

PEQUEÑA CENTRAL HIDROELÉCTRICA EN LA COMUNIDAD DE SAN MIGUEL DE LA TIGRA, SAN CARLOS, COSTA RICA

INTRODUCCION

Algunas comunidades rurales de Costa Rica, como es común en otros países centroamericanos, permanecen aisladas del sistema eléctrico nacional. Los residentes de estas zonas no logran demandar el simple acto de encender un interruptor para iluminar una habitación, refrigerar sus alimentos y mucho menos, utilizar hornos eléctricos u otros electrodomésticos, siempre de uso común para los habitantes de los centros urbanos, por lo tanto, para aquellos centroamericanos muchas de sus necesidades que requieren una fuente de energía eléctrica y oportuna, se ven frustradas. Si hay ausencia energética, los pobladores tienden a abandonar sus comunidades, buscando mejores servicios y fuentes de empleo en las zonas peri-urbanas o urbanas.

La historia de San Miguel de La Tigra, en el norte de la Provincia de Alajuela, Costa Rica, es similar a la de muchas comunidades rurales aisladas, donde la existencia de una fuente de energía confiable ha sido un factor determinante en el desarrollo comunitario. San Miguel -donde se produce café, ganadería y plantas ornamentales a pequeña escala- recibe alrededor de 3.000 milímetros de lluvia anuales, en una zona de vida catalogada como un Bosque Bajo Muy Húmedo, en la zona de amortiguamiento de una zona protegida.

HISTORIA DEL PROYECTO

La idea de llevar la electricidad a San Miguel no era nueva, cuando el proyecto inició operaciones en 1988. Varios años antes, líderes de la comunidad habían estado explorando la posibilidad de conectarse con la red eléctrica existente dentro del área de concesión de la empresa de distribución de la Cooperativa de Electrificación Rural de San Carlos (COOPELESCA R.L.), la cual comenzó a suministrar energía desde 1965. Las líneas de alta tensión habían llegado a 3 kilómetros de San Miguel, pero para conectar el pueblo con el sistema nacional, los residentes debían cancelar alrededor de US\$30.000 por adelantado para cubrir el costo de interconexión, inversión que estaba claramente fuera de sus posibilidades económicas.

Esos líderes, sin embargo, se habían empeñado en instalar algún tipo de generación eléctrica, ya que por su cercanía con la red, estaban muy convencidos que con la energía eléctrica, la vida en la comunidad podía ser tan fácil como en la ciudad, una estufa eléctrica, electrodomésticos, el confort de la iluminación y la seguridad pública. Además, se mejoraban los servicios comunitarios, como la iluminación para la escuela y centro social. La energía eléctrica también permitiría la refrigeración de productos alimenticios perecederos para ser vendidos fuera de la comunidad, así como los artículos necesarios para el consumo local, es decir, se generaban mayores oportunidades productivas.

La alternativa más viable analizada fue la instalación de una pequeña microcentral para aprovechar el potencial hídrico de la zona, utilizando una microcuenca que atravesaba el pueblo de San Miguel. Varios de sus habitantes

Estudio de Caso: Optimización de una Pequeña Central Hidroeléctrica

habían visto esos sistemas funcionando en otras comunidades, ya que esa zona del país tiene un amplio potencial hidráulico, y uno de ellos incluso había intentado instalar un dinamo para su uso doméstico. Con estos antecedentes, la idea de establecer un sistema de mayor potencia que abasteciera a toda la comunidad, no era idea muy exagerada.

Dos líderes de la comunidad, Gerardo Vásquez y Juan José Rojas, junto con miembros de la familia González, asumieron la responsabilidad de liderar el proyecto. El primer problema que encontraron fue que los residentes eran todos agricultores, con poca experiencia en los aspectos técnicos propios de la generación hidroeléctrica, por ello, buscaron a personas de comunidades aledañas con conocimientos adecuados para asesorarse.

El siguiente obstáculo superado fue el aspecto económico. Se estimó el costo en efectivo de la compra de un generador usado e instalación del sistema en unos US\$8.000. Esta cantidad se dividió entre las siete familias beneficiarias que contaban, cada una, con una capacidad de pago de US\$1.145. Mientras varios vecinos lograron cubrir este monto de la producción de café de ese año, la mayoría tuvo que obtener préstamos para cubrir su parte. Juan José Rojas y su esposa Damaris Vásquez, por ejemplo, solicitaron un préstamo de su hermana, originalmente destinados a mejoras en su hogar, para financiar su cuota porcentual. Otros solicitaron préstamos formales e informales a cancelar en períodos de cuatro a cinco años.



Gerardo Vásquez, Juan José Rojas y visitantes descendiendo al cuarto de máquinas.

Algunas familias no podían pagar la totalidad del importe en ningún caso, pero deseaban participar de todas formas, por lo que se unieron para pagar una parte y aquellos que no pudieron pagar en efectivo, se les consideró su trabajo y la alimentación que brindaron al resto de sus compañeros, durante la construcción, como aporte efectivo.

La construcción de la toma de agua, la tubería de presión, el generador y la conexión de las líneas de energía se llevó a cabo durante un período de dos meses, durante la época seca, en 1989. Durante este tiempo, los participantes dejaron sus tareas productivas, dedicando 12 horas diarias.

Desde ese año, el generador de 35 kilovatios y la red de distribución funcionaron relativamente bien, con paradas frecuentes para mantenimiento y reparaciones. Con el tiempo, sin embargo, la demanda aumentó debido a un mayor uso de aparatos eléctricos, sobre todo para usos productivos, forzando la capacidad del sistema de suministro del turbo-generador. Por ejemplo, las planchas eléctricas se empezaron a utilizar en varias casas al mismo tiempo, situación que implicó una disminución en la potencia en las otras casas, para usos básicos como la iluminación, así este aumento de la demanda junto con la falta de mantenimiento hizo evidente, para 1992, que el sistema original necesitaba un mantenimiento mayor y ajustarse a la nueva curva de demanda.

CONTRIBUCION DE BUN-CA

El proyecto de la microcentral hidroeléctrica fue llevado a cabo en la comunidad de San Miguel como un buen ejemplo de los beneficios que se pueden obtener de este tipo de aprovechamientos y de cómo una organización externa puede facilitar el desarrollo de una comunidad.

Inicialmente, las actividades fueron planeadas en cuatro fases, todas bajo el liderazgo de los mismos comunitarios, pero esta vez con el apoyo técnico de los profesionales de BUN-CA:

A. Rediseño y reconstrucción de la estructura civil de toma de agua

El personal técnico de BUN-CA revisó la toma de agua y sugirieron modificaciones al diseño original para mejorar la eficiencia del caudal hidráulico y reducir los tiempos de limpieza de hojas y sedimentos. Para llevar a cabo las modificaciones de esta obra civil, BUN-CA también apoyó con parte de los materiales y la comunidad se encargó de toda la construcción. Una vez más, la piedra, arena, cemento, varillas de acero, bloques de cemento y otros materiales de construcción, fueron acarreados por los mismos comunitarios. El trabajo de esta fase del proyecto se completó en octubre de 1993.

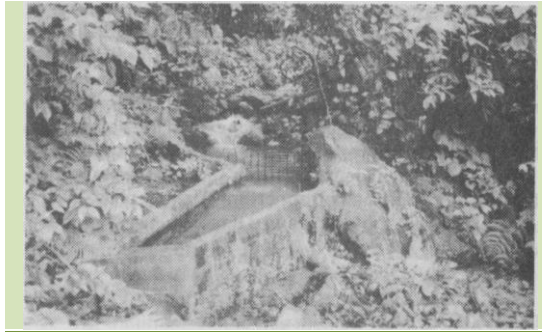
B. Rediseño y remodelación del sistema técnico de transmisión

Los proyectos hidroeléctricos por su naturaleza son intensivos en capital, requieren de inversiones en materiales y equipos electro-mecánicos. El financiamiento que se tenía disponible en esta fase del proyecto no cubría todos los costos de materiales necesarios, por lo cual BUN-CA facilitó la búsqueda de donaciones externas a nivel nacional para minimizar el aporte comunitario.

Durante varios meses, BUN-CA negoció la compra de postes de alumbrado usados y logró la donación de dos luces de mercurio para el alumbrado público y otros materiales a precio menor con COOPELESCA R.L. Se colaboró en la compra de postes de transmisión y los aisladores de porcelana usados aportados por la Compañía Nacional de Fuerza y Luz (CNFL) y con la Junta Administrativa Servicio Eléctrico de Cartago (JASEC) se acordó la venta de dos transformadores, también usados, a un precio simbólico de US\$20. De esta manera se logró obtener la mayoría de los materiales a un costo reducido, donde la comunidad pagó por el transporte. Si bien este método reduce considerablemente los costos en efectivo, se requiere una inversión considerable de tiempo por parte de los funcionarios de BUN-CA para asistir en esta diligencia. En 1993 la comunidad colocó los nuevos postes siguiendo las sugerencias del personal técnico, el tendido eléctrico se transfirió de los postes viejos a los recién instalados, y los nuevos transformadores se instalaron en junio de 1994, gracias a la colaboración de Coopelesca, dado que es una tarea delicada y peligrosa.

C. Modificaciones menores al cuarto de máquinas

A pesar de varios problemas identificados con la instalación de los equipos electro-mecánicos en la casa de máquinas, por la limitación de recursos aportados por BUN-CA, aquí se enfocó en cumplir con dos actividades, i.e.: mejoras en la instalación de un panel de control electrónico para aumentar la eficiencia de la unidad generadora y el reajuste del flujo de agua en la válvula reguladora que entra en la turbina.



Toma de agua original, 1987.

D. Elaboración de un programa de manejo de la carga eléctrica a nivel comunitario

En julio de 1992, personal de BUN-CA completó un estudio de la demanda energética actual y proyectada a nivel comunal, comparándola con la producción de energía real y potencial de la planta hidroeléctrica. La intención original era llevar a cabo una campaña educativa en la comunidad para reducir el consumo de electricidad, pero resultó que con las mejoras al sistema, el suministro de energía resultó superior a la demanda en el futuro previsible (la capacidad del generador de salida es de 35 kW mientras que la demanda actual solo está en 3.5 kW), por lo cual, se decidió que no era el momento oportuno para esta fase del proyecto, aunque podría ser retomado si más casas se añaden al sistema.

ASPECTOS TECNICOS

La micro-central de San Miguel es tipo "filo de agua", donde parte del flujo de agua se desvía mediante la construcción de una represa (toma de agua), la cual pasa a una tubería de presión, pasa por la turbina y luego retorna al cauce normal. Este método es de bajo costo y los impactos ambientales son menores.

El sistema original instalado tenía las siguientes características:

1. La instalación de toma de agua se compone de un tanque de concreto y dos rejillas de barras de acero. El sistema recibe un flujo de agua de 50 litros (13 galones) por segundo, a un ritmo constante en la estación lluviosa y seca.

Estudio de Caso: Optimización de una Pequeña Central Hidroeléctrica

2. Una tubería de acero de 46 metros de longitud y 30 centímetros de diámetro, incrementando la presión del agua y el potencial de energía. La caída es de 25 metros, lo que proporciona el máximo potencial de producción hidráulica de 35 kW.
3. El flujo de agua es regulado manualmente, por medio de una válvula de 10 centímetros, instalada en la entrada de la turbina.
4. La turbina tipo *Pelton* de un diámetro de 35 centímetros con 15 alabes, montada sobre barras y cojinetes de acero de 7,5 centímetros. La rueda está conectada a un generador por medio de un eje y una faja. La unidad funciona 24 horas al día sin parar.
5. Se instaló un Generador Stanford de 15 KVA (230-115 voltios, 65 - 130 amperios, 61 Hertz, monofásico de 1800 rpm), el cual convierte la energía mecánica a energía eléctrica, se estima que la toma de corriente máxima de esta unidad es de 10 KVA, lo que representa una eficiencia total del 64,13%.
6. Un conjunto de poleas y fajas establecen una relación de velocidad de 237,5 rpm a 1800 rpm.
7. Un transformador de 15 KVA eleva la tensión de 230 voltios en la salida del generador a 2400 voltios.
8. El sistema de protección consiste en un interruptor de tipo "cuchilla" de 200 amperios, situado cerca del generador.
9. El sistema de transmisión tiene aproximadamente un kilómetro de largo, con 2 cables de cobre y tres transformadores monofásicos que transforman la tensión de 2400 a 230-130 voltios a nivel del hogar.
10. La mayoría de los postes eran de madera y cinco de concreto de fabricados localmente. Los aisladores se hicieron de tubos de PVC.



Tubería descendiendo a la casa de máquinas.

Análisis de problemas Identificados

Distintos problemas fueron identificados por BUN-CA en el diseño y funcionamiento de la instalación existente:

- El área de la toma de agua no estaba capturando toda el agua disponible de la fuente, reduciendo la eficiencia potencial. De los 35 kW que podían ser generados por el caudal, solamente cerca de un 19% estaba siendo utilizado.
- El área de la toma estaba bloqueada frecuentemente por hojas y escombros arrastrados por la corriente, impidiendo el paso del agua a la

Estudio de Caso: Optimización de una Pequeña Central Hidroeléctrica

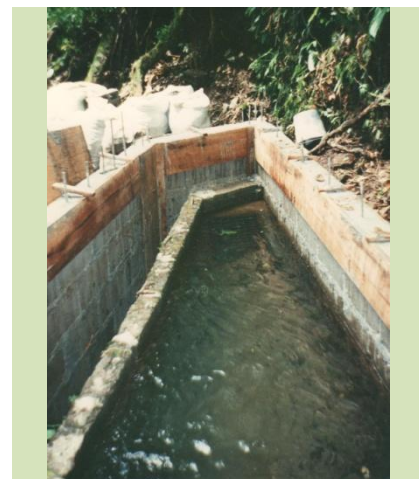
turbina, lo que afectaba la calidad de la energía generada y causaba que el sistema se apagara continuamente, por lo que los miembros de la comunidad se turnaban semanalmente para ir a la toma al menos una vez al día para mantener la toma limpia.

- Las hojas, arena y otros materiales que pasaban por la rejilla provocaban asperezas dentro de la turbina, acelerando su deterioro.
- La válvula reguladora de la entrada de agua a la turbina estaba mal ajustada, afectando en gran medida el uso eficiente del agua.
- Las líneas de alta tensión que salen de la casa de máquinas estaban muy cercanas al suelo y no estaban aseguradas correctamente, el transformador estaba al lado del generador, esto creaba un peligro inmediato para las personas que visitaban el sitio, así como la fauna silvestre.
- Los postes que sostienen las líneas de transmisión eran viejos y deteriorados. Si alguno se hubiera caído, podría haber causado la muerte por electrocución y/o dañar el generador y transformadores.
- El sistema de transmisión carecía de los cables de tierra para protegerlo de daños causados por rayos y garantizar el correcto funcionamiento de los componentes del aislamiento.
- La tensión de los cables de transmisión se había aflojado.
- Las viviendas carecían de los circuitos de seguridad tipo “*breakers*”.
- No había iluminación, en la toma de agua ni en la casa de máquinas, creando condiciones peligrosas para las reparaciones urgentes en la noche.

Modificaciones al Sistema

Con la asistencia de BUN-CA se llevaron a cabo las siguientes modificaciones:

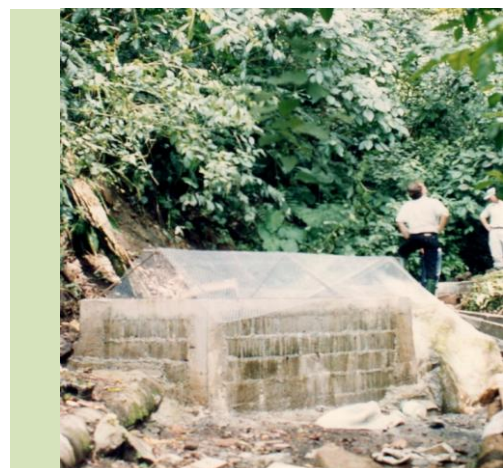
1. La altura de la toma de agua se aumentó en 30 centímetros (12 pulgadas) para aumentar el volumen de agua que se dirige a la turbina. Esto aumentó la eficiencia del uso del agua en un 10%.
2. Dos cámaras para limpiar el agua del cauce fueron construidas con varilla y bloques de concreto. La primera cámara por gravedad hace la limpieza de escombros. El segundo tanque, cumple un propósito similar, donde la sedimentación de la arena es expulsada a través de una válvula en su base.



Nuevo diseño del tanque de sedimentación.

Estudio de Caso: Optimización de una Pequeña Central Hidroeléctrica

3. Para reducir aún más el problema de obstrucción con la materia forestal, la toma de agua se cubrió con una rejilla de malla de acero, en una forma de V invertida empinada, que permite al agua de lluvia entrar, mientras previene que las hojas caigan en el tanque abierto.
4. La base sobre la cual se montó la turbina tipo Pelton se ha reforzado para reducir el movimiento y el desgaste del eje.
5. Postes más altos y resistentes se colocaron a lo largo de la vía de transmisión.
6. Equipo como aisladores que no eran lo adecuados, fueron reemplazados.
7. Dos transformadores fueron sustituidos.
8. Las líneas a tierra se instalaron para dar seguridad a la línea de transmisión.
9. Los interruptores del sistema se instalaron en los principales puntos de transmisión.
10. Las líneas eléctricas fueron transferidas a los nuevos postes y se ajustó la tensión de las mismas.



Parrilla de malla que evita obstrucción de hojas en la toma de agua.

Con las mejoras realizadas en la toma de agua y en la infraestructura de la línea de transmisión, BUN-CA estima que el sistema alcanzó el 50% de eficiencia, lo cual es suficiente para satisfacer las necesidades de energía eléctrica para la comunidad.

LECCIONES APRENDIDAS

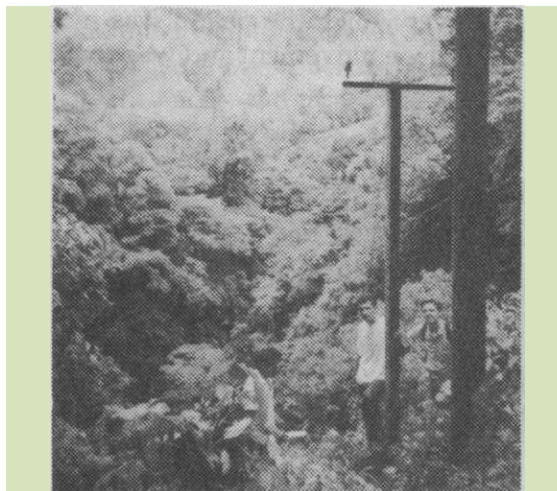
De esta experiencia se rescatan oportunidades valiosas para compartir, y que sirven de lecciones aprendidas para comunidades aisladas interesadas en desarrollar este tipo de proyectos:

a. Eficiencia en el mantenimiento:

Con las mejoras técnicas realizadas, el tiempo invertido por los participantes en el mantenimiento de rutina se ha reducido significativamente. Anteriormente, cada responsable por familia tenía que bajar hasta el sitio de toma agua por lo menos dos veces al día para limpiar los escombros, sobre todo en época de invierno. Ahora, cada familia rota la responsabilidad de esta tarea de mantenimiento una vez a la semana, con lo cual disponen de más tiempo para otras actividades productivas, contribuyendo a la sostenibilidad del proyecto.

La Comunidad ha tenido mayor conciencia del seguimiento a un plan de mantenimiento preventivo de los equipos, en lugar de esperar a que se presenten paros no programados, por lo tanto, el costo de remplazo y renovación de piezas desgastadas es menor al evitar reparaciones mayores.

Cada familia paga alrededor de US\$2 por mes para un fondo de mantenimiento. Las mejoras en el diseño y el equipo, especialmente el sistema de transmisión, ha aumentado considerablemente la seguridad de las personas que dan mantenimiento al sistema.



Sr. Juan José Rojas, izquierda, muestra los nuevos postes de transmisión, al lado el Sr. José María Blanco Director de BUN-CA y el Sr. Gustavo Jiménez, consultor.

b. Oportunidades de Mercado

El sistema de energía eléctrica ha hecho una diferencia en San Miguel no sólo en términos de la conveniencia de la iluminación y uso de electrodomésticos, sino también al hacer posible una gran variedad de actividades económicas.

Dos ejemplos que se desarrollaron fueron: i. La instalación de un taller de costura de la Sra. Damaris Vásquez y Juan José Rojas, quienes constituyeron una micro-empresa que les genera los ingresos suficientes para cubrir sus necesidades básicas y las atenciones educativas universitarias de sus hijos; ii. Otro vecino instaló un sistema de refrigeración que le permitió almacenar y comercializar productos lácteos para la venta.

La Sra. Damaris reconoce que otros residentes han sido lentos para tomar ventaja de las opciones económicas ofrecidas por la electricidad, donde antes la comunidad carecía de los medios para alcanzar su potencial de desarrollo, ahora las posibilidades están ahí para cuando las personas elijan emprender alguna actividad productiva. Por ejemplo, con la energía eléctrica se dan condiciones más cómodas para ofrecer actividades de eco-turismo, lo que podría convertirse en otra importante fuente de ingresos.

c. Estabilidad de la Población

Las mejoras y el fortalecimiento del sistema eléctrico mantuvieron a los pobladores de la comunidad, aunque se pensó en que se podría dar un crecimiento de nuevas familias, este no se dio. En 1991, cuando se cortó la electricidad por las reparaciones comentadas a la toma, la turbina y el generador, la gente estaba desalentada por la fragilidad del sistema y tres familias dejaron la comunidad.

Fueron siete familias las que permanecieron en San Miguel, como resultado del inicio del proyecto que ejecutó BUN-CA para mejorar el sistema de energía

Estudio de Caso: Optimización de una Pequeña Central Hidroeléctrica

eléctrica. El Sr. Gerardo Vásquez, comentó que si no se podía volver a generar la electricidad, él y su familia se trasladarían a la ciudad, la Sra. Damaris Vásquez, afirma que esa situación era la misma para muchos de los pobladores. La Sra. Damaris comentó "el apoyo de BUN-CA fue increíble, con su ayuda, los problemas se resolvieron en el momento oportuno. Si no hubieran venido el sistema eléctrico hubiera colapsado, y no habría una persona que se quedara en la comunidad", incluso ella y su marido estaban a punto de darse por vencidos y trasladarse a otra comunidad que tuviera electricidad.

Las personas que permanecen en San Miguel se han comprometido a permanecer y desarrollar la comunidad a pesar de los contratiempos, pues el Sr. Gerardo comenta que si bien algunas personas se fueron no han vendido sus tierras, por lo que pueden regresar en cualquier momento.

El sentir de los pobladores fue que la energía eléctrica ha sido una de las mayores bendiciones para la comunidad, donde disfrutaban de utilizarla en actividades productivas, en equipos eléctricos de sus hogares, seguridad por la iluminación del camino en las noches y el establecimiento de servicios públicos para los vecinos.