

Análisis y Optimización de Recursos Energéticos De la ciudad de Bahía Negra Chaco – PY

Richard German Rios Gonzalez, Eduardo E. Ferreira Beling
FACULTAD POLITÉCNICA – UNA
Paraguay

RESUMEN

El presente trabajo tiene la finalidad de realizar un Análisis y Optimización de Recursos Energéticos actuales de la ciudad de Bahía Negra – Chaco Paraguayo. Examinando las inversiones anuales que realiza la Administración Nacional de Electricidad ANDE, y exponiendo las posibles fuentes de energía eléctrica para el trabajo conjunto (en forma híbrida), del grupo electrógeno que actualmente se encuentra en funcionamiento en la localidad. El proyecto además estudia la factibilidad de instalación de artefactos más eficientes en los factores de mayor impacto de la matriz consumo, en la rama de Luminotecnia, como son las Lámparas Compactas Fluorescentes y las Lámparas LED, para su implementación a nivel de Alumbrados Públicos e Iluminación Residencial. En la prospección de una matriz energética más económica, se estudiaron las tecnologías que pudiesen utilizar al río como una fuente de energía, tales como: Centrales Hidrocinéticas, Central con Tornillo de Arquímedes, Central con Rueda Hidráulica, y una Central de Desvío. Igualmente se estudió el potencial de Energía Solar, Energía Eólica, y el de la Biomasa (para la generación de Biogás), adicionalmente se estimaron los costos de una futura línea de transmisión de 23 kV y 66 kV para la localidad. Se determina que la matriz energética más económica, sería la de un sistema híbrido Diésel - Gas Natural, con el cual se disminuye considerablemente el gasto por la generación.

Palabras Claves: 1) Análisis de costos, 2) Recursos Energéticos, 3) Eficiencia Energética, 4) Alumbrado Público, 5) Lámparas Eléctricas.

1. INTRODUCCIÓN.

La localidad de Bahía Negra se encuentra en el extremo Noreste del departamento de Alto Paraguay – Chaco Paraguayo, a unos 950 km de la capital Asunción, y a 10 km de la frontera tripartita entre Bolivia, Brasil, y Paraguay, sus coordenadas son Sur $20^{\circ}15'0''$ Oeste $58^{\circ}12'00''$, a una altitud de 75 msnm. [1]



Figura 1: Ubicación de la localidad de Bahía Negra – Chaco Py.

Las formas de llegar a Bahía Negra son: por vía terrestre (desde Asunción, por ruta asfaltada hasta Filadelfia, y desde ahí por caminos de terraplén, con tiempo estimado de 20 horas), por vía fluvial (a través del Río Paraguay), y por vía aérea (la localidad cuenta con una pista de tierra, solo para aviones de pequeño porte).

Se estima que la localidad cuenta con 700 familias, con 4.000 habitantes. Las principales actividades económicas gira en torno a actividades de pesca y ganadería, siendo la agricultura muy escasa y ardua (comúnmente solo para consumo familiar). Se encuentran muy pocos comercios, por citar algunos: despensas, carnicerías, y bodegas. [2]

2. SITUACION ELECTRICA DE LA LOCALIDAD

El Municipio de Bahía Negra, es una localidad aislada del Sistema Interconectado Nacional, donde se utilizan grupos electrógenos diesel para el abastecimiento de electricidad. Si bien esta solución es fácil de implementar, posee características que llevan a considerar otro tipo de soluciones.

Inicialmente la localidad era abastecida con energía eléctrica (generación térmica), por medio de la Armada Nacional, por ser un punto estratégico desde el punto de vista militar y soberanía, y desde el 1.997, pasa a cargo de la ANDE el servicio eléctrico de la comunidad. Las horas de servicio diario eran de 12 horas, posteriormente de 18 horas, y desde abril de 2.011 el servicio es continuo las 24 horas al día. [3]

La Central térmica cuenta con dos grupos electrógenos: generador marca CATERPILLAR de 365 kVA (consumo específico de 0.272 litros por kWh), y otro generador marca OLYMPIAN de 200 kVA (consumo específico de 0.30875 litros por kWh), con los cuales suministran energía a la ciudad. Además cuenta con 3 tanques de 20.000 litros de capacidad, dispuestos estratégicamente para la recarga vía terrestre o fluvial.

Los gastos que se generan por la generación térmica en la localidad en un año, se desglosa en: gastos por viatico de funcionarios (71.280.000 Gs), gastos por Mantenimiento (90.000.000 Gs), gastos por fletes (276.800.000 Gs), y gastos por compra de combustible (2.088.000.000 Gs). En la figura 2, se puede apreciar el porcentaje de participación que representa cada factor con relación al gasto total. Cabe resaltar que, en días críticos, el consumo oscila los 1.000 litros de combustible, ocasionando un gasto aproximado de

7.000.000 Gs. Considerando que el ingreso anual por venta de energía oscila los 120.000.000 Gs, por lo que amerita, la evaluación de alternativas de reducción de gastos para la generación actual.

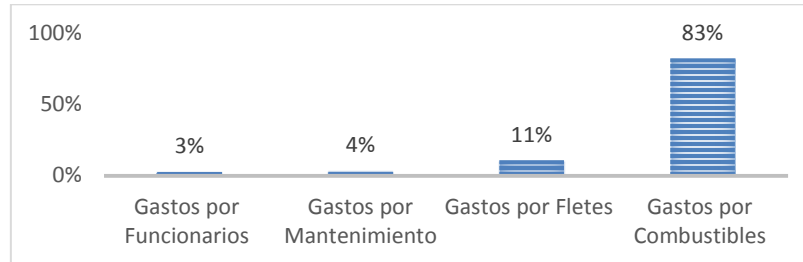


Figura 2: Estimación de gastos por la generación térmica anual en Bahía Negra.

El precio de la energía debería de oscilar los 2.400 Gs por kWh, y los pobladores solo abonan lo establecido por la ley, solo unos 365 Gs por kWh, con lo que se puede apreciar que la ANDE se encuentra subsidiando el 85% de la energía generada, dando como resultado cuantiosas pérdidas, tanto económicas como técnicas.

En la figura 3, se puede apreciar los factores de mayor impacto y su porcentaje de participación en el consumo de energía de un mes típico. [4]

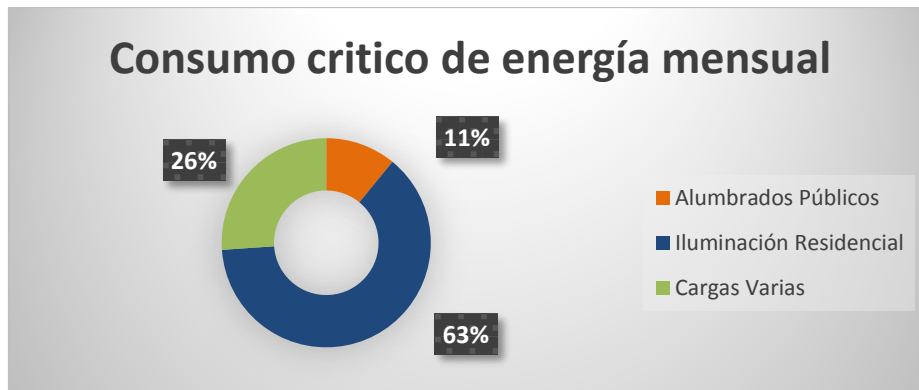


Figura 3: Factores de consumo de energía de un mes típico.

En base a los datos anteriores, se plantean varias alternativas: inicialmente se propone mostrar el potencial ahorro que se obtendría (disminución de consumo de combustible, analizando la generación actual), si se implementan criterios de eficiencia energética en los factores de mayor impacto en el consumo de energía, Alumbrado Público e Iluminación Residencial. Además, se analizaron de forma preliminar, algunas alternativas de obtención de energía eléctrica para la localidad.

La investigación se desglosa en tres etapas, de forma a mostrar los potenciales ahorros que se obtendría ejecutando inversiones bajas (reemplazo de las tecnologías de iluminación de baja eficiencia), y luego planteando inversiones mayores (adquisición y uso de otra fuente de energía), de modo a disminuir los gastos que se realizan por la generación actual.

Etapa 1: Análisis de Alumbrados Públicos (AP's).

En la etapa 1, se analizó el sistema de iluminación actual, encontrando que las lámparas de Vapor de Sodio a Alta Presión (VSAP), son las predominantes en la localidad, las cuales tienen un consumo de 455 W; en total la ciudad cuenta con 80 AP's, representando el 11% de la demanda de energía mensual. Un AP de

VSAP, representa un consumo de 5,46 kWh por día, un consumo de combustible de 1,69 litros por día, un gasto monetario de 13.104 guaraníes diarios, y un gasto anual de 377.395.200 guaraníes, considerando que la ANDE no recauda ningún ingreso por la prestación de servicio de AP, corresponde una prospección de sistemas más eficientes y por ende económico.

Se plantea la implementación de Lámparas tipo LED de 120 W, las cuales disminuyen considerablemente el consumo de energía a 1,44 kWh por día, un consumo de combustible de 0,44 litros por día, un gasto de 3.456 guaraníes por día, esto representa un gasto anual de 99.532.800 guaraníes, y dando como ahorro potencial unos 277.862.400 guaraníes anuales, este ahorro ira aumentando a medida que pasan los años, considerando un crecimiento vegetativo de 5 AP's anuales.

Etapa 2: Análisis de Iluminación Residencial.

La etapa 2, se basó en el análisis de tecnologías utilizadas para la iluminación a nivel residencial. Esta representa el 63% del consumo de energía eléctrica mensual (contingencia extrema, 5 lámparas por familia), utilizando en su mayoría lámparas incandescentes de 60 W, considerando que esta tecnología se encuentra en una escala muy baja con relación a su eficiencia de transformación de energía eléctrica a luz, es necesario una prospección de tecnología más eficiente, que represente menos gastos de generación para la ANDE.

Se encuentra disponible en los comercios de la ciudad las lámparas incandescentes a un costo bastante accesible de 3.000 Gs, en comparación a las tecnologías propuestas (lámparas de bajo consumo 25.000 Gs o lámparas LED's de 150.000 Gs), por lo que el usuario no optaría por utilizar algunas de las alternativas planteadas.

Considerando que se requieren tecnologías más eficientes en la ciudad, se plantea determinar el potencial ahorro por compra cesante de combustible diesel, que ganaría la ANDE, si la misma se encargara de la inversión inicial del remplazo de una, dos, tres, cuatro o hasta cinco lámparas incandescentes por vivienda, por alguna de las alternativas planteadas, las cuales constan de una eficiencia elevada y prestaciones superiores.

El encendido de una lámpara incandescente (considerando el costo promedio de la energía actual de 2.400 Gs/kWh), esto representa un consumo de energía de 181.440 kWh por año, un consumo de combustible de 56.020 litros por año, y un gasto monetario de 435.456.000 guaraníes anuales para la ANDE, esto manifiesta el alto índice de gasto; ante esta situación, se plantean dos soluciones: la donación de lámparas compactas fluorescentes o lámparas LED's por parte de la ANDE, para los familias de la localidad, buscando una disminución de gastos .

Se encontró que la lámpara compacta fluorescente (LCF), de 18 W sería la equivalente para el remplazo de la incandescente de 60 W. El remplazo de una lámpara LCF por familia representaría un consumo de energía de 54.432 kWh, 16.806 litros de combustible, y un gasto monetario de 130.636.800 guaraníes por año, dando un ahorro de 304.819.200 guaraníes por año para la ANDE.

La otra alternativa sería el remplazo de una la lámpara LED de 6 W por vivienda, las cuales representarían un consumo de energía de 18.144 kWh, 5.602 litros de combustible, y un gasto monetario de 43.545.600 guaraníes anuales, dando un ahorro de 391.910.400 guaraníes por año para la ANDE.

Análogamente a los pasos anteriores, se realizó el análisis de los beneficios del remplazo si la ANDE donara una, dos, tres, cuatro, y hasta cinco lámparas, mostrando que recuperaría la inversión inicial, con los potenciales ahorros por reducción de consumo de energía (traducido a la reducción de consumo de combustible), en lo relacionado a Iluminación Residencial.

En la tabla 1 y 2, se puede apreciar los criterios económicos relacionados a la sugerencia de donación de lámparas más eficientes para la localidad de Bahía Negra, considerando desde la donación de una hasta cinco lámparas por vivienda.

Tabla 1: Consideraciones económicas para el remplazo con LCF's.

	Generación Actual(Diesel)			
	Inversión Inicial	Potencial Ahorro	VAN (tasa al 8%)	TIR
Remplazando 1 lamp.	Gs 17.500.000	Gs 304.819.200	Gs 1.389.385.674	271%
Remplazando 2 lamp.	Gs 35.000.000	Gs 609.638.400	Gs 3.042.331.388	463%
Remplazando 3 lamp.	Gs 52.500.000	Gs 914.457.600	Gs 4.695.277.103	595%
Remplazando 4 lamp.	Gs 70.000.000	Gs 1.219.276.800	Gs 6.348.222.817	693%
Remplazando 5 lamp.	Gs 87.500.000	Gs 1.524.096.000	Gs 8.001.168.531	768%

Tabla 2: Consideración económicas para el remplazo con LED's.

	Generación Actual(Diesel)			
	Inversión Inicial	Potencial Ahorro	VAN (tasa al 8%)	TIR
Remplazando 1 lamp.	Gs 105.000.000	Gs 391.910.400	Gs 2.044.309.435	179%
Remplazando 2 lamp.	Gs 210.000.000	Gs 783.820.800	Gs 4.158.618.870	221%
Remplazando 3 lamp.	Gs 315.000.000	Gs 1.175.731.200	Gs 6.272.928.305	239%
Remplazando 4 lamp.	Gs 420.000.000	Gs 1.567.641.600	Gs 8.387.237.740	250%
Remplazando 5 lamp.	Gs 525.000.000	Gs 1.959.552.000	Gs 10.501.547.175	257%

Etapa 3: Prospección de energía eléctrica más económica.

Esta etapa se basó en la prospección de una fuente de energía más económica para la localidad, la cual podría reemplazar parcial o totalmente a la actual fuente, basada en el uso de combustible diesel para la obtención de energía eléctrica.

Se estimó el costo de extensión de línea de 23kV y otra de 66kV [5]. Se consideró que el costo de la línea de 23 kV ronda unos USD 15.000 por km, el punto más cercano a esa tensión, se encuentra a 200 km, en Fuerte Olimpo, la inversión por la extensión oscilaría unos USD 3.000.000, consideración que la calidad y confiabilidad a esa distancia se encontraría bajo condiciones extremas, se descarta esta alternativa. Se consideró el costo de la línea de 66kV, en unos USD 70.000 por km, y la longitud de extensión alcanzaría los 340 km desde Vallemí – Concepción, a este costo, se le debe agregar el costo de una subestación reductora de 66/23kV en Bahía Negra, con lo que el costo de esta alternativa oscilaría los USD 26.000.000, considerando la demanda de la ciudad (menor al 1% de la capacidad de transmisión de una línea de 66 kV), y sin un plan de desarrollo económico de la ciudad (industrialización), se descarta esta alternativa.

Además se analizó de forma preliminar el aprovechamiento del potencial energético del Río Paraguay [6] como fuente de energía para la generación, tales como: Tecnologías con salto de agua (Generación por medio de una Central de Arquímedes y Generación por Centrales de Paso) [7], Tecnologías sin necesidad de algún salto de agua (Generación Hidrocinética [8] y Generación por medio de una Rueda Hidráulica [9]); encontrando que las condiciones de la zona, no son las idóneas para su explotación.

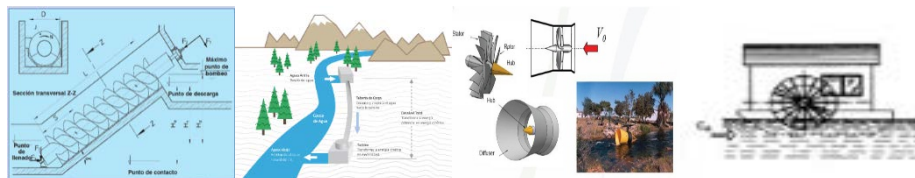


Figura 5: Diseño de las alternativas hidráulicas analizadas. 1) Tornillo Hidráulico, 2) Central de Desvío, 3) Hidrocinética, y 4) Rueda Hidráulica.

Igualmente, se analizó el potencial eólico de la zona [10], encontrando que las velocidades preponderantes, no son suficientes para la instalación de un parque eólico. De la misma forma se analizó el potencial de la Biomasa, con el proceso de Biodigestión, para la obtención de Biogás, por medio del Camalote [11], encontrando que podría llegar a ser una alternativa viable.

Se analizó además el potencial de la radiación solar, para la instalación de paneles solares, encontrando que las condiciones de la zona son idóneas para su explotación [12]. También se analizó, la posibilidad de utilizar gas natural (disponible gracias a la Empresa Primo Cano Martínez S.A., a 400 km), como fuente energética para la obtención de energía eléctrica en la localidad de Bahía Negra, encontrando, que podría resultar una alternativa más económica, que la generación actual.

3. SIMULACION DE LAS ALTERNATIVAS IDÓNEAS PARA LA LOCALIDAD

Para el análisis de las alternativas de generación en la localidad, se utilizó el programa Homer Energy, en la versión académica. Este programa permite simular sistemas aislados e interconectados, energías renovables, y las fuentes convencionales. La simulación cumple con dos objetivos principales: determinar si un sistema es factible técnicamente (si puede satisfacer las condiciones dadas por el usuario, para satisfacer la demanda eléctrica), y determinar el costo del sistema de generación analizada (estimando los costos de vida y remplazo de los quipos, costos de O&M, entre otros costos).

En la figura 6, se puede apreciar la curva de demanda en un día típico, tomado para la simulación.

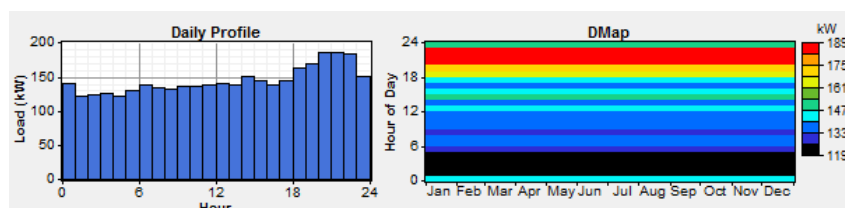


Figura 6: Curva de demanda de un día típico y la demanda en un año, simuladas.

El horizonte del análisis del proyecto fue de 10 años. En la figura 7, se puede apreciar el esquema de las fuentes energéticas planteadas para la simulación.

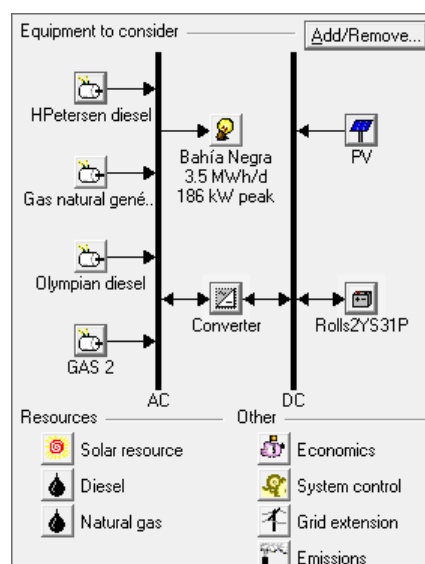


Figura7: Diagrama esquemáticos de los sistemas planteados

Se ingresan la potencia nominal, los costos de capital inicial, costo de remplazos, costos de operación y mantenimiento, y vida útil de cada componente en forma independiente.

XI SEMINARIO DEL SECTOR ELÉCTRICO PARAGUAYO – CIGRÉ Paraguay
24, 25 y 26 de Setiembre de 2014

En las simulaciones se establecen condiciones, las cuales el software no contempla, por lo que se establecieron algunas condiciones adicionales, tales como el crecimiento vegetativo de la demanda eléctrica, factores de depósito de los combustibles, depreciación de los componentes, reservas de combustibles para eventuales contingencias, pago a funcionarios, licitaciones, ingreso por venta de energía, potencial ahorro (comparación al sistema actual de generación), entre otros factores.

Luego de considerar todos los factores antes mencionados, se establece que la solución más económica para la generación en la localidad es un sistema híbrido Gas + Diesel. Una MicroTurbina a gas natural de 200 kW, más el generador Olympian de 160 kW, con el cual se alimentaría la carga con un crecimiento vegetativo del 10% hasta el año 3, luego se agregaría una MicroTurbina de 300kW, con el cual es sistema de generación alimentaria sin inconvenientes la carga con su crecimiento anual hasta fin del periodo de estudio. Dando como costo de la energía 1.400 Gs/kWh, obteniendo un potencial ahorro de 1000 Gs/kWh para la ANDE.

En todos los años, se previó la compra de 20.000 litros independiente del sistema, por motivos de reserva, que sería utilizados por el generador CAT de 292kW, que se utilizaría como respaldo en momentos de mantenimientos o imprevistos.

4. CONCLUSIÓN

El estudio de las distintas alternativas planteadas en este trabajo, muestran algunas de las ventajas técnicas y económicas de implementar criterios de eficiencia energética a la localidad en las cargas referentes a la iluminación.

Los potenciales ahorros para la ANDE estarían oscilando: en la etapa 1, de unos 278.000.000 Gs en el año uno; en la etapa 2, con la donación de lámparas LED, de casi unos 2.000.000.000 Gs anuales; en con la generación conjunta (en forma híbrida), de GAS&Diesel, se logra unos USD 140.000 en el año uno.

Estos beneficios se siguen observando con la implementación de todas las alternativas en simultáneo, con lo que se logra mostrar, que para la población, aumentaría la confiabilidad y calidad del suministro de energía eléctrica, y por otro lado, la ANDE, obtendría una reducción considerable de los gastos por la generación de energía, con lo que ambas son beneficiadas con la implementación de las sugerencias planteadas en este trabajo.

5. BIBLIOGRAFÍA.

- [1] FRANCO, I. 2012. Estudio de la Factibilidad para la implementación de generación de energía Solar Fotovoltaica en la localidad de Bahía Negra. Tesis (Ing. Electro). San Lorenzo, PY: Carrera Ingeniería Electromecánica. FIUNA. UNA.
- [2] DGEEC, 2002. Dirección General de Estadística, Encuestas y Censos, 2002. Atlas Censal del Paraguay.
- [3] GIMÉNEZ, V. 2011. Proyecto de Parque Solar en la Ciudad de Bahía Negra. Informe. Departamento de Energías Renovables de la ANDE.
- [4] ANDE. DIVISIÓN DE OPERACIÓN. DPTO DE ESTUDIOS ENERGÉTICOS. SECCIÓN MOVIMIENTO DE ENERGÍA

XI SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO – CIGRÉ Paraguay
24, 25 y 26 de Setiembre de 2014

- [5] CARRERAS, S., RAMIREZ, E. 2012. Estudio de Factibilidad del uso de energía Solar fotovoltaica y Eólica para generación de energía eléctrica en el destacamento militar Sgto. 2° Estanislao Rodríguez en el Chaco Paraguayo. Tesis (Ing. Elect.). SL, PY. Carrera Ingeniería Eléctrica FP-UNA.
- [6] Datos Hidrográficos de la Armada Paraguaya. 2013. Dirección de Hidrología y Navegación. Hidrovía Paraguay – Paraná.
- [7] Z., Gaudencio. 1982. Centrales Hidroeléctricas: su estudio, montaje, regulación y ensayo.
- [8] PARENTE, A. 2007. Parametrización y simulación numérica de una turbina Hidrocinética – Optimización vía algoritmos genéticos. Tesis (Ing. Mec). Brasilia, BR: Carrera Ingeniería Mecánica.
- [9] HEREDIA, L. 2009. Construcción y ensayo de una rueda hidráulica de corrientes libre de 2 m de diámetro. Tesis (Ing. Mec.). Lima, Perú.
- [10] BAEZ, J. 2010. Evaluación del potencial de energía eólica y solar en el Chaco paraguayo. Tesis (Ms). Asunción, Py. Carrera de Maestría en Energía para el Desarrollo Sostenible. FCT-UCA.
- [11] MAIOLI, A., MITJANS, F., PULFER, J. Generación de electricidad en horas de punta a partir de la digestión anaeróbica de camalote. Tesis (Ms.). Asunción, Py. Carrera de Maestría en Energía para el desarrollo sustentable. FTC-UCA.
- [12] BAEZ, J. 2010. Evaluación del potencial de energía eólica y solar en el Chaco paraguayo. Tesis (Ms). Asunción, Py. Carrera de Maestría en Energía para el Desarrollo Sostenible. FCT-UCA.