DESARROLLO DE LA COGENERACIÓN EN GUATEMALA

Mario Muñoz
Especialista en Eficiencia Energética, CENGICAÑA

RESUMEN

La Cogeneración en Guatemala, como una figura comercial dentro del mercado eléctrico de país, se formó aproximadamente hace 20 años, a los largo de ese periodo de tiempo, los ingenios azucareros fueron las industrias cogeneradoras por excelencia; generando calor y electricidad a través de un "desecho" biocombustible de la caña: el bagazo. El sector fue creciendo sostenidamente y requirió de fuertes inversiones en la agroindustria azucarera, hoy en día no sería posible cubrir el 15 por ciento de la demanda anual de energía eléctrica del mercado nacional si los cogeneradores no hubiesen asumido estrategias innovadoras, que les permitieron contar con excedentes de energía. Los ingenios cogeneradores enfrentan en la actualidad varios retos, tales como la abundante competencia de otras fuentes de energía tales como las hidroeléctricas y carboneras. Por otra parte, los ingenios deberán adaptarse a las nuevas reglas del mercado que cada vez más exige estrategias de bajo costo, por lo tanto, la eficiencia ocupará un lugar fundamental en la rentabilidad y permanencia de la Cogeneración.

Palabras claves: cogeneración, electricidad, energía, biomasa, eficiencia, biocombustibles, ingenios

ABSTRACT

Cogeneration in Guatemala, as a business figure in the country's electricity market was established about 20 years ago, to over that period of time, the sugar mills were the quintessential cogeneration industries; generating heat and electricity through a "waste" of biofuel sugarcane: the bagasse. The sector grew steadily and required heavy investment in the sugar industry, today would not be possible to cover 15 percent of the annual electricity demand of the domestic market if they had not taken innovative strategies that allowed them to have surplus energy. Cogenerators mills currently facing several challenges, such as the abundant competition from other energy sources such as hydroelectric and coal. Moreover, the mills must adapt to the new rules of the market increasingly demands low-cost strategies, therefore, the efficiency will occupy a central place in the profitability of cogeneration.

COGENERACIÓN

Se entiende que Cogeneración, es la práctica industrial que aprovecha una fuente de energía térmica para producir energía eléctrica con el mismo combustible que se produjo la energía térmica. También es aprovechar una fuente de energía eléctrica para generar energía térmica con el mismo combustible que se generó energía eléctrica. Generalmente se ha desarrollado más la primera forma de Cogeneración, la cual ha implicado generación de calor y a partir de la transferencia del mismo se genera electricidad. Sin embargo, en los ingenios azucareros guatemaltecos, la Cogeneración se presenta en ambas formas pero de manera secuencial, es decir calor-electricidad-calor. Esta práctica convierte a los ingenios en Cogeneradores por excelencia. La mayoría de la Cogeneración en los ingenios se logra con un mismo biocombustible, el cual resulta ser un residuo del procesamiento de la materia prima.

En la Figura 1, se ilustran los procesos internos que llevan al intercambio de energía dentro de un ingenio. Básicamente consiste en aprovechar los residuos del procesamiento de la materia prima (caña de azúcar), los cuales cuentan con un alto contenido de fibra (50%). Esta fibra llamada bagazo, está formada elementalmente por carbono, hidrógeno y oxígeno, lo que la convierte en un excelente biocombustible con un poder calorífico promedio de 17192 kJ/kg. Este poder calorífico, a través de la combustión del bagazo, es el que se transfiere a un volumen de agua para convertirlo en vapor. El vapor producido es el que representa la energía térmica. Luego el vapor es conducido hacia turbogeneradores donde se produce energía eléctrica. Para ésta generación de electricidad, el vapor utilizado en las turbinas solo entrega entre un 19-27 por ciento de su energía térmica, el resto de energía térmica del vapor se conduce a la fábrica en donde es transferida en forma de calor hacia los procesos de transformación del jugo en azúcar, fundamentalmente al área de concentración del jugo (evaporación). La energía eléctrica generada sirve para transmitir potencia a todas las máquinas de la fábrica del ingenio y los excedentes se venden al Sistema Nacional Interconectado (SNI). Todo el vapor utilizado en fábrica es condensado y se retorna a la producción de vapor, convirtiendo al proceso de Cogeneración en un ciclo cerrado con recirculación de agua.

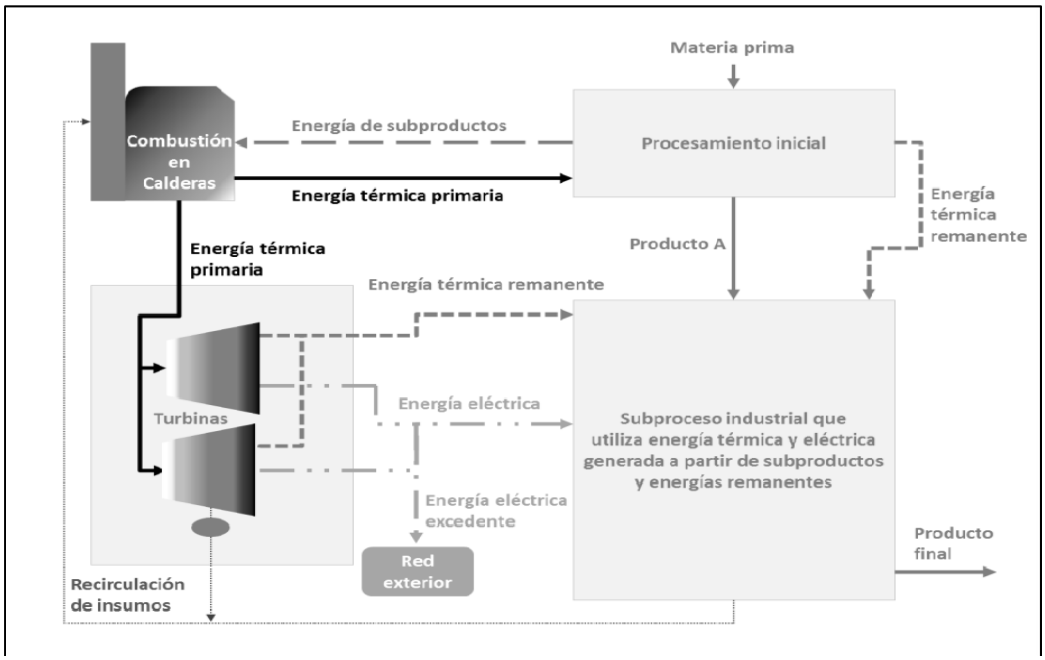

Figura 1. Esquema de Cogeneración en un ingenio azucarero guatemalteco

LOS COGENERADORES

En el mercado eléctrico guatemalteco, los únicos generadores de energía eléctrica reconocidos como Cogeneradores son los ingenios azucareros. Esta figura comercial nace a raíz de La Ley General de Electricidad la cual establece que a partir de 1996 es libre la generación de electricidad y no se requiere autorización previa por parte del Estado, y el artículo 8 del mismo cuerpo legal, establece que es libre la instalación de centrales generadores. Antes de este año los ingenios cogeneraban solamente para llenar sus requerimientos internos de energía. Actualmente la Ley funciona con los siguientes agentes:

El proceso de generación, transporte y distribución de electricidad en Guatemala había estado regulado normalmente por la Ley del Instituto Nacional de Electrificación (INDE) Decreto Legislativo No. 1287 del 27 de marzo de 1959, el cual estableció los mecanismos a seguir para poder entrar al negocio de la electricidad. El negocio de la electricidad tradicionalmente se había manejado por la vía estatal (INDE, EEGSA y empresas eléctricas municipales), hoy este negocio está regulado pero es de libre acceso.

La Ley General de Electricidad constituye el marco dentro del cual se inscribe cualquier actividad dedicada a cualquier parte del proceso (generación, transmisión, distribución y comercialización), es importante destacar que en cuanto al proceso concreto de la Cogeneración, existe el Decreto-Ley No. 20-86, la que tiene como objetivo fundamental el promover y fomentar el aprovechamiento de fuentes nuevas y renovables de energía, fuentes no convencionales y fuentes nuevas en el país, definiendo como Fuente nueva y renovable de energía (Artículo No.7) aquellas como la radiación solar, el viento, las mareas, el agua, la geotermia y la biomasa (incluye bagazo). A raíz de la Ley General de Electricidad, se crean la Comisión Nacional de Energía Eléctrica, que es el ente estatal encargado de la regulación del mercado eléctrico y también se crea la figura técnico -legal del Administrador del Mercado Mayorista (AMM), ente encargado de coordinar en tiempo real las transacciones de los agentes que componen el mercado eléctrico, tales como los generadores, comercializadores, distribuidores, transportistas y grandes usuarios. (CNEE-2013).

Figura 2. Composición del sector eléctrico de Guatemala

En la Figura 3, se ilustra la manera en que los ingenios se han sumado al bloque de los Cogeneradores dentro del mercado eléctrico del país. (CENGICAÑA-1996) en la actualidad son 9 ingenios los que integran el bloque de los Cogeneradores. Los ingenios se han integrado progresivamente al mercado eléctrico y han crecido en su capacidad de Generación de forma paulatina. Inicialmente los ingenios cogeneraban y vendían a la red nacional los excedentes que se tenían con la capacidad con que se contaba en 1995. Debido a la nueva ley y a las facilidades que el mercado representaba, los ingenios asumieron varias estrategias que les permitió desarrollarse y ganar el nicho de mercado que hoy en día es la Cogeneración. Entre las estrategias adoptadas se tienen: 1) Montar plantas de cogeneración de energía eléctrica de mayor eficiencia. 2) Electrificar las fábricas de azúcar, dedicando así toda la energía térmica disponible para la cogeneración de electricidad (sustitución de equipos que operaban con vapor). 3) Ampliar las zonas cosechadas con caña con beneficios no solo en más materia prima para el azúcar sino también más fibra para la producción de energía térmica. 4) Invertir en modernas plantas de Generación con combustibles fósiles tales como bunker C o fuel oil No. 6 y más recientemente de carbón mineral, las cuales son plantas de combustible dual (fósil+bagazo). Estas plantas han sido mayormente utilizadas en época de invierno cuando el bagazo se termina por no haber zafra.

Ingenio	1995-1996	1996-1997	2001-2002	2003-2004	2005-2006	2012-2013	En la actualidad
Concepción							
La Unión							
Magdalena							
Pantaleón							
Santa Ana							
Madre Tierra							
Tulula							
El Baúl							
San Diego							
Palo Gordo							
Trinidad							
Total	6	1	1	1	1	1	9

Figura 3. Ingreso al mercado eléctrico de los ingenios, bajo la figura de Cogeneradores

LA TECNOLOGÍA UTILIZADA

Generalmente en los ingenios Cogeneradores existen dos tipos de plantas de energía: la primera llamada de "escape", utiliza el 100 por ciento del vapor proveniente de las turbinas para concentrar jugo de caña en las fábricas, el otro tipo de planta llamada de "Condensación", la cual utiliza vapor proveniente de alguna extracción de la turbina para enviarlo a la fábrica de azúcar, otra parte del vapor es enviado a un condensador que lo convierte en agua con la cual se alimenta una caldera para así cerrar y reiniciar el ciclo nuevamente.

En algunas ocasiones, dependiendo de la época del año y el combustible disponible, las plantas de condensación trabajan sin la extracción hacia la fábrica, es decir, todo el vapor utilizado en la turbina es condensado sin pasar por la fábrica de azúcar, el vapor de las extracciones generalmente es utilizado para precalentar el condensado antes de entrar nuevamente a la caldera. En este momento teóricamente no existe la Cogeneración calor-electricidad-calor sino solo calor-electricidad. Estadísticamente para el AMM, la electricidad que los ingenios generan con combustibles fósiles, ya sea en plantas de escape o condensación queda registrada en el bloque de la Cogeneración. Sí se hace distinción cuando se tabula la energía por tipo de combustible. La tecnología utilizada solo se discrimina internamente en los ingenios.

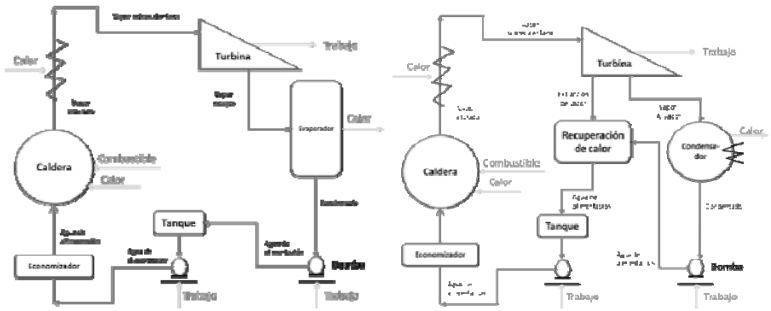

Figura 4. Plantas de generación de energía utilizadas en los ingenios cogeneradores

Actualmente esta distribución puede llegar a cambiar, debido a los incentivos a la energía renovable (nuevas licitaciones), es probable que en el futuro cercano, el nombre del bloque de los Cogeneradores desaparezca y se diferencie solamente a los Generadores con biomasa (bagazo, chip de madera, biogás, residuos de la cosecha, etc) de los generadores con combustibles fósiles. Parece ser que nuevamente la tecnología utilizada no tendrá importancia en las transacciones comerciales, esto es algo desventajoso para los ingenios ya que se pierde la oportunidad de legislar incentivos para los Cogeneradores no solo de la industria azucarera sino de cualquier otra que tenga excedentes de energía cogenerada.

En la Figura 5, se demuestra cómo ha aumentado en el tiempo la generación total de energía eléctrica de los Cogeneradores.
Aproximadamente de 1996 al 2000 iniciaron operación la mayoría de las plantas de condensación. A partir del 2001 la generación por escape muestra más crecimiento que la generación por condensación, el esfuerzo de los ingenios se concentró en mejorar el escape debido al crecimiento paralelo de las fábricas de azúcar, las cuáles exigen mayores cantidades de vapor para concentrar mayor cantidad de jugos y mieles.

En la actualidad los ingenios Cogeneradores están invirtiendo en plantas de generación de Condensación con extracción a base de carbón mineral y bagazo, la mayoría de éstas plantas estarán operando en el año 2015 bajo nuevos contratos, precios y condiciones, por lo que se presume un cambio en los escenarios de generación por tecnología y por combustible.

LOS COMBUSTIBLES

Desde que se inició la cogeneración en el país, se han utilizado tradicionalmente dos combustibles, el bagazo y el bunker C, el bagazo ha sido el combustible más utilizado en época de zafra y en época de no zafra (invierno) se ha utilizado el bunker C, la mezcla de ambos combustibles es posible en algunas calderas y fue muy utilizada al inicio de las operaciones de las plantas de los ingenios.

A partir del año 2003, se disminuyó la generación con bunker C, al punto de casi desaparecer en el presente. Esta sustitución del bunker C por bagazo se dio mayormente por las siguientes razones: 1) El aumento del precio en el bunker C. 2) La optimización de los procesos tanto en las fábricas de azúcar como internamente en las plantas de energía. 3) La competencia externa en época de no zafra, el mercado eléctrico del país se ha ido transformando hacia una matriz energética nacional enfocada en una mayor proporción de energía con combustibles renovables tales como hidroeléctricas y geotérmicas, y otras no renovables como el carbón mineral, el AMM ha convocado cada vez menos a los generadores con bunker. 4) El aumento en la disponibilidad de bagazo (Muñóz y Meneses, 2013).

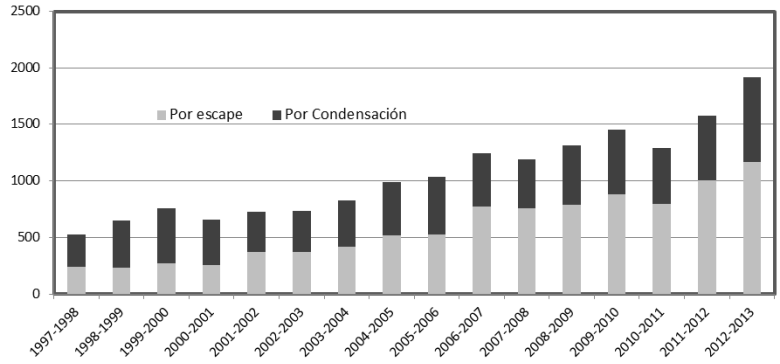

Figura 5. Generación de energía en los ingenios por tipo de tecnología (GWh/año)

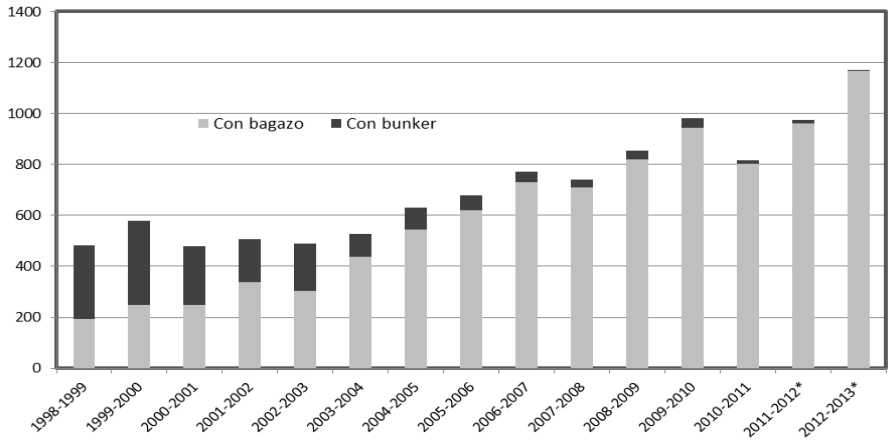

Figura 6. Venta de energía por tipo de combustible (GWh/año)

En la actualidad el bunker se utiliza solo en emergencias técnicas, y en eventuales convocatorias que el AMM hace a los ingenios en época de no zafra. Además, la cantidad de bagazo disponible llena los requerimientos de generación en el período de zafra. En el 2015 algunas nuevas plantas de los ingenios estarán operando calderas con carbón mineral, especialmente en la época de no zafra, por lo que en el futuro cercano se podría aumentar la generación con este combustible, el crecimiento de la generación con bagazo podrá aumentar sustancialmente solo si se destinan nuevas áreas al cultivo de la caña de azúcar. Por otro lado, no se espera el ingreso de nuevos ingenios al bloque de la cogeneración.

Los ingenios tienen una posibilidad de utilizar nuevos biocombustibles a partir de los residuos de la cosecha que quedan en el campo (hojas), especialmente si la cosecha se realiza en verde, las características combustibles de los residuos de la cosecha de la caña son similares a los del bagazo por lo que los ingenios tienen la capacidad futura teórica de aumentar su generación eléctrica con biomasa. Existe un cogenerador que utiliza biogás generado en biodigestores en donde se utiliza como sustrato el residuo de las destilerías de etanol (vinaza).

CAPACIDAD Y RENDIMIENTO

La capacidad de generación de electricidad de los ingenios ha crecido aproximadamente tres veces más de la capacidad que se tenía cuando inició la cogeneración. En la Figura 7, se ilustra cómo a partir del 2003 empezó el auge y desarrollo del sector cogenerador (Muñoz y Meneses, 2013).

Las ventas de energía eléctrica de los cogeneradores han tenido la misma tendencia que la generación total, es decir, que ha medida que el crecimiento de la generación se ha dado se han podido colocar los excedentes en el mercado, ver Figura 8.

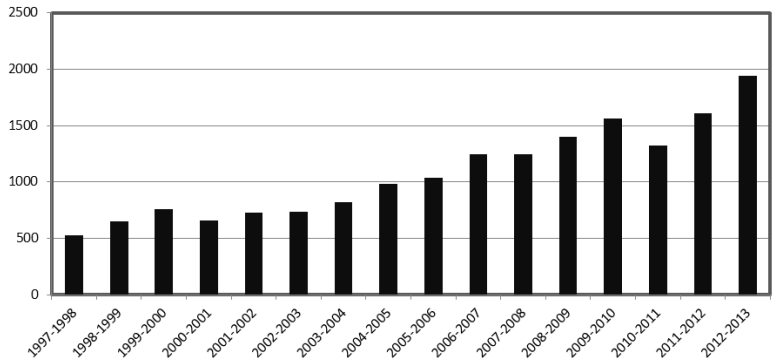

Figura 7. Generación total de los cogeneradores (GWh/año)

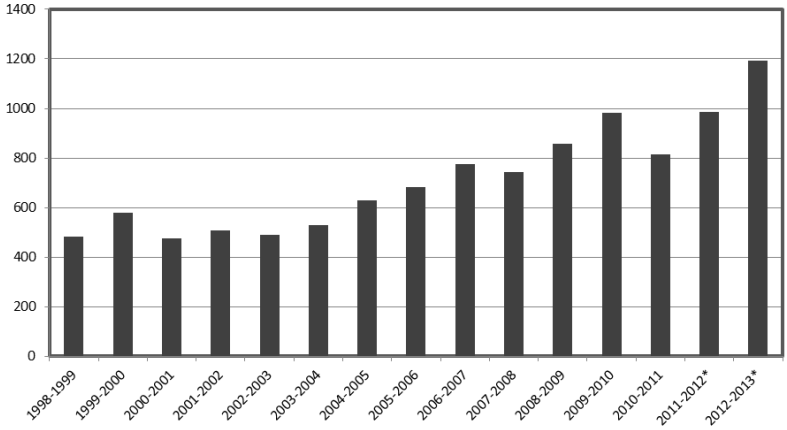

Figura 8. Ventas totales de energía eléctrica de los ingenios (GWh/año)

Por otra parte el consumo interno de energía eléctrica que se ha dado en los ingenios ha subido del 27 por ciento al 40 por ciento, porcentaje que se ha mantenido desde el 2006, ese aumento en el consumo está fuertemente influenciado en la estrategia de motorización de los molinos en los ingenios, los cuales anteriormente eran movidos con vapor, ver Figura 9. Dicha estrategia permitió a los ingenios utilizar más eficientemente el vapor generado a partir del bagazo, utilizándolo en turbinas de mayor rendimiento, proporcionando más estabilidad en la operación de la maquinaria y contar conexcedentes de bagazo que permitió el abastecer al ingenio de la energía eléctrica y térmica para un crecimiento sostenido de la producción de azúcar.

Por otra parte, la generación y consumo interno referido a la cantidad de caña molida en el año también aumentaron globalmente, la generación total subió de 63.71 kWh/$t_{caña}$ a 80.81 kWh/$t_{caña}$, mientras que el consumo interno aumentó de 16.39 kWh/$t_{caña}$ a 31.18 kWh/$t_{caña}$.

En el balance actual, los ingenios han tenido un aumento en la venta de energía eléctrica de 2.31 kWh/t de caña molida, además se tienen los beneficios de una mayor eficiencia en la producción de azúcar ya que se contó con excedentes de combustibles y energía térmica para ampliar las fábricas y agregar refinerías y destilerías (Muñoz y Meneses, 2013).

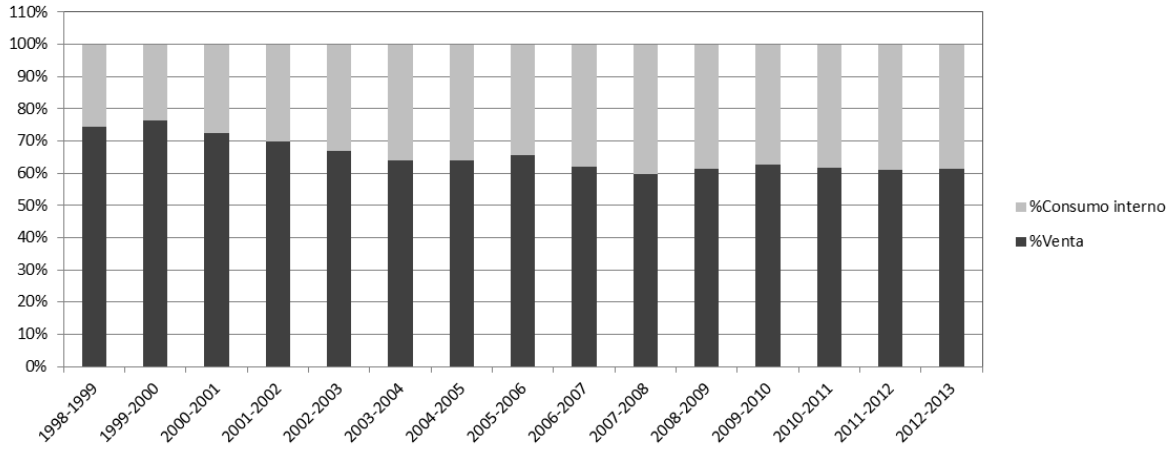

Figura 9. Utilización de la energía generada (GWh/año)

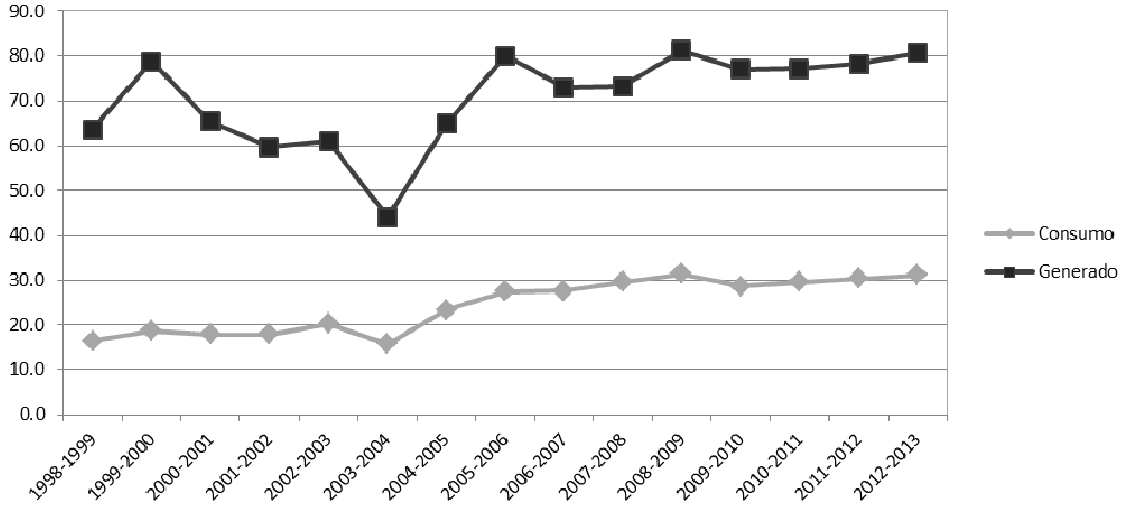

Figura 10. Balance de energía según molida anual. (kWh/$t_{caña}$)

PARTICIPACIÓN DEL MERCADO ELÉCTRICO

ón anual en el mercado eléctrico nacional de los Generadores de acuerdo al tipo de tecnología utilizada. En el año 2013, las hidroeléctricas cubrieron el 48.6% de la demanda del país, el segundo mayor aporte lo dieron el sector de más rápido crecimiento en los últimos años, las plantas generadores a base de carbón mineral, luego están los ingenios con un 15.9% de participación y los generadores con bunker con un 13.2%, el resto corresponde a otra tecnologías menos influyentes (Muñoz y Meneses, 2013).

Se puede concluir que el sector bunker será el sector que gradualmente deberá ir disminuyendo su participación debido a los costos de dicho combustible. Sin embargo, la entrada al sistema de otras plantas de carbón, hidroeléctricas y otras renovables no convencionales (solar y eólica) incrementará la competencia en la obtención de nuevas licitaciones.

Por otra parte, cuando se analiza la participación en el mercado según el tipo de combustible, puede observarse que los ingenios aportan el 13.57 por ciento (Figura 12), debajo también de los generadores con bunker (Muñoz y Meneses, 2013). De existir una estrategia de impulso a las energías renovables ésta es la proporción con la que los cogeneradores deberán competir en el mercado. Unido a esto cogenerar con carbón en tiempo de no zafra proporcionará a los ingenios un nuevo mercado con tendencia al crecimiento, aunque con mayor competencia, lo que obligará a los cogeneradores a buscar la eficiencia energética en todos los procesos.

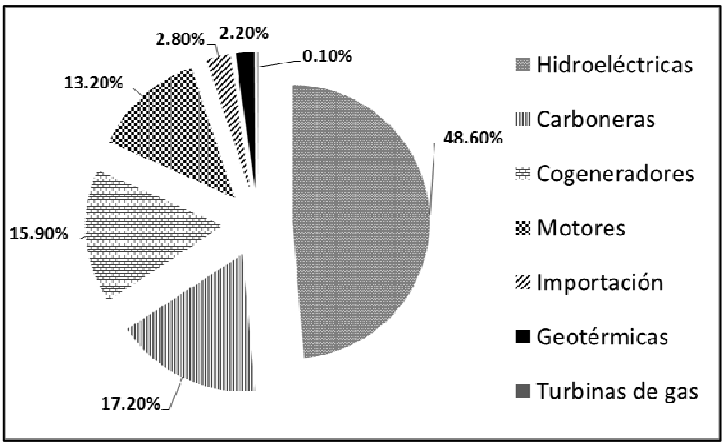

Figura 11. Participación de la oferta eléctrica en el SNI por tipo de tecnología

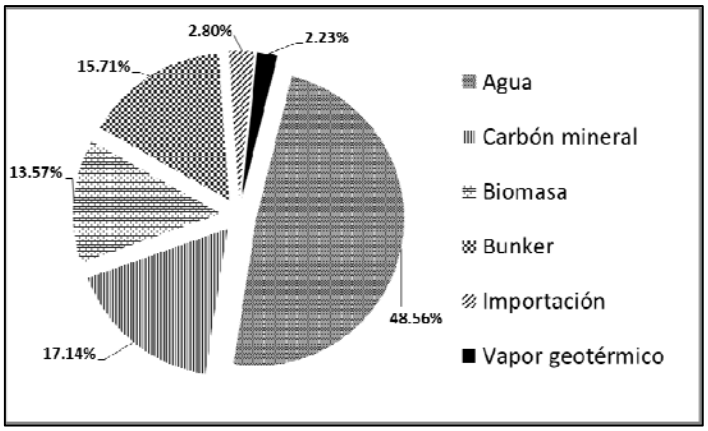

Figura 12. Participación de la oferta eléctrica en el SNI por tipo de combustible

BIBLIOGRAFÍA

Muñoz, M.; Menéses, A. 2013. Recopilación de la información de los simposios de análisis de la zafra 97/98 – 12/13. Procesos de Generación de energía. Boletín Estadístico 4 (1) CENGICAÑA. Guatemala. 19 p.

AMM. 2014. Informe Estadístico 2013. Guatemala. AMM. Guatemala. 32 pp.

Marcello Estrada. 2014. Informe estadístico 2013. CNEE. Guatemala. 104 pp.

CENGICAÑA. 1996. Análisis de los Resultados de la Zafra 1995-1996. Guatemala. 48p.