



**UNIVERSIDAD NACIONAL
“PEDRO RUIZ GALLO”**



Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

TESIS

**Para Optar el Título Profesional de
INGENIERO MECÁNICO
ELECTRICISTA**

**“CONTROL DE CALIDAD EN EL PROCESO DE
COGENERACIÓN DE ENERGÍA EN LA EMPRESA
AGROLMOS S.A. DISTRITO DE OLMOS, REGIÓN
LAMBAYEQUE.”**

Autor:

Br. LUIS FELIPE CHOZO SANTISTEBAN

Asesor:

Ing. HÉCTOR ANTONIO OLIDEN NUÑEZ

**LAMBAYEQUE – PERÚ
2019**



**UNIVERSIDAD NACIONAL
“PEDRO RUIZ GALLO”**



Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

TESIS

**Para Optar el Título Profesional de
INGENIERO MECÁNICO
ELECTRICISTA**

**“CONTROL DE CALIDAD EN EL PROCESO DE
COGENERACIÓN DE ENERGÍA EN LA EMPRESA
AGROLMOS S.A. DISTRITO DE OLMOS, REGIÓN
LAMBAYEQUE.”**

Autor:

Br. LUIS FELIPE CHOZO SANTISTEBAN

Aprobado por el Jurado Examinador:

PRESIDENTE: Dr. ANIBAL JESÚS SALAZAR MENDOZA

SECRETARIO: M. Sc. AMADO AGUINAGA PAZ

VOCAL: Ing. DANIEL CARRANZA MONTENEGRO

ASESOR: Ing. HÉCTOR ANTONIO OLIDEN NUÑEZ

**LAMBAYEQUE – PERÚ
2019**



UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”



Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

TESIS

TÍTULO

**“CONTROL DE CALIDAD EN EL PROCESO DE
COGENERACIÓN DE ENERGÍA EN LA EMPRESA
AGROLMOS S.A. DISTRITO DE OLMOS, REGIÓN
LAMBAYEQUE.”**

CONTENIDOS

CAPÍTULO I: PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO.

CAPÍTULO IV: PROPUESTA DE LA INVESTIGACIÓN.

CAPÍTULO V: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES.

AUTOR: Br. LUIS FELIPE CHOZO SANTISTEBAN

PRESIDENTE

SECRETARIO

VOCAL

ASESOR

**LAMBAYEQUE – PERÚ
2019**

DEDICATORIA

Este presente trabajo se lo dedico a Dios por ser mi fortaleza en momentos difíciles y por haberme dado unos maravillosos padres.

A mi abuelo Teófilo y a mis padres por el enorme trabajo y sacrificio diario, que gracias a ellos he podido llegar a ser un profesional.

Br. Luis Felipe Chozo Santisteban

AGRADECIMIENTO

A Dios.

Por haberme dado la oportunidad de vivir, por haberme guiado en el camino de bien, con su infinita bondad y amor, por darme la fuerza de voluntad y salud para lograr mis objetivos.

A mis padres Carmen y Felipe.

Por haberme dado la vida, por su apoyo en todo momento, por sus consejos, motivación constante, que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor. Por los ejemplos de respeto, trabajo y sencillez que los caracterizan, por haberme preparado para la vida y enseñarme a afrontarla con responsabilidad, gracias por apoyarme a tener una carrera para mi futuro.

A mis familiares.

A mi hermana Ana por ser el ejemplo de una hermana mayor, por apoyarme en mi formación e inculcarme a siempre dar lo mejor de mí; a mi hermana Medalyd por enseñarme a seguir adelante pese a los obstáculos que encuentre en el camino, a mis abuelos, tíos, sobrinas y amigos a todos aquellos que me brindaron palabras de aliento, que participaron directa o indirectamente a formarme profesionalmente, gracias a todos ustedes por creer en mí.

A mis maestros.

Por su gran apoyo y motivación, que marcaron cada etapa de nuestro camino, hasta la culminación de nuestros estudios profesionales; al Mg. Ing Ricardo V. Arias Salcedo por su apoyo ofrecido en este trabajo de elaboración de tesis; al Ing. Héctor Oliden Núñez por el tiempo compartido en la asesoría y dudas presentadas en la tesis.

Br. Luis Felipe Chozo Santisteban

RESUMEN

Evaluar, analizar y desarrollar una estructura metodológica que valide un sistema de indicadores que, en clave de control de calidad, examine el sistema de cogeneración de energía de la empresa agroindustrial Agrolmos S.A.

Este es el mensaje que este proyecto se ha propuesto como objeto de investigación: identificar estrategias para implementar un sistema de control de calidad en el proceso de cogeneración de energía a partir de la combustión de bagazo de caña de azúcar en el ingenio Agrolmos S.A. y todos los aspectos que afectan su implementación.

Se trata de identificar, observar y analizar cada uno de los puntos críticos que conforman el sistema de cogeneración, analizar la relación entre la biomasa utilizada y la producción de energía, así como, analizar la opinión de los expertos y operarios del sistema mediante indicadores específicos para el control de calidad. Es más, una vez analizado el sistema de cogeneración de energía de Agrolmos S.A. se pretende generar una propuesta de sistema de control de calidad para el sistema de cogeneración con cinco estrategias de gestión que pueda incorporarse como una base técnica e instrumental de producción y cumplimiento de normas ambientales.

Palabras claves: Cogeneración de energía, control de calidad, biomasa de bagazo.

ABSTRACT

Evaluate, analyze and develop a methodological structure that validates a system of indicators that, in terms of quality control, examine the energy cogeneration system of agribusiness enterprise Agrolmos S.A.

This is the message that this project has proposed as an object of research: identify strategies to implement a quality control system in the process of energy cogeneration from the combustion of sugarcane bagasse in the Agrolmos S.A. and all the aspects that affect its implementation.

This is about identifying, observing and analyzing each of the critical points that make up the cogeneration system, analyzing the relationship between the biomass used and the production of energy, as well analyzing the opinion of the experts and operators of the system through specific indicators for quality control. Moreover, once analyzed the energy cogeneration system of Agrolmos S.A. is intended to generate a proposal for a quality control system for the cogeneration system with five management strategies that can be incorporated as a technical and instrumental basis for production and compliance of environmental standards.

Key Word: Cogeneración de energía, control de calidad, biomasa de bagazo

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	1
AGRADECIMIENTO	2
RESUMEN.....	3
ABSTRACT	4
ÍNDICE.....	5
ÍNDICE DE TABLAS.....	8
ÍNDICE DE FIGURAS	9
INTRODUCCIÓN.....	12
CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	14
1.1. Realidad Problemática	14
1.1.1. Causas que han generado el problema.....	14
1.1.2. Efectos que genera dicho problema	15
1.2. Formulación del Problema	15
1.3. Justificación e Importancia de la TESIS	15
1.4. Limitaciones de la TESIS	17
1.5. Objetivos de la investigación.....	17
1.5.1. Objetivo General.....	17
1.5.2. Objetivos Específicos	18
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.....	19
2.1. Antecedentes de Estudios.....	19
2.1.1. La cogeneración de energía en los ingenios del Perú	19
2.1.2. La realidad energética del ingenio Agrolmos S.A.....	21
2.2. Desarrollo de la temática correspondiente al tema investigado.....	23
2.2.1. La energía producida a partir del bagazo de caña de azúcar	23
2.2.2. Usos de los residuos agroindustriales de la caña de azúcar para la producción de energía en el Perú y el Mundo	25
2.2.3. Los sistemas de cogeneración de energía a partir de caña de azúcar.....	35
2.2.4. Impactos ambientales de los sistemas de cogeneración de energía en base a caña de azúcar	42
2.2.5. El control en los sistemas de cogeneración de energía en base a caña de azúcar. 52	
2.3. Definición conceptual de la terminología empleada	60

CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO	64
3.1. Tipo y diseño de investigación	64
3.2. Población y muestra	64
3.3. Hipótesis	66
3.4. Operacionalización de variables	66
3.5. Métodos y técnicas de investigación.....	68
3.6. Descripción de los instrumentos utilizados	69
CAPITULO IV: ANALISIS E INTERPRETACION DE RASULTADOS	72
4.1. Resultados tablas y gráficos	72
4.1.1. Resultados de la entrevista a expertos.....	72
4.1.2. Resultados del test de operarios.....	77
4.1.3. Resultados de la relación energía producida/biomasa de bagazo.	84
4.1.4. Resultados de la relación energía producida / energía distribuida	89
4.1.5. Resultados del control de puntos críticos: Emisión de contaminantes	93
4.1.5.1. Control de calidad en el punto crítico 1: Mesa de caña.	94
4.1.5.2. Control de calidad en el punto crítico 2: Difusor.....	96
4.1.5.3. Control de calidad en el punto crítico 3: Molino secador.	97
4.1.5.4. Control de calidad en el punto crítico 4: Caldera:	98
4.1.5.5. Control de calidad en el punto crítico 5: Turbogenerador.....	100
4.1.5.6. Control de calidad en el punto crítico 6: Casa de procesos.....	102
4.1.5.7. Control de calidad en el punto crítico 7: Osmosis – COI.	103
4.1.5.8. Control de calidad en el punto crítico 8: Concretera – PTAR.	104
4.2. Sistema de control de calidad para evaluar el proceso de cogeneración de energía.....	106
4.3. Discusión de resultados	107
4.3.1. De la entrevista a expertos.....	107
4.3.2. Del Test a operarios	109
4.3.3. De la relación: Energía producida / biomasa de bagazo.....	111
4.3.4. De la relación entre la producción de energía / distribución de energía..	112
4.3.5. Del control de puntos críticos: emisión de contaminantes	112
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDIACIONES	117
5.1. Conclusiones	117
5.1.1. Implementación del Sistema de control de calidad del proceso de cogeneración de energía.....	117
5.1.2. Identificación de puntos críticos del proceso	117
5.1.3. Valoración de pérdidas de energía en el proceso	118

5.1.4.	Medidas de corrección en el proceso cumpliendo las normas ambientales	119
5.1.5.	Capacidad técnica del personal que labora en el proceso de cogeneración	119
5.2.	Recomendaciones.....	120
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		121
ANEXOS.....		125

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Balance energético en la GERIPA.....	24
Tabla 2: Resultados de la evaluación económica de la actividad de generación de energía eléctricas en plantas que emplean bagazo de caña y derivados del petróleo.	27
Tabla 3: Ingenio en países productores de caña de azúcar.....	29
Tabla 4: Propiedades físicas del bagazo.	31
Tabla 5: Parámetros generales adoptados para la simulación de los esquemas de cogeneración.	40
Tabla 6: Descripción de variables involucradas en la dimensión ambiental.....	50
Tabla 7: Descripción de variables involucradas en la dimensión ambiental.....	50
Tabla 8: Reclutamiento.	51
Tabla 9: Descripción de los puntos característicos.....	53
Tabla 10: Parámetros típicos del sistema de cogeneración.....	61
Tabla 11: Operacionalización de variables.	67
Tabla 12: Diseño de aplicación.	68
Tabla 13: Entrevista a expertos.....	73
Tabla 14: Relación energía producida/biomasa de bagazo.	84
Tabla 15: Relación energía producida / energía distribuida.....	90
Tabla 16: Resultados de decibeles en cada punto crítico.....	94
Tabla 17: Categorías para indicadores de contaminación y control.....	94
Tabla 18: Resultados del control de puntos críticos: Emisión de contaminantes.	105
Tabla 19: Consenso para entrevistados.	107

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ingenio Agrolmos S.A., Olmos Perú.	22
Figura 2: Conversión de biomasa cañera según Dedini.	29
Figura 3: Proyección de demanda del SEIN.....	33
Figura 4: Proyección de la demanda del SEIN.	33
Figura 5: Capacidad de cogeneración y capacidad efectiva neta excedente (MW).	34
Figura 6: Capacidad instalada de los cogeneradores por sector (%).	34
Figura 7: Energéticos utilizados por las plantas de cogeneración en Colombia (%).	35
Figura 8: Excedente de energía eléctrica (EE) para las distintas presiones de vapor analizadas e igual consumo específico de vapor o fábrica.	37
Figura 9: Ingenio Providencia, Valle del Cauca-Colombia.	39
Figura 10: Emisiones de la producción de bagazo y glicerol.	46
Figura 11: Emisiones de GEI para todo el ciclo de vida para los cuatro procesos.	47
Figura 12: Puntos característicos del sistema de cogeneración.	53
Figura 13: Esquema del proyecto y disposición del bagazo.	56
Figura 14: Modelo del sistema a controlar.	58
Figura 15: Sistema integral de control automático.	60
Figura 16: Ejemplo de una secuencia de decisiones para identificar los PCC.	62
Figura 17: Estándares de calidad ambiental- Perú.	63
Figura 18: Ubicación geográfica de la planta de cogeneración de energía de la empresa Agrolmos S.A.	65
Figura 19: Esquema de cogeneración de energía, empresa Agrolmos S.A.	71

Figura 20: Edad de operarios en porcentaje en planta Agrolmos S.A.	77
Figura 21: Operarios por área de trabajo en la empresa Agrolmos S.A.	78
Figura 22: Conocimiento en control de calidad en la empresa Agrolmos.S.A.....	79
Figura 23: Calificación ambiental de cogeneración en la empresa Agrolmos S.A.	79
Figura 24Cumplimientos de estándares ambientales en la empresa Agrolmos S.A.	80
Figura 25: Rentabilidad en la producción de energía en la empresa Agrolmos S.A.	81
Figura 26: Generación de pérdidas por generación de energía en la empresa Agrolmos S.A.	81
Figura 27: Definición de punto crítico en la empresa Agrolmos S.A.	82
Figura 28: Puntos críticos en el proceso de generación de energia la empresa Agrolmos S.A.	82
Figura 29:calificación del sistema de cogeneración de energia en la empresa Agrolmos S.A.	83
Figura 30: Grado profesional de los operarios en la empresa Agrolmos S.A.....	83
Figura 31: Cantidad de biomasa de bagazo de caña/mes.....	85
Figura 32: Cantidad de energía producida/hora/mes.	86
Figura 33: Relación energía producida por Tn de bagazo de caña/mes.....	87
Figura 34: Valor de la biomasa de bagazo de caña que ingresa a planta/mes.	87
Figura 35: Valor de energía producida/mes (S/.).....	88
Figura 36: Relación entre el valor de la energía producida/valor de biomasa de bagazo.	89
Figura 37: Energía producida en el turbogenerador/mes (MW.h).....	91
Figura 38: Energía distribuida / mes (MW.h)	92

Figura 39: Relación energía producida / energía distribuida.*	93
Figura 40: Mesa de caña / ruido.....	95
Figura 41: Mesa de caña / material particulado.....	95
Figura 42: Mesa de caña / nivel de control.....	96
Figura 43: Difusor / ruido.....	96
Figura 44: Molino secador / ruido.....	97
Figura 45: Molino secador / material particulado.....	97
Figura 46: Molino secador / nivel de control.....	98
Figura 47: Caldera / ruido.....	98
Figura 48: Caldera / emisión de cenizas.....	99
Figura 49: Caldera / emisión de material particulado.....	99
Figura 50: Caldera / nivel de control.....	100
Figura 51: Turbogenerador / calidad ruido.....	100
Figura 52: Turbogenerador / gases de aceite.....	101
Figura 53: Turbogenerador / nivel de control.....	101
Figura 54: Casa de procesos / ruido.....	102
Figura 55: Casa de procesos / nivel de control.....	102
Figura 56: Casa de procesos / nivel de control.....	103
Figura 57: Osmosis / ruido.....	103
Figura 58: Osmosis / nivel de control.....	104
Figura 59: Concretera / emisión de polvo.....	104
Figura 60: Concretera / nivel de control.....	105

INTRODUCCIÓN

El Perú es una economía en crecimiento que demanda progresivamente mayores cantidades de energía. La Política Energética y un amplio marco legal consolidan a largo plazo la introducción de energías renovables provenientes de fuentes hidráulicas, solares, eólicas, geotérmicas mareomotriz y de biomasa.

En relación al uso de biomasa para generación de energía eléctrica, se tienen dos ámbitos de aplicación: uno para generación de energía a escala comercial que sirva para autoabastecimiento de la industria o para ser introducida a la red eléctrica nacional a partir de los mecanismos de subastas.

La industria azucarera de caña se ubica dentro de las llamadas industrias pesadas y es caracterizada por ser intensiva en mano de obra, aplicar prácticamente la mayoría de las operaciones unitarias conocidas en la industria química y por ser desde el punto de vista energético, una industria termo consumidora.

Estudios realizados en distintos países de América Latina y el Caribe concluyen que, la generación de energía eléctrica empleando biomasa del bagazo de caña tiene un impacto positivo en el bienestar social y el desarrollo económico de un país, dado que en la evaluación económica los ingenios que producen energía eléctrica a partir de bagazo de caña resultan ser económicamente rentables en comparación con las plantas industriales que utilizan combustibles fósiles.

Para el caso de la cogeneración de energía, la capacidad de los ingenios azucareros ha aumentado progresivamente en los últimos años, hasta el punto en

que en la actualidad son capaces de autoabastecerse energéticamente y entregar a la red nacional parte de la energía producida.

La cogeneración es un procedimiento mediante el cual se produce de forma simultánea energía eléctrica, mecánica y térmica. El sector azucarero ha sido señalado por estudios nacionales e internacionales como aquel de mayor potencial de cogeneración por su disponibilidad de biomasa, en especial el bagazo. Este subproducto, derivado de procesos de cosecha y molienda de caña, constituye la fuente primaria de energía para la cogeneración.

El Perú posee un potencial interesante no muy bien precisado hasta la fecha, que mayormente corresponde a proyectos de generación a partir de bagazo de caña de azúcar proveniente de las plantas alcoholeras y de los ingenios azucareros. Actualmente existen 11 ingenios azucareros en el Perú, de los cuales al menos 09 de ellos emplean bagazo en sus plantas de cogeneración.

El Ingenio Agrolmos, ha cosechado los primeros lotes y los resultados son halagadores. Por ejemplo, en otros lugares donde también siembran caña se manejan con 14 y 15 meses de cultivo, en cambio en Olmos con nuevas variedades y riego tecnificado no es más de 12 meses, y apunta a tener cinco cortes en ese periodo. Cuenta, con turbogeneradores para generar la energía necesaria para el ingenio, los pozos y el excedente se puede vender a las empresas vecinas. Pero, el sistema de cogeneración de energía del ingenio es nuevo por lo que se vienen realizando estudios que permitan generar un control de calidad para el proceso de cogeneración de energía.

CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Realidad Problemática

La empresa Agrolmos S.A. ubicada en el distrito de Olmos de la región Lambayeque, productora de azúcar de caña y beneficiaria de la infraestructura del proyecto Olmos, utiliza como fuente de energía la quema de bagazo para todos los requerimientos de la fábrica de azúcar y otras unidades. Para la producción de una energía ambientalmente amigable, se requiere conocer la calidad del proceso de generación de energía, identificar puntos críticos del proceso, valorar las pérdidas de energía, determinar medidas de corrección cumpliendo las normas ambientales, actividades que la empresa aún no ha desarrollado.

1.1.1. Causas que han generado el problema

Causas directas

- El proceso de producción de energía en la empresa Agrolmos S.A. no cuenta con un sistema de control de calidad para cogenerar una energía ambientalmente amigable.
- Existe escases de conocimientos en el personal técnico sobre el proceso de cogeneración para la producción de energía ambientalmente amigable en la empresa Agrolmos S.A.

Causas indirectas

- No se han realizado los estudios para implementar un sistema de control de calidad en el proceso de producción de energía por cogeneración en la empresa Agrolmos S.A.

- Los técnicos que laboran en el proceso de producción de energía no han recibido una adecuada capacitación para la cogeneración de energía ambientalmente amigable.

1.1.2. Efectos que genera dicho problema

Efectos directos

No se pueden realizar actividades para conocer las pérdidas de energía en todo el proceso, el valor de las mismas y las medidas de corrección que se deben tomar

Efectos indirectos

- Se incumplen normas ambientales para la generación de una energía amigable con el medio ambiente.
- Como efecto final tenemos que la empresa Agrolmos S.A. pierde competitividad en el mercado agrícola de exportación.

1.2. Formulación del Problema

No se cuenta con un sistema de control de calidad para el proceso de cogeneración de energía en la empresa Agrolmos S.A., del distrito de Olmos, región Lambayeque, lo que genera dificultades para: identificar puntos críticos, valorar pérdidas de energía, determinar medidas de corrección cumpliendo las normas ambientales.

1.3. Justificación e Importancia de la TESIS

Según el **Sector Agroindustrial de la Caña**, en su publicación digital titulada “COGENERACIÓN” menciona que...

Los ingenios desde sus inicios han utilizado el bagazo de la caña (combustible renovable) como combustible para alimentar sus calderas y utilizar el vapor como energía para el funcionamiento de sus procesos. El vapor de escape del turbogenerador entonces va al proceso productivo mientras que la electricidad es mayoritariamente utilizada para su consumo propio y una porción se puede vender a la red nacional.

Para ello los ingenios azucareros deben emplear el proceso de cogeneración que es un procedimiento mediante el cual se produce de forma simultánea energía eléctrica, mecánica y térmica.

Para la existencia de un proceso de cogeneración se requiere el consumo simultáneo de energía térmica y eléctrica. Esto brinda la oportunidad de obtener eficiencias en el aprovechamiento energético, a la vez que se establecen de manera natural los estímulos para su desarrollo. (2017)

Por otro lado, según **Guadalupe** en su presentación titulada “BALANCES DE VAPOR Y ENERGÍA EN INGENIOS AZUCAREROS” expone que...

En el estudio de balances de vapor y energía para los ingenios azucareros la cogeneración de energía es lo más eficiente y es cuando el vapor que se utiliza para producir energía eléctrica luego se utiliza en un proceso para aprovechar el calor latente del cambio de estado gaseoso a líquido.

Debido a que, la mayor energía que se gasta es para cambiar de fase de estado líquido a gaseoso y después en sobrecalentar el vapor, lo cual aumenta considerablemente el salto entálpico, ya que desplaza la entalpía inicial y final hacia la izquierda en el diagrama de MOLLIER, obviamente la caldera gastará un poco

más de bagazo por libra de vapor producida pero el rendimiento en producción de kW aumenta enormemente.

Nuestro estudio, es de gran importancia porque plantea elaborar un sistema de control de calidad de cogeneración de energía proveniente del bagazo de caña de azúcar ambientalmente amigable, identificando los puntos críticos en todo el proceso de producción de energía desde el ingreso de bagazo hasta la producción de energía en la turbina, valorando las pérdidas de energía, desarrollando medidas de corrección y proponiendo un sistema de producción de energía de cogeneración pura para elevar la eficiencia en el proceso productivo de energía cumpliendo con normas ambientales y con la posibilidad luego de proveer de energía a otros usuarios.

Por lo que se justifica, al poder ser un modelo de gestión de energía que puede ser replicado a industrias similares para contribuir a la cogeneración de energías amigables. (2017)

1.4. Limitaciones de la TESIS

Debido a la juventud de la empresa, que se encuentra en los primeros meses de producción de caña de azúcar, No se cuenta con historial de datos anteriores, ni cuenta con equipos necesarios para un control de calidad en el proceso de cogeneración.

1.5. Objetivos de la investigación

1.5.1. Objetivo General

Elaborar un sistema de control de calidad para evaluar el proceso de cogeneración de energía en la empresa Agrolmos S.A, del distrito de Olmos, región Lambayeque.

1.5.2. Objetivos Específicos

- a) Identificar los puntos críticos del proceso.
- b) Valorar las pérdidas de energía en el proceso de cogeneración.
- c) Determinar medidas de corrección en el proceso cumpliendo las normas ambientales.
- d) Conocer la capacidad técnica del personal que labora en el proceso de cogeneración.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de Estudios

2.1.1. La cogeneración de energía en los ingenios del Perú

De acuerdo con **Orrego** en su estudio titulado “ESTADO DEL ARTE Y NOVEDADES DE LA BIOENERGÍA EN EL PERÚ”, indica que...

El Perú es una economía en crecimiento que demanda progresivamente mayores cantidades de energía y para ello el uso de biomasa para generación de energía eléctrica es una gran alternativa donde se tienen dos ámbitos de aplicación: uno para generación de energía a escala comercial que sirva para autoabastecimiento de la industria y para ser introducida a la red eléctrica nacional a partir de los mecanismos de subastas de compra de energía a partir de fuentes renovables iniciados el 2009; y otro para electrificación rural en pequeñas escalas en poblaciones rurales que no tienen acceso a la red nacional de electricidad por razones geográficas y de alta dispersión poblacional, quienes representan un grupo humano de aproximadamente 5 millones de peruanos.

En esta nueva década, el Perú está dando pasos claros en la introducción de la bioenergía como alternativa energética asociada al desarrollo del agro y a la diversificación de la matriz energética, teniendo diversas oportunidades de ser desarrollada a diversas escalas. Hoy por hoy, el desarrollo es aún incipiente siendo necesario situar esta opción energética dentro de las agendas nacionales y regionales consolidando su contribución al desarrollo sostenible. (2011)

Así también, **Chacón** en su tesis de grado titulada “PROPUESTA TÉCNICA PARA EL INCREMENTO DE PROCESAMIENTO DE CAÑA DE AZÚCAR A 300 T/H DEL

TRAPICHE DE UN INGENIO AZUCARERO EN EL NORTE DEL PERÚ” da a conocer que...

Al realizar el diagnóstico energético de una planta azucarera en el norte del Perú, con la finalidad de definir una manera de poder aumentar el flujo de procesamiento de caña de azúcar se decidió optar en reemplazar las turbinas de vapor del área de extracción de jugo por motores eléctricos, debido a su eficiente funcionamiento en diversas empresas que desarrollaron el mismo cambio. Con las nuevas condiciones de trabajo, se circulará 16 T/h de vapor de alta presión por la válvula reductora de presión, sin tener ninguna ganancia de producción de energía eléctrica; pero, existe la opción de mandar todo este flujo de vapor por los turbogeneradores para tener una generación eléctrica extra. Poniendo a máximas condiciones de trabajo el nuevo turbogenerador, 10 MW, se puede tener aproximadamente 4 MW de excedente de energía eléctrica, el cual puede ser vendido a la MEM.

En complemento, con la instalación de un panel de control en el área de extracción, se puede monitorear, a cualquier hora, fácilmente todas las variables importantes de los motores eléctricos. Esto facilita los mantenimientos preventivos para evitar la parada de molienda. El panel de control se instala en conjunto con los motores eléctricos. (2014)

Seguidamente, **Vásquez** en su tesis de grado titulada “PREDECIR MEDIANTE EL ANÁLISIS EXERGÉTICO LA TECNOLOGÍA ADECUADA DE COGENERACIÓN PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA PLANTA AZUCARERA SAN JACINTO” explica que...

Para predecir la tecnología adecuada de cogeneración con la finalidad de optimizar e incrementar la producción de energía de la planta. Se realizó un balance de

energía que permitió conocer demandas de cada área y equipo de la planta actual de cogeneración para luego realizar un análisis y balance de exergía y se optimizó la planta de cogeneración mediante las tecnologías de cogeneración, tecnología de cogeneración con turbina de vapor de contra presión, tecnología de cogeneración con turbina de vapor de condensación, tecnología de gasificación de bagazo y ciclo combinado.

Se concluyó que, utilizando bagazo residual en gasificación de bagazo para generar gas de síntesis y empleando un ciclo combinado para producción de energía eléctrica, resulta más eficiente que el modo convencional e incrementar la eficiencia exergética y energética de la planta de cogeneración. Se han obtenido 10,9 MW adicionales para venta de energía y en cuanto a la rentabilidad de la implementación del proyecto, el período de retorno de la inversión es de 5,38 años.
(2017)

2.1.2. La realidad energética del ingenio Agrolmos S.A.

Según **Rubina**, en el boletín informativo titulado “EL CAÑERITO” expresa que...

Con maquinaria traída de la India y Estados Unidos se plasma un proyecto que estaría operativo en la primera quincena de diciembre que será totalmente automatizada y la inversión supera los 90 millones de dólares. Hemos cosechado los primeros lotes y los resultados son halagadores. Por ejemplo, en otros lugares donde también siembran caña se manejan con 14 y 15 meses de cultivo, en cambio en Olmos con las variedades que hemos traído y con el riego tecnificado no es más de 12 meses, y apuntamos a tener cinco cortes en ese periodo. Por ahora como nuestra fábrica todavía no está lista, estamos vendiendo el producto a Pomalca, Pucalá y Cartavio. Estamos hablando de niveles de 140 toneladas de caña por

hectárea (TCH), y la fase C ya lo estamos haciendo mejor y creo que vamos a tener buenos resultados. Nosotros debemos estar manejándonos entre 130 y 140 TCH en doce meses, que es un indicador muy competitivo, cuenta con 13.500 hectáreas. Para solucionar los problemas energéticos, vamos a tener nuestros propios turbogeneradores producto del bagazo que se va a producir, vamos a generar la energía necesaria para el ingenio, los pozos y seguramente el excedente lo venderemos a las empresas.

La fábrica no usa trapiche sino un difusor moderno único en el país que permite una mejor extracción de la sacarosa de la caña. Ojo, en el Perú no se construyen ingenios azucareros hace 80 años. (2017)



Fuente: Diario La República, 2017

Figura 1: Ingenio Agrolmos S.A., Olmos Perú.

2.2. Desarrollo de la temática correspondiente al tema investigado.

2.2.1. La energía producida a partir del bagazo de caña de azúcar

De acuerdo con **Crispín, Félix & Quintero** en el Perú, es importante considerar el *Reglamento de la Ley N° 27360 Ley que aprueba las Normas de Promoción del Sector Agrario*; dicho Reglamento se refiere a ciertos beneficios tributarios en el sector agrario para que las actividades agroindustriales puedan acogerse a los beneficios tributarios siempre y cuando no excedan el 20 por ciento del total ingresos por ventas provenientes de otras actividades que incluirían los coproductos.

En el caso de la caña de azúcar se plantea una situación particular dado que muchos ingenios cogeneran a partir del bagazo. Además, si se tiene en cuenta el Decreto Legislativo 1002 que promueve que el cinco por ciento de la generación de energía provenga de Energía Renovable, que no sea hidroeléctrica y, por ende, aquí está considerada la biomasa. Sin embargo, existe una inconsistencia entre promover el uso de energía renovable por un lado y por el otro un desincentivo en la promoción de ventas de coproductos. (s.f.)

Rodríguez Ramos, Lombardi, Ometto, Zumala & Perez, *La biomasa constituye una de las principales fuentes de generación de energía limpia y barata, pasando de ser un subproducto a ser una salida fundamental del proceso productivo. La generación de energía eléctrica a partir de bagazo y paja de la caña de azúcar y de otros residuos agrícolas fue defendida en diciembre del 2007 en audiencia pública realizada por la Subcomisión Permanente de Biocombustibles en Brasil. Aún hoy, el uso de calderas de baja presión en la industria azucarera y alcoholera hace que*

apenas se genere la electricidad necesaria para el consumo propio. Con el uso de calderas de alta presión, secadores de bagazo y turbocompresores de condensación y extracción resulta posible convertir bagazo y paja en electricidad de forma ventajosa.

La Generación de Energía Renovable Integrada a la Producción de Alimentos (GERIPA) presenta muchas ventajas en comparación con las destilerías tradicionales. Constituye una fuente de desarrollo económico, social y estratégico, atendiendo al concepto de auto sostenibilidad dado en el Protocolo de Kyoto.

En la Tabla 1 se resumen los resultados del balance energético en la GERIPA.

Tabla 1: Balance energético en la GERIPA.

	Unidad	Caña	Sorgo
Bagazo	MW	7,07	8,51
Paja	MW	0,81	0,94
Biogás	MW	0,65	0,65
Total	MW	8,53	10,10
Consumo	MW	2,89	3,51
Disponibilidad	MW	5,64	6,59

Fuente: GERIPA.

Los cálculos muestran que GERIPA-125000 L/d tiene un alto potencial de sostenibilidad energética, clasificándose como auto productora de energía eléctrica. La biomasa que genera es capaz de producir un excedente de 6,0 MW de potencia eléctrica equivalentes a 6,0 MW-h de energía eléctrica, disponible para ser suministrada al Sistema Energético Nacional, integrándose a éste.

Cada GERIPA-125000 L/d que se instale sustituye el uso de $3,2 \cdot 10^4$ t/año de petróleo equivalente. (2010)

2.2.2. Usos de los residuos agroindustriales de la caña de azúcar para la producción de energía en el Perú y el Mundo

En el Perú de acuerdo con los estudios de **Marcelo Aldana, Bizzo & Alamo Viera**, nos dice que: “la evolución del potencial energético de la industria de la caña de azúcar ha sido no muy bien precisado hasta la fecha, que mayormente corresponde a proyectos de generación a partir de bagazo de caña de azúcar proveniente de las plantas alcoholeras y de los ingenieros azucareros. Actualmente existen 11 ingenios azucareros en el Perú, de los cuales al menos 09 de ellos emplean bagazo en sus plantas de cogeneración”. (2016)

Según **Silvestrin**, “una tonelada de hoja de caña de azúcar puede llegar a generar 500kWh, considerado que el Perú la producción por hectárea de caña de azúcar duplica al promedio mundial entonces para el año 2015 pudo generar aproximadamente 784.06 MWh de energía disponible a ser utilizada en algún proceso”. (2011)

Según el **INTA** -Argentina, “actualmente los residuos constituyen un gran problema medioambiental, pero pueden tener un gran potencial energético, siempre que se solucionen sus graves dificultades (bajo potencial energético y densidad), lo que ocasiona problemas de transporte y almacenamiento. La caña de azúcar es uno de los cultivos con mayor capacidad de convertir la energía solar en biomasa. Si se toman en cuenta solo el bagazo y la paja, en los cañaverales se almacenan alrededor del equivalente a una tonelada de petróleo por cada tonelada de azúcar que puede producirse. Esto significa que por cada hectárea cosechada es posible obtener anualmente 13,5 ton de bagazo equivalentes a 2,7 tce (tonelada de combustible equivalente: 37.5 MJ/Kg. Además, Cuatro toneladas de paja equivalen

a una tonelada de petróleo (calor de combustión de la paja con 30% de humedad: 11,7 MJ/Kg". (2015)

Según **SAGARPA**, en México se cuenta con 52 ingenios azucareros, (que operaron en la zafra 2014/2015), y en algunos de ellos, el consumo específico de combustóleo se ha ido reduciendo hasta lograr una mejor eficiencia energética para la elaboración de azúcar. Gracias a estas medidas, 21 ingenios reportan cero en su consumo de petróleo, y otros seis emplearán en el corto plazo exclusivamente bagazo de caña para su producción eléctrica, dentro y fuera de zafra.

El potencial de biomasa en el sector azucarero es considerable si se toma en cuenta que por cada 100 toneladas de caña procesada se obtienen: de 10 a 12 toneladas de azúcar; de 25 a 30 toneladas de bagazo; quedan en campo de 10 a 20 toneladas de residuos agrícolas y de 5 a 7 toneladas de paja.

La mayoría de los ingenios azucareros han adoptado proyectos de cogeneración, los cuales, implementan la conversión de energía que propiciarán el autoconsumo y la interconexión a red eléctrica. Tales residuos están compuestos por las hojas verdes y secas de la caña, los cogollos, las basuras y la caña que no se puede procesar. Las cantidades de residuos generados cambian enormemente dependiendo de la variedad de caña, el rendimiento y su edad.

Como indicadores de la mayor disponibilidad de energía eléctrica, mientras las condiciones típicas de las calderas empleadas en los ingenios brasileños durante los años ochenta permitía producir excedentes del orden de las 10 kWh/tc (tonelada de caña procesada), actualmente alcanzan cerca de 28 kWh/tc en la mayoría de las unidades productoras y 72 kWh/tc en los ingenios más modernos. Con la utilización de parte de la paja de la caña cosechada y mejoras en el proceso

industrial, los excedentes de energía eléctrica podrán alcanzar más de 150 kWh.
(2016)

Blanco-Orozco Napoleón Vicente & Arce-Díaz Eduardo, *en la evaluación económica y social del empleo del bagazo de caña en la generación de energía eléctrica en Nicaragua; comparándose el uso de este material con el de los combustibles fósiles utilizados para el mismo fin. Se concluye que la generación de energía eléctrica empleando biomasa del bagazo de caña tiene un impacto positivo en el bienestar social y el desarrollo económico del país, dado que en la evaluación económica los ingenios que producen energía eléctrica a partir de bagazo de caña resultan ser económicamente rentables.*

La evaluación social del empleo del bagazo de caña en la generación de energía utilizando la metodología de multicriterio, apoyada en el método de consulta a expertos, mostró que los ingenios que usan este energético tienen impactos positivos en comparación con el empleo de otro tipo de energía como lo podemos ver en la tabla 2. (2013, 84-93)

Tabla 2: Resultados de la evaluación económica de la actividad de generación de energía eléctricas en plantas que emplean bagazo de caña y derivados del

#	Planta de generación de energía eléctrica	VFE US\$	Observación
	Ingenios que emplean bagazo de caña		
1	Ingenio San Antonio	29 326 182	Rentable para la sociedad
2	Ingenio Monte Rosa	42 716 441	Rentable para la sociedad
	Plantas que emplean derivados del petróleo conectadas al SIN		
1	Albanisa	-76 771 752	No es rentable para la sociedad
2	Censa	-120 746 055	No es rentable para la sociedad
3	Empresa Energética Corinto	-\$460 349 663	No es rentable para la sociedad
4	Tipitapa Power Company	-\$302 759 161	No es rentable para la sociedad
5	Geosa	-\$846 730 464	No es rentable para la sociedad
6	Gecsa	-\$139 615 915	Rentable para la sociedad

Fuente: Napoleón Blanco, *El uso eficiente de la energía eléctrica*, 2013.

Alderetes Carlos, el creciente interés y desarrollo de la cogeneración en la industria, trajo dos hechos importantes. Por un lado, importantes inversiones en calderas de gran capacidad y eficiencia, con elevadas presiones y temperaturas de trabajo. Y por el otro, un replanteo integral de las prácticas operacionales y de mantenimiento, sostenidas hasta el momento, con calderas tradicionales de baja presión y eficiencia. Dependiendo del país y cogenerando a partir del bagazo, la industria azucarera aporta hasta más del 5% de la energía total requerida por el mismo, generando importantes ahorros de combustibles fósiles no renovables.

Las fuentes de biomasa que pueden ser usadas para generar energía son muy variables e incluyen a todos los residuos agrícolas, agroindustriales, animales, urbanos e industriales, tales como aserrín, cascaras de arroz, cáscaras de girasol, bagazo, papeles, etc., los que mediante una adecuada tecnología se podrán usar de manera eficiente.

La caña de azúcar como cultivo renovable tiene en sus residuos, tanto de cosecha agrícola (RAC) como de su molienda (bagazo), un gran potencial de utilización mediante distintos procesos de los cuales no sólo se podrán obtener productos de alto valor agregado sino también energía eléctrica. Algunas de las posibles diversificaciones de negocios que pueden encararse a partir de estas materias primas se muestran en la figura 2. (2016)

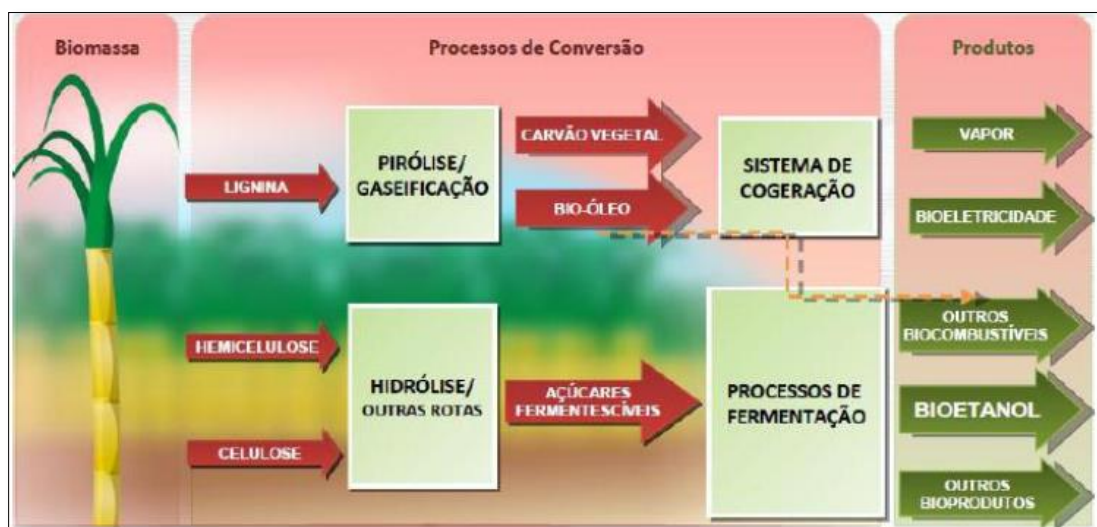


Figura 2: Conversión de biomasa cañera según Dedini.

Fuente: Carlos Alderetes, *Calderas a bagazo: Proyecto, operación y mantenimiento*, 2016.

En la tabla 3 se muestra los ingenios de azúcar de los países productores líderes según datos de la FAO correspondientes al año 2013.

Tabla 3: Ingenio en países productores de caña de azúcar.

Cantidad ingenios azucareros de caña / país						
Nº Países	País	Cantidad	Observaciones	Nº	País	cantidad
1	India *	571	* Aproximado	15	Mauricio	12
2	Brasil	417		16	Ecuador	8
3	Pakistán	76	* Instalados 156	17	Perú	10
4	México	57		18	Hondura	7
5	Tailandia	43		19	Bolivia	7
6	Cuba *	47		20	Rep. Dominicana	7
7	Australia	30		21	Paraguay	6
8	USA	25		22	Nicaragua	4
9	Argentina	23		23	Panamá	4
10	Costa Rica	19		24	Haití	4
11	Sudáfrica	14		25	Barbados	3
12	Venezuela*	15		* Instalados 19	26	Trinidad Tobago
13	Colombia	13	27		Uruguay	1
14	Guatemala	12				
Total					27 Países	1437

Fuente: FAO, 2013.

El consumo de potencia y de energía térmica en los ingenios y la relación entre estas dos demandas, depende de numerosas variables que podrán hacer variar

estas proporciones dentro de ciertos rangos que deberán ser tenidos en cuenta a la hora de efectuar procesos de benchmarking energético entre distintas fábricas.

Entre estas variables podemos mencionar:

1. Variedad de caña y porcentaje de fibra.
2. Tipo de cosecha de caña, contenido de trash, etc.
3. Limpieza de la caña antes de su molienda.
4. Sistema de preparación y extracción empleado (trapiche, difusor).
5. Grado de imbibición empleado.
6. Tipo de accionamiento de las maquinarias y equipos (turbina, motor eléctrico).
7. Presión y contrapresión de trabajo en turbogeneradores y turbinas de mando.
8. Tipo de equipos y esquema de evaporación-calentamiento.
9. Tipo de tachos y sistema de cocimientos.
10. Tipo de equipos y sistema de vacío usado.
11. Refinería, destilería y deshidratadora anexas.
12. Tiempo aprovechado.
13. Tipo de calderas y combustibles utilizados. Condiciones de operación.
14. Sistema de recuperación de condensados y agua de reposición.
15. Equipos de control de contaminación ambiental en calderas.

En la tabla siguiente se muestran los valores promedios de algunas propiedades físicas que son de gran importancia para el proyecto de las instalaciones de almacenaje y transporte de este producto.

Tabla 4: Propiedades físicas del bagazo.

Propiedad	Valores medios
Cantidad de bagazo	250 – 300 kg / ton.caña
Fibra % bagazo	45 – 50%
Humedad del bagazo	48 – 52%
Densidad a granel	80 – 120 kg/m ³
Densidad en pila	160 – 240 kg/m ³

Fuente: Carlos Alderetes, *Calderas a bagazo: Proyecto, operación y mantenimiento*, 2016.

El poder calorífico del bagazo y del RAC, es la propiedad más importante desde el punto de vista energético.

Becerra-Quiroz, Buitrago-Coca & Pinto-Baquero, de la investigación titulada “Sostenibilidad del aprovechamiento del bagazo de caña de azúcar en el Valle del Cauca, Colombia”, desarrollada en el 2015 se determinó la sostenibilidad del aprovechamiento Del bagazo De caña de azúcar producido en el Valle del Cauca, utilizando el indicador integrado de desarrollo sostenible S3 y el biograma desarrollado por el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Se obtuvo como resultado que la sostenibilidad actual del aprovechamiento del bagazo de caña de azúcar es de 0,51, lo cual representa una sostenibilidad media para los periodos evaluados.

Se concluyó que los aspectos más relevantes para mejorar la sostenibilidad son el manejo de los vertimientos en la dimensión ambiental, mejoras en la productividad del bagazo en la dimensión económica y ampliación en la cobertura de programas en la dimensión social.

Para mejorar la productividad del bagazo de caña para la producción de energía, los ingenios han implementado mecanismos de mejoramiento de procesos de

campo y de fábrica, siendo una de estas medidas la adquisición de calderas de mayor presión y generación de vapor.

La generación de energía eléctrica aportada al SIN a partir de la cogeneración en Colombia aumentó en un 67 %, tan solo del 2013 al 2015, lo que deja en evidencia que la cogeneración ha suplido la demanda energética para la producción en cada uno de los ingenios y los excedentes se han aportado al SIN.

El aumento en la productividad del bagazo de caña de azúcar genera beneficios económicos para los ingenios azucareros en su proceso de cogeneración de energía.

Por lo anterior, todas las mejoras tecnológicas en la eficiencia de las calderas, no solamente aportan a mejorar la sostenibilidad ambiental. (2016)

Según el **COES** con la Proyección de la demanda Para el periodo 2015 – 2018 se estima un crecimiento de la Máxima Demanda anual del SEIN a una tasa promedio de 9,8% respecto al año 2014, que equivale a 653 MW por año. La demanda del sistema se incrementará en 2 614 MW hasta el 2018, lo que equivale a un incremento del 46% respecto a la demanda de 2014.

Expansión de la oferta Para el periodo 2015 – 2018 en el SEIN se instalarán nuevas unidades de generación que totalizan 3 830 MW, lo que representa un incremento del 44% sobre la Potencia Efectiva del SEIN al año 2014 (8 718 MW). Del incremento indicado, el 15% se instalará en la zona Norte, el 48% en la zona Centro y el 37% en la zona Sur.

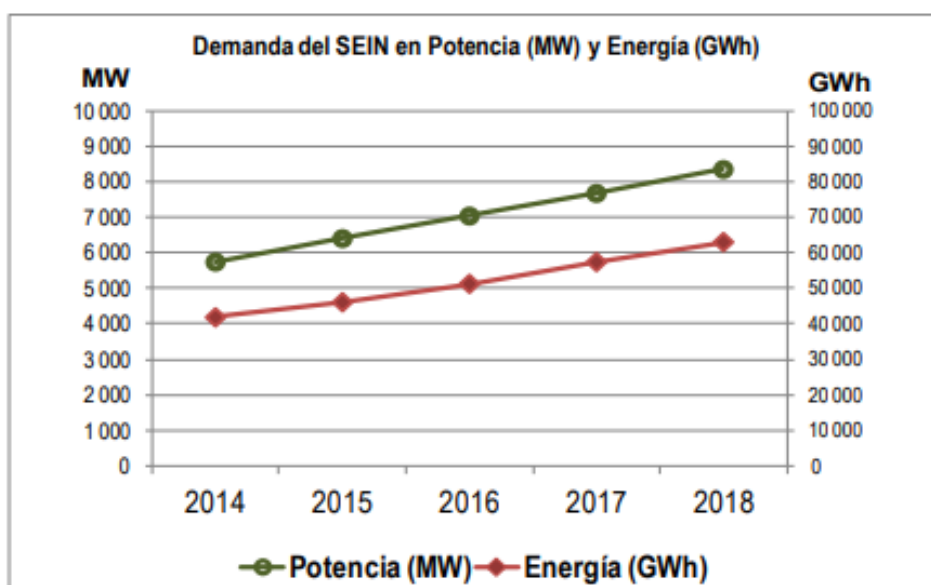


Figura 3: Proyección de demanda del SEIN.

Fuente: COES.

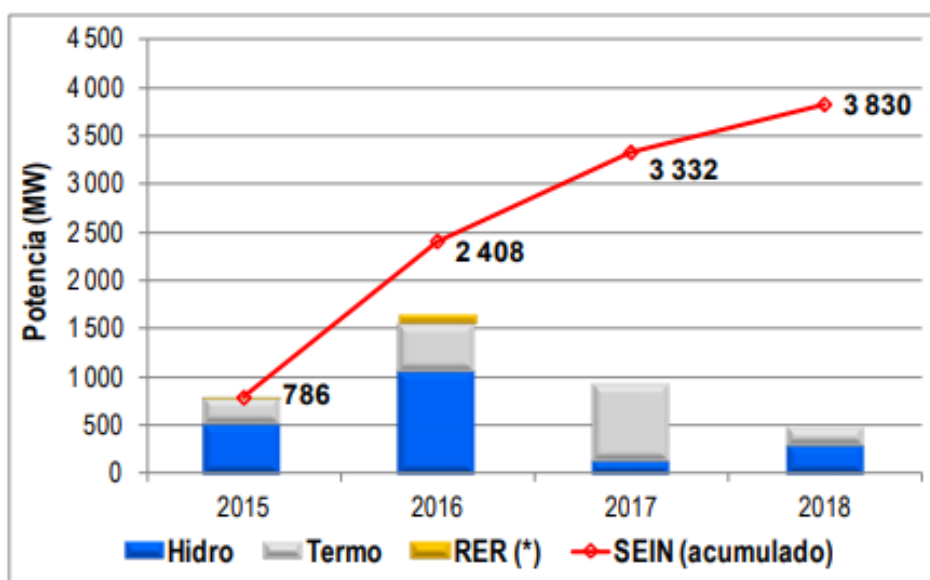


Figura 4: Proyección de la demanda del SEIN.

Fuente: COES.¹

La Asocaña, Sector Agroindustrial de la Caña, “en Colombia los proyectos de cogeneración que se identificaron hace unos años atrás ya se han venido implementando, lo cual ha incrementado la capacidad de cogeneración del sector

¹ No incluye las pequeñas CC.HH., las cuales están en el rubro “Hidro”.

y gracias a ello en 2016 la capacidad instalada de cogeneración fue de 253 MW. La capacidad instalada de excedentes que hoy en día se venden es de 93,6 MW. Los cronogramas de implementación de los proyectos llevarán a que en el año 2018 el sector tenga una capacidad de cogeneración de unos 284 MW de los cuales podría vender a la red aproximadamente unos 123 MW (Figura 5)”. (2017)

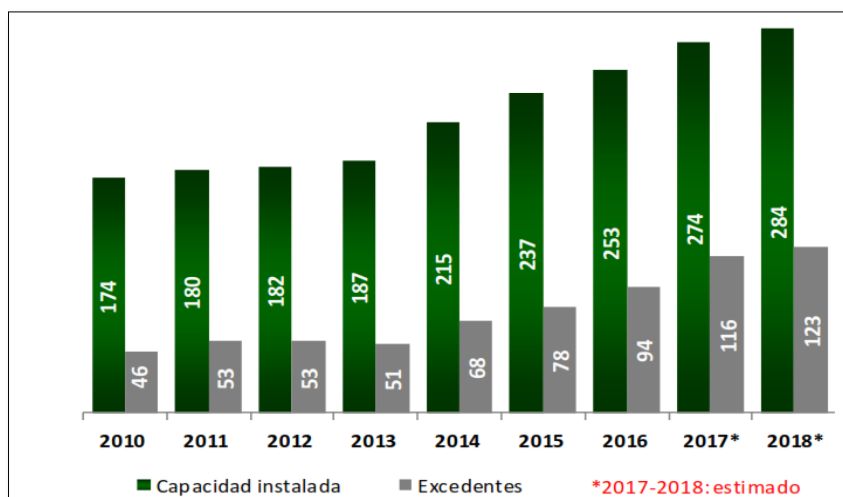


Figura 5: Capacidad de cogeneración y capacidad efectiva neta excedente (MW).

Fuente: Asocaña, *Cogeneración*, 2017.

De acuerdo con un inventario realizado por la Cámara de Grandes Consumidores de Energía y Gas – ANDI (2014), existen 21 plantas de cogeneración en Colombia, con una capacidad instalada de 351 MW, de los cuales el 59% correspondiente a los ingenios (Figura 6 y 7).

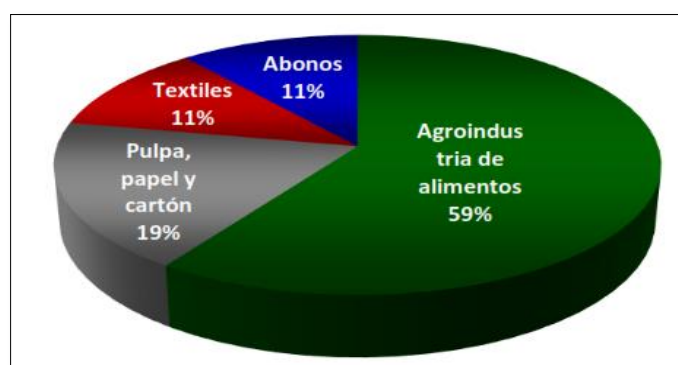


Figura 6: Capacidad instalada de los cogeneradores por sector (%).

Fuente: Cámara de Grandes Consumidores de Energía y Gas – ANDI, Colombia, 2014.

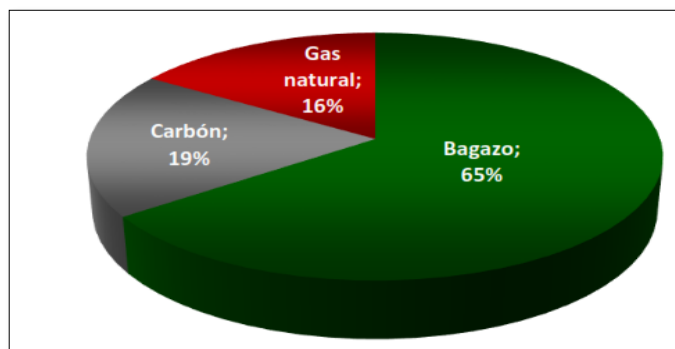


Figura 7: Energéticos utilizados por las plantas de cogeneración en Colombia (%).

Fuente: Cámara de Grandes Consumidores de Energía y Gas – ANDI, Colombia, 2014.

En el caso de Brasil, los planes de expansión de cogeneración de la mano con la expansión del sector sucro-alcoholero, indican que pasarán de tener una capacidad instalada de 10 GW en 2010 a más de 30 GW en 2020. Esto implica que la participación de la cogeneración será de un 18% de la matriz energética brasilera en ese año. Mientras, en la Unión Europea actualmente el 11% de la generación eléctrica es fruto de la cogeneración.

Sin embargo, existen grandes diferencias entre los estados miembros, las cuales varían entre 0% y 42,8%. En China e India, la cogeneración participa con cerca del 13% y 5% de la generación, respectivamente. En EE.UU. la cogeneración tiene una larga historia en el sector industrial. Este sector es responsable de aproximadamente el 25% del total de consumo de energía del país.

2.2.3. Los sistemas de cogeneración de energía a partir de caña de azúcar

“En Brasil el bagazo generado en el proceso de extracción es enviado a la planta de cogeneración para producir el vapor que se emplea en las turbinas de contrapresión. Los sistemas convencionales de cogeneración son capaces de

generar hasta 80 kWh/tc de energía eléctrica sobrante, dependiendo del consumo de vapor. Igualmente, los sistemas avanzados de cogeneración permiten hasta 200 kWh/Tc, lo que representa un potencial de generación de 111 TWh/año ó 25% del consumo de electricidad en Brasil". (De Boeck, y otros 2011)

Así también, **De Boeck**, en la Argentina específicamente en la región de Tucumán, se plantearon posibles modificaciones del circuito de vapor de un ingenio tipo de Tucumán, tendientes a obtener una mayor generación de excedentes de energía eléctrica. El ingenio tipo considerado tiene una capacidad de molienda de 10.000 t/día de caña con una producción de vapor a 20 bar y un consumo de vapor vivo de 51,4% caña.

Las alternativas analizadas contemplan: distintos niveles de presión (43, 65 y 85 bar); tres tipos de turbo-generadores (de contrapresión, de extracción-contrapresión y de extracción-condensación); electrificación de los accionamientos motrices y diferentes consumos de vapor para calefacción en fábrica (35 y 40% caña). Se empleó el programa Cycle Tempo 5.0, herramienta flexible y de fácil utilización para el cálculo de los balances de masa y energía.

El estudio de pre-factibilidad técnica realizada muestra que un ingenio tipo podría lograr excedentes de generación de alrededor de 89,3 kWh/t caña cambiando sus unidades de generación por equipos de 85 bar y turbogeneradores de extracción-condensación, para un consumo de vapor en fábrica de 35% caña. (2011)

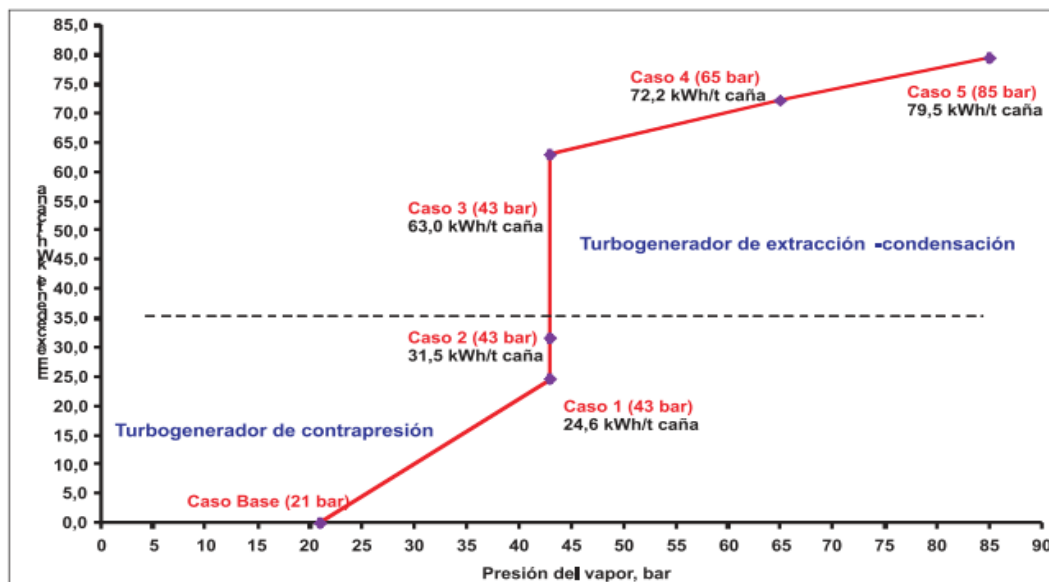


Figura 8: Excedente de energía eléctrica (EE) para las distintas presiones de vapor analizadas e igual consumo específico de vapor o fábrica.

Fuente: Guillermo Boeck, *Simulación de sistema de cogeneración*, 2011.

El esquema energético de presión de vapor vivo a 85 bar, generación de energía eléctrica con turbogenerador de extracción-condensación y electrificación de molinos y ventiladores de calderas un consumo de vapor de calefacción de 35% caña (caso 5b) resultó la mejor alternativa estudiada, obteniéndose un excedente de energía eléctrica de 89,3 kWh/t caña para la venta a la red.

En el caso del Perú, **Chávez & Chirinos** mencionan que...

El Perú debido a su crecimiento económico, demandará un crecimiento de la oferta de energía de 6% al año. Considerando una potencia instalada de 6236,9 MW, esto representará construir centrales de aproximadamente 375 MW cada año. Ello, aunado al compromiso voluntario asumido por Perú en septiembre de 2010, frente a la ONU de alcanzar al 2021 una matriz energética en el que las energías renovables no convencionales representen al menos 40% de la energía consumida en el país, crea unos escenarios propicios para proyectos bio energéticos.

En este trabajo se analizaron los sistemas de cogeneración que utilizan bagazo de caña de azúcar como combustible para una planta de 500 toneladas por hora bajo un enfoque termo económico, se analizaron diferentes configuraciones y equipamientos, concluyéndose que un sistema con una caldera de operación a 67 bar, con un REE de 0,37, tendría mayor rentabilidad económica que los sistemas convencionales de baja presión.

Además, se evaluó el potencial de los sistemas de cogeneración a bagazo en el Perú en el Sistema Interconectado, pudiendo estos sistemas contribuir de 0.2% como es actualmente hasta 2.3% de la Matriz Eléctrica del SEIN. Este tipo de proyectos, estarían de acuerdo con los objetivos de la Política Energética Nacional que Perú ha adoptado, ya que contribuiría con la seguridad energética disminuyendo la dependencia en derivados de petróleo, precios competitivos de energía, tener una matriz energética diversificada y de bajo impacto de carbono, con mayor participación de las energías renovables. (2012)

En el Valle del Cauca-Colombia el 15 de julio de 2009, el **Ingenio Providencia S.A.** puso en funcionamiento la planta de cogeneración de energía a partir del bagazo de caña, un proyecto de mecanismo de desarrollo limpio a partir del empleo racional y eficiente de la energía, optimizando el uso de los recursos energéticos que provee la caña de azúcar, una fuente importante de biomasa.

La planta de cogeneración de energía tiene la capacidad de generar 38 Megavatios hora (MWh), para conseguirlo, fue necesario instalar una caldera de alta presión con capacidad de 400.000 libras de vapor por hora, dos turbogeneradores con capacidad de 20 y 18 MW cada uno y una subestación eléctrica de 25 MVA que eleva el voltaje de 13.200 voltios a 115.000 voltios.

Los generadores producen energía suficiente para accionar todos los motores eléctricos de la fábrica, iluminar y alimentar los sistemas de control. La energía no consumida equivalente a 14 MWh, se entrega a la red pública con capacidad para abastecer una ciudad de 130.000 habitantes.

Esta energía limpia, por ser generada con biomasa, sigue las directrices del Protocolo de Kyoto, que favorece la preservación del medio ambiente, por la disminución de emisión de toneladas de CO₂ a la atmósfera. Por esta razón, en Ingenio Providencia afirma que “Ilumina a Colombia con energía renovable”. (2013)



Figura 9: Ingenio Providencia, Valle del Cauca-Colombia.

Fuente: Ingenios Providencia S.A., 2013.

En el Caribe, específicamente en Cuba, **Valdés Delgado** nos dicen que “con las tecnologías disponibles actualmente posibilitan generar en fábricas de azúcar más de 100 kW-h de energía eléctrica por toneladas de caña procesada. Una fábrica de azúcar consume entre 25-30 kW-h/t caña, por lo que pudiera existir una disponibilidad de energía eléctrica de unas 75 kW-h/t cañas”. (2015)

De la misma forma **Abreu, González y otros**, describen que “el uso del bagazo como combustible para la cogeneración permite a las fábricas de azúcar ser autosuficientes en las necesidades de energía térmica y eléctrica, incluso con

sistemas de baja eficiencia. La nueva realidad de estas fábricas, que prevé vender excedentes de electricidad y a la vez lograr mayores excedentes de bagazo para su uso como materia prima en otras producciones. En este trabajo se propuso analizar energética y exergéticamente esquemas de cogeneración de mayor eficiencia para la industria azucarera”. (2015)

Tabla 5: Parámetros generales adoptados para la simulación de los esquemas de cogeneración.

<i>Parámetro</i>	<i>Alternativas</i>				
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
Caña molida, (t/d)	3680	3680	3680	10000	10000
Bagazo producido por tonelada de caña molida, (kg/TCM)	308	308	308	308	308
Demanda de vapor por tonelada de caña molida, (kg/TCM)	495	495	495	495	495
Demanda de energía eléctrica por tonelada de caña molida, (kW/TCM)	32	32	32	32	32
Presión de vapor demandada por el proceso, (atm)	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Temperatura del vapor demandada por el proceso, (°C)	130	130	130	130	130
Presión del vapor generado en la caldera, (atm)	43	65	85	67	65
Temperatura del vapor generado en la caldera, (°C)	406	460	20	540	460
Valor calórico neto inferior para el bagazo, (kJ/kg)	7634	7634	7634	7634	7634
Eficiencia isoentrópica de la turbina de vapor, (%)	88	88	88	88	88
Eficiencia isoentrópica de las bombas de vapor, (%)	75	75	75	75	75
Eficiencia del generador eléctrico, (%)	95	95	95	95	95

Fuente: Abreu, González y otros, *Evaluación de esquemas de cogeneración*, 2015.

De los balances y análisis realizados se obtienen los resultados que se reflejan en las tablas 4 y 5:

<i>Parámetro</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
Consumo de bagazo por tonelada de caña molida (kg de bagazo/TCM)	360	360	360	249	249
Producción de energía eléctrica por tonelada de caña molida (kWh/TCM)	92,2	106	115,16	80,23	147,52
Eficiencia del ciclo (%)	62,5	65	80,3	87,4	92,3

Fuente: Abreu, González y otros, *Evaluación de esquemas de cogeneración*, 2015.

La evaluación económica se realizó en el evaluador de procesos ASPEN ICARUS PROCESS EVALUATOR (ASPEN PLUS, 2003), que permite realizar diseños específicos, detallados, análisis de inversión y cronogramas, a partir de la información obtenida de la simulación del proceso. Este evaluador posee una interfaz con el paquete ASPEN PLUS (ASPEN PLUS, 2003) que permitió transferir los resultados de la simulación en la cual se trabajó. Las conclusiones son las siguientes:

1. El balance energético realizado al proceso de producción de azúcar arrojó que en este proceso se consumen 2120 t/d de vapor, que significan 480 kg de vapor/TCM.
2. El análisis exergético del caso base permitió estimar que este proceso tiene pérdidas de 112 323,91 kW y una eficiencia exergética de 24,18%, encontrándose las mayores pérdidas en el subsistema de generación de vapor.
3. La evaluación de alternativas de cogeneración arrojó que los mayores excedentes de bagazo y electricidad se obtienen con el esquema de gasificación de biomasa con una generación eléctrica de 59 893,53 kW y los peores resultados en estos parámetros se obtienen en la alternativa 1.
4. El análisis exergético de las alternativas evaluadas demostró que las pérdidas en estos esquemas se encuentran en valores de 112 323,91 kW hasta 220 833,29 kW y el rendimiento exergético de 18,6 hasta 33 %.
5. Económicamente la alternativa más factible es el número cuatro, presenta un menor costo de inversión y genera un mayor VAN.
6. La alternativa 5 que considera la gasificación de biomasa es factible económicamente, pero la inversión se encarece sobre todo por la etapa de

limpieza de los gases generados; la factibilidad de esta alternativa puede lograrse si se reduce la demanda de vapor del proceso de fabricación de azúcar.

En la Isla de Cuba, **Domínguez Bravo** presenta el proyecto HYBRIDUS el cual busca “desarrollar un modelo de Cogeneración de energía, eléctrica y térmica, mediante un sistema híbrido biomasa-solar para explotaciones agropecuarias, siendo su objetivo final la transferencia de ese conocimiento a las poblaciones potencialmente beneficiarias de la tecnología.

El sistema estaría formado por la combinación de un módulo de gasificación de biomasa, un sistema de limpieza de gases y uno o varios moto-generadores de 30-35 kWe de potencia en total, junto con otro de captación solar fotovoltaica de 5-10 kWe, formado por un campo de paneles y un sistema de almacenamiento, más el sistema de regulación. El conjunto podrá producir energía eléctrica mediante el módulo de motores duales (gas y biocarburante) y/o los paneles solares fotovoltaicos, así como energía térmica mediante el aprovechamiento de los humos de salida del motor y de sus fluidos de refrigeración”. (2017)

2.2.4. Impactos ambientales de los sistemas de cogeneración de energía en base a caña de azúcar

Todo proyecto industrial y de generación de energía debe contar con un estudio de impacto ambiental EIA; en este sentido, **Notario & Bringas** (2007), en el Estudio de Impacto Ambiental: Planta de Cogeneración de Papelera Guipuzcoana de Zicuñaga que se realiza para prevenir, analizar y corregir los impactos que pudieran producirse sobre el medio ambiente como consecuencia de las obras para la

instalación de los elementos necesarios de la planta de cogeneración, así como aquellos efectos que se deriven de su funcionamiento.

Como parte de la planificación y gestión ambiental que requieren proyectos de este cuyo objetivo general reside en la identificación y valoración de los distintos factores ambientales y en la definición de los elementos de control y corrección ambiental necesarios para la ejecución de las obras, los procedimientos para la correcta gestión en la fase de funcionamiento, así como las medidas correctoras y procedimientos de restauración y control ambiental para conseguir la máxima integración con el entorno.

Una vez analizados el inventario ambiental y los impactos detectados, se puede concluir lo siguiente:

- Todos los impactos adversos se consideran recuperables salvo los producidos sobre la geología y sobre el suelo, ya que la destrucción de los perfiles edáficos tiene un efecto permanente.
- Otros impactos negativos son los ocasionados sobre hidrología superficial, paisaje, vegetación o fauna.

Los impactos que se consideran más significativos se relacionan a continuación:

- Deterioro de la calidad del aire (emisión de gases de combustión en la fase de funcionamiento)
- Incidencia en los niveles de ruido
- Incidencia en la geología y la edafología por ocupación del suelo
- Incidencia en la calidad paisajística

La planta de cogeneración de PGZ es compatible con el normal desarrollo de los procesos ambientales que en su entorno se producen, siempre que se tomen las

medidas preventivas necesarias y que se apliquen las medidas correctoras en aquellos casos que se detecte la necesidad de su aplicación.

Dentro de las medidas preventivas y correctivas podemos sintetizar:

Los motores de la maquinaria se tendrán en perfecta puesta a punto, con el fin de asegurar el mantenimiento adecuado de la misma y reducir los ruidos generados por su tránsito.

Se limitará la velocidad de los camiones, evitando las aceleraciones y frenadas fuertes, lo que contribuirá a reducir al máximo los niveles sonoros producidos por la maquinaria móvil de obra.

Toda la maquinaria utilizada estará homologada y en perfecto estado de mantenimiento.

Con el fin de evitar los posibles efectos negativos que pudiera ocasionar el polvo generado como consecuencia de los movimientos de tierra y otros, en los periodos de viento con dirección a las viviendas más próximas, se adoptarán las medidas necesarias de forma que los niveles de partículas sedimentables no superen los límites

La gestión de los residuos generados en la planta de cogeneración de PGZ se llevará a cabo de acuerdo a la gestión general de residuos en el resto de instalaciones de PGZ. Los posibles RP's generados (aceites usados, absorbentes contaminados, etc.) serán trasladados al almacén de RP's de PGZ y desde allí serán gestionados a través de gestor autorizado de forma conjunta con el resto de RP's.

El proceso de cogeneración será controlado de forma automática tal y como se recoge en el proyecto. Dicho control será vigilado permanentemente. La planta de cogeneración estará gestionado por un sistema de control distribuido (DCS).

En la misma línea, **Zuleiqui GIL Unday** (2011) con el propósito; de estudiar los impactos ambientales que produce la generación de energía a partir de biomasa (bagazo) en los centrales azucareros en Cuba con estudio de caso la empresa azucarera “Melanio Hernández”.

Se aplicó el modelo de dispersión DISPER el que nos permitió obtener información para condiciones de crisis de las emisiones atmosféricas del central azucarero y de la destilería asociada a este llegándose a la conclusión de que las emisiones de la destilería son las que aportan más contaminantes a la atmósfera afectando a la localidad en una proporción mayor en las zonas más expuestas a los contaminantes. Con el objetivo de minimizar los impactos negativos se proponen alternativas a implementar en la industria y la comunidad, resaltando las encaminadas a la educación ambiental y la disminución de las emisiones de los contaminantes.

Se demostró por análisis químicos durante 5 años la existencia dentro de la zona de valores de PTS y SO muy próximo a los límites admisibles de acuerdo a la norma de calidad del aire para asentamientos humanos para las condiciones de cuba, fundamentalmente a favor del penacho de la chimenea. **Los altos valores de PTS son responsabilidad de las calderas de bagazo** del CAI “Melanio Hernández” y los altos valores de SO₂ se deben fundamentalmente a una destilería de alcohol en la zona que combustiona crudo cubano.

Se propone como medida correctora para disminuir la contaminación de PTS en caldera bagacera la instalación de un sistema de depuración de gases, la cual es factible técnica y económicamente recuperándose la inversión en dos años y medio. Otra medida de mitigación para solucionar la problemática sería la sustitución de la problemática de la destilería mediante una correcta política de cogeneración.

Valencia Botero Mónica & Cardona Alzate Carlos (2013), la industria creciente de los biocombustibles genera grandes cantidades de residuos que tienen alto potencial para la obtención de producto con alto valor agregado. El objetivo fue determinar el impacto ambiental de los cuatro procesos, por medio de la cuantificación de gases de efecto invernadero (GEI) asociados al ciclo de vida. Los resultados indican que las emisiones de GEI asociadas a los procesos que utilizan el glicerol como materia prima son mayores que las emisiones de GEI para los procesos que involucran bagazo de caña de azúcar, pero que el aprovechamiento del glicerol podría considerarse más eficiente, ya que las emisiones por unidad de masa en el uso del glicerol son 75% inferiores a las emisiones calculadas para los procedimientos utilizando bagazo de caña como materia prima en productos con alto valor agregado. Las menores emisiones se obtienen para el sistema de producción de bioetanol a partir de bagazo de caña de azúcar.

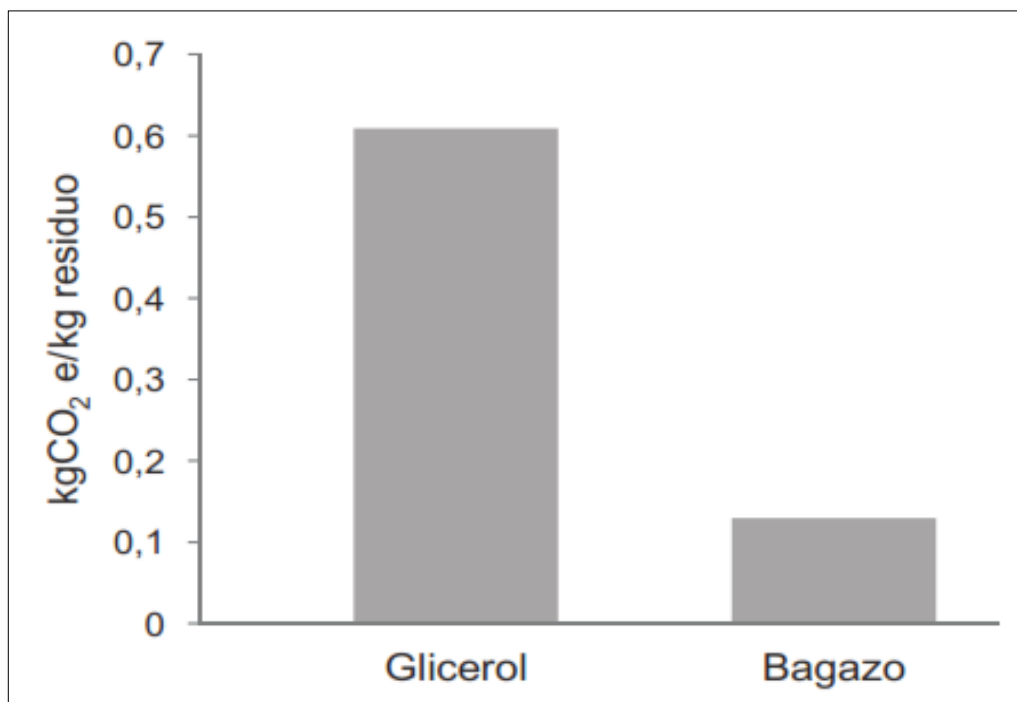


Figura 10: Emisiones de la producción de bagazo y glicerol.

Fuente: Valencia Boeto y Cardona Alzate, *Evaluación ambiental*, 2013.

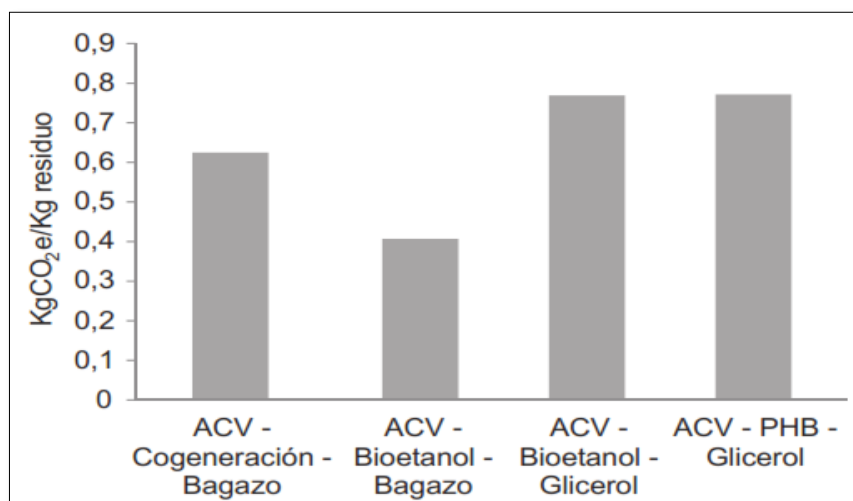


Figura 11: Emisiones de GEI para todo el ciclo de vida para los cuatro
Fuente: Valencia Boeto y Cardona Alzate, *Evaluación ambiental*, 2013.

Las emisiones relacionadas con la producción de glicerol son alrededor de cinco veces mayores a las emisiones en la obtención de bagazo de caña de azúcar, debido a que la obtención de glicerol requiere mayor cantidad de energía que la producción de bagazo de caña de azúcar lo que representa mayores emisiones de gases efecto invernadero.

Las emisiones de GEI asociadas al uso del bagazo de caña de azúcar pueden ser compensadas por sistemas de cogeneración, ahorrando, incluso, emisiones de los balances de materia y energía.

En México, **Aguilar** (2013), como parte de la reconversión de la agroindustria azucarera de Veracruz para mejorar su competitividad es la optimización del proceso de recolección de la caña con la paja y la logística de transporte con centros de acopio, para el posterior uso de esta última en la industria azucarera como fuente de energía en la cogeneración o, incluso, en un futuro próximo, la generación adicional de etanol, químicos como el furfural, proteína de hongos comestibles, biogás o tableros.

El uso de residuos agrícolas de cosecha como acolchado, alimentos pecuarios de supervivencia y otras producciones inclusive como energético en trapiches. Liberando el bagazo para otros propósitos no energéticos como carbón activado, briquetas, lignina y fenoles y revitalizar la industria de pulpa y papel.

El empleo masivo de los contenedores metálicos en la cosecha reduciría el impacto que ocasiona la tierra y demás materias extrañas en la fábrica: desgaste de molinos, bombas, ventiladores, y una drástica reducción de pérdidas de POL en cachaza e indeterminadas.

Desarrollo de sistemas de almacenamiento de biomasa cañera para la operación de sistemas de generación eléctrica en CFE y particulares en los periodos de no zafra. Utilización integral de las cenizas de combustión en la agricultura como fuente de minerales y en la industria del vidrio y otras.

Cogeneración eléctrica (primeramente para autoabastecer necesidades eléctrica-mecánica y térmica) en todos los ingenios mediante la reconversión de calderas de combustóleo a bagazo y residuos de cosecha y de baja a alta presión de trabajo para abastecer las redes eléctricas locales de forma continua durante todo el año y que los ingenios sean autosuficientes durante el periodo de zafra (cero combustibles fósiles).

Participar en los programas de Pago por Servicios Ambientales, Mecanismo de Desarrollo Limpio para minimizar el impacto de la quema y requema de cañaverales y de combustóleo en calderas y maximizar la captura de carbono por las plantaciones cañeras.

Por otro lado, **Becerra-Quiroz, Buitrago-Coca, Pinto-Baquero** (2016), producto de la investigación titulada “Sostenibilidad del aprovechamiento del bagazo de caña

de azúcar en el Valle del Cauca, Colombia”, desarrollada en el 2015 en la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Santo Tomás, se concluyó que los aspectos más relevantes para mejorar la sostenibilidad son el manejo de los vertimientos en la dimensión ambiental, mejoras en la productividad del bagazo en la dimensión económica y ampliación en la cobertura de programas en la dimensión social.

En la dimensión ambiental, los principales aspectos que generan impactos son los vertimientos, las emisiones, el consumo de agua, el ahorro de recursos naturales y los residuos generados. Para el caso de los vertimientos, en el proceso de cogeneración de energía en los ingenios, las fuentes de los vertimientos son el agua de lavado de la caña, agua de lavado de equipos y tuberías, agua contenida en las cenizas de las calderas cuando se recogen en húmedo, por derrames en el almacenamiento de agua de enfriamiento, en la generación de vapor y uso de agua para purga en tubos.

En cuanto a las emisiones atmosféricas, el alto contenido de humedad del bagazo como combustible produce cambios importantes en la calidad del aire. El material particulado y sus concentraciones pueden variar por el uso de caña mal lavada o preparada inadecuadamente, ya que se aumenta el contenido de cenizas del bagazo por el tipo de caldera utilizada y por la eficiencia del turbogenerador. En Colombia, los ingenios azucareros de la región se han acogido a la suscripción de convenios de producción más limpia, presentando el plan de reconversión a tecnología limpia.

Nombre	Variable	Descripción
A1	Vertimientos DBO	Cantidad de materia orgánica biodegradable contenida en el agua residual dispuesta a un cuerpo de agua, a un alcantarillado o al suelo
A2	Vertimientos DQO	Cantidad de materia inorgánica contenida en el agua residual reportada dispuesta a un cuerpo de agua, a un alcantarillado o al suelo
A3	Vertimientos SST	Cantidad de sólidos que el agua conserva en suspensión después de 10 minutos de asentamiento dispuestos en un cuerpo de agua, a un alcantarillado o al suelo
A4	Consumo de energía	Cantidad de energía en GJ utilizada para la producción promedio de toneladas de producto final
A5	Emisiones PST	Descarga de partículas sólidas totales al aire, provenientes de las fuentes fijas de cada uno de los procesos
A6	Emisiones NOX	Descarga de óxidos de nitrógeno al aire, provenientes de las fuentes fijas de cada uno de los procesos
A7	Consumo de agua	Agua que es utilizada en cada uno de los procesos
A8	Ahorro de recursos naturales	Cantidad de recursos naturales como pulpa maderable o carbón que se han dejado de adquirir por parte de los dos aprovechadores
A9	Residuos generados	Cantidad de materia que no es usada por los aprovechadores

Tabla 6: Descripción de variables involucradas en la dimensión ambiental

Fuente: Becerra Quiroz, Buitrago Coca, Pinto Baquero (2016)

Los resultados del índice de desarrollo sostenible para los ingenios que indica el estado de la sostenibilidad fueron calculados en las dimensiones ambiental, económica y social, y haciendo un cálculo general de la sostenibilidad en los años que fue posible su evaluación:

Año	Índice ambiental	Índice económico	Índice social	Índice de desarrollo sostenible
2009	0,58	0,35	0,39	0,44
2010	0,63	0,36	0,41	0,43
2011	0,48	0,75	0,56	0,59
2012	0,49	0,43	0,53	0,48
2013	0,61	0,68	0,64	0,64

Tabla 7: Descripción de variables involucradas en la dimensión

Fuente: Becerra Quiroz, Buitrago Coca, Pinto Baquero (2016)

La sostenibilidad del aprovechamiento del bagazo de caña de azúcar para la producción de energía y papel en los periodos evaluados es inestable, se recomienda implementar medidas como el secado previo al bagazo para disminuir el Porcentaje de Humedad y permitir mayor eficiencia en la combustión.

Así también **Fernández, Augsburg** (1993) “Los ruidos como contaminantes en la ciudad de San Luis” El progreso técnico ha traído como consecuencia un aumento continuo del ruido. El ruido influye desfavorablemente sobre el trabajo del hombre, comprometiendo su salud ya sea física o mental.

La exposición permanente, e incluso interrumpida a ruidos excesivos, trae aparejada una disminución de la sensibilidad auditiva, o hipoacusia progresiva.

Larsen ha estudiado audiométricamente muy bien lo que ocurre evolutivamente en estos enfermos. Consideró tres grados, que son ya clásicos.

Se considera que esta clase de lesiones del oído interno son las que mayor reclutamiento presentan.

Las lesiones producidas por el impulso sonoro son irreversibles.

El reclutamiento es un fenómeno paradójal basado en la capacidad que tienen algunos oídos hipoacústicos de no percibir sonidos a niveles normales, mientras que por encima de su umbral poseen la particularidad de oír igual o mejor que un oído normal (Tabla 8).

Tabla 8: Reclutamiento.

AUDICIÓN NORMAL	AUDICIÓN CON RECLUTAMIENTO
120 dB umbral dolor	100 dB umbral dolor
90 dB umbral molestia	80 dB umbral molestia
50 dB umbral comodidad	60 dB umbral comodidad
0 dB umbral auditivo	40 dB umbral auditivo

Fuente: Omar Fernández (1993)

2.2.5. El control en los sistemas de cogeneración de energía en base a caña de azúcar.

Otro aspecto relevante en la cogeneración de energía es el control y sus procedimientos por ello, **Notario & Bringas** (2007), nos dicen que durante la fase de funcionamiento el programa de vigilancia debe estar dirigido fundamentalmente al control de los parámetros de funcionamiento de la propia planta de cogeneración para evitar de esta manera que se produzcan impactos sobre el medio ambiente.

Se establecen controles para los siguientes aspectos:

- Se controlarán en continuo a través del propio sistema de control distribuido (DCS).
- Se controlará la realización del mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos de las deficiencias detectadas mediante el programa informático de control de la planta de cogeneración (fallos en válvulas, etc.), para evitar de esta forma posibles emisiones accidentales de gases a la atmósfera.
- Se realizarán los correspondientes controles periódicos por Organismo de Control autorizado de los gases de combustión del foco de emisión existente en la instalación para vigilar el cumplimiento de los niveles de emisión que sean establecidos en su momento por las autoridades competentes.
- Se realizarán analíticas de los niveles de ruido generados por el conjunto de las instalaciones de PGZ (incluida la nueva planta de cogeneración) por empresa externa especializada.

Quispe Chanampa (2010), presentar y evaluar alternativas energéticas, que mejoren el rendimiento de los sistemas, reduciendo los niveles de emisión y promoviendo nuevas fuentes de energías, así como su correcta administración.

que deben pasar por un control, se muestran en la siguiente figura:

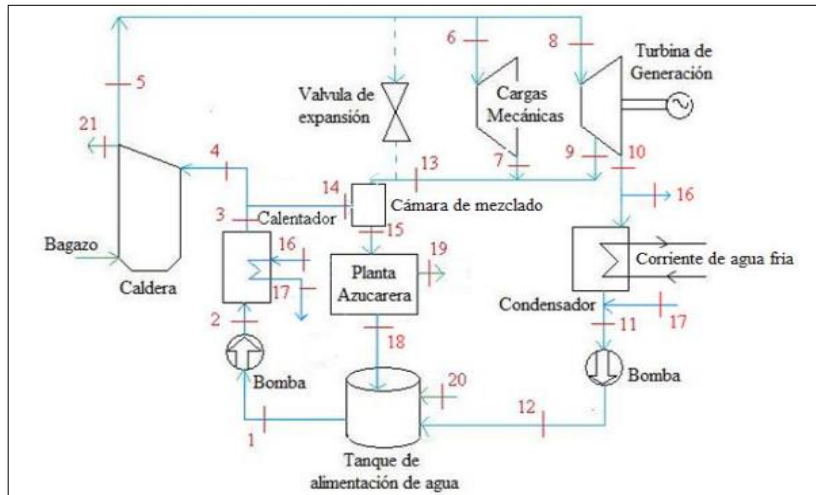


Figura 12: Puntos característicos del sistema de cogeneración.

Fuente: Quispe Chanampa Carlos Nicolás, *Análisis energético*, 2010.

En la siguiente tabla se describe cada punto de control

Tabla 9: Descripción de los puntos característicos.

Punto	Descripción
1	Agua de ingreso a la bomba, extraída del alimentador
2	Agua a la salida de la bomba e ingreso al calentador
3	Agua de salida del calentador
4	Agua que ingresa a la caldera
5	Vapor a la salida de la caldera
6	Vapor de ingreso a la turbina mecánica
7	Vapor de salida a baja presión de la turbina mecánica
8	Vapor de ingreso a la turbina de generación
9	Vapor de salida a baja presión de la turbina de generación
10	Vapor de salida de turbina de generación para condensar
11	Agua condensada
12	Agua llevada por bomba al tanque de alimentación
13	Mezcla de vapor a baja presión
14	Corriente de agua extraída de la salida del calentador
15	Vapor requerido por la planta azucarera saliendo de cámara de mezclado
16	Vapor de ingreso al calentador
17	Agua condensada en el calentador e ingreso a la válvula
18	Agua condensada en los procesos de azúcar y etanol
19	Pérdida de vapor y agua en la planta azucarera
20	Agua de reposición al tanque
21	Pérdida de fluido (agua o vapor) en la caldera

Fuente: Quispe Chanampa Carlos Nicolás, *Análisis energético*, 2010.

Es importante mencionar que para considerar a un sistema como uno de cogeneración debe superar el 42.5% de la eficiencia estándar que es aquella que da prioridad al trabajo neto o energía eléctrica generada, respecto al calor o cantidad de vapor producido.

$$\text{Eficiencia} = \frac{(\text{Energía térmica producida})/2 + \text{Energía eléctrica producida}}{\text{Energía del combustible}}$$

Mediante la Resolución Suprema N° 002 – 2010 – EM, del 19 de enero del 2010, el Ministerio de Energía y Minas otorgó a favor de Agrícola Industrial Paramonga AIPSAA la concesión definitiva de generación con recursos energéticos renovables para desarrollar la actividad de generación de energía eléctrica en las instalaciones de la central térmica Paramonga I. Dicha concesión fue otorgada mediante el Contrato de Concesión Definitiva de Generación con Recursos Energéticos Renovables N° 344 – 2009.

Para el año 2009, se tuvo que la producción de bagazo ascendía en promedio a 29 mil Tn/mes, con un promedio de consumo en la caldera para la producción de vapor de 26 mil Tn/mes, generándose así un excedente de bagazo de 3 mil Tn/mes.

Con la entrada en servicio de la central de cogeneración se incrementó el flujo de vapor en la admisión de la turbina hasta 120 Tn/hr, elevándose el rendimiento con un aumento considerable de la producción de bagazo.

Considerando el ratio de producción de vapor señalado y una extracción de vapor de proceso de 80 Tn/hr se puede obtener una potencia de 20 MW (descontando los servicios auxiliares de la central), siendo factible la inyección al SEIN de hasta 14 MW.

Para asegurar la rentabilidad del proyecto, la central de cogeneración Paramonga I ha calificado para aplicar como proyecto MDL, esto y los beneficios otorgados por la adjudicación de la subasta RER, hacen del proyecto sostenible en el tiempo.

La central de cogeneración Paramonga I, fue uno de los dos proyectos con biomasa que salieron adjudicados en la Primera Subasta de Energías Renovables (febrero del 2010), el precio de la energía que fue ofertada por esta central fue de 52.00 US\$/MWh, y es esta misma tarifa la que le es adjudicada por el OSINERGMIN.

Como parte de la contribución al desarrollo sostenible, la compañía Agro Industrial Paramonga S.A.A. efectúa un control de sus aspectos ambientales a fin de que las operaciones se desarrollen sin dejar impactos negativos al ambiente y a las poblaciones de nuestra área de influencia.

AIPSAA también dispone de un programa de monitoreo ambientales que se realizan con el objetivo de recopilar información del comportamiento de las variables que determinan el desempeño ambiental de sus operaciones, a fin de tomar las medidas preventivas, de control y correctivas que sean necesarias.

Los resultados de los análisis ejecutados han demostrado que la implementación de la central de cogeneración con bagazo, ha tenido una repercusión significativa en la mejora de la calidad del aire. Tal es así que actualmente se cumple con los estándares nacionales de calidad ambiental. Se espera que el proyecto desplace 85 300 tCO₂e por año y un total de 170 600 tCO₂e para el primer periodo de acreditación, generando una cantidad equivalente de certificados de emisiones.

El éxito de este tipo de proyecto se puede palpar en el hecho de que otras empresas agro industriales, que elaboran azúcar o alcohol de caña, están pensando o ya

están replicado el proyecto. Entre ellas se puede citar a las empresas Casagrande, Pomalca, San Jacinto, Cartavio, Laredo y Tuman.



Figura 13: Esquema del proyecto y disposición del bagazo.

Fuente: Agrícola industrial Paramonga, 2011.

Blanco-Orozco & Arce-Díaz (2013), En las empresas industriales, se debe considerar un cambio de paradigma de consumo y gestionar con eficiencia la energía, para así potenciar el impacto positivo que el uso racional de esta tiene sobre el medio ambiente.

Para alcanzar este objetivo se propone implementar un modelo de Gestión Integral de la Energía (GIE), que es un conjunto estructurado de procedimientos y actividades diseñados para integrarse al sistema de gestión organizacional de la empresa industrial. Este modelo contempla un conjunto de medidas, normas, procedimientos, valores y actuaciones que permitan la materialización de los objetivos de eficiencia energética.

Se plantea la producción más limpia como estrategia que reduce costos y genera ganancias reduciendo el desperdicio. Producción más limpia significa vigilar el proceso productivo de una empresa, comparar las entradas de recursos con sus salidas y eliminar los residuos e ineficiencias.

Vilchez Guty (2016), en la propuesta del sistema de cogeneración para Agro Pucalá, se considera el montaje de equipos de última tecnología, lo cual representa una ventaja desde el punto de vista de operación puesto que se puede tener la visualización constante de variables importantes tales como torque y velocidad. En el caso de la turbina se tiene un control de velocidad, pero no se puede visualizar el torque.

Desde el punto de vista de control en el motor eléctrico, se tiene una reacción más rápida ante un cambio en la carga puesto que está controlado por un variador de velocidad electrónico, que tiene un tiempo de respuesta más rápido (menor a 10 milisegundos) en comparación con el regulador mecánico de una turbina. Esto representa una ventaja fundamental puesto que garantiza un ritmo de molienda constante que se traduce en una buena extracción del jugo de caña y también garantiza la calidad del bagazo enviado a calderas.

En el caso de Agro Pucala significa un incremento de excedentes de Generación eléctrica de 10 MW para venta al SEIN. Después de optimizar los esquemas de cogeneración investigados, se concluye que para maximizar la potencia eléctrica útil generada y la eficiencia exergética del ciclo, se debe incrementar la presión y temperatura de vapor en la caldera.

Para incrementar aún más la cogeneración de energía, se recomienda el uso de variadores de frecuencia para todos los motores que intervienen en el proceso y la fabricación del azúcar. Áreas en donde se necesite hacer más eficiente el proceso, como lo es el área de calderas, en donde sería de gran ayuda utilizar variadores de velocidad para controlar el flujo de aire inducido y forzado de las mismas y reemplazar los actuales controles por sistemas electrónicos.

Además, es recomendable crear programas de capacitación a nivel medio y profesional que busquen la especialización en los temas de cogeneración de energía y en la mejora de la eficiencia energética en las plantas de producción industrial.

Alderetes Carlos (2016), Desde el punto de vista termodinámico, la caldera es un sistema abierto en régimen permanente, al cual ingresan y egresan corrientes de fluidos caracterizadas por su flujo másico y por un conjunto de variables físicas y químicas que, representan las condiciones iniciales de ingreso al equipo y las que resultan de los procesos que tienen lugar dentro del hogar de la caldera

Estas variables que representan presiones, flujos, temperaturas, etc. Están relacionadas entre sí de manera tal que cada una de ellas tenga el valor deseado en el proceso de generación de vapor. Para conseguir este objetivo es preciso actuar sobre estos parámetros midiéndolos, relacionándolos y regulándolos a través de un sistema de control. La figura siguiente representa las corrientes del sistema a controlar.

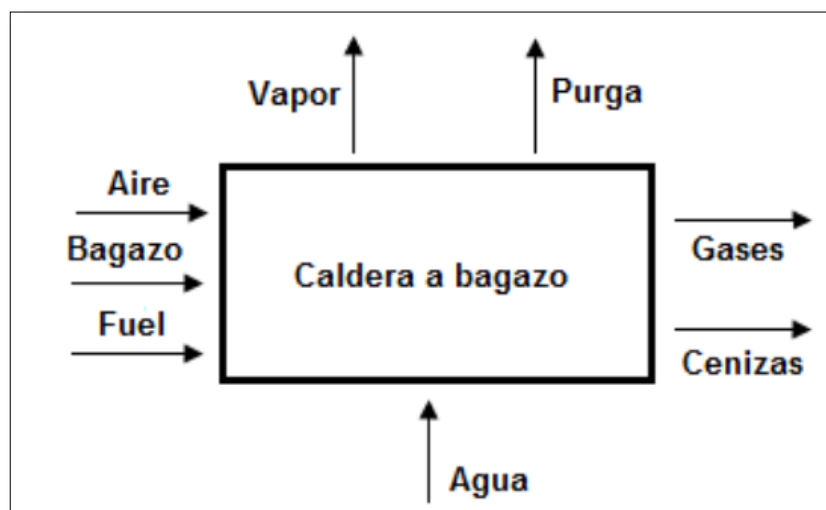


Figura 14: Modelo del sistema a controlar.
Fuente: Alderetes Carlos, Calderas a Bagazo, 2016.

El primer paso para el diseño del sistema de control será definir las variables que deberán ser medidas y/o registradas, esto es, definir la instrumentación necesaria. Una vez definida las variables a medir, el paso siguiente será especificar los instrumentos necesarios, el nivel de incertidumbre deseado en las mediciones y los requerimientos para su instalación según los estándares de ISA.

El sistema de control de una caldera se refiere al conjunto de instrumentos, dispositivos de transmisión de señales y elementos de control conectados entre sí, con el propósito de regular dentro de ciertos límites uno a varios parámetros esenciales para el funcionamiento adecuado del equipo.

En este sistema se busca generar la señal de demanda de carga a los alimentadores de bagazo y/o quemador con el objeto de equilibrar la demanda energética con la suministrada por el sistema. La filosofía del control consiste en: Establecer en el colector (punto de balance) un equilibrio entre energía suministrada y demandada (presión de vapor).

El aumento de presión significa que el suministro es superior al consumo.

El descenso de presión indica que el suministro es menor al consumo.

De los distintos circuitos que integran la caldera tales como: agua de alimentación, desaireador, inyección de productos químicos, suministro de aire forzado, etc., deberán prepararse los diagramas P&ID, que serán una guía a la hora de definir y establecer los procedimientos operativos y de mantenimiento.

La figura siguiente muestra un sistema global de control con todos sus componentes:

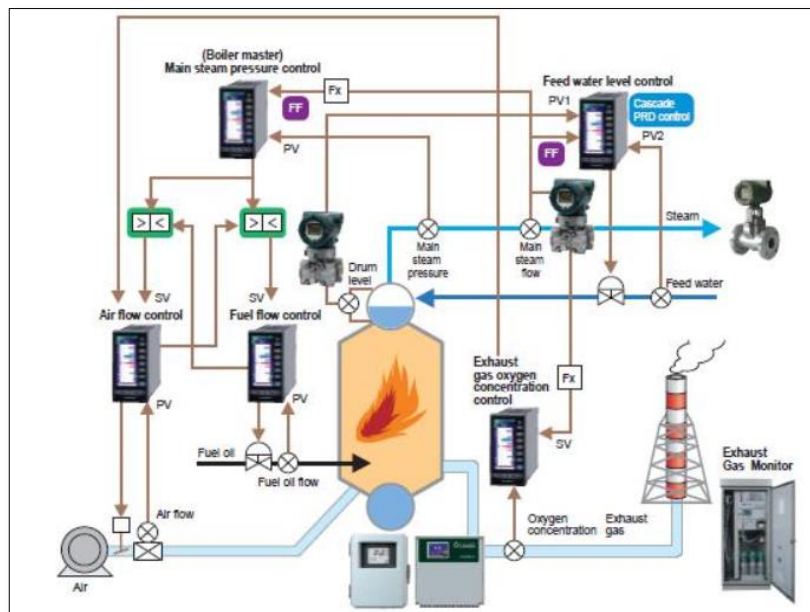


Figura 15: Sistema integral de control automático.
Fuente: Alderetes Carlos, Calderas a Bagazo, 2016.

2.3. Definición conceptual de la terminología empleada

Cogeneración de energía,

Alderetes Carlos (2016), lo define como la producción secuencial de dos formas de energía útil a partir de una misma fuente primaria o combustible. Estas dos formas de energía útil son generalmente energía térmica y fuerza motriz. Cuando la secuencia de producción es: energía eléctrica - energía térmica se habla de un ciclo Topping y cuando la secuencia es inversa se habla de un ciclo Bottoming.

Si designamos con E_e a la energía eléctrica generada, E_t a la energía térmica aprovechada y E_b a la energía térmica proveniente del bagazo quemado en la caldera, podremos definir entonces los siguientes parámetros o indicadores del sistema de cogeneración:

Rendimiento de generación: $\eta_g = E_e / E_b$

Relación de cogeneración: $\psi = E_t / E_e$

Rendimiento combinado total: $\phi_t = (E_t + E_e) / E_b$

Rendimiento combinado total: $\phi_t = \eta_g (1 + \psi)$

Según el valor que tome la relación de cogeneración ψ , es decir de la proporción que se precise de uno u otro tipo de energía útil en el proceso, se elegirá el ciclo termodinámico y máquina térmica más conveniente, según la tabla N°10

Tabla 10: Parámetros típicos del sistema de cogeneración.

Sistema de cogeneracion	$\psi = E_t / E_e$	E_e [% E_t]	ϕ %
Turbina contrapresion	4 – 14	14 - 28	84 – 92
Turbina extraccion -contrapresion	2 - 10	22 - 40	60 - 80
Turbina de gas	1.3 - 2	24 - 35	70 - 85
Ciclo combinado	1 – 1.7	34 - 40	69 – 83
Motor Diesel	1.1 – 2.5	33 - 50	75 - 85

Fuente: Alderetes Carlos, Calderas a Bagazo, 2016.

Control de calidad,

De acuerdo a **Cabezón Gutiérrez** (2014), el control de calidad como proceso moderno, conlleva la participación activa de todos los trabajadores de una empresa en la mejora del desarrollo, diseño y fabricación del producto.

Dichos procesos consisten en la implantación de programas, mecanismos, herramientas y/o técnicas en la empresa para la mejora en la calidad de sus productos.

A partir del año 2000, la ISO 9000 es la que regula los sistemas de comercio mundial en occidente y la calidad es la razón fundamental que permite a las empresas sobrevivir en este mundo competitivo.

Punto crítico,

Según la **FAO** (2014), las directrices del Codex para industrias alimentarias como la nuestra definen un Punto Crítico de Control (PCC) como una «fase en la que puede aplicarse un control y que es esencial para prevenir o eliminar un peligro.

Si se ha identificado un peligro en una fase donde se justifique efectuar un control necesario para salvaguardar la inocuidad, y si no existe ninguna medida de control en esa fase o en cualquier otra, entonces el producto o el proceso deberá modificarse en esa fase, o en cualquier fase anterior o posterior, a fin de incluir una medida de control.

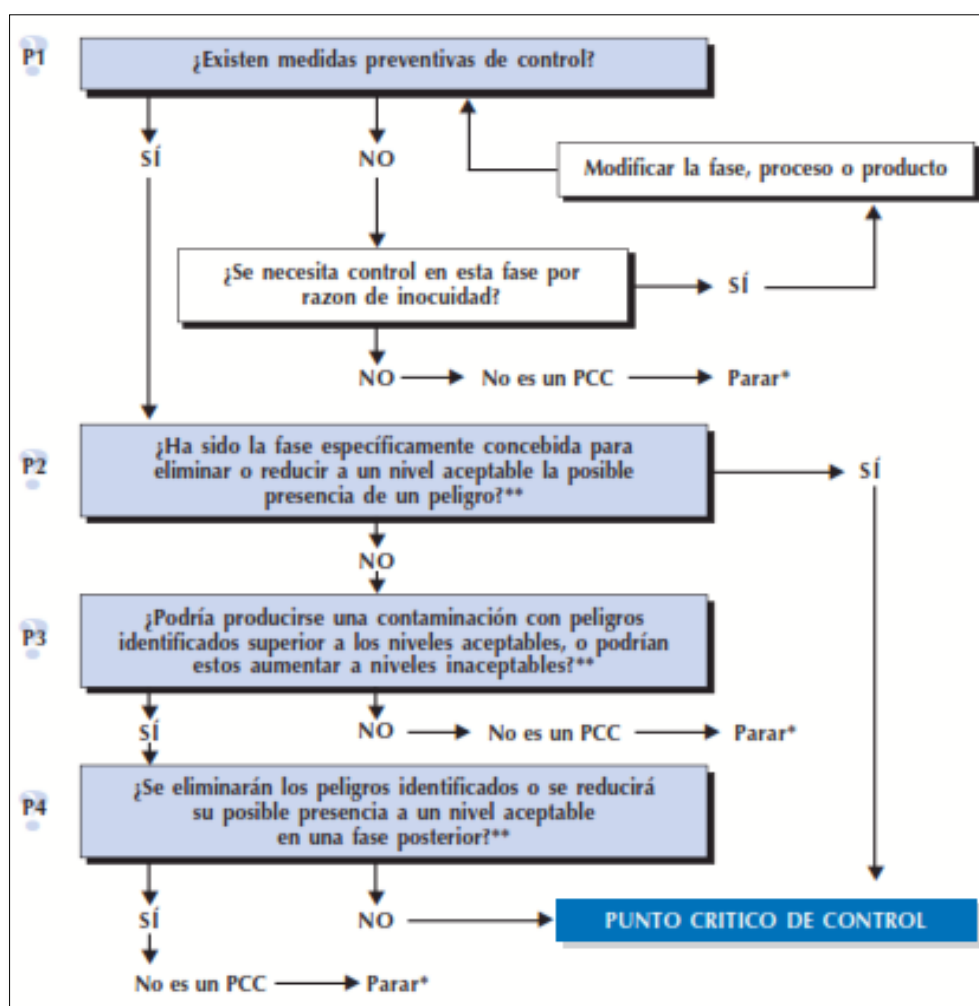


Figura 16: Ejemplo de una secuencia de decisiones para identificar los PCC.

Fuente: El sistema de análisis de peligros y de puntos críticos de control.

Estándares de calidad ambiental

Las normas definidas por el Ministerio del Ambiente (2016), mencionan que los estándares de calidad ambiental se miden en el ambiente y son consecuencia de las emisiones o efluentes producidos por diversas actividades más la propia de la naturaleza. Los ECAs, se evalúan pero no se fiscalizan ya que son indicadores globales.

Lo que se fiscaliza son los Límites máximo permisibles (Lmp), que son los niveles máximos que se permiten por emisiones o efluentes y que las empresas deben cumplir, son fiscalizados por la autoridad.



Figura 17: Estándares de calidad ambiental- Perú.

Fuente: MINAM, 2016.

CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y diseño de investigación

Nuestra investigación es aplicada y por su naturaleza es cuasi experimental.

El diseño de investigación se explica en el cuadro de operacionalización de variables.

3.2. Población y muestra

Ubicación de la zona de estudio

La planta de cogeneración de energía de la empresa Agrolmos S.A. forma parte de un complejo agroindustrial azucarero y se ubica en tierras del proyecto de irrigación de Olmos, en el norte de la región Lambayeque y en el ámbito del distrito de Olmos. Los datos geográficos de la planta se muestran en el siguiente plano.

La Planta cogeneradora de energía tiene la capacidad de generar 7.5 MW de potencia activa. Cuenta con una caldera de producción de vapor sobrecalentado de 100 Tn/h, con una presión de operación de 42 Bar y una temperatura de salida de vapor de 400°C.

La caldera cuenta con 2 domos, con un ratio vapor bagazo de 2x1 (2 Tn. de vapor por 1 Tn. de bagazo), con un promedio de 50 Toneladas hora de consumo de bagazo para un porcentaje de humedad de 50%.

La energía generada es para el auto abastecimiento de todo el proceso de cogeneración y del proceso de azúcar que tiene una demanda de energía de 5.5 MWh aproximadamente para una capacidad promedio de molienda de 250 toneladas hora de caña.

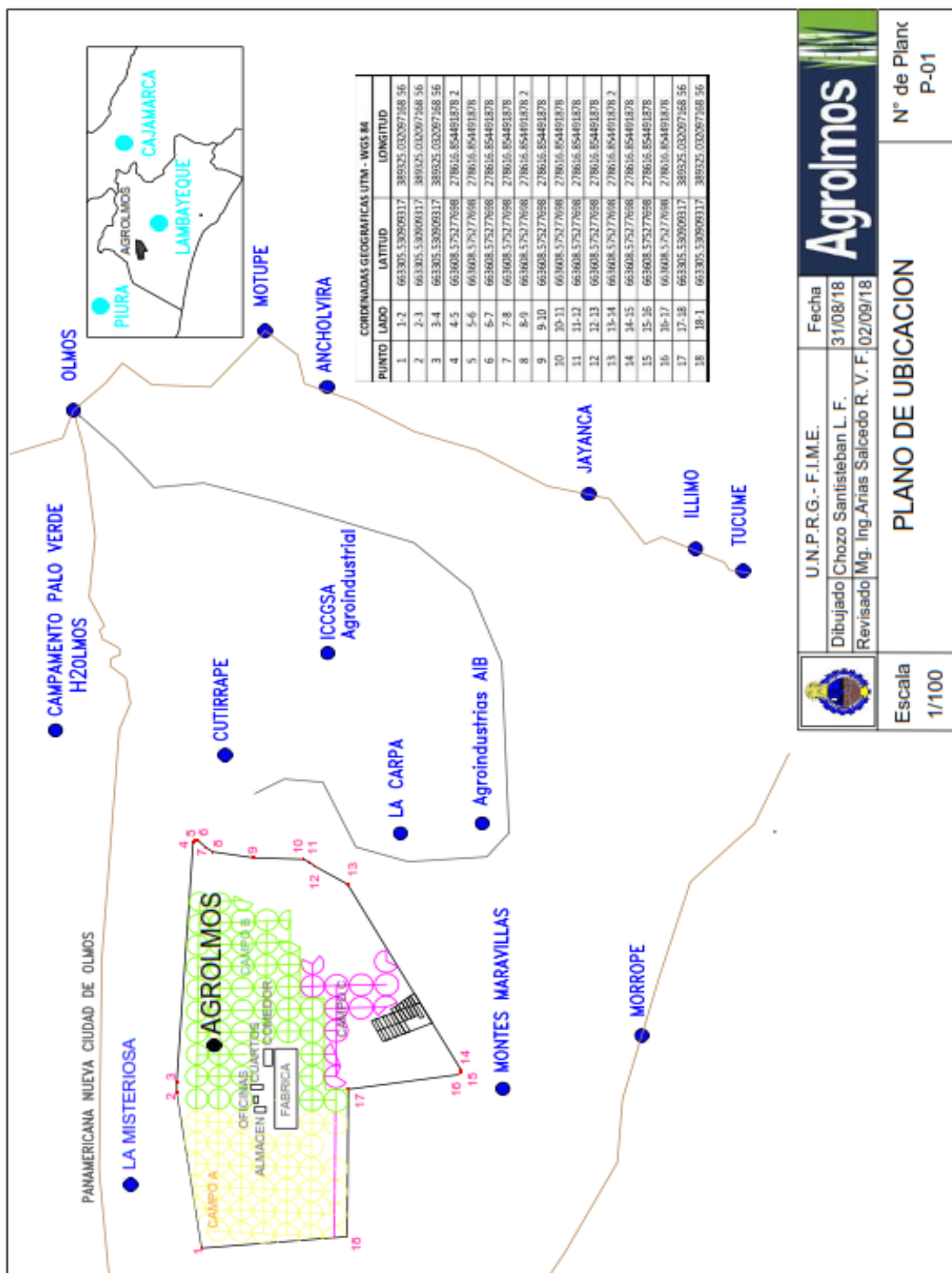


Figura 18: Ubicación geográfica de la planta de cogeneración de energía de la empresa Agrolmos S.A.

Autor: Elaboración propia/ datos proporcionados por Agrolmos S.A.

Población y muestra

La población, está representado por los equipos de control y los puntos críticos del proceso de cogeneración de energía que se controlan en todo el flujo de producción de energía de la empresa Agrolmos S.A. tal como se puede observar en el Plano 2 y en su leyenda del anexo 07.

Para el test se han tomado una muestra que representan los dos turnos y que en total suman 15 de operarios equivalente al 100 % del personal para su aplicación. Otro instrumento utilizado, es la entrevista a expertos de manera abierta y utilizando un cuestionario técnico. En nuestro caso, el número de entrevistados fue 5 expertos en los temas de control de calidad de energías, uso de residuos orgánicos como fuente de energía y cogeneración de energía.

3.3. Hipótesis

Si se cuenta con un sistema de control de calidad y capacidades técnicas adecuadas en el proceso de cogeneración de energía en la empresa Agrolmos S.A. entonces se podrá identificar puntos críticos, valorar la pérdida de energía y tomar medidas de corrección cumpliendo con las normas ambientales.

3.4. Operacionalización de variables

Variable dependiente: Calidad en el proceso.

Variable independiente: Capacidad de los operarios, contaminación y control.

- a. Social: Capacidades técnicas de operarios
- b. Ambiental: Cumplimientos de normas
- c. Económico: Valoración de pérdidas de energía

d. Tecnológico: Puntos críticos en el sistema de producción, cogeneración de energía

Tabla 11: Operacionalización de variables.

IMPACTOS	VARIABLES	TIPO DE VARIABLE	INDICADORES	CATEGORIA DEL INDICADOR	TECNICA DE INFORMACIÓN
SOCIAL	Capacidades técnicas de operarios	Independiente	Conocimientos para instalar y desarrollar un sistema de control de calidad	Grado de conocimiento: técnico, empírico, sin conocimiento	Test de información Entrevista a expertos
	Energía ambientalmente amigable	Independiente	Tipo de contaminación ambiental	Grado de Contaminación en aire, suelo y por ruido	Observación directa, entrevista a expertos
AMBIENTAL	Cumplimientos de normas	Independiente	Cumplimiento de estándares ambientales para aire, suelo y ruido	Grado de cumplimiento: pleno, limitado o incumplimiento	Observación directa Entrevista a expertos
ECONOMICO	Valoración de pérdidas de energía	Independiente	Pérdidas generadas por el sistema de producción de energía	Soles perdidos en proceso de producción de energía	Observación directa y Procesamiento de base de datos
TECNOLÓGICO	Puntos críticos en el sistema de producción de energía	Independiente	Puntos críticos identificados y posición en el sistema	Número de puntos críticos	Observación directa y entrevista a expertos
	Generación de energía	Independiente	Modelo de generación de energía	Tradicional, cogeneración, cogeneración pura	Observación directa y entrevista a expertos
	Control de calidad	Dependiente	Implementación del sistema de control	Grado de implementación: Control total, parcial o sin control	Observación directa y entrevista expertos

Fuente: Elaboración propia del Autor.

3.5. Métodos y técnicas de investigación

La prueba de hipótesis planteada para la asociación será:

H0: $\rho = 0$ no existe correlación entre variables

H1: $\rho \neq 0$ existe correlación entre cada par de variables.

Para el caso de la regresión de la variable dependiente: **control de calidad**, se empleará: la técnica de la regresión.

La prueba de hipótesis planteada para la regresión será:

H0: $\beta = 0$ no existe efecto de la variable X sobre Y

H1: $\beta \neq 0$ existe efecto de X sobre la variable Y

El modelo que aplicamos se denomina: Evoluciones rápidas de los efectos.

Tabla 12: Diseño de aplicación.

Modelo	Diseño	Ejemplos	Costos referenciales
Evaluaciones rápidas de los efectos	Se estudian los grupos afectados por el proyecto o se incluyen grupos de control equivalentes. Se pueden usar métodos participativos para permitir que los grupos identifiquen los cambios producidos, quiénes se han beneficiado y quiénes no, y cuáles fueron las fortalezas y debilidades del proyecto. Se usa el método de triangulación para comparar la información proporcionada por el grupo con las opiniones de informantes claves y de fuentes secundarias. Se pueden elaborar estudios de casos de individuos o grupos para una mejor comprensión de los procesos de cambio	Evaluar proyectos de suministro de agua o electricidad administrados por la comunidad en Indonesia	US\$25,000 o más. (El estudio realizado en Indonesia costó US\$150.000). Algunos estudios llevan uno o dos meses; para otros se necesita un año o más

Fuente: Estudios de línea de base y de salida de subproyectos cofinanciados – INCAGRO/BM 2006.

3.6. Descripción de los instrumentos utilizados

En nuestra investigación, se han utilizado las siguientes técnicas e instrumentos para recolección de datos:

a. Para recolección de datos del personal técnico de la empresa:

Para recoger información del personal técnico, se utilizó como instrumento el Test. De acuerdo a la Comisión Internacional del Test (2014), los test se utilizan para evaluar determinadas características o llevar a cabo clasificaciones. La aplicación de este instrumento se hizo a 15 operarios.

b. Para recolección de datos del proceso de cogeneración de energía, se utilizó la técnica de observación directa donde los observadores pueden realizar mediciones directas en las maquinarias y puntos de control de acuerdo al plano 2 (Anexo 7) y del esquema de cogeneración de energía en el plano 3 (pag. 71), utilizando para ello las fichas de control.

Así mismo, la metodología para identificar la cantidad de energía por cogeneración sigue los siguientes criterios:

- 1.-Las toneladas de caña de azúcar diarias son tomadas por las balanzas
- 2.-Flujo de bagazo es el porcentaje del bagazo de caña obtenido por laboratorio
- 3.-Se calcula un valor aproximado referente a las medidas de la tolva que se abastece
- 4.-Es el bagazo sobrante que no se utiliza, es medido en la tolva de llegada
- 5.-El bagazo quemado se obtiene = $[(2-4)+3]$
- 6.-El vapor es medido por un CAUDALIMETRO MASICO POR EFECTO CORIOLISIS (marca: Endress+Hauser)
- 7.-El vapor para turbina, es medido por un Caudalimetro por ultrasonido (Marca: Endress+Hauser) instalado en la línea de vapor de turbina

8.-El bagazo para turbina se hace la siguiente operación: [7/(6/5)]

9.-La energía producida se obtiene tomando lectura del Generador Management Relay

La base de datos mensual y el promedio de bagazo producido por la empresa Agolmos se puede observar en el Anexo 09

c. Para el diseño del sistema de control:

Para ello, se utilizó como técnica de recolección de datos la técnica Delphi y como instrumento la entrevista a expertos de manera abierta y utilizando un cuestionario técnico. En nuestro caso, el número de entrevistados fueron 5 expertos en los temas de control de calidad de energías, uso de residuos orgánicos como fuente de energía y energías amigables.

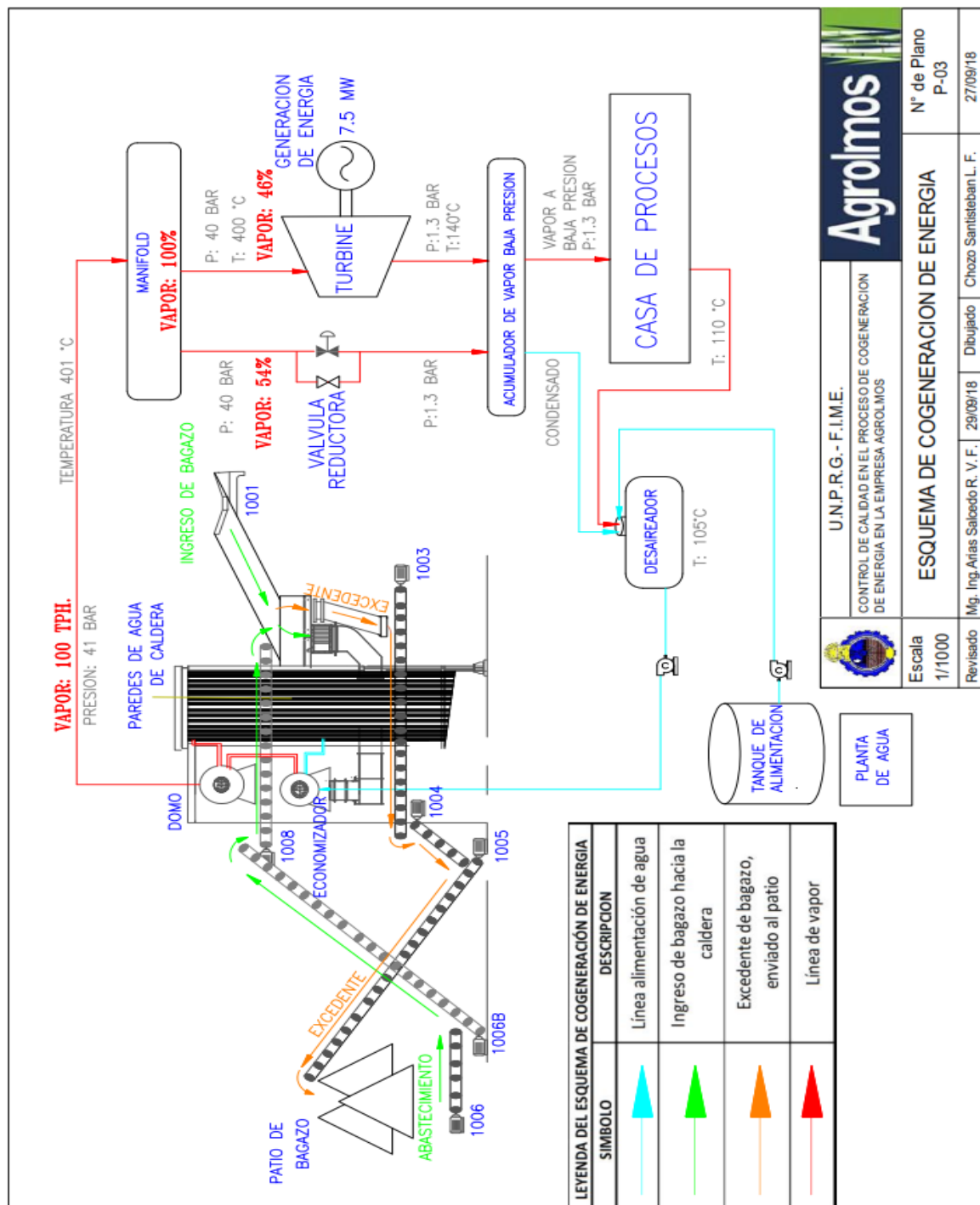


Figura 19: Esquema de cogeneración de energía, empresa Agrolmos S.A.

Autor: Elaboración propia/ datos proporcionados por Agrolmos S.A.

CAPITULO IV: ANALISIS E INTERPRETACION DE RASULTADOS

4.1. Resultados tablas y gráficos

4.1.1. Resultados de la entrevista a expertos

Se realizaron 5 entrevistas a expertos de distintas instituciones: Del capítulo de Ingeniería Mecánica del Colegio de Ingenieros del Perú filial Lambayeque, de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo y de la Empresa Agrolmos S.A.

Del análisis de respuestas, las conclusiones se presentan en el cuadro y la base de datos se encuentra en el Anexo 6.

Tabla 13: Entrevista a expertos.

Pregunta	Amado Aguinaga Paz	German Sipion	Solórzano	Jesús Roque Casimiro	Luis Huamán Paredes	Diego Villavicencio	Gonzales	Consenso
1. Condiciones sociales								
1.1. Considera usted que los operarios en las plantas industriales azucareras cuentan con los conocimientos y capacidades para un sistema de cogeneración de energía?	Desconozco personalmente pero supongo que la van ganando día a día	No cuentan con experiencia, son empíricos y al pasar los años toman experiencia		Considero que los operadores técnicos tienen la capacidad y el conocimiento sobre sistemas de cogeneración, generación de vapor, caldero y equipos eléctricos referente al turbogenerador	No todos, pero lo adecuado sería capacitarlos a todos para que desempeñen bien sus labores	El Nivel operativo en plantas azucareras es muy limitado. Los operarios requieren una mayor capacitación en eficiencia y cuidado del medio ambiente. Contamos con profesionales técnicos electricistas que no cuentan con conocimientos de cogeneración, sus materias primas, aprovechamiento y eficiencia.		Son empíricos y los conocimientos y capacidades la van ganando día, pero requieren capacitación en cogeneración, materias primas y eficiencia
1.2. Que capacidades se requieren para el personal profesional y técnico?	Conocimiento en el proceso. Conocimiento de los estándares. Proactividad	Se requiere: i).Capacidad profesional, capacidad de mando, organización y programación, conocimiento electromecánico, esfuerzo, dedicación buen estado físico y mental. ii). Personal técnico con buen estado físico y mental, organizado, con		Debería ser técnicos operarios, con nociones o conocimientos en termodinámica, mecánica de fluidos, electricidad instrumentación, conocimientos de energía, son necesidades básicas pero comprenden sistemas de cogeneración	Conocimiento del área donde trabajan. Uso adecuado de los sistemas y equipos	1. Capacidades académicas: electricidad y energía, termodinámica y transferencia de calor, lectura de planos, inglés y seguridad eléctrica MT. 2. Capacidades interpersonales: comunicación clara, serenidad y seguridad en sus actos, atención a los detalles, capacidad		Se requiere capacidad profesional, de mando, organización y programación. Así mismo, conocimientos en electricidad, termodinámica, energía, estándares, seguridad y proactividad.

Pregunta	Amado Aguinaga Paz	German Sipion	Solórzano	Jesús Roque Casimiro	Luis Huamán Paredes	Diego Villavicencio	Gonzales	Consenso
		conocimiento de electromecánica.				de resolver problemas y toma de decisiones		
2. Condiciones ambientales								
2.1. Considera que los sistemas de cogeneración de energía en base a la caña de azúcar son ambientalmente amigables	Al consumir biomasa como combustible el impacto que desarrollan es menos agresivo	En Lambayeque aún falta adecuarlo para ser amigables, la empresa Agrolmos SAC es una buena experiencia		Si, son amigables con el medio ambiente por el motivo básico, lo que se quiere eficiencia. Un sistema de cogeneración es más eficiente que un convencional, se aprovecha al máximo la energía generada, se evita emitir CO ₂ al medio ambiente y se optimiza el proceso	Sí, hay sistemas de cogeneración que utilizan cuidados ambientales para evitar la contaminación y lluvia ácida (gases)	La contaminación es considerablemente menor a otros sistemas, si se tiene control de las emisiones y residuos sólidos		Si, son ambientalmente amigables pero se requiere eficiencia al aprovechar la energía generada con medidas de control de contaminantes
2.2. Los ingenios cumplen con estándares ambientales de no contaminación, que se debe hacer?	Los estándares para la emisión de efluentes siempre son exigentes, considero que no lo cumplen	Están en una etapa de adecuación para cumplir los estándares y es un alto costo de inversión		No hay una normativa formal en cuanto a las restricciones, los parámetros de límites máximos de emisiones de gases de efecto invernadero o en partículas y considero que por motivo social y ambiental los ingenios recurren a recursos propios para tener un control interno sobre el particulado.	Hay plantas de cogeneración que cuentan con sistemas más eficientes para no contaminar el medio ambiente; mientras otras plantas son más deficientes. Lo recomendable es cambiar sus sistemas para hacerlas más eficientes.	Los estándares ambientales deben ser cumplidos y para ello se deben tomar medidas tecnológicas: analizadores de gases, lavadores electrostáticos, planta de tratamiento de ceniza.		No se cumplen estándares ambientales y para ello se deben tomar medidas tecnológicas. La mayoría se está adecuando lentamente por su alto costo

Pregunta	Amado Aguinaga Paz	German Sipion	Solórzano	Jesús Roque Casimiro	Luis Huamán Paredes	Diego Villavicencio	Gonzales	Consenso
3. Condiciones económicas								
3.1. Los sistemas de cogeneración de energía en base a la caña de azúcar son económicamente rentables o generan pérdidas	Bien manejadas deben ser económicamente rentable	Son rentables, debido a que usan su propia materia prima, con buen mantenimiento preventivo el sistema es eficiente.		Si son rentables, porque si no hubiera ningún ingenio con su planta de cogeneración, son rentables en medidas de que son más eficientes que los sistemas convencionales, sobre todo el tema de biomasa.	Si, ya que genera su propia energía de consumo tanto eléctrica como térmica y sus costos de consumo de energía son bajos	Es muy rentable ya que la materia prima se aprovecha al máximo, tanto en producción de azúcar como producción de energía. Técnicamente es autonomía pura al generar nuestra propia energía		Si, son rentables y más eficientes que los sistemas convencionales ya que se aprovecha al máximo su propia biomasa
4. Condiciones tecnológicas								
4.1. Identifica cuales son los puntos críticos en el proceso de cogeneración de energía en base a la caña de azúcar?	Mas humedad en el bagazo, almacenamiento y efluentes	El gran punto crítico es el bagazo con 50 % de humedad y con abastecimiento constante para mantener la generación de vapor y la presión constante		Uno de los puntos críticos es la biomasa, es un combustible muy variable tiene varios parámetros que se tiene controlar la humedad, porcentaje de ceniza, las impurezas ya que no es estable del bagazo hace que sea muy variable la producción en el caldero y por tal motivo la producción de energía no es estable. Así mismo, la calidad del vapor tiene que ser optima ya que todo depende del bagazo.	Área de molienda en el sistema de desfibrador. Área de calderas. Área eléctrica en los turbogeneradores	Un punto crítico, es la calidad del combustible, como la caña, que tenga buena fibra y humedad. Otro punto, son la capacitación continua a operadores para optimizar sus conocimientos.		El principal punto crítico es la humedad del bagazo, así como las cenizas y la capacitación de los operarios en las áreas de calderas y turbogeneradores

Pregunta	Amado Aguinaga Paz	German Sipion	Solórzano	Jesús Roque Casimiro	Luis Huamán Paredes	Diego Villavicencio	Gonzales	Consenso
4.2. Conoce del sistema de cogeneración pura	Si, el uso de biomasa para obtener potencia mecánica y energía térmica o calefacción	No conozco la cogeneración pura	la	Consiste que todo el vapor producido de la caldera va para la turbina y solo retira vapor de extracción que va a proceso que es para la elaboración de azúcar no hay desviación de vapor hacia otro tipo de proceso, secundarias o perdidas de vapor	Si, ya que actualmente genera su propia energía de consumo para planta y aún está en proyecto de mejora	Sí, porque solo se utiliza la caldera bagacera, para obtener vapor más ningún otro combustible		La mayoría lo conoce, es generar su propia energía mecánica y térmica a partir del uso de biomasa sin desviación de vapor hacia otro tipo de proceso.
4.3.Cuál es la metodología adecuada para implementar un sistema de control de calidad en la cogeneración de energía en base a caña de azúcar?	ISO – 9001	Existen varios métodos con 5s: diagrama de Ishikawa; hoja de verificación, grafico de control, diagrama de Pareto, histograma, diagrama de dispersión y muestreo estratificado.		Mediante eficiencia energética, mejoramiento en el tema de ambiental, teniendo un control de quema de caña, residuos o particulados de los gases invernaderos de las chimeneas. Optimización en el proceso es cuanto a disminuir el consumo de energía eléctrica dentro de la planta y tener más excedentes para la venta de energía	Consumo eficiente de la energía térmica que genera la caldera; para una máxima generación de energía eléctrica en los turbo generadores	Implementar tecnologías para tratamiento de gases en lugar de lavadores de gases que no son óptimos y consumen agua que luego no es tratada. Se deben usar analizadores de gases para optimizar combustión de calderas y cumplir los requisitos de la legislación peruana para generadores de energía.		Dentro de las metodologías están los sistemas ISO son las principales ya que evalúan eficiencia energética, mejoramiento continuo y control ambiental. Obligan al uso de analizadores de gases y cumplir requisitos ambientales para generadores de energía como los metodos 5s para las industrias

Fuente: Elaboración propia.

4.1.2. Resultados del test de operarios

Se entrevistaron a 15 operarios de distintas áreas que conforman el proceso de distribución. Se evaluaron 4 tipos de impacto: social, ambiental, económico y tecnológico empleando para ello como herramienta de recolección de información el Test para operarios (Anexo 2).

A continuación, podemos observar los resultados en diagrama para tipo de impacto y su variable:

Condiciones Sociales:

a.1 ¿Edad de operarios?

Se entrevistaron a 15 operarios de planta con edades entre 21 y 36 años. Predominan, un 27%, con edad de 26 años y otro 14% con edad de 33 años como se observa en la figura 20.

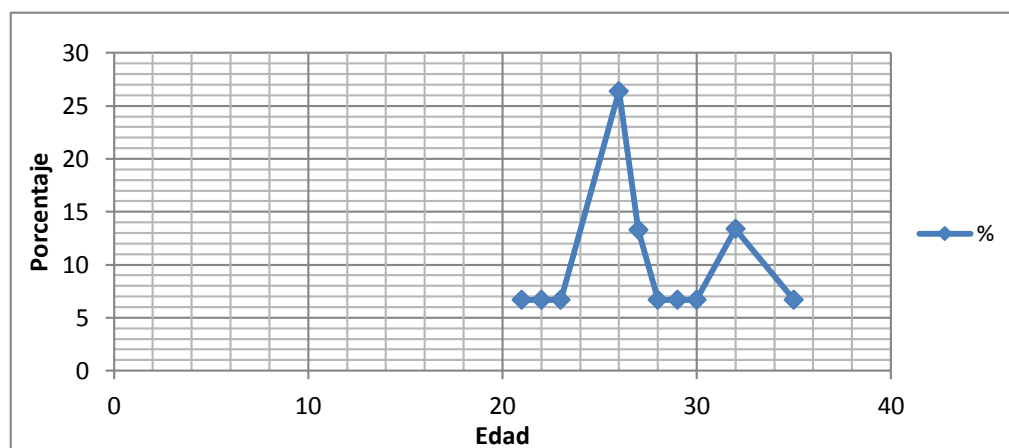


Figura 20: Edad de operarios en porcentaje en planta Agrolmos S.A.

Autor: Elaboración propia.

a.2. ¿Nivel profesional de operarios en porcentaje?

De la entrevista a 15 operarios de planta, el 93% manifiestan tener el grado de técnico y solo el 7% de los operarios dicen tener el grado de ingeniero.

a.3. ¿Operarios por área de trabajo?

Al entrevistar a los 15 operarios, el 73% pertenece al área de calderas, un 20% responde trabajar en el área de electricidad y el 7% a molienda, como se observa en la figura 21.

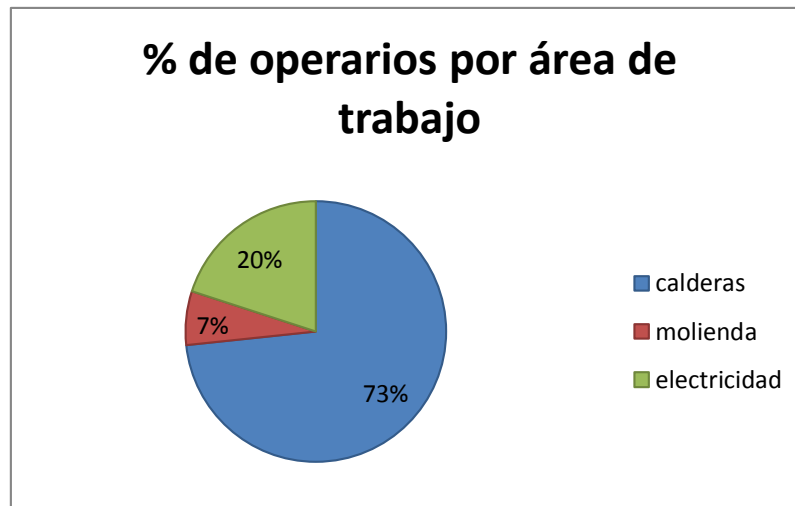


Figura 21: Operarios por área de trabajo en la empresa Agrolmos S.A.
Autor: Elaboración propia.

a.4. ¿Conoce la capacidad energética de la caña de azúcar?

De los 15 operarios entrevistados, el 87% manifiesta no conocer la capacidad energética de la caña y el 13% dice si.

a.5. ¿Conoce el término cogeneración de energía?

Conforme a lo manifestado por los 15 operarios entrevistados, el 80% desconoce de cogeneración de energía y el 20% responde que si lo conoce.

a.6. ¿Recibe capacitaciones en el proceso de cogeneración de energía?

De acuerdo a los resultados de los 15 operarios entrevistados, el 100% manifiesta no haber sido capacitados en cogeneración de energía.

a.7. ¿Tiene conocimiento en control de calidad en la cogeneración de energía?

De los 15 operarios entrevistados, el 87% manifiesta que desconoce sobre control de calidad en la cogeneración de energía y solo el 13% responden conocer, tal como se puede ver en la figura siguiente.

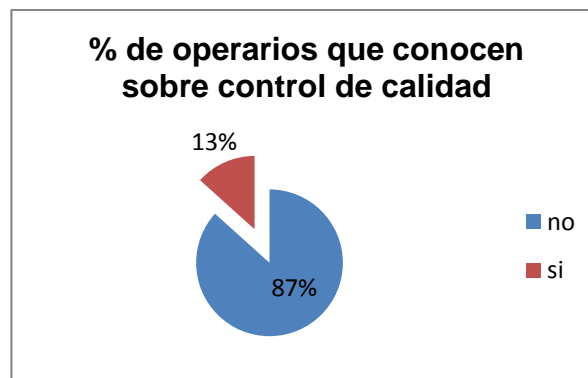


Figura 22: Conocimiento en control de calidad en la empresa Agrolmos.S.A.
Autor: Elaboración propia.

b. Condiciones ambientales

b.1. ¿Cómo califica la cogeneración de energía referente al medio ambiente?

Conforme a las respuestas de los 15 operarios se puede observar que el 67% califica a la cogeneración de energía como amigable con el medio ambiente, un 20% desconoce del tema y solo el 13% dice que contamina.

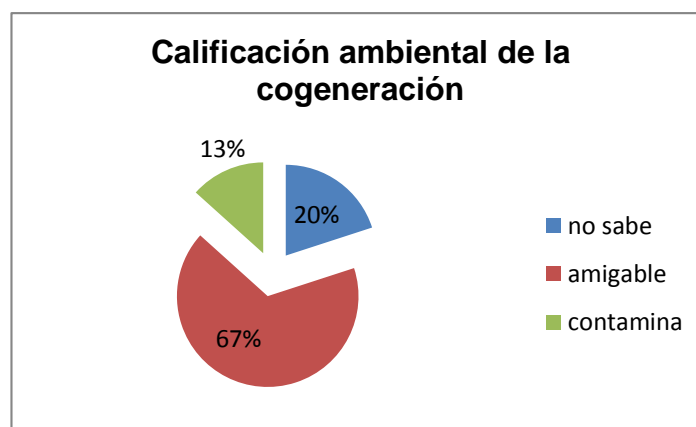


Figura 23: Calificación ambiental de cogeneración en la empresa Agrolmos S.A.
Fuente: Elaboración propia

b.2. ¿Se cumplen estándares ambientales en la cogeneración de energía?

Respecto del cumplimiento de estándares ambientales, el 57% manifiestan que se cumplen de manera limitada, un 29% desconoce del tema y solo el 14% dicen que cumplen plenamente, como se observa en la figura siguiente.

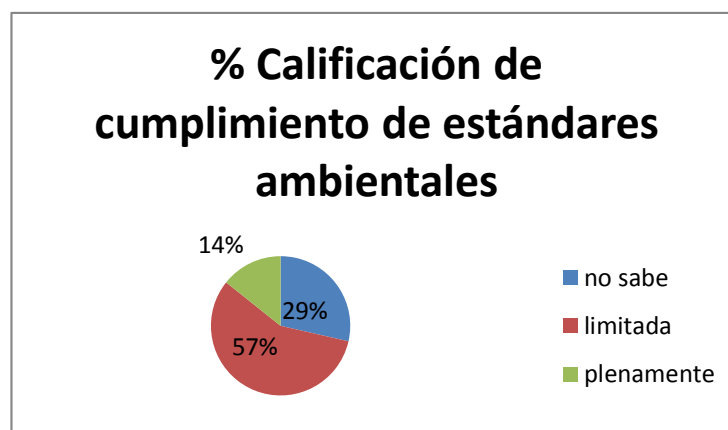


Figura 24 Cumplimientos de estándares ambientales en la empresa Agrolmos S.A.
Fuente: Elaboración propia

b.3. ¿Recibe capacitaciones en control de calidad ambiental?

Por otro lado, de los 15 operarios entrevistados, el 87% responde que no ha recibido capacitación en control de calidad ambiental y solo el 13% responde que si ha recibido capacitación.

c. Condiciones económicas

c.1. ¿Cómo califica económicamente la cogeneración de energía en base a caña de azúcar?

Conforme a los resultados de los 15 operarios entrevistados, el 87% está de acuerdo con que es un sistema rentable mientras que el 13% piensa que solo es para autoconsumo, tal como se ve en la figura 25.

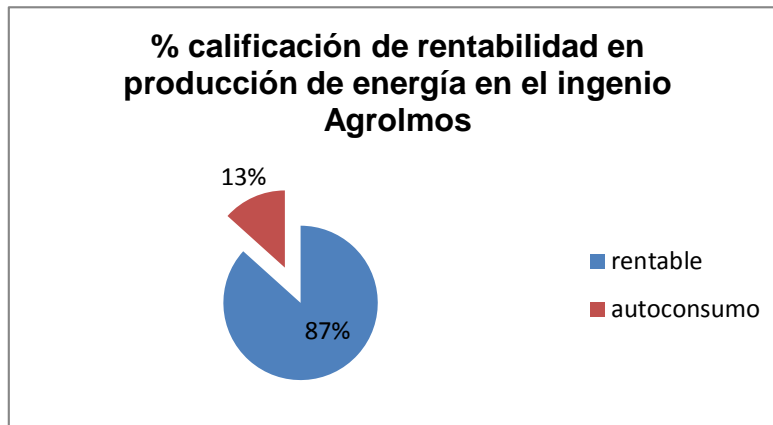


Figura 25: Rentabilidad en la producción de energía en la empresa Agrolmos S.A.

Fuente: Elaboración propia

c.2. ¿El sistema de cogeneración genera pérdidas económicas?

En cuanto a pérdidas económicas, el 53% manifiesta que no genera pérdida más bien todo es recuperable mientras el 7% cree que se generan pérdidas y el 40% desconoce del tema, como se observa en la figura 26.

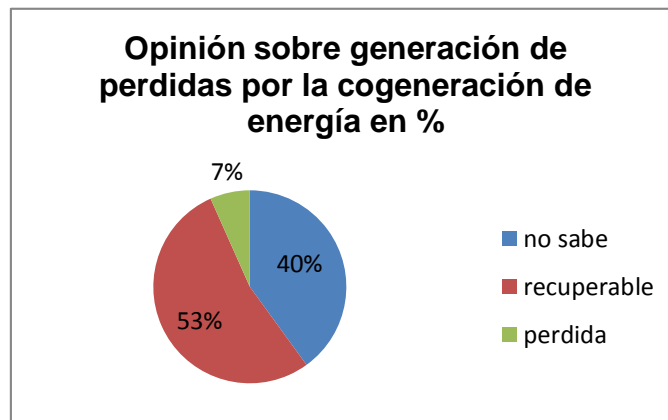


Figura 26: Generación de pérdidas por generación de energía en la empresa Agrolmos S.A.

Fuente: Elaboración propia

d. Condiciones tecnológicas

d.1. ¿Defina un punto crítico en un proceso de producción?

En cuanto a la definición de punto crítico, el 66% de los operarios desconoce el significado de punto crítico, mientras que el resto un 13% si conoce y que un punto crítico es el control de bagazo, otro 7% que es la centrifuga, otro 7% que es la

caldera y por último un 7% dice que es el mantenimiento de máquinas, como se observa en la figura 27.

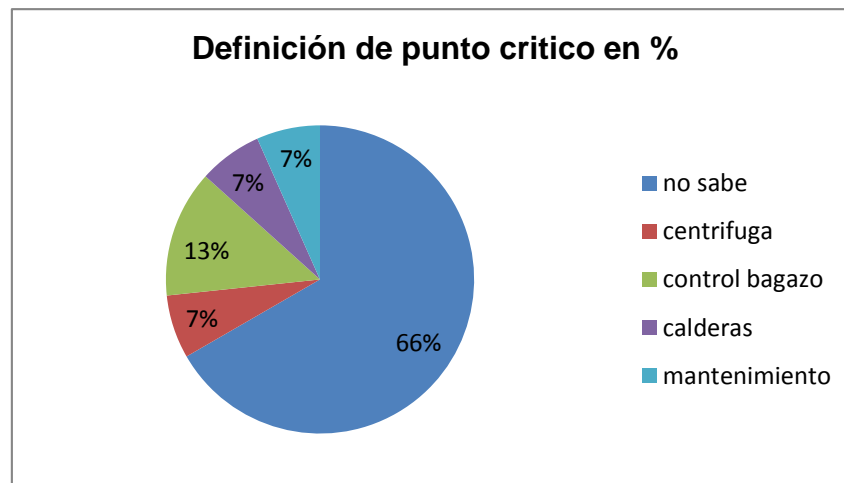


Figura 27: Definición de punto crítico en la empresa Agrolmos S.A.
Fuente: Elaboración propia

d.2. ¿Cuáles son los puntos críticos del proceso de cogeneración de energía?

En cuanto poder decir cuáles son los puntos críticos en el proceso de cogeneración de energía, el 60% lo desconoce, el 20% dice que es la caldera, un 13% manifiestan que es la calidad de la caña y un 7% el manifold, como se observa en la figura siguiente.

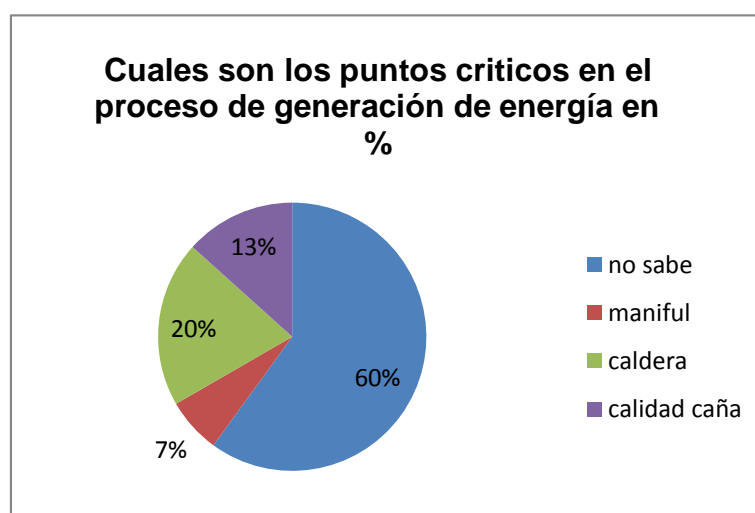


Figura 28: Puntos críticos en el proceso de generación de energía la empresa Agrolmos S.A.
Fuente: Elaboración propia

d.3. ¿Cómo califica al actual modelo de cogeneración de energía en la empresa Agrolmos S.A.?

De acuerdo con las respuestas de los 15 operarios, el 54% califica que el actual sistema de generación de energías es tradicional, el 33% lo califica como cogeneración pura y un 13% que el proceso es empírico, tal como se observa en la siguiente figura:

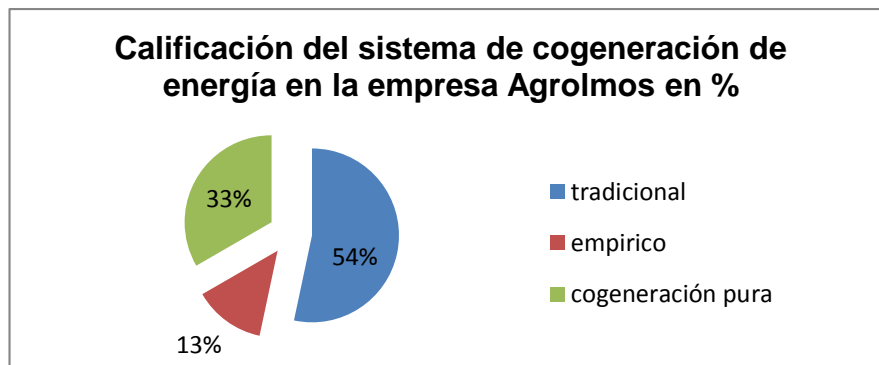


Figura 29: calificación del sistema de cogeneración de energía en la empresa Agrolmos S.A.
Fuente: Elaboración propia

d.4. ¿Cuál es el grado de implementación del sistema de control de calidad?

Por último, al responder por la implementación del sistema de control de calidad, un 40% de los operarios entrevistados manifiesta desconocer del tema, otro 40% dice que no hay control y un 20% califica que hay un control parcial, como se observa en la figura 30.

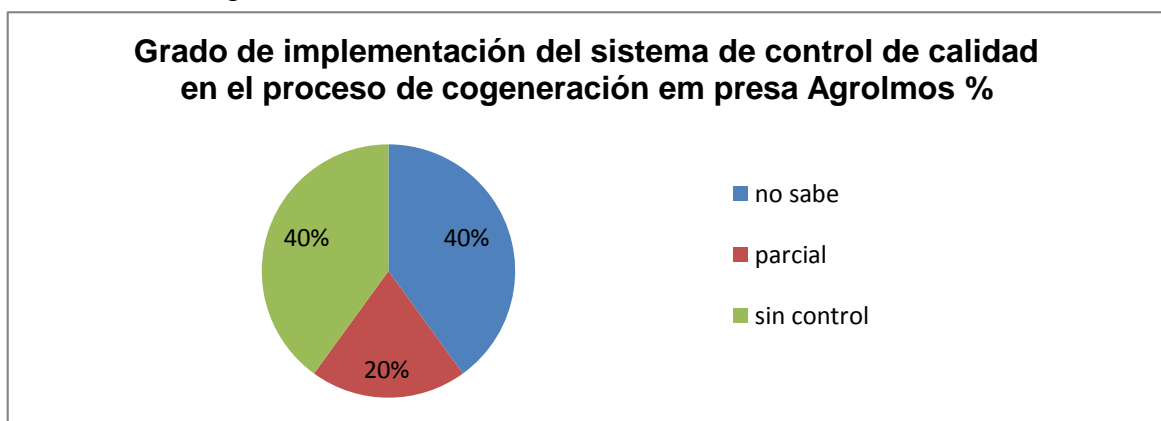


Figura 30: Grado profesional de los operarios en la empresa Agrolmos S.A.
Fuente: Elaboración propia

4.1.3. Resultados de la relación energía producida/biomasa de bagazo.

Los resultados consolidados para el periodo Enero – Julio del presente año de la relación entre el valor en soles de la energía que se produce (MWh) por toneladas de biomasa de bagazo se observa en la siguiente tabla 14. Para ello, se ha utilizado los valores facturados por la Empresa Agrolmos en electricidad que significa S/ 88.50 soles por MWh (Anexo 08) y de S/ 24.00 soles por Tonelada de bagazo de caña. La base de datos a nivel diario se encuentra en el Anexo 6. Para cada uno de los indicadores se han obtenido los siguientes resultados, tomando en cuenta q los valores de la tabla 14, son los promedios de todos los días de cada mes, que equivalen a un día.

Tabla 14: Relación energía producida/biomasa de bagazo.

RELACIÓN MOLIENDA DE CAÑA / ENERGIA PRODUCIDA						
MES	Bagazo de caña (Tn)	Energía producida (MWh)	Relación (MWh/Tn)	Valor del bagazo (S/)	Valor de la energía (S/)	Relación
	(a)	(b)	(b/a)	(C)	(d)	(d/c)
E-2018	463.62	101.15	0.22	11126.89	8951.46	0.80
F-2018	427.14	97.90	0.23	10251.38	8663.92	0.85
M-2018	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
A-2018	335.98	82.43	0.25	8063.52	7295.27	0.90
M-2018	488.51	107.77	0.22	11724.25	9537.81	0.81
J-2018	534.46	120.39	0.23	12826.99	10654.55	0.83
J-2018	548.18	122.61	0.22	13156.40	10851.01	0.82

Fuente: Elaboración propia.

a. Ingreso de biomasa de bagazo de caña a planta.

De acuerdo a las observaciones directas recogidas entre los meses de enero 2018 a julio 2018 se ha obtenido los siguientes resultados que se observan en la figura 31. Debemos considerar, que el mes de marzo se considera mes de zafra y en el cual no hay cosecha de caña por lo que la producción de bagazo es cero.

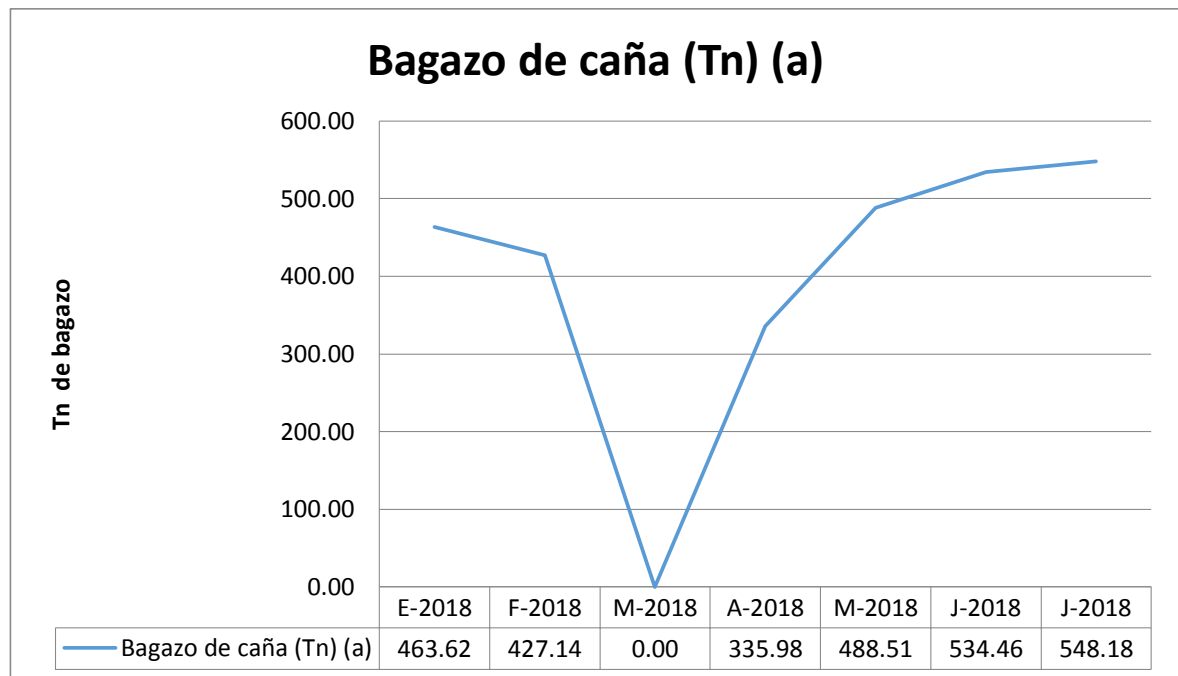


Figura 31: Cantidad de biomasa de bagazo de caña/mes.

Fuente: Elaboración propia.

b. Producción de energía en planta

De las observaciones directas recogidas entre los meses de enero 2018 a julio 2018, se ha podido tener los siguientes resultados en cuanto a la energía producido conforme a la combustión de bagazo. Tal como sucede con la producción de bagazo, durante el mes de marzo la producción de caña ingresa a zafra y por lo tanto en planta se paran máquinas y se realiza el mantenimiento de las mismas como se puede observar en la siguiente figura:

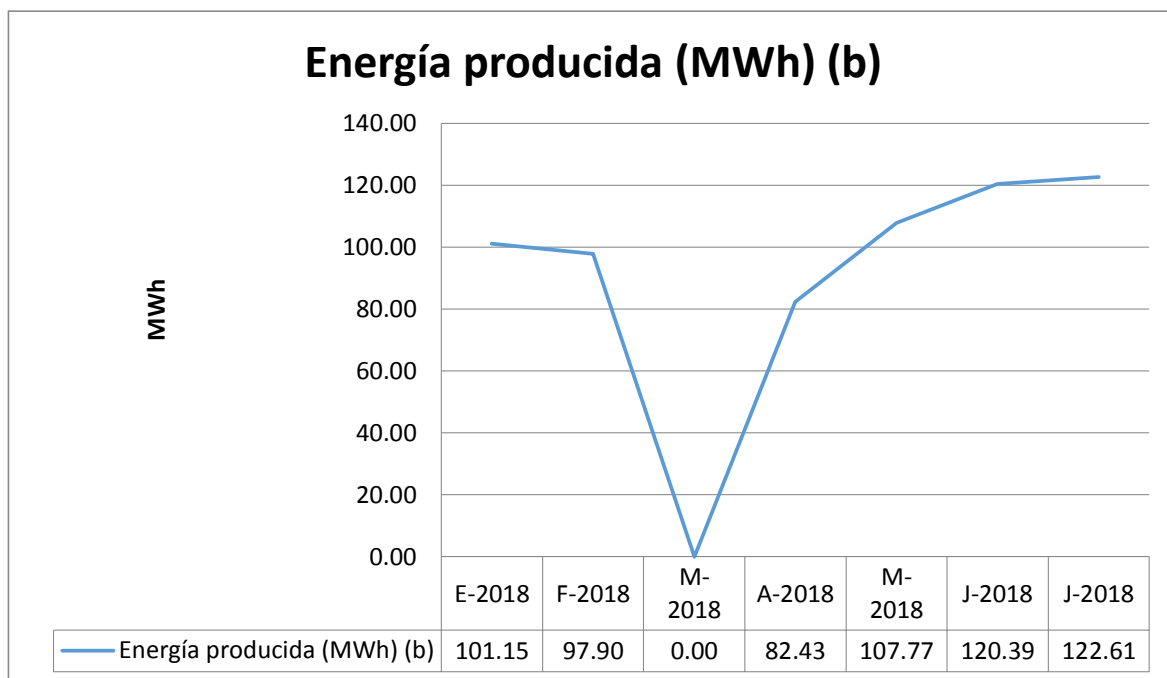


Figura 32: Cantidad de energía producida/hora/mes.

Fuente: Elaboración propia.

c. Relación entre energía producida por biomasa de bagazo de caña

Al considerar la relación entre la energía producida por cada tonelada de biomasa de bagazo de caña se han obtenido los siguientes resultados. Debemos considerar que el ciclo de producción de bagazo de caña decrece a partir del mes de diciembre y en marzo la producción es cero debido a que no hay cosechas de caña de azúcar y a partir de abril vuelve a una tendencia de crecimiento. Por lo tanto, existe una relación directa entre la producción de bagazo de caña y la producción de energía, como se observa en la siguiente figura:

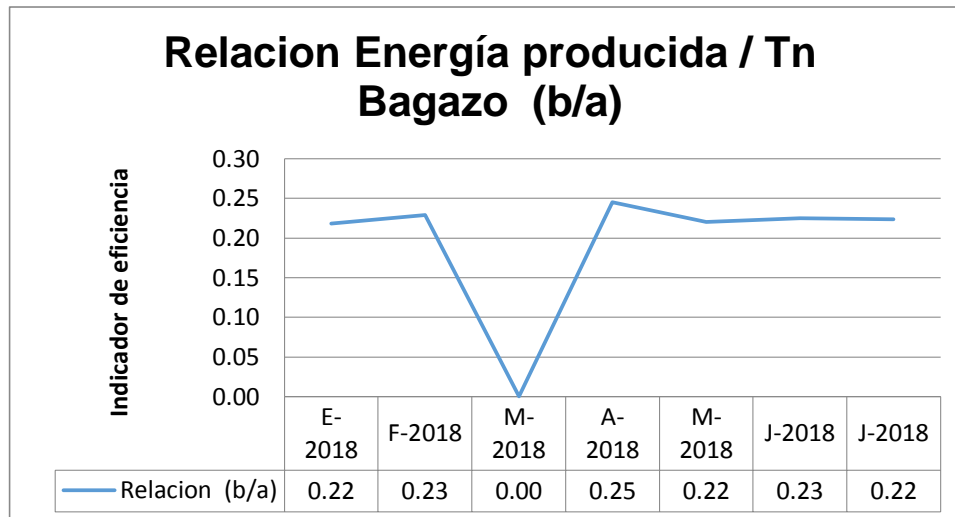


Figura 33: Relación energía producida por Tn de bagazo de caña/mes.

Fuente: Elaboración propia.

d. Valor de bagazo de caña que ingresa a planta

Conforme, a los resultados obtenidos de las observaciones directas entre los meses de enero a julio del 2018 el valor de bagazo tiene una curva con tendencia creciente a partir del mes de marzo con valor 0.00 soles hasta julio con valor de 13,156.40 soles. Así mismo, existe una tendencia de decrecimiento desde el mes de enero hasta llegar a marzo que llega a cero como se puede observar en la figura siguiente.

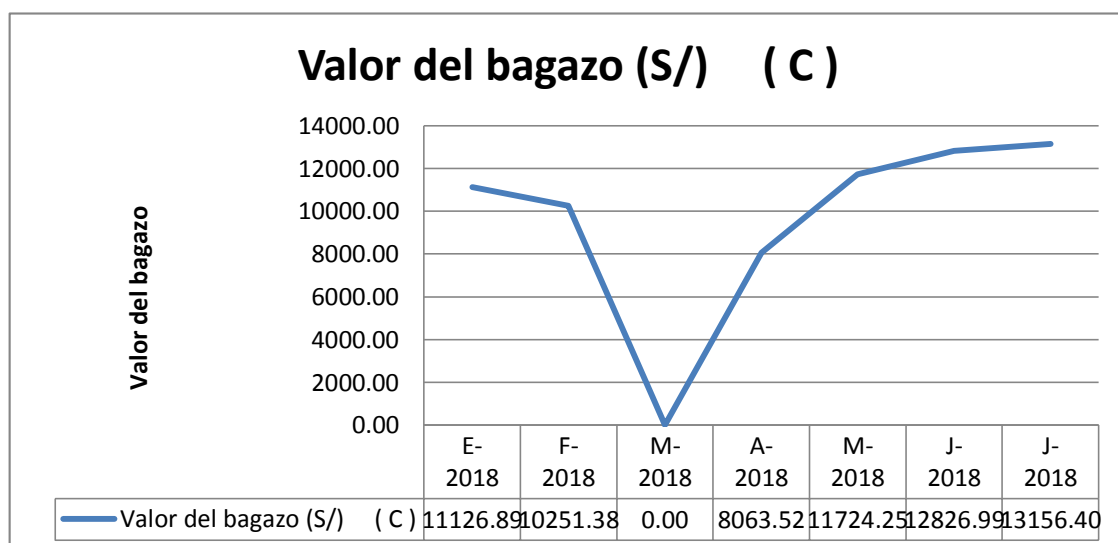


Figura 34: Valor de la biomasa de bagazo de caña que ingresa a planta/mes.

Fuente: Elaboración propia.

e. Valor de la energía producida en planta

De acuerdo, a los resultados obtenidos de las observaciones directas entre los meses de enero a julio del 2018 el valor de la energía producida tiene una curva con una tendencia creciente a partir del mes de marzo con valor 0.00 soles hasta julio con valor de 10,851.40. Así mismo, existe una tendencia de decrecimiento desde el mes de enero hasta marzo que llega a cero como se puede observar en la figura siguiente.

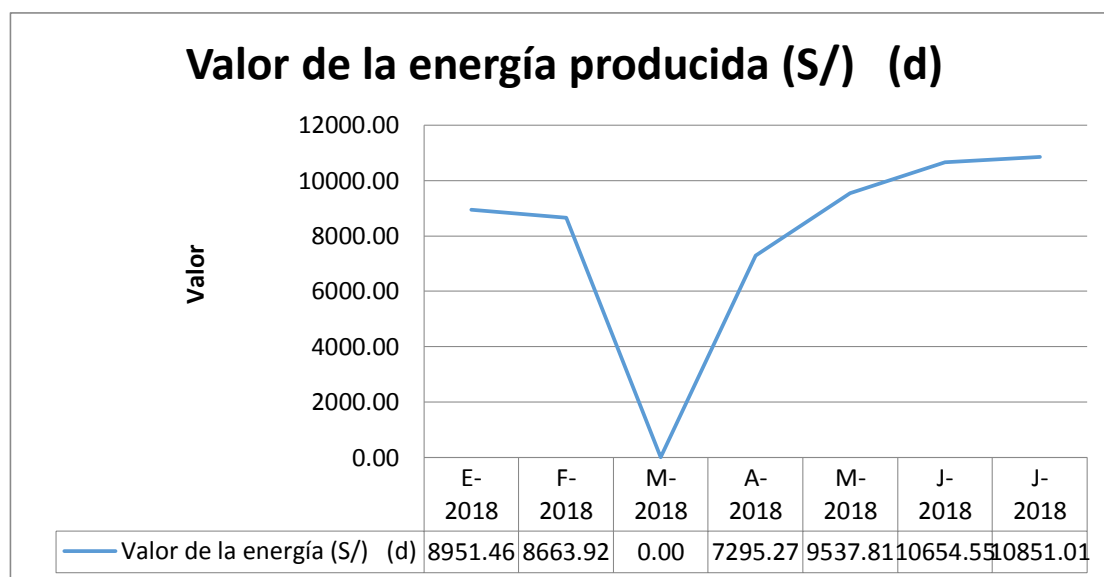


Figura 35: Valor de energía producida/mes (S/.)

Fuente: Elaboración propia.

f. Relación entre el valor de la energía producida y valor del bagazo de caña.

Por último, los resultados de las observaciones directas entre el valor de la energía producida y el valor de la biomasa tienen exceptuando el mes de marzo, la tendencia de ligero crecimiento entre marzo y julio y un ligero decrecimiento entre enero y marzo tal como se observa en la siguiente figura.

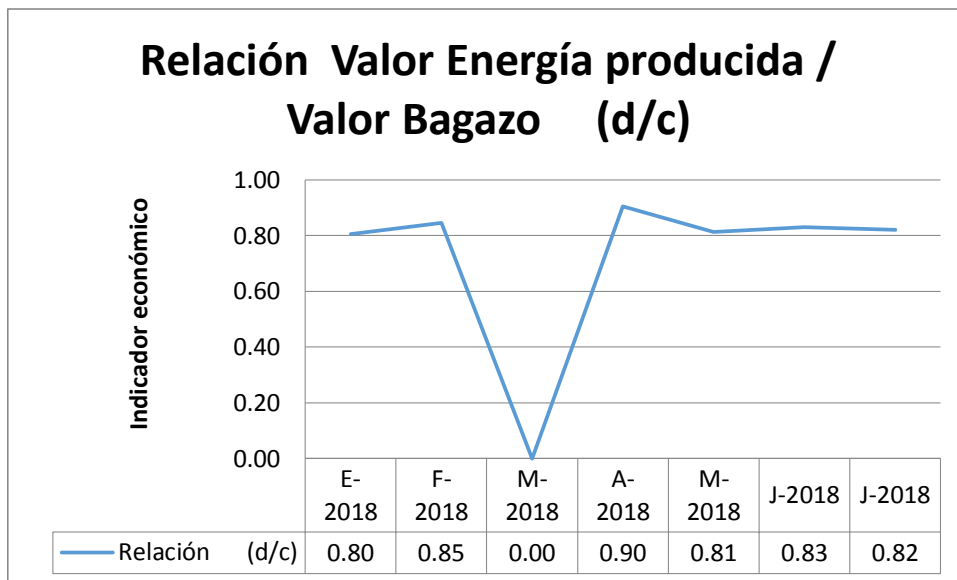


Figura 36: Relación entre el valor de la energía producida/valor de biomasa de bagazo.
Fuente: Elaboración propia.

4.1.4. Resultados de la relación energía producida / energía distribuida

La energía producida por el sistema de cogeneración a partir del bagazo de caña es distribuida hacia cada uno de los elementos del proceso y es evaluada en los siguientes puntos críticos:

- Turbogenerador.
- Mesa de caña.
- Difusor.
- Molino de procesos.
- Caldera.
- Osmosis-Coi – Concretarpa – Ptar.

Para la evaluación, se utilizó la ficha de observación directa 2: Control de energía por puntos críticos (Anexo 4). Los resultados consolidados de 07 meses de evaluación (enero a julio del 2018) se muestran en la tabla 15 y la base de datos a nivel diario del respectivo periodo en el Anexo 8, tomar en cuenta que los datos de la tabla 15, es el promedio de los días de cada mes, que equivale a un día promedio.

Tabla 15: Relación energía producida / energía distribuida.

MES	ENERGIA PRODUCIDA TURBO (MWh) (a)	MESA DE CAÑA (MWh)	DIFUSOR (MWh)	MOLINO SECADOR (MWh)	CASA DE PROCESOS (MWh)	CALDERA (MWh)	OSMOSIS - COI - CASA DE FUERZA - (MWh)	CONCRETERA - PTAR - CPMNT0 (MWh)	TOTAL DE DISTRIBUCIÓN (MWh) (b)	Relación (a/b)
E-2018	101.15	19.908	5.801	5.612	29.932	18.371	5.327	0.092	85.043	1.19
F-2018	97.90	12.188	4.206	3.13	21.467	13.061	5.01	0.114	59.175	1.04
M-2018	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
A-2018	82.43	7.474	2.632	2.031	11.565	7.075	3.089	0.093	33.958	2.43
M-2018	107.77	14.921	5.256	3.63	23.167	14.266	4.965	0.161	66.366	1.62
J-2018	120.39	34.865	9.825	7.22	35.412	25.356	6.201	0.301	119.179	1.01
J-2018	122.61	41.42	10.98	7.79	39.46	26.95	5.82	0.35	132.77	0.92

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Mes de marzo la producción es cero por mantenimientos de maquinarias.

a. Energía producida en el turbogenerador.

El turbo generador, tiene una producción de energía en relación directa con la biomasa de bagazo recibida. El mes de marzo su producción es cero por ser mes de mantenimiento de máquinas al no haber bagazo de caña (mes sin cosecha).

A partir del mes de abril, conforme los campos agrícolas crecen en cosecha se incrementa paulatinamente la producción de energía. Desde el mes de enero, vuelve a decrecer hasta llegar a marzo y cumplir un nuevo ciclo agroindustrial, tal como se observa en la figura 37.

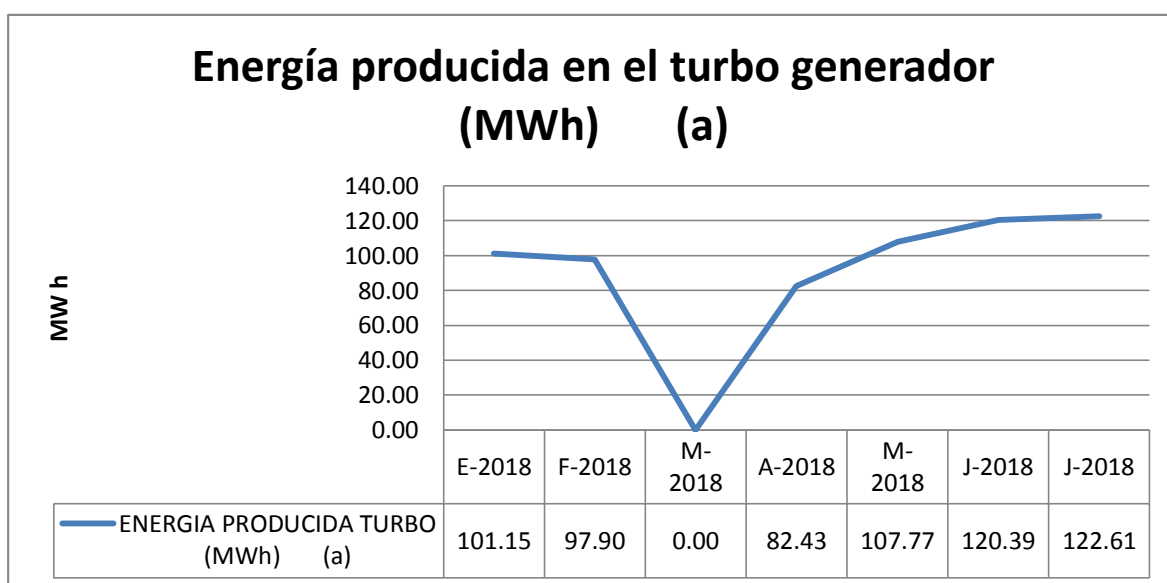


Figura 37: Energía producida en el turbogenerador/mes (MW.h)

Fuente: Elaboración propia.

b. Total de distribución de energía en puntos críticos.

Como se observa en la tabla 15, la energía que se produce en el turbogenerador es distribuida hacia cada uno de los puntos críticos para su uso. En algunos meses del año, la planta complementa sus requerimientos con el sistema interconectado nacional, pero en lo general siempre existe superávit.

El total de energía distribuida hacia todos los puntos críticos tiene el mismo comportamiento que el ciclo anual de la distribución con el mes de marzo como mes cero (mantenimiento de máquinas).

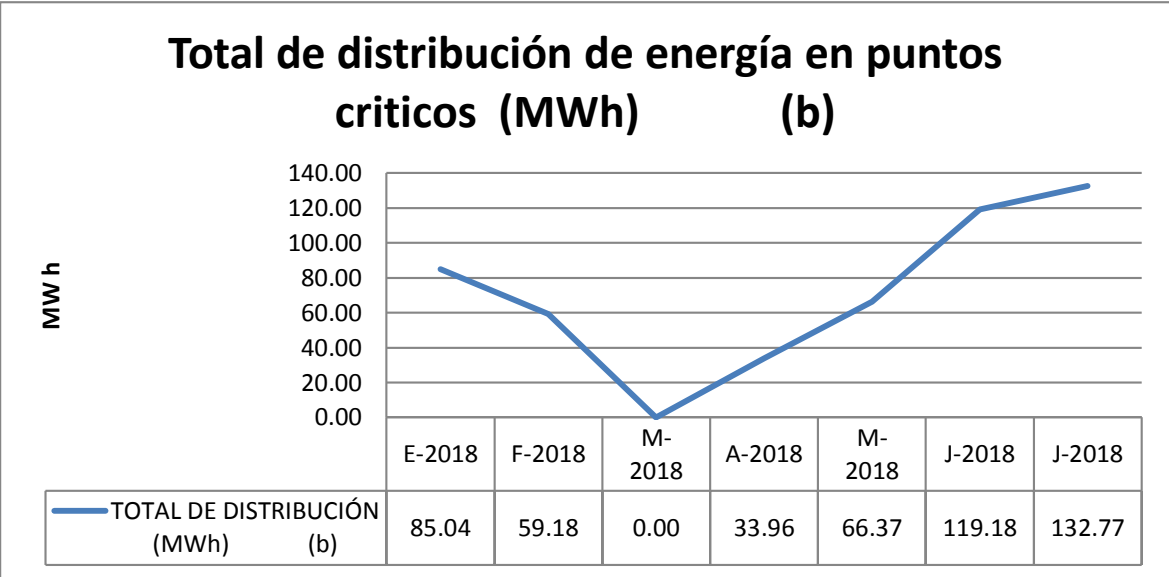


Figura 38: Energía distribuida / mes (MW.h)
Fuente: Elaboración propia.

c. Relación entre energía producida y energía distribuida

Los resultados de la relación entre la energía producida y la energía distribuida tienen al mes de marzo como mes cero por las causas ya mencionadas y luego un crecimiento y un decrecimiento

La relación exceptuando el mes de marzo, varía desde 0 en el mes de marzo y desde abril se mantiene superior a 1 e inclusive superar a 2, en algunos meses. Solo en el mes de julio la relación es menor a 1.

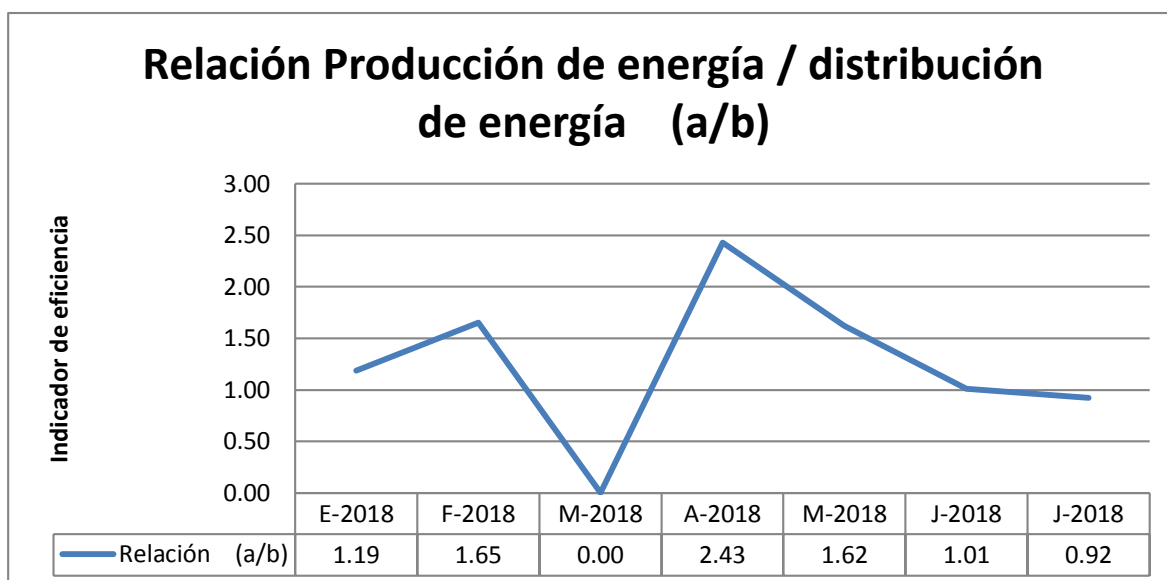


Figura 39: Relación energía producida / energía distribuida.*

Fuente: Elaboración propia.

4.1.5. Resultados del control de puntos críticos: Emisión de contaminantes

Para la evaluación de los puntos críticos, se utilizó la ficha de observación directa 3: Control de calidad por puntos críticos – emisión de contaminantes (Anexo 5).

En el caso del ruido como no se contaba con un sonómetro, se tomaron medidas aproximadas de los decibeles, en cada punto crítico, con la aplicación SOUND METER de fácil instalación para equipos celular (Androi ZTE-A610) con un rango de 0dB-120db, calibración de (48+6) db.

* Nota:

=0: No hay generación de energía eléctrica y tampoco consumo de energía por la fábrica

>1: La generación de energía es menor, a la energía eléctrica que necesita la fábrica.

=1: La generación de energía eléctrica, es igual a la energía que la fábrica necesita

<1: La energía eléctrica generada es mayor, a la energía que consume la fábrica (el excedente se inyecta a la red)

Tabla 16: Resultados de decibeles en cada punto crítico.

FECHA	TURBO GENERADOR	MESA DE CAÑA	DIFUS OR	MOLINO SECADOR	CASA DE PROCESOS	CALDERA	OSMOSIS - COI
09/05/2018	86 dB.	95 dB.	74 dB.	86 dB	85 dB.	88 dB.	48 dB.
10/05/2018	86 dB.	95 dB.	74 dB.	86 dB	85 dB.	88 dB.	48 dB.
11/05/2018	86 dB.	95 dB.	74 dB.	86 dB	85 dB.	88 dB.	48 dB.
12/05/2018	86 dB.	95 dB.	74 dB.	86 dB	85 dB.	88 dB.	48 dB.
13/05/2018	86 dB.	95 dB.	74 dB.	86 dB	85 dB.	88 dB.	48 dB.
14/05/2018	86 dB.	95 dB.	74 dB.	86 dB	85 dB.	88 dB.	48 dB.
15/05/2018	86 dB.	95 dB.	74 dB.	86 dB	85 dB.	88 dB.	48 dB.

Fuente: Elaboración propia.

Previamente a la aplicación de la ficha de observación, se generó el cuadro de categorías de los indicadores de contaminación y control, para categorizar el nivel del ruido se tomó como referencia de la tabla de reclutamiento de decibeles (tabla 17).

Tabla 17: Categorías para indicadores de contaminación y control.

Categoría	Características del indicador	Decibeles
0	sin emisión	0 dB – 15 dB
1	emisión puntual	16 dB – 30 dB
2	emisión por periodos	31 dB – 50 dB
3	Emisión constante de baja intensidad	51 dB – 90 dB
4	emisión constante e intensa	90 dB – 120 dB

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, la aplicación de la ficha de observación directa 3: control de calidad de puntos críticos (Anexo 5) generó la siguiente base de datos, donde se describen los resultados para cada punto crítico.

4.1.5.1. Control de calidad en el punto crítico 1: Mesa de caña.

La mesa de caña, punto crítico 1 donde se recibe, limpia y prepara la caña para molienda y generación del bagazo, es donde se inicia el proceso de cogeneración

de energía. En mesa de caña se han evaluado emisiones de ruido, material particulado y el nivel de control

a. Ruido.

Los resultados de la evaluación del punto crítico 1 mesa de caña, con referencia al ruido se categoriza como contaminación intensa como se puede observar en la figura 40.

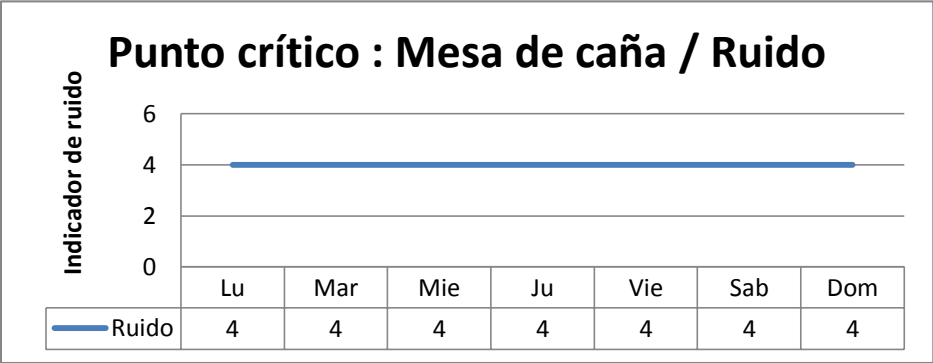


Figura 40: Mesa de caña / ruido.

Fuente: Elaboración propia.

b. Emisión de material particulado.

En cuanto material particulado, la mesa de caña se caracteriza por variar entre emisiones constantes e intensas y emisiones constantes y de baja intensidad, tal como se puede ver en el siguiente gráfico.

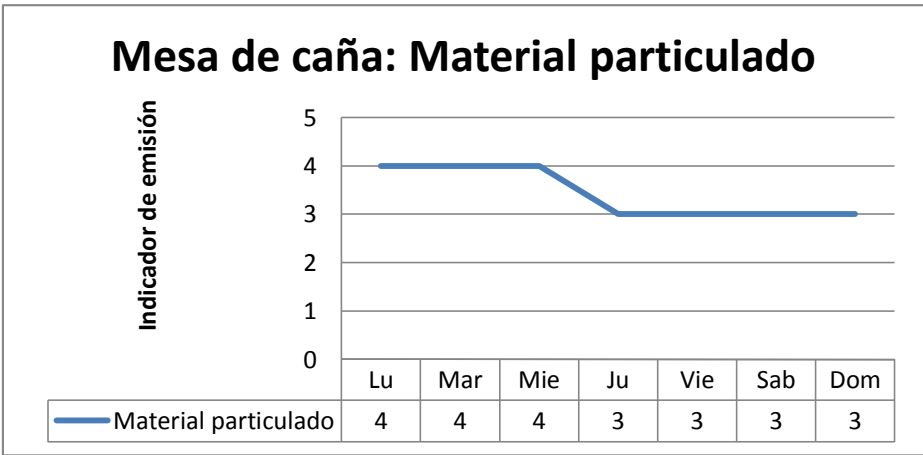


Figura 41: Mesa de caña / material particulado.

Fuente: Elaboración propia.

c. Nivel de control.

En cuanto al nivel de control, en mesa de caña el control es de baja intensidad y se desarrolla cada cierto tiempo de manera periódica, tal como se observa en la figura 42.

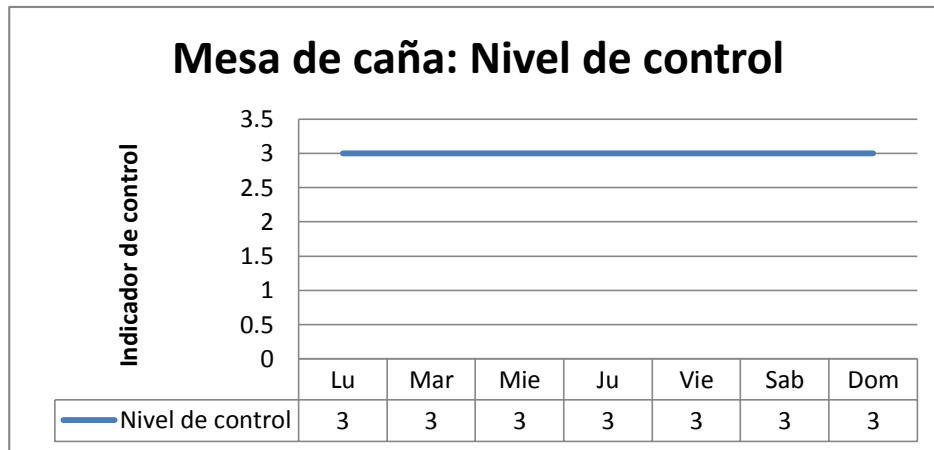


Figura 42: Mesa de caña / nivel de control.
Fuente: Elaboración propia.

4.1.5.2. Control de calidad en el punto crítico 2: Difusor.

En el caso del segundo punto crítico (difusor), se ha evaluado el ruido como contaminante el mismo que no tiene control. Los resultados, muestran una característica de emisión constante y de baja intensidad como se puede ver en la figura 43.

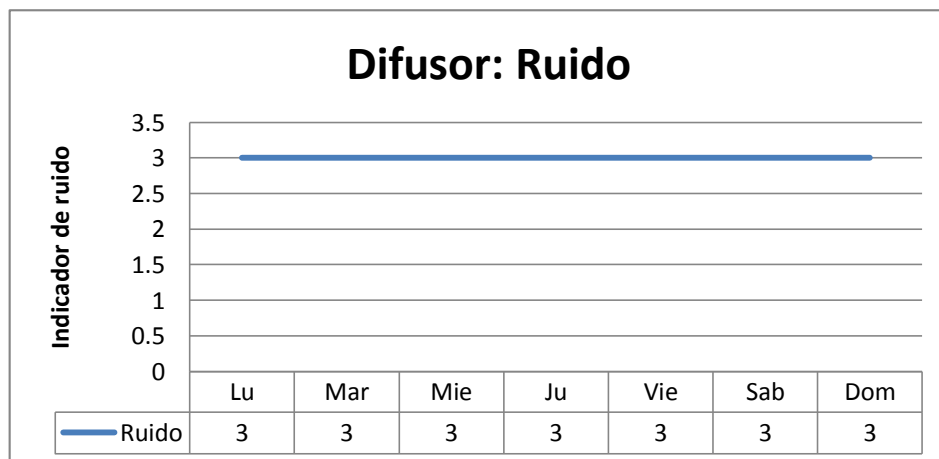


Figura 43: Difusor / ruido.
Fuente: Elaboración propia.

4.1.5.3. Control de calidad en el punto crítico 3: Molino secador.

El molino secador es el punto crítico 3 en el proceso de cogeneración de energía y se ha evaluado el ruido, la emisión de material particulado y el nivel de control.

a. Ruido

En el caso del ruido, los resultados de las observaciones directas se caracterizan por ser constantes y de baja intensidad, tal como se observa en el gráfico siguiente.

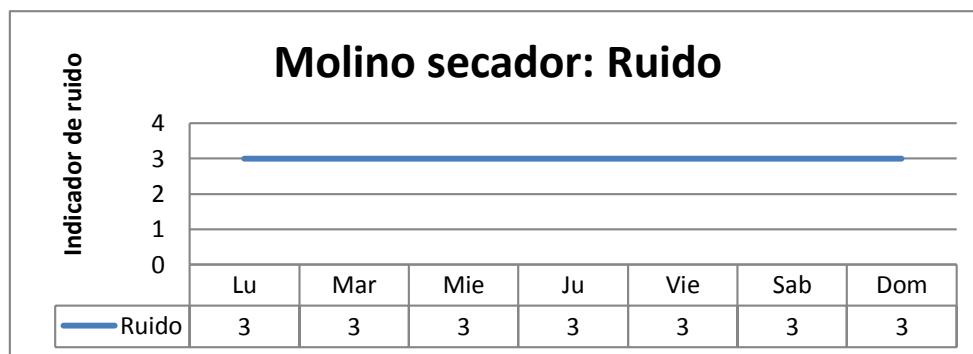


Figura 44: Molino secador / ruido.

Fuente: Elaboración propia

b. Emisión de material particulado

En cuanto a la emisión de material particulado, las emisiones han variado entre emisiones constantes e intensas y emisiones constantes de baja intensas. Así mismo, hay días que las emisiones son eventuales.

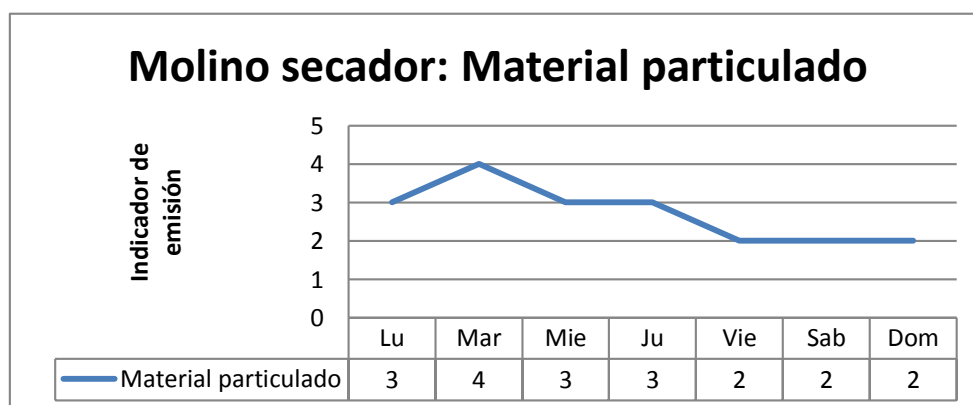


Figura 45: Molino secador / material particulado.

Fuente: Elaboración propia.

c. Nivel de control.

En cuanto al nivel de control, este es de manera eventual como se observa en la figura 46.

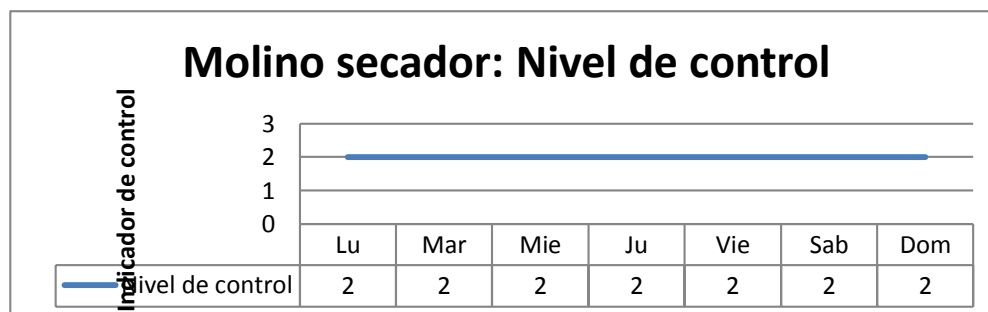


Figura 46: Molino secador / nivel de control.

Fuente: Elaboración propia.

4.1.5.4. Control de calidad en el punto crítico 4: Caldera:

La caldera es el punto crítico 4 y el de mayor evaluación. Se han tomado observaciones para: ruido, emisiones de cenizas, emisiones de material particulado y el nivel de control.

a. Ruido.

En el caso del ruido, las emisiones son constantes e intensas como se observa en el grafico siguiente.

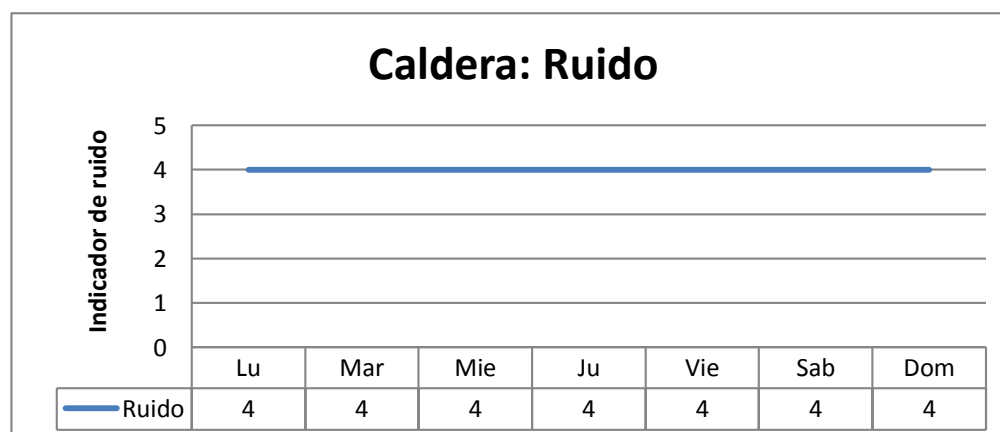


Figura 47: Caldera / ruido.

Fuente: Elaboración propia.

b. Emisión de cenizas.

Por otro lado, la emisión de cenizas ha variado entre emisiones constantes y baja intensidad hasta emisiones eventuales o puntuales como se puede ver en la figura 48.

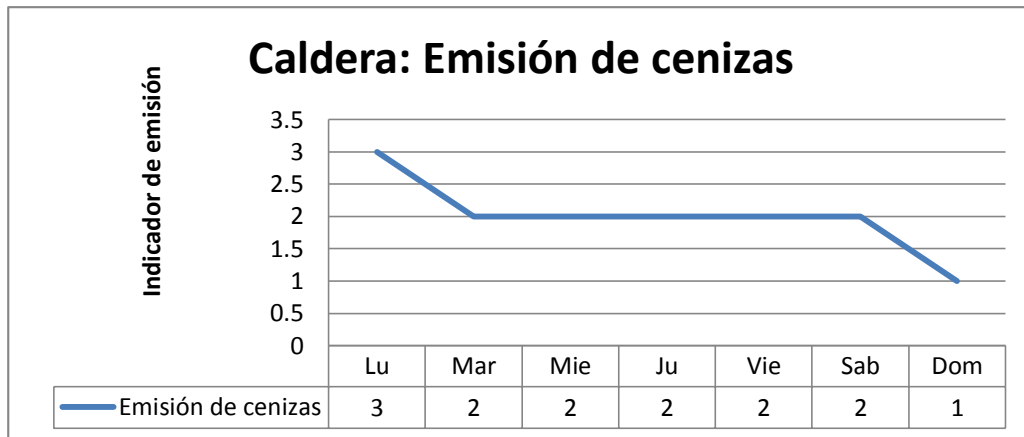


Figura 48: Caldera / emisión de cenizas.

Fuente: Elaboración propia.

c. Emisión de material particulado.

Así mismo, las emisiones de material particulado han sido constantes y de baja intensidad y han variado en algunos días como eventual como se observa en la figura 49.

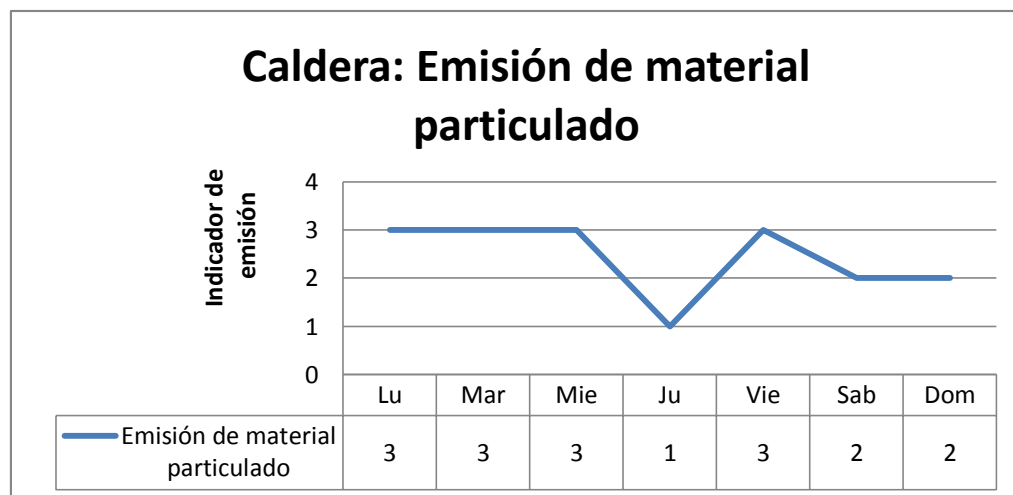


Figura 49: Caldera / emisión de material particulado.

Fuente: Elaboración propia.

d. Nivel de control.

En cuanto al nivel de control, se caracteriza por ser periódico como se observa en el grafico siguiente.

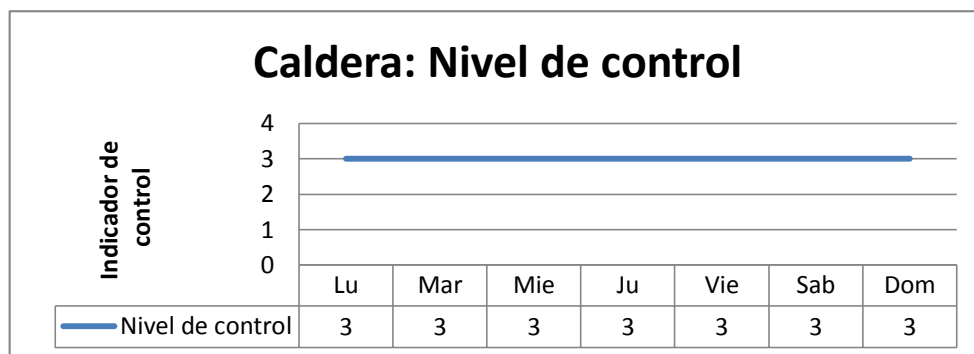


Figura 50: Caldera / nivel de control.

Fuente: Elaboración propia.

4.1.5.5. Control de calidad en el punto crítico 5: Turbogenerador

Continuando con el proceso de cogeneración, el siguiente punto crítico es el turbogenerador y en él se han evaluado el ruido la emisión de gases de aceite y el nivel de control.

a. Ruido.

En cuanto al ruido, las emisiones se han calificado como emisiones constantes y de baja intensidad como se observa en la figura 51.

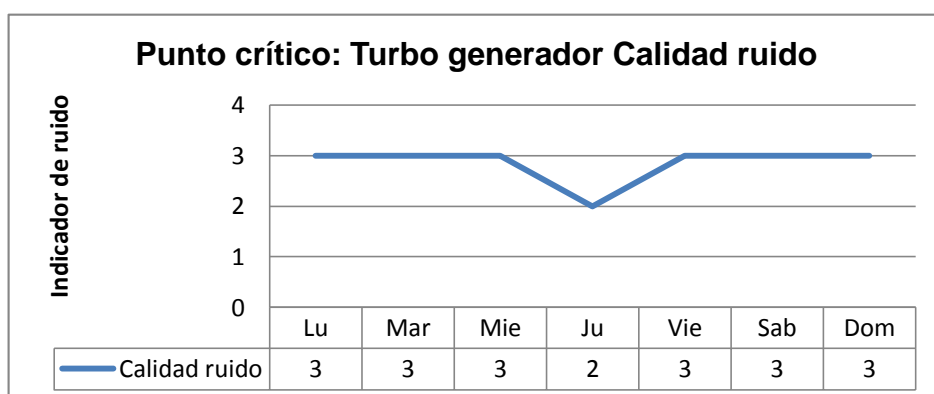


Figura 51: Turbogenerador / calidad ruido.

Fuente: Elaboración propia.

b. Emisión de gases de aceite.

Las emisiones de gases de aceite en el turbogenerador han sido mayormente en cero, pero hay días que se han emitido de manera eventual como se observa en la figura siguiente.

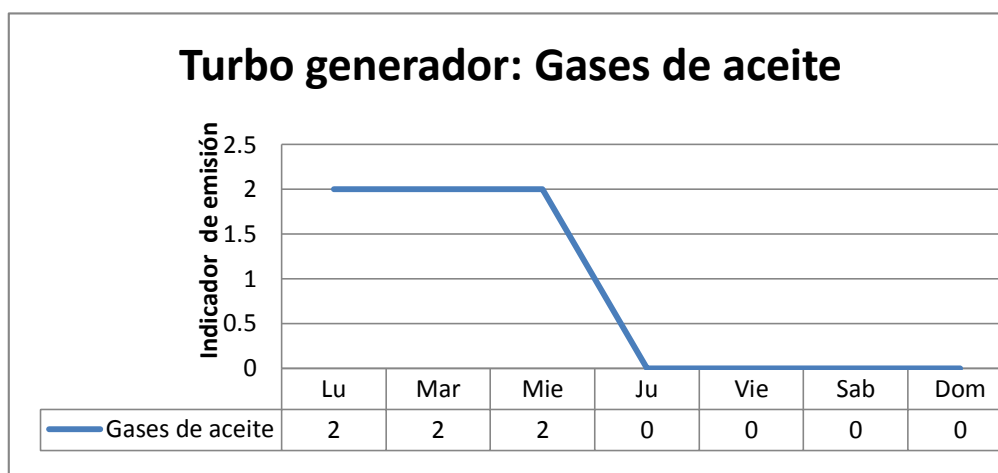


Figura 52: Turbogenerador / gases de aceite.

Fuente: Elaboración propia.

c. Nivel de control.

Por último, el nivel de control en el turbo generador ha variado entre eventual y sin control como se observa en la siguiente figura.

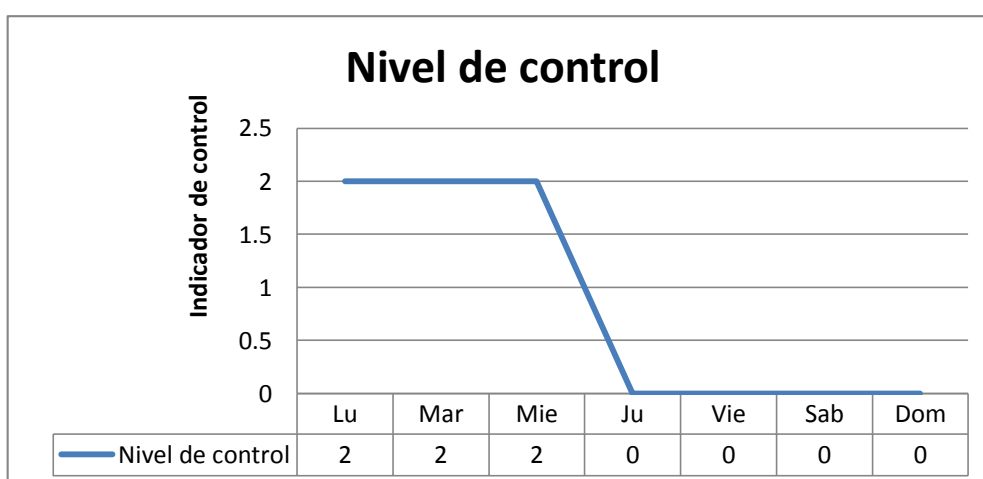


Figura 53: Turbogenerador / nivel de control.

Fuente: Elaboración propia.

4.1.5.6. Control de calidad en el punto crítico 6: Casa de procesos

En la casa de procesos, se ha evaluado el ruido, la emisión de polvo de azúcar y el nivel de control.

a. Ruido.

Los resultados de las observaciones directas con respecto al ruido se caracterizan por ser constante y de baja intensidad como se muestra en la figura siguiente.

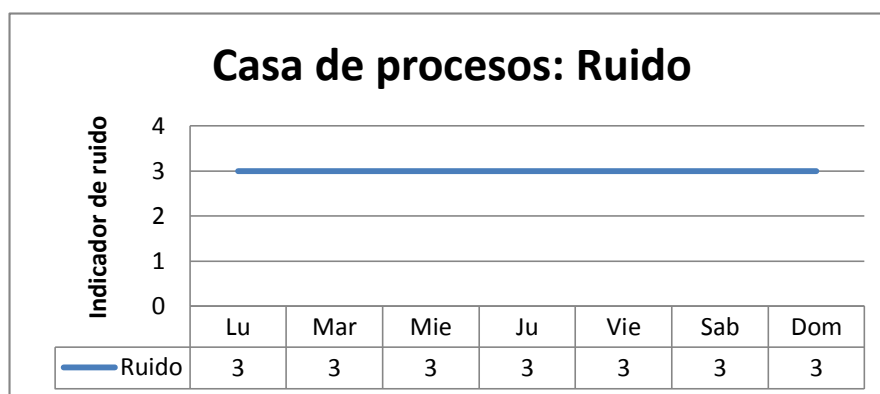


Figura 54: Casa de procesos / ruido.

Fuente: Elaboración propia.

b. Emisión de polvo de azúcar.

En cuanto a la emisión de polvo de azúcar, los resultados muestran que las emisiones son eventuales y en algunos momentos puede ser constante, pero de baja intensidad, tal como se observa en la figura 55.

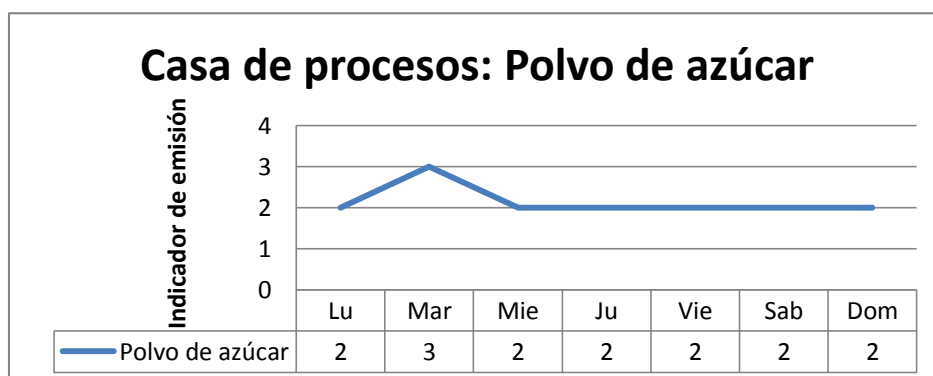


Figura 55: Casa de procesos / nivel de control.

Fuente: Elaboración propia.

c. Nivel de control.

Por último, los resultados de las observaciones directas muestran que el nivel de control en la casa de procesos es eventual como se observa en la figura 56.

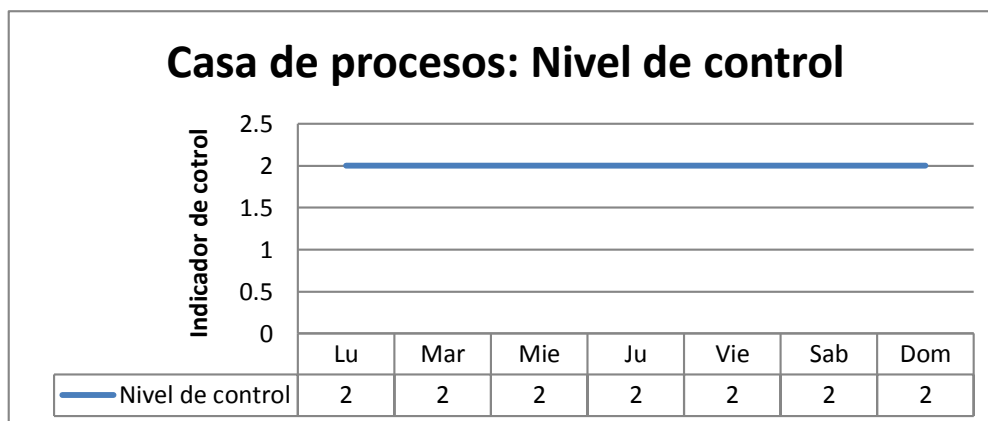


Figura 56: Casa de procesos / nivel de control.

Fuente: Elaboración propia.

4.1.5.7. Control de calidad en el punto crítico 7: Osmosis – COI.

En osmosis, como punto crítico se han evaluado emisiones de ruido y nivel de control.

a. Ruido.

Los resultados de las observaciones directas nos muestran que las emisiones de ruido son eventuales como se observan en la figura 57.

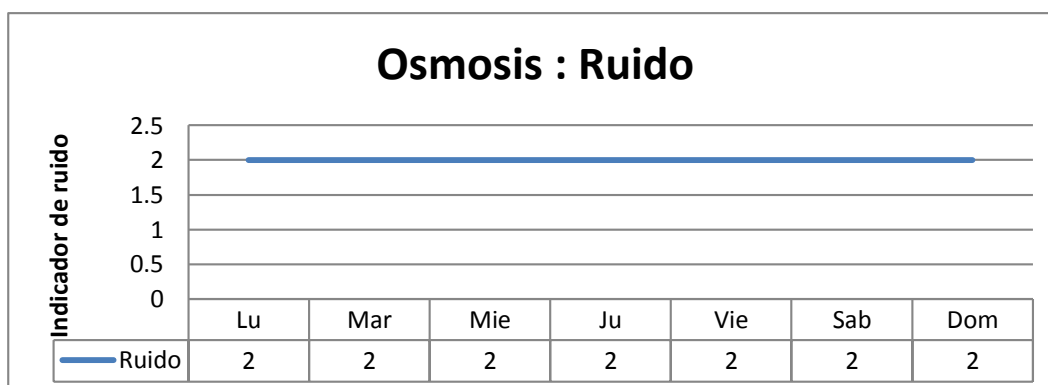


Figura 57: Osmosis / ruido.

Fuente: Elaboración propia.

b. Nivel de control.

De igual manera, los resultados para el nivel de control en Osmosis muestran que este es eventual como se puede ver en la figura 58.

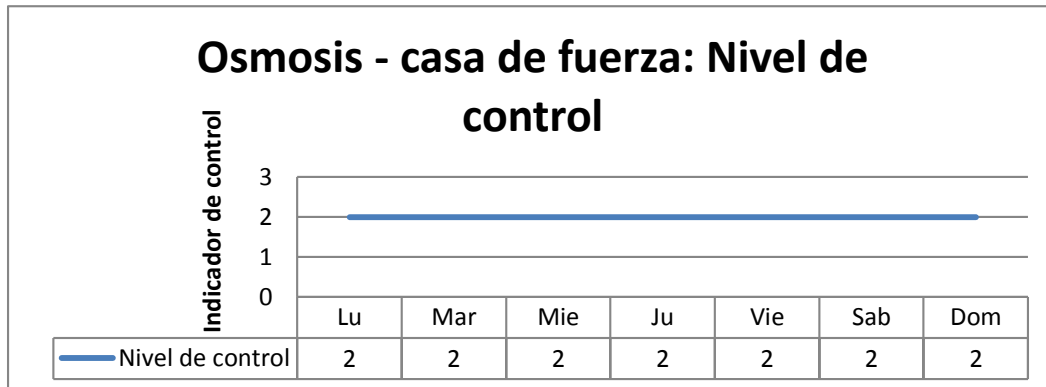


Figura 58: Osmosis / nivel de control.
Fuente: Elaboración propia.

4.1.5.8. Control de calidad en el punto crítico 8: Concretera – PTAR.

El último punto crítico del sistema de cogeneración de energía es la Concretera y aquí, se han evaluado la emisión de polvo y el nivel de control.

a. Emisión de polvo.

Los resultados muestran que las emisiones de polvo se han caracterizado por ser puntuales a eventuales como se observa en el gráfico 59.

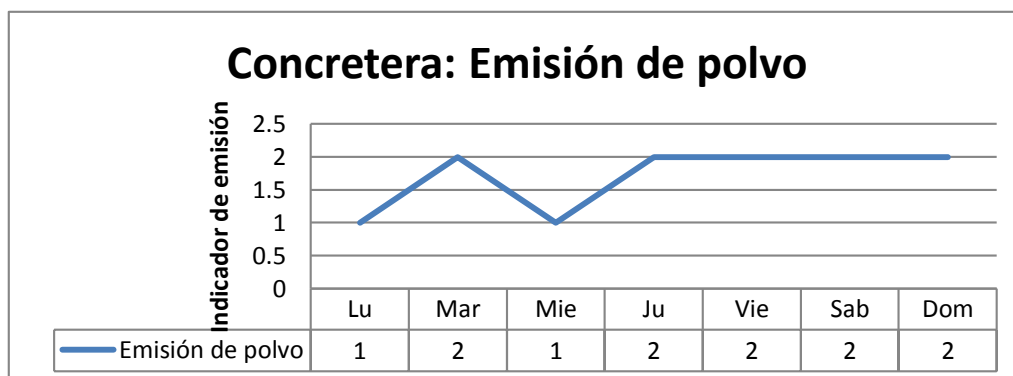


Figura 59: Concretera / emisión de polvo.
Fuente: Elaboración propia.

b. Nivel de control.

Por último, los resultados para el nivel de control nos dicen que este puede ser entre puntual a eventual como se ve en el gráfico siguiente.

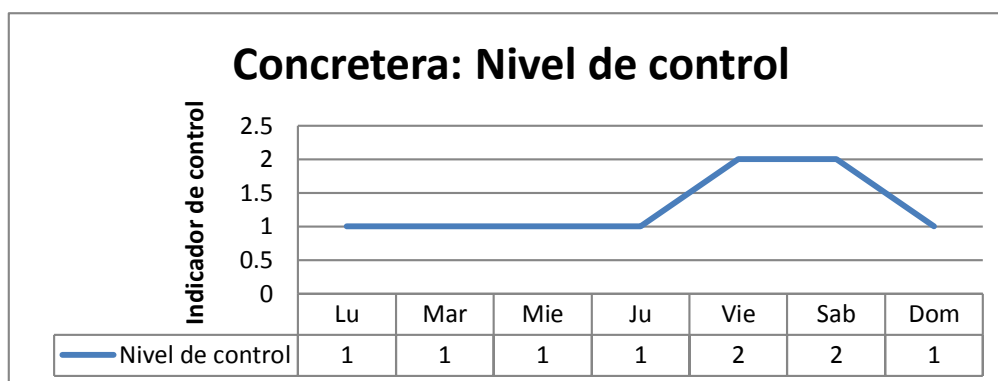


Figura 60: Concretera / nivel de control.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 18: Resultados del control de puntos críticos: Emisión de contaminantes. **

FECHA	MESA DE CAÑA	DISTRIBUCION PUNTOS CRÍTICOS						
		DIFUSOR	MOLINO SECADOR	CALDERA	TURBO GENERADOR	CASA DE PROCESOS	OSMOSIS - COI	CONCRETERA - PTAR
09/05/2018	Ruido4, mp4, NC3	Ruido3	Ruido3, mp3, NC2	ruido 4, mp3, ceniza 3/NC3	Ruido3, gases de aceite2, NO2 1, NC2	Ruido3/polvo de azúcar 2 /NC2	Ruido 2 / NC 2	Polvo 1/ NC1
10/05/2018	Ruido4, mp4, NC3	Ruido3	Ruido3, mp4, NC2	ruido 4, mp3, ceniza 2/NC3	Ruido3, gases de aceite 2, NC2	Ruido 3 /polvo azúcar 3 /NC2	Ruido 2 / NC 2	Polvo 2/ NC1
11/05/2018	Ruido4, mp4, NC3	Ruido3	Ruido3, mp3, NC2	ruido 4, mp3, ceniza 2/NC3	Ruido 3, gases de aceite2, NC2	Ruido3/polvo azúcar 2 /NC2	Ruido 2 / NC 2	Polvo 1/ NC1
12/05/2018	Ruido 4, mp3, NC3	Ruido 3	Ruido3, mp2, NC2	ruido 4, mp3, ceniza 2/NC3	Ruido 3, gases de aceite 0, NC0	Ruido3/polvo azúcar 1/NC2	Ruido 2 / NC 2	Polvo 2/ NC2
13/05/2018	Ruido 4, mp4, NC3	Ruido 3	Ruido3, mp2, NC2	ruido 4, mp3,	Ruido 3, gases de	Ruido 3 /polvo 2 /NC2	Ruido 2 / NC 2	Polvo 2/ NC2

** Nota:

- Control de contaminantes: Gases de NO₂ (ppm), SO₂ (ppm), cenizas, material particulado (mp) o ruido 0: sin emisión, 1: emisión puntual, 2: emisión por periodos, 3: emisión constante de baja intensidad, 4: emisión constante e intensa.
- NC: Nivel de control: 0: sin control, 1: control mínimo, 2: control eventual, 3: control periódico, 4: control intenso.

DISTRIBUCION PUNTOS CRÍTICOS								
FECHA	MESA DE CAÑA	DIFUSOR	MOLINO SECADOR	CALDERA	TURBO GENERADOR	CASA DE PROCESOS	OSMOSIS - COI	CONCRETERA - PTAR
				ceniza 2 /NC 3	aceite 0, NC 0			
14/05/2018	Ruido4 , mp3, NC 3	Ruido 3	Ruido3, mp2, NC2	ruido 4, mp2, ceniza 1 /NC 3	Ruido 3, gases de aceite 0, NCO	Ruido3/ polvo azúcar 2 /NC 2	Ruido 2 / NC 2	Polvo 2/ NC1

Fuente: Elaboración propia.

4.2. Sistema de control de calidad para evaluar el proceso de cogeneración de energía

Para la implementación del sistema de control de calidad del sistema de cogeneración de energía en la empresa Agrolmos S.A. se propone 5 estrategias a desarrollar:

1. Primera medida estratégica: La Mejora continua de sus operarios en cuanto a capacidades y competencias, así como la implementación de las medidas de control (calidad del suelo, aire, ruido).
2. Segunda medida estratégica: La implementación de estándares ambientales en conformidad a las normas que regulan la industria alimentaria (normativa ISO 9000).
3. La tercera medida estratégica: Un cálculo de estudio del remplazo de la caldera actual por una caldera a presión media o alta (>60 bares) para comprobar si el sistema de cogeneración optimiza el potencial que tiene el bagazo como generador de energía.
4. La cuarta medida estratégica: La obtención de ingresos adicionales por la venta de energía eléctrica a terceros, o al sistema nacional interconectado bajo el sistema de subastas del superávit de energía.

5. La quinta estrategia: La implementación del control de puntos críticos para homologar los estándares de calidad ambiental de acuerdo a ISO 9000 y del Ministerio de ambiente.

4.3. Discusión de resultados

4.3.1. De la entrevista a expertos

Se entrevistaron 05 expertos de instituciones ejecutivas y académicas responsables con el medio ambiente en el Perú. El consenso para cada pregunta se puede observar en la tabla 11 siguiente.

Tabla 19: Consenso para entrevistados.

Pregunta	Consenso
1.1. ¿Considera usted que los operarios en las plantas industriales azucareras cuentan con los conocimientos y capacidades para un sistema de cogeneración de energía?	Son empíricos y los conocimientos y capacidades la van ganando día, pero requieren capacitación en cogeneración, materias primas y eficiencia
1.2. ¿Qué capacidades se requieren para el personal profesional y técnico?	Se requiere capacidad profesional, de mando, organización y programación. Así mismo, conocimientos en electricidad, termodinámica, energía, estándares, seguridad y proactividad.
2.1. Considera que los sistemas de cogeneración de energía en base a la caña de azúcar son ambientalmente amigables	Si son ambientalmente amigables, pero se requiere eficiencia al aprovechar la energía generada con medidas de control de contaminantes
2.2. Los ingenios cumplen con estándares ambientales de no contaminación, ¿qué se debe hacer?	No se cumplen estándares ambientales y para ello se deben tomar medidas tecnológicas. La mayoría se está adecuando lentamente por su alto costo

Pregunta	Consenso
3.1. Los sistemas de cogeneración de energía en base a la caña de azúcar son económicamente rentables o generan pérdidas	Si, son rentables y más eficientes que los sistemas convencionales ya que se aprovecha al máximo su propia biomasa.
4.1. ¿Identifica cuáles son los puntos críticos en el proceso de cogeneración de energía en base a la caña de azúcar?	El principal punto crítico es la humedad del bagazo, así como las cenizas y la capacitación de los operarios en las áreas de calderas y turbogeneradores
4.2. Conoce del sistema de cogeneración pura	La mayoría lo conoce, es generar su propia energía mecánica y térmica a partir del uso de biomasa sin desviación de vapor hacia otro tipo de proceso.
4.3. ¿Cuál es la metodología adecuada para implementar un sistema de control de calidad en la cogeneración de energía en base a caña de azúcar?	Dentro de las metodologías están los sistemas ISO son las principales ya que evalúan eficiencia energética, mejoramiento continuo y control ambiental. Obligan al uso de analizadores de gases y cumplir requisitos ambientales para generadores de energía como los métodos 5s para las industrias

Fuente: Elaboración propia.

a. De los resultados podemos decir que, en los aspectos sociales **los operarios actúan de manera empírica y que los conocimientos y capacidades los adquieren con sus labores diarias**. Por lo tanto, requieren capacitación en electricidad, termodinámica, energía, estándares, seguridad, proactividad y organización.

b. De los aspectos ambientales, para los expertos **los sistemas de cogeneración de energía son ambientalmente amigables, pero no cuentan con algún sistema de control de calidad**. Por ello, no cumplen con estándares ambientales siendo necesaria una mejora importante de manera tecnológica y que

algunos ingenios azucareros se vienen adecuando. Este es un impacto positivo muy importante para toda industria y los mejores rendimientos ambientales merecen premios económicos y tributarios.

c. De los aspectos económicos: al igual que en los aspectos ambientales, para los expertos otros impactos positivos de los sistemas de cogeneración de energía a partir de biomasa de bagazo son económicamente **rentables, ya que se puede aprovechar recursos propios al 100 %** para satisfacer requerimientos internos totalmente y con posibilidad de vender los excedentes.

d. De los aspectos tecnológicos: el consenso de los especialistas concuerda que, el principal punto crítico es la humedad del bagazo y en segundo término, la capacitación de los operarios. **Los procesos de cogeneración de energía en los ingenios azucareros, no cuentan con un control de calidad a pesar que existen diversos métodos de control como los ISO, las 5s para industrias, el cumplimiento de estándares ambientales**, la aplicación de tecnologías para el control de calidad entre otras medidas.

4.3.2. Del Test a operarios

a. De las condiciones sociales: En las condiciones sociales, discutimos dos aspectos importantes encontrados en los resultados: el promedio de edad de los operarios es de 26 años y que en el 93% de los casos tienen el **nivel técnico con escasa experiencia y conocimientos en cogeneración de energía**, actividad a la que se dedican. Para esta actividad, otro de los resultados importantes es que **los operarios no reciben algún tipo de capacitación y desconocen de controles de calidad.**

Estas condiciones, se condicen con lo que manifiestan los expertos y con ello las dificultadas para implementar un sistema de control de calidad en la cogeneración de energía en la empresa Agrolmos SAC. Se requiere, mejorar las condiciones sociales con capacitación especializada en cogeneración de energía, control de calidad y mejora continua. **La capacitación y mejora de los conocimientos de los operarios al parecer no es una prioridad para el desarrollo de la empresa.**

b. De las condiciones ambientales: Para los operarios, en su mayoría (67%) reconocen que **el sistema de cogeneración de energía es ambientalmente amigable**, también en su mayoría (57 %) manifiesta que el **cumplimiento de estándares ambientales es muy limitado** y que en el 100 % de entrevistados **no han sido capacitados en temas ambientales sobre todo en el control** que se debe llevar en este tipo de industrias.

c. De las condiciones económicas: Para la gran mayoría de operarios (87 %), califican que el sistema de cogeneración de energía en base a biomasa de bagazo es rentable y que no genera pérdidas. Esta es un impacto positivo adicional al de ambientalmente amigable que debe ser potenciado.

d. De las condiciones tecnológicas: Una gran discusión que nos muestran los resultados del test de operarios es que la mayoría de los operarios (66 %), desconoce el significado e importancia de lo que es un punto crítico en el sistema de cogeneración de energía. Así mismo, la mayoría de los trabajadores no tiene conocimiento cuales son los puntos críticos en el sistema de cogeneración en que labora y esto incrementa los riesgos.

En el mismo sentido, los operarios califican al actual sistema de generación de energía como un sistema tradicional al que no se le ha implementado ningún control lo que dificulta la implementación de un sistema de control.

4.3.3. De la relación: Energía producida / biomasa de bagazo.

Durante los meses de evaluación (7 meses) nos permite **identificar una relación directa entre la biomasa de bagazo y la cantidad de energía producida con una curva de unimodal** donde el mes de marzo es cero por no haber cosecha (zafra) y el mes de julio es el máximo por la mayor cosecha de caña en campo.

a. Al analizar la relación que existe entre **la cantidad de energía que se obtiene por cada tonelada de bagazo de caña**, esta varía entre los 0.22 MWh y los 0.25 MWh por cada tonelada de bagazo de caña manteniéndose casi constante con excepción del mes de marzo que es cero. Como hemos podido observar en la base teórica, los sistemas de cogeneración de energía similares superan los 0.5 MWh por Tn de bagazo y esto debido que los sistemas modernos de cogeneración de energía en base a bagazo trabajan con niveles de presión superiores a 60 bar en caldera (media a alta presión) mientras que **la caldera de la empresa trabaja con 40 bares a lo que se cataloga como sistemas tradicionales o de baja presión.**

b. De la misma forma, el valor de la energía producida respecto al valor del bagazo es cercana a la unidad varía entre 0.8 y 0.9. Lo que significa que **el valor de la energía producida aun es menor a la del bagazo y es debido a la caldera de la empresa trabaja con 40 bares.** Si la empresa Agrolmos S.A, trabajara con una caldera de mediana o alta presión (60 a 80 bares), se estima que se podría aumentar, el valor de la energía producida y tener ingresos adicionales. **En las actuales condiciones no se optimiza el valor energético del bagazo de caña por lo tanto se pierden ingresos.**

4.3.4. De la relación entre la producción de energía / distribución de energía

Conforme los resultados, el total de requerimiento de energía de todos elementos que conforman el proceso de cogeneración tiene una curva muy similar a la curva de distribución de energía y va en ascenso desde el mes de marzo (cero) hasta el mes de Julio (132 MWh) para luego volver a descender conforme la producción de bagazo también decrece.

Pero, el análisis nos muestra que durante todos los meses del año (con excepción de marzo mes de zafra) la relación entre la energía producida y la energía distribuida al sistema de puntos críticos supera la unidad y en el mes de abril las 2 unidades. Esto, significa que existe un superávit en la cogeneración de energía (en algún mes del año supera el 100 % de la energía requerida) y que puede ser aprovechado proveyendo de energía terceros, población colindante o aportando al sistema nacional.

4.3.5. Del control de puntos críticos: emisión de contaminantes

a. Análisis de resultados en el punto crítico 1: Mesa de caña

La mesa de caña, tiene dos tipos de emisiones: emisiones de ruido y emisión de material particulado. En ambos casos, las emisiones son intensas y constantes por lo tanto requieren un nivel de control igualmente intenso y constante.

Los resultados, identifican niveles de control moderados y periódicos que no es lo que requiere el grado de emisión de contaminantes, por lo tanto, debe haber medidas correctivas en el control de este punto crítico y homologar estas medidas con los estándares para emisiones de ruido y material particulado.

b. Análisis de resultados en el punto crítico 2: Difusor

El difusor, como punto crítico se evaluó por las emisiones de ruido que emite y los niveles de control. Las emisiones de ruido, son de moderada intensidad y los niveles de control que se realizan son adecuados para el nivel de las emisiones. Las medidas que se aplican deben ser preventivas y cumplir con los estándares para emisiones de ruido.

c. Análisis de resultados en el punto crítico 3: Molino secador

El molino secador, presenta dos tipos de emisiones:

- Ruido, que por su naturaleza son constantes y de baja intensidad y la segunda emisión es de material particulado que puede variar por momentos constantes y de alta intensidad a constantes y baja intensidad.

- Para el nivel de las emisiones: constantes y de alta intensidad se requiere de igual manera un control constante e intenso. Los resultados en la evaluación de los niveles de control nos muestran que son solo periódicos o eventuales por lo que no se cumplen con los estándares ambientales para este tipo de emisiones.

Por ello, en el molino secador se deben realizar dos tipos de medidas para cumplir con los estándares ambientales:

- Medidas correctivas: realizar la corrección del nivel de control y pasar a ser un control constante.

- Medidas de mitigación: por el nivel de emisiones sobre todo de material particulado muy contaminante se debe adecuar una cadena de filtros y dotar de equipos idóneos a los operarios.

d. Análisis de resultados en el punto crítico 4: Caldera

La caldera, es el corazón del sistema de cogeneración de energía y por lo tanto el punto crítico que recibe el mayor número de evaluaciones por sus emisiones y su nivel de control:

-Las emisiones de la caldera, son siempre constantes y pueden ser de alta intensidad si se trata de ruido o de baja intensidad en el caso de las cenizas que emite y del material particulado.

-Los resultados de las observaciones muestran que el nivel de control de la caldera es solo periódico y no el control constante y de alta intensidad que requiere este tipo de punto crítico incumpliendo con ello los estándares ambientales para este tipo de industria.

Por lo tanto, al igual que en el anterior punto crítico en la caldera se deben de tomar las siguientes medidas:

-Medidas correctivas de los niveles de control en el punto crítico, homologando los estándares ambientales para las emisiones de ruido, cenizas y material particulado.

-Medidas de mitigación con la aplicación de filtros y eliminadores de material particulado para emisiones de cenizas y material particulado, así como, proveer de equipos protectores para los operarios.

e. Análisis de resultados en el punto crítico 5: Turbogenerador

El turbo generador, es como el pulmón para el sistema de cogeneración de energía y por el tipo de punto crítico se ha evaluado en dos tipos de emisiones: ruido y gases de aceite.

-Las emisiones para el caso del ruido son constantes, pero de baja intensidad por lo tanto requieren un control igual de constante. En el caso de los gases de aceite, los resultados de las observaciones muestran que se realizan de manera eventual y en la mayoría de los días no hay emisiones.

-Los niveles de control, para este punto crítico son eventuales y cuando no los hay se generan emisiones de gases. Los niveles de control no son adecuados para el

nivel de ruido incumpliendo con ello estándares ambientales y poniendo en riesgo la salud de los operarios.

Del análisis, se deduce que en este punto crítico se deben de realizar dos tipos de medidas:

- Medidas correctivas en los niveles de control que deben incluir con el adecuado equipamiento de los operarios para el nivel de ruido cumpliendo con los estándares ambientales.

- Medidas de prevención para emisiones de gases de aceites elevando el nivel de control de eventual a constante para evitar emisiones de gases. Las medidas preventivas pueden incluir la aplicación de filtros.

f. Análisis de resultados en el punto crítico 6: Casa de procesos

La casa de procesos, por el tipo de punto crítico que es en el sistema de cogeneración de energía se ha evaluado en dos tipos de emisiones: ruido y polvo de azúcar.

- Las emisiones para el caso del ruido son constantes, pero de baja intensidad por lo tanto requieren un control igual de constante. En el caso del polvo de azúcar, los resultados de las observaciones muestran que se realizan de manera periódica y en algún momento puede ser constante y de baja intensidad.

- Los niveles de control, para este punto crítico son solo eventuales para un nivel de control constante y de baja intensidad como lo requieren. Los niveles de control no son adecuados para el nivel de ruido y el nivel de polvo de azúcar incumpliendo con ello estándares ambientales y poniendo en riesgo la salud de los operarios.

Del análisis, se deduce que en este punto crítico se deben de realizar dos tipos de medidas:

-Medidas correctivas en los niveles de control que deben incluir con el adecuado equipamiento de los operarios para el nivel de ruido y emisión de polvo de azúcar para cumplir con los estándares ambientales.

-Medidas de prevención para emisiones polvo de azúcar, que deben incluir el uso de filtros.

g. Análisis de resultados en el punto crítico 7: Osmosis – Casa de fuerzas

La casa de fuerzas como punto crítico 7, fue evaluado por emisiones de ruido y por los niveles de control. Los resultados, muestran que las emisiones de ruido son eventuales y de igual forma se desarrollan sus niveles de control.

Las medidas de control son las adecuadas pero se requiere cumplir con estándares ambientales lo que incluye dotar de equipos de seguridad a los operarios.

h. Análisis de resultados en el punto crítico 8: Concretera – PTAR

La concretera es el último punto crítico y fue evaluado por emisiones de polvo y por los niveles de control. Los resultados, muestran que las emisiones de polvo son puntuales o eventuales y las acciones de control son también eventuales.

Las medidas de control son las adecuadas pero se requiere cumplir con estándares ambientales lo que incluye dotar de seguridad a los operarios

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDIACIONES

5.1. Conclusiones

5.1.1. Implementación del Sistema de control de calidad del proceso de cogeneración de energía.

- a. La realización de capacitaciones, charlas a los operarios contribuyen en un óptimo desempeño en sus respectivas áreas a desarrollar.
- b. Implementación de estándares nacionales de calidad ambiental del aire, el suelo, ruido y agua.
- c. Un estudio de eficiencia energética de caldera actual con una de mayor presión (>60 bares) ya que como se ha podido ver en la figura 36 (pag.89), aun no se está aprovechando al 100% el valor energético del bagazo.
- d. Si se aprovecha eficientemente toda fuente de energía se podría tener ingresos adicionales vendiendo a la red eléctrica interconectada.
- e. La evaluación interna en diferentes puntos críticos se pueden realizar mejoras en los diferentes niveles de control (ruido, gases contaminantes, material particulado, etc) para luego solicitar una auditoria

5.1.2. Identificación de puntos críticos del proceso

- a. Se concluye que el principal punto crítico son los operarios que laboran en el proceso de cogeneración de energía, ya que estos no pueden interpretar las diferentes variables y parámetros de control, para un desarrollo eficiente en el proceso de cogeneración de energía.

b. En la mayoría de las áreas de los puntos críticos del proceso de cogeneración, los niveles de control no son los adecuados, deben realizarse medidas correctivas, como controles intensos y constantes, así como también medidas de mitigación como instalación de cadena de filtros, aislamiento de equipos para disminuir el ruido, dotar de equipos idóneos para los operarios.

5.1.3. Valoración de pérdidas de energía en el proceso

a. Los resultados permiten concluir que hay perdidas de energía debido al uso de una caldera de 40 bar presión, con la cual se obtiene energía eléctrica generada entre 0.22MWh a 0.25MWh por tonelada de bagazo, en la que se podría aumentar con una caldera de mayor presión (60 bar).

b. Se puede concluir que La empresa pierde dinero, debido a que solo aprovecha entre el 80% y 90% del valor del bagazo, respecto al valor de la energía generada.

c. La pérdida de energía eléctrica inyectada a la red, por superávit, en los meses de enero a julio ascienden a un monto total de S/2 872.09 soles por día, que se pudieron obtener como ingresos adicionales por la venta a terceros o al sistema interconectado bajo el sistema de subasta.

d. Se estima que se podría tener un ingreso mensual de S/. 127 440,00 , vendiendo 2MW al sistema interconectado, ya que se evaluó el consumo de carga de planta que varía entre los 4MW a 5.5MW, teniendo un turbogenerador de potencia de 7.5MW.

5.1.4. Medidas de corrección en el proceso cumpliendo las normas ambientales

- a. Los sistemas de cogeneración de energía son ambientalmente amigables pero no cuentan con un sistema de control de calidad a pesar que existen diversos métodos de control como la ISO, las 5s para industria.
- b. El cumplimiento de estándares ambientales es muy limitado, ya que hay desinterés por la política de turno por promover políticas ambientales, como premios económicos y tributarios.
- c. Mantenimiento periódico de los precipitadores, multiciclón, exaustores ventiladores electrostáticos para una mayor eficiencia de descontaminación.

5.1.5. Capacidad técnica del personal que labora en el proceso de cogeneración

- a. El personal técnico no cuenta con experiencia y carece de conocimientos en cogeneración de energía como se muestra en la encuesta realizada en la pg. 82.
- b. Los operarios no reciben ningún tipo de capacitación, desconocen de controles de calidad y de temas ambientales.
- c. La capacitación y mejora de los conocimientos de los operarios al parecer no es prioridad para el desarrollo de la empresa.

5.2. Recomendaciones

Como parte de sistema de control de calidad del proceso de cogeneración se recomienda realizar las mejoras que corresponden a continuación:

- a. Implementación del mejoramiento continuo en los operarios, en los temas de cogeneración de energías de control de calidad.
- b. Cumplimiento de los estándares ambientales que permitan premios económicos y tributarios, como controles periódicos por empresas especializadas que puedan determinar los niveles de emisiones de gases que salen de la chimenea de la caldera.
- c. Reducir el porcentaje de humedad del bagazo en el molino secador.
- d. Se recomienda que el mayor consumo de vapor debe utilizarse en el turbogenerador y hacer el menor uso de las válvulas reductoras de vapor, como se muestra en el plano 3.
- e. Se recomienda la instalación de otro turbogenerador de extracción-condensación, que permita obtener mayores excedentes de energía, con la finalidad de vender energía a la red eléctrica, ya que se cuenta con grandes excedentes de bagazo como se muestra en el anexo 06, bagazo sobrante para la venta u otros usos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1) Abreu Elizundia, Hanserth, Meilyn González Cortés, Odlanier Rico Ramírez, Marlén Morales Zamora, y Rubén Espinosa Pedraja. *Evaluación de esqueñas de cogeneración de energía a partir de bagazo de caña de azúcar*. Cuba: Feijjo, 2015.
- 2) Aguilar Rivera, Noé. *Reconversión de la cadena agroindustrial de la caña de azúcar en Veracruz Mexico*. Toluca, 2013.
- 3) Alderetes, Carlos. *Calderas a bagazo: Proyecto, operación y mantenimiento*. Tucumán, 2016.
- 4) ASOCAÑA. «Cogeneración.» junio de 2017.
<https://www.asocana.org/documentos/562017-BC7B477D-00FF00,000A000,878787,C3C3C3,0F0F0F,B4B4B4,FF00FF,2D2D2D.pdf>
(último acceso: 20 de agosto de 2018).
- 5) Becerra Quiroz, Ana Paola, Angélica Lucía Buitrago Coca , y Pedro Pinto Baquero. *Sostenibilidad del aprovechamiento del bagazo de caña de azúcar en el Valle del Cauca, Colombia*. Cauca , 2016.
- 6) Becerra Quiroz, Ana Paola, Angélica Lucía Buitrago Coca, y Pedro Pinto Baquero. *Sostenibilidad del aprovechamiento del bagazo de caña de azúcar en el valle de Cauca, Colombia*. Bogotá, 2016.

- 7) Blanco Orozco, Napoleón Vicente, y Eduardo Arce Díaz. *El uso eficiente de la energía eléctrica en los ingenios azucareros como distribución al desarrollo sostenible de Nicaragua*. Vol. 26. 2013.
- 8) Cabezón Gutiérrez, Saúl. «Control de calidad en la producción industrial.» Valladolid, 2014.
- 9) Chacón Chauca, Justo Antonio. «Propuesta técnica para el incremento de procesamiento de caña de azúcar 300 T/H del trapiche de un ingenio azucarero en el norte del Perú.» Tesis de grado, PUCP, Lima, 2014.
- 10) Chávez Rodríguez, Mauro Francisco, y Luis Ricardo Chirinos García. *Evaluación termo económica de Sistemas de Cogeneración a Bagazo de Caña de Azúcar y su Desarrollo en el Perú*. Lima: Guzlop, 2012.
- 11) Crispin, Marianella, Erika Felix, y Julián Andrés Quintero. «Metodología aplicada en análisis tecno-económico y medio ambiental en base a procesos de ingeniería: Aplicación a Estudios de Biocombustibles.» En *Bioenergía y seguridad alimentaria*. Lima, s.f.
- 12) De Boeck, Guillermo, L Patricia Garolera De Nucci, Federico Franck Colombres, Dora Paz, y Mario Octaviano. *Simulación de sistemas de cogeneración en la industria azucarera de Tucumán*. Tucuman, 2011.
- 13) Domínguez Bravo, Francisco. «Cogeneración de energía, eléctrica y térmica, mediante un sistema híbrido biomasa-solar para explotaciones agropecuarias en la isla de Cuba.» Madrid, 2017.
- 14) FAO. *Sistema de análisis de peligros y de puntos críticos de control*. 2014.
- 15) Fernández , Omar A, y Graciela Augsburguer. *Los ruidos como contaminantes en la ciudad de San Luis, Argentina*. San Luis , 1993.

- 16) Gil Unday, Zuleiqui. «Estudio de impacto ambiental del uso del bagazo como fuente de energía en centrales azucareros en Cuba. Estudio de caso "Melanio Hernández".» Universidad de Girona, Matanzas, 2011.
- 17) Guadalupe Mendoza, José. «Balances de vapor y energía en ingenios azucareros.» *Workshop Congreso de Ataca*. 2017. 22.
- 18) Ingenio Providencia S.A. «Procesos y cogeneración de energía.» 2013.
- 19) INTA. *Researchgate*. 11 de noviembre de 2015.
https://www.researchgate.net/publication/273130849_Potencialidades_de_generacion_de_electricidad_a_partir_de_biomasa.
- 20) Marcelo Aldana, Mario Daniel, Waldir Antonio Bizzo, y Marcoantonio Víctor Álamo Viera. «Evaluación del potencial energético de los residuos de la caña de azúcar en el Perú.» Huancayo, 2016.
- 21) Notario, Esther, y Juan Manuel Bringas. «Estudio de impacto ambiental: Planta de cogeneración de papelera Guipuzcoana de Zucunaga.» Madrid, 2007.
- 22) Orrego Moya, Roxana. «Estado del arte y novedades de la bioenergía en el Perú.» Lima, 2011.
- 23) Quispe Chanampa, Carlos Nicolas. *Análisis energético de un sistema de cogeneración con un ciclo combinado y gasificación para la industria azucarera*. Piura, 2010.
- 24) Rodríguez Ramos, Pedro, Aldo Ometto, Geraldo Lombardi, y Lourdes Zumalacarregui. *Potencialidades de generación de electricidad a partir de biomasa*. agosto de 2010.
https://www.researchgate.net/publication/273130849_Potencialidades_de_generacion_de_electricidad_a_partir_de_biomasa (último acceso: 21 de septiembre de 2018).

- 25) Rubina Castañeda, Héctor. «Fabricando nuestra dulce historia.» *El Cañerito*, 2017: 8.
- 26) Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. «Reducción del consumo del petróleo y generación de energía eléctrica en los ingenios.» *Boletín técnico informativo del sector de la caña de azúcar*, 2016.
- 27) Silvestrin, C. *Programa bioeletricidade 2011 - 2020, reduzindo emissões & agregando valor ao setor elétrico*. 2011.
- 28) Valdés Delgado, Antonio. *La generación y el uso del hidrógeno para el suministro de caña a la industria azucarera*. Cuba, 2015.
- 29) Valencia Boterio, Mónica, y Carlos Cardona Alzate. *Evaluación ambiental para procesos que usan residuos de la industria de los biocombustibles con materias primas*. 2013.
- 30) Vásquez Acuña, Luis Abanto. «Predecir mediante el análisis exergético de la tecnología adecuada de cogeneración para la optimización de la planta azucarera San Jacinto.» Tesis de grado, Chimbote, 2017.
- 31) Vílchez Gutty, Nelson. «Evaluación técnica y económica para incrementar la cogeneración de energía en la empresa industrial Pucalá S.A.C.» Tesis de grado, Universidad César Vallejo, Chichayo, 2016.

ANEXOS