



Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), Noviembre-Diciembre 2025,
Volumen 9, Número 6.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i6

IMPACTO DE LA COGENERACIÓN CALIFICADA EN ABASTECIMIENTO DE ENERGÍA EN PLANTAS DE HARINA DE PESCADO

**IMPACT OF QUALIFIED COGENERATION ON ENERGY SUPPLY IN
FISHMEAL PLANTS.**

Robert Fabian Guevara Chinchayan
Universidad Nacional del Santa

Denis Javier Aranguri Cayetano
Universidad Nacional del Santa

Jenneviene Janet Sosa Sandoval
Universidad Nacional del Santa

Guillermo Edward Gil Albarran
Universidad Nacional del Santa

Impacto de la cogeneración calificada en abastecimiento de energía en plantas de harina de pescado

Robert Fabian Guevara Chinchayan¹

rguevara@uns.edu.pe

<https://orcid.org/0000-0002-3579-3771>

Universidad Nacional del Santa.

Peru

Denis Javier Aranguri Cayetano

daranguri@uns.edu.pe

<https://orcid.org/0000-0002-6119-2072>

Universidad Nacional del Santa

Peru

Jenneviene Janet Sosa Sandoval

jsosa@uns.edu.pe

<https://orcid.org/0000-0002-8200-7577>

Universidad Nacional del Santa.

Peru.

Guillermo Edward Gil Albarran

ggil@uns.edu.pe

<https://orcid.org/0000-0003-3782-6765>

Universidad Nacional del Santa.

Peru.

RESUMEN

La cogeneración es una tecnología de autoabastecimiento de energía eléctrica y térmica de forma simultánea aplicado al sector industrial o servicios. El objetivo es evaluar el impacto de cogeneración calificada en abastecimiento de energía primaria en plantas de harina de pescado. El diseño de la investigación pre-experimental. Emplea el método deductivo y descriptivo. La muestra de estudio es una planta de harina de pescado de 60 t/h de capacidad de procesamiento, también los cálculos se aplican a plantas de 10, 30, 90, 120 y 180 t/h de capacidad. Se elaboró una matriz de selección de alternativas para cogeneración calificada, seleccionándose a las turbinas de gas operando con gas natural. Se dimensionó la planta de cogeneración calificada para una empresa de harina de pescado de 60 t/h, con un límite metalúrgico de 4,9, exceso de aire de 360%, relación de presiones entre 10 a 17, cumpliendo con los criterios de calificación de 0,833 para la relación de cogeneración y de 0,802 para el rendimiento eléctrico efectivo. Se estimó una reducción de costos entre 18,3 a 34,4 % con una matriz energética con gas natural, para una operación de 100 horas mensuales y una reducción de emisiones de 507,3 Ton. CO₂.

Palabras clave: cogeneración calificada, tecnología energética, plantas industriales, autoabastecimiento de energía

¹ Autor principal

Correspondencia: rguevara@uns.edu.pe

Impact of qualified cogeneration on energy supply in fishmeal plants.

ABSTRACT

Cogeneration is a technology for the simultaneous self-supply of electrical and thermal energy applied to the industrial or service sectors. The objective is to evaluate the impact of qualified cogeneration on the primary energy supply of fishmeal plants. The research design is pre-experimental and employs a deductive and descriptive method. The study sample is a fishmeal plant with a processing capacity of 60 t/h; the calculations are also applied to plants with capacities of 10, 30, 90, 120, and 180 t/h. A matrix for selecting qualified cogeneration alternatives was developed, and gas turbines operating on natural gas were selected. The qualified cogeneration plant was sized for a 60 t/h fishmeal company, with a metallurgical limit of 4.9, 360% excess air, and pressure ratios between 10 and 17, meeting the qualification criteria of 0,833 for the cogeneration ratio and 0,802 for effective electrical efficiency. A cost reduction of between 18,3% and 34,4% was estimated with a natural gas-based energy mix, for an operation of 100 hours per month, and a reduction in CO₂ emissions of 507,3 tons.

Keywords: qualified cogeneration, energy technology, industrial plants, energy self-sufficiency

Artículo recibido 20 octubre 2025

Aceptado para publicación: 15 noviembre 2025



INTRODUCCIÓN

En el mundo, los países han iniciado procesos de transformación dentro de sus matrices de energía, así como en sus esquemas y estructuras de mercado y consumo de la energía, básicamente por la imperiosa necesidad de reducir costos, cumplir con compromisos medioambientales y brindar seguridad al sistema energético, a través de reformas que impulsan implementar tecnologías tal como la generación distribuida y la cogeneración, las cuales se presentan como soluciones alternas para el aumento de la demanda (Gielen et al., 2019). Los centros productivos requieren día a día ingentes volúmenes de electricidad para poder satisfacer su consumo y máxima demanda, la cual es abastecida a través de los sistemas eléctricos de potencia, donde predominan las matrices de generación del tipo hidrotérmica, donde las centrales termoeléctricas por lo general cubran las máximas demandas del sistema, estas centrales operan con un grado de eficiencia según su tipo de tecnología, aprovechándose tan solo una fracción de la energía primaria disponible (Huertas y Santos, 2020). El sector industrial de harina de pescado tiene un esquema de producción standard a nivel mundial, para lo cual es indispensable la disponibilidad de energía eléctrica empleados en fuerza motriz y energía térmica para extraer grandes volúmenes de agua en las operaciones unitarias de secado, cocción, evaporación y calentamiento (FAO, 2003). Se tiene una estructura de consumo promedio de energía equivalente en el cual el 5% consumo está asociada a la energía eléctrica y el 95% a la energía térmica, este grado de participación predomina independientemente si la planta está ubicada en Noruega o en Chile (Høyli & Aarsaether, 2023).

La cogeneración se define como la producción secuencial y/o simultánea de energía eléctrica y/o mecánica y de energía térmica aprovechable (calor útil) en los procesos industriales de una Planta Consumidora de Energía a partir de una misma fuente de energía primaria. (Godos, 2011). La cogeneración es una tecnología que permite la producción y el aprovechamiento combinado de calor y electricidad con un elevado rendimiento, por lo que es posible conseguir un ahorro considerable de combustible y de paso reducir las emisiones de CO₂, SO₂ y NO_x que son causantes del efecto invernadero. La cogeneración es en la práctica un concepto muy antiguo. La American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, define la Cogeneración como un proceso energético en el que una fuente primaria produce dos formas útiles de energía: calor y electricidad. (Aguilar, 2021). La reducción de consumo de energía primaria obtenido es de 36%, debido a que el



consumo de combustible representa la energía primaria a través la cual se genera los distintos tipos de energía útil que requiere la planta consumidora de energía, a diferencia del sistema convencional de energía en la cual debe adquirirse externamente tanto el combustible como la energía eléctrica. (Rojas, 2021). Dentro de la integración global de los procesos, la cogeneración ocupa un nivel muy importante para su implementación en los centros industriales, en los cuales aún las energías renovables son difíciles de implementar (por diversos factores como espacio, elevado valor de la máxima demanda, consumo de energía eléctrica a cualquier instante de tiempo, entre otros) (Turboden, 2025). En cambio, en nuestro país, al margen de la promulgación del Reglamento de cogeneración, el cual no se ha promovido de manera responsable, tan solo 5 empresas (independientemente de las empresas azucareras) han implementado en el Perú destacando las plantas de cogeneración en las Empresas Fibras Sudamericanas y las Refinerías de Talara y La Pampilla, sin tener aun aplicación en las industrias de harina de pescado (Robles & Valera, 2022). El 2016 la Dirección de Eficiencia Energética del MINEM publico la Guía del Uso Eficiente de la Energía para la Industria Pesquera con la finalidad el objetivo de establecer los procedimientos que permitan optimizar el consumo de energía evaluar y cuantificar el uso racional de los recursos energéticos en todas sus formas, con lo cual la cogeneración se presenta como una tecnología que puede cubrir la demanda energética del sector que en unidades de energía equivalente el 95% esta referido al consumo de energía térmica y el 5% al consumo eléctrico (AF-Mercados, 2016). Del mismo modo Stenevik et al. (2023) las máximas demandas de energía eléctrica en la industria pesquera varían según la capacidad de planta desde 4,5 MW a 0,25 MW, con capacidad de generación de vapor entre 4 000 a 1 000 BHP en promedio.

Karaali, R. y Öztürk, I (2016) en su artículo de investigación Performance analyses of gas turbine cogeneration plants, plantean un diseño experimental, dentro de sus resultados tenemos que el aumento de la relación de presión resulta en una mayor potencia eléctrica para ciclos de potencia pura, incrementándose, pero el flujo de calor sensible de los gases para aprovechar se reduce. El aumento en la tasa de exceso de aire incrementa la cantidad de combustible por unidad de electricidad, pero una reducción de la potencia efectiva. Concluyen que al cambiar la relación de presión de 6 a 16, la eficiencia energética y la potencia eléctrica aumentan aproximadamente un 12 % y un 22 %, pero la eficiencia energética y la potencia térmica disminuyen aproximadamente un 7 % y un 28 %, respectivamente. La



potencia eléctrica aumenta un 20 %, pero la potencia térmica disminuye aproximadamente un 11 % para el ciclo simple.

Morales (2013) evaluó un sistema de cogeneración para una industria química con una máxima demanda de 1,4 MW que abastece el 100% las demandas eléctrica y térmica, del mismo modo el periodo de retorno de la inversión es mayor a 4 años, aplicando un análisis económico de los beneficios de certificación de cogeneración eficiente, tal como lo son el pago por capacidad y participación en bolsa de energía, los indicadores de inversión oscilan entre 1 000 y 2 000 U\$/KW. Lara (2021) indica que la cogeneración es una alternativa para un abastecimiento seguro y eficiente de energía. Se cuenta disponible con un alto potencial de cogeneración, el cual no es aprovechado, sobre todo por falta de políticas de incentivos y promoción. Las ventajas de la cogeneración con turbinas a gas en comparación a la generación con motores de combustión interna esta referido a sus bajas emisiones de NO y CO₂.

Tiemensma, J. (2019) en su tesis Gas Turbines for Heat Generation: Conceptual Comparison & Design for Stack Loss Reduction, tiene por objetivo desarrollar un diseño conceptual del método de aprovechamiento del calor para un alto rendimiento. Su diseño es aplicativo. Dentro de sus resultados se identificaron cuatro conceptos que podrían mejorar la operación de una turbina de gas de cogeneración los cuales son: inyección de vapor, recirculación de gases de combustión, combustión suplementaria e implementación de una caldera en la cámara de combustión. Concluye que el sistema de inyección de vapor a la cámara de combustión genera una mayor potencia efectiva, pero el aprovechamiento del flujo de calor en generar el vapor para la inyección, reduce en parte el flujo de calor útil de los gases para generar el flujo de calor útil de planta.

Rojas, L. (2021) en su tesis Relación entre la capacidad de cogeneración y la cobertura de la demanda en empresa Cantarana S.A, plantea como objetivo evaluar la relación entre la capacidad de cogeneración y la cobertura de la demanda en la Empresa. Su investigación es descriptiva, cuantitativa y no experimental. Dentro de sus resultados tenemos que la potencia térmica útil saliente de la turbina de gas si cubre la totalidad de la potencia térmica útil requerida que es igual a: 42,15 MW el cual deberá ser cubierto por el flujo de calor sensible de los gases de la combustión. Concluye que la capacidad de la planta de cogeneración en función a la cobertura de la máxima demanda eléctrica, genera 2,4 MW, con lo cual tan solo se genera el 12 % de la potencia térmica útil requerida de un valor de 5,06 MW,



consumiendo un total de 0.155 kg/s de gas natural, con un heat rate de 12.97 MMBTU/MWh. Siendo sus parámetros técnicos de diseño: relación de presiones igual a 10, límite metalúrgico igual a 4.8 y un exceso de aire de 360 °C.

Las centrales de cogeneración se dimensionan según la demanda eléctrica y térmica de cada centro de consumo para el suministro de sus requerimientos energéticos a diferentes características de carga térmica y eléctrica o diversos regímenes de operación teniendo en cuenta modos de funcionamiento. Se presentan las alternativas para los modos de operación: Cobertura de la demanda eléctrica y un requerimiento adicional de combustible para cubrir la demanda de energía térmica, cobertura de la demanda eléctrica y con el total de la demanda térmica, suministrar la energía térmica necesaria y comercializar los excedentes de energía eléctrica a la red exterior o suministrar la demanda térmica y adquirir la falta de energía eléctrica para cubrir el total de la demanda eléctrica. (Aguilar, 2021)

La tecnología de cogeneración con turbinas a gas permite la cobertura de grandes y medianas demandas térmicas, para un amplio rango de presiones y temperaturas de operación. La potencia efectiva varía desde 1 MW y puede alcanzar valores de 300 MW. Las nuevas turbinas de gas son turbomáquinas térmicas con rendimientos específicos altos, alcanzando eficiencias de planta cercana a 37%. Con un óptimo diseño de cogeneración, se puede recuperar el flujo de calor sensible remanente de los gases de la combustión en una fracción del 80% aproximadamente; así mismo la eficiencia global de la central de cogeneración alcanza valores del 80%. (Afranchi, et al. 2021). Una turbina de gas acoplada a un recuperador del calor sensible de los gases de la combustión es una alternativa tecnológica de vital importancia para ser instaladas en los centros de consumo de energía. Es posible recuperar hasta el 80% del flujo de calor sensible haciendo uso de equipos térmicos especiales con diseños de flujo en contracorriente y empleando materiales como superaleaciones de titanio de alta conductividad térmica. El generador de vapor recuperador de calor asociada a la turbina de gas aprovecha el flujo de calor sensible de los gases de combustión. (Campos, et al., 2015)

En el Perú se promulgo el Reglamento de Cogeneración el año 2006, a través del Decreto Supremo N° 037-2006 del 07.07.2006, que tiene 2 modificaciones, las cuales son los Decretos Supremos N° 082-2007 (24.11.2007) y N° 052-2009 (20.06.2009). En esta normativa se establecen los requisitos y condiciones para optar por calificar a las centrales de cogeneración. Una central de cogeneración



calificada faculta la posibilidad de inyección de los excedentes de energía y potencia al SEIN. (Carranza, 2021). La Relación de Cogeneración, es la relación entre la Potencia efectiva generada en bornes del generador eléctrico (E) y el flujo de calor útil empleado en los centros de consumo de energía. (Gobierno del Perú, 2007). El Rendimiento Eléctrico Efectivo, es un parámetro que relaciona la energía eléctrica producida en bornes del generador con la diferencia entre el calor suministrado a la unidad de cogeneración y el calor suministrado para generar el calor útil por medio de un generador de vapor convencional cuyo rendimiento es 90% (Gobierno del Perú, 2007)

El autoabastecimiento o autogeneración es la tecnología de generación de energía eléctrica por una misma empresa de producción, de servicios o entidad pública con la finalidad de autoabastecerse de forma parcial o total de la electricidad y energía térmica para procesos. Dentro del autoabastecimiento de energía se incluye la generación distribuida aun no implementada en el Perú, los sistemas híbridos con recursos energéticos renovables y la tecnología de la cogeneración, permite la generación simultanea de energía eléctrica y térmica por medio de una única fuente de energía. (Vásquez, 2017)

Conocida la demanda de energía eléctrica y térmica de un centro consumidor y el resto de los factores de diseño, surgen las siguientes interrogantes acerca del sistema de cogeneración a elegir: ¿Qué tecnologías deben instalarse?, esta cuestión se aborda como un problema de síntesis. El término síntesis involucra a la selección de tecnologías que constituirán la estructura productiva del sistema. (García, et al. 2013). La potencia eléctrica demandada está ligada a la potencia térmica, ya que las dos dependen de la producción y la demanda de calor es mayor con respecto a la de electricidad. Para ambas energías habrá una potencia nominal de cálculo. Debido a que es de interés evitar los excedentes de calor y aprovechar el máximo de energía cogenerada, la potencia eléctrica nominal de la demanda será útil para seleccionar la potencia del equipo de cogeneración, el tipo de equipo y la modulación de potencia instalada en una o más maquinas. La potencia de un equipo de cogeneración deberá seleccionarse de manera que se optimice su aprovechamiento. Para esto es necesario considerar que las potencias tanto eléctrica como térmicas demandadas por un sistema, pueden variar entre un valor máximo y un valor mínimo, a lo largo de un día, así como a lo largo de un año. De acuerdo con la potencia del equipo, se presentarán periodos en los que se producirá energía eléctrica en exceso y horas en las que la energía generada tanto eléctrica como térmica será insuficiente. (Carranza,2021)



En el caso de las turbinas a gas, la temperatura máxima de las turbinas a gas está limitada por los materiales y la refrigeración disponible. Un ligero sobrecalentamiento puede destruir la TG. Las turbinas más sencillas funcionan con 1 000- 1 200 °C a potencia nominal, mientras que las de aviación soportan hasta más de 1 200 °C. Para aplicaciones críticas, como turborreactores militares, se admite hasta unos 1 400 °C, especialmente para tiempos cortos. La temperatura de ingreso a la turbina es primordial para el valor final de la temperatura de gases. (Lecuona, 2020)

La recuperación del calor de los gases de escape en turbinas de gas, que son emitidas entre 650 a 500 °C constituye uno de los pilares de la cogeneración moderna, ya que permite transformar la energía térmica residual en vapor útil o agua caliente, incrementando la eficiencia global del sistema y reduciendo el consumo de combustibles fósiles o fuentes de energía primaria (Singh, 2023). Diversos estudios señalan que esta tecnología puede elevar la eficiencia energética total por encima del 75%, comparada con valores menores al 40% en sistemas de generación simple (Eriksen y Sørensen, 2021). Según lo detallado se plantea el siguiente problema: ¿Cuáles son los impactos de la implementación de la cogeneración calificada en el abastecimiento de energía primaria en plantas de harina de pescado? Como Objetivo general, plantea evaluar el impacto de cogeneración calificada en abastecimiento de energía primaria en las plantas de harina de pescado. Y como objetivos específicos: elaborar una matriz de selección de alternativas de tecnologías de cogeneración para las empresas de harina de pescado, dimensionar la capacidad de la planta de cogeneración calificada para la cobertura de demanda térmica y eléctrica en plantas de harina de pescado, evaluar la reducción de costos la planta de cogeneración calificada para la en plantas de harina de pescado y estimar la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en las plantas de harina de pescado al implementarse la cogeneración calificada.

METODOLOGÍA

Se aplico el método deductivo, en la cual la investigación va desde lo general a lo específico; esta es de tipo cuantitativo y aplicada. Seguidamente se halló los diversos efectos que se genera con la cogeneración calificada para la autogeneración de energía en las empresas de harina de pescado. Y el método descriptivo. Porque se busca responder cómo la cogeneración calificada impacta sobre la cobertura de energía en las empresas de harina de pescado. La cual incluye el autoabastecimiento tal de la demanda requerida con una única fuente primaria de energía.



El diseño es pre- experimental y se usa estableciendo una relación entre la causa y el efecto de un problema o situación problemática.

Para una nuestra investigación la muestra fue seleccionada por conveniencia en función al acceso de información de las plantas de harina de pescado disponibles en la Provincia del Santa donde se concentra el 20% de las empresas del país. Las plantas de harina de pescado tienen 6 tamaños estandarizados según su capacidad de planta y por lo tanto incluye las capacidades de planta, según la siguiente descripción: 10, 30, 60,90,120 y 180 toneladas/hora de capacidad.

La parte energética de la muestra de estudio se caracteriza por lo siguiente: El suministro de energía eléctrica a los centros de consumo se efectúa a través de contratos de compraventa del Mercado libre o el mercado regulado, ya sea desde la red de distribución en media o baja tensión, o desde el sistema de transmisión en alta tensión. Con respecto al suministro de combustible, estas son comercializadas por empresas como PECSA, Costa Gas, Energías, etc., las cuales comercializan Petróleo R500 o Biodiesel o GLP. La concesión de la distribución de gas natural en el Perú lo tiene la Empresa Quavii S.A.

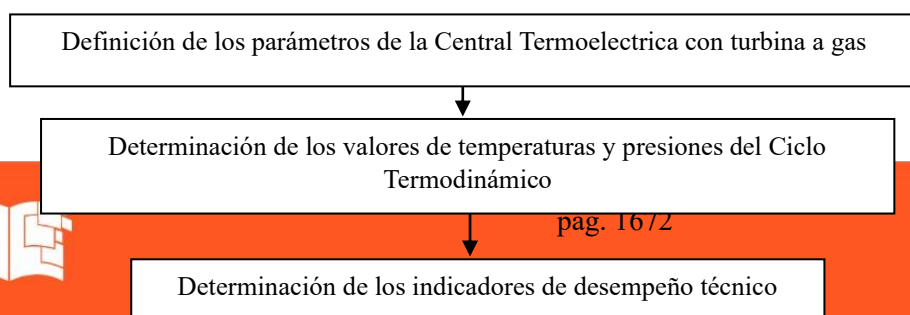
La secuencia del informe realizado es el siguiente:

Determinación de la demanda térmica útil según las 6 capacidades de planta de harina de pescado, para ello se tomó como caso de estudio una planta de harina de pescado de 60 toneladas/hora. Básicamente realizando un balance de energía en las zonas de cocinado y secado. Del mismo modo se recogió la información de la máxima demanda eléctrica. Se recogió la información de las tecnologías de cogeneración existente y se realiza una matriz de selección de la mejor alternativa a implementar en una empresa de harina de pescado.

Se elaboro un modelo de cobertura de la energía total con la tecnología seleccionada según las restricciones del artículo 4° y 5° del reglamento de cogeneración teniendo en cuenta el abastecimiento de la totalidad de la demanda térmica y eléctrica.

Figura 1

Algoritmo para la determinación de la cogeneración calificada con turbinas a gas



Nota. Se esquematiza la secuencia del dimensionamiento de la planta de cogeneración calificada, independiente de la capacidad de procesamiento de la planta de harina de pescado.



Los criterios de calificación se definen la tabla 1

Tabla 1

Criterios de Calificación

	Rendimiento	Relación de
Tecnología/Combustible	Eléctrico Efectivo	Cogeneración
	$REE = E / (Q - (V / 0,9))$	$C = E / V$
Turbina de Vapor de Contrapresión	0.70	0.15
Turbina de vapor de condensación	0.68	0.30
Turbina de gas ciclo simple	0.55	0.40
Turbina de gas ciclo combinado	0.55	0.50
Motores de Combustión Interna	0.55	0.60
Biomasa	0.30	

Nota. Informacion extraída del D.S N° 037-2006 EM

Se determino el impacto de la cogeneración calificada en las empresas de harina de pescado según la capacidad. de planta de la muestra de estudio seleccionada determinándose el ahorro de energía primaria, disminución de costos y disminución de emisión de dióxido de carbono.

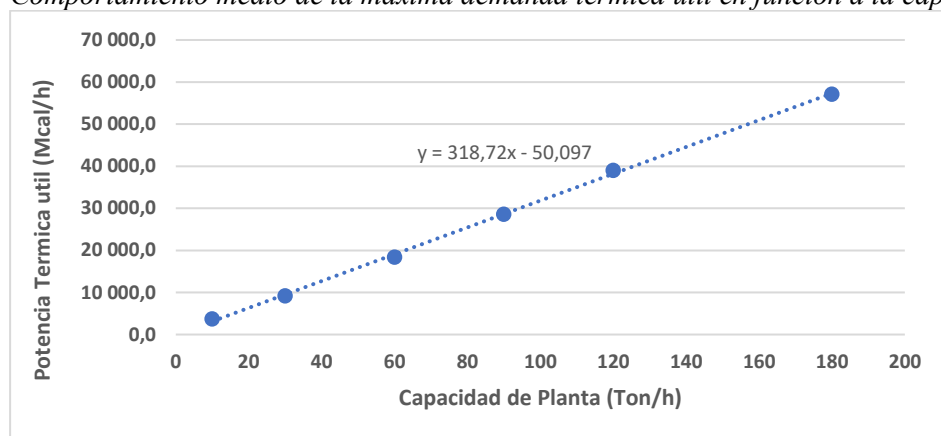
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se presenta el comportamiento medio de la máxima demanda térmica en una empresa de harina de pescado independiente de su capacidad, identificándose que existe una proporcionalidad directa entre la potencia térmica útil con la capacidad de planta, así tenemos por ejemplo para una planta de 60 Ton/hora se tiene una potencia térmica media de 18 390 MCal/h en plena operación. Se presenta el consumo de energía termica en una planta standard de harina de pescado independiente de su capacidad.



Figura 2

Comportamiento medio de la máxima demanda térmica útil en función a la capacidad de Planta

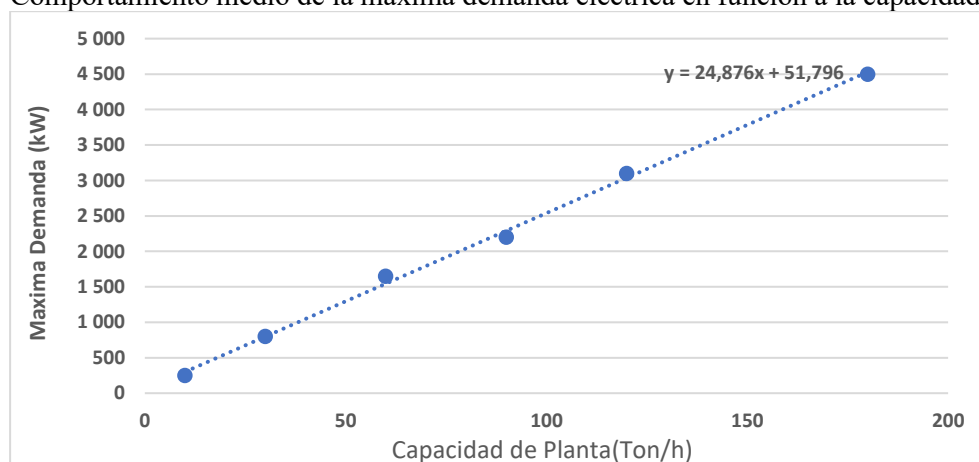


Nota. Se representa el valor de la máxima demanda térmica en función a la capacidad de planta.

Se presenta el comportamiento medio de la máxima demanda eléctrica, identificándose una proporcionalidad directa entre la potencia eléctrica con la capacidad de planta.

Figura 3

Comportamiento medio de la máxima demanda eléctrica en función a la capacidad de Planta



Nota. Se representa el valor de la máxima demanda térmica en función a la capacidad de planta.

Se presenta la matriz de determinación del combustible y tecnología más apropiada para una central de cogeneración, para las plantas de harina de pescado están ubicadas frente o cercanas a la playa.

Tabla 2

Matriz para selección de Tecnología de Cogeneración

Criterio/tecnología	Turbina a gas	Turbina a vapor	Motor de combustión interna
Combustible	Gas Natural	Gas Natural, carbón o petróleo R500	Gas Natural
Adaptación al gas natural	Si, adaptable a combustores de cámaras de combustión	No, presenta un hogar de mayor volumen y quemadores especiales.	Si, adaptable en su sistema de inyección
Respuesta a cambio de carga y sincronización	Modula con rapidez a la variación de carga entre 5-20 MW/minuto	Modula lenta a la variación de carga entre 2-5 MW/minuto	Modula con rapidez a la variación de carga entre 20-30% de su potencia/minuto
Rampa de arranque	Entre 10 a 30 minutos para black start- 2 a 5 minutos en hot start	Entre 2 a 6 horas para black start- 30 a 60 minutos en hot start, agregar 30 minutos para arranque de caldera en black start	Entre 2 a 10 minutos para black start- 1 a 2 minutos en hot start
Requerimiento de Agua para su operación	No requiere	Entre 3 y 4,5 m ³ de agua/MWh	No requiere
Requerimiento de agua para servicios auxiliares	Entre 0,05 y 0,3 m ³ de agua/MWh generado	Entre 0,02–0,6 m ³ de agua /MWh generado	Entre 0,1 y 0,5 m ³ de agua/MWh generado
Inversión(US\$/kW)	900-1 400	1 800-2 500	1 000-1 600



Tiempo de	8-12 meses	18-30 meses	6-9 meses
Montaje para una central de 10 MW			
Heat Rate	9,5 U\$/MMBTU	9,5 U\$/MMBTU	8,859 U\$/MMBTU
Operación(U\$ /MWh)	37	120 (R500)	32
Costo no combustible	2,335 U\$/MWh	3,052 U\$/MWh	3,517 U\$/MWh
Factor de emisiones (kg CO ₂ /TJ)	56,1	77,4	56,1
Relación área/potencia para una central de 10 MW	50-150 m ² /MW	200 a más de 600 m ² /MW	30-80 m ² /MW
Relación de Cogeneración	0,4	0,3	0,6
Potencia efectiva (MW)	0,03-600	0,5- 1 500	0,05-20
Potencia servicios auxiliares	1,5 a 3,5% de su potencia efectiva	2 a 6 % de su potencia efectiva, alcanzando 6% con aerocondensadores	0,5 a 3 % de su potencia efectiva
Contaminación acústica	95-120 dB, ruido continuo y de alta frecuencia	85-105 dB, ruido continuo y de alta frecuencia, e intermitente por descargas	110-110 dB, ruido pulsante y de baja frecuencia, vibración.



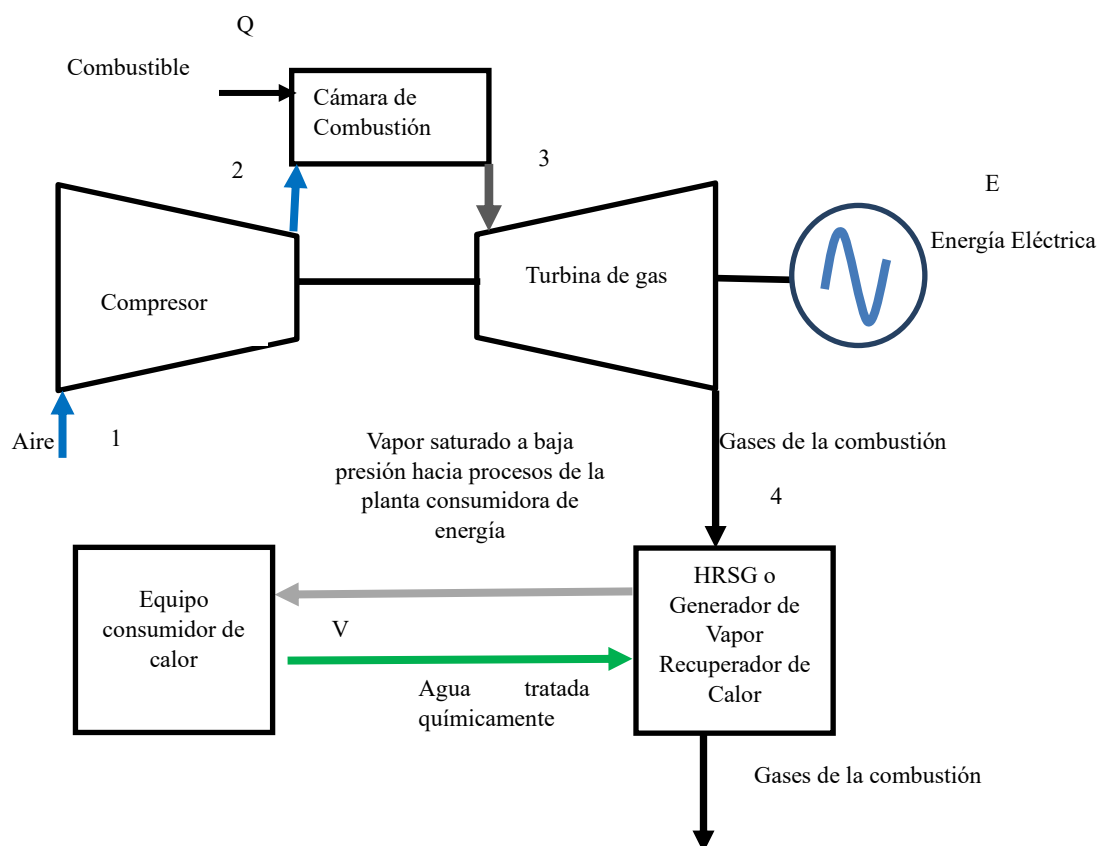
Generación técnica	Alta disponibilidad de emplear gases de combustión remanentes	Disposición para aprovechar vapor generado, reduciendo su flujo en la turbina	Baja disponibilidad de emplear gases de combustión remanentes
Disponibilidad energética de la cogeneración	Alta demanda eléctrica/Alta disponibilidad técnica	Alta demanda eléctrica/Alta disponibilidad térmica	Muy alta demanda eléctrica/Baja disponibilidad térmica
Criterio de selección	Óptimo para operar con gas natural.	Alto requerimiento de agua, inversión, área/potencia, lenta en el sincronismo.	Alta capacidad de generación eléctrica y baja disponibilidad térmica
Decisión	Seleccionado	No seleccionado	No seleccionado

Nota. Se presentan diversos criterios tecnológicos y económicos de selección de la tecnología de cogeneración calificada en plantas de harina de pescado independiente de su capacidad, así tenemos que la tecnología con turbinas a gas representa la mejor alternativa a implementar con gas natural.

Del mismo modo se presenta el diagrama de bloques de la propuesta de tecnología de cogeneración:

Figura 4

Comportamiento medio de la máxima demanda eléctrica en función a la capacidad de Planta

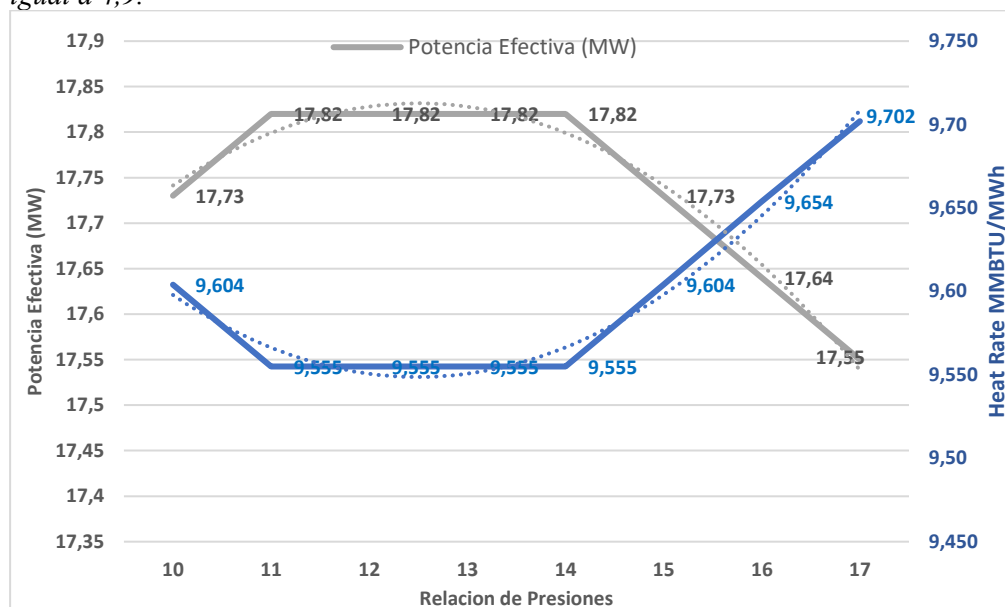


Nota. Se esquematiza en una planta de cogeneración con ciclo joule Brayton simple abierto los parámetros de cogeneración calificada, en donde los valores de Q , V y E permiten el dimensionamiento de la planta de cogeneración.

Del mismo modo se presentan los resultados de los indicadores de la planta de cogeneración variando la relación de presiones del compresor desde valores desde 11 a 17, comprobándose que los valores del Heat Rate, potencia efectiva de planta y de la temperatura real de salida de los gases de la combustión desde la turbina de gas. Dentro del rango de 11 a 14 para las relaciones de presiones se obtiene el mejor desempeño del Heat Rate y la potencia efectiva desarrollada en bornes del generador, manteniendo constante un límite metalúrgico de 4,9 y un exceso de aire de 360%.

Figura 5

Comportamiento de la potencia efectiva generada y el Heat Rate para un exceso de aire de 360% y L.M igual a 4,9.



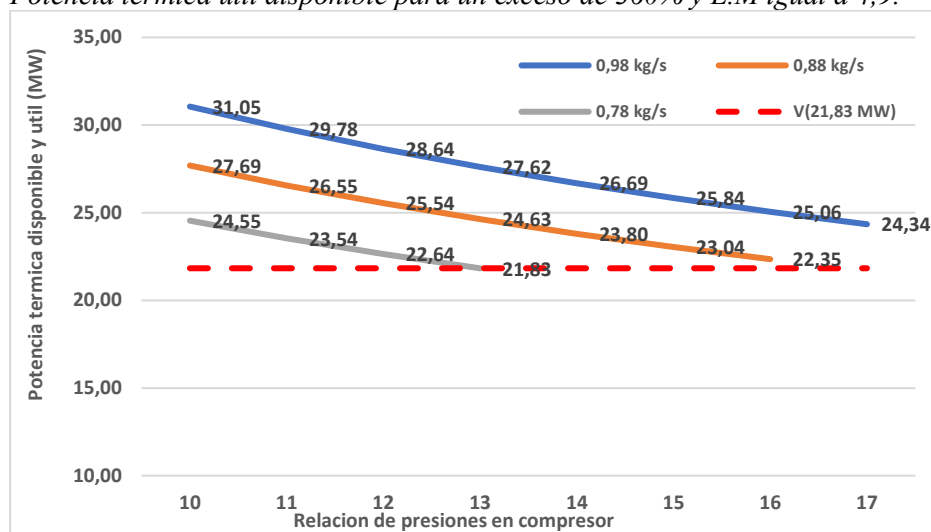
Nota. En la imagen se ilustra para una variación de la relación de presiones de una central con turbina a gas, la potencia efectiva y el Heat rate.

Del mismo modo se menciona que en todas las soluciones desarrolladas el valor de la temperatura de salida de los gases de la combustión oscila entre 513,78 a 605,82°C con lo cual se tiene un potencial de flujo de energía térmica útil para ser empleada en la planta de cogeneración a instalarse a la salida de la turbina a gas.

Se presentan los resultados de los valores de cogeneración calificada para el caso propuesto como ejemplo. Para ello se varió el flujo masico de combustible (gas natural desde 0,98, 0,88, 0,78, 0,68 y 0,58 kg/s, manteniendo constante el exceso de aire de 360% y el límite metalúrgico en 4,9, además teniendo en cuenta que el valor de la potencia térmica útil para la planta de harina de pescado es de 18,17 MW. Se puede observar en la figura siguiente, que para un flujo masico de 0,68 kg/s y con una relación de presiones máxima del compresor de 14 se puede obtener un valor superior de la potencia térmica disponible de los gases de la combustión con respecto a la potencia térmica útil de planta que es igual a 21,38 MW. Por otro lado, para un flujo masico de 0,78 kg/s tan solo con relación de presiones del compresor entre 10 a 13, se alcanza un valor superior de la potencia térmica disponible de los gases de la combustión con respecto a la potencia térmica útil de planta.

Figura 6

Potencia térmica útil disponible para un exceso de 360% y L.M igual a 4,9.

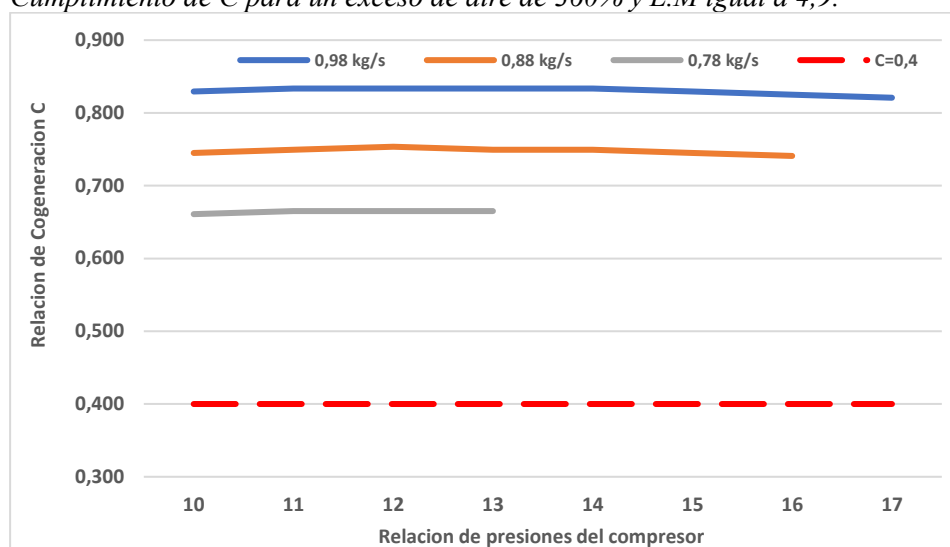


Nota. En la imagen se ilustra para una variación de la relación de presiones de una central con turbina a gas, la potencia térmica disponible y útil.

Para los flujos masicos de combustible evaluados, y teniendo en cuenta la restricción de la potencia térmica útil de planta de 21,83 MW, se incluye los casos para el flujo masico de 0,78 kg/s, 0,88 kg/s y 0,98 kg/s para el cumplimiento de la relación de cogeneración.

Figura 7

Cumplimiento de C para un exceso de aire de 360% y L.M igual a 4,9.

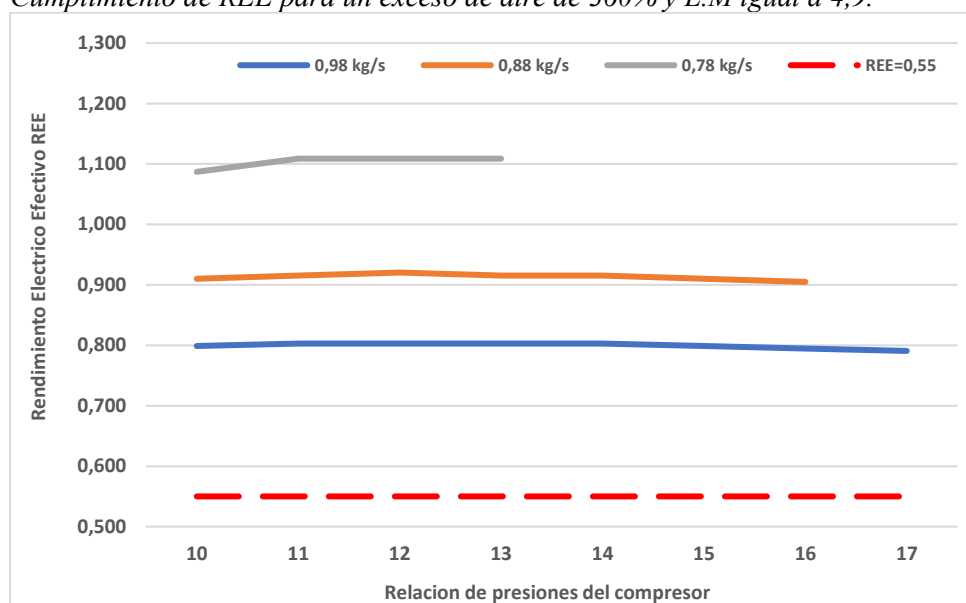


Nota. En la imagen se ilustra para una variación de la relación de presiones de una central con turbina a gas, el cumplimiento de la relación de cogeneración C.

Con referencia al Rendimiento Eléctrico Efectivo, se presentan los resultados de los casos en los cuales se cumple la condición de calificación la cual debe ser mayor a 0,55, y para tan solo los casos en los cuales se cumplen con la restricción de la potencia térmica útil de planta de 21,38 MW, e incluye los casos para el flujo masico de 0,98 kg/s en todos los rangos de relación de presiones y para un flujo masico de 0,88 kg/s para la relación de presión de 10 a 16.

Figura 8

Cumplimiento de REE para un exceso de aire de 360% y L.M igual a 4,9.



Nota. En la imagen se ilustra para una variación de la relación de presiones de una central con turbina a gas, el cumplimiento del Rendimiento Eléctrico Efectivo.

Para los casos evaluados en el cual se cumple los criterios de calificación del Rendimiento Eléctrico Efectivo y de la relación de cogeneración se presentan los beneficios de emplear gas natural como combustible en las centrales de cogeneración a implementar en plantas de harina de pescado de 60 toneladas/hora de capacidad, teniendo en cuenta una relación aire/combustible de 360% y un límite metalúrgico de 4,9.

Dentro del primer impacto de la cogeneración calificada tenemos la reducción global de energía primaria, en este caso gas natural. Esto se obtiene mediante la suma del combustible consumido por la planta de harina de pescado (en calderos) y el combustible equivalente consumido en el SEIN por una central termoeléctrica a gas natural para generar la potencia de la planta de cogeneración entre el consumo de combustible empleado en la planta de cogeneración calificada.

Tabla 3

Reducción de consumo de energía primaria por cogeneración calificada para una planta de harina de pescado.

Cogeneración calificada Planta de 60 Ton/h			
Flujo masico (kg/s)	0,98	0,88	0,78
Potencia eléctrica (E) MW	17,82	16,11	14,22
Potencia eléctrica Planta de harina (MW)	1,65	1,65	1,65
Potencia inyectada SEIN (MW)	16,17	14,46	12,57
Flujo masico (kg/mes)	352 800	316 800	280 800
Abastecimiento convencional con gas natural Planta de harina(procesos)			
Potencia térmica útil(V) MW	21,38	21,38	21,38
Flujo masico (kg/mes)	192 851,0	19 2851,0	192 851,0
Generación eléctrica (SEIN)			
Potencia eléctrica MW	17,82	16,11	14,22
Heat Rate (MMBTU/MWh)	10,213	10,213	10,213
Flujo masico (kg/mes)	377 095	340 909	300 914
Total flujo masico (kg/mes)	569 946,0	533 760,0	493 765,0
Reducción mensual de gas natural			
Reducción gas natural (m ³ /mes)	293 440,5	293 189,2	287 790,5
Reducción unidades de energía (GJ/mes)	10 182,8	10 174,1	9 986,8
Abastecimiento convencional con petróleo R500			
Flujo masico R500 (galones/mes)	58 126	58 126	58 126
Sustitución mensual petróleo R500			
Sustitución R500 (galones/mes)	58 126	58 126	58 126

Nota. En la tabla se ilustra la reducción de gas natural o de petróleo R500 como fuente de energía primaria consumida en una planta de harina de pescado de 60 Ton/h empleando cogeneración calificada en 100 horas mensuales de operación.

Se presentan los resultados del impacto de la cogeneración calificada en diversas capacidades de planta de harina de pescado con respecto al valor máximo y valor mínimo porcentual de reducción de consumo de gas natural. En la tabla se presenta para diversas capacidades de planta la reducción porcentual de gas natural, por ejemplo, para una planta de harina de pescado de capacidad de 60 toneladas/hora, se tiene un máximo de reducción de consumo de gas natural de 43,1% y un valor mínimo de 38,1%. La reducción máxima porcentual de gas natural se consigue para plantas de 10 toneladas/hora de capacidad con un valor de 46,2% y se presenta los valores de sustitución máximo de petróleo R500 según capacidad



de planta para generar la potencia térmica útil, por ejemplo, para una planta de 60 t/h, se tiene un valor de 58 126 galones de petróleo R500 para una operación mensual de 100 horas.

Tabla 4

Valores máximos y mínimos porcentuales de reducción de consumo de gas natural y de sustitución de petróleo R500

Capacidad de planta	Valor mínimo de reducción de consumo de gas natural	Valor máximo de reducción de consumo de gas natural	Sustitución de petróleo R500/mes
10 t/h	38,2%	46,2%	11 580,9
30 t/h	38,5%	43,7%	29 050,4
60 t/h	38,1%	43,1%	58 126,0
90 t/h	38,5%	45,3%	90 198,0
120 t/h	40,1%	44,0%	123 313,1
180 t/h	40,0%	45,2%	180 399,3

Nota. En la tabla se ilustra la reducción de gas natural o de petróleo R500 como fuente de energía primaria consumida en una planta de harina de pescado empleando cogeneración calificada en 100 horas mensuales de operación.

En lo referente a los costos asociados a la cogeneración calificada, esta última permite rentabilidad por inyección de la energía sobrante al SEIN, el cual se obtiene por la diferencia entre el ingreso por la energía inyectada al SEIN menos la diferencia entre la suma de los gastos por consumo de combustible en calderos para generar la potencia térmica útil y el costo de combustible asociado en el SEIN para

cubrir la demanda eléctrica en la planta de harina de pescado menos el costo del combustible consumido en la planta de cogeneración calificada.

Tabla 5

Reducción de costos totales por implementar plantas de cogeneración calificada en función a la reducción del consumo de gas natural total o la sustitución total de petróleo R500 por gas natural.

Capacidad de planta	Reducción de total de gas natural		Sustitución total de petróleo R500	
	Valor máximo	Valor mínimo	Valor máximo	Valor mínimo
10 t/h	39,2%	13,9%	45,4%	22,6%
30 t/h	35,7%	19,5%	42,0%	27,4%
60 t/h	34,4%	18,3%	40,8%	26,3%
90 t/h	39,0%	17,9%	45,1%	26,1%
120 t/h	35,5%	23,9%	41,9%	31,5%
180 t/h	39,1%	23,3%	45,1%	31,0%

Nota. En la tabla se ilustra la reducción total de gas natural o de petróleo R500 como fuente de energía primaria consumida, empleando cogeneración calificada en 100 horas mensuales de operación.

En resumen, las emisiones dejadas de emitir por la implementación de la planta de cogeneración calificada estarán asociadas únicamente al combustible no empleado para la generación de energía térmica, ya sea con gas natural o petróleo R500. El beneficio será mucho mayor cuando la empresa de harina de pescado se encuentre inicialmente consumiendo petróleo R500 en sus generadores de vapor antes de optar por implementar una central de cogeneración calificada.

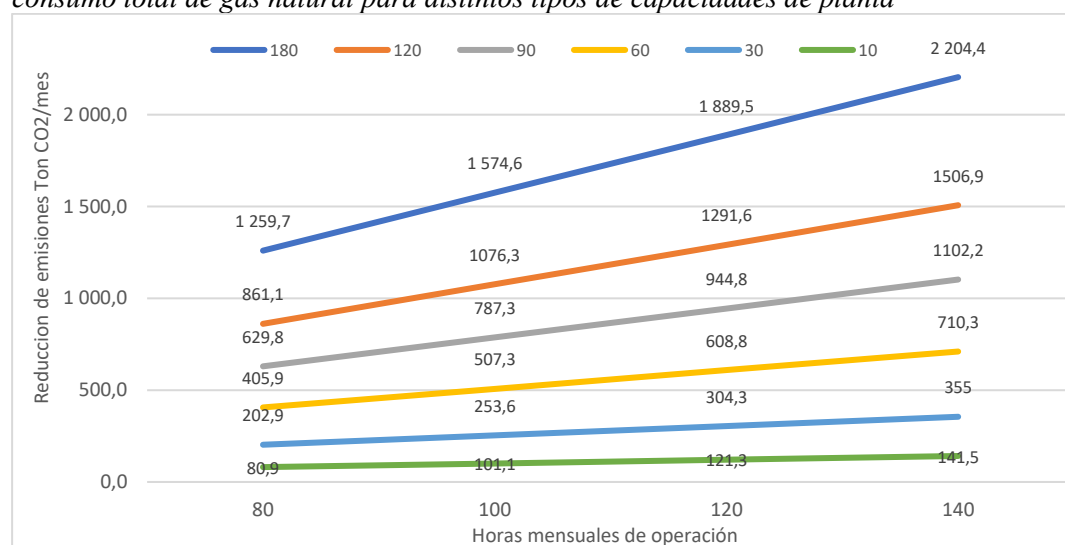
Seguidamente se presentan la reducción de emisiones (en este caso dióxido de carbono), para plantas de diversas capacidades y teniendo en cuenta 80,100,120 y 140 horas de operación al mes, teniendo en cuenta el reemplazo tanto de gas natural como de petróleo R500 en sus generadores de vapor e implementar plantas de cogeneración calificada.

Con respecto a las emisiones de dióxido de carbono dejadas de emitir al reemplazar el gas natural empleado en los generadores de vapor al implementar una planta de cogeneración calificada, los beneficios para una planta de harina de pescado de 60 Toneladas/hora de capacidad, para 80 horas mes de operación se puede dejar de emitir 405,9 Ton. CO₂ al mes, mientras que con 140 horas al mes de

operación se pueden alcanzar reducciones de hasta 710,3 Ton. CO₂ al mes. Para el caso de plantas de harina de pescado de mayor capacidad (180 Toneladas/hora de capacidad) se pueden alcanzar valores de 2 204,4 Ton. CO₂ al mes dejadas de emitir en 140 horas al mes de operación. Mientras que para plantas de harina de pescado de menor capacidad (10 Toneladas/hora de capacidad) se pueden alcanzar valores de 80,9 Ton. CO₂ al mes dejadas de emitir en 80 horas al mes de operación.

Figura 9

Emisiones de CO₂ dejadas de emitir al implementar cogeneración calificada y por la reducción del consumo total de gas natural para distintos tipos de capacidades de planta

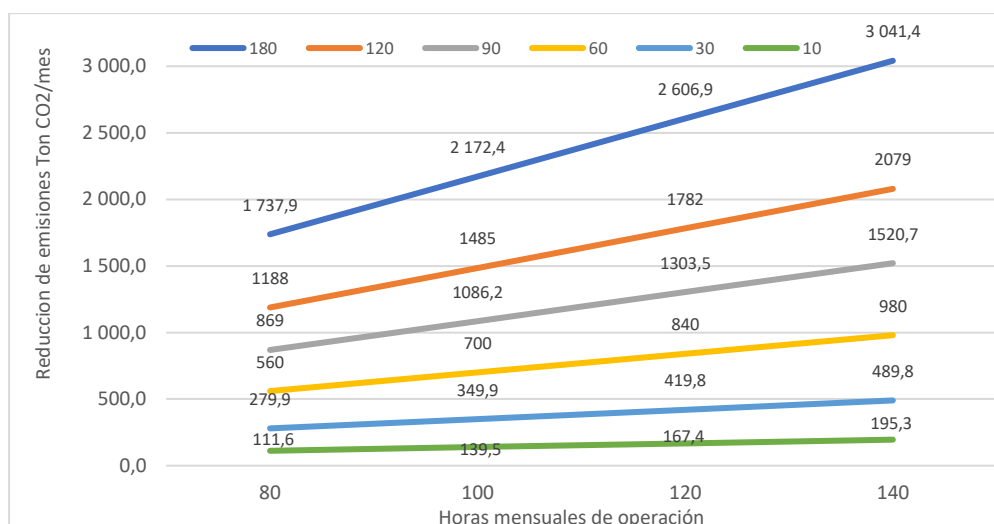


Nota. En la imagen se ilustra para diversas horas de operación de planta, la reducción de emisiones de CO₂ para diversos tipos de capacidad de planta.

Con respecto a las emisiones de dióxido de carbono dejadas de emitir al reemplazar el petróleo R500 empleado inicialmente en los generadores de vapor al implementar una planta de cogeneración calificada, los beneficios para una planta de harina de pescado de 60 Toneladas/hora de capacidad, para 80 horas mes de operación se puede dejar de emitir 279,9 Ton. CO₂ al mes, mientras que con 140 horas al mes de operación se pueden alcanzar reducciones de hasta 980 Ton. CO₂ al mes (lo cual representa 269,7 Ton. CO₂ al mes más con respecto al empleo de gas natural).

Figura 10

Emisiones de CO₂ dejadas de emitir al implementar cogeneración calificada y sustituir al petróleo R500 para distintos tipos de capacidades de planta



Nota. En la imagen se ilustra para diversas horas de operación de planta, la reducción de emisiones de CO₂ para diversos tipos de capacidad de planta.

En la investigación de Karaali, R. y Öztürk, I (2016) se plantea que el aumento de la relación de presión genera una mayor potencia efectiva para los casos de generación eléctrica pura, para ello evaluó el comportamiento de la central termoeléctrica con turbina a gas desde una relación de presiones de 6 a 12, con lo cual alcanzó un incremento de su potencia eléctrica, reduciendo su disponibilidad térmica por parte de los gases de la combustión saliente de la turbina. En nuestro caso se evaluó el comportamiento de la turbina de gas dentro de un rango de prelación de presiones entre 10 a 17, alcanzando un valor máximo de potencia efectiva cuando se opta por una relación de presiones de 13 a 13,5, incrementándose el flujo de calor disponible de los gases de la combustión, el cual es requerido para una instalación de cogeneración.

Morales, A. (2013) plantea en su trabajo de tesis la implementación de la cogeneración en la Industria Química de México para lo cual plantea una empresa en la cual se instala una central de cogeneración de 1,4 MW se abastece el 100% de la demanda eléctrica y térmica, en el cual es viable con el empleo del gas natural el cual tiene un costo para ese año 6 U\$/MMBTU. En nuestra investigación se toma 6 tipos de capacidades de planta, como es el caso de una planta de harina de pescado de 60 Toneladas/hora de capacidad de procesamiento al cual se debe instalar una central de cogeneración de 17,82 MW para abastecer la totalidad de su demanda térmica y eléctrica, y cumplir con el reglamento de cogeneración

del Perú, inyectándose 16,17 MW a la red exterior.

Del mismo modo Tiemensma, J. (2019) en su investigación para la mejora del desempeño de la central Termoelectrica con turbinas a gas identifico que la tecnología de la inyección de vapor a la cámara de combustión permite un incremento de la potencia efectiva, mejorando el heat rate, pero reduce el flujo de calor útil para ser utilizado en la planta industrial, a diferencia en la presente investigación en la cual se optó por dar prioridad al flujo de calor útil en planta para cubrir la demanda térmica el cual tiene un alto valor en comparación a la demanda eléctrica.

En la investigación de Rojas, L. (2021) la potencia térmica útil saliente de la turbina de gas no cubre la totalidad de la potencia térmica útil requerida que es igual a 42,15 MW. Se requiere una demanda eléctrica de 2,4 MW, con lo cual tan solo se genera el 12 % de la potencia térmica útil requerida de un valor de 5,06 MW, consumiendo un total de 0.155 kg/s de gas natural, con un heat rate de 12.97 MMBTU/MWh. Siendo sus parámetros técnicos de diseño: relación de presiones igual a 10, limite metalúrgico igual a 4.8 y un exceso de aire de 360 °C. En nuestra investigación se alcanza a cubrir con las soluciones obtenidas la totalidad de la demanda térmica de planta, para una planta de 60 t/h se requiere una máxima demanda eléctrica de 1,65 MW , generándose 17,82 MW eléctricos y cumpliendo con los requisitos de la cogeneración calificada.

CONCLUSIONES

Se elaboro una matriz de selección de alternativas para la cogeneración calificada en plantas de harina de pescado, comparándose tecnologías con turbinas a gas, turbinas a vapor y motores de combustión interna, seleccionándose la primera ella, en función a que emplea gas natural como combustible, solo requiere agua para sus servicios auxiliares, el tiempo de montaje es de 12 meses, tiene una relación alta demanda eléctrica/alta disponibilidad térmica, pueden encontrarse comercialmente desde unidades de 50 kW hasta 200 MW.

Se realizo el dimensionamiento de la capacidad de la planta de cogeneración calificada para una empresa de harina de pescado de 60 toneladas/hora, con un limite metalúrgico de 4,9, exceso de aire de 360%, variando la relación de presiones de 10 a 17. Mantenimiento una potencia térmica útil de 18,17 MW para una planta de harina de pescado de 60 toneladas/hora y cumpliendo con los criterios de calificación de 0,833 para la relación de cogeneración y de 0,802 para el rendimiento eléctrico efectivo.



Se estima una reducción de costos por implementar la cogeneración calificada en las plantas de harina de pescado, así tenemos para el caso de una planta de harina de pescado de 60 Toneladas/hora de capacidad, obtiene una reducción entre 18,3 a 34,4 % cuando se reemplaza una matriz energética con gas natural, mientras que para la sustitución de una matriz con petróleo R500 la reducción de costos oscila entre 26,3 a 40,8 % para una operación de 100 horas mensuales.

Se estima una reducción de emisiones para el caso de reemplazar gas natural en una planta de harina de pescado de 60 Toneladas/hora de capacidad, para 80 horas mes de operación se puede dejar de emitir 405,9 Ton. CO₂ al mes, mientras que con 140 horas al mes de operación se pueden alcanzar reducciones de hasta 710,3 Ton. CO₂ al mes. Mientras que para la sustitución de petróleo R500 para 80 horas mes de operación se puede dejar de emitir 560 Ton. CO₂ al mes, mientras que con 140 horas al mes de operación se pueden alcanzar reducciones de hasta 980 Ton. CO₂ al mes.

La cogeneración calificada tiene un alto impacto sobre las plantas de harina de pescado, mediante el cual puede abastecerse con una sola fuente de energía para generar tanto energía eléctrica como térmica, e inyectar sus excedentes de energía eléctrica a la red externa, para ello se debe cumplir con el reglamento de cogeneración del Perú.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGESP. (2 de abril de 2025). *Precios de combustibles al alza y se alejan más del valor referencial*.

Diario Gestión. Recuperado de:

<https://gestion.pe/economia/precios-de-combustibles-al-alza-y-se-alejan-mas-de-referencia-internacional-cuanto-subieron-osinergmin-noticia/>

Aguilar, K. Chambi, J. Chávez, F. Loayza, J. y Mendoza, E. *Implementación de una Isla de Cogeneración de 14 MW de Electricidad y 6 t/h de Vapor*. (Tesis de maestría). Recuperado de:

https://repositorio.esan.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12640/1522/2019_MAPM_17-1_01_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Alvarado, J. (2021). *Conversión a ciclo combinado de central térmica de talara TG5 para optimización de sus indicadores de generación*. (Tesis de pregrado). Recuperado de:

<https://repositorio.uns.edu.pe/handle/20.500.14278/3871>

Arenaro, A. Bastian, C. Brandão, Lima, L & Texeira, L (2011). *Flexibilidad y incertidumbre en proyectos de agronegocios: la inversión en una planta de cogeneración*. RAM. Revista de Administração Mackenzie, 12(4), 105-126. Recuperado de:

<https://www.scielo.br/j/ram/a/wYq3cfhD7JWbm6NMj7GqwfP/abstract/?lang=en>

Biagini, D. (2020). *Estudio para la implantación de una planta de cogeneración de energía en una industria alimenticia*. (Tesis de doctorado). Recuperado de:

<https://upcommons.upc.edu/server/api/core/bitstreams/d82caec8-08e8-4d17-85c5-9d84e2a223ca/content>

Carlos, C. y Asencios, V. (2017). *Impacto y evaluación de la Trigeneración en el dimensionamiento de un sistema de cogeneración para hospitales*. (Tesis de Maestría). Recuperado de

<http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/8308>

Carranza, W. (2021). *Autoabastecimiento de energía mediante cogeneración por el incremento de la demanda eléctrica y térmica-Empresa OLPESA*. (Tesis de Título). Recuperado de:

<http://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/UNS/3767/52294.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Eriksen, T., y Sørensen, K. (2021). Waste heat recovery from gas turbines for combined heat and power applications. *Energy Conversion and Management*, 243, 114–129. Recuperado de:



<https://doi.org/10.1016/j.enconman.2021.114129>

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2003). *The production of fish meal and oil* (Cap. 7: Consumo de combustible, energía eléctrica y agua). FAO Fisheries Technical Paper No. 142. FAO.

Gamarra, J y Rivera, R. (2018). *Reducción de costos energéticos de una industria textil mediante un sistema de cogeneración*. (Tesis de Maestría). Recuperado de https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUNI_9d29ac9e2f97e2832fbf039a65c43769

García, J., Lozano, M. y Ramos, J. Metodología para el análisis y diseño de plantas de cogeneración. (Artículo de investigación). Recuperado de:

https://publicationslist.org/data/miguel.a.lozano/ref-170/cc97_Metodologia%20para%20el%20analisis%20y%20dise%C3%B1o%20de%20plantas%20de%20cogeneracion.pdf

García, L., Fernández, J., y Ruiz, M. (2022). *Energy efficiency and CO₂ mitigation through gas turbine cogeneration systems*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 161, 112–145. Recuperado de:

<https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112145>

Gielen, D., Boshell, F., Saygin, D., Bazilian, M. D., Wagner, N., y Gorini, R. (2019). *The role of renewable energy in the global energy transformations*. Energy Strategy Reviews, 24, 38–50. Recuperado de:

<https://doi.org/10.1016/j.esr.2019.08.005>

Heredia, W. (2020) *Efecto de la implementación de un proceso de trigeneración sobre el consumo de energía primaria en un hospital*. (Tesis de grado). Recuperado de:

<https://repositorio.uns.edu.pe/handle/20.500.14278/3563>

Hirta, M., y Yamaguchi, H. (2020). *Performance assessment of heat recovery steam generators in industrial cogeneration plants*. Applied Thermal Engineering, 175, 115–128. Recuperado de:

<https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2020.115128>



Høyli, R. y Aarsaether. (2023). *A study of energy use and associated greenhouse gas emissions in Norwegian small-scale processing of whitefish*. *Fisheries Research*, 268, 106842. Recuperado de:

https://www.researchgate.net/publication/373576747_A_study_of_energy_use_and_associated_greenhouse_gas_emissions_in_Norwegian_small-scale_processing_of_whitefish#fullTextFileContent

Karaali, R. y Öztürk, I. (2017). *Performance analyses of gas turbine cogeneration plants*. (Artículo de investigación). Recuperado de:

<https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/400695>

Kehlhofer, R., Warner, J., Nielsen, H., y Bachmann, R. (2012). *Combined-Cycle Gas & Steam Turbine Power Plants*. PennWell Books. Recuperado de:

<https://es.scribd.com/document/360770678/Combined-Cycle-Gas-and-Steam-Turbine-Power-Plants-Rolf-Kehlhofer-pdf>

Lara, M. (2021). *Desarrollo de un modelo simplificado para la predicción de producción de potencia en sistemas de cogeneración*. (Tesis de doctorado)- Recuperado de <http://www.repositorio.ugto.mx/handle/20.500.12059/4337/browse?type=subject&order=ASC&rpp=20&value=Sistemas+de+Cogeneraci%C3%B3n+%E2%80%93+Dise%C3%B1o+y+construcci%C3%B3n>

Ministerio de Energía y Minas (2016). *Guía de Orientación del Uso Eficiente de la Energía y de Diagnóstico Energético Sector Pesquero*. Perú. Recuperado de

http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/2-Guia_Industria_Pesquera.pdf

Ministerio de Energía de Chile. (2015). *Reglamento que establece los requisitos que deben cumplir las instalaciones de cogeneración eficiente*. Gobierno de Chile. Recuperado de

<https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1077841>

Miranda, O. y Oliva, C. (2023). *Efecto de la conversión de ciclo simple a ciclo combinado en el rendimiento específico de la central termoeléctrica Las Flores*. (Tesis de pregrado). Recuperado de:

<https://repositorio.uns.edu.pe/handle/20.500.14278/4428>



- Morales, A. (2013). *Propuesta de Eficiencia Energética utilizando Cogeneración con Microturbinas*. (Tesis de maestría). Recuperado de <https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1004/818>
- Nguyen, N., & Nguyen, G. (2024). *Estimating greenhouse gas emissions from a seafood processing facility* [Artículo de revista]. *Journal of Ecological Engineering*, 25(2), 93–102. Recuperado de: <https://doi.org/10.12911/22998993/176250>
- NIRAS / Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ). (2025). *Campaign to promote more efficient industrial energy consumption kicks off in Perú*. Recuperado de: <https://www.niras.com/news/campaign-to-promote-more-efficient-industrial-energy-consumption-kicks-off-in-peru/>
- OLADE. (2010) *La cogeneración en el Perú. Documento financiado por OLADE Unión Europea dentro del Sexto Programa Marco de I+D*. Recuperado de: <http://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/cg00286.pdf>
- Quavii. (2025). Tarifas de gas natural. Recuperado de: https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/gart/pliegos_tarifarios/gas-natural/2025/Pliego%20tarifario%20jun%2025%20QU.pdf
- Rojas, L. (2021). *Relación entre la capacidad de cogeneración y la cobertura de la demanda en empresa Cantarana SA*. Recuperado de: <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/3731>
- Ramos, J. (2012). *Optimización del diseño y operación de sistemas de cogeneración para el sector residencial comercial* (Tesis de doctorado). Recuperado de: <https://zagan.unizar.es/record/9901/files/TESIS-2012-136.pdf>
- Robles, G. y Valera, V. (2022) *Impacto de la potencia efectiva de una central de cogeneración calificada en reducción de consumo de energía primaria - Empresa Centinela S.A.C.* (Tesis de grado). Recuperado de: <https://repositorio.uns.edu.pe/handle/20.500.14278/3989>
- Singh, R. (2023). Gas turbine exhaust heat recovery for cogeneration: Efficiency and economic assessment. *Journal of Cleaner Production*, 405, 136–159. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136159>



- Som, S., Saidur, R., y Mekhilef, S. (2018). *A review on boilers energy use, energy savings, and emissions reductions. Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82, 180–192. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.09.073>
- Tiemensma, J. (2019). *Gas Turbines for Heat Generation: Conceptual Comparison & Design for Stack Loss Reduction*. (Tesis de maestría). Recuperado de: <https://repository.tudelft.nl/record/uuid:be4a3f30-b39d-4be5-9d88-f165ef68d851>
- Varón, F. (2020). *Contextualización de la generación distribuida de energía eléctrica por sistemas de cogeneración y energías alternativas en Colombia*. (Tesis de maestría). Recuperado de <https://repository.universidadean.edu.co/handle/10882/9998>
- Vásquez, L. (2017). *Predecir mediante el análisis exergético la tecnología adecuada de cogeneración para la optimización de la Planta Azucarera San Jacinto*. (Tesis de Ingeniería) Recuperado de <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/2801>
- Yabar, Y. (2016) *Reducción de costos de energía y mitigación de gases de efecto invernadero en una planta industrial mediante la cogeneración con gas natural*. (Tesis de Ingeniería). Recuperado de <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/5751>