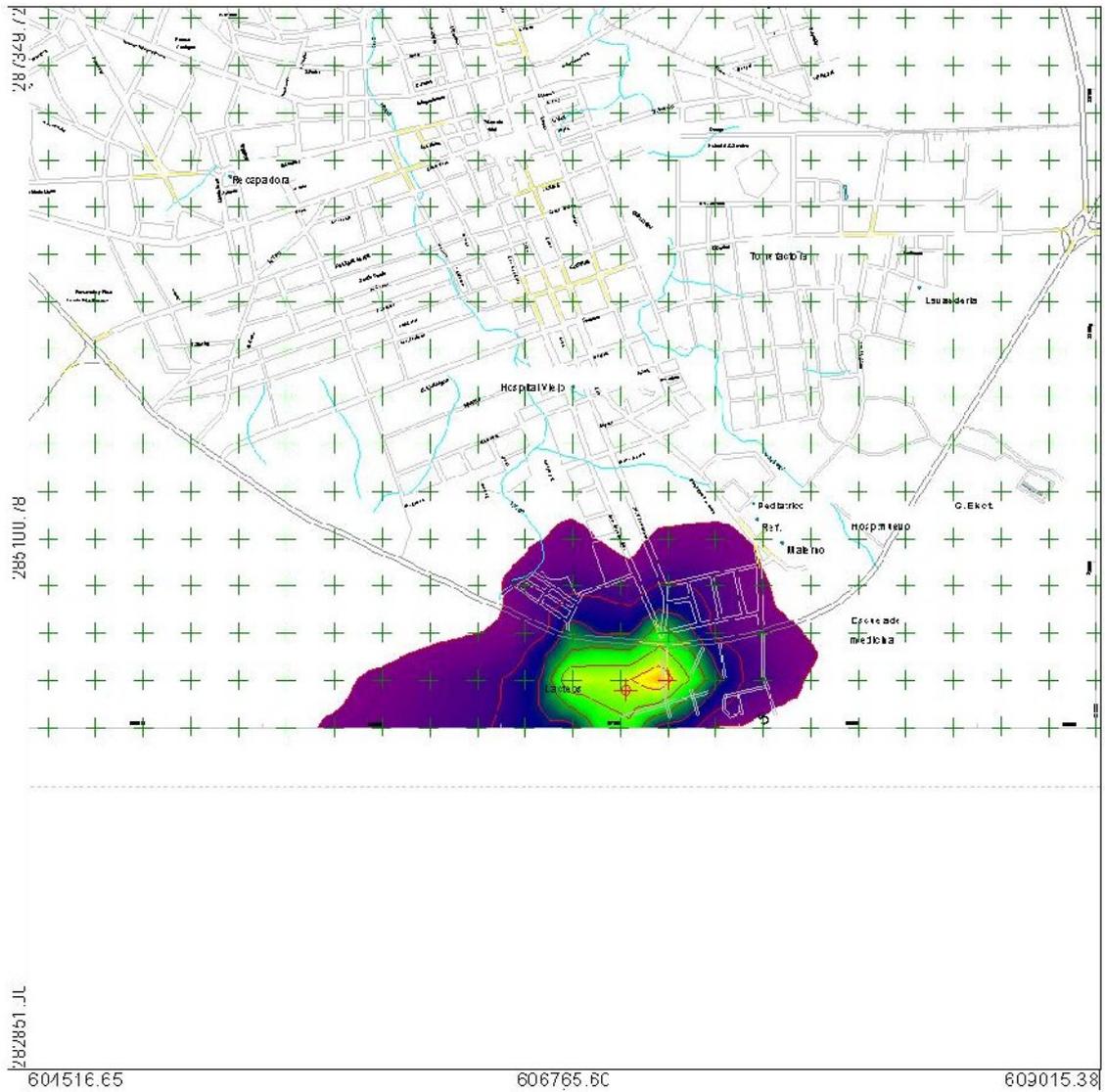


Anexo 3 Diagrama de Flujo del Proceso de Pasteurización



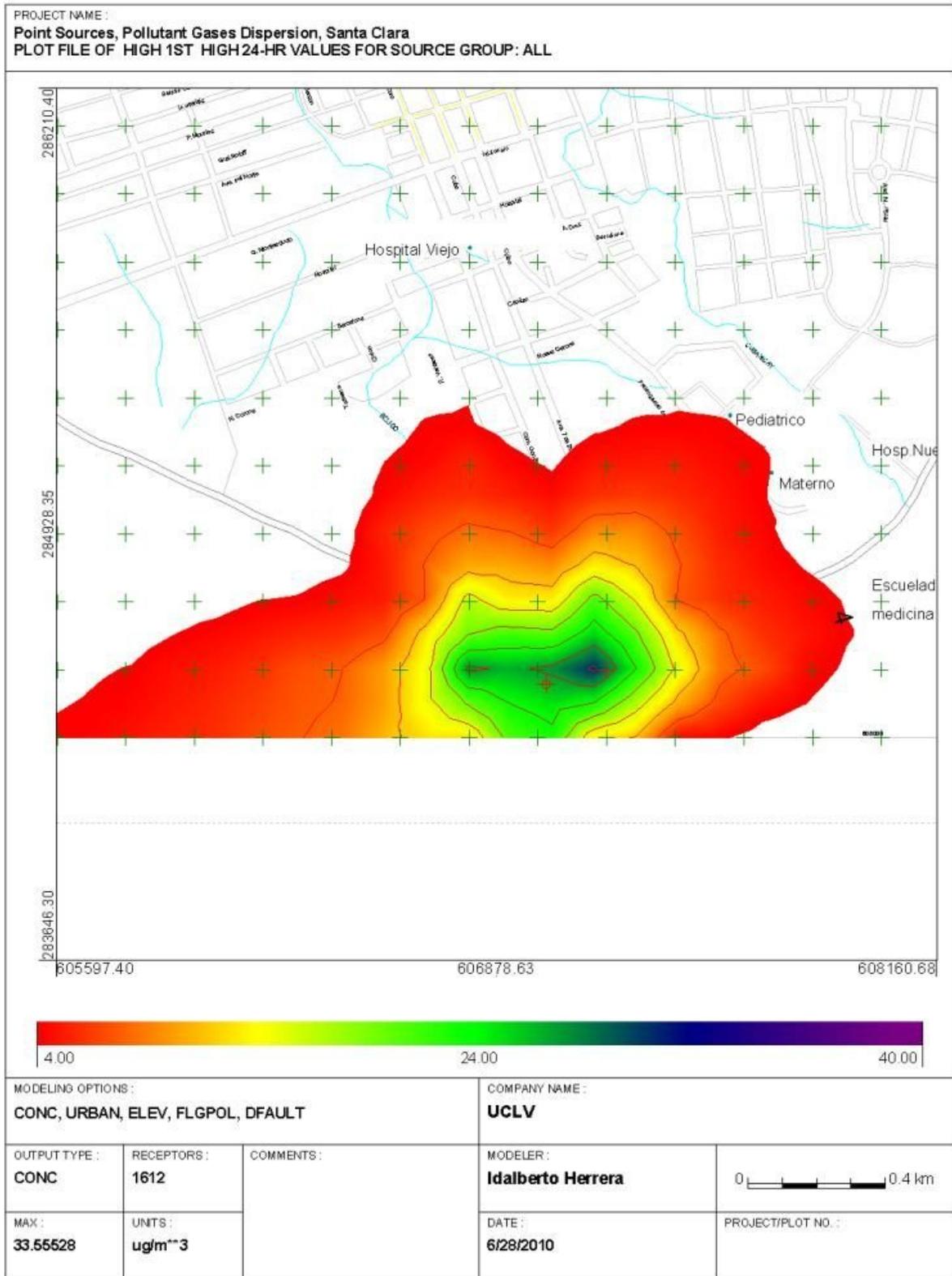
Anexo 4-Dispersión de CO

PROJECT NAME :
Point Sources, Pollutant Gases Dispersion, Santa Clara
 PLOT FILE OF HIGH 1ST HIGH24-HR VALUES FOR SOURCE GROUP: ALL



MODELING OPTIONS : CONC, URBAN, ELEV, FLGPOL, DFAULT			COMPANY NAME : UCLV	
OUTPUT TYPE : CONC	RECEPTOR : 1612	COMMENTS :	MODELER : Idalberto Herrera	0 0.5 km
MAX : 35.11881	UNITS : ug/m**3		DATE : 6/28/2010	

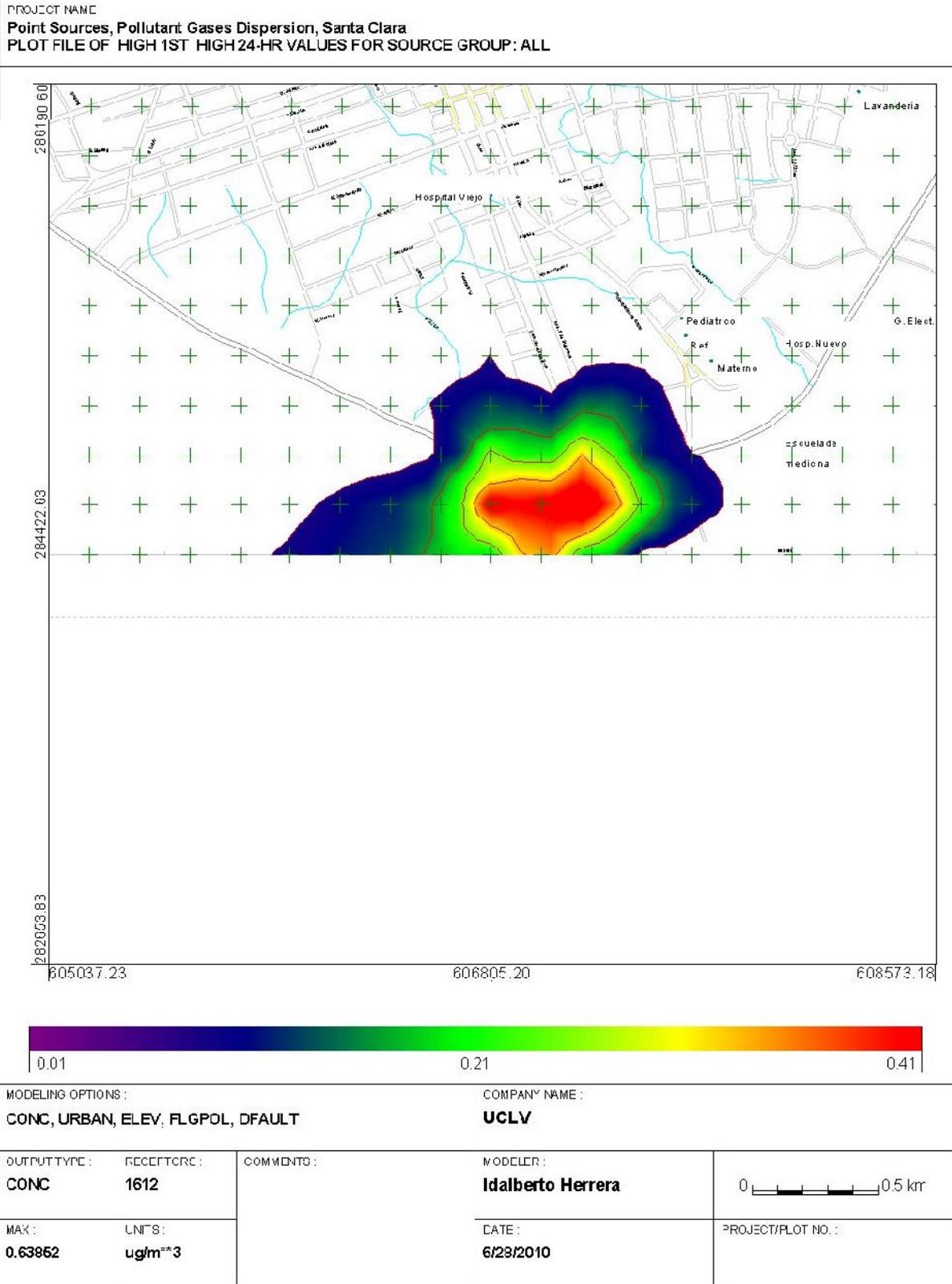
Anexo 5- Dispersión de SO₂



ISC-AERMOD View by Lakes Environmental Software

C:\TRABAJO\Lacteos\SCTS02\B.24HI GALL.PLT

Anexo 6- Dispersión de NOx



ISC-AERMDD View by Lakes Environmental Software

C:\TR\BAJO\Lactos\CD\18\21HI GALL.PLT