

Modelo de empresa para el servicio de energía eléctrica en zonas no interconectadas



□ Ramiro Ortiz Flórez, M.Sc.
Ingeniero Electricista
Profesor Auxiliar
Departamento de Electricidad
Universidad del Valle.

□ Milton Fabián Morales García
Ingeniero Electricista
Asistente de Docencia
Departamento de Electricidad
Universidad del Valle.

RESUMEN

El suministro de energía eléctrica en zonas no interconectadas, basado en generación diesel, lleva consigo un costo elevado y un servicio limitado; por tal motivo el Gobierno Nacional de Colombia, a través del ICEL, ha encargado a la Universidad del Valle la creación de una empresa de energía piloto en el

municipio de Guapí (Cauca), que será un modelo para otras poblaciones no interconectadas del territorio nacional.

Este artículo presenta el procedimiento y resultado de la evaluación energética de la población, como parte del estudio realizado por un grupo interdisciplinario de 15 profesionales, que conformó cinco áreas de trabajo y desarrolló el proyecto durante seis meses.

ABSTRACT

The diesel generation system for rural electrification is an expensive and limited financial practice. For that reason the government of Colombia gave to the Universidad del Valle the responsibility to define and design a pilot electric (utility) company for the municipality of Guapí in the Cauca Department, which will be a model for future implementations in small not interconnected populations in the nation.

This article shows the energetic evaluation for the locality, what concern to partial work realized inside of the interdisciplinary studies done for five specialized areas.

1. INTRODUCCION

Las zonas no interconectadas al sistema energético nacional se caracterizan por tener generación

53

eléctrica con base en combustibles fósiles, principalmente. Esta condición, sumada a la dificultad geográfica de acceso a estas localidades, hace que su desarrollo se limite por un servicio deficiente en el suministro de energía.

La operación, el mantenimiento y reparación de las unidades diesel debe ser realizado por personal calificado, atendiendo a las características de generación de cada unidad. En este tipo de zonas no se cuenta con personal idóneo para su manejo, además las dificultades para el transporte del combustible eleva el costo del KWH generado y hace que la confiabilidad del servicio sea mínima.

La administración y el control del servicio, en muchos casos, es nula, ya que existen problemas de facturación, recaudo y toma de decisiones en el lugar. Tampoco se elabora un planeamiento que conlleve al mejoramiento de la infraestructura y la confiabilidad, para prestar un mejor servicio.

La creación de una empresa de energía eléctrica, encargada del suministro del servicio, que administre, facture, recaude y opere técnicamente las plantas, mejora la confiabilidad del suministro de energía y garantiza una base para el desarrollo en la comunidad.

2. OBJETIVOS

Crear una empresa para la administración, operación, mantenimiento y comercialización de energía eléctrica en zonas no interconectadas, de modo que sea un modelo de aplicación en diferentes municipios colombianos.

3. PROCEDIMIENTO

Con el fin de atender el problema energético de una comunidad de la costa pacífica y proponer alternativas de solución, el Instituto Colombiano de Energía Eléctrica ICEL, seleccionó a la población de Guapi

(Cauca), como municipio piloto para la realización del proyecto modelo de sostenibilidad de empresa de energía en zonas aisladas.

La Universidad del Valle, para la ejecución del estudio, dividió el proyecto en áreas específicas de trabajo, bajo la dirección del profesor Jaime Rojas del Departamento de Fluidos. El trabajo de cada área se resume así:

3.1 Área Comunitaria

Fue la encargada de integrar a la comunidad alrededor del proyecto, para crear una interacción amigable durante su desarrollo y motivar la participación de la comunidad en cada etapa, involucrando las diferentes agremiaciones.

3.2 Área Socioeconómica

Realizó un estudio general de la comunidad, tendiente a determinar sus costumbres sociales, modo de vida, economía local, censos de carga instalada y hábitos de consumo, entre otros, mediante un muestreo representativo. Con esta información se evalúan los aspectos económicos y sociales requeridos.

3.3 Área de Ingeniería

Se encargó de realizar un inventario y la evaluación de toda la infraestructura eléctrica, y establecer el comportamiento de la demanda del servicio.

El análisis de la información obtenida permite efectuar el diagnóstico del sistema eléctrico en todos sus aspectos, con base en el cual se fundamenta la evaluación y proyección energética de la población, donde se plantean los recursos adicionales requeridos y sus etapas de implementación convenientes, con el objeto de lograr la subsistencia, operabilidad y suficiencia necesarias para que la empresa sea sostenible en el tiempo. Esta tarea fue dirigida y desarrollada por los autores del presente artículo.

3.4 Área Empresarial y Comercial

Toda la información recopilada y procesada en las áreas de trabajo, estuvo dirigida a formar la empresa objetivo, la cual debe: administrar eficientemente los recursos, operar confiablemente el sistema de suministro, proporcionar el mantenimiento técnico estipulado para los equipos eléctricos y comercializar la energía. Todas las funciones correspondientes a la empresa, deben estar enmarcadas dentro de los procedimientos del modelo empresarial desarrollado por el área.

3.5 Área Jurídica

Le corresponde crear la arquitectura jurídica de la empresa, con base en la nueva Ley de Servicios Públicos, dialogar con las entidades gubernamentales correspondientes y contactar empresarios interesados en formar parte de la nueva empresa de energía, para definir las participaciones y el tipo de empresa a constituir.

4. EVALUACION ENERGETICA

Para evaluar el consumo energético de Guapi el área de ingeniería requirió del apoyo y colaboración de todas las áreas, en especial de las áreas socio-económica y comunitaria, a la vez que también aportó información útil.

Siguiendo el objetivo general de crear una empresa de energía, surge la necesidad de que el resultado del diagnóstico energético aporte una herramienta de trabajo, que facilite la labor técnico-administrativa de la empresa, mediante el uso de equipo de cómputo.

Por tal motivo, el diagnóstico de la infraestructura eléctrica y su demanda, esta acompañada de un grupo de formatos que contienen información técnica de todo el equipo eléctrico recopilada en el estudio, y un plano urbano con redes de M.T. y B.T. actualizado, digitado en AUTOCAD. Estos formatos y el pla-

no, son de gran ayuda para la actualización de información, supervisión y operación del sistema, siendo además la base de partida para la creación de una base de datos sistematizada por computador.

4.1 Metodología

El estudio de la evaluación energética se dividió en las etapas de generación, transmisión, distribución y demanda.

Con base en esta clasificación se recolectó información en entidades públicas y privadas vinculadas con el suministro de energía a la población. Se adquirió información en el lugar a través de encuestas, se actualizaron los planos eléctricos, se obtuvieron los datos técnicos de los equipos y se efectuaron mediciones eléctricas en la planta de generación (voltaje, factor de potencia y corriente), en diferentes horas durante el servicio, con objeto de registrar los cambios de carga y consecuentemente, conocer el comportamiento de la demanda.

El diagnóstico de la infraestructura eléctrica consistió en la realización del inventario, la evaluación y determinación de la cargabilidad de todos sus equipos y redes, su operación y mantenimiento, la cual se efectuó con el apoyo de formatos diseñados para consignar los datos técnicos de cada equipo. La información así recolectada forma parte de una base de datos y el plano unifilar de las redes de distribución en M.T. y B.T.

Se conocieron los procedimientos actuales para la consecución de equipos de repuesto y la disponibilidad de herramienta e instrumentos de medición para el mantenimiento.

Para determinar el comportamiento de la demanda, además de las mediciones mencionadas, se evaluó el consumo residencial, comercial, industrial y público, con base en los resultados de las encuestas practicadas por el área socio-económica, a una muestra representativa de toda la comunidad, respecto

a las condiciones vida generales, por medio de la cual se conoció la cantidad total de usuarios del servicio, tipo y cantidad de electrodomésticos y el horario de uso de cada uno de ellos.

Para lograr el desarrollo eficaz de las actividades planteadas, se contó con la importante colaboración de la comunidad, en cuanto al suministro de la información requerida sobre sus electrodomésticos, los horarios de uso, actitudes ante el servicio, sus opiniones respecto al suministro de la energía, entre otros aspectos.

Para la ejecución del trabajo sobre la infraestructura eléctrica, el mantenimiento locativo, inventario, evaluación y mediciones, fue de gran importancia el apoyo recibido por parte del personal de CEDELCA S.A., a cargo del suministro del servicio de energía en Guapi.

El procedimiento establecido se relaciona a continuación:

4.1.1 Generación

La evaluación de los equipos de generación, su operación y mantenimiento, se basó en información recopilada en entidades públicas y privadas, además de la obtenida en pruebas de campo, efectuadas a los equipos de generación. Con esta información se creó una base de datos clasificada de la siguiente forma:

- Bitácora de las plantas.
- Estado mecánico del primomotor.
- Estado eléctrico del generador.
- Tablero de medida, sincronización y maniobra.

La importancia de la bitácora radica en la información histórica registrada sobre su régimen de funcionamiento y reparaciones, que sirve como base para establecer su tiempo de vida útil y facilita la proyección de la disponibilidad futura en generación; de ella se obtuvo la siguiente información:

- Fecha de instalación en el

lugar y antigüedad real.

- Mantenimiento, reparaciones y horas de servicio.
- Registro de generación y operación diaria y mensual.

Los datos que se deben conocer del primomotor además de las características de operación de la unidad son:

- Características generales.
- Clasificación operativa.
- Tipos de mantenimiento recomendados por el fabricante.
- Especificaciones de los fluidos.
- Datos técnicos de placa (Valores nominales de operación).
- Consumo de combustible por KW-h generado.
- Tipo de refrigeración.

Los datos mínimos del generador son:

- Potencia y factor de potencia nominales.
- Tensión y corriente nominales.
- Número de fases, conexión y aterrizamiento.
- Voltaje y corriente nominales de excitación.
- Nivel de aislamiento y características del interruptor.
- Características de los reguladores de tensión y frecuencia.
- Protecciones existentes.

El tablero de medida debe disponer del equipo suficiente para conocer parámetros de generación como: corriente, tensión, potencias, frecuencia y energía. A su vez, el tablero de sincronización debe garantizar la puesta en marcha de unidades en paralelo.

Adicionalmente, se evalúan los procedimientos de arranque, operación, supervisión y parada de las máquinas generadoras.

4.1.2 Transformación

Para realizar el diagnóstico de transformación se solicitó información sobre los datos técnicos de los

transformadores y planos existentes de redes, a la entidad encargada del suministro de energía en Guapi. La información faltante se debe recolectar en el lugar a través de formatos que contengan datos técnicos nominales y de operación básicos.

Se efectúan mediciones del factor de potencia y corriente de carga para determinar su carga real con respecto a su capacidad nominal. Se definen en el plano unifilar, las zonas urbanas de cubrimiento de cada transformador y se establece la longitud en redes desde la planta hasta cada transformador.

Los datos básicos de los transformadores son:

- Potencia y corriente nominales.
- Tensiones primaria y secundaria.
- Grupo de conexión, número de fases y taps disponibles.
- Fabricante y número de serie.

Adicionalmente se debe conocer del transformador:

- Fecha de instalación y ubicación.
- Cargabilidad real y capacidad en reserva.
- Número de usuarios conectados.
- Estado físico del transformador y mantenimiento realizado.

4.1.3 Distribución

Respecto a las redes de distribución se efectuó su inventario discriminándolas en M.T. (13,2 kV) y B.T. (208 V).

La información básica de las redes es la siguiente:

- Tipo de poste y longitud.
- Tipo y calibre de conductores, estado mecánico de la red.
- Cargabilidad de las líneas y capacidad disponible.
- Tipo de mantenimiento que se realiza.

4.1.4 Demanda

Con base en la información obtenida en el muestreo efectuado a la comunidad, se conocen las caracte-

terísticas del consumo de energía, en lo que respecta a carga instalada y horario de uso de los equipos, con lo cual construimos la curva de demanda teórica, la cual es confrontada con la obtenida de los registros en la planta de generación, de modo que se pueda comprobar la veracidad de la información teórica y plantear estrategias de diversificación de horarios de consumo, tendientes a reducir el pico de demanda máxima para regular la carga de la planta.

Los parámetros que se deben conocer a través de la muestra para usuarios residenciales son:

- Tipo, cantidad y potencia de electrodomésticos y lámparas.
- Horario de uso de cada electrodoméstico.
- Fuentes alternas de energía.

Para los industriales y comerciantes, preferiblemente, se hace un censo individual que los cubra en su totalidad, ya que son minoría. Adicionalmente se ubican geográficamente, en un plano de la región, los industriales periféricos que puedan conectarse en un futuro al servicio de energía de la localidad.

4.2 Resultado del Diagnóstico

Las entidades que suministraron información para el desarrollo del estudio en Guapi son:

ICEL, CEDELCA S.A., Gobernación del Cauca, Alcaldía de Guapi, Instituto Agustín Codazzi y GE-COLSA S.A., que es la empresa representante de Caterpillar.

Los resultados obtenidos en el estudio son los siguientes:

4.2.1 Generación

La generación eléctrica en la población la conforman 4 unidades diesel, de diferentes marcas y características.

Las unidades activas de Guapi son 2 plantas caterpillar, una tipo 3412 de 545 kW 399, y la otra tipo D399 de 650 KW. Presentan un consumo aproximado de 40 galones/día cada una, y trabajan durante 6 horas/

día, con un régimen de trabajo promedio del 75% de su potencia nominal; también se dispone de las unidades MANN (315 kW) y la recién trasladada desde Tumaco (1700 kW), que actualmente se hallan fuera de servicio.

El diagnóstico de la casa de máquinas muestra como resultado problemas de operación, mantenimiento y falta de herramienta y demás recursos para el manejo adecuado de las unidades.

De acuerdo con la capacidad de generación, la comunidad sólo dispone de seis (6) horas diarias de energía eléctrica; como solución al déficit de energía, en un futuro será construida la pequeña central hidroeléctrica de "Brazo Seco" sobre el Río Napi, que podrá suministrar energía durante las 24 horas del día a Guapi y comunidades vecinas.

4.2.2 Transformación

No fue posible conseguir la totalidad de la información técnica de los transformadores, por falta de un archivo de los mismos y porque el ambiente húmedo y salino deterioró las placas de los transformadores. Se recopiló información en el lugar y se consignó en formatos individuales para cada transformador, con el fin de facilitar una base de datos histórica de toda la infraestructura eléctrica.

El estado de los transformadores es aceptable, su operación es deficiente ya que la mayoría de las cargas están desbalanceadas.

De acuerdo con el inventario de transformadores, la población dispone de 18 transformadores de distribución y 2 en la planta de generación.

4.2.3 Distribución

Con un plano de redes como base, facilitado por CEDELCA y un plano urbano actualizado del Instituto Agustín Codazzi, se realizó una actualización completa de las redes, de la cargabilidad de los transformadores, el número de usuarios

portransformador y la ubicación de los industriales periféricos.

Las redes están en buen estado. Cubren el 90% de la población y pocos tramos presentan sobrecarga, como en el caso del tramo comprendido entre la planta y la red de distribución, el cual requiere de atención inmediata.

La actualización del plano de redes registró 416 postes de concreto para distribución, aproximadamente de 4 Km de tendido trifásico de redes para M.T. y 12 Km para B.T., en conductor de cobre desnudo.

Con la actualización del plano eléctrico de redes y los datos técnicos de cada transformador se procedió a la creación del plano unifilar de redes en AUTOCAD el cual, para facilitar su manejo, ha sido elaborado en las siguientes capas:

Plano urbano, redes de baja tensión, redes de media tensión y transformadores del sistema.

En el plano también se encuentra de acuerdo a cada capa la siguiente información:

Planta de generación, postes numerados, retenidas, derivaciones, transformadores numerados, indicación del cubrimiento urbano de los transformadores y tramos de línea numerados.

4.2.4 Demanda

El servicio a los usuarios es prácticamente residencial, con 6 horas diarias de suministro de energía, que en su mayoría es usada para preparar alimentos y para iluminación. El uso industrial es mínimo ya que las limitadas horas de servicio no permiten su adecuado aprovechamiento.

Se observó un elevado consumo por usuario, debido en parte a la falta de interruptores en muchas viviendas y el uso inadecuado de algunos electrodomésticos.

4.3 Proyecciones para el mejoramiento

Con base en el diagnóstico del sistema, se plantean las proyecciones necesarias sobre el sistema eléctrico,

tendientes a optimizar los recursos disponibles, efectuar adecuaciones de infraestructura, adquirir nuevos equipos, establecer los procedimientos adecuados para la operación del sistema, especificar la periodicidad y el tipo de mantenimiento que debe realizarse sobre los equipos, y sistematizar el manejo de la información, para garantizar confiabilidad en el suministro del servicio bajo una adecuada administración y control.

Debe efectuarse un planeamiento de la generación a corto, mediano y largo plazo, con el objeto de suplir en el tiempo el crecimiento paulatino de la demanda. Consecuentemente, debe preverse el aumento de la carga instalada, la expansión en transformación, en redes de transmisión y distribución con criterios técnicos de operabilidad.

Se proponen esquemas flexibles de operación de las unidades generadoras, en horarios convenientes, de modo que sea viable el suministro del servicio en dependencia de los insumos de operación disponibles (combustible y demás fluidos), las restricciones operativas de las plantas y limitación de otros recursos necesarios. Esto constituye la base de partida de la oferta energética, la cual se proyecta en el tiempo, en etapas de evolución, considerando el incremento en recursos disponibles que permitan suplir la creciente demanda y ampliar los horarios de servicio, en la medida en que haya soporte financiero.

Dentro de lo expuesto se incluye la adquisición de equipos de medición y control necesarios para supervisar permanentemente la cantidad de combustible almacenado en tanques y consumido por las plantas y el registro del consumo real de energía eléctrica por parte de los usuarios. Esta es la base fundamental para reducir costos de operación y hacer efectivo el esquema de tarifas (diseñado de acuerdo con la capacidad económica de la comunidad), mediante

una facturación justa y proporcional al verdadero consumo de cada usuario.

Dentro de las funciones de la empresa, se encuentra la ejecución de programas de capacitación y educación a la comunidad sobre uso racional de la energía eléctrica, tendiente a concientizar a la población de la necesidad de preservar sus recursos energéticos y minimizar el desperdicio, lo cual se refleja en la disminución del costo del servicio. Por otro lado, debe diseñarse un sistema de recaudo efectivo, para que se retribuya a la empresa, en lo posible, el monto correspondiente a toda la energía entregada a sus clientes en cada período correspondiente, de manera que la empresa pueda asumir cada vez en mayor grado, sus costos de operación, disminuyendo gradualmente el subsidio recibido por el gobierno, hasta llegar a ser autosuficiente y rentable.

De esta manera, con todas las consideraciones debidamente implementadas, la empresa cumplirá sólidamente con los requerimientos mínimos de suficiencia en generación, cubrimiento y operación para que sea sostenible en el tiempo.

5. AGRADECIMIENTOS

La Universidad quiere resaltar la colaboración prestada por las siguientes entidades:

- Instituto Colombiano de Energía Eléctrica, por encomendar a la Universidad la realización de este proyecto.
- Centrales Eléctricas del Cauca, por el apoyo prestado a la realización del proyecto.
- Alcaldía de Guapi, por la colaboración e integración al proyecto.
- Población de Guapi por su apoyo y credibilidad a la Universidad.

6. CONCLUSIONES

La creación de una empresa para la operación técnica de su infraestructura eléctrica y su comercialización, con sede en la población, mejora la prestación del servicio, dándole una mayor agilidad en la solución de problemas técnicos y generando una conciencia de propiedad y valoración por parte de la comunidad.

Este proyecto es una herramienta técnica para la operación de la empresa.

Todos los procedimientos seguidos y los mecanismos desarrollados para la recolección de información son muy prácticos y útiles para su continuada utilización en la actualización permanente de los datos del sistema y se constituye en un pilar para la subsiguiente evolución en el manejo de la información, ajustándose a las necesidades

actuales en el uso de equipos de cómputo.

Todos los aspectos relacionados en el procedimiento y la metodología son generalizados y aptos para ser un modelo de referencia en el desarrollo de otros proyectos de igual naturaleza, con los mismos objetivos para otras localidades no interconectadas en el país, teniendo en cuenta de que cada caso específico presenta sus propias particularidades y condiciones socio-económicas diferentes.

7. BIBLIOGRAFIA

- [1.] Ley 142 de 1994. Ley de Servicios Públicos Domiciliarios.
- [2.] Ley 143 de 1994. Ley del Servicio de Energía Eléctrica.
- [3.] Unidad de Planeación Microenergética del Ministerio de Minas y Energía de Colombia. Plan Energético Nacional de

1994, Tercer Mundo Editores, 1994, Santafé de Bogotá

- [4] ISA, Planeación de la Expansión. Generación-Transmisión, OPUE-28-3/4, Medellín, Mayo de 1991

AUTORES

Ramiro Ortiz Flórez.

Ingeniero Electricista y Msc en Ingeniería Eléctrica del Instituto Politécnico de Donetsk (Ucrania) 1991. Profesor auxiliar del Departamento de Electricidad, Facultad de Ingeniería, Universidad del Valle.

Milton Fabián Morales García.

Ingeniero Electricista, Universidad del Valle (1993).

Estudiante último semestre del Programa de Magister en Sistemas de Generación de Energía. Asistente de Docencia, Departamento de Electricidad, Universidad del Valle.

IME

INGENIERIA DE MAQUINAS ELECTRICAS LTDA.

MOTORES, GENERADORES, ESPECIALIDAD EN ALTA POTENCIA,
REDISEÑO, FABRICACION BOBINAS DE ALTA TENSION,
RECONSTRUCCION, METALIZACION, MAQUINADO,
ANALISIS VIBRACIONAL, BALANCEO DINAMICO,
ENSAYOS COMPUTARIZADOS, PRUEBAS DE IMPULSO.

Calle 56 No. 5N-126 Tels: 446 99 80 - 446 99 94
Fax: (92) 447 38 15 Apartado Aéreo 6120 CALI-COLOMBIA

58
.....