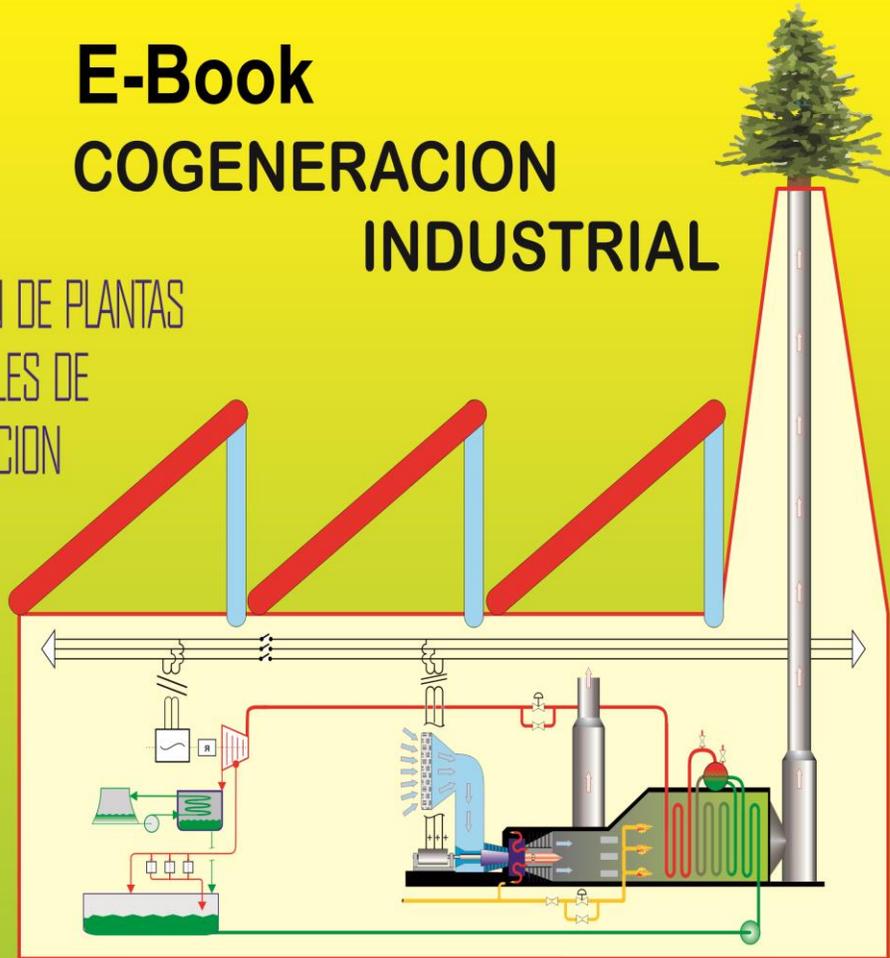




# E-Book COGENERACION INDUSTRIAL

OPERACION DE PLANTAS  
INDUSTRIALES DE  
COGENERACION



EDITORIAL MANAGING FACTORY - MANUEL ALBERTO FERNANDEZ

## Capitulo DEMO

# **COGENERACIÓN INDUSTRIAL**

## **OPERACIÓN DE PLANTAS INDUSTRIALES DE COGENERACIÓN**

**ISBN 978-987-27001-6-4**

**Fernández, Manuel Alberto**

**Cogeneración industrial: operación de plantas industriales  
de cogeneración / Manuel Alberto Fernández ; ilustrado por  
Santiago Llorens.-1ª ed.-Neuquén : Managing Factory, 2014**

**E-Book**

**ISBN 978-987-27001- 6- 4**

**1. Tecnología Industrial. I. Santiago Llorens, ilus.II. Título**

**CDD 660**

**Fecha de catalogación: 17 – 03 – 2.014**

Copyright O 2014 Fernández, Manuel Alberto

“Reservados todos los derechos.

No esta permitida la reproducción total o parcial de éste Libro

Ni su tratamiento informático, ni la transmisión de ninguna

Forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico,

por fotocopia, por registro u otros medios, sin el permiso

previo y por escrito del titular de copyright”

Ediciones Managing Factory - Neuquén - Argentina

### **Agradecimientos**

A mi equipo de trabajo:

Sr. Santiago Llorens quién realizó magistralmente el diseño de la portada y los complejos esquemas.

A mis colegas, todos profesores de la Escuela Provincial de Educación Técnica N° 8 de Neuquén, Argentina, ex ENET N° 1, a toda la comunidad educativa que me apoyaron, y especialmente a los que realizaron la corrección técnica;

Ingeniero Industrial y Profesor en Disciplinas

Industriales Roberto Corbelle .

Ingeniero Mecánico y Profesor en Disciplinas

Industriales Antonio Colillan

Ingeniero Mecánico

Pablo Malianni -

Asesor Siemens Argentina.

Ingeniero Industrial

Jorge Pistagnessi.

Ingeniero en Seguridad e Higiene Industrial Jorge

Guido

Nadie en absoluto puede al mismo tiempo tener la experiencia y estar al día en tantos campos, como los que cubre este libro con sus 12 Capítulos o temas distintos, pero valga mi especial reconocimiento para los profesionales mencionados que voluntariamente realizaron la revisión de este texto, mejorando la actualización con sus conocimientos técnicos adicionales, que han contribuido a la calidad de la presente obra.

**Apreciaciones sobre el perfil energético de las principales industrias en Argentina para pensar la Cogeneración.**

*(Industrias de la Alimentación y Químicas)*

**COGENERACIÓN SINONIMO DE INNOVACION Y RACIONALIZACION DE ENERGIA**

---

## **INDICE**

**AGRADECIMIENTOS** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ **V**

**PROLOGO** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ **XII**

**INTRODUCCIÓN** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ **XX**

# CAPITULO 1

## ENCUADRE TECNICO

- a) El papel de la Energía en sus costos operativo.....  
.....34
- b) Los beneficios de generar su propia energía
- c) Rentabilidad económica
- d) Elementos de una planta de Cogeneración
- e) Cogeneración distribuida
- f) Sistemas de cogeneración (plantas con motores a gas)
- g) Plantas con turbinas a vapor
- h) Ciclo simple, Ciclo combinado, Ciclo combinado a condensación

# CAPITULO 2

## OPERACIÓN DE INSTALACIONES TÍPICAS EN PLANTAS INDUSTRIALES DE COGENERACION

Conocimiento previo sobre la Operación en Plantas Industriales de la tecnología típica que interviene en los procesos: Maquinas, Equipos, Instalaciones, Aparatos, Dispositivos

- a) Captación de Agua y Almacenamiento
- b) Pretratamiento y Tratamiento de Agua.
- c) Desalación de Agua de Mar por Destilación y Flashing en Evaporadores de Múltiples Efectos

- d) Control químico de agua de alimentación en planta de Cogeneración y Ciclo Combinado
- e) Sistema de Alimentación de Agua para la generación de Vapor
- f) Combustibles celulósicos como aporte de energía térmica
- g) Manejo de la Combustión en plantas Industriales de cogeneración.
- h) Sistema de combustión de Gas Natural
- i) Sistema de combustión de Biogás
- j) Sistema de combustión de Fuel oil
- k) Sistema de combustión de Vinaza
- l) Generación de Vapor en Calderas Acuotubulares (secuencia de la operación en calderas adaptadas)
- m) Generación de Vapor en calderas de Recuperación
- n) Operación de Turbinas a Gas Natural y otros combustibles
- o) Operación de Turbinas a vapor en Plantas de Cogeneración
- p) Generación de Energía Eléctrica
- q) Sistema de enfriamiento con Hidrogeno del generador
- r) Operación del sistema de Aceite de sellar
- s) Operación del condensador
- t) Reciclo del condensado al sistema de alimentación
- u) Conocimiento de algunas Instalaciones de procesos industriales típicos en plantas industriales de cogeneración: Concentración por Evaporación, Cristalización, Clarificación con Filtros Rotativos, Polimerización, Medición y control del proceso, Lazos de Control, Medición y transmisión de datos de caudal, temperatura y presión.

## **CAPITULO 3**

### **PROYECTOS DE COGENERACION**

- 1) Aplicaciones a grandes y pequeños generadores
- 2) Rentabilidad del proyecto
- 3) Cogeneración en bodegas
- 4) Ciclo de Cogeneración (*Topping*)
- 5) Ciclo con válvula reductora
- 6) Cuadros demostrativos básicos de cogeneración
- 7) Caso de cogeneración en una industria láctea
- 8) Análisis de costos del sistema de cogeneración con turbo gas

## **CAPITULO 4**

**PLANTAS INDUSTRIALES QUE AUTOGENERAN SU ENERGIA ELECTRICA CON TURBO GAS Y TURBO VAPOR CONDENSABLE, EN CICLO COMBINADO CON COGENERACION Y CALDERA DE RECUPERACION.**

**COGENERACIÓN EN CICLO COMBINADO CON TURBINA DE GAS Y VAPOR**

La aplicación conjunta de una turbina de gas y una turbina de vapor es lo que se denomina " Ciclo Combinado".

**Secuencia de la operación**

## **CAPITULO 5**

**AUTOGENERACION DE ENERGIA EN BASE A LA COGENERACION**

Autogeneración de Energía Eléctrica con Turbina a Gas y Turbina a vapor no condensable.

## ***CAPITULO 6***

### **SISTEMA DE GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA EN PLANTAS DE COGENERACION**

Producción de Energía Eléctrica para autoabastecimiento con turbo gas y caldera de recuperación Vertical.

## ***CAPITULO 7***

### **COGENERACION CON TURBO GAS Y TURBINA A VAPOR NO CONDENSABLE EN CICLO COMBINADO , UTILIZANDO COMBUSTIBLE SUPLEMENTARIO COMO GAS NATURAL O FUEL OIL**

## ***CAPITULO 8***

### **GENERACION DE NERGIA ELECTRICA CON TURBO VAPOR A EXTRACCIÓN Y CONDENSACIÓN A PARTIR DE UNA CALDERA DE RECUPERACIÓN**

**Secuencia de la Operación**

## ***CAPITULO 9***

## **SIMULACION DE LA OPERACIÓN Y EL MANTENIMIENTO EN PLANTAS DE COGENERACION**

- a) Detección de fallas en el proceso de monitoreo
  - 1) Fallas y averías en la Caldera de Recuperación
  - 2) Fallas y ensuciamiento en la Turbina a Gas
  - 3) Fallas en la Turbina a Vapor
  - 4) Fallas en el sistema de Condensación y Refrigeración
  - 5) Fallas en Estaciones de Suministro de Gas, Fuel Oil o transporte combustibles sólidos
  - 6) Fallas en el Sistema de Generación de Energía
- b) Manteniendo Preventivo, Predictivo, Correctivo y Proactivo
- c) Simulación del mantenimiento predictivo termodinámico

## ***CAPITULO 10***

### **PROCESOS EN PLANTAS INDUSTRIALES CON SISTEMAS DE COGENERACION**

#### **Cogeneración en Válvula Reductora de Presión en Industrias de todo tipo**

Reemplazo de una Válvula Reductora de Presión por una Turbina a Vapor del tipo de Contrapresión.

Esquemas de Antes y después

- 1) Situación actual de una planta con esquema productivo convencional en fabricas de pequeña potencia
- 2) Situación Posterior de la planta convencional con aportes de innovación propias de la Cogeneración

## ***CAPITULO 11***

### **SISTEMA OPERATIVO DE COGENERACION EN PLANTAS INDUSTRIALES PEQUEÑAS Y MEDIANAS**

Puesta en marcha, control de presión, Temperatura, equipos para procesos y tubería, recuperación y monitoreo del condensado

## ***CAPITULO 12***

### **RECUPERACION DE CONDENSADOS EN EL PROCESO DE GENERACION Y DISTRIBUCION DE VAPOR EN PLANTAS DE PRODUCCION INDUSTRIAL**

## ***CAPITULO 13***

### **OPERACIÓN DE PLANTAS INDUSTRIALES DE COGENERACION**

- A) OPERACIÓN EN PLANTA INDUSTRIAL DE ANILINA
- B) OPERACIÓN EN PLANTA INDUSTRIAL DE CERVEZA
- C) OPERACIÓN EN PLANTA INDUSTRIAL DE REFINACION DE GASOLINA Y ACEITES LUBRICANTES
- D) OPERACIÓN DE PLANTAS INDUSTRIALES DE CELULOSA
- E) OPERACIÓN DE PLANTAS INDUSTRIALES DE BIOETANOL
- F) OPERACION
- G) OPERACION DE UNA CENTRAL TERMICA DE COGENERACION O CICLO COMBINADO

# PROLOGO

## LA COGENERACION EN EL ASPECTO EDUCATIVO

La falta de contenidos disciplinares sobre la temática de la Cogeneración en las asignaturas que se imparten en las distintas especialidades técnicas, cuyos principios están basados en conceptos físico-químicos y termodinámicos que deben ser trasladados desde la fase teórica a la aplicada para que permita transferir dichos conocimientos en las escuelas técnicas a sus Alumnos, obliga a proponer la presente estudio que concluya con un libro y curso, ya que el mismo puede dar respuesta a una problemática que se viene registrando desde hace años. La falta de formación de los Profesores Técnicos, y recursos Humanos en esta temática, que permita la innovación de maquinas, equipos, aparatos, instalaciones que están quedando obsoletos en la industria, por falta de innovación a partir de la cogeneración y de la industria autosustentable, que puede afectar al pleno empleo en las industrias. éste material formativo puede servir para instalar en el sistema educativo, en virtud de que un gran numero de Profesores que dictan todas las asignaturas técnicas de las Especialidades del Ciclo Superior de las Escuelas Técnicas como : Mecánica, Electromecánica, Electricidad, Electrotecnia, Química, Energía, etc. tengan la oportunidad de adquirir experiencia aplicada en el manejo de la Cogeneración como expresión de la innovación y la eficiencia en la tecnología industrial. Esto a su vez permitirá conciliar la teoría con la practica y volcar en el aula a sus alumnos experiencias desde la transversalidad, produciendo un proceso de enseñanza aprendizaje mas significativo, equilibrado con contenidos de aplicación que después el Alumno lo podrá llevar a su ámbito laboral para ser artífice de las transformaciones que requiere la industria nacional para ser más competitiva.

En el sistema educativo, específicamente en las escuelas técnicas, los contenidos de las asignaturas del ciclo superior más representativas, que resultan ser la base de la formación de los técnicos, hoy no pueden dar respuestas satisfactorias a los

requerimientos del mundo del trabajo en beneficio de la inserción laboral de los jóvenes, porque no siempre están a la altura ni acordes con las exigencias propias de la evolución tecnológica. Una de las causas observadas en el análisis, es la falta de comprensión de los procesos tecnológicos industriales, porque no es fácil concentrar los aspectos complejos de la tecnología industrial en un conocimiento que permita una integración didáctico-pedagógica de todas las asignaturas que tiene una determinada especialidad, donde los contenidos también tienen una orientación independiente y exclusiva en sí misma, debido a que cada asignatura tiene su programa y planificación que cada profesor ejecuta independientemente en el aula, dificultando la aplicación del conocimiento por no encontrarse la correlación en sus operaciones cognitivas, tanto la del Profesor que transmite el conocimiento, como la de los alumnos que los recibe.

Esta situación provoca, que pese al cúmulo de conocimientos técnicos y tecnológicos complejos adquiridos en todas las asignaturas y especialidades técnicas, igualmente se vea limitada la capacidad creativa, que a veces no posibilita ver y descubrir nuevos y mejores métodos, comprender los procesos, pensar en proyectos de reingeniería e innovación como lo son la Biomasa y la Cogeneración, también proyectos para racionalizar la energía y costos, como así la gestión de la calidad con sus normas de aplicación, trazabilidad y confiabilidad.

Deducimos por lo tanto que falta un conocimiento que vincule integralmente la pedagogía utilizada para enseñar contenidos de tecnología industrial basados en la Cogeneración, para que todos los conocimientos arraigados y/o apropiados que tienen los Profesores, sean significativos y les permita ubicarse a través de un proceso complejo, comprendiendo la relación correspondiente para operar, mantener, controlar, diseñar y procesar un determinado producto, planificar la producción, deducir los riesgos, la seguridad industrial y el saneamiento, con la habilidad suficiente para enfrentar un nuevo desafío. INNOVAR LA EDUCACIÓN TÉCNICA PARA QUE ACOMPAÑE EN ESTOS TIEMPOS EL AVANCE TECNOLÓGICO. El concepto descrito responde a que no es fácil encontrar personal docente con experiencia laboral en plantas de proceso Cogeneración que

permita dar una respuesta tanto pedagógica como técnica operativa que combine la teoría con la práctica en lo curricular y viceversa.

## **LA COGENERACION EN LA INDUSTRIA**

La Industria por si misma debe arbitrar los medios para racionalizar la energía instalando la Cogeneración para lograr la autosustentabilidad. Las tecnologías de cogeneración se adaptan perfectamente para consumir cualquier tipo de combustible disponible que resulte económicamente rentable para sus objetivos

La realidad Argentina en materia de cogeneración:

Existen algunos datos del potencial que ofrecen las tecnologías de la cogeneración en Argentina, como por el ejemplo el estudio realizado dentro del proyecto “Propuesta de marco legislativo y evaluación técnico - económica para proyectos de cogeneración de carácter demostrativo en la Provincia de Buenos Aires”, el cual estimó un potencial técnico 580 MW y el potencial técnico-económico (esto es, proyectos con retornos de la inversión inferiores a tres años) de 220 MW, para la Provincia de Buenos Aires.

Existen otras estimaciones que sitúan el potencial de cogeneración del país entre 1.500–1.800 MW si los ciclos son turbovapor y en 3.000 MW si se añade al anterior potencial instalaciones de cogeneración de ciclos turbogás. Para el caso en el que sólo se usen ciclos turbovapor, se estiman también algunos de los potenciales de los sectores industriales más importantes: 250 MW la industria aceitera, 300 MW, la industria azucarera, 300 MW la industria química y petroquímica y por último 200 MW la industria papelera.

El PRONUREE contempla la cogeneración como una de las acciones a desarrollar en el medio y largo plazo. Para ello propone el desarrollo de un plan de aprovechamiento del potencial ofrecido para la cogeneración eléctrica, implementar un marco regulatorio apropiado y fomentar la creación y desarrollo en el país de nuevas empresas proveedoras de servicios energéticos con el objetivo de poder desarrollar proyectos de cogeneración, entre otras acciones. En el Mercado Eléctrico Mayorista (MEM) existen tres figuras diferenciadas a las que

puede optar una instalación de cogeneración: el autogenerador, el cogenerador y el autogenerador distribuido. Mientras un autogenerador es un consumidor de electricidad que genera energía eléctrica como producto secundario, siendo el propósito principal la producción de bienes y/o servicios; el cogenerador tiene como objeto la generación conjunta de energía eléctrica y vapor u otra forma de energía para fines industriales, comerciales de calentamiento o de enfriamiento. El autogenerador y el cogenerador son figuras que vienen definidas desde un primer momento en la Ley sobre el MEM (24065/1992). El autogenerador distribuido, es una figura que aparece más tarde (Resolución 269/2008) y a diferencia del autogenerador, este puede involucrar varias plantas de un mismo agente. Tal y como recoge la Resolución, el autogenerador distribuido es un consumidor de electricidad que además genera energía eléctrica, pero con la particularidad que los puntos de consumo y generación se vinculan al SADI en diferentes nodos de conexión. Estos agentes deben cumplir los siguientes requerimientos para ser aceptados en el MEM:

- Deben estar vinculado con un punto de intercambio SADI.
- Deben contar con una potencia instalada no inferior a 1 MW con una disponibilidad media anual no inferior al 50 %.
- En el caso de autogeneradores la energía correspondiente a esa potencia disponible a lo largo del año debe representar un valor mayor o igual que el 50% de su demanda de energía anual.
- Deben de contar con medidores y registradores conformes a los requerimientos establecidos en los Procedimientos. En el caso de los autogeneradores, los medidores deben ser bidireccionales de energía activa en la frontera de intercambio con el agente que se conecte y además debe de tener un registro de potencia en cada una de las direcciones de flujo. Estos tres agentes recibirán el mismo tratamiento que el resto de generadores a la hora de vender su energía en el MEM. Además no existe ningún tipo de diferenciación en cuanto a la tecnología utilizada por cada instalación (la cogeneración de alta eficiencia no está recompensada en este sistema). Por último añadir que uno de los aspectos que diferencian un autogenerador y un cogenerador es la vinculación comercial que

mantienen con el MEM. Un autogenerador puede vender, comprar o no realizar ningún tipo de operación con el MEM, en cambio un autogenerador realiza las mismas operaciones con el MEM excepto la de compra, ya que el objetivo de los cogeneradores es fundamentalmente la entrega de energía térmica a terceros y la energía eléctrica al SADI. Es por esto que la industria o comercio que cuenta con una instalación de cogeneración deben figurara como autogeneradores del MEM.

A continuación se resumen los principales documentos que regulan las instalaciones de cogeneración son:

- Ley 24065/1992 sobre el Mercado Eléctrico Mayorista (MEM).
- Regulación del MEM: Ley Marco Regulatorio – Decreto Reglamentario y Resoluciones de la autoridad de aplicación (Los Procedimientos)
- Anexo 12 (Los procedimientos): Autogeneradores y Cogeneradores
- Resolución S.E.269/2008: Autogenerador Distribuido La Cogeneración en Argentina
- Barreras a la cogeneración - Barreras Tecnológicas:

Las tecnologías de cogeneración, son tecnologías maduras y conocidas desde hace años, especialmente en los países más desarrollados donde el mercado ha alcanzado una cierta madurez. Pero en el caso de Argentina, éste es un mercado que no se ha desarrollado en el que se han detectado barreras de carácter tecnológico que impiden su crecimiento. A continuación se analizan las principales barreras detectadas:

- Falta de proyectistas, instaladores y mantenedores capacitados:

El mercado de la cogeneración en Argentina es un mercado poco maduro, lo que hace que la demanda existente de los diferentes servicios asociados a estas plantas, como son servicios de ingeniería, instalación y mantenimiento, sea baja. Además de la escasez de servicios, también se ha detectado la escasez de proyectistas, instaladores y mantenedores calificados. Esto genera problemas técnicos en las plantas, que finalmente repercuten en confianza que el usuario tiene en estas tecnologías. Algunos de estos problemas técnicos son: la falta de

conocimiento tecnológico o proyectos mal definidos. Un problema típico asociado a un proyecto mal definido es que a la hora de integrar la planta de cogeneración en las instalaciones ya existentes, no se prevé la preparación de las infraestructuras que permiten la conexión a la red eléctrica o las que suministran el gas natural a la planta; ya que estas infraestructuras no siempre están adecuadas a los requerimientos de la nueva planta de cogeneración.

- Desconocimiento del potencial que las tecnologías de cogeneración pueden ofrecer en Argentina:

Aunque se barajan algunas estimaciones del potencial existente, no hay ningún estudio actualizado del potencial que las tecnologías de cogeneración pueden ofrecer en Argentina. Para poder desarrollar un mercado, es necesario conocer cuál es el potencial de ese mercado, para que así, los diferentes actores conozcan las técnicas y de ahorro, tanto energético como económico, que ofrece la implantación de las tecnologías de cogeneración.

Otras Barreras:

- Incertidumbre en el suministro del gas natural:

El gas natural es uno de los combustibles que más se utiliza en instalaciones de cogeneración, por lo que la incertidumbre en el suministro de este combustible supone una barrera muy importante al desarrollo de estas tecnologías. En los últimos años, las reservas comprobadas de hidrocarburos argentinos han sufrido una disminución, aumentando de esta forma la incertidumbre en el suministro.

- Regulatorias:

La falta de un marco regulatorio adecuado es otra barrera a tener en cuenta.

- Económicas:

Los altos costos iniciales de las instalaciones de cogeneración, el bajo precio de las tarifas eléctricas debido a los subsidios que reciben, así como los elevados períodos de amortización, se presentan como una importante barrera a su desarrollo

- Mercado: Es necesario crear mecanismos financieros que incentiven a los usuarios a instalar estos sistemas.

- Educativas e información:

El desconocimiento de la tecnología por parte de los usuarios disminuye la demanda del uso de estos sistemas. En otras ocasiones sucede que los potenciales usuarios conocen la existencia de la tecnología pero no tienen toda la información, por lo que existe una desconfianza a la hora de usar esta tecnología. Si se quiere desarrollar el mercado es necesario que exista un buen conocimiento.

## **RESULTADOS**

### Medidas propuestas

- Falta de proyectistas, instaladores y mantenedores capacitados:

El desarrollo de programas de capacitación que estén orientados a promover la transferencia tecnológica entre firmas de ingeniería internacionales con experiencia en proyectos de cogeneración y las firmas de ingeniería locales sería una buena medida.

- Desconocimiento del potencial que las tecnologías de cogeneración pueden ofrecer en Argentina:

Uno de los sectores contemplados en el PRONUREE es el de la cogeneración. La realización de un estudio actualizado del potencial que ofrecen las tecnologías de cogeneración en el país es una herramienta de decisión muy importante para el desarrollo y adecuación de políticas que favorezcan estas tecnologías.

- Regulatorias:

Es fundamental un marco regulatorio que impulse el uso de estas tecnologías. A la hora de diseñar un nuevo marco regulatorio se puede tomar como ejemplo aquellos países en los que el mercado de la cogeneración está más desarrollado y por tanto también su legislación. Este es el caso de la Directiva 2004/8/CE, en el que tienen en cuenta aspectos como:

- Incentivar o primar la producción total de electricidad, y no sólo la excedentaria.

- Establecer un régimen económico que prime el ahorro de energía primaria.
- Independizar la figura del promotor del proyecto de cogeneración y del consumidor final de la energía térmica.
- Económicas:

Es necesario que exista un mecanismo financiero que garantice la rentabilidad económica de las instalaciones de cogeneración, especialmente de aquellas cogeneraciones que son de alta eficiencia. En países con políticas de soporte para la cogeneración la rentabilidad se asegura a través de primas y tarifas especiales aplicadas a la venta de electricidad.

- Educativas e información:

Diseñar programas de información sobre el funcionamiento y beneficios, de esta tecnología y que estén especialmente dirigidos a los diferentes sectores económicos en los que se puede aplicar esta tecnología. La realización de proyectos demostrativos, también es otra acción que permite dar a conocer las instalaciones de cogeneración.

Energía eléctrica generada, GWh

Nuclear; 6721; 6%

Hidráulica; 37290; 35%

COGENERACION Ciclo Combinado; 36534; 35%

Turbina a Vapor; 16370; 16%

Turbina a Gas; 8105; 8%

## **Conclusión:**

La Cogeneración Industrial es factible de implementar en miles de industrias Argentinas, quizás no en todas en un 100 %, pero cogenerar parcialmente ya implica concretar una innovación que pone en perspectiva la racionalización de la energía, que hasta puede permitir generar la propia energía eléctrica para el abastecimiento de la planta industrial, principalmente aquellas que tienen como combustible primario el Gas Natural fundamentalmente para que puedan autogenerar su propia energía y lograr el autoabastecimiento, sin tener que depender del proveedor, sobre todo en los meses de invierno. La consigna es que

se identifiquen las industrias que pueden incorporar tecnología de cogeneración, nueva o adaptar a la que ya poseen y proponerles la factibilidad de la innovación mediante el acompañamiento de un proyecto formulado a los requerimientos en particular de cada industria con el financiamiento en base a las políticas establecidas por Organismo Oficial en la materia.

## **INTRODUCCION**

**"La cogeneración es distinta a las renovables y debe ser vista como una forma eficiente de apoyar a la industria, en virtud de que se puede pensar la Cogeneración en función de los combustibles primarios utilizados en instalaciones industriales como calderas, turbinas tanto a gas como vapor y motor de combustión. Difiere de la Biomasa, ya que en este caso los combustibles primarios suelen ser sólidos, líquidos o celulósicos derivados generalmente de la agroindustria, mientras que en la cogeneración se usa el calor excedente del escape de los turbogás para la generación de energía eléctrica en sitio. De las turbinas a vapor aplicadas no solo a la generación de energía eléctrica como ciclo combinado, sino también para desplazar equipos como bombas, ventiladores, molinos, etc., que son de contrapresión, con extracciones o sangrías, así también aprovechan el calor latente de los gases de escape las calderas de recuperación para generar vapor entre otros; húmedo para procesos industriales y seco para mover turbogeneradores. En todos los casos la Energía Eléctrica Cogenerada tiene un precio mucho menor a la que proveen las compañías eléctricas, lográndose reducir hasta un 50 % el monto de la facturación en el caso que se autogenera la energía para disponer el propio autoabastecimiento"**

## **Cogeneración: Sinónimo de Innovación y racionalización de energía**

**Cogenerar no es un negocio financiero, es sólo una herramienta de competitividad de las empresas para fabricar con ella productos más eficientes y más sostenibles.**

**Apreciaciones sobre el perfil energético de las principales industrias en Argentina para pensar la Cogeneración.**

### **Industrias de alimentación y química.**

#### **La industria de la alimentación y bebidas**

Estas están entre los primeros sectores industriales de nuestra economía, que deben apostar e invertir en cogeneración para contar con plantas que sumen miles de MW de potencia eléctrica instalada, y posicionarse por delante de la industria papelera y química.

El sector alimentario cuenta con numerosos subsectores, como: aceites, refrescos, cafés, azúcar, productos cárnicos, huevos, vinos, cervezas, bebidas alcohólicas, lácteos, pescados, zumos, transformados de frutas y hortalizas, conservas, transformados de pescados, congelados y alimentación animal, que hacen de esta industria un pilar básico para la economía argentina.

Es la industria que puede implantar la Cogeneración con éxito, cuya innovación, será un factor clave y prioritario de su desarrollo, que encaja perfectamente por las características que presenta al momento de racionalizar la energía. Y al mismo tiempo mantendría a la Argentina en el podio exportador en productos

alimentarios entre todos los países de la región. En este contexto, el sector presta una cuidadosa atención a los distintos factores estructurales que inciden en la producción y los costos, especialmente aquellos que contribuyen a lograr una producción más eficiente energéticamente como así bajas emisiones de carbono, como elemento clave para poder competir con garantías en los mercados exteriores.

La cogeneración asociada a la industria alimentaria cubre el solo un pequeño porcentaje generando la electricidad para su autoabastecimiento y atender la demanda a todos sus procesos productivos, mostrando todavía un potencial de desarrollo importante, por lo que existe aún una excelente oportunidad real para mejorar la eficiencia energética y medioambiental del sector, así como su competitividad, mediante una mayor apuesta por esta tecnología que requiere la cogeneración.

La industria de alimentación y bebidas supone en Argentina el consumo mayor de electricidad utilizada en p rocesos, Electricidad comprada a las generadoras y no autogenerada, utilizando al mismo tiempo un gran porcentaje de combustible consumido por la industria con características y potenciales propios para asociarlos a las energías renovables como la biomasa, la cogeneración y los subproductos.

La cogeneración del sector alimentario, como producción energética simultánea de calor, frío y electricidad, constituye un claro ejemplo de alta eficiencia, alcanzando un rendimiento medio global de la energía superior al 73%, lo que significa un rendimiento del combustible casi un 50% superior al alcanzado, por ejemplo, en las centrales eléctricas convencionales más modernas, al que habría que añadir la eliminación de pérdidas de electricidad en las redes de transporte y distribución.

Un análisis de los consumos de energía del sector evidencia que el combustible más utilizado en esta industria es el gas natural, aunque destaca también la utilización del Fuel Oil de hidrocarburos y otros de combustibles renovables que pueden reducirse en virtud de optimizar aplicaciones propias de la cogeneración.

La cogeneración, además de la aportación de competitividad a las empresas que la realizan, genera importantes ahorros económicos y ambientales. Pero son pocas las industrias de la alimentación y bebidas que están desarrollando una mayor apuesta por la cogeneración, lo que ya es un claro indicador de que la fijación de la capacidad de producción y transformación alimentaria en nuestro país está ligada al empleo de las mejores tecnologías en inversiones productivas, eficientes, limpias y bajas en carbono: toda una oportunidad para el sector.

El ahorro de emisiones de CO<sub>2</sub> asociado al uso de la cogeneración en la industria podrá en los próximos años alcanzar aunque sea 1 millón de toneladas de CO<sub>2</sub>, que a los precios actuales, supondría el ahorro de cientos de millones de pesos al año.

#### Tecnología de Cogeneración

La amplia variedad de necesidades, procesos y operaciones de las distintas empresas que componen la industria alimentaria permite que tengan presencia prácticamente todas las tecnologías de cogeneración, siendo entre ellas la Turbina a Gas, los motores de combustión interna, y las turbinas a Vapor. Los que proporcionan gran flexibilidad de operación en cuanto a arranques y paradas. Sin duda, existe siempre una tecnología de cogeneración que se ajusta a las necesidades de cada subsector y proceso.

Es significativo que, siendo un sector con enorme presencia de pequeñas y medianas empresas, sólo existan una pocas unidades de cogeneración a pequeña escala menores a 1 MW, lo que constituye una oportunidad de desarrollo del tejido

productivo argentino y de las necesidades de promoción que se requieren para las mismas.

La mayor apuesta por la cogeneración indica que la fijación de la capacidad de producción y transformación alimentaria está ligada al empleo de las mejores tecnologías en inversiones productivas, eficientes, limpias y bajas en emisiones de carbono, inversiones que pueden realizarse mediante las líneas de créditos disponibles por la cartera productiva

## *La Industria Química en particular*

En el actual contexto energético, los grupos empresariales químicos lideran en nuestro país el desarrollo de la cogeneración con más de 1400 MW de potencia eléctrica instalada. El sector químico produce mediante cogeneración más del 30% de la electricidad que demandan su proceso y transforma el 20% de los combustibles que emplea.

El potencial de desarrollo de la cogeneración aún no aprovechado en este sector es del 75%, por lo que existe una gran oportunidad para mejorar su contribución a la eficiencia energética, al medioambiente y a la competitividad. La industria química supone el 10% del consumo total de electricidad de la industria. Las empresas que cogenieran apoyan la economía nacional porque ahorran energía, generan riqueza y mantienen el empleo.

En el actual contexto de competencia internacional de las empresas y en unos mercados energéticos internacionalizados, donde el precio de la energía continua su escalada, la competitividad en relación a los costos energéticos de las industrias es una condición para evitar la deslocalización y su correcta gestión supone un factor estratégico de primer orden para atraer las necesarias inversiones productivas al país, sin las que la gran industria abandona la carrera de la sostenibilidad.

## **Competitividad del sector**

**La clave de la competitividad en términos de costos energéticos en el sector químico radica en su empleo de la cogeneración de electricidad y calor, ya que al generar ambos de forma simultánea resulta más eficiente y reduce el consumo de energía.**

La Directiva de la Ley Nacional establece su apoyo prioritario a la cogeneración considerándola una tecnología de innovación creciente, dotando así de un instrumento jurídico común al desarrollo de la eficiencia energética en el conjunto de los países del UNASUR, todo un reto que implicará la conversión de centrales eléctricas convencionales en cogeneraciones allí donde sea posible, colocando a la cogeneración como la generación térmica de base, algo evidente si consideramos que es la térmica más eficiente.

*Las grandes empresas del sector, se apoyan en la cogeneración para incrementar su eficiencia y su nivel de competitividad, siendo más competitivos, más rentables en su empleo a través de redes de calor y frío, de líneas internas y producciones más eficientes. La cogeneración, como instrumento de competitividad industrial, es fundamental para impulsar las exportaciones, por lo que encaja perfectamente en el modelo industrial internacionalizado en el que se desarrolla la actividad del sector químico, pensando en la protección medioambiental.*

## **Perfil energético**

La producción simultánea de electricidad y calor es clave para la eficiencia del sector químico. En la producción con cogeneración, la planta se instala junto a la propia industria que utilizará el calor para minimizar pérdidas de energía asociadas al transporte a grandes distancias.

También la generación de electricidad cerca o en los puntos de consumo evita las importantes pérdidas por el transporte y distribución de electricidad, evitando cuantiosas inversiones necesarias. Al generar simultáneamente la electricidad y el calor se obtienen importantes ahorros de energía, generándose la electricidad de manera hasta un 30% más eficiente. Así, la primera ventaja específica de la cogeneración es su mayor eficiencia energética, el ahorro de combustibles y energía primaria, tanto en la generación eléctrica como por la eliminación de pérdidas en la red de transporte y distribución.

La producción energética simultánea del sector químico es un ejemplo de alta eficiencia, alcanzando un rendimiento medio global de la energía superior al 75%, lo que significa un rendimiento del combustible un 50% superior al obtenido, por ejemplo, en las centrales eléctricas convencionales más modernas, al que habría que añadir la eliminación de pérdidas de electricidad en las redes de transporte y distribución.

### **La industria química transforma mediante cogeneración un 50% de los combustibles que utiliza**

Un análisis de los consumos de energía del sector químico muestra que el Gas Natural es el combustible más utilizado, con un 82% del consumo del sector, mientras que mediante la cogeneración se transforma la mitad de los combustibles que se utilizan en el sector químico.

Esas cifras ponen de relieve la importancia que supone la cogeneración para este sector, que transforma con alta eficiencia la mitad de los combustibles que emplea y produce más del 40% de la electricidad que demandan sus procesos.

## EL AHORRO ENERGETICO.

*La industria química puede contribuir significativamente a la lucha contra el cambio climático a través de la cogeneración, logrando un ahorro de emisiones de millones de toneladas de CO<sub>2</sub>, en el año*

## TECNOLOGIA DE COGENERACION EMPLEANDO:

Las turbomáquinas predominan, también en menor medida los motores de combustión interna, cuyas ventajas asociadas son:

- Ahorrar energía y reducir emisiones de CO<sub>2</sub>.
- Impulsar para la competitividad y el mantener el empleo industrial.
- Generar inversión, innovación, desarrollo económico y creación de empleo.
- Incrementar la seguridad de suministro y la reducción de la dependencia energética..
- No genera déficit al sistema eléctrico.

## RENOVACION DE PLANTAS EXISTENTES QUE APLICAN COGENERACION

La promulgación en 2012 de una Ley para plantas de cogeneración es una gran oportunidad para el sector químico. Siendo importante la respuesta de los pedidos y proyectos en curso de las empresas químicas, que siendo eficientes cogeneradores presentan un potencial de mejora asociado a la evolución tecnológica e industrial, lo que puede lograr movilizar la inversión y que supone una apuesta al futuro productivo.

*El beneficio de ahorrar con cogeneración es mayor, cuanto mayor son los precios energéticos. La cogeneración es más valiosa para el país cuanto mayor es el costo de la energía primaria y del CO<sub>2</sub>, ya que precisamente el ahorro de energía y de emisiones son dos de sus grandes ventajas.*

Existe la posibilidad de aprovechar directamente el calor de los gases de escape sin hacerlos pasar por una caldera. El gas de escape puede ser utilizado en aplicaciones tales como secaderos, bien aplicando directamente el gas de escape sobre el material a secar o a través de un intercambiador gas-aire.

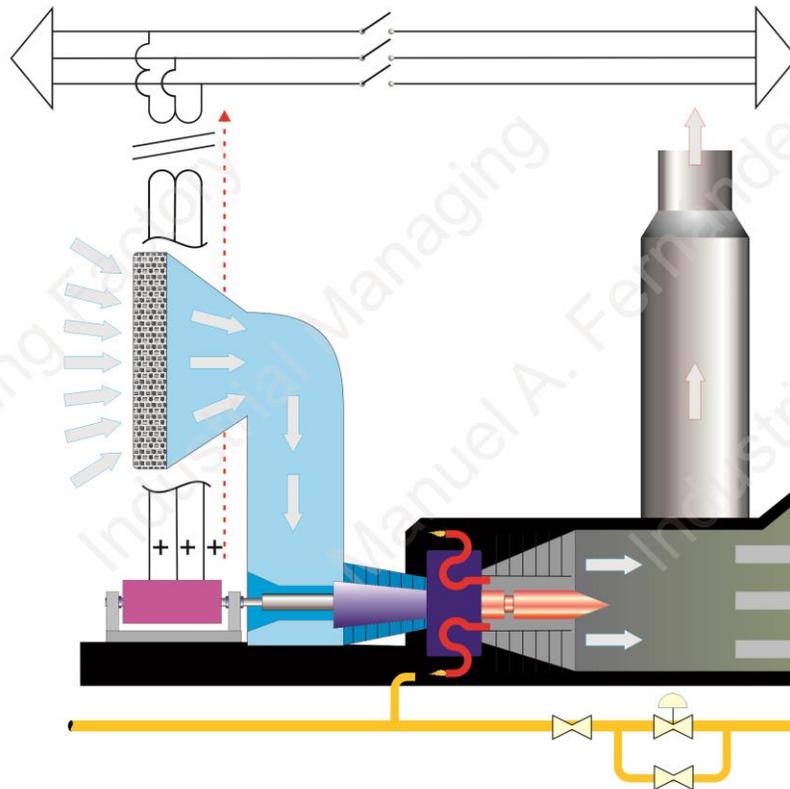
## **LA TURBINA A VAPOR Y LA COGENERACION**

En estos sistemas, la energía mecánica se produce por la expansión del vapor de alta presión procedente de una caldera convencional. El uso de esta turbina fue el primero en cogeneración. Actualmente su aplicación ha quedado prácticamente limitada como complemento para ciclos combinados o en instalaciones que utilizan combustibles residuales, como biomasa subproductos residuales que se generan en la industria principal a la que está asociada la planta de cogeneración.

Dependiendo de la presión de salida del vapor de la turbina se clasifican en turbinas a contrapresión, en donde esta presión está por encima de la atmosférica, y las turbinas a condensación, en las cuales ésta está por debajo de la atmosférica y han de estar provistas de un condensador. En ambos casos se puede disponer de salidas intermedias, extracciones, haciendo posible la utilización en proceso a diferentes niveles de presión.

## **COGENERACION EN CICLO COMBINADO CON TURBOGAS**

**En principio el Turbogenerador simple como se ilustra en la siguiente figura, ha prevalecido por muchos años en importante Centrales térmicas y grandes industrias, sin innovación alguna, realizando el aporte de energía al sistema interconectado, o bien disponiendo la misma para el consumo propio del proceso industrial, siendo el gas natural disponible en muchos casos en millones de metros cúbicos consumidos, mediante la combustión para mover la turbina y a su vez el generador y producir la Energía Eléctrica que se entrega a la red principal para su venta. En este caso sin aprovechar los gases expulsados a través de la Chimenea a la atmosfera con abundante caudal y una temperatura en el orden de los 600 °C**



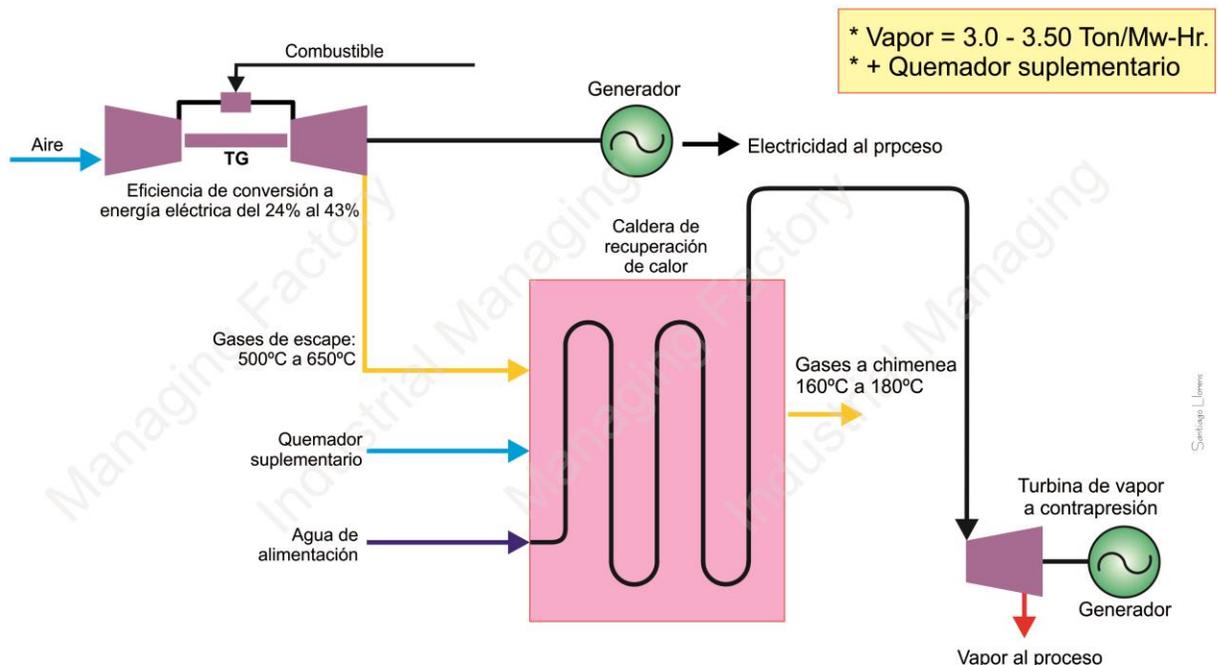
**La innovación en materia de Cogeneración a permitido la aplicación conjunta de una turbina de gas y una turbina de vapor, a lo que se denomina “Ciclo Combinado”.**

En el gráfico adjunto se puede apreciar que los gases de escape de la turbina a gas, en ves de ser expulsados a la atmósfera, son conducidos a atravesar la caldera de recuperación, donde se instalan serpentines que contienen tanto agua como el vapor que se va formando, hasta que se produce vapor de alta presión. Este vapor puede descomprimirse en una turbina de vapor, mediante el principio de cambio de estado, donde la Energía Potencial cambia a Cinética, luego a Mecánica y finalmente energía eléctrica adicional o complementaria que se produce, sumando en muchos casos hasta un 100% más de Energía. En la salida de la turbina, el escape será vapor de baja presión, que puede aprovecharse como

tal en un proceso de transformación industrial, o condensarse en un condensador presurizado, produciendo agua caliente o agua sobrecalentada, que será utilizado en la industria asociada. Si la demanda de vapor es mayor que la que pueden proporcionar los gases de escape, puede producirse una cantidad de vapor adicional utilizando un quemador de postcombustión, introduciendo una cantidad adicional de combustible (gas natural) directamente a un quemador especial con el que cuenta la caldera. **Esto puede hacerse porque los gases de escape que luego de completar la combustión en la cámara de la turbina, son aún suficientemente ricos en oxígeno (en un ciclo combinado con motor alternativo no podría hacerse, ya que los gases de escape son pobres en oxígeno).**



## COGENERACION CON TURBINA DE GAS



Eficiencia térmica total - Aproximadamente 80%

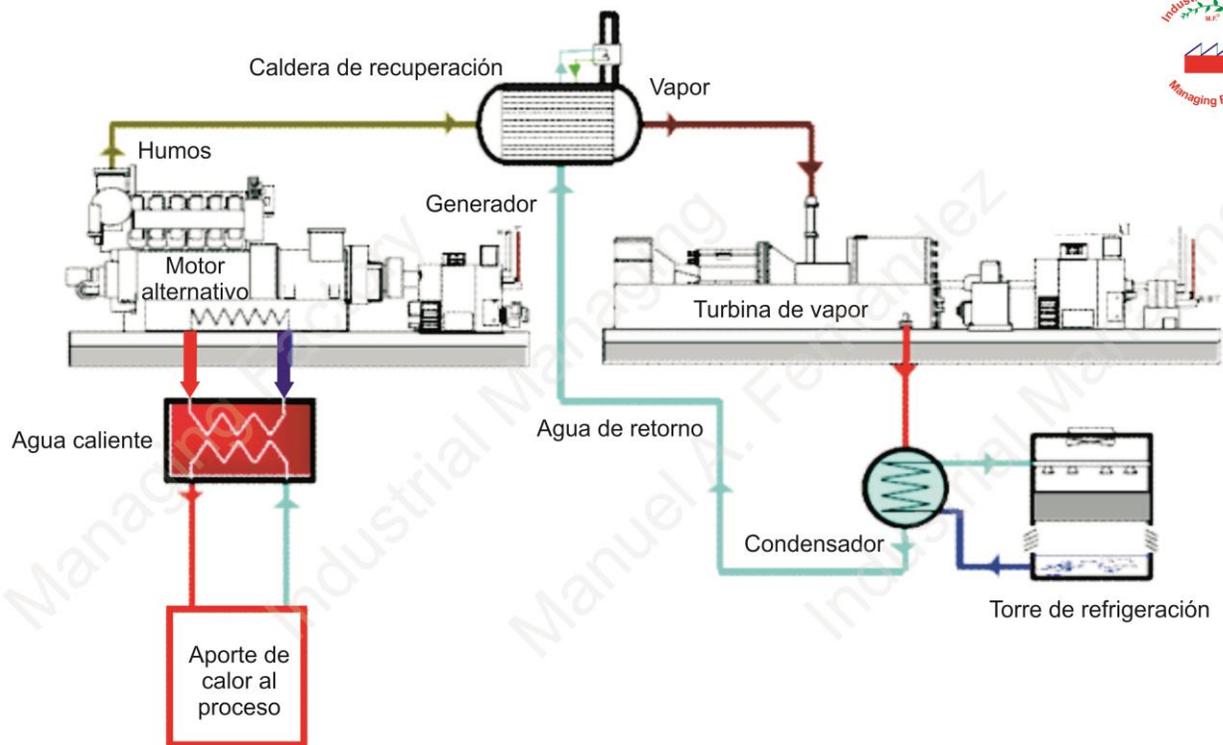
En un ciclo combinado con turbina de gas el proceso de vapor es esencial para lograr la eficiencia del mismo. La selección de la presión y la temperatura del vapor vivo se logran en función de las turbinas de gas y vapor seleccionadas, selección que debe realizarse con criterios de eficiencia y economía. Por ello se requiere una ingeniería apropiada capaz de crear procesos adaptados al consumo de la planta industrial asociada a la cogeneración, que al mismo tiempo dispongan de gran flexibilidad y que posibilite su trabajo eficiente en situaciones alejadas del punto de diseño.

Una variante del ciclo combinado expuesto, en el que la turbina de vapor trabaja a contrapresión (esto es, descomprime el vapor entre una presión elevada y una presión inferior, siempre superior a la atmosférica) es el ciclo combinado a condensación, en el que el aprovechamiento del calor se realiza antes de la turbina de vapor, quedando ésta como elemento final del proceso.

El vapor de salida se condensa en un condensador que trabaja a presión inferior a la atmosférica, para que el salto térmico sea el mayor posible.

## *Cogeneraciones con motor alternativo*

En este tipo de plantas, el calor contenido en los humos de escape del motor se recupera en una caldera de recuperación, produciendo vapor que es utilizado en una turbina de vapor para producir más energía eléctrica o energía mecánica. El circuito de refrigeración de alta temperatura del motor se recupera en intercambiadores, y el calor recuperado se utiliza directamente en la industria asociada a la planta de cogeneración. El rendimiento eléctrico en esta planta es alto, mientras que el térmico disminuye considerablemente. Es interesante para plantas con demandas de calor bajas que rentabilizan la inversión por la venta de energía eléctrica, fundamentalmente.



## CONCEPTOS DE LA TRIGENERACION

La Trigeneración suele referirse a la generación simultánea de tres tipos de energía: energía eléctrica, energía térmica en forma de 'calor' (agua sobrecalentada o vapor) y energía térmica en forma de 'frío', transformando posteriormente parte de ese agua sobrecalentada o vapor en agua fría utilizando equipos de absorción (de amoníaco o de bromuro de litio), que tienen un ciclo térmico sencillo pero bastante ingenioso.

Una planta de trigeneración es similar a una de cogeneración, a la que se le ha añadido un sistema de absorción para la producción de frío. No obstante existen una serie de diferencias.

La trigeneración, permite a la cogeneración, que inicialmente, no era posible en centros que no consumieran calor, acceder a centros que precisen frío que se

produzca con electricidad. Facilita a la industria del sector alimentario ser cogeneradores potenciales. Asimismo, permite la utilización de cogeneración en el sector terciario (hoteles, hospitales, etc.) donde además de calor se requiere frío para climatización, y que debido a la estacionalidad de estos consumos (calor en invierno, frío en verano) impedía la normal operación de una planta de cogeneración clásica.

Esta modalidad de cogeneración tiene más aplicaciones:

Aplicaciones de secado. Especialmente en industria cerámica que utilizada atomizadores. Son plantas muy simples y económicas, ya que los gases calientes generados por una turbina o un motor se utilizan directamente en el proceso de secado.

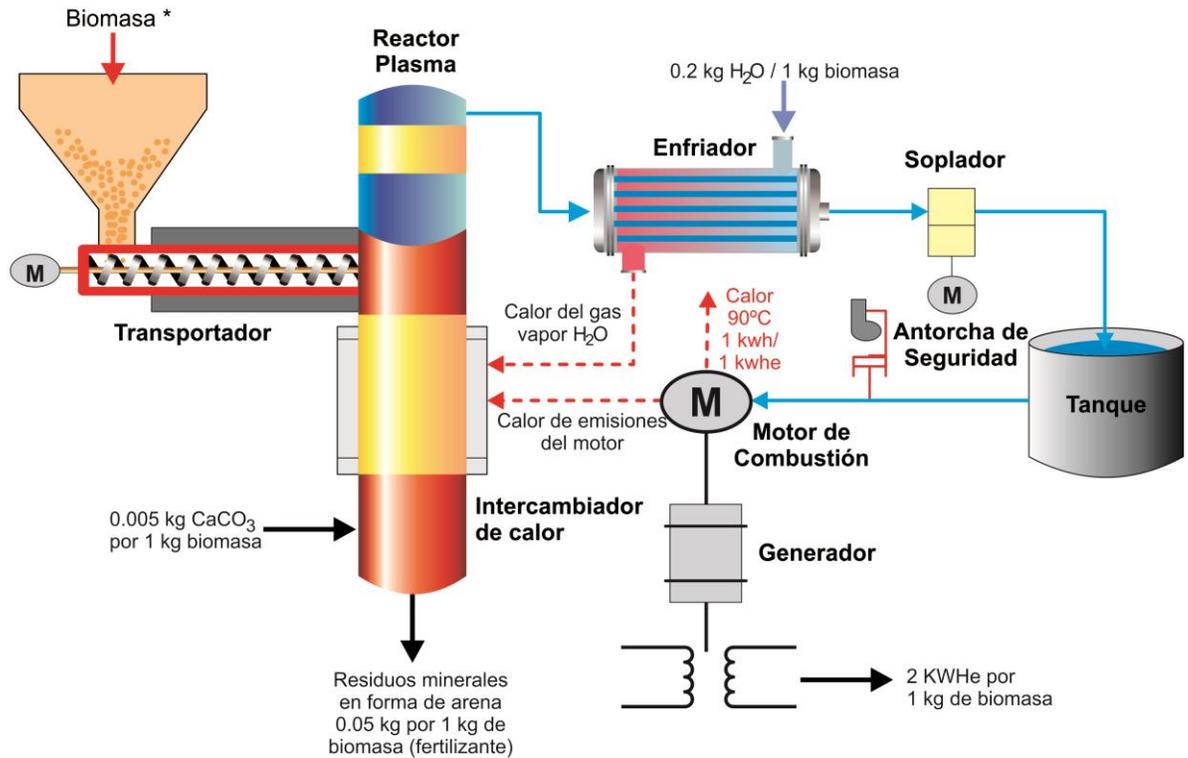
Aplicaciones en la industria textil, calefacción y refrigeración, aplicaciones para industrias medioambientales, como plantas depuradoras de tipo biológico, o de concentración de residuos o de secado de fangos, etc., al demandar calor son potencialmente cogeneradoras. En estas aplicaciones puede ser un factor importante para la reducción del coste de tratamiento de los residuos.

## ***CONCEPTOS DE LA TETRAGENERACION***

Una variante más de la opción anterior, en la que además de electricidad, calor frío se produce energía mecánica en una turbina (generalmente de condensación) para el accionamiento de bombas o para producir aire comprimido.

## ***COGENERACION Y BIOMASA***

## - DE BIOMASA A ELECTRICIDAD -



\* La biomasa puede ser deshecho agrícola o animal, residuo sólido urbano, aceite usado, disolventes, neumáticos de auto, cultivo energético, micro alga, aserrín de madera y residuos petroleros.

## CAPITULO DEMOSTRATIVO DEL E-BOOK COGENERACION INDUSTRIAL RESUMEN DE UN TEMA DEL **CAPITULO 6**

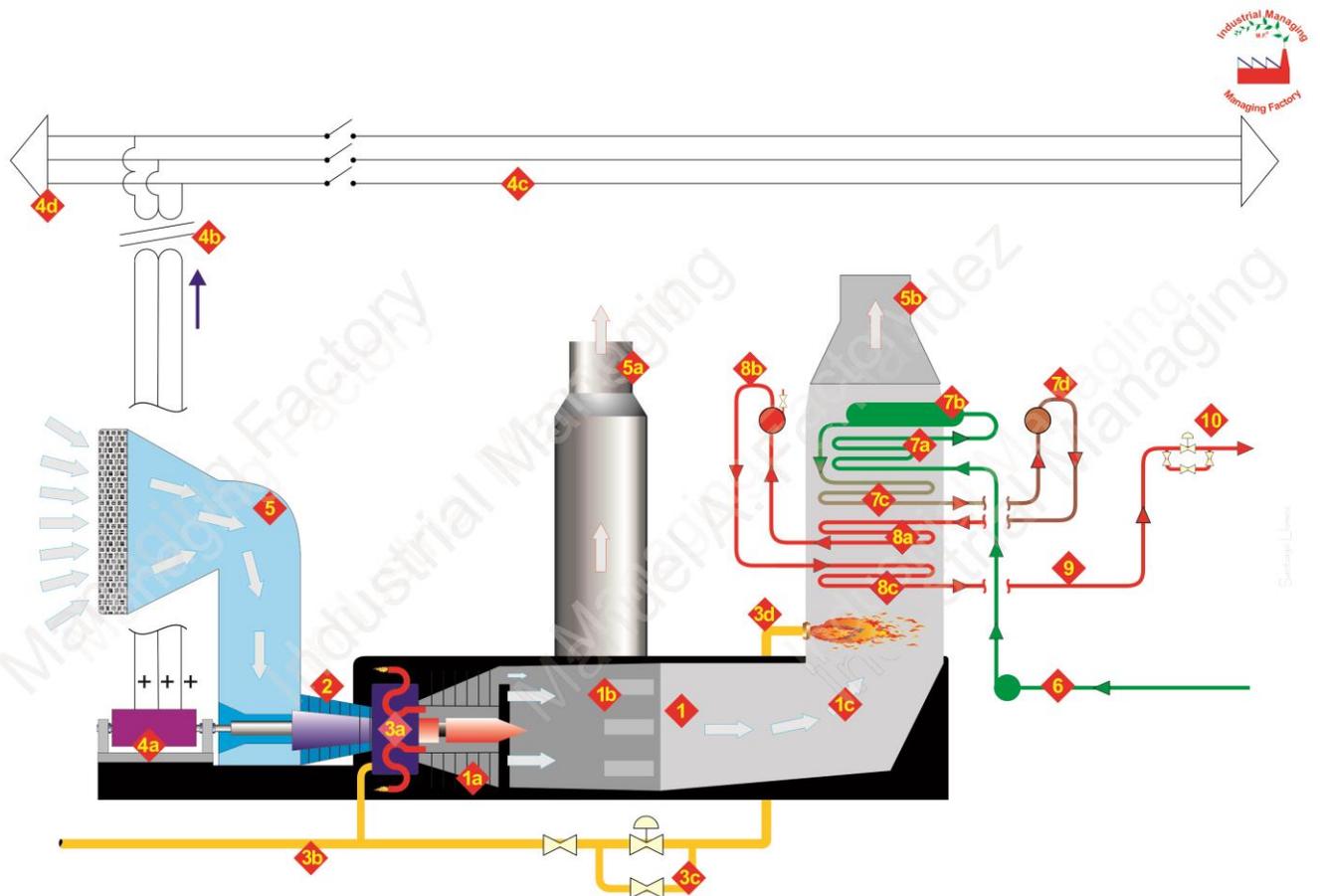
PRODUCCION DE ENERGIA ELECTRICA PARA AUTOABASTECIMIENTO CON  
TURBO GAS Y CALDERA DE RECUPERACIÓN VERTICAL

## LA TURBINA A GAS

Como vimos anteriormente en los sistemas con turbina a gas se quema combustible en un turbogenerador y parte de la energía se transforma en energía mecánica, que a su vez se transformará con la ayuda del alternador en energía eléctrica. Su rendimiento eléctrico es inferior al de los motores alternativos, pero presentan la ventaja de que permiten una recuperación fácil del calor, que se encuentra concentrado totalmente en sus gases de escape, que está a una temperatura de unos 500°C a 600°C, energía térmica ideal para producir vapor en una caldera de recuperación

Cuando se presenta en el denominado ciclo simple, el sistema consta de una turbina a gas y una caldera de recuperación, generándose vapor directamente a la presión de utilización en la planta de proceso asociada a la cogeneración. Su aplicación es adecuada cuando los requisitos de vapor son importantes (>10 t/h), situación que se encuentra fácilmente en numerosas industrias (alimentación, química, papelera). Son plantas de gran fiabilidad y económicamente rentables cuando están diseñadas para una aplicación determinada, pero el diseño de convertidor vertical, es uno de los que más se ajusta a las Centrales Térmicas de Ciclo Combinado.

El diseño del sistema de recuperación de calor es fundamental, pues su economía está directamente ligada al mismo, ya que a diferencia de las plantas con motores alternativos, el precio del calor recuperado es esencial en un ciclo simple de turbina de gas.



## **DISEÑO SUGESTIVO PARA PONER EN PERSPECTIVA LA OPERACIÓN DE LA PLANTA**

### **SECUENCIA DE LA OPERACIÓN (RECONOCIMIENTO DE LAS PARTES COMPONENTES)**

- 1) Equipo Turbo gas generador con sistema de cogeneración con caldera vertical
  - 1a) Zona de Alabes y expansión de los gases de la combustión
  - 1b) Persianas cerradas Ciclo Abierto, persianas abiertas habilita el sistema de cogeneración
  - 1c) Horno de la caldera de recuperación donde circulan los gases calientes de escape de la turbina y los quemadores adicionales
- 2) Compresor de Aire Centrifugo radial que comprime aire para la mezcla
- 3) Provisión de gas natural con caudal y presión determinados para atender la demanda del proceso
  - 3a) Cámara de Combustión donde se efectúa la combustión de la mezcla aire-gas con exceso de oxígeno

- 3b) Línea de Gas que alimenta la grupo de quemadores periféricos a cámara de combustión y quemador suplementario
  - en la caldera de recuperación
- 3c) Planta reductora de Gas que suministra presión reducida a quemadores de caldera de recuperación
- 3d) Quemadores adicionales suplementarios que aportan mas poder calorífico aprovechando el exceso de aire proveniente
- 4) Sistema de Energía eléctrica compuesto por Generador, Excitatriz, transformador y línea suministro
  - 4a) Generador de Energía sincrónico adherido y solidario al eje del turbogas
  - 4b) Transformador al que llega la energía generada y transportada por barras de Hierro
  - 4c) Línea Eléctrica que autoabastece el proceso industrial
  - 4d) Línea o red Eléctrica de suministro a terceros o exportación de excedentes generados
- 5) Sistema de Aire compuesto por filtros para purificar al máximo el aire a comprimir y para la mezcla con gas
  - 5a) Chimenea que funciona con el ciclo abierto expulsando a la atmosfera los gases calientes del proceso
  - 5b) Chimenea de la caldera de recuperación donde los gases salen poco calientes a la atmosfera
- 6) Sistema de Agua de Alimentación, donde el agua proveniente del condensador o de la reposición por perdidas, reingresa al sistema
  - a través de la bomba principal de alimentación
- 7) Sistema de calentamiento de agua en zona donde los gases antes de ser expulsados van perdiendo temperatura
  - 7a) Economizador, donde el agua se calienta a temperaturas menores que la de ebullición
  - 7b) Balón, Calderin o Domo donde el agua puede o no estar en ebullición según temperatura y presión reinantes
  - 7c) Haz tubular por donde circula el agua caliente en proceso de evaporación
    - o Serpentín Evaporador donde inicia el proceso de generación de vapor sobre saturado húmedo
- 7d) Calderin intermedio que contiene mezcla agua a punto de ebullición y vapor saturado
- 8) Sistema de evaporación donde circula vapor sobresaturado húmedo
  - 8a) Serpentín o haz tubular de acero sin costura donde el vapor puede ser húmedo o bien seco
  - 8b) Calderin de vapor Húmedo o sobresaturado seco si es que en el sistema no existe Recalentador de vapor

8c) Ases tubulares del sobrecalentador de Vapor donde se pierde la última gota de humedad y el vapor es Sobresaturado Seco

Puede que sea Recalentador cuando el vapor proviene de una etapa de la turbina y necesita incrementar temperatura

para reingresar en la turbina y mejorar la eficiencia.

9) Línea de Vapor Principal para alimentar la turbina a vapor o parte para la demanda de un proceso industrial, sobre dicha línea están

Dispuestos: válvula principal, By Pass, instrumentos de medición y control, trampas de vapor, balones separadores de condensados

10) sistema de By Pass para regular o reducir la presión de vapor que atenderá demanda del turbo vapor o del proceso industrial

**Revisión técnica: Ingeniero en Seguridad e Higiene JORGE GUIDO**

## **BIBLIOGRAFÍA**

Diversos procesos tecnológicos que se aplican en sistemas de Cogeneración, proporcionan información en forma de instructivos, folletos, cuadernos de principios básicos, etc., sin esta fuente de información de primera mano hubiera sido más difícil la investigación y escritura de este libro. No obstante, el autor con el soporte de sus conocimientos en operación y mantenimiento de plantas industriales y térmicas, lo que se han innovado con tecnología de cogeneración, ha diseñado el material formativo que se presenta y con el aporte del ilustrador Santiago Llorens, entregamos al lector los variados temas sumamente

descomplejizados, para facilitar la comprensión de la Cogeneración Industrial. Además se consultó material e información de la siguiente bibliografía:

**“Tecnología para Procesos de la Industria” Manuel Fernández - Editorial Managing Factory**

**“Operación de Plantas Industriales y Térmicas” Manuel Fernández - Editorial Managing Factory**

**“Operación de Plantas industriales de Biomasa” Manuel Alberto fernandez – Editorial Managing factory**

**“Calderas Acuotubulares Convencionales” Manuel Fernández - Editorial Managing Factory**

**“Tecnología de la Energía” George E. Stephenson – Editorial Diana.**

**“Métodos de la Industria Química” Mayer – Editorial Reverté S.A.**

**“Operación de Plantas Industriales” Elonka – Editorial Mc Graw Hill.**

**“Tecnología Industrial” F. Silva y E. Sanz – Editorial Mc Graw Hill.**

**“ Emprendedor PYME Industrial ” M. Fernández. Editorial Managing Factory**

**“Seguridad y Saneamiento Industrial “– Manuel Fernández Editorial Managing Factory**

**“Cogeneración “Santiago García Garrido**

**“Plantas de Vapor” Charles Donald Swift – Editorial CECSA.**

**“Ediciones de Ingeniería Química y Alimentaria” – Editorial Edigar.**

## Corrección Técnica – Profesores

- ♦ Ing. Antonio Colillan
  - ♦ Ing. Pablo Maliani
  - ♦ Ing. Roberto Corbelle
  - ♦ Ing. Jorge Pistagnesi
  - ♦ Ing. Jorge Alfredo Guido
- Revisión general  
Revisión técnica general

## Otros libros editados por el autor

- Impreso: PyMEs = Autoempleo I
- Impreso: Calderas Acuotubulares Convencionales
- Impreso: Tecnología para Procesos de la Industria
- E-Book: Emprendedor PYME Industrial
- E-Book: Industrias Rurales con perspectiva a Turismo Rural
- E-Book: Operación de Plantas Industriales de Biomasa
- E-Book: Operación de Plantas Industriales de Cogeneración
- E-Book: Calderas Acuotubulares Convencionales
- E-Book: Operación de Plantas Industriales y Térmicas
- E-Book: Seguridad y Saneamiento Industrial

- Manuel Alberto Fernández -

*Antecedentes del autor:*

[www.managingfactory.com](http://www.managingfactory.com)



Managing Factory  
**MARCA REGISTRADA INPI N° 2442780-DISPOSICION CONCESION N° 673/11.**

**Centro de formación técnica experiencial para el empleo industrial.  
Cursos técnicos de carácter práctico y aplicativo para el manejo fabril industrial.**

[www.managingfactory.com](http://www.managingfactory.com)

EDITORIAL MANAGING FACTORY

**ISBN N° 978-987-27001-6-4**