



**IMPLEMENTACIÓN DE UNA MICROCENTRAL HIDROELECTRICA EN EL TRAPICHE
PANELERO DE LA VEREDA ALTO SAN JORGE
MUNICIPIO DE DIBULLA**



IMPLEMENTACIÓN DE UNA MICROCENTRAL HIDROELECTRICA EN EL TRAPICHE PANELERO DE LA VEREDA ALTO SAN JORGE - MUNICIPIO DE DIBULLA

Estado del Proyecto:

Prefactibilidad

EQUIPO FORMULADOR:

Ing. Jaime Luis Murgas Bornachelly

Esp. en Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión Pública y Privada

Mauricio Brito

Ingeniero Ambiental

ASISTENTES DE INVESTIGACIÓN:

Alexander Olivella Fernández

Ingeniero Industrial

Leuman Javier Mendoza Medina

Ingeniero Electrónico

Jesús Ramírez Ortega

Técnico en mantenimiento eléctrico

COLABORADORES

Jair Osorio León

Geógrafo

Tomás González

Ingeniero Mecánico

Elkin Mejía Suarez

Ingeniero Electrónico

Fermín Romero Fragoso

Ingeniero Electricista

PLAN DE ENERGIZACIÓN RURAL SOSTENIBLE PARA EL DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA

PERS – Guajira

UPME

TETRATECH

CORPOGUAJIRA

Riohacha – La Guajira

2015.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág
1. FICHA RESUMEN	4
2. RESUMEN DEL PROYECTO	5
3. IDENTIFICACIÓN	7
3.1. DIAGNOSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL	7
3.1.1. Diagnóstico del Área Influenciada del Proyecto	8
3.1.2. Diagnóstico de los Participantes	22
3.1.3. Descripción del Servicio	23
3.1.4. Análisis del Mercado	24
3.2. MARCO DE REFERENCIA	29
3.2.1. Contribución a la Política Pública	29
3.2.2. Antecedentes	31
3.2.3. Marco Teórico	32
3.3. PROBLEMA CENTRAL, CAUSAS Y EFECTOS	46
4. FORMULACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS	47
4.1. NOMBRE DE LA ALTERNATIVA	47
4.1.1. Alternativas Posibles	47
4.1.2. Metodología de Selección de Alternativas	48
4.2. RESUMEN DE LA ALTERNATIVA	71
4.2.1. Descripción Técnica de la Alternativa Propuesta	72
4.2.2. Matriz de Costo de Transporte	75
4.2.3. Posibles Tarifas	78
4.2.4. Disponibilidad a Pagar	82
4.3. OBJETIVOS	83
4.3.1. General	83

4.3.2. Específicos	83
4.4. PRODUCTOS, ACTIVIDADES Y PERSONAL REQUERIDO	84
4.5. IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCION DE LA INNOVACIÓN PROPUESTA	85
4.6. METODOLOGIA Y DISTRIBUCIÓN DE RESPONSABILIDADES	85
4.7. INDICADORES DE OBJETIVO GENERAL, DE PRODUCTO Y DE GESTIÓN	86
4.7.1. Indicadores de Objetivo Específico, Producto y de Gestión	87
4.8. FUENTES DE VERIFICACIÓN Y SUPUESTOS	88
4.9. BIENES O SERVICIOS	89
4.10. BENEFICIOS E INGRESOS	90
4.11. HORIZONTE DEL PROYECTO	90
4.12. IMPACTOS ESPERADOS	91
4.13. EFECTOS AMBIENTALES	92
4.14. ANALISIS DE RIESGOS	102
4.15. ANALISIS DE SOSTENIBILIDAD	107
4.16. CRONOGRAMA	121
4.17. PRESUPUESTO	121

1. FICHA RESUMEN

Título del Proyecto:	IMPLEMENTACIÓN DE UNA MICROCENTRAL HIDROELECTRICA EN EL TRAPICHE PANELERO DE LA VEREDA ALTO SAN JORGE - MUNICIPIO DE DIBULLA	
Proponente:	Centro Industrial y de Energías Alternativas – SENA Regional Guajira	
Población Beneficiaria:	30 Familias - 150 Habitantes	
Operador:	A convenir	
Posibles Cooperantes:	Gobernación de la Guajira, Alcaldía Municipal de Dibulla, SENA Regional Guajira, UPME, Fundación Pro Sierra Nevada de Santa Marta.	
Departamento:	La Guajira	
Sub – Región:	Media Guajira	
Duración del Proyecto:	6 Meses	
Costo Total del Proyecto:	\$ 1.141.840.609	
Monto Solicitado:	\$ 1.133.348.609	
Monto Total Contrapartida	\$ 3.650.000	
Contrapartida Entidades	En Efectivo (\$)	En Especie (\$)
Entidad Financiadora	\$ 1.133.348.609	
Comunidad		
Otras		\$ 3.650.000
Lugar de Ejecución del Proyecto:	Centro Poblado	Ciudad: Dibulla
	Vereda Alto San Jorge	Departamento: La Guajira
Responsable del proyecto:		Cargo:
	Empresa/Institución: Corpoguajira	Teléfono de Contacto:

2. RESUMEN DEL PROYECTO

La energía es uno de los principales motores del desarrollo económico y de la transformación social, dado que se encuentra presente en todas las facetas de la actividad económica tanto de producción, como de consumo. La energía es un elemento fundamental para el desarrollo socioeconómico de las regiones.

La idea central de la presente propuesta busca apoyar el proceso de fortalecimiento de la actividad productiva de los campesinos miembros de la Red de Agricultores Ecológicos del Norte de la Sierra Nevada de Santa Marta – Red Ecoagro mediante la energización del trapiche panelero y la adecuación de los sistemas de riego para los cultivos localizados en la comunidad del Alto San Jorge en el municipio de Dibulla – Subregión Media Guajira.

La vereda del Alto San Jorge se localiza aproximadamente a 8 kms de distancia del corregimiento de Mingueo (Dibulla) en estribaciones de la Sierra Nevada. Actualmente, según información suministrada por miembros de la asociación, se encuentran sembradas alrededor de 17 hectareas de caña azúcar, beneficiando de manera directa a 17 familias y 13 familias de manera esporádica derivan su sustento de la producción panelera. Una de las entidades que han apoyado este proyecto es la Fundación Pro Sierra Nevada, la Oficina de Consolidación Territorial y el programa familias guardabosques, desde la dirección del programa contra los cultivos ilícitos – DPCI.

La comunidad alrededor del trapiche, se encuentra tipificada según el plan de desarrollo municipal como “zona de resguardo indígena Kogui – Arhuaco – Malayo”¹, no cuenta con servicio de energía eléctrica. El trapiche es conectado por medio de correas a un motor diesel, que solo sirve como fuente de trabajo mecánico, no cuenta con iluminación, impidiendo el desarrollo de las actividades de molienda en horas nocturnas. Así mismo,

¹ Plan de Desarrollo Municipal 2012 - 2015. Dibulla Todos por el Cambio. Subcapítulo. Indígenas y Afrodescendientes. Pág 65.



no existen sistemas de riegos tecnificados para los cultivos de caña, suceso que limita la producción de tipo agroindustrial.

De acuerdo con lo anterior y tomando en cuenta las observaciones recibidas por algunos miembros de la comunidad, en el mediano plazo, la propuesta busca la sostenibilidad de la cadena productiva, incremento de los ingresos y el mejoramiento de las condiciones de bienestar socioeconómico de las familias intervenidas.

3. IDENTIFICACIÓN

3.1. DIAGNOSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

La carencia de infraestructura energética ha sido un factor limitante para el desarrollo de las actividades productivas en las ZNI del territorio nacional, dado que sus necesidades de consumo se relacionan con el uso de generadores eléctricos tradicionales que generan contaminación y sobrecostos en los procesos de producción agropecuaria.

El municipio de Dibulla no es ajeno a esta tendencia, por estar ubicado la mayor parte de su territorio rural en la Sierra Nevada de Santa Marta, se caracteriza por su alta dispersión poblacional, sus deficientes condiciones de acceso que imposibilitan la extensión de redes de conexión eléctrica y el desarrollo socioeconómico de sus centros poblados.

Bajo este contexto, la comunidad residente en la vereda el Alto San Jorge, ubicada en la subregión de la Media Guajira, viene realizando las actividades de producción panelera mediante la utilización de un trapiche panelero accionado mecánicamente con un motor diesel y la disposición de un horno artesanal cuya fuente de combustible se utiliza el mismo bagazo de la caña o leña. Esta mecánica de cocción genera a largo plazo inconvenientes relacionado con la probabilidad de presentarse enfermedades de tipo respiratorio a los agricultores de la zona, a causa de la inhalación de los gases productos de la combustión.

De igual manera, esta población no dispone de recursos energéticos que permitan la optimización de los procesos de producción en el trapiche panelero y la conservación adecuada de los productos terminados a largo plazo.

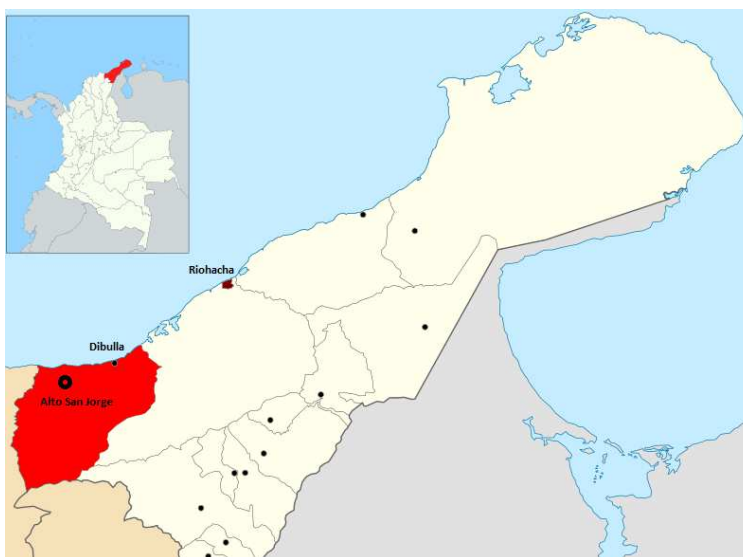
Actualmente, alrededor de 30 familias en condición de vulnerabilidad (desplazados por la violencia) pertenecientes a la Asociación de la Red de Agricultores Ecológicos del Norte de la Sierra Nevada (Red Ecoagro), centran su sustento en el cultivo de caña de azúcar en la zona, sin embargo sus bajos ingresos económicos limitan la ampliación en la cantidad de hectáreas cultivadas y el aprovechamiento de las fuentes hídricas disponibles mediante la adecuación de sistemas de riego. Finalmente la baja cobertura de los servicios de salud y educación en la zona, generan detrimento de las condiciones de

bienestar general en esta población. (Ver Anexo 1. Documento Técnico - Arbol de Problemas).

3.1.1. Diagnóstico del Área Influenciada del Proyecto

El área de influencia del proyecto se encuentra ubicada en la subregión natural de la Media Guajira), específicamente a los 11°10' 02" N y 73°25 '47" O, en la vereda Alto San Jorge, ubicada a una distancia de 8 kms del corregimiento de Mingueo (Municipio de Dibulla). Esta zona que hace parte de las estribaciones de la Sierra Nevada de Santa Marta cuenta con una extensión de tierra aproximada a las 604 hectáreas. Estos suelos de aptitud media² presentan una topografía ligeramente ondulada, que van desde los 200 – 600 msnm, con una temperatura media de 26°C. La fertilidad de esta zona esta influenciada por la cuenca del Rio Cañas, que baña el corregimiento de Mingueo y cruza el municipio en dirección sur – norte. El siguiente mapa, muestra la ubicación de la comunidad:

Mapa 1. Ubicación del Area de Incidencia del Proyecto



Fuente: Wikipedia. www.wikipedia.org. 2015.

² Son suelos de pendientes menores, con algunas restricciones de riesgos por inundación leve. Aptos para el aprovechamiento agropecuario o para vivienda de mediana y baja densidad, con ciertas medidas de manejo ambiental.

Las comunidades asentadas en esta zona se encuentran dispersas ocasionados por las características del terreno, la extensión de los cultivos, el mal estado de las vías de acceso y la amplitud de la zona de resguardo indígena Kogui – Arhuaco – Malayo, que para el municipio de Dibulla corresponde el 55% del territorio.³

Según información suministrada por la oficina de la UMATTA Municipal (2014), además de la producción panelera también se practican en esta zona la agricultura de productos varios como maíz, plátano, yuca, maracuyá, frijol, entre otros. Así como el desarrollo a menor escala de actividades asociada a la cría de ganado vacuno, la avicultura y la acuicultura. Este territorio es reconocido dentro del Plan de Ordenamiento Territorial como una zona geoeconómica de explotación agropecuaria.

Fotografía 1. Comunidades Indígenas de la Zona



Fuente: Grupo de Investigación – PERS Guajira. 2015

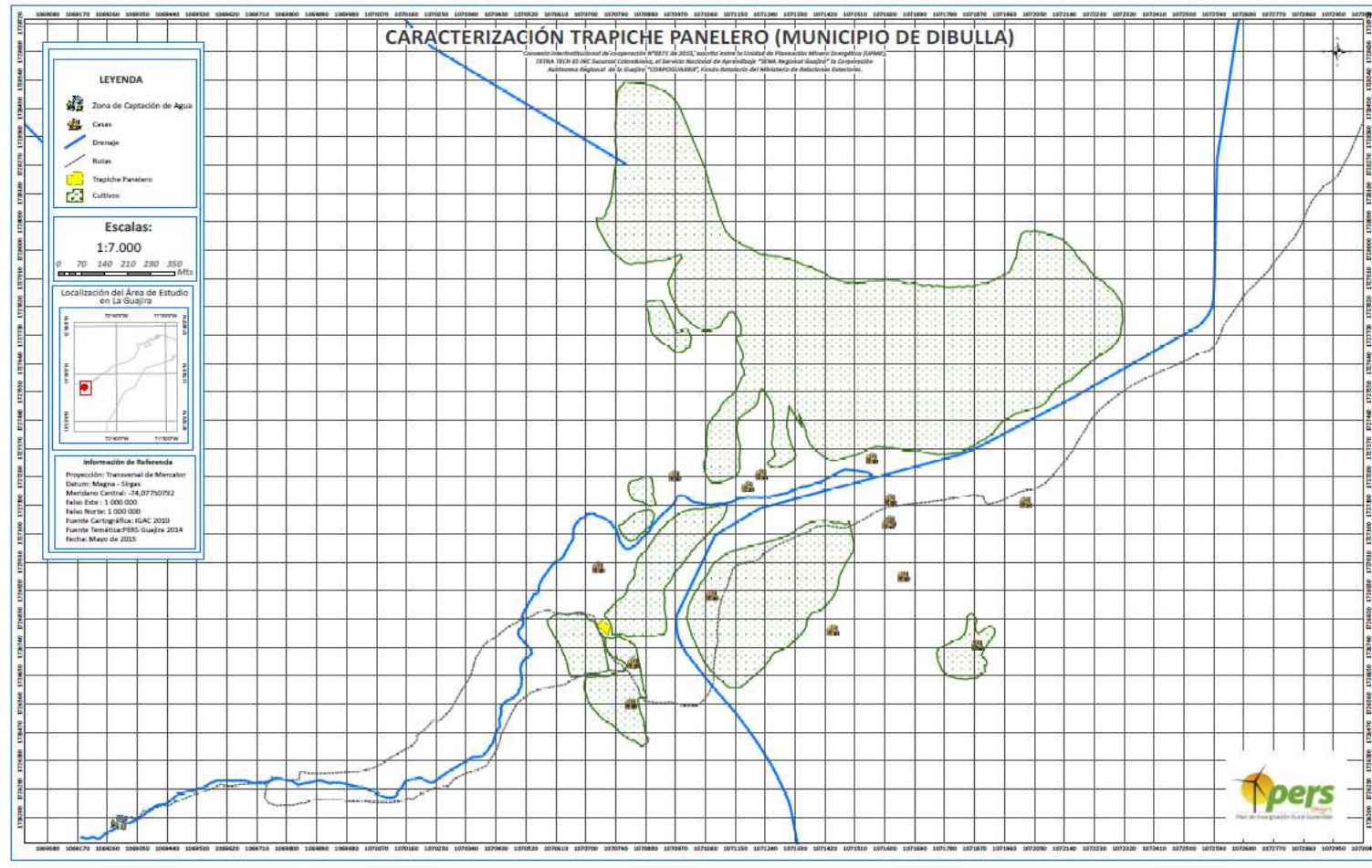
³ SECRETARÍA DE PLANEACIÓN MUNICIPAL. Plan de Desarrollo del Municipio de Dibulla. “Todos por el Cambio”. (2012 – 2015). Pág. 22.

- Población

El proyecto pretende beneficiar a 30 familias pertenecientes a la Red de Agricultores Ecológicos de la Sierra Nevada de Santa Marta – Red Ecoagro, asentadas en el Alto San Jorge. Esta población en su mayoría foránea es resultado del proceso de restitución y titulación de tierras por parte del INCODER a campesinos que fueron desplazados de sus fincas a principios de este siglo en territorio Venezolano. En principio, se organizaron 20 familias en una asociación denominada ASOPRONALGE, que después de probar con la producción de diferentes cultivos (maíz, ñame, yuca, entre otros), optaron por iniciar la producción de caña en la zona.

Igualmente, en el 2008 se conforma una nueva asociación denominada Red de Agricultores Ecológicos del Norte de la Sierra Nevada (Red Ecoagro), con 30 asociados, los cuales representan el 100% de los productores, con 17 hectáreas cultivadas de caña, los cuales conviven de buena forma con las comunidades indígenas de la zona principalmente Arhuacos y Koguis. El siguiente mapa, muestra la distribución física del trapiche panelero.

Mapa 2. Mapa de Ubicación Proyecto Trapiche



Fuente: Osorio, Jair. Geógrafo. Equipo Pers – Guajira. 2015

Actualmente, la asociación viene gestionando actividades de capacitación y fortalecimiento gremial con instituciones de la zona, atendiendo las indicaciones y orientaciones dadas por la Fundación Prosierra. Sierra Nevada de Santa Marta, entidad que gestionó y administró los recursos para la ampliación y mejoramiento de la infraestructura locativa existente en el trapiche panelero.

- **Población Afectada en el Territorio:** 9721 habitantes, según el censo realizado al interior del territorio del resguardo avalado por GONAWINDUA ETTE ENNAKA IPS Indígena. (2011).
- **Población Objetivo del Proyecto:** 30 Familias con una población total cercana a los 150 habitantes

Tabla 1. Matriz de Identificación Poblacional

Centro Poblado	No. Familias	No. de Parcelas	Distancia Aprox. (Cabecera)	Hectáreas Cultivadas de Caña	Condiciones de Acceso	Suministro de Agua	Riesgos	Servicios Complementarios
Alto San Jorge	30	30 Parcelas (604 Hect aprox)	20 Kms – Municipio de Dibulla y 90 Kms a Santa Marta.	17	Vía pavimentada al principio del trayecto, en su mayoría carreteable en terreno quebrado.	1 Manguera por gravedad desde el nacimiento. Acceso a fuentes hídricas (Arroyo Arena y Río Santa Clara), ambos afluentes del Río Cañas.	Inundaciones repentinas en las zonas bajas por el crecimiento del Arroyo Arena y el Río Santa Clara.	Cuenta con una sola escuela de primaria, el centro de salud más cercano se localiza en el corregimiento de Mingueo.

- Características Socioeconómicas de la Población

Las familias ubicadas en el Alto San Jorge, en su mayoría son campesinos que se dedican a las labores de siembra de caña y procesamiento de la panela, según consultas realizadas a los representantes de la comunidad directamente de la panela dependen 17 familias que procesan regularmente la caña. Dado la baja cantidad de hectáreas disponibles y la discontinuidad de la producción panelera, los ingresos percibidos por la actividad por sus habitantes son relativamente bajos. Igualmente, sólo seis familias han recibido beneficios de algunos programas adicionales, como la red de guardabosques que buscan garantizar de cierta forma su seguridad alimentaria con la entrega de insumos para el desarrollo de actividades avícolas y la piscicultura. Sin embargo, estas iniciativas son insuficientes para suplir las necesidades básicas de la población en el territorio.

Por otro lado, en promedio sus habitantes tienen un nivel educativo bajo.

- Esquema Organizativo

Tal como se había expresado, los campesinos de la zona, se encuentran organizados en la Asociación de Agricultores Ecológicos del Norte de la Sierra Nevada (Red Ecoagro), está liderado por el joven Bladimir Blanco Moreno (Tecnólogo en Gestión Ambiental), quien reside en el corregimiento de Mingueo (Ver Tabla 1). La organización cuenta con sus propios estatutos y actualmente se viene planteando la posibilidad que cada productor destine el 10% del material procesado como cuota para garantizar el sostenimiento de la organización a largo plazo.

Tabla 2. Datos de Contacto Líder Comunitario

Asociación	Líder Comunitario	Profesión	Teléfono
Red - Ecoagro	Bladimir Blando Moreno	Tec. en Gestión Ambiental	313 566 3950

- Esquema Productivo

En la vereda Alto San Jorge, actualmente se tienen cultivadas aproximadamente 17 hectareas de caña (variedad no determinada), con un nivel de rendimiento anual de 6 toneladas por hectárea. Las actividades de cosecha o corte se realizan cada 10 meses.

Dada las gestiones realizadas por la Fundación Prosierra Nevada, con recursos de la Oficina de Consolidación Territorial del Ministerio de Justicia, se entregó parcialmente la planta de procesamiento a finales del año 2014.

La planta de procesamiento (Figura 1), cuenta con las siguientes áreas y elementos a saber:

- ✓ Área de Almacenamiento del Bagazo
- ✓ Área de Molienda (1 Trapiche, 1 Motor Diesel)
- ✓ Hornilla Tipo Artesanal (1 Horno Tipo Artesanal)
- ✓ Área de Cocción (4 Pailas de Acero Inoxidable)
- ✓ Área de Moldeo, Empaque y Lavado (3 mesas de Acero y Moldes en Madera)

Figura 1. Distribución en Planta Trapiche Panelero

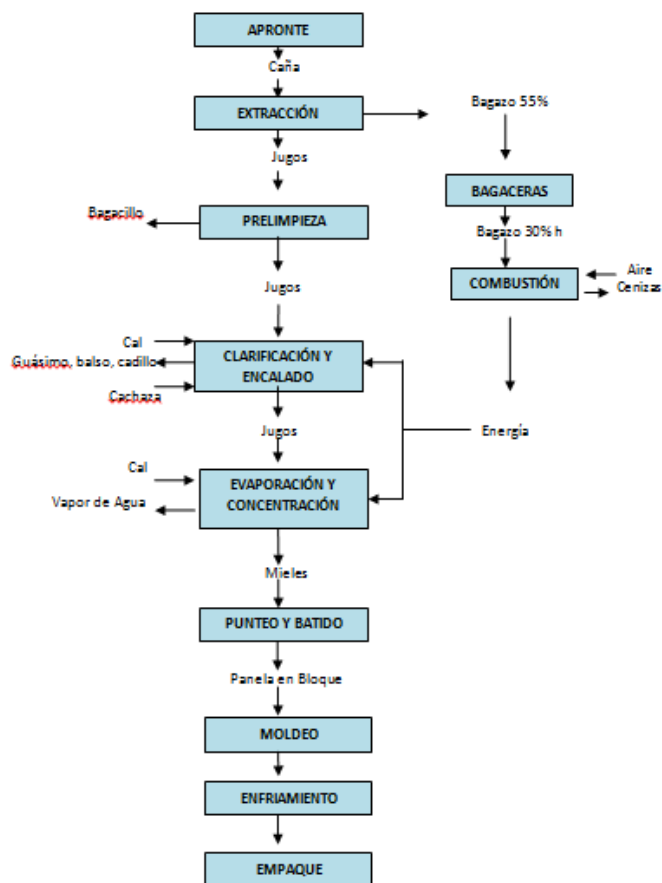


En realidad, el proceso productivo se puede resumir en cinco las etapas:

- **Corte de Caña o Apronte:** se corta la caña de raíz o se realiza el entresaque cada (10) diez meses dependiendo de las condiciones naturales que garantizan una buena cosecha.
- **Extracción del Jugo de Caña:** se introduce la caña al trapiche, con el objeto de obtener los jugos de la caña.
- **Clarificación:** Este proceso se realiza mediante la adición de las cortezas vegetales floculantes como Cal, Balso, Cadillo, Cachaza, entre otras. En esta parte del proceso se realiza el ajuste del PH, que debe fluctuar entre 5.6 y 5.8, para ello se adicional cal y esta evita la hidrolisis de la sacarosa y mejora la eficiencia del proceso porque desnaturaliza impurezas y material coloidal, las cuales pasan a hacer parte de la cachaza, subproducto que se aprovecha en alimentación de los animales de los campesinos de la zona.
- **Evaporación y Concentración:** se continua con la evaporación del agua, aumentando de esta manera la concentración de azúcares en los jugos, cuando éstos alcanzan un contenido de sólidos solubles cercano a los 70 Brix y adquieren consistencia en forma de miel, pueden ser utilizadas para el consumo humano o continuar concentrando hasta el punto de panela. La producción de panela finaliza cuando se alcanza una temperatura entre 118^o y 123 ^oC y un contenido de sólidos solubles de 90 – 95 Brix⁴.
- **Punteo, Batido, Moldeo y Enfriamiento:** la panela liquida se deposita en bateas de acero inoxidable y por acción de batido intensivo e intermitente se enfría para el moldeo, el cual se realiza mediante el uso de elementos en madera (moldes), denominados graveras, en cuales la panela se solidifica adquiriendo su forma definitiva (Figura 2).

⁴ Los grados Brix (Bx), sirven para determinar el cociente total de sacarosa o sal disuelta en un líquido, es una medida de concentración de azúcar en una disolución. Su proporción se mide en relación a cada 100 gramos de solución.

Figura 2. Proceso de Producción de la Panela



Fuente: García. 2006. Corpoica. Programa de Procesos Agroindustriales.

En estos momentos, la comunidad cuenta con un trapiche panelero tipo R – 8 accionado mecánicamente con un motor diesel de 16 Hp. En una jornada completa de producción (aprox. 18 horas), esta máquina es capaz de procesar la cantidad promedio de corte generado por una 1 hectarea de cultivo, es decir hasta 6 toneladas de caña, para un nivel estimado de producción de 600 kgs o 1200 panelas de libra/ hectárea, que son empacadas en una distribución de 30 cajas x 40 unidades.

-Registros Fotográficos Trapiche Panelero Alto San Jorge

Fotografía 2. Vista Frontal Planta



Fotografía 3. Área del Trapiche



-Fotografía 4. Hornilla Artesanal



Fotografía 5. Área de Bagazo



Fotografía 6. Área de Cocción



Fotografía 7. Área de Moldeo



Fuente: Equipo Investigador PERS – Guajira. 2015

- **Costos de Producción:**

En este sentido, la relación de costos de producción de la actividad productiva panelera, son indicativos y corresponden en su mayoría a la fuerza laboral entregada por los campesinos de la zona como aporte al trabajo solidario realizado por la asociación. Las siguientes tablas, muestran estas estimaciones:

Tabla 3. Costos de Mano de Obra - Apronte

CONCEPTO	CANTIDAD (Jornal/ ha)	UNIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Cortadores	60	1	\$ 30.000	\$ 1.800.000
Alzadores	30	1	\$ 35.000	\$ 1,050.000
Total Costos de Mano de Obra				\$ 1.850.000

Tabla 4. Costos Extracción del Jugo de la Caña

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Personal	2	Jornal	\$ 30.000	\$ 60.000
Diesel	5	Galones	\$ 7.200	\$ 36.000
Total Costos Extracción de Caña				\$ 90.000

Tabla 5. Costos de Clarificación

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
3 Personas	1	Jornada	\$ 30.000	\$ 90.000
Total Costos Clarificación				\$ 90.000

Tabla 6. Costos de Punteo, Batido, Moldeo y Enfriamiento

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
4 Personas	1	Jornada	\$ 30.000	\$ 120.000
Total Costos Clarificación				\$ 120.000

Tabla 7. Costos de Empaque

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
2 Personas	1	Jornal	\$ 30.000	\$ 60.000
Cajas de Cartón	30	Cajas	\$ 1000	\$ 30.000
Total Costos Clarificación				\$ 90.000

Los costos totales de producción corresponden a los costos asociados a los usos de combustible, el empaque, dado que la fuerza laboral en el apronte corresponde al aporte en especie del trabajo realizado por las familias en el desarrollo de su actividad, es decir para una hectárea de panela, se requieren aproximadamente de \$ 300.000 para producir 600 Kgs de panela. Sin embargo, existen serias limitaciones para incremento en el número de horas de trabajo por jornada ocasionado por la ausencia de energía eléctrica que garantice el desarrollo de estas labores en horas nocturnas.

- **Esquema de Comercialización.**

La mayor parte de la producción generada por cada familia de la zona, es comercializada directamente a las tiendas y depósitos localizados en los corregimientos vecinos como Mingueo, Rioancho y Palomino. Cada productor paga aproximadamente \$ 80.000/ viaje a los transportadores de la región con el fin de realizar la distribución.

- **Esquema de Precios:**

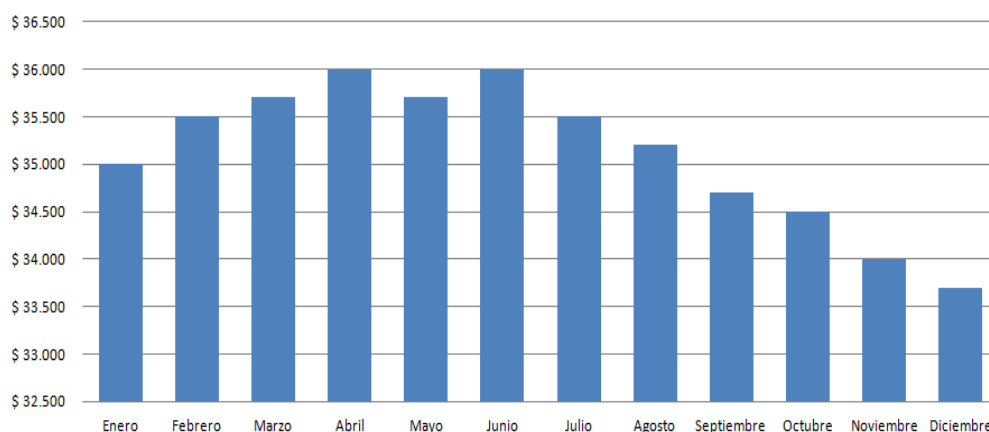
“Los precios de la panela en el escenario regional presentan un patrón marcadamente estacional, según el análisis realizado por Corpoica (2006), “desde enero de cada año los precios de compra al productor y de venta al consumidor ascienden

aceleradamente hasta mayo, a partir de este momento, comienza nuevamente el comportamiento estacional”⁵.

Se puede entonces inferir entonces que existen dos momentos en los precios durante el año, entre enero y julio, los precios son un poco más altos y desde agosto a diciembre presentan un leve decrecimiento. En estos momentos, los precios de la panela en la zona se mantienen en \$ 35.000 M/L por caja de libra y \$ 17.000 M/L en presentación de ½ libra.

La siguiente figura muestra las fluctuaciones estacionales de precios en la subregión:

Figura 3. Variación de Precios por Caja de Panela en la Zona



Fuente: Equipo Investigador PERS – Guajira.2015.

⁵ **García. CORPOICA.** Programa de Procesos Agroindustriales. 2006

3.1.2. Diagnóstico de los Participantes

Participante	Posición	Tipo de Contribución	Experiencia Previa
Centro Industrial y de Energías Alternativas SENA – Regional Guajira	Cooperante	Asistencia Técnica	La entidad es líder regional en el proceso de formación, investigación en el área de energías renovables.
Corporación Autónoma Regional de la Guajira (Corpoguajira)	Cooperante	Asistencia Técnica	La máxima autoridad ambiental departamental tiene experiencia en el proceso de ejecución de proyectos de generación energética, desarrollo de sistemas de abastecimiento de agua para comunidades vulnerables.
Unidad de Planeación Minero Energetica (UPME)	Cooperante	Asistencia Técnica	Esta entidad tiene una amplia experiencia en el proceso de formulación de proyectos de desarrollo energético en el territorio nacional.
Tetra – Tech	Cooperante	Asistencia Técnica	Empresa dedicada al asesoramiento y la gestión empresarial.
Gobernación de la Guajira	Cooperante	Recursos de Cofinanciación	La Gobernación a través de la secretaría de desarrollo económico se encarga de administrar y destinar recursos del Sistema General de Regalías.
Alcaldía Municipal de Dibulla	Cooperante	Entidad Territorial que tiene entre sus funciones brindar solución a las necesidades que repercutan el desarrollo económico y social del municipio.	Asignar recursos públicos dependiendo de la disponibilidad presupuestal
Fundación Prosierra Nevada de Santa Marta	Cooperante	Entidad sin ánimo de lucro encargada de velar por la conservación medioambiental y cultural de la zona incidencia del P.N.N Sierra Nevada de Santa Marta	Entidad cogestora de los recursos asociados a la entrega de la planta de procesamiento de la panela que actualmente existe en la zona.
Comunidad de Alto San Jorge	Beneficiario	Recurso Humano	Participar activamente durante la ejecución de la propuesta.

3.1.3. Descripción del Servicio:

La vereda del Alto San Jorge se encuentra en las estribaciones de la Sierra Nevada de Santa Marta, en cercanías del corregimiento de Mingueo. Por estar en ZNI del municipio de Dibulla carece del servicio de energía eléctrica. La principal necesidad energética se encuentra relacionada a la operación de la planta de procesamiento de caña, que cuenta con un trapiche que es alimentado mecánicamente por un motor diésel de 11.8 KW. Igualmente la Fundación Prosierra Nevada entregó en donación otra planta de respaldo de 7 Kw que pretende ser utilizada para el funcionamiento de las luminarias, dado que el equipo solar instalado se encuentra averiado desde hace más de un año. La siguiente tabla relaciona los equipos de generación disponibles:

Tabla 8. Relación de Equipos de Generación Disponibles

Equipo	Capacidad	Consumo (gr/kwh)	Estado	Usos
Motor Diesel INDUSTAN	11,8 Kw	265	En Uso	Alimentación del Trapiche
Generador Diesel	7 Kw	150	Sin instalar	Iluminación

Así mismo, según datos obtenidos a partir de la Resolución MME 180961 del 2004 y tomando como referencia algunos estudios realizados sobre la energización de ZNI a partir de Energía Eólica y Solar en Colombia, se tiene en consideración la relación de demanda promedio de consumo y la cantidad de habitantes por cada centro poblado así:

Tabla 9. Demanda Energética por Tipo de Centro Poblado

Descripción	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4
# Usuarios	50	150	300	500
Horas diarias de servicio	4	5	8	10
KW/usuario	0,28	0,3	0,32	0,34
Potencia promedio por centro poblado (Kw)	14	45	96	170
Demanda diaria por centro poblado (Kw-h)	56	225	768	1700

Fuente: Esteve M, Universidad Pontificia Javeriana. 2011.

Tomado como referencia estos datos, el centro poblado a intervenir se consideran de tipo 1, por tanto el sistema de generación sería de 14 kWp, sin embargo la alta dispersión de las viviendas ubicadas en cada parcela incrementaría considerablemente el costo para la extensión de redes de media tensión hacia cada uno de los centros de consumo, por tanto la propuesta solo dispondrá de dos centros de consumo (la planta de producción panelera y el centro comunitario).

3.1.4 Análisis del Mercado

- Estimación de la Demanda

El análisis de la demanda es un aspecto importante el diseño e instalación de cualquier solución energética. Sus resultados deben aportar el consumo actual de la población a la que se desea suministrar energía, proyectar la demanda durante un periodo de tiempo según la necesidad.

Dado que la comunidad del Alto San Jorge se encuentra ubicado en una ZNI, no resulta posible aplicar los métodos tradicionales para la estimación de la demanda como la extrapolación de datos o la aplicación de los modelos econométricos de series de tiempo.

Por tanto, se puede utilizar otras técnicas para estimación basada en datos poblacionales, el número de viviendas, el comportamiento del ciclo productivo o la capacidad posible a instalar. En este sentido, al no existir datos históricos, se puede estimar la demanda actual con base a la potencia de consumo posible de los equipos a utilizar, es decir la demanda máxima de potencia.

La siguiente tabla muestra el potencial de consumo diario (cuadro de cargas) estimado para el funcionamiento del trapiche y la realización de las tareas cotidiana para la comunidad del Alto San Jorge:

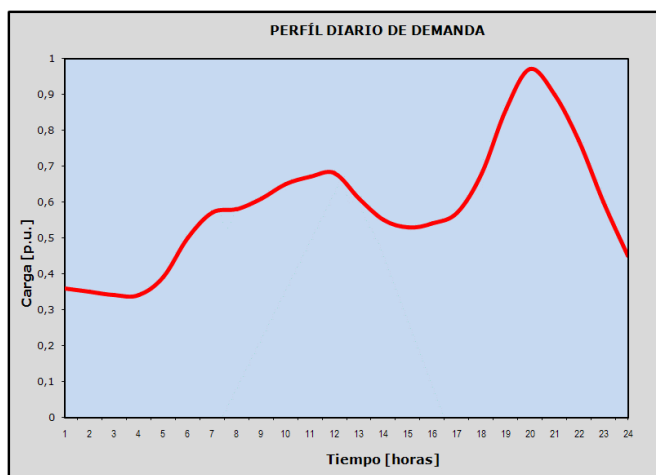
Tabla 10. Estimación Demanda de Consumo Promedio – Alto San Jorge

Equipos	No. de Equipos Simultáneos	Potencia	Tiempo h/día	Consumo (Wh/día)
Área de Trapiche Panelero				
Motor Eléctrico Trapiche	1	5000	16	80000
Lámparas	3	60	13	2340
Área Centro Comunitario				
Lámparas	4	60	5	1200
Nevera	1	180	16	2880
Televisor 32"	1	150	8	1200
DVD	1	33	5	165
Decodificador	1	10	24	240
Equipo de Sonido	1	200	7	1400
Ventilador	1	70	11	770
Celular	1	50	4	200
Computador	1	180	2,5	450
Sistema de Bombeo				
Sistema de Bombeo	1	2000	5	10000
Total Consumo Wh/día				100845

Fuente: Equipo Investigador PERS – Guajira.2015.

Sin embargo esta técnica, solo tiene en cuenta el consumo promedio de los equipos a instalar en relación con sus horas de funcionamiento, sin considerar la variación de los picos de consumo de ciertos elementos electrónicos. En tal caso, el perfil de carga puede variar durante el día según las recomendaciones dado por la Comisión Reguladora de Energía y Gas (CREG), en el documento 037 de 2005, en él se muestra la curva típica de consumo de potencia en ZNI durante un día completo (Figura 4).

Figura 4. Perfil de demanda promedio (en p.u) para ZNI



Fuente: CREG. Documento 037 del 2005.

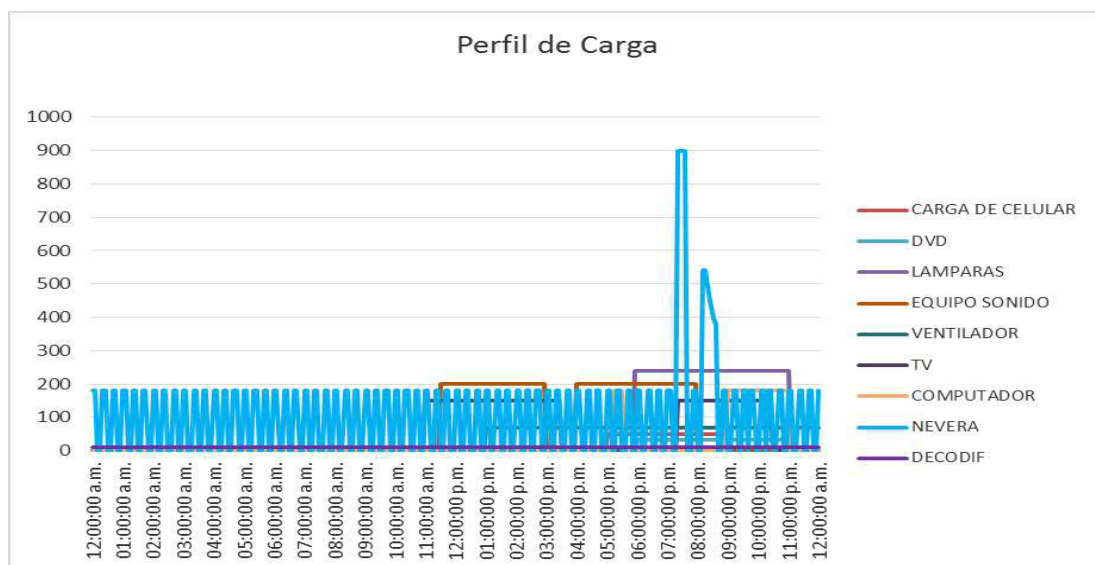
La curva de carga establece valores por unidad (p.u) y cada valor en p.u corresponde a una hora específica del día. El valor en p.u de cada hora equivale al porcentaje de uso del valor total de carga instalada en un instante de tiempo. La curva indica baja actividad en horas de la mañana y tiene un crecimiento en el porcentaje de uso en horas de la tarde y la noche, teniendo su mayor incremento entre las 20:00 y 21:00 horas. Bajo este supuesto, la potencia base de consumo sería de 100.85 kW.

Lamentablemente esta técnica no toma en cuenta la cantidad de equipos simultáneos que se utilizan a determinada hora del día por los usuarios.

Otro método de cálculo, utiliza como base la variación del consumo de los equipos durante su funcionamiento a largo de un día completo. Para esto se tiene en cuenta la información de datos tomados a partir de los dataloggers usados en el PERS Nariño⁶. La Figura 5, muestra el comportamiento posible de la demanda que tendrá el consumo de los equipos durante un día completo al interior del posible centro de consumo:

⁶ VILLOTA, Jonathan. Simulación de Sistemas Híbridos para la Generación de Energía Eléctrica en ZNI utilizando la Herramienta Computacional HOMER. Borrador Documento Guía. Bogotá. Abril del 2015.

Figura 5. Perfil de Carga Centro Comunitario – Alto San Jorge.



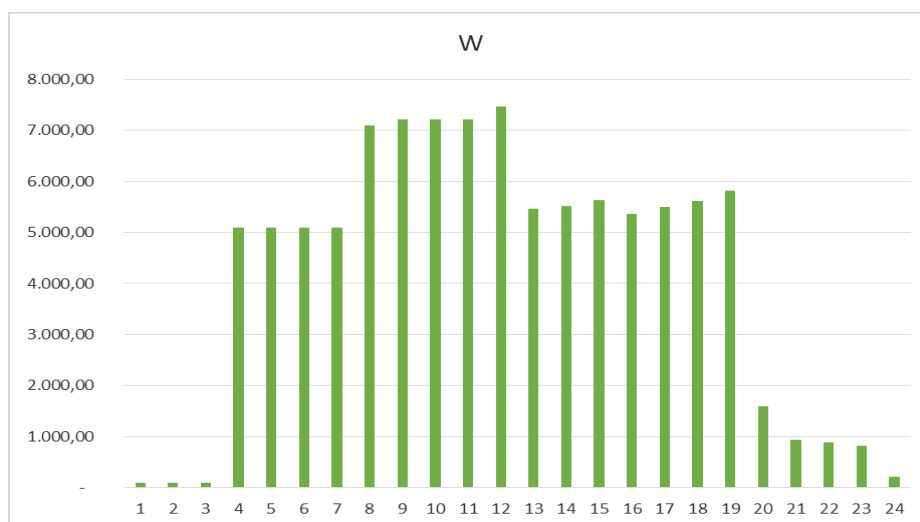
Fuente: UPME – PERS Guajira. 2015.

El esquema muestra una curva de color verde que indica la sumatoria de todas las cargas para cada instante de tiempo, es decir, la curva total de demanda. Los picos de potencia que toman una forma rectangular en cada instante de tiempo son debido al régimen de funcionamiento de la nevera.

Otro punto que vale la pena destacar se relaciona con la posibilidad de reemplazar el motor diésel que alimenta mecánicamente al trapiche con un motor eléctrico de 10 Kw.

La Figura 6, muestra el perfil posible de demanda de consumo al interior del trapiche panelero:

Figura 6. Perfil de Consumo Trapiche Panelero.



Fuente: UPME – PERS Guajira. 2015.

En el esquema, se puede observar que los picos de consumo de la planta de producción panelera se producen en las horas del mediodía, la potencia total a instalar incluyendo el funcionamiento del centro comunitario y el sistema de riego a considerar alcanzan aproximadamente las 100 kWh/d.

3.2 MARCO DE REFERENCIA

3.2.1. Contribución a la Política Pública

Esta propuesta se encuentra alineada con las directrices actuales de desarrollo regional, que propende por el desarrollo económico de las comunidades menos favorecidas, en este sentido el plan de desarrollo departamental en su Eje VIII. Desarrollo Económico Incluyente, reconoce que tal sentido “el desarrollo económico con inclusión es una respuesta a la situación de vulnerabilidad, que frente al mercado laboral tiene la población en situación de pobreza por la baja probabilidad de inserción laboral en el mercado formal, en razón de su bajo nivel educativo, escasa formación para el trabajo, medida en términos de competencias específicas y generales, falta de experiencia laboral y bajo capital social”⁷. Igualmente, el Capítulo X. Competitividad Regional, establece las directrices necesarias para el desarrollo agropecuario del territorio, con una meta a mediano plazo de incrementar en 500 hectáreas la cantidad de área sembrada de productos agrícolas en el territorio guajiro.

El escenario local, el Plan de Desarrollo del Municipio de Dibulla. “Todos por el Cambio (2012 – 2015)”, en su línea estratégica, Dibulla Próspera y Libre de Pobreza, busca alcanzar condiciones de igualdad en materia de educación, bienestar social, desarrollo comunitario, salud, deporte, recreación, seguridad, cultura, haciendo énfasis en la población en condiciones de vulnerabilidad como los niños, los jóvenes, las personas con discapacidad, los adultos mayores, las mujeres, los desplazados.

Adicionalmente, la línea de desarrollo económico en correspondencia con las políticas departamentales, pretende incrementar en 18% el número de hectáreas cultivables, así como reducir en un 19,5% el índice de pobreza multidimensional que en la actualidad alcanza en el área rural un 89.5%. El siguiente esquema muestra la relación y la armonización entre las políticas públicas, según el orden (nacional, departamental y municipal).

⁷ SECRETARÍA DE PLANEACIÓN DEPARTAMENTAL. Plan de Desarrollo del Departamento de la Guajira. “La Guajira Primero”. (2012 – 2015). Pág. 191.

Figura 7. Contribución a la Política Pública

Línea del PND

(2010-2014) Prosperidad para Todos

Programa del PND

Pilar: Igualdad de Oportunidades para la prosperidad social

Estrategia: Empleabilidad, Emprendimiento y Generación de Ingresos

Programa: Generación de Ingresos

Departamental:

La Guajira Primero, Plan de Desarrollo 2012-2015. Por una Guajira Incluyente, Competitiva, Segura y Solidaria

Programa del Plan desarrollo Departamental o Sectorial

La Guajira: Capítulo 15 ítem 1, Gestión del Plan de Desarrollo. "Desarrollar un Sistema de Planificación Integrado y Articulado con todas las áreas que abarque la Identificación y Formulación de Proyectos de Inversión Social"

Capítulo X. Competitividad Regional

Municipal: Plan de Desarrollo Municipal 2012 - 2015. Dibulla Todos por el Cambio.

7.2. Línea Estratégica. Dibulla Prospera y Libre de Pobres

7.6. Desarrollo Económico Agropecuario

Fuente: Equipo Investigador PERS – Guajira 2015.

3.2.2. Antecedentes

En Colombia, existen numerosos trabajos e investigaciones relacionadas con la implementación de pequeñas central hidroeléctricas (PCH), como alternativa eficaz para el suministro de energía eléctrica en zonas no interconectadas. Entre los trabajos destacables vale la pena mencionar el realizado por un grupo de investigadores de la Universidad Nacional, liderado por el ingeniero Fabio Sierra, director del grupo de investigación “Mecanismos de desarrollo limpio y gestión energética, igualmente existen algunos otros documentos producto de diversos profesionales egresados de la facultades de ingenierías en programas de maestrías de universidades reconocidas del país. La siguiente tabla muestra como referencia algunas investigaciones realizadas:

Tabla 11. Referentes de Estudios e Investigaciones

Entidad	Título	Autores	Año
CORPOEMA UPME	Plan de desarrollo para las fuentes no convencionales de energía en Colombia (PDFNCE)	Consortio Energético Corpoema	2010
Universidad Javeriana Maestría en Gestión Ambiental	Energización de las zonas no Interconectadas a partir de las Energías Renovables Solar y Eólica	Natalia Esteve Gómez	2011
Universidad Nacional Programa de Ingeniería Mecánica	Pequeñas y microcentrales hidroeléctricas: Alternativa real de generación eléctrica.	Fabio Emiro Sierra María Fernanda Sierra Carlos Alberto Guerrero	2011
Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para zonas no interconectadas (IPSE)	Proyecto de Energización Alternativa para la Comunidad de Bunkwiwake – Sierra Nevada de Santa Marta	Equipo del Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energeticas para zonas no interconectadas	2011
Universidad de la Guajira – Fundación Universitaria del Norte	Desarrollo del Programa de I+D en Energías Renovables en el departamento de la Guajira	Ricardo Vásquez Padilla	2013

Fuente: Compilación. Equipo Investigador PERS Guajira. 2015.

3.2.3. Marco Teorico

Las plantas hidroeléctricas, como su nombre lo indica, generan electricidad a partir de la energía del agua, todo en un proceso de transformación de energía, en el que en un primer momento se tiene energía potencial en un embalse o toma, luego energía cinética en las tuberías de conducción, seguidamente de energía mecánica en la turbina, que acoplada a un generador finaliza con la transformación en energía eléctrica aprovechable; todo en un proceso de generación de energía que es limpio, lo cual es muy importante.

Las pequeñas plantas hidroeléctricas son las que se encuentran en un rango de potencia menor a los 1000 kW por unidad, y en estas están las mini-centrales (100 kW a 1000 kW), micro-centrales (10 kW a 100 kW) y las picocentrales (1 - 10 kW). Una de las características principales de este tipo de plantas, es que operan “a filo de agua”, o sea, sin ninguna regulación con embalses, por lo que son muy susceptibles a las variaciones de caudal. Además de que tienen como principal objetivo, la generación de energía para el autoconsumo, o sea en el mismo lugar de la producción, funcionando de manera aislada en este caso; sin dejar por fuera la posibilidad de funcionar conectadas a la red eléctrica comercial con el fin de obtener una ganancia económica.

Abonado a la ventaja de energía limpia, se pueden encontrar otras ventajas en las pequeñas plantas hidroeléctricas, tales como los bajos costos de generación y mantenimiento, la posibilidad de operación las 24 horas del día si se quisiera, impacto ambiental mínimo, además de las bajas pérdidas de energía en comparación con sistemas convencionales de generación.

En contraste, se tienen desventajas, tales como la dependencia de factores geográficos y meteorológicos, así como uno costos de inversión considerables si se requieren obras civiles mayores al interior de la bocatoma y el área de carga del agua.

– **Clasificación.**

Las centrales hidroeléctricas se pueden clasificar de acuerdo con el tipo de embalse así: de agua fluyente, de embalse, de bombeo y mareomotrices. Según la altura de la fuente o cabeza hidráulica: en pequeñas cuando el salto es menor a 15 metros, medianas cuando el salto está entre 15 y 50 metros y grandes cuando es de más de 50 metros. Y según la cantidad de energía hidroeléctrica han sido clasificadas en grandes, medianas y pequeñas centrales.

Tabla 12. Clasificación de las Plantas Hidroeléctricas

Potencia	Tipo
0,1 – 0,99 MW	Pequeñas Centrales PCH
1 – 9,9 MW	Medianas
> 10 MW	Central

Fuente: Sierra, Fabio. Pequeñas y microcentrales hidroeléctricas: Alternativa real de generación eléctrica. Universidad Nacional. 2011.

Las pequeñas centrales –PCH a su vez se subdividen en pico, micro, mini y pequeña generación, y aunque los rangos pueden variar según el país y la organización ya que no se ha establecido un criterio único para la subdivisión, en Colombia los intervalos establecidos por la Comisión de Regulación de Energía y Gas-CREG son los siguientes:

Tabla 13. Tipología de las Pequeñas Centrales Hidroeléctricas (PCH)

Potencia	Tipo
1 – 10 KW	Picocentral
10 - 100 Kw	Microcentral
100 – 1000 Kw	Minicentral
> 10 MW	Central

Fuente: Sierra, Fabio. Pequeñas y microcentrales hidroeléctricas. Alternativa real de generación eléctrica. Universidad Nacional. 2011.

En la siguiente tabla se presentan los rangos utilizados por la Organización Latinoamericana de Energía OLADE.

Tabla 14. PCH según el rango de Caída de Agua.

Potencia	Tipo	Salto		
		Bajo	Medio	Alto
0,5 – 5 Kw	Picocentral	N.A.		
5 – 50 Kw	Microcentral	<15	15 – 50	> 50
50 – 500 Kw	Minicentral	<20	20 - 100	> 100
500 – 5000 Kw	Peq. Central	<25	25 - 130	> 130

Fuente: Sierra, Fabio. Pequeñas y microcentrales hidroeléctricas: Alternativa real de generación eléctrica. Universidad Nacional. 2011.

Las pequeñas centrales hidroeléctricas-PCH empezaron su expansión a principios del siglo XX, caracterizándose por ser tecnologías sencillas, de fácil adaptación e instalación, reducido costo de operación y mantenimiento (Ortiz Flórez, 2001), moderado o nulo impacto ambiental y larga vida útil, haciéndolas soluciones viables para pequeñas poblaciones no interconectadas con condiciones de topografía, pluviometría e hidrológica convenientes, que pueden reemplazar los generadores de diésel o incluso suministrar, por primera vez, electricidad a comunidades aisladas, para reducir la necesidad de abastecimiento de combustibles fósiles e impulsar el desarrollo socioeconómico en el medio rural.

Adicional a que estas micro- hidroeléctricas, en conjunto con los pequeños generadores eólicos y fotovoltaicos pueden ser sistemas económicamente atractivos, en comparación con la extensión de redes para facilitar el acceso a la electricidad en pequeñas aldeas remotas. (Nouni, 2009).

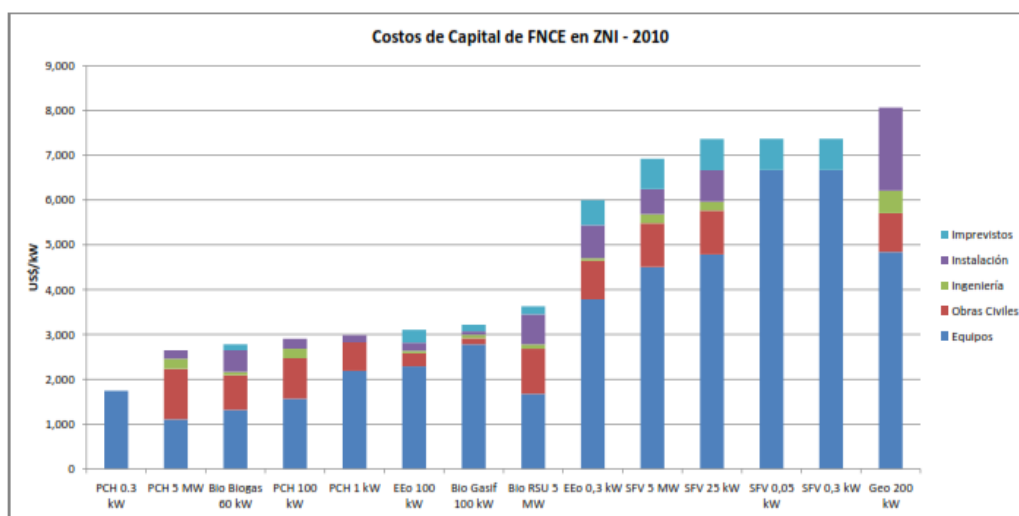
– **Ventajas Económicas del Sistema**

Los costos específicos de las pequeñas centrales hidroeléctricas varían desde 700 hasta 1700 USD por 1 KW de capacidad instalada, las cargas en el transporte y las instalaciones pueden incrementar el valor entre 1700 – 4200 USD por Kw.

Generalmente estos gastos se determinan por las condiciones del emplazamiento, la tecnología utilizada, las facilidades de transporte, etc. En estos gastos, de un 30% a un 50% corresponde a obras civiles, el equipo electromecánico de 20% a 35%, el sistema de transmisión 10% - 25% y la administración de un 5%.

Así mismo, según un trabajo realizado por la Corporación para la Energía y el Medio Ambiente (CORPOEMA), los costos estimados para el 2015, para la implementación de proyectos de generación de energías renovables en ZNI del territorio nacional oscilan alrededor de 4200 \$US/ Kw. Finalmente, los costos de instalación de proyectos de hidroenergía son considerablemente más bajos que otras fuentes renovables de generación, tal como se demuestra en el siguiente gráfico:

Figura 8. Costos de Capital de Sistemas No Convencionales de Generación en ZNI



Fuente: Plan de desarrollo para Fuente No Convencionales de Energía en Colombia. UPME. 2010.

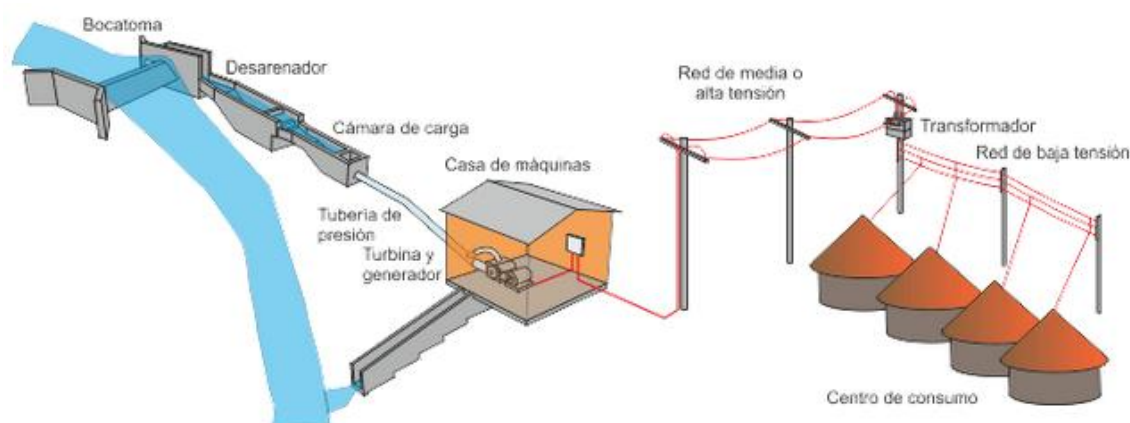
– Los Sistemas Microhidroelectricos

Los sistemas micro hidroeléctricos aprovechan los recursos hídricos sin deteriorar el medio ambiente. Sus obras civiles son de bajo impacto ambiental pues en la mayoría de casos no requieren de represas que inundan tierras fértiles o de reserva natural.

Por el contrario promueven la conservación de las cuencas ya que crean conciencia en los usuarios de la importancia del agua y su conservación debido a la íntima relación que existe entre el caudal de agua y la cantidad de energía generada. La microhidroenergía hace uso de un recurso natural renovable de una forma sostenible.

El esquema básico de los aprovechamientos hidroeléctricos comprende una bocatoma sencilla, desarenador rectangular, cámara de carga, tubería de presión, casa de máquinas, y equipo turbo-generator. Adicionalmente podrá ser necesario instalar una red de baja o media tensión para interconexión eléctrica con el centro de consumo.

Figura 9. Descripción General del Sistema (PCH)



Fuente: <http://www.aprotec.com.co>. 2015.

Las aguas se derivan de la quebrada a través de una bocatoma sencilla hacia un tanque desarenador y cámara de carga a partir de la cual se desprende la tubería de presión hacia la casa de máquinas que alberga el equipo turbo-generator.

En sí, este sistema se constituye en la mejor alternativa para la electrificación de poblaciones ubicadas en ZNI en donde por condiciones topográficas y naturales resulta posible la instalación de microcentrales hidroeléctricas. Este esquema requiere de obras civiles sencillas, de una inversión financiera baja y permite la participación de la comunidad durante la construcción, su puesta en marcha y operación.

-Estructuras hidráulicas (Obra civil)

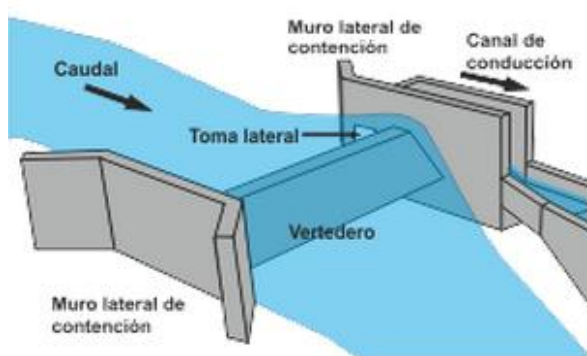
Dentro del proceso del planeamiento de la obra civil para las micro-centrales hidroeléctricas (MCH) se conocen los siguientes componentes básicos que conforman el conjunto:

- La bocatoma.
- El desarenador y la cámara de carga.
- Las obras de caída y tuberías forzadas.
- La casa de máquinas y fundamentos de equipamiento.
- El canal de descarga.

– La bocatoma

Es la estructura inicial y tal vez la más importante, mediante la cual se capta el recurso hídrico necesario para el funcionamiento de los equipos transformadores de la energía hidráulica, y cuyo emplazamiento, cálculo, diseño y construcción debe responder necesariamente a las exigencias mínimas establecidas. Esta se diseñará para las condiciones de máxima avenida probable del recurso hídrico y su proceso constructivo deberá desarrollarse de preferencia en períodos de estiaje o ausencia de lluvias.

Figura 10. Perfil de la Bocatoma



Fuente: <http://www.aprotec.com.co>. 2015.

- **El desarenador y la cámara de carga (o tanque de presión)**

Son dos estructuras que normalmente se construyen adyacentes a través de las cuales se pueden eliminar por decantación la mayor proporción de material fino y en suspensión que contiene el recurso hídrico y que llega a la primera, y al mismo tiempo lograr que la tubería forzada trabaje a sección llena evitando acciones de sobrepresión o “cavitación”⁸ a través de la segunda. Normalmente se construyen de concreto armados y formándose pequeñas burbujas, que estallan al ser arrastradas a zonas de mayor presión. La formación de estas burbujas y su subsiguiente estallido, es lo que se conoce como cavitación, y puede producir daños considerables. El semienterrado y sus características geométricas están influenciados por el caudal de diseño del sistema y por la velocidad de sedimentación de las partículas en arrastre principalmente.

- **Las obras de caída**

Están constituidas básicamente por estructuras de soporte y fijación o empotramiento de la tubería forzada al terreno, para las cuales el suponer un comportamiento estático de solicitaciones en el diseño es suficientemente aceptable; sin embargo, es en el proceso constructivo donde se debe tener especial cuidado en la utilización de materiales y mano de obra de la mejor calidad que aseguren la estabilidad y empotramiento adecuados de la tubería. Estas estructuras de fijación o bloques de anclaje tendrán diferentes diagramas de fuerzas si son saltantes hacia afuera o hacia adentro para el caso de cambios de dirección en el desarrollo de la tubería.

⁸ Fenómeno que se presenta cuando la presión en un líquido, desciende por debajo de la de vaporización.

- **Tuberías forzadas**

Transportan el caudal de agua desde la cámara de carga hasta la casa de máquinas. Las tuberías forzadas pueden instalarse sobre o bajo el terreno, según sea la naturaleza de éste, el material utilizado para la tubería, la temperatura ambiente y las exigencias medioambientales del entorno.

La tubería de presión para estas minicentrales puede ser construida de acero o de cloruro de polivinilo (PVC). En el caso que la tubería forzada sea de acero, lo mejor es tenderla en forma aérea, montada sobre apoyos de concreto así se le puede dar mantenimiento. En caso de usarse tubería PVC, esta debe de enterrarse.

- **La casa de máquinas (o casa de fuerza)**

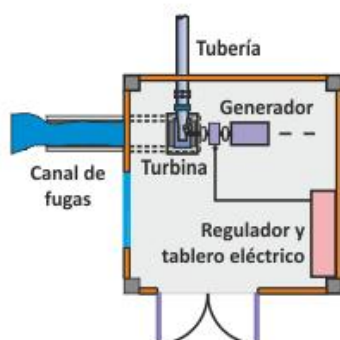
Se puede considerar como el corazón de la microcentral hidroeléctrica. En ella se alojará prácticamente todo el equipamiento electromecánico que conforma el proyecto y dependiendo de las características y dimensiones de los mismos se tendrán establecidas la estructuración y arquitectura de aquella. En muchos casos, también alojará la subestación transformadora o deberá prever áreas para futuras ampliaciones o instalación de equipos que en algún momento trabajarán en paralelo.

Es frecuente el uso de microcentrales hidroeléctricas en el medio rural para el procesamiento agro-industrial. Para estos casos, la concepción de la casa de máquinas deberá prever los espacios necesarios para tales equipos en mérito a sus características físicas y de funcionamiento o accionamiento a través del sistema de transmisión desde la turbina. Complementos fundamentales de la casa de máquinas son la ubicación y concepción de los fundamentos o apoyos del equipamiento (turbina, generador, regulador, etc.), para los cuales el dimensionamiento debe ser el más exacto posible que facilite el proceso de montaje de aquellos.

Estos deberán ser diseñados para absorber durante su vida útil solicitudes de vibración y de impacto que pudieran originarse por el funcionamiento deficiente del equipamiento (golpe de ariete, por ejemplo). Es práctica frecuente y recomendable

que la ubicación y emplazamiento para la casa de máquinas, se determine muy cercana al lugar de descarga de las aguas turbinadas, por tanto es importante estudiar seriamente la capacidad portante del suelo de cimentación en zonas muy cercanas a quebrada o cauces de ríos que sirvan para tal fin.

Figura 11. Perfil Casa de Maquinas



Fuente: <http://www.aprotec.com.co>. 2015.

- **El canal de descarga**

Se constituye en el último componente de la obra civil. Su característica más importante es la de servir de desfogue o conducción de las aguas turbinadas hacia el punto de descarga, que por lo general es el mismo cauce del recurso utilizado como fuente energética para el sistema

- **Equipo Eléctrico – Mecánico.**

Es aquel equipo que abarca desde el final de la tubería de presión hasta donde se conecta la carga. Tratándose cuatro de los principales componentes de este tipo de equipo, estos son la turbina, el generador, el sistema de control y las protecciones.

– Turbinas hidráulicas

La turbina hidráulica es el principal componente de una central hidroeléctrica y donde se produce la transformación de la energía contenida en el agua, energía de presión, principalmente, en trabajo en el eje que acciona el rotor del generador. La turbina es la encargada de transferir la fuerza del agua al equipo de generación. Puede construirse tipo pelton con cucharas o de flujo cruzado (Michell Banki). Estas últimas se construyen con alerón de control bipartido de tal forma que pueda operarse eficientemente en temporadas de baja, media y alta precipitación pudiéndose operar con una tercera parte, dos terceras partes o la totalidad de su caudal de diseño.

En un microcentral hidroeléctrica, el principal componente del equipo electromecánico, es la turbina, ya que es la encargada de transmitir al generador, la energía que posee el agua. Por ende, realizar un diseño correcto de este equipo, es uno de los pasos fundamentales para lograr una planta eficiente.

En la bibliografía se pueden encontrar varios métodos para seleccionar el tipo de turbina que mejor se adapta a las condiciones de un determinado proyecto. Estos métodos utilizan dos parámetros fundamentales, que son la caída y el caudal, ya que la potencia disponible en un determinado sitio, es directamente proporcional a estas variables. El primer método para cuantificar la adaptabilidad de un tipo de turbina a determinadas condiciones, se basa en velocidad específica de la turbina, la cual está dada por la siguiente relación donde:

$$N_s = 1,2 \times N \times P^{0,5} / H^{1,25}$$

Donde:

N_s = Velocidad específica de la turbina.

N = Velocidad en el eje de la turbina, en r.p.m.

P = Potencia disponible en el eje de la turbina, en kW.

Y se calcula como sigue:

$$P = 9,81 \times H \times Q$$

P = Potencia disponible, en Kw
H = Caída o Salto Bruto, en m.
Q = Caudal, en m^3/s
 η = Eficiencia de la turbina.

Se ha establecido que las turbinas funcionan con las mejores eficiencias si su velocidad específica se encuentra dentro del ámbito de valores presentados en la siguiente tabla:

Tabla 15. Velocidad Específica de las Turbinas

Tipo de Turbina	Ns
Pelton de una Tobera	12 – 30
Pelton de dos Toberas	14 – 40
Turgo	20 - 70
Michell - Banki	20 – 200
Francis	80 – 400
Kaplan	140 – 1000

Fuente: Equipo Investigador – PERS 2015.

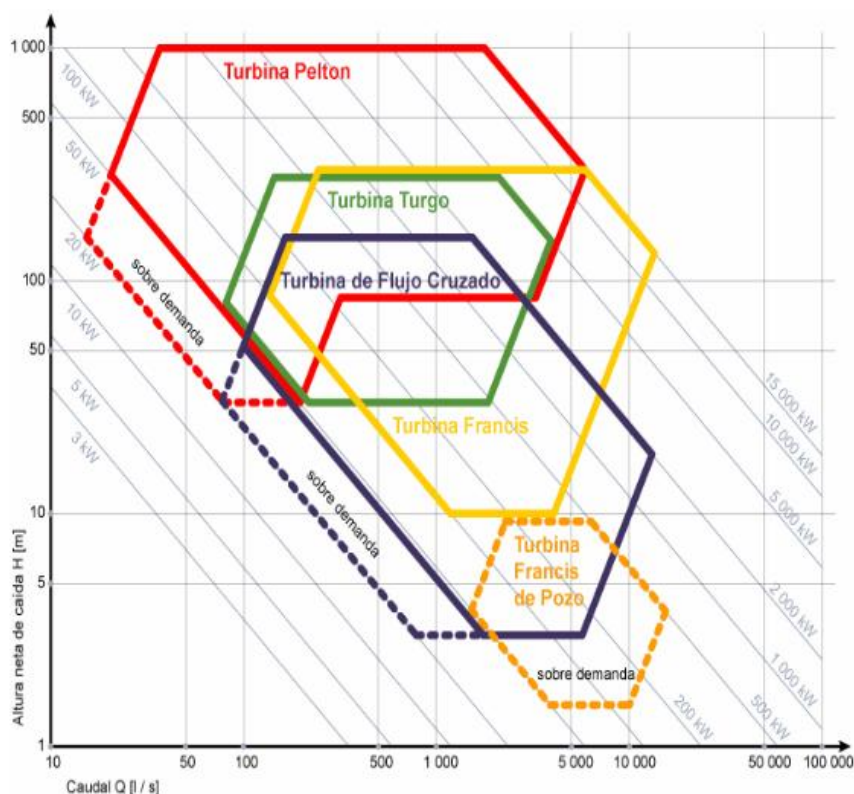
Por lo tanto, lo que se hace en el método es calcular la velocidad específica con los valores de caída y caudal que se tengan, suponiendo una eficiencia entre el 65 y 90% y una velocidad en el eje de la turbina en el rango de 400 a 1800 r.p.m., que vendrían a ser las posibles velocidades sincrónicas del generador (determinadas por el número de polos y la frecuencia). Luego se ubica en la tabla anterior el valor de velocidad obtenido y así queda determinado el tipo de turbina más recomendable a utilizar.

Es importante mencionar que la eficiencia de la turbina está determinada por el porcentaje de caudal máximo con que esté trabajando; así, suponiendo un caudal del 100%, se generaliza con valores conservadores que las turbinas de Flujo Cruzado tienen una eficiencia de 65%, la Pelton y la Turgo 80% y las turbinas de reacción, o sea la Kaplan y la Francis, un 90%.

Una segunda forma de seleccionar la turbina, vendría a ser la versión gráfica del sistema anterior. Este método se basa en la utilización de un nomograma que

relaciona la potencia en el eje de la turbina, la velocidad del eje, la caída y la velocidad específica, y toma en cuenta las mismas suposiciones respecto a la eficiencia y velocidad del eje, explicadas anteriormente. En la Figura 9, se muestra un diagrama como ejemplo.

Figura 12. Método de Selección de las Turbinas Hidroeléctricas



Fuente: www.estruplan.com.arg.

- **Regulador de Carga:**

Todo sistema hidroeléctrico requiere de un sistema electrónico o electromecánico de control a fin de asegurar una buena calidad de energía. El regulador deberá mantener estables voltaje y frecuencia a pesar de las variaciones en la carga eléctrica conectada. Su función será disipar al aire a través de resistencias eléctricas la carga no consumida. Esto se hará fase por fase para asegurar el balance de las mismas y ofrecer compensación automática en caso de desbalances.

- **Tablero de Interconexión y Control:**

Instalado en la casa de máquina este tablero contiene los dispositivos de control y medición necesarios. Incluye sistemas de protección, barrajes, un totalizador, voltímetros, amperímetros, y frecuencímetros digitales así como un indicador de potencia disipada en resistencias.

- **Generador:**

La turbina se acoplará a un generador sincrónico monofásico o trifásico de doble rodamiento de acuerdo a la potencia máxima generada. Generalmente cuenta con tarjeta de regulación de voltaje AVR que mantiene un riguroso control sobre el voltaje y la frecuencia.

- **Sistema de Transmisión y Multiplicación:**

Dado que las velocidades de giro de turbina y generador son diferentes, se requiere necesario instalar un sistema de multiplicación. Se pueden utilizar correas dentadas o convencionales en V.

- **Redes Eléctricas e Interconexión**

La energía generada deberá transmitirse mediante una red de baja, media o alta tensión hasta el centro de consumo. Dependiendo de la distancia entre casa de máquinas y centro de consumo será necesario tender redes de transmisión al voltaje apropiado para generar las menores pérdidas. Para ello puede requerirse instalar

transformadores de corriente a fin de elevar, conducir y luego reducir el voltaje para consumo.

– **Diseño e Instalación**

La hidrografía y la topografía son determinantes de las características básicas de los aprovechamientos. Pero son las necesidades de la comunidad las que dan la pauta de diseño con respecto al tamaño y características del sistema. Proyectos básicos de electrificación rural con extensión de redes se pueden realizar con poblaciones nucleadas donde la gente viva cercana una de otra. Alternativamente pueden instalarse centros de carga de baterías para la población dispersa.

Para garantizar el éxito, la instalación se hace con la activa participación de la comunidad y su compromiso de trabajo. De esta forma se puede garantizar la sostenibilidad del proyecto pues asegura el contacto de los residentes con todos los componentes y procesos de construcción y operación de la microcentral. Solo así se logrará una verdadera y eficaz transferencia tecnológica.

3.3. PROBLEMA CENTRAL, CAUSAS Y EFECTOS

- **Problema Central:**

- Limitado acceso a fuentes de energía para la tecnificación de los procesos producción panelera en la comunidad del Alto San Jorge - Municipio de Dibulla.

- **Causas Directas:**

- Ausencia de generación de energía eléctrica en la zona
- Inexistencia de sistemas de abastecimiento de agua para riego de los cultivos
- Deficiencia en la administración de procesos de producción agroindustrial

- **Efectos Directos:**

- Almacenamiento inadecuado de los productos
- Baja cobertura de los servicios de educación y salud
- Deficiente suministro de agua para el desarrollo de actividades productivas
- Baja productividad de las actividades de tipo agroindustrial

4. FORMULACIÓN DE LA ALTERNATIVAS

4.1. NOMBRE DE LA ALTERNATIVA

Suministro de energía eléctrica con tecnología limpia para el desarrollo de la actividad de producción panelera en la vereda de Alto San Jorge en el municipio de Dibulla –Departamento de la Guajira.

4.1.1. Alternativas Posibles

Según el Plan de Desarrollo para las Fuentes no Convencionales de Energía en Colombia (PDFNCE) (CORPOEMA, UPME, 2010), en la subregión donde se encuentra la vereda del Alto San Jorge (Media Guajira), por sus condiciones geográficas y climatológicas posee un potencial sobresaliente en materia de recurso solar y eólico, al mismo tiempo dada la presencia importante del recurso hídrico en la zona, se tienen en cuenta las siguientes alternativas:

- Sistema híbrido (Solar – Eólico – Microcentral Hidroeléctrica)
- Microcentral Hidroeléctrica

La siguiente tabla presenta los valores máximos y mínimos en relación con el recurso disponible:

Tabla 16. Valores Promedios Máximo y Mínimo Mensual

Subregión	Centro Poblado	Ubicación	Radiación Solar Promedio Mensual (Kwh/m ² /día)		Velocidad Promedio del Viento Mensual (m/s)		Caudal Promedio Mensual Fuente Hídrica (Lt/s)	
			Max	Min	Max	Min	Max	Min
Media Guajira	Alto San Jorge	11°10' 02" N 73°25 '47" W	6.94	5.55	7.2	3.8	700	400

Fuente: RETScreen NASA. 2015 – Equipo PERS Guajira. 2015.

4.1.2. Metodología de Selección de Alternativas

Para este caso, se realizó el análisis de cada una de las alternativas energéticas posibles, utilizando la aplicación **Homer (*Híbrid Optimization Model for Electric Renewables*)** desarrollado por el laboratorio nacional de energía renovable de los Estados Unidos (*NREL*), este software es “ampliamente utilizado para la evaluación económica y ambiental de los sistemas eléctricos que utilizan fuentes de generación renovables que son comúnmente designados como sistemas híbridos. El programa identifica el sistema o la configuración del mínimo costo posible simulando su comportamiento a lo largo de un año y clasificando las soluciones en orden creciente del Costo Presente Neto (CPN), para el ciclo de vida de la instalación”⁹.

El uso de la aplicación Homer, requiere la alimentación de datos de recursos naturales (eólicos, solares, hidrológicos, etc), las cargas o curvas de consumo de los sistemas a instalar, los costos (a precios del mercado) de cada uno de los componentes, incluyendo costos de reemplazo, mantenimiento y operación.

- Configuración General del Sistema

Alternativa (1). Sistema Híbrido: considera el uso combinado de dos o más tecnologías en función de los recursos disponibles en la zona (solar, eólica e hídrica).

Alternativa (2). Microcentral Hidroeléctrica (PCH): se considera la instalación de una microcentral hidroeléctrica, teniendo en cuenta la disponibilidad del recurso hídrico y las condiciones topográficas presentes en la zona de incidencia del proyecto.

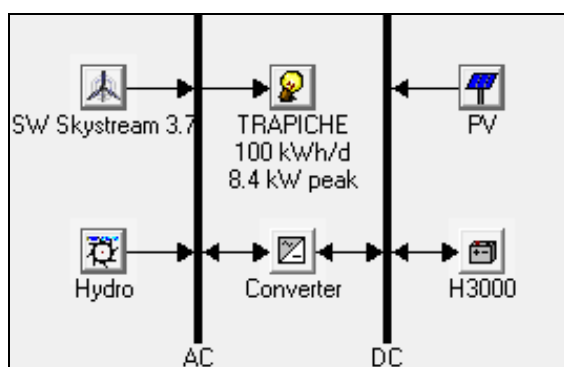
⁹ CASAROTTO, C.F. “Evaluación de Sistemas Híbridos para la Electrificación de Zonas Remotas mediante HOMER”. Universidad Nacional de Comahue. Ponencia. Cuarto Congreso Nacional – Tercer Congreso Iberoamericano Hidrogeno y Fuentes Sustentables de Energía – HYFUSEN . 2011.

El sistema a simular tiene los siguientes elementos:

- Paneles solares
- Generador Eólico
- Baterías
- Conversor DC/AC
- Hidrogenerador

En la siguiente figura se muestran los componentes a simular.

Figura 13. Componentes a Simular

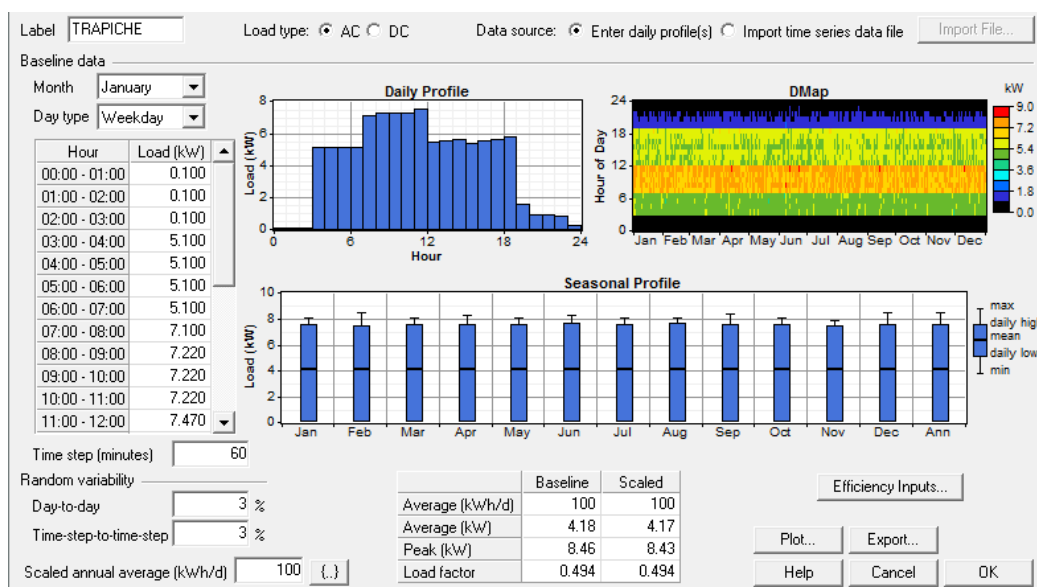


Fuente: Homer – Energy. 2015

- Demanda de la localidad

Tomando como referencia los datos asociados al perfil total de consumo, resultados de la estimación de demanda del consumo realizada en el aparte correspondiente, se ingresaron los datos de la curva de demanda en la aplicación Homer. (Figura 14).

Figura 14. Datos Ingresados Homer - Perfil de Demanda



La carga es completamente AC, lo cual implica que exista un convertidor para invertir la tensión que venga de las fuentes de energía de DC. El consumo de energía promedio diario debido al perfil de carga es 100 kWh/d.

- Costos de los elementos a utilizar en el sistema de generación:

Se realizaron consultas de varias fuentes secundarias, principalmente de proveedores certificados en la Web con el fin de establecer los costos de los sistemas de energización a instalar, considerando su capacidad, los costos transporte, montaje, reemplazo, operación y mantenimiento. La siguiente tabla muestra el resumen de los costos considerados por cada componente:

Tabla 17. Costos Componentes (Precios en Dólares Americanos)

Componente	Tamaño (Kw)	Capital (\$)	Reemplazo (\$)	O & M
Paneles Fotovoltaicos	0.300	417	400	50
Aerogenerador Skystream	3.7	9236	8236	250
Hidroturbina Michel Bankin + Generador	30	38000	37500	1000
Baterías Hoppecke 24 OPzS 3000	-	1981	1981	30
Convertidor	18	30866	30866	60

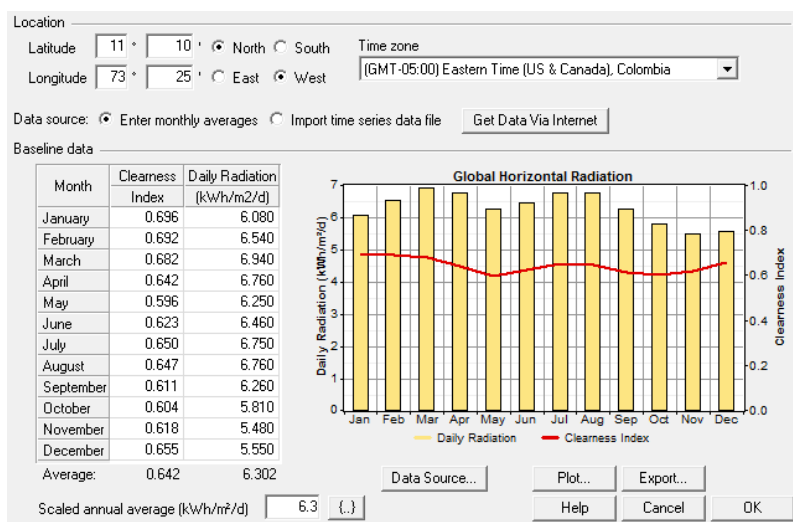
Fuente: Equipo Investigador PERS Guajira. 2015.

-Valores de los recursos naturales para el sistema de energización

Se ingresan a la aplicación los datos asociados a los recursos de radiación solar, de viento disponibles en la plataforma de (RETScreen de la NASA).

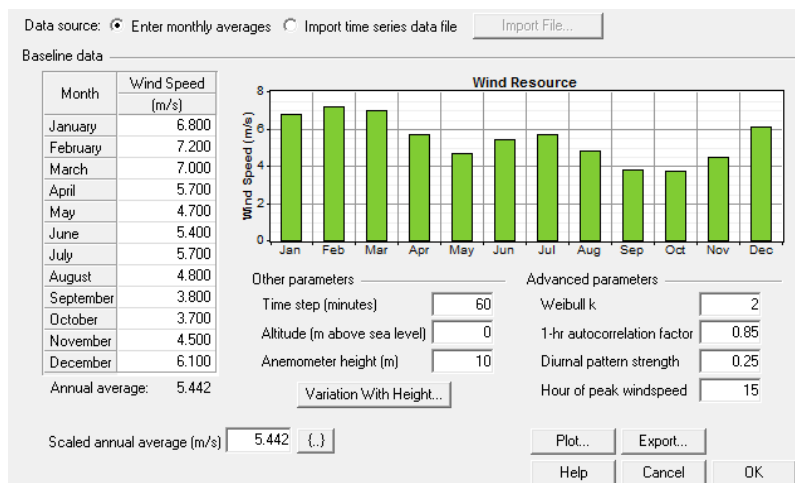
- Recurso Solar

Figura 15. Datos Ingresados Recurso Solar



- Recurso Eólico

Figura 16. Datos Ingresados de Viento - Homer

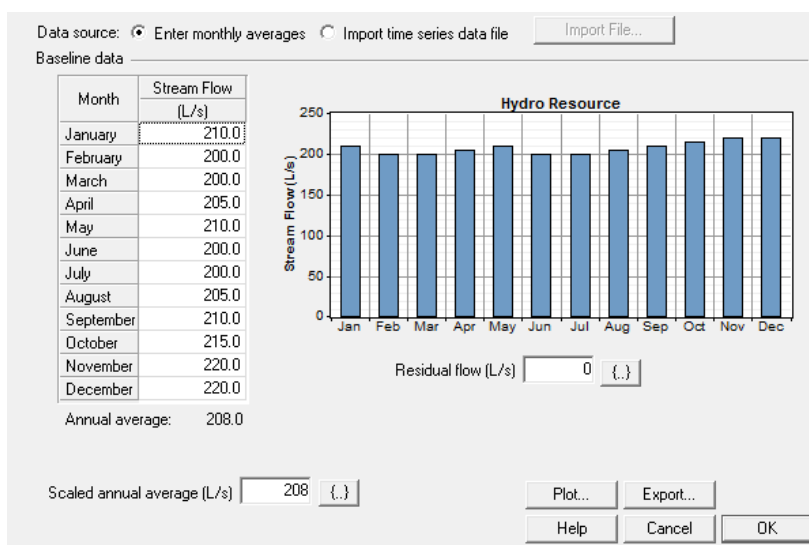


- Recurso Hídrico:

En el caso del recurso hídrico, en campo se realizó el aforo del caudal de la fuente hídrica seleccionada (Cascada del Arroyo Arena), con un caudal promedio en el mes más desfavorable de 400 Lt/s. Para la simulación, se consideró un caudal mucho menor (alrededor del 50%), buscando minimizar los impactos por captación del recurso hídrico (Figura 17).

Igualmente, se disminuyó la altura de caída a 15 m, la altura de real desde el punto de captación hasta el lugar donde posiblemente quedará ubicada la casa de máquinas supera fácilmente los 50 metros.

Figura 17. Datos Ingresados HOMER – Recurso Hídrico



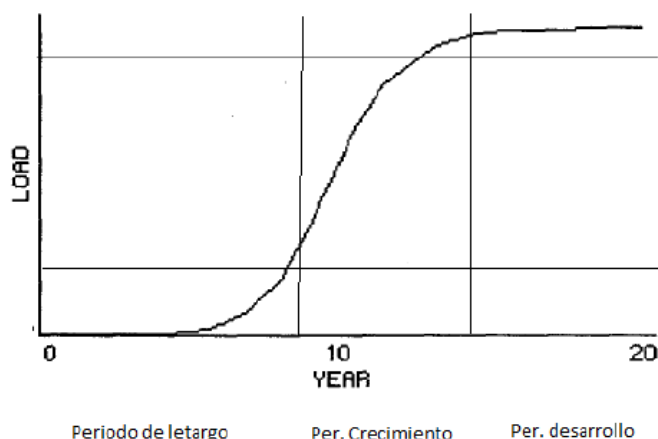
- Resultados

La ventaja de usar HOMER para determinar la mejor alternativa de energización, es que se pueden plantear escenarios. De tal forma que una solución no sea dimensionada para solucionar las necesidades inmediatas sino que permitan formular escenarios de desarrollo social, cultural y tecnológico a largo plazo, proponiendo metas de crecimiento de la demanda y del esquema productivo. Dicho de otra forma, el incremento futuro de la capacidad de producción panelera en la población ocasionará un mejoramiento de los ingresos permitiendo la adquisición de más bienes y servicios.

Por lo anterior, se propone el siguiente escenario:

El crecimiento de la demanda de energía para zonas rurales y aisladas se comporta como un sigmoidea (Figura 18).

Figura 18. Comportamiento de la Demanda en ZNI



Fuente: Equipo Investigador PERS Guajira. 2015.

Dado que el proyecto tendrá una duración de 20 años, la demanda diaria de consumo se podría incrementar en función al acceso a nuevos servicios y usos por:

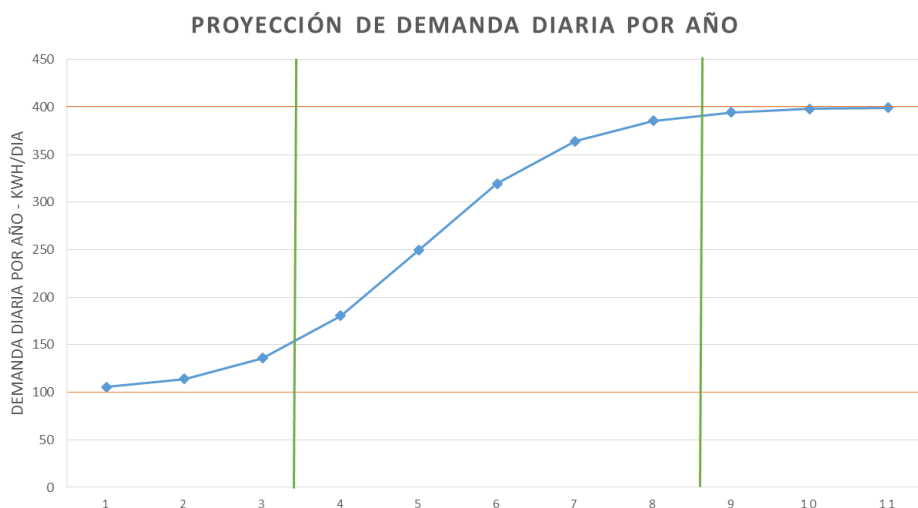
- La instalación de un nuevo puesto de salud, con servicio de atención básica
- La construcción de un centro educativo con capacidad para conexión a internet a 4 veces más usuarios que el año base.
- La apertura del sector comercial, pequeñas tiendas, víveres abarrotes, etc.
- Aumentar número del sistema de riego para los cultivos.
- La Posibilidad de adquisición y mejora de elementos que eleven la calidad en el procesamiento de la panela y elaboración de nuevos productos.

Dentro del esquema (Figura 19), se toma como año base la demanda diaria inicial estimada en la propuesta de 100kWh/día, dado que el sistema satisface completamente los requerimientos de energía para la población objetivo y la operación normal del trapiche panelero.

Entre el (4to – 8vo) año, sucede un periodo de aceleración, donde se considera que la población incrementará el consumo de la energía en función del aumento de su capacidad adquisitiva para la compra de bienes o servicios. Igualmente debe existir un crecimiento significativo en el número de residentes en la zona.

En la etapa final del escenario, se considera que la comunidad incluyó nuevos elementos dentro del esquema de producción (maquinas o equipos), también se asocia que existen nuevos servicios dentro de la comunidad como centros de salud, colegios, entre otros. Para este último periodo, se considera que la demanda de energía promedio diaria podría alcanzar los 400kWh/día.

Figura 19. Proyección de Demanda Diaria por Año



Fuente: Villota J. Modelo de Simulación HOMER– PERS Guajira. 2015.

De acuerdo al contexto anterior, se simula el conjunto posible de alternativas con HOMER, obteniendo los siguientes resultados:

Se escogen dos alternativas de generación que sean comunes para los escenarios de crecimiento (100 y 400kWh/día)

- Escenario 1. Demanda diaria (100kWh/día), bajo este esquema se tiene que la demanda corresponde a los elementos básicos de consumo a utilizar en el trapiche y el centro comunitario en el año base. (Figura 20)

Figura 20. Escenario No. 1. Resultados HOMER

Sensitivity Results Optimization Results

Sensitivity variables

TRAPICHE (kWh/d) 100 Hydro Head (m) 15

Double click on a system below for simulation results.

	PV (kW)	S3.7	Hydro (kW)	H3000	Conv. (kW)	Disp. Strgy	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Frac.	Batt. Lf. (yr)
			22.1			CC	\$ 38,000	863	\$ 43,714	0.181	1.00	
		1	22.1			CC	\$ 47,236	1,113	\$ 54,605	0.226	1.00	
	0.1		22.1		18	CC	\$ 69,005	1,366	\$ 78,051	0.323	1.00	
	0.1	1	22.1		18	CC	\$ 78,241	1,616	\$ 88,943	0.368	1.00	
			22.1	24	18	CC	\$ 116,410	2,070	\$ 130,117	0.538	1.00	20.0
	0.1		22.1	24	18	CC	\$ 116,549	2,086	\$ 130,364	0.539	1.00	20.0
		1	22.1	24	18	CC	\$ 125,646	2,320	\$ 141,008	0.583	1.00	20.0
	0.1	1	22.1	24	18	CC	\$ 125,785	2,336	\$ 141,256	0.584	1.00	20.0

De acuerdo a los resultados de HOMER, para los perfiles de demanda actuales el sistema que satisface inmediatamente las necesidades bajo el criterio de CPN (Costo Presente Neto) es solamente la PCH sin necesidad de ningún elemento de respaldo como las baterías, al igual que las otras alternativas resaltadas en rojo. Sin embargo bajo criterios de continuidad y calidad en el servicio, estas posibles combinaciones se consideran inviables debido a la variabilidad del recurso, se recomienda entonces escoger las alternativas resaltadas en verde, que se apoyan en baterías y la inclusión de otros sistemas de generación.

- **Alternativa 1.** La primera alternativa que se compone de los siguientes elementos:

Tabla 18. Componentes Alternativa No.1.

Elemento	Capacidad
Hydro	22.1 kW
Battery	24 Hoppecke 24 OPzS 3000
Inverter	18 kW
Rectifier	18 kW

Fuente: Homer – Energy. 2015.

En la siguiente tabla, se puede ver el resumen de los costos para esta primera alternativa:

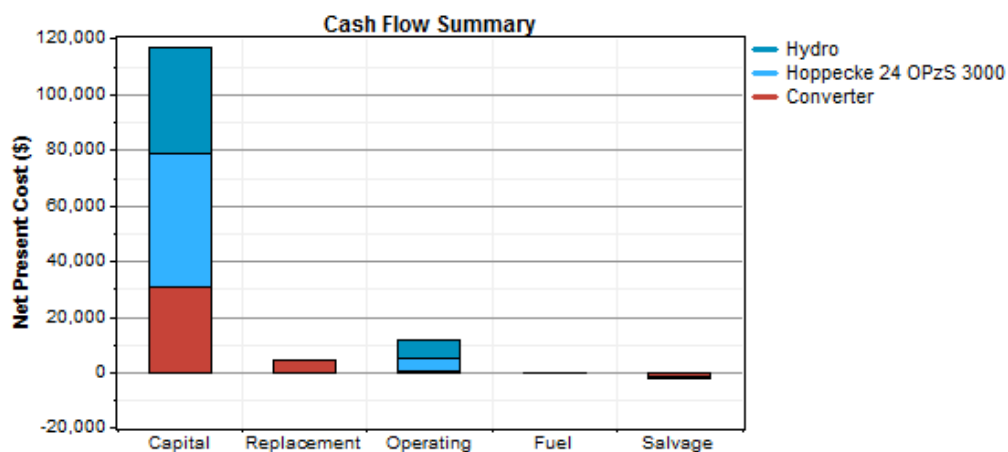
Tabla 19. Costos Alternativa No. 1

Costo	Valor
Costo Presente Neto	\$ 130,117
Costo Nivelado de la Energía	\$ 0.538/kWh
Costo anual de operación	\$ 2,070/yr

Fuente: Homer – Energy. 2015.

Igualmente, en la siguiente figura se puede ver la distribución de los costos por elemento, el único reemplazo a lo largo del proyecto, está dado por los convertidores. Los costos de operación y mantenimiento se aplican a la PCH y las baterías.

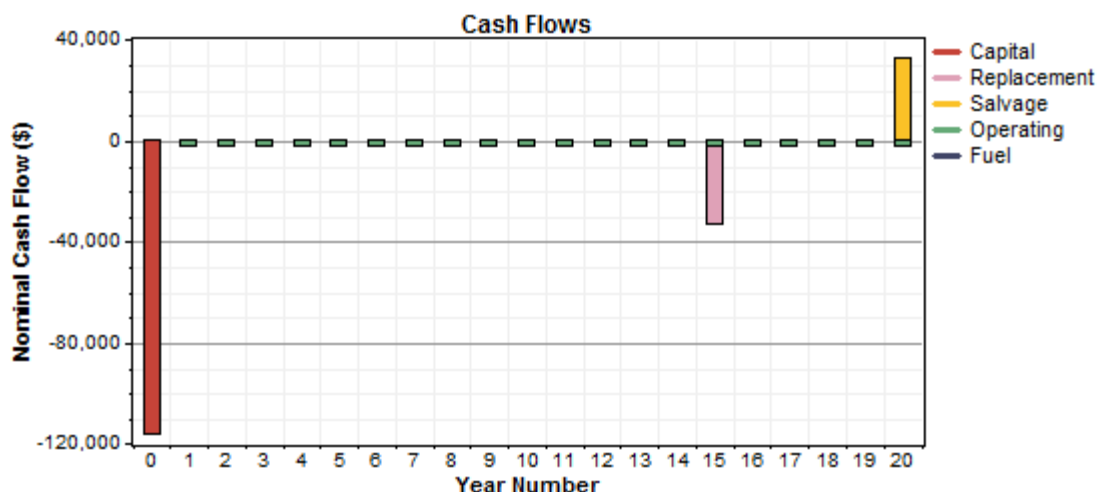
Figura 21. Resumen Flujo de Capital Alternativa No. 1.



Fuente: Homer – Energy. 2015.

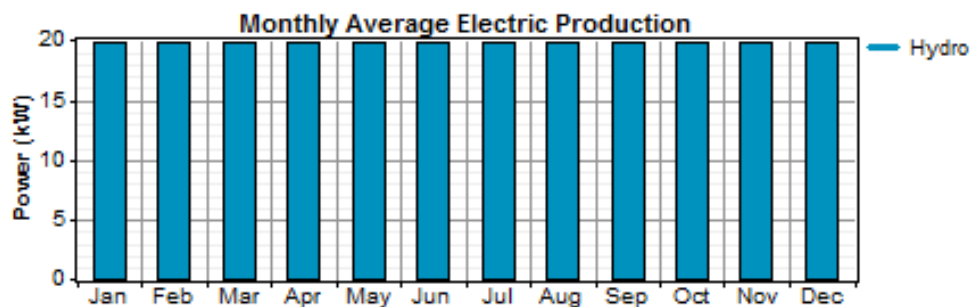
Dado estos parámetros, los costos anualizados de inversión para el primer año tienen un valor de \$116,410. En la figura No. 22, se muestra un reemplazo de los convertidores en el Año 15. En el último año de proyección se produce ahorros asociados al valor de salvamento de la PCH y los convertidores.

Figura 22. Flujo Neto de Inversión



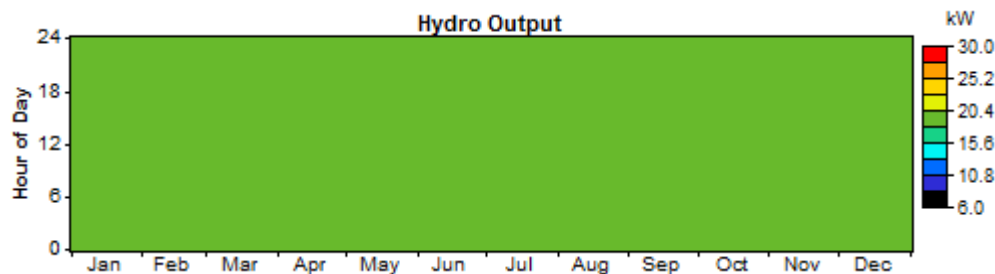
En las figuras (23 y 24), se muestra según la simulación que la PCH, es la encargada de asumir con todos los requerimientos de energía de la localidad

Figura 23. Promedio de Producción Eléctrica Mensual - PCH



Fuente: Homer – Energy. 2015.

Figura 24. Potencia de Salida Anual Diaria - PCH.



Sin embargo, el sistema incorpora dentro de los gastos unos componentes de apoyo como son baterías para garantizar el servicio antes posibles paradas por mantenimiento de la PCH. HOMER, considero 24 baterías para el sistema a 48 V y una capacidad de 100kWh/día, dando al sistema una autonomía de un día.

En la tabla 20, se muestra la información relacionada con los costos y capacidad de las baterías.

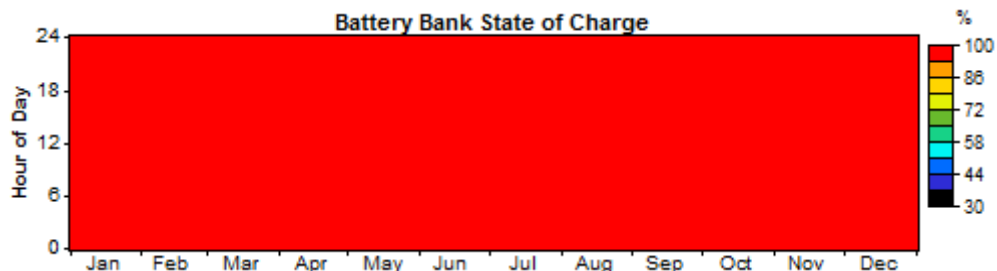
Tabla 20. Costos y Capacidad Baterias

Quantity	Value	Units
Nominal capacity	144	kWh
Usable nominal capacity	101	kWh
Autonomy	24.2	hr
Lifetime throughput	244,704	kWh
Battery wear cost	0.210	\$/kWh
Average energy cost	0.000	\$/kWh

Fuente: Homer – Energy. 2015.

La simulación, muestra el banco de baterías siempre cargado, suceso que otorga fiabilidad al sistema para su utilización en cualquier momento (Figura 25).

Figura 25. Estado de Cargas de las Baterías



Alternativa No. 2.

La segunda alternativa a considerar para el primer escenario se compone de los siguientes elementos:

Tabla 21. Componentes Alternativa No.2.

Elemento	Capacidad
Wind turbine	1 SW Skystream 3.7 (1.8kW)
Hydro	22.1 kW
Battery	24 Hoppecke 24 OPzS 3000
Inverter	18 kW
Rectifier	18 kW

Fuente: Homer – Energy. 2015.

En la siguiente tabla, se muestran los costos principales para esta alternativa.

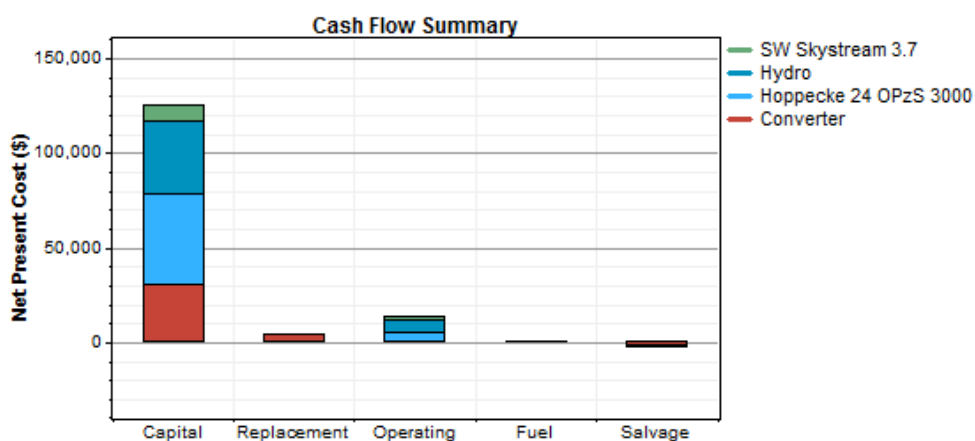
Tabla 22. Principales Costos Alternativa No. 2

Costo	Valor
Costo Presente Neto	\$ 141,008
Costo Nivelado de la Energía	\$ 0.583/kWh
Costo anual de operación	\$ 2,320/yr

Fuente: Homer – Energy. 2015.

Así mismo, en la siguiente figura se puede ver la distribución de los costos por elemento, el único reemplazo a lo largo del proyecto, está dado por los convertidores. Los costos de operación y mantenimiento se aplican a la PCH y las baterías.

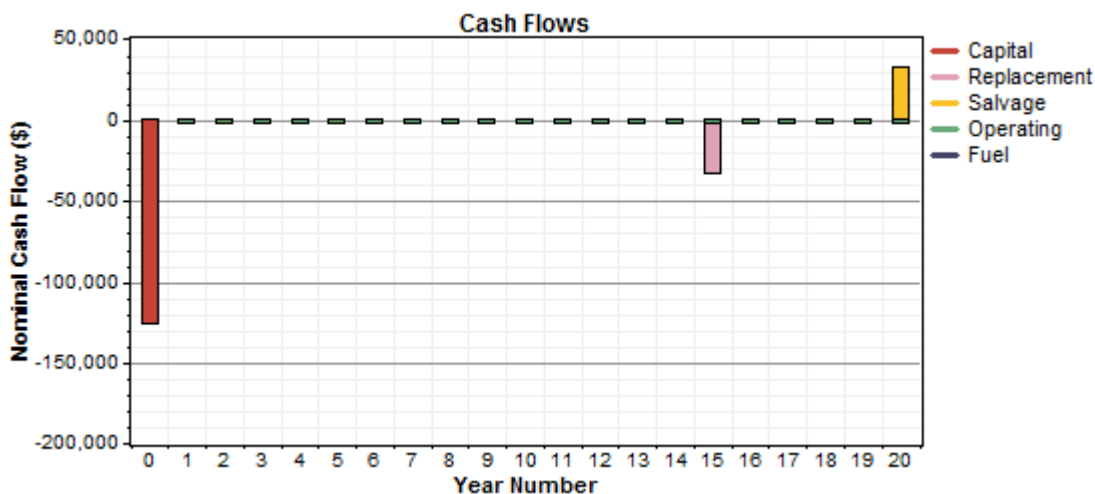
Figura 26. Resumen Flujo de Capital Alternativa No. 2.



Fuente: Homer – Energy. 2015.

Dado estos parámetros, los costos anualizados de inversión para el primer año tienen un valor de \$ 125.646. En la figura 27, se muestra un reemplazo de los convertidores en el Año 15. En el último año de proyección se produce ahorros asociados al valor de salvamento de la PCH y los convertidores.

Figura 27. Flujo Neto de Inversión Alternativa No. 2.



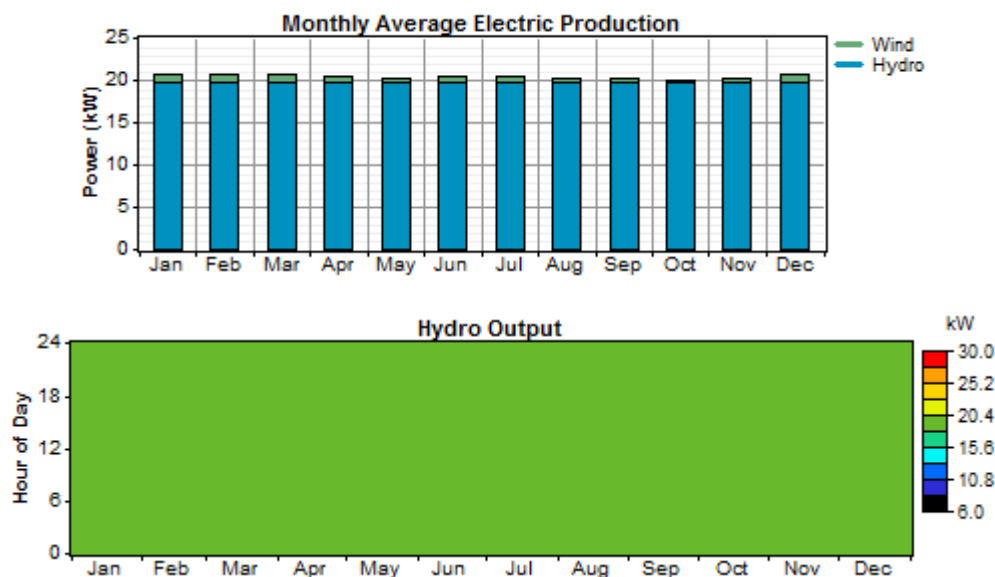
En la tabla 23 y las figuras (28 y 29), se muestra que la PCH es la encargada de asumir la mayoría de los requerimientos de energía de la localidad con el 97%, mientras que la turbina eólica aporta el 3% restante.

Tabla 23. Generación Eléctrica / Componente

Componente	Producción (kWh/año)	Fracción
Wind turbine	5,281	3%
Hydro turbine	174,016	97%
Total	179,297	100%

Fuente: Homer – Energy. 2015.

Figura 28. Potencia Promedio Generada por Componente

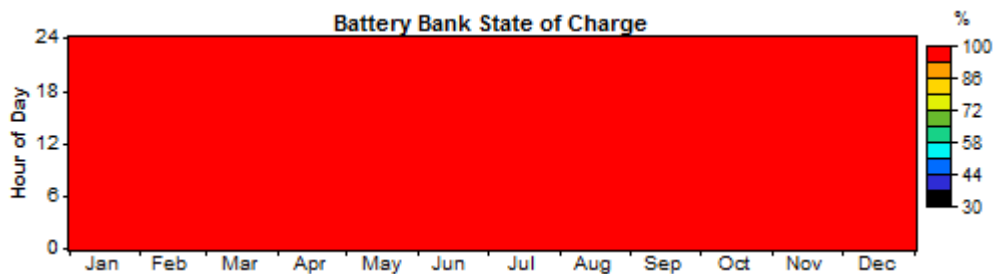


Fuente: Homer – Energy. 2015.

Al igual, que en la primera alternativa, HOMER considero 24 baterías para el sistema a 48V y una capacidad de 100kWh, dando al sistema una autonomía de un día en el caso de que falle la planta de hidroenergía. De tal modo que el sistema de soporte estará contemplado por la turbina eólica y las baterías.

Como se muestra en la Figura 29, el estado de carga siempre es óptimo durante el año:

Figura 29. Estado de Carga de las Baterías



Fuente: Homer – Energy. 2015.

Para las anteriores alternativas, se consultó los excesos de energía que se producen, dando como resultado que estos equivalen al 79%, para un consumo de 100kWh/día, de tal forma que el sistema se considera sobredimensionado para este tipo de demanda.

- **Escenario 2: Demanda Diaria de 400 kWh/día**

Como el fin del plan de energización rural sostenible (PERS), es brindar sostenibilidad de las alternativas seleccionadas a partir del fortalecimiento de actividades productivas, se propone el escenario dos, en que la demanda de energía diaria anual se cuadriplique por alguno de los motivos antes mencionados, sin embargo el tiempo para que se alcance esto depende directamente de variables exógenas ajenas a la modelación y sería muy difícil estimar este comportamiento. Por lo tanto nos basamos en un escenario alentador en que la localidad se ha desarrollado y ahora cuenta con más bienes y servicios disponibles y con ellos más demanda de energía y vamos a modelar un sistema que pueda responder a todo tipos de contingencias.

Basándonos en lo anterior, Homer simulo el proyecto escalonando el perfil de demanda a 400kWh/día al año, que sería la meta para este proyecto en 20 años, de tal modo que se está planeando un sistema de generación que cumpla los requerimientos de energía en 20 años.

Los resultados en configuración y capacidad de los elementos son los mismos que en el escenario 1, (Figura 31) para las dos alternativas. No hay necesidad de aumentar capacidad en ningún elemento. Se descartan las opciones que no están resaltadas en verde porque la participación de los paneles solares es mínima y despreciable, sin embargo Homer, muestra esta configuración:

Figura 30. Resultados de Optimización Alternativas Homer

Sensitivity Results Optimization Results

Sensitivity variables

TRAPICHE (kWh/d) 400 Hydro Head (m) 15

Double click on a system below for simulation results.

     	PV (kW)	S3.7	Hydro (kW)	H3000	Conv. (kW)	Disp. Strgy	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Frac.	Batt. Lf. (yr)
     			22.1	24	18	CC	\$ 116,410	4,686	\$ 147,448	0.152	1.00	8.8
     	0.1		22.1	24	18	CC	\$ 116,549	4,669	\$ 147,472	0.153	1.00	8.8
     		1	22.1	24	18	CC	\$ 125,646	4,167	\$ 153,245	0.158	1.00	10.3
     	0.1	1	22.1	24	18	CC	\$ 125,785	4,160	\$ 153,335	0.159	1.00	10.3

En la Tabla No. 24, se muestra la configuración de cada alternativa en los dos escenarios y se muestra que no cambia ni aumenta potencia en los elementos, es decir que cualquiera de las dos alternativas puede servir a la localidad hasta un rango de 400kWh/día al anual.

Tabla 24. Configuración de las Alternativas según Escenarios

Concepto		Elemento	Capacidad
Escenario 1	Alternativa 1	Hydro	22.1 kW
		Battery	24 Hoppecke 24 OPzS 3000
		Inverter	18 kW
		Rectifier	18 kW
	Alternativa 2	Wind turbine	1 SW Skystream 3.7
		Hydro	22.1 kW
		Battery	24 Hoppecke 24 OPzS 3000
		Inverter	18 kW
		Rectifier	18 kW
Escenario 2	Alternativa 1	Hydro	22.1 kW
		Battery	24 Hoppecke 24 OPzS 3000
		Inverter	18 kW
		Rectifier	18 kW
	Alternativa 2	Wind turbine	1 SW Skystream 3.7
		Hydro	22.1 kW
		Battery	24 Hoppecke 24 OPzS 3000
		Inverter	18 kW
		Rectifier	18 kW

En la siguiente Tabla, se muestra la comparación de los costos para cada una de las alternativas en cada escenario.

Tabla 15. Tabla de comparación de costos entre alternativas y escenarios

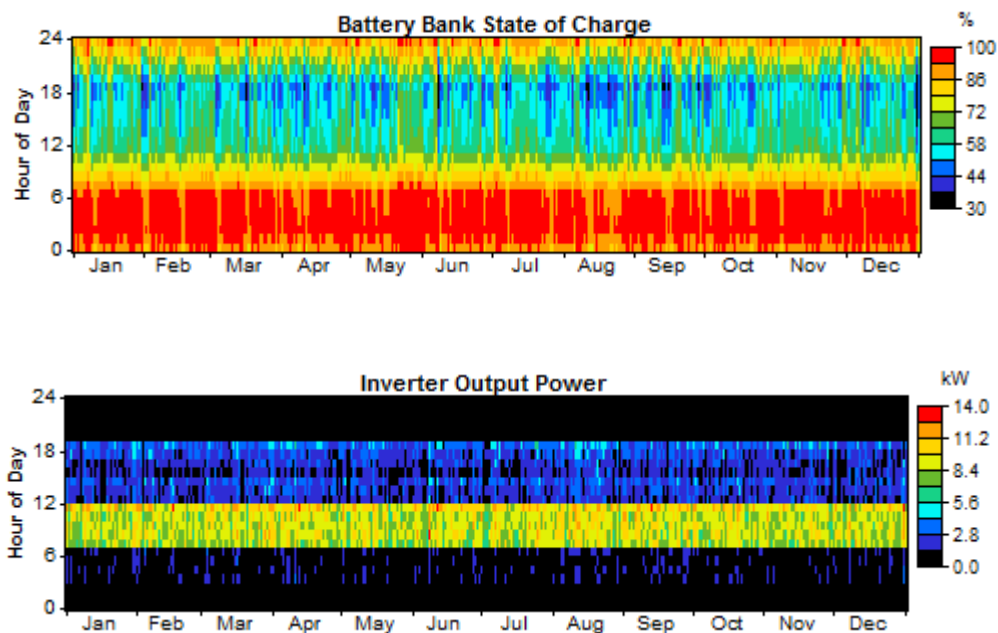
	Escenario 1		Escenario 2	
	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 1	Alternativa 2
Costo Presente Neto	\$ 130,117	\$ 141,008	\$ 147,448	\$ 153,245
Costo Nivelado de la Energía	\$ 0.538/kWh	\$ 0.583/kWh	\$ 0.152/kWh	\$ 0.158/kWh
Costo anual de operación	\$ 2,070/yr	\$ 2,320/yr	\$ 4,686/yr	\$ 4,167/yr

Las inversiones iniciales son las mismas, pero el CPN, de cada alternativa se ve afectado para el escenario dos ya que ante este valor de demanda (400kWh/día), habrá desgaste de elementos y reemplazos más recurrentes. Otra variación es el régimen de operación de cada una de las alternativas,

Con respecto al primer escenario se encontró las siguientes:

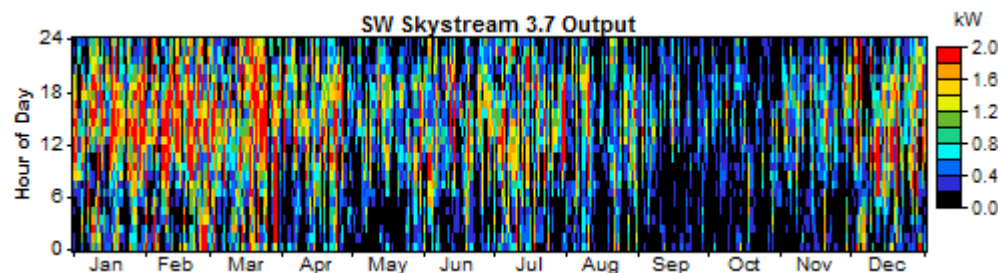
- Se reduce el porcentaje de excesos de energía pasando de 79% a 9%, para ambas alternativas.
- Los costos de energía se reducen al aumentar la demanda.
- Las baterías ante el incremento de demanda son despachadas para suplir la energía requerida tal como se muestra en la Figura , Con respecto al primer escenario las baterías entran en ciclos de carga y descarga para el horario de la tarde en que más consumo hay porque está en funcionamiento el trapiche y hay más requerimientos de energía, por ejemplo hay un sector comercial para este año (año 20). Lo mismo ocurre con el rectificador, funciona en horas de la tarde entregando energía de las baterías y recargándolas en horas de la madrugada.

Figura 31. . Ciclo de carga y descarga horario para las baterías ante una demanda de 400kWh/día



- La turbina eólica participa en un 3% de los requerimientos de energía, cargando las baterías en la noche y aportando potencia en las horas de la tarde. En la siguiente figura se muestra el aporte de potencia de la turbina eólica.

Figura 32. Aporte de Potencia de la Turbina Eólica



Como se muestra en la Tabla (de comparación de costos), los costos de operación y mantenimiento se duplican con respecto al primera escenario

- Conclusiones de la simulación

De la simulación de Homer se obtienen dos sistemas de generación que cumplen con los requerimientos de demanda en un periodo de 20 años en los que la demanda tiende a crecer bajo un modelo de la sigmoide como se describió anteriormente. A continuación se resume las alternativas resultantes:

Tabla 26. Resumen Configuración Alternativas Resultantes

	Elemento	Capacidad
Alternativa 1	Hydro	22.1 kW
	Battery	24 Hoppecke 24 OPzS 3000
	Inverter	18 kW
	Rectifier	18 kW
Alternativa 2	Wind turbine	1 SW Skystream 3.7
	Hydro	22.1 kW
	Battery	24 Hoppecke 24 OPzS 3000
	Inverter	18 kW
	Rectifier	18 kW

Finalmente se escoge la Alternativa No. 1. Dado que presenta un menor costos de inversión inicial. Además se reducen en forma significativa los costos de capital al no considerar la adquisición del banco de baterías debido a la disponibilidad en terreno de un motor diésel que sirve de respaldo para los mantenimientos periódicos que haya lugar durante el ciclo de vida del proyecto.

4.2. RESUMEN DE LA ALTERNATIVA

Como alternativa posible de solución al problema de limitada oferta energética que se presenta en la Comunidad del Alto San Jorge del Municipio de Dibulla, se centrará en la instalación simultanea de una microcentral hidroeléctrica de 30 Kw, que sirva de soporte para el incremento de la productividad de una pequeña planta de producción panelera, el bombeo para el riego por aspersión de los cultivos y el suministro de energía a un centro de consumo comunitario.

Esta configuración es usualmente utilizada en zonas en donde existe de forma permanente una cuenca hídrica que permita el aprovechamiento de las condiciones de caída que existen en terrenos quebrados o montañosos, en donde las condiciones difícil del terreno no permite la fácil instalación de redes eléctricas dentro del Sistema de Interconexión Nacional (SIN).

El montaje del sistema de generación hidroeléctrica de 30 KW se considera una alternativa de generación de energía eléctrica viable, dada su baja inversión, fidelidad, sostenibilidad y la posibilidad de participación de la comunidad en la etapa de implementación. Igualmente los costos de mantenimiento son razonables, en relación a los cambios poco frecuentes de los accesorios del sistema.

En el desarrollo del proyecto se desarrollaran tareas necesarias para el funcionamiento de la microcentral hidroeléctrica: las obras civiles (bocatoma, desarenador, cámara de carga, tubería de presión, casa de máquinas), la instalación de una red de media tensión a 13.2 KV , un transformador trifásico de 30 KW con las debidas protecciones que garantiza el control por sobrecargas que no afecten el generador para el consumo del trapiche panelero, el centro comunitario y la realización de las tareas de riego.

4.2.1. Descripción Técnica de la Alternativa Propuesta

El Trapiche Panelero del Alto San Jorge se encuentra en medio de dos vertientes hídricas importantes, el Rio Santa Clara que pasa a menos de 200 metros de distancia y la caída de agua que dispone el Arroyo Arena, que es el recurso que presenta las condiciones físicas necesarias para la generación de energía limpia.

El caudal del arroyo en verano es de 400 Lt/s y en invierno, supera fácilmente los 700 Lt/s de media. La bocatoma se espera construirla en la cabeza de la cascada a una distancia aproximada de 1700 metros aguas arriba del trapiche panelero (Mapa 3.).

La casa de máquinas se ubicara a una distancia aproximada entre 200 y los 300 metros de distancia de la zona de captación de agua con una altura de caída que supera fácilmente los 50 metros, no se cuentan con datos asociados a las dimensiones de la bocatoma y la casa de maquinas, su valoración se realizó tomando como referencia los costos indicativos suministrados por empresas nacionales que gozan de cierto nivel de experiencia en el montaje de microcentrales hidroeléctricas.

La tubería de presión que llevará el agua a la casa de máquinas, será de PVC de 21", con un tramo aproximado de 300 metros.

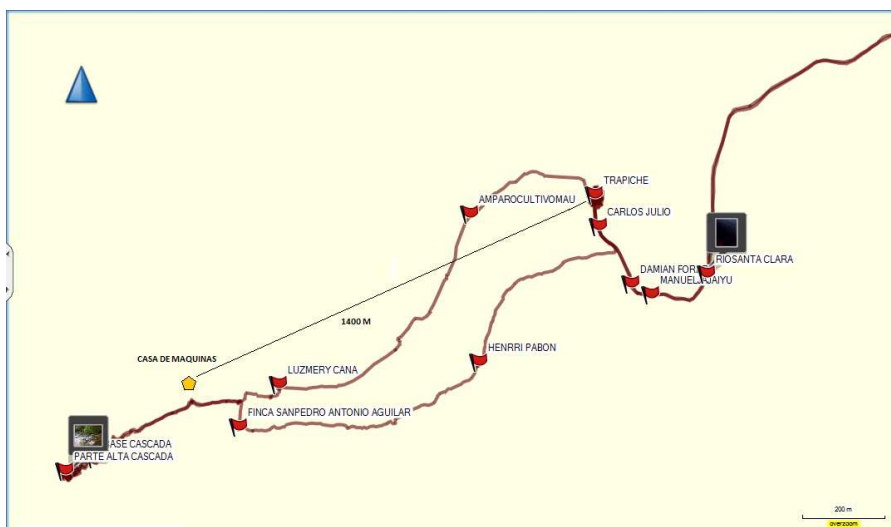
El caudal de diseño de la central será entre 200 – 250 Lt/s y el desnivel bruto de 50 m. Con estos parámetros se dispone de potencia nominal suficiente para alimentar un grupo turbina-generador de 30 KW de capacidad, con una eficiencia combinada del 70%. Esta potencia se considera adecuada para cubrir la demanda posible actual (tal como se mostró en la figura 10) y la demanda futura de la comunidad.

El grupo de generación constará de una turbina tipo Michel Bankin de un inyector, que transmitirá su potencia a un generador sincrónico trifásico de 30 KW, 60 Hz, FP = 0,8, 240/480 V, 1800 rpm.

La red eléctrica incluye una longitud total de 1.400 metros de línea primaria trifásica (13,2 KV) en postes de pino curado de 14 m, más la distribución a los dos centros de consumo principales con línea de baja tensión de 100 m. La acometida permitirá el funcionamiento normal del trapiche panelero, su iluminación y la disponibilidad de energía eléctrica en el centro comunitario. Dado el limitado nivel de ingresos de la población beneficiaria, la adquisición de electrodomésticos para la dotación de la sede será gradual en el tiempo.

Igualmente, la propuesta contempla la construcción del centro comunitario y la instalación del sistema de bombeo para el riego inicial para aproximadamente 8 hectáreas de cañaduzal.

Mapa 3. Perfil de Ruta (GPS) - Trapiche Panelero



Fuente: Equipo Investigador – PERS Guajira. 2015.

Fotografía 7. Cascada - Arroyo Arena



Fotografía 8. Vista Zona de Captación



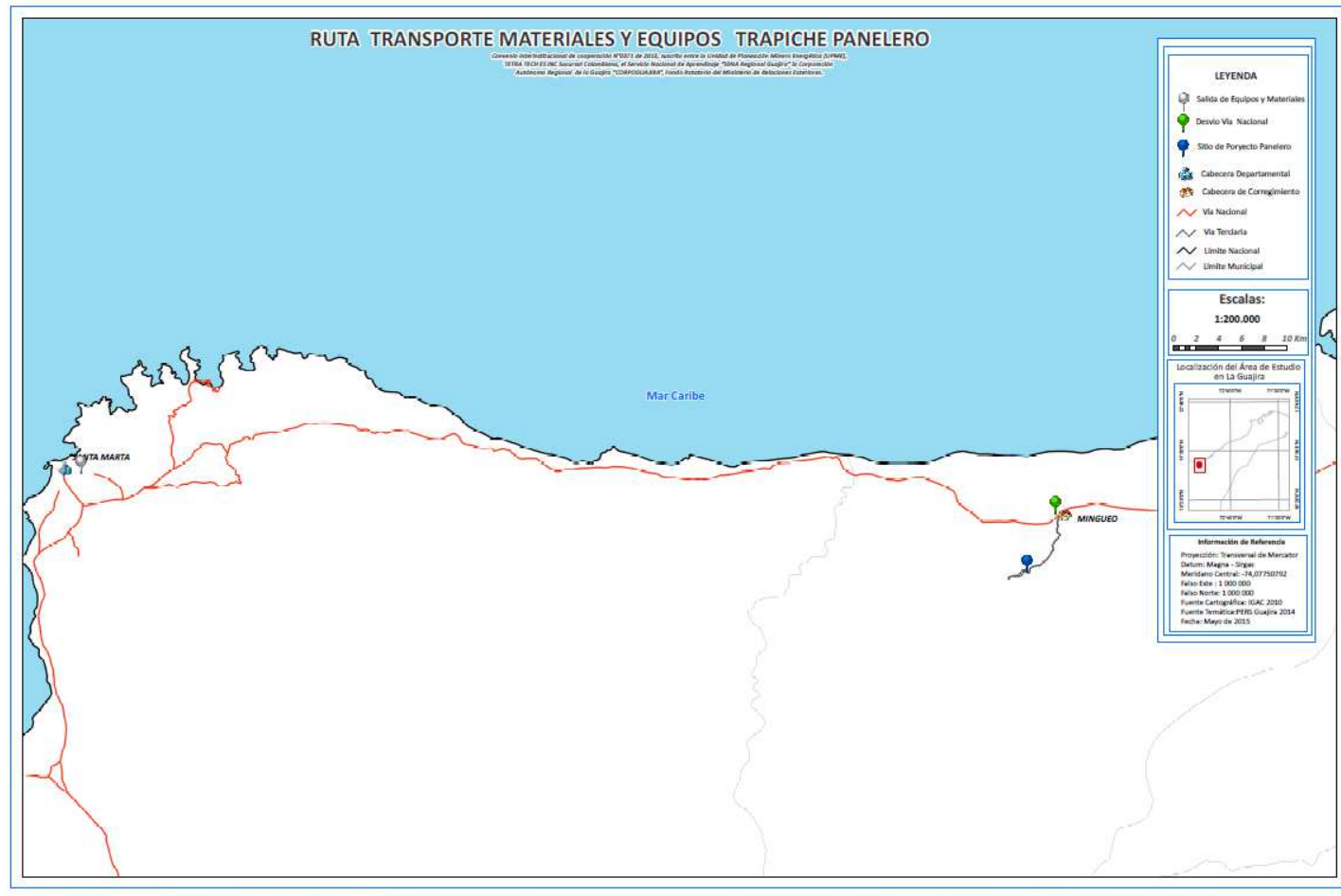
Fuente: Equipo – PERS Guajira. 2015.

4.2.2. Matriz de Costos de Transporte

Para la instalación de la Microcentral hidroeléctrica se requiere trasladar un volumen importantes de materiales y equipos tanto para las obras civiles como la puesta en marcha de los equipos electromecánicos e hidromecánicos. Bajo este criterio, se pretende acceder a todos estos elementos desde la ciudad de Santa Marta, ubicada a 90 Kms del corregimiento de Mingueo, por la Troncal del Caribe (Ruta 90) en excelente estado. Este distrito dada su disponibilidad de puerto y zona franca presenta ventajas sobre cercanos como Dibulla y Riohacha. Al mismo tiempo, dispone de infraestructura importante de proveedores de materiales y de oficinas de empresas transportadoras que garantizan el descargue de estos elementos en el corregimiento de Mingueo.

En este lugar, resulta fácil la contratación de camionetas para el traslado de los materiales hasta la vereda de Alto San Jorge, ubicada a 8 kms por vía terciaria. El siguiente mapa muestra la ruta de transporte de materiales.

Mapa 4. Ruta Transporte de Materiales y Equipos



Fuente: Osorio, Jair. Geógrafo. Equipo Pers – Guajira. 2015

En relación con los costos de transporte se realizó la consulta con empresas de transporte conocidas como Servientrega y Coordinadora, tomando en cuenta información relacionada con pesos, volúmenes, impuestos y demás condiciones necesarias para el cobro del servicio, la tabla muestra los costos promedios del servicio de transporte incluyendo el transbordo desde el corregimiento de Mingueo:

Tabla 27. Resumen Matriz de Costos de Transporte

Ítem	Descripción	Ciudad de Origen	Destino	Distancia (Km)	Tipo de Transporte	Tipo de Vehículo	Descripción Trayecto	Peso (Kgs)	Valor Estimado
1	Equipo Electromecánico + Hidroeléctrico	Santa Marta	Corregimiento de Mingueo. Comunidad del Alto San Jorge	98	Terrestre	Camión o Tratomula + Camioneta	90 Kms de Via asfaltada (Ruta 90) - Troncal del Caribe hasta el	850 Kgs	3.500.000
2	Materiales Obras Civiles							N.E.	1.800.000
3	Sistema de Riego						Corregimiento de Mingueo+ 8Km de Via destapa hasta el trapiche panelero (Comunidad del Alto San Jorge).	N.E.	1.000.000
4	Línea de Transmisión Eléctrica							N.E.	7.500.000
Total Transporte Materiales y Equipos									\$ 13.800.000

El valor total del servicio de transporte necesario para el traslado de los materiales y equipos a la zona donde se ejecutará el proyecto es concurrente con las recomendaciones realizadas por los estudios realizados por la Corporación para la Energía y el Medio Ambiente, del “1.75%”¹⁰ para la región 6 (Costa Atlántica) del valor total de las obras civiles y equipos para una PCH.

¹⁰ CORPOEMA. “Determinación de inversiones y gastos de administración, operación y mantenimiento para la actividad de generación de energía eléctrica en ZNI”. Bogotá. 2012.

4.2.3 Posibles Tarifas

Para determinar las posibles tarifas que se van a cobrar a los usuarios o beneficiarios de la iniciativa, se debe tomar como referencia las disposiciones establecidas por la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG), según el documento CREG 002 del 26 de enero del 2014, propone para los operadores del servicio “la fórmula tarifaria general para los usuarios regulados del servicio público domiciliario de energía eléctrica en las ZNI”¹¹:

Dónde:

$$CU_{nm} = \frac{G_m}{1 - p_D} + D_{m,n} + C_m$$

- CU n,m:** Costo unitario de prestación de servicio de energía eléctrica para los usuarios conectados al nivel de tensión n, correspondiente al mes m, \$ / kWh.
- n:** Nivel de Tensión
- m:** mes de Prestación del Servicio
- Gm:** Cargo de generación en el mes de prestación de servicio m, \$/kWh.
- 1 – Pd:** Fracción (o porcentaje expresado como fracción) de pérdidas técnicas y no técnicas reconocidas en distribución. Las pérdidas eficientes reconocidas serán del 10% para el sistema de distribución a menos que el prestador del servicio tenga un plan aprobado de pérdidas, más las pérdidas reconocidas en la línea de interconexión en caso de que exista.
- D m,n:** Cargo de distribución en el mes de prestación de servicio m, el nivel de tensión n, \$ kWh.
- C m:** Cargo máximo de comercialización del mes m, \$ kWh.

¹¹ Documento CREG 002 del 2014. Metodología para Remunerar las Actividades de Generación, Distribución y Comercialización de Energía Eléctrica en ZNI.

Así mismo, este documento también determina que los costos de generación máxima serán establecidos por los operadores del servicio, teniendo en cuenta “el análisis de la inversión, los costos de administración, operación y mantenimiento (AOM), así como la cantidad de energía eléctrica generada”¹².

Según la estimación de la demanda realizada, el consumo promedio en la comunidad del Alto San Jorge sería de 100 kWh/d, es decir un consumo de 3000 kWh/mes. Dado que cada empresa u operador del servicio por disposición de la CREG puede en teoría establecer los costos máximos de generación (\$ kWh), de manera arbitraria se tomara como costo de referencia, para ZNI región 6 (Costa Atlántica), el valor de “\$750 kWh”¹³.

Es decir que el valor posible a facturar promedio mensual sería de \$ 2.250.000 M/L, asumiendo que cada familia, aporte al sostenimiento del sistema de generación se tendría un costo por hogar de \$ 75.000 mensuales.

Sin embargo hay que tener en cuenta, que el Ministerio de Minas y Energía, en pro de estimular las inversiones asociadas a la implementación de alternativas de generación de energía eléctrica determinó las condiciones para el otorgamiento de subsidios a los usuarios del servicio de energía en ZNI, mediante las resoluciones 182138 de 2007 y 180069 de 2008, en donde se establecen dos formas de otorgar subsidios por menores tarifas; a los usuarios de menos ingresos, mediante la disminución el cobro de la tarifa y a los prestadores de servicio, mediante la asignación en parte de los recursos invertidos en el proceso de generación.

En el Artículo 1 de Resolución MME 180961 del 2004 se define “el factor de subsidio que se otorga a los usuarios mediante la disminución del cobro en la tarifa, este valor se asigna por rango de número de usuarios. El cálculo de factor de subsidio se realiza definiendo el porcentaje de usuarios de los estratos 1, 2 y 3, correspondiente a cada grupo, y haciendo un ponderado por el porcentaje de subsidio definido en la legislación

¹² Resolución CREG 004 del 2014.

¹³ Los costos máximos de prestación de servicio no tienen vigencia actual (derogados por la Resolución 091 del 2007); sin embargo, no se han establecido nuevos costos máximos por parte de la CREG.

(50% para el estrato 1, 40% para el 2, y 15% para el 3)¹⁴; como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 28. Rango de Subsidios Servicios de Energía Eléctrica en ZNI

Rango de Usuarios		Porcentaje de Usuarios por Localidad			Factor (%)
		Estrato de Subsidio			
Desde	Hasta	1	2	3	
0	150	100	0	0	50
151	300	95	5	0	49
301	500	85	15	0	48
501	800	77	18	5	46
801	1000	70	20	10	44
1.001	2000	63	23	14	42
Más de 2001		55	26	19	40

Fuente: Ministerio de Minas y Energía. Resolución 180961 de 2004.

Para este caso, el factor de subsidio es del 50% sobre el valor total de la factura, que es compensado anualmente sobre el costo total de la facturación reportado por el operador al Sistema Único de Información (SUI). En tal caso, el valor del subsidio se puede trasladar directamente al usuario, según el siguiente resumen:

Tabla 29. Posible Tarifa (2015) – Comunidad Alto San Jorge

Consumo Estimado Mensual	\$ kWh	Valor Mensual	Número de Familias	Valor Mensual Sin Subsidio	Valor Mensual con Subsidio
3000 kWh/mes	750	\$ 2.250.000	30	\$ 75.000	\$ 32.500

¹⁴ ESTEVE, Natalia. “Energización de las Zonas No Interconectadas a partir las Energías Renovables Solar y Eólica”. Tesis de Grado. Maestría en Gestión Ambiental. Universidad Pontificia Javeriana. Bogotá, 2011. P. 32.

4.2.4. Disponibilidad a Pagar

Durante el proceso de estructuración de la propuesta y socialización de la alternativa seleccionada, la comunidad mostro su disponibilidad a pagar, según el acta de concertación anexa al presente documento. Además dentro de la Asociación Red de Agricultores Ecológicos del Norte de la Sierra Nevada (Red Ecoagro), se está conformando una comisión que se encargará de la administración de los recursos entregados. En un futuro cercano, se piensa organizar una asociación similar encargada de administrar el servicio de suministro de energía eléctrica en el territorio.

4.3. OBJETIVOS

4.3.1 General

Mejorar la oferta energética para el desarrollo de los procesos de producción panelera en la comunidad del Alto San Jorge - Municipio de Dibulla

4.3.2 Específicos

- Implementar un sistema de generación con tecnología limpia para la comunidad panelera del Alto San Jorge.
- Realizar el montaje de sistemas para el riego continuo de los cultivos de caña de azúcar en la zona.
- Capacitar a la comunidad residente en esquemas que permitan la administración adecuada de los recursos disponibles para la producción de tipo agroindustrial.

4.4. PRODUCTOS, ACTIVIDADES Y PERSONAL REQUERIDO

Tabla 30. Productos, Actividades y Personal Requerido

Componentes	Productos	Código Actividad	Actividad	Personal Requerido
A. Sistemas de Generación Eléctrica Implementados	30 Familias Beneficiadas	A- 1-1	Vinculación del Personal responsable de la Coordinación del Proyecto.	Ingeniero Coordinador del Proyecto
		A - 1-2	Diseño del Sistema de Energización	Ingenieros y Técnicos Empresa Ejecutora
		A - 1-3	MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA MICROCENTRAL HIDROELECTRICA	
		A- 1-3-1	Construcción de Obras Civiles	
	(1) Microcentral Hidroeléctrica de 30 Kw Instalada	A -1-3-2	Instalación del Sistema de Tuberías	
		A 1-3-3	Montaje del Equipo Electromecánico	
		A- 1-3-4	Adecuación de Líneas de Transmisión Eléctrica	
B. Montaje de sistemas de suministro de agua para el riego de los cultivos en la zona.	(1) Sistema de Riego Instalado	B- 2-1	DISEÑO Y MONTAJE DEL SISTEMA DE IRRIGACIÓN DE CULTIVOS	
		B -2-1-2	Montaje del Sistema de Riego	
C. Fortalecimiento de las capacidades técnica, administrativas y de producción agroindustrial	30 Personas Capacitadas	C -3-1	Talleres de Entrenamiento Comunitario	(1) Ingeniero Mecánico, (1) Profesional en Administración de Empresas

4.5. IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCION DE LA INNOVACIÓN PROPUESTA

La propuesta de implementar una microcentral hidroeléctrica en el Alto San Jorge, resulta novedosa en la región, dado que no existen proyectos similares de energización en el territorio.

Otro punto importante para destacar resulta la participación activa de la comunidad beneficiaria en algunas actividades importantes del proyecto como mano de obra efectiva para el desarrollo de tareas asociadas al retiro de la cobertura vegetal, el ahoyado y la instalación de las redes de tuberías necesaria para la captación de agua y el riego de las plantaciones. Igualmente dentro del esquema asociativo (Red Ecoagro) existirá un comité de la administración de los recursos recaudados por la prestación del servicio de energía eléctrica y el mantenimiento de los equipos.

4.6. METODOLOGIA Y DISTRIBUCIÓN DE RESPONSABILIDADES

Dado el grado de complejidad que implica la ejecución de la propuesta, el ente territorial o el operador designado efectuarán la apertura por licitación pública o convocatoria abierta la selección del proponente que desarrollará cada una de las actividades conforme a las condiciones técnicas, los requisitos y la normatividad vigente que garantice la calidad de obras relacionadas con el proyecto.

4.7. INDICADORES DE OBJETIVO GENERAL, DE PRODUCTO Y DE GESTIÓN

La siguiente tabla muestra los indicadores relacionados con el objetivo general, resultado de la Metodología de Marco Lógico. (Ver Anexo. Documento Técnico).

Tabla 31. Relación Objetivo General, Indicadores de Producto y de Gestión

Objetivo General: Mejorar la oferta energética para el desarrollo de los procesos de producción panelera en la comunidad del Alto San Jorge - Municipio de Dibulla		
Indicador	Meta	Unidad de Medida
Número de Centros Poblados Intervenidos	Al finalizar la implementación del proyecto, la comunidad asentada en la vereda Alto San Jorge cuenta con una oferta energética que garantizan el desarrollo normal de sus actividades productivas	Cantidad o Número

Fuente: DNP. Metodología Conceptual para la formulación de Proyectos. 2012.

4.7.1. Indicadores de Objetivo Específico, Producto y de Gestión

Tabla 32. Indicadores de Objetivo Específico, Producto y de Gestión

Componentes	Producto	Indicador	Unidad	Meta	Año
A. Sistemas de Generación Eléctrica Implementados	30 Familias Beneficiadas	Familias Beneficiadas	Número	Al terminar la fase de ejecución de la propuesta, se ha puesto en funcionamiento una microcentral hidroeléctrica de 30 Kw.	2016
	(1) Microcentral Hidroeléctrica de 30 Kw Instalada	Equipos Operativos Especializados Adquiridos	Número		
B. Montaje de sistemas de suministro de agua para el riego de los cultivos en la zona.	(1) Sistema de Riego Instalado	Equipos Operativos Especializados Adquiridos	Número	Al terminar el mes de junio del 2016, han sido implementados el sistema de riego para los cultivos.	
C. Fortalecimiento de las capacidades técnica, administrativas y de producción	30 Personas Capacitadas	Personas Capacitadas	Cantidad	Al terminar la ejecución de la propuesta. 30 personas de la comunidad han sido capacitadas en el uso eficiente de los recursos.	

Fuente: DNP. Metodología Conceptual para la formulación de Proyectos. 2012.

4.8. FUENTES DE VERIFICACIÓN Y SUPUESTOS

Tabla 33. Fuentes de Verificación y Supuestos

Componentes	Producto	Indicador	Fuente de Verificación	Supuestos
A. Sistemas de Generación Eléctrica Implementados	30 Familias Beneficiadas	Familias Beneficiadas	Actas de Concertación y Socialización	Resistencia de los posibles beneficiarios a participar en el proyecto.
	(1) Microcentral Hidroeléctrica de 30 Kw Instalada	Equipos Operativos Especializados Adquiridos	Informes de interventoría	
B. Montaje de sistemas de suministro de agua para el riego de los cultivos en la zona.	(1) Sistema de Riego Instalado	Equipos Operativos Especializados Adquiridos	Actas de Visita, informes de seguimiento e instrumentos de control.	Bajo compromiso por parte de la comunidad
C. Fortalecimiento de las capacidades técnica, administrativas y de producción	30 Personas Capacitadas	Personas Capacitadas	Actas de Visita, Informes de seguimiento y control.	

Fuente: DNP. Metodología Conceptual para la formulación de Proyectos. 2012.

4.9. BIENES O SERVICIOS

En relación con los bienes o servicios a considerar dado la problemática existente, este se relaciona directamente con la actividad productiva en el Alto San Jorge relacionada con la producción panelera de cada familia. La siguiente tabla muestra el bien que se piensa mejorar con base al suministro de energía eléctrica en la zona.

Tabla 34. Tipificación Bien o Servicio

Bien o Servicio	Unidad de Medida	Descripción	Año inicial Histórico	Año Final Histórico	Año de Proyección
Unidad Productiva Familiar	Número	Hectáreas cultivadas de caña	2012	2015	2025

Tabla 35. Análisis Oferta y Demanda de Bienes o Servicios

Año	Oferta	Demanda	Déficit
2012	8	60	52
2013	10	60	50
2014	15	60	45
2015	17	63	46
2016	22	66	44
2017	27	70	43
2018	30	73	43
2019	36	76	40
2020	42	80	38
2021	48	83	35
2022	54	86	32
2023	60	90	30
2024	66	93	27
2025	70	96	26

Fuente: DNP. Metodología Conceptual para la formulación de Proyectos. 2012.

4.10. BENEFICIOS E INGRESOS

En relación con los beneficios estos se relacionan directamente con el cobro de tarifas asociados al consumo de energía eléctrica en el Alto San Jorge de tal manera que compensen parte de la inversión realizada por la nación (alrededor del 20%). Los costos de inversión del sistema de generación inciden directamente en el mejoramiento de la capacidad productiva en el trapiche panelero. En el documento técnico se muestra las proyecciones realizadas en este sentido, tomando como referencia las recomendaciones de evaluación económica dada por la CREG en el documento 002 del 2014.

4.11 HORIZONTE DEL PROYECTO

Dado que el proyecto requiere una inversión alta y considerando la vida útil de la alternativa energética a implementar, se estima un horizonte para el proyecto de 20 años.

4.12. IMPACTOS ESPERADOS

La siguiente tabla muestra los impactos positivos generados ante la posibilidad de instalar una microcentral hidroeléctrica en la comunidad de Alto San Jorge.

Tabla 36. Impactos Esperados

Clase de Impacto	Subclase	Nivel de Incidencia	Indicador	Meta Esperada	Observaciones
Científico y Tecnológico	Participación del recurso humano de la organizaciones cooperantes en la ejecución	Alto	Número de Docentes Vinculados	1	Se aspira a que al menos (1) instructor técnico participe como observador en el desarrollo del proyecto.
	Actividades de Divulgación y Transferencia Tecnológica		Numero de Aprendices Sensibilizados	250	Ninguna
	Mejoramiento en la oferta de servicio tecnológicos		Número de Programas de formación técnica y tecnológica ofertados	1	Articulación de los programas con acciones de acompañamiento y visitas técnicas en la comunidad.
Productividad y Competitividad	Incremento de la Productividad	Alto	Número de Toneladas de caña procesadas	Pasar de 61.200 kg de panela – 108.000 Kgs de panela producida anualmente en los próximos 5 años	El cumplimiento de esta meta depende del apoyo de las entidades gubernamentales dentro de su programa de apoyo a la actividad agroindustrial.
	Productores Involucrados		Cantidad de Productores directamente involucrados	Pasar de 17 – 30 productores de caña que directamente se benefician con el desarrollo de la actividad.	Ninguno
	Acceso a nuevos mercados		Ampliación de Cobertura de Mercado	50 nuevos compradores en los próximos años.	Ninguno

4.13. EFECTOS AMBIENTALES

La evaluación de los posibles efectos asociados con el proyecto puede ser de tipo ambiental, social y económico. Este proceso se utiliza para asegurar que los proyectos, programas y políticas sean económicamente viables, socialmente equitativos y ambientalmente sostenibles.

Para la identificación y evaluación de los impactos ambientales se debe partir de la caracterización del área de influencia. Dicha caracterización expresa las condiciones generales de la zona sin los efectos del proyecto, dado que se constituye en la base para analizar como la iniciativa la modificará.

La identificación de las acciones del proyecto de generar impacto, así como los lugares y elementos que puedan verse afectados, permite definir un listado acotado de las posibles implicaciones que haga lugar. Este análisis también abarca los potenciales efectos positivos sobre el entorno.

4.13.1. Impacto Ambiental y Socioeconómico

El impacto ambiental es la alteración que se produce en el ambiente cuando se lleva a cabo un proyecto o una actividad. Dicha alteración no siempre es negativa y puede ser favorable o desfavorable para el medio, se considera positivo si sirve para mejorar el medio ambiente y negativo si degrada de alguna forma la zona, dependiendo de la extensión, la intensidad y recuperación de los eventos.

Bajo este contexto, el montaje de una microcentral hidroeléctrica en la vereda el Alto San Jorge genera impactos negativos en algunos de sus componentes, dado que la ejecución del proyecto se caracteriza por la ejecución de obras complejas que puede afectar los recursos ambientales a una escala considerable.

La magnitud de los impactos ambientales, depende del sistema a instalar, su estructura, el esquema productivo existente y las obras civiles a realizar, su correcta identificación permite a mediano plazo reducirlos o mitigarlos.

Por otra parte, el impacto de la alternativa seleccionada sobre el medio socioeconómico se considera altamente positivo y beneficioso, no sólo por contar con modernas instalaciones para captación de agua en la zona, si no por la disponibilidad de una fuente de energía eléctrica que favorece al mejoramiento de la capacidad productiva en el trapiche panelero del Alto de San Jorge.

Bajo este esquema, se identifican las siguientes afectaciones:

- **Calidad del Aire**

Dado que el proyecto requiere la realización de obras civiles, tales como bocatoma, desarenadores, casa de máquinas, el canal de descarga y el salón comunal, la calidad del aire podría verse afectada por la emisión de gases provenientes de los vehículos y maquinarias empleadas; así como la emisión de material particulado generado por el movimiento de tierra para la adecuación del terreno. Estos impactos no son considerados significativos debido a que las emisiones serán mínimas y esporádicas.

También se presentaran ruidos y vibraciones producto de los vehículos contratados, por tanto se deberán implementar medidas preventivas y de control para evitar sobrepasar los parámetros establecidos en la Resolución 627 del 2006, para zonas suburbanas o rurales de tranquilidad y ruido moderado ($x \geq 55$ DB).

- **Calidad del Agua**

Este es uno de los recursos mayormente afectados por la naturaleza de la obras que se llevaran a cabo, como la construcción de la bocatoma y las estructuras para represar el agua que se desviara por canales adyacentes a la Cascada del Arroyo Arena al cuarto de máquinas, el impacto principal se daría en la disminución del caudal y las alteraciones en el flujo natural de la fuente hídrica.

Estas obras pueden causar daños y afectaciones a la calidad del agua del arroyo dado que se debe introducir maquinarias y equipos en la zona. Para este caso, en particular, el ejecutor de la obra deberá tomar las medidas necesarias para la mitigación y prevención de los impactos negativos y tramitar los permisos ambientales

correspondientes para este tipo de obra ante la Corporación Autónoma Regional de la Guajira.

- **Calidad del Suelo**

La instalación de la planta hidroeléctrica impactará de manera significativa en este recurso, debido al descapote de la capa vegetal en las labores de adecuación del terreno, suceso que implica la pérdida de la consistencia y las características naturales del suelo, exponiéndolo a la erosión por escorrentías superficiales.

Es importante destacar como aspecto positivo, la adecuación de un sistema de bombeo que permite el riego por surcos de aproximadamente ocho (8) hectareas de cañaduzal en la zona; mejorando la irrigación del terreno, disminuyendo la desertificación, la pérdida de propiedades productivas del suelo, humectándolo y favoreciendo el desarrollo de cultivos.

No obstante, el uso de maquinaria pesada en las labores de construcción de las obras civiles y el montaje de la línea de transmisión generará compactación del suelo por el tránsito constante, este impacto es considerado negativo, por lo que se deberán implementar medidas preventivas y de mitigación para contrarrestarlo.

- **Ecosistema, Especies animales y Vegetales**

Las características naturales del ecosistema se verán afectadas por la ocupación del cauce del arroyo que perturbaran los sistemas acuáticos y la relación simbiótica que existe con los ecosistemas terrestres. La Corporación Autónoma Regional de la Guajira determinara cuales son las acciones de mitigación y compensación sobre los actos generados en las diferentes obras. El operador del proyecto deberá realizar estudios para determinar las especies arbóreas protegidas y en vía de extinción sobre las que se deberá tener prioridad.

Las especies acuáticas se verán impactadas de manera negativa debido a la alteración del hábitat y la intervención de la fuente hídrica en las actividades de construcción de la bocatoma, modificando su ecosistema y medio de supervivencia.

Finalmente, las especies terrestres se verán impactadas de manera leve debido a la alteración del hábitat y generación del ruido, suceso que ocasionara el desplazamiento

temporal de algunos organismos, para evitar el daño de estos ecosistemas se prohibirá la caza de animales silvestres y se cercaran las zonas para evitar el contacto con las obras de construcción.

- **Calidad de Vida**

Este tipo de proyectos generan un impacto social positivo, mejorado la calidad de vida de los habitantes, porque la comunidad tendrá un suministro de energía constante y la construcción de un centro comunitario, lugar adecuado para la realización de eventos, reuniones y la interacción de los participantes en la utilización del servicio de energía eléctrica. Además la implementación de esta alternativa energética permitirá a mediano mejorar la capacidad para el proceso de brindar la posibilidad de mejorar la calidad de vida a los habitantes del sector y por supuesto generar una mayor fuente de ingresos y empleo.

- **Generación de Empleo**

Se generaran empleos temporales principalmente en la etapa inicial debido a la construcción de obras civiles. Igualmente con el desarrollo de la alternativa se generan efectos positivos asociados al incremento de los ingresos familiares percibidos por la actividad de producción panelera y la generación de nuevos empleos para los miembros de la comunidad del Alto San Jorge.

- **Acceso a Servicios**

El acceso al suministro de agua impactara de manera positiva en la comunidad, dada la disponibilidad inicial de riego de los cultivos, igualmente se suma la disponibilidad de energía eléctrica en la zona.

- **Salud Humana**

Durante la fase de construcción de las obras civiles, es posible que exista contaminación por ruido, emisiones, salud y la seguridad de las comunidades vecinas. Se espera que los impactos de ruido sean mínimos y permisibles por la legislación colombiana.

Teniendo en cuenta la anterior descripción de los efectos tanto positivos como negativos que tendrá el proyecto sobre el medio social, ambiental y económico de la vereda alta de San Jorge, se establece la siguiente matriz de impactos:

Tabla 37. Matriz de Impactos Trapiche Panelero - Alto San Jorge

Impacto	Tipo de impacto	Nivel de impacto	Calificación del Impacto	Observaciones o Medidas de Mitigación
Emisión de material particulado	Negativo	Local	Baja	Prevención - Minimizar tránsito en suelos sensibles a la erosión. Mitigación - Se humectarán, periódicamente, las vías de tránsito de maquinarias y vehículos medianos y pesados, principalmente en temporada de verano y periodos largos sin precipitación en la zona. Compensación - La empresa deberá plantear en conjunto con CORPOGUAJIRA las medidas de compensación y restitución de especies arbóreas taladas durante la etapa de adecuación del terreno, esto con el fin de disminuir la erosión del suelo.
Emisión de gases y olores	Negativo	Local	Baja	Prevención - Monitorear la calidad del aire local y reducir operaciones en caso de ser necesario. - Realizar adecuado mantenimiento de vehículos y equipos. - Se controlará, en forma periódica, el correcto funcionamiento de los motores de vehículos y maquinarias utilizadas, sometiéndolos a manutenções programadas. - Utilizar el equipamiento dentro de las especificaciones de uso.
Ruidos y vibraciones	Negativo	Local	Media	Prevención - Capacitar al personal en el control de ruido en la construcción y en los métodos de trabajo que faciliten el correcto uso tanto de herramientas como de equipos de trabajo. - Realizar un mantenimiento periódico de las maquinarias y equipos utilizados, con el propósito de prevenir problemas de ruido producto del mal funcionamiento de los mismos.
Captación de agua	Negativo	Local	Baja	Ninguna

Contaminación del agua superficial	Negativo	Local	Baja	Prevención - Prohibir descargar cualquier tipo de contaminantes y efectuar lavado de equipos y maquinaria en cursos de agua. - Almacenar sustancias peligrosas alejadas de cursos de agua, estableciendo un perímetro de seguridad.
Contaminación de suelos	Negativo	Local	Media	Prevención - Los lugares de almacenamiento de sustancias peligrosas y combustibles líquidos, contarán con sistemas que aseguren su contención ante un eventual derrame. - Demarcar y señalizar las vías transitables. - Prohibición de descargar cualquier tipo de contaminantes y efectuar lavado de equipos y maquinaria en suelo descubierto. - Almacenar todos los productos a base de aceites, lubricantes, combustibles , productos químicos en áreas seguras y sobre membranas impermeables provistas de bermas. - El reabastecimiento de combustibles a las maquinarias debe realizarse sobre membranas impermeables. - Cerrar los circuitos de agua, evitando vertimientos y reutilizando el agua de proceso. Mitigación - Retirar el suelo contaminado del sitio. - Minimizar el uso y descarga de productos químicos.
Erosión	Negativo	Local	Media	Prevención - Demarcar y señalizar las vías transitables. - Evitar en lo posible la remoción y/o descapote de material vegetal con el fin de prevenir la erosión.
Afectación de Fauna	Negativo	Local	Baja	Prevención - Estudiar existencia de especies raras o en peligro extinción. - Restringir el acceso de animales a las áreas de construcción, mediante la instalación de cercas. - Inventario de fauna de la zona.

Afectación de la Flora	Negativo	Local	Baja	Prevención - Escoger la alternativa adecuada de trazado de la red de distribución eléctrica y de agua que conlleve a evitar la tala de árboles masiva o lo menos posible. - Evitar en lo posible la tala de árboles de especies protegidas, previamente identificada en el inventario forestal pertinente. Compensación: En conjunto con CORPOGUAJIRA, plantear las medidas de compensación pertinentes al caso acorde al inventario forestal pertinente.
Empleo y mano de Obra	Positivo	Local	Alta	Observación: Se aumentara el empleo durante la etapa de construcción y las ganancias por ventas en la etapa de operación del trapiche.
Molestias a la comunidad	Negativo	Local	Baja	Prevención - Realizar reuniones con las comunidades, propietarios privados y sus representantes para informar sobre las actividades, el tiempo que tomará su ejecución y el lugar donde se desarrollaran. - Informar a los trabajadores sobre las costumbres y forma de vida de los pobladores. - Evitar los ruidos en horas de descanso de la población.
Mejora de Servicios	Positivo	Local	Alta	Observación: Se mejoraran notablemente los servicios prestados a los turistas y visitantes de la Comunidad o vereda.
Mejoramiento de la Calidad de Vida	Positivo	Local	Alta	Observación: El sistema permitirá mejorar el abastecimiento de agua de la comunidad.
Economía Local	Positivo	Local	Alta	Observación: La economía se verá impactada positivamente debido a que aumentara la afluencia de turistas en la comunidad, mejoramiento de infraestructura, entre otros.
Paisaje	Negativo	Local	Baja	Mitigación - El diseño y arquitectura a utilizar para la construcción se realizara con materiales que minimicen el impacto visual y de

				manera armónica al entorno. Compensación - Señalización con información (señales indicativas de dirección, ubicación y orientación en general, señales de peligro, mapas informativos e interpretativos, etc.).
--	--	--	--	--

Resulta importante resaltar que la empresa ejecutora o operadora del proyecto debe señirse al artículo 9, inciso 4 del decreto 2041 del 2014, en la cual se establece los lineamientos para el desarrollo de proyectos que ameritan el trámite de licencias ambientales y permisos pertinentes, en tal caso deben tramitarse ante la autoridad ambiental los siguientes permisos:

✓ **Permisos de ocupación de Cauce:**

Este permiso se relaciona con la conservación de predios, cauces y taludes marginales de los ríos, quebradas y demás. También se aplica en los casos que exista la construcción obras dentro de un cuerpo de agua o que conlleven a la desviación de cauces y/o cuerpos de agua. El operador debe cumplir con los requerimientos y disposiciones establecidas en el Decreto 1541 de 1978, por el cual se fijan los procedimientos para otorgar concesiones, exploración de aguas subterráneas y otras disposiciones.

✓ **Permisos de aprovechamiento forestal:**

Se debe llevar a cabo cuando se realiza una tala masiva de especies arbóreas, este permiso se debe tramitar ante la autoridad ambiental, según el Decreto 1791 de 1996.

✓ **Permisos de Concesión de agua superficial:**

La concesión de aguas superficiales, consiste en obtener el derecho para el aprovechamiento de las aguas superficiales para los siguientes fines: a) Abastecimiento doméstico en los casos que requiera derivación, b) Riego y silvicultura, c) Abastecimiento de abrevaderos cuando se requiera derivación, d) Uso industrial, e) Generación térmica o nuclear de electricidad, f) Explotación minera y tratamiento de minerales, g) Explotación petrolera, h) Inyección para generación geotérmica i) Generación hidroeléctrica,

j) Generación cinética directa, k) Flotación de maderas, l) Transporte de minerales y sustancias tóxicas, m) Acuicultura y pesca, n) Recreación y deportes, o usos medicinales, y p) otros usos similares. Para esto se debe tener como apoyo el siguiente marco normativo: Ley 2811 de 1974, Decreto 1541 de 1978, artículo 54 al 65, Ley 99 de 1993, Ley 633 de 2000, Resolución 1280 de 2010 - Min ambiente, Decreto 1575 de 2007 y Resolución 112-1020 de 2013, CORNARE¹⁵.

¹⁵ Corporación Autónoma Regional de Cuencas del Río Negro y Nare

4.14. ANALISIS DE RIESGOS

Según el Fondo de Prevención y Atención de Emergencias (FOPAE), el análisis de riesgo es el proceso de estimar la probabilidad de que ocurra un evento no deseado con una determinada severidad o consecuencias en la seguridad, salud, medio ambiente o bienestar público. A partir de este análisis, se deben establecer las medidas que permitan prevenir y mitigar dichos riesgos, para atender los eventos con la suficiente eficacia, minimizando los daños a la comunidad, al ambiente y recuperarse en el menor tiempo posible.

Para un adecuado análisis se debe considerar la naturaleza del riesgo, su facilidad de acceso o vía de contacto (posibilidad de exposición), las características del sector, la población expuesta (receptor), la posibilidad de que ocurra, la magnitud de exposición y sus consecuencias, para de esta manera, definir medidas que permitan minimizar los impactos que se puedan generar.

En concordancia con las medidas y acciones establecidas dentro del Plan Departamental de Gestión de Riesgo de la Guajira, relacionadas con la “valoración y calificación del riesgo en la subregión de la Media Guajira”¹⁶, la siguiente tabla muestra los posibles riesgos generados por el desarrollo de la actividad en el trapiche panelero del Alto San Jorge.

¹⁶ Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo. Gobernación de la Guajira. Plan Departamental de Gestión de Riesgo. Calificación del Riesgo por Subregiones. Pág. 60.

Tabla 38. Analisis de Riesgo según actividades del Proyecto

Descripción del Riesgo	Probabilidad	Efectos	Impacto	Medida de Mitigación
Disminución del caudal del río en épocas de intenso verano	Poco Probable	Como consecuencia de la disminución del caudal captado por la microcentral disminuiría el abastecimiento de agua para el sistema de riego, generando baja productividad en los suelos que son regados debido a la disminución del afluente.	Alto	- Implementar un sistema alternativo de almacenamiento y/o suministro de agua.
Caída de ramas sobre los componentes del sistema por tormentas eléctricas y huracanes.	Poco Probable	La caída de ramas u otros elementos afectaría partes del sistema, suceso que impediría el normal funcionamiento del sistema, disminuyendo la producción de energía del sistema durante el tiempo de afectación y las actividades de mantenimiento.	Moderado	- Realizar el montaje de un enrejado sobre el canal para evitar la entrada al sistema de sólidos de gran tamaño como rocas, ramas entre otros que puedan obstruir e impedir el flujo regular del agua.
Daño en los equipos eléctricos del sistema por la presencia de tormentas eléctricas.	Probable	Este riesgo es muy probable debido a la amenaza de tormentas eléctricas en esta zona del departamento es alta, lo cual traería daños por rayos o sobrecargas en el equipo eléctrico del sistema (redes, regulador, tablero de control). En consecuencia se presenta una interrupción en el servicio de energía que proporciona el sistema a la comunidad.	Alto	- Instalación de un sistema polo tierra (Para Rayos) para el aislamiento y control de descargas eléctricas que provengan de las fuertes tormentas que puedan presentarse en la zona.
Daños en los componentes del sistema por avalancha y/o crecidas del río.	Ocasional	Las inundaciones y/o avalanchas que se puedan presentar por la crecida de la fuente hídrica, generarían daños en los que se interrumpiría la producción de energía eléctrica, afectando las actividades socioeconómicas que beneficia el proyecto. De igual forma se paralizaría el sistema de riego proveniente de la microcentral. Las avalanchas mayores traerían como consecuencia el sepultamiento y destrucción parcial del sistema.	Alto	- Construcción de gaviones o muros de contención que puedan servir de protección del sistema en caso de avalanchas o deslizamientos.
Obstrucción del sistema por rocas de gran tamaño producto de las crecidas del río y arrastre de estas al sistema.	Ocasional	Resultado de las crecidas de los ríos que puedan arrastrar sólidos de gran tamaño como rocas y troncos que pueden obstaculizar el sistema evitando el flujo normal del agua.	Alto	- Construcción de rejillas para la retención de sólidos de gran tamaño al sistema. - Muros de contención para evitar afectaciones y/o obstrucciones por deslizamientos y movimientos en masa de agua y tierra.

Afectaciones a la estructura del sistema por objetos impulsados por el viento en vendavales.	Poco Probable	Este riesgo afectaría partes del sistema, lo cual impediría el normal funcionamiento del sistema, disminuyendo la producción de energía del sistema durante el tiempo de afectación y las actividades de mantenimiento.	Moderado	- Muros de contención para evitar afectaciones y/o obstrucciones por deslizamientos y movimientos en masa de agua y tierra. - Construcción de rejillas para la retención de sólidos de gran tamaño al sistema.
---	---------------	---	----------	---

En la zona se presenta diversos riesgos relacionados principalmente con las amenazas de inundaciones y en menor proporción los movimientos en masas tales como avalanchas por crecidas de los afluentes del Río Cañas (Santa Clara y Quebrada Andrea). Las inundaciones generalmente corresponden a procesos naturales de probable ocurrencia durante las épocas de invierno; actualmente este fenómeno es cada vez más frecuente cerca de las riveras de los ríos afectando principalmente a las poblaciones rurales ubicados en zonas bajas. En los territorios altos como el Alto San Jorge se pueden presentar dificultades con el acceso de personas y vehículos.

Tabla 39. Análisis de Riesgo relacionado con el Entorno

Descripción del Riesgo	Probabilidad	Efectos	Impacto	Medida de Mitigación
Ruptura de tuberías y canales por inundación del terreno por fuga del agua aumentando la infiltración del terreno.	Probable	Infiltración de agua en el terreno e inundación de este, favorece al deslizamiento de tierras.	Moderado	- Realizar un monitoreo continuo para identificar fallas en la estructura del sistema y eventuales fugas. - Reemplazo inmediato y reparación del componente afectado que esté generando la fuga.
Líneas de conducción de redes eléctricas que estarían expuestas a la comunidad y representan un riesgo hacia esta.	Probable	Caída de redes eléctricas que puedan afectar a la comunidad o transeúntes y recibir descargas eléctricas y además de esto pueden afectar la fauna presente por la zona.	Alto	- Establecer una forma de contacto directo de la empresa constructora y la comunidad para identificar, evaluar y reparar daños en caso de presentarse.
Contacto con los sistemas de almacenamiento de energía (Banco de Baterías).	Poco probable	Este riesgo es poco probable y se debe tener en cuenta debido a la presencia de niños o personas que por negligencia o descuido puede entrar en contacto con el banco de baterías recibiendo daños severos por descargas eléctricas.	Alto	- Capacitar al personal, brindarle conocimientos hacia las normas de seguridad que deben cumplir al manipular estos equipos y su nivel de peligrosidad. - Señalizar la zona con imágenes que ayuden a la población a identificar las zonas y objetos de mayor peligrosidad. - Aislamiento y enrejado del cuarto de máquinas para evitar que animales y niños entren en contacto con la maquinaria y banco de baterías.
Obstrucción de las rejillas del desarenador con rocas y sedimentos de gran tamaño.	Probable	Este riesgo se debe tener en cuenta debido a que en casos de ocurrencia su efecto sería la afectación y daños del sistema de captación y generación de energía y además de esto corte en el suministro de energía de la vereda.	Moderado	- Realizar los mantenimientos correctivos y limpieza de las rejillas de manera periódica, estableciendo un programa de control y monitoreo de cada uno de los componentes del sistema. - Construir muros de contención para evitar afectaciones y/o obstrucciones por deslizamientos y movimientos en masa de agua y tierra.

Por otro lado, la ruptura de tuberías, canales y fugas de agua que aumentan la infiltración del terreno tendría un impacto significativo y resulta probable su ocurrencia en el momento que las tuberías presenten algún tipo de ruptura en el futuro, afectando la estabilidad del terreno alrededor de la casa de máquinas. Por esta razón se deben establecer planes de revisión periódicos donde se conozca el estado de las tuberías e infraestructura de los canales de conducción y realizar de manera inmediata el mantenimiento para evitar un impacto mayor.

Las líneas de transmisión eléctrica de media y baja tensión que estarían representan otro riesgo importante que podrían afectar a la población cercana al lugar de instalación del sistema, es probable su ocurrencia y su impacto es alto. Resulta indispensable que la asociación u organización comunitaria que se encargará de la administración del servicio cuente con un personal encargado de identificar las fallas y realizar las gestiones para el acompañamiento institucional para el mantenimiento de los sistemas de generación eléctricos instalados.

Así mismo, se debe restringir el acceso de personal no autorizado a los equipos electrónicos ubicado en casa de máquinas. Para evitar este tipo de situaciones, el operador debe sensibilizar a toda la población aledaña. Así mismo, se colocaran carteles de identificación de peligros para que las personas eviten acceder a estos componentes.

Finalmente, resulta probable que la zona de captación de agua se vea afectado por la obstrucción de las rejillas del desarenador con rocas y sedimentos de gran tamaño, impactando de modo negativo el proceso de generación de energía eléctrica, evento que puede ser subsanado con la revisión periódica del estado de la bocatoma, el canal de carga, los desarenadores y demás componentes que permiten conducir el agua hacia la casa de máquinas.

4.15. ANALISIS DE SOSTENIBILIDAD

Para realizar el análisis de sostenibilidad se utilizó la “metodología de optimización multiobjetivo para la selección de la mejor alternativa energética sostenible en las localidades pertenecientes a la ZNI”¹⁷. La metodología permite la evaluación de criterios sociales, económicos, ambientales, físicos, además de tener en consideración de energías renovables, sistemas híbridos y la participación de la comunidad dentro del proceso de decisión para determinar la mejor alternativa energética, bajo el concepto de sostenibilidad.

De este modo bajo esta metodología el problema de planificación enmarca una serie de decisiones para la elección de la alternativa más adecuada y sostenible. La metodología busca la mejor alternativa de generación de energía mediante optimización y toma de decisiones multiobjetivo teniendo en cuenta criterios físicos, sociales, naturales y económicos que son evaluaciones necesarias para ZNI.

Esto se debe a las condiciones socioeconómicas características de estas poblaciones donde la selección de un proyecto de energización no solo depende de los resultados de evaluación económica de la alternativa y la satisfacción de la demanda, sino que su sostenibilidad también depende del aprovechamiento futuro de los recursos físicos y humanos disponibles. Los propósitos de la energización planteados en la metodología son atender la demanda con el fin de maximizar el beneficio de la localidad y mejorar los procesos productivos, esto se hace con la evaluación de cada uno de los criterios en los siguientes módulos.

Módulo 1. Oferta Energética

Se diligencia la información requerida con el fin de identificar un conjunto factible de alternativas de generación de energía eléctrica. Se evalúa los sistemas solar, eólico, generador biogás y mini-hidráulicas. Los criterios de evaluación para determinar la disponibilidad de la AE (Alternativa Energética) son los relacionados en la tabla No. 40, para éste caso el usuario debe ingresar el valor de los diferentes criterios con el que

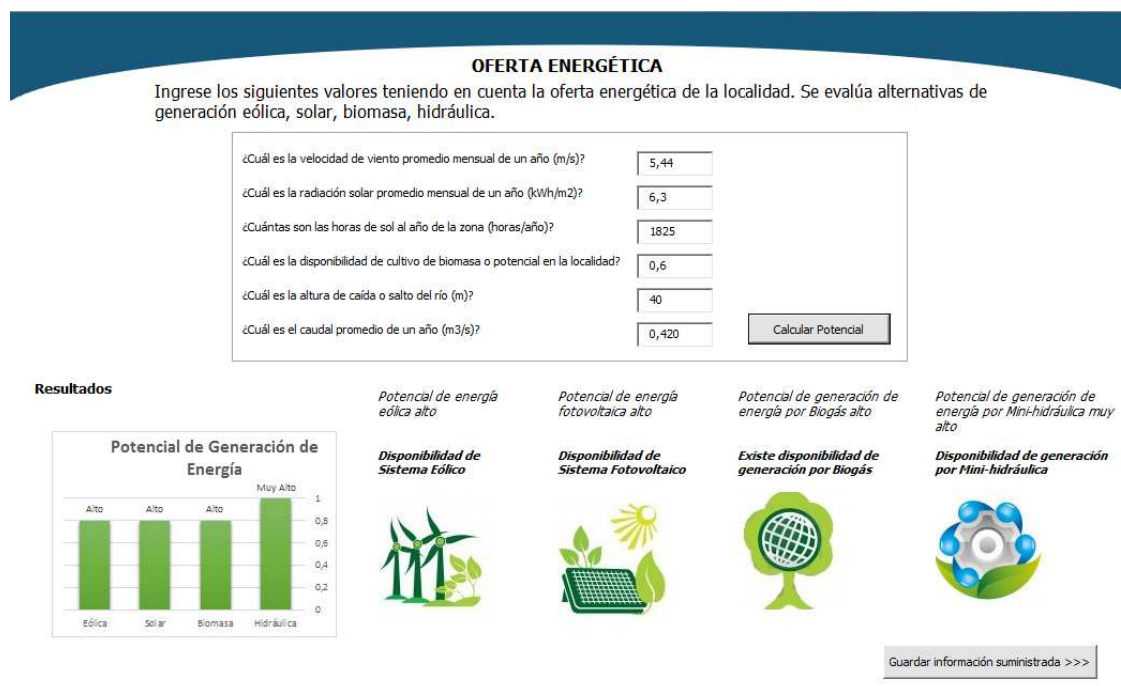
¹⁷ Metodología desarrollado en el Plan de Energización Rural y Sostenible del departamento de Nariño – PERS Nariño – Convenio Interinstitucional No. 110 del 2012 celebrado entre la Universidad de Nariño, UPME, IPSE y TETRA TECH (USAID Programa CED).

cuenta la localidad en promedio anual con respeto a los recursos físicos disponibles como se muestra en la Figura 33.

Tabla 40. Disponibilidad de Recursos Naturales

Alternativa energética	Criterio evaluación	Unidad	Promedio mensual de un año
SISTEMAS FOTOVOLTAICOS	Radiación solar	kWh/m2	6.3
	Tiempo de Exposición de horas de sol al año	h/a	1825
SISTEMAS EÓLICOS	Velocidad de viento	m/s	5.44
PEQUEÑAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS	Caudal o flujo de agua	m3/s	0.420
	Pendiente o altura de caída	m	40
	Mínimo porcentaje de flujo de agua	%	60
	Máximo porcentaje de flujo de agua	%	100
GASIFICACIÓN	Área total en la localidad disponible para cultivo de biomasa	%	70%
	Toneladas de biomasa disponible promedio mensual	t/d	8,33

Figura 33. Resultado Modulo 1. Oferta Energética



Como se muestra en la Figura No. 33, se tiene una evaluación preliminar de las alternativas que se puede utilizar para la energización de la localidad según la evaluación de recurso. Mediante esta primera evaluación se tiene como opciones favorables el uso de paneles solares, uso de generadores eólicos y la instalación de una PCH.

Según información recogida por el equipo investigador del PERS Guajira, el bagazo residual del trapiche se seca y sirve como combustible para el horno del trapiche, por lo tanto usar un generador por gasificación no se considera una alternativa viable.

Módulo 2. Demanda de Consumo y Análisis de Criterios

El modulo dos se encarga de determinar la sostenibilidad relacionada con el consumo energético y su relación con los características sociales, físicas y económicas presentes en la comunidad. Cada criterio es analizado de manera individual aspecto tiene un peso relativo y según los valores que se ingrese en el módulo este realizara la calificación. El criterio social es uno de los principales a la hora de evaluar una alternativa de energización ya que de esto depende que se forme el círculo virtuoso en que la

comunidad se convierta en gestora de la consolidación y mantenimiento de la solución, permitiendo lograr los objetivos de crecimiento y desarrollo.

Tabla 41. Componentes del Criterio Social

Criterio	Variable		Unidad	Valor
Capacidad de apropiación de la tecnología por parte de la comunidad	Número total de pobladores mayores de 23 años que han alcanzado cada uno de los siguientes niveles educativos	Ninguno	U	
		Primaria	U	90
		Secundaria	U	60
		Técnico	U	8
		Universitario	U	2
Presencia sector público	Definir si hay presencia o no	Alcaldías o entes territoriales	NA	Si
		Empresas oficiales o mixtas de servicios públicos domiciliarios	NA	No
		Fuerzas militares	NA	Si
		Policía.	NA	No
Presencia Institucional	Definir si existe o no	Hospitales o puestos de salud	NA	No
		Centros educativos	NA	Si
		Instituciones financieras	NA	No
		Iglesias	NA	Si
Participación social de las comunidades	Definir si existe o no	Organizaciones sociales o comunitarias	NA	Si
		Consejos municipales	NA	No
		Participación electoral en la localidad.	NA	Buena

Figura 34. Ingresos de los Datos Nivel Educativo

Selección de la mejor alternativa para energización de zonas rurales

Nivel educativo

Nivel Educativo

¿Cuál es el número total de pobladores mayores de 23 años que han alcanzado cada uno de los siguientes niveles educativos?

Ninguno	0
Primaria	90
Secundaria	60
Técnico	8
Universitario	2

Siguiente >>

Siguiente >>> Criterio Físico

Figura 35. Ingreso de datos Sector Público y Presencia Institucional en la localidad

Selección de la mejor alternativa para energización de zonas rurales

Nivel educativo Presencia Institucional y del sector público

Sector Público

¿Existe presencia de Alcaldías o entes territoriales en la localidad? Si

¿Existe presencia empresas públicas, privadas o mixtas de servicios públicos domiciliarios en la localidad? No

¿Existe presencia de Fuerzas militares en la localidad? Si

¿Existe presencia de policía en la localidad? No

Presencia Institucional

¿Existen hospitales o puestos de salud en la localidad? No

¿Existen centros educativos en la localidad? Si

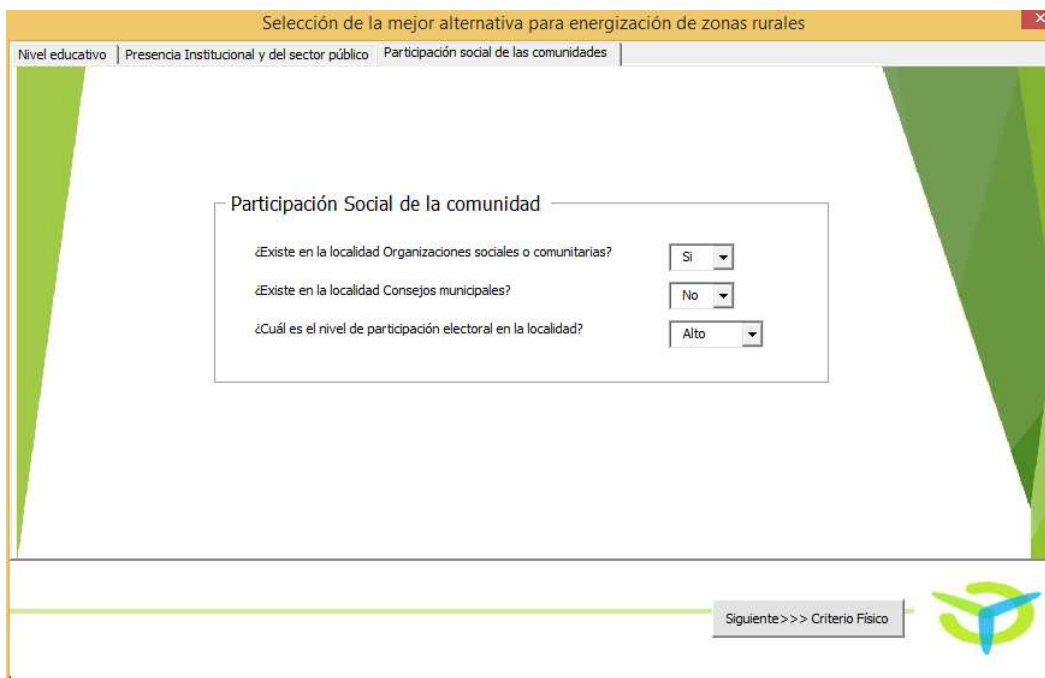
¿Existen instituciones financieras en la localidad? No

¿Existen iglesias en la localidad? Si

Siguiente >>

Siguiente >>> Criterio Físico

Figura 36. Ingreso de datos de la participación social de la localidad



- Criterio físico, infraestructura y medios de comunicación con la localidad

El módulo 2 también evalúa la calidad de las vías y medios de comunicación de la localidad. Por medio de este aspecto se mide la viabilidad del transporte de los elementos de cada alternativa y las dificultades de acceso de las mismas desde la capital más próxima.

Tabla 42. Datos correspondientes a evaluar la infraestructura de la localidad

Criterio	Variable	Unidad	Valor
Infraestructura	Tipo de medio de comunicación existente	NA	Vial (carreteras)
	Estado del medio (bueno, regular, malo)	NA	Regular
	Existe otro medio de comunicación?,Cuál?	NA	
	Distancia entre la población y la red de transporte más cercana (km) que puede ser vial (carreteras), aérea (aeropuertos), fluvial o marítima (puertos marítimos)	km	8
	Distancia entre la población y el sitio de distribución o localidad principal más cercana (km).	km	8

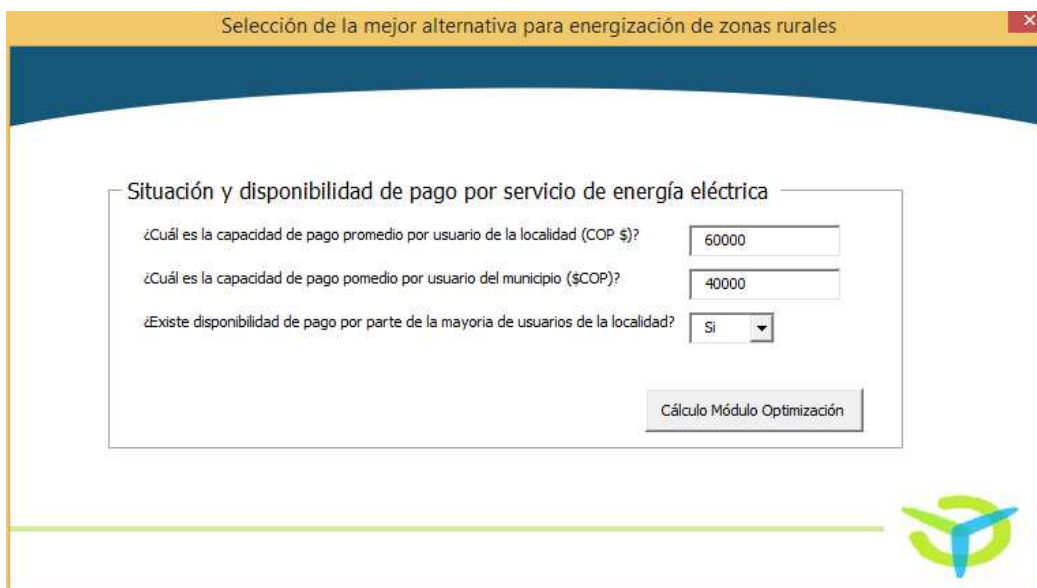
- Criterio económico

El criterio económico evalúa dos componentes esenciales en el proyecto de energización. El primero se refiere a la disponibilidad y capacidad de pago de la localidad, que se traduce en la valoración del servicio que se recibe. Si hay valoración por el servicio es más fácil para establecer mecanismos tarifarios y de facturación, lo que permite cubrir parte de los costos de inversión, operación y mantenimiento.

Tabla 23. Capacidad de pago del servicio de energía

Criterio	Variable	Unidad	Valor
Capacidad de pago del servicio de energía	¿Existe disponibilidad de pago por parte de la mayoría de usuarios de la localidad?	NA	Si
	Capacidad de pago de los usuarios de la localidad de estudio	\$ COP	60.000
	Capacidad de pago de los usuarios del municipio.	\$ COP	40.000

Figura 37. Datos ingresados criterio disponibilidad de pago de la localidad



El siguiente aspecto a evaluar dentro de este criterio son, las inversiones realizadas en los sistemas de generación. Para esto se tiene en cuenta los siguientes valores de cada una de las alternativas:

- Costo o capital inicial de la inversión (\$)
- Costo Presente Neto (\$)
- Costo Nivelado de la Energía (\$/kWh)
- Costo anual de operación (\$/año)

Las alternativas que fueron factibles utilizando Homer, se ingresaron los datos asociados a su configuración, tal como se muestra en las siguientes tablas:

Tabla 44. Conjunto de alternativas factibles para el proyecto

	Elemento	Capacidad
Alternativa 1	Hydro	22.1 kW
	Battery	24 Hoppecke 24 OPzS 3000
	Inverter	18 kW
	Rectifier	18 kW
Alternativa 2	Wind turbine	1 SW Skystream 3.7
	Hydro	22.1 kW
	Battery	24 Hoppecke 24 OPzS 3000
	Inverter	18 kW
	Rectifier	18 kW

Tabla 45. Costo relacionado por cada alternativa

	Alternativa 1	Alternativa 2
Capital inicial	\$ 116,410	\$ 125,646
Costo Presente Neto	\$ 130.117	\$ 141.008
Costo Nivelado de la Energía	\$ 0.538/kWh	\$ 0.583/kWh
Costo anual de operación	\$ 2,070/yr	\$ 2,320/yr

En la Figura 38 , se muestran las alternativas seleccionadas y el nivel considerado de participación de cada uno de los componentes

Figura 1. Ingreso de configuración de las alternativas factibles

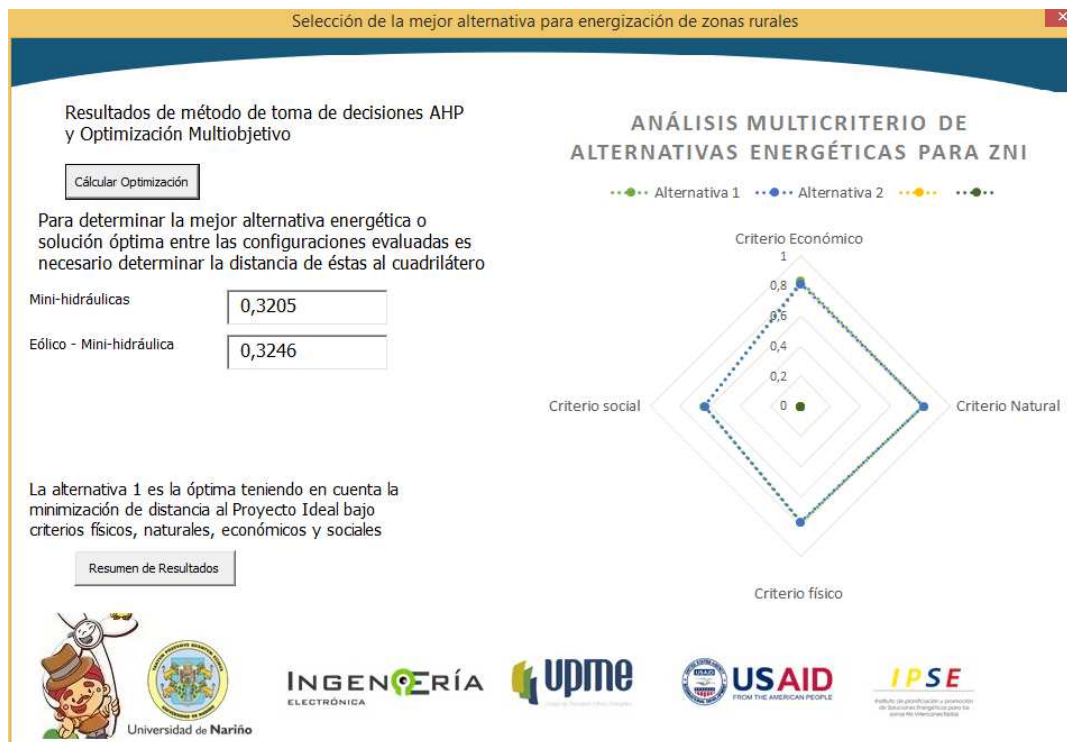
- Resultados de la Simulación

De acuerdo a la simulación de las alternativas en la metodología, se obtiene que la alternativa 1 es la óptima y que aporta más a cada criterio a evaluar. En la Figura 39 , se muestran los resultados de la evaluación.

Tabla 46. Alternativa Óptima

	Elemento	Capacidad
Alternativa 1	Hydro	22.1 kW
	Battery	24 Hoppecke 24 OPzS 3000
	Inverter	18 kW
	Rectifier	18 kW

Figura 39. Resultados Evaluación de la sostenibilidad para las alternativas



En términos generales, el modelo considera que el uso de una PCH (alternativa 1) es una solución sostenible en el tiempo y aporta significativamente a los capitales de sostenibilidad, sin embargo encuentra una dificultad en el criterio social, específicamente en la apropiación tecnológica que debería ser fortalecida dentro de los planes de acción debido a las debilidades de formación presente en la comunidad, siendo este un aspecto a trabajar dentro del proyecto para garantizar un círculo virtuoso.

- **Análisis y propuestas de sostenibilidad para los criterios que dependen de la localidad**

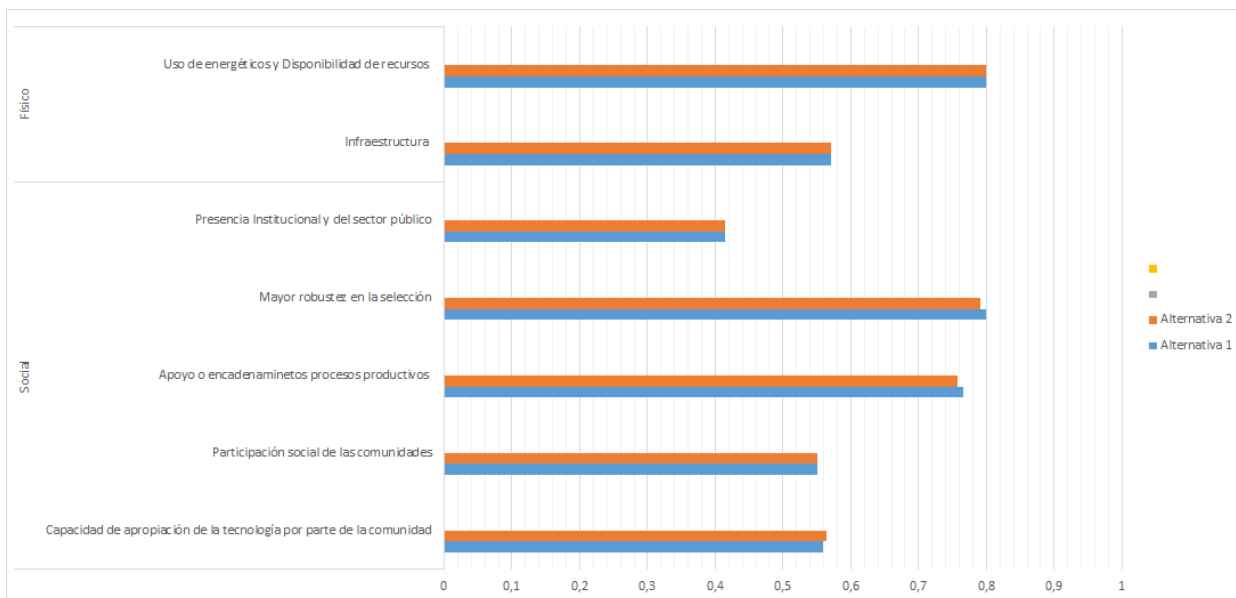
Según la Figura 40, se puede ver que el nivel educativo general de la población es bajo, con tan solo 2 personas con niveles universitarios y 8 técnicos que representa el 5% de la población con nivel de escolaridad, por lo tanto la apropiación tecnológica será más demorada dentro de la localidad.

El objetivo del proyecto debe estar enfocado aprovechar esas capacidades a estos profesionales se propone asignarles las obligaciones de dirección y veeduría de los procesos como son mantenimiento, facturación del servicio, control interno y tesorería para los pagos de las obligaciones del sistema como son: la operación y mantenimiento. Al resto de población se propone se realicen capacitaciones de manera continua para mejorar los aspectos de producción (buenas prácticas de manejo de alimentos entre otras) y que dentro de la evolución del proyecto este ya tenga suficiente organización para permitir formular un nuevo proyecto para que la población pueda acceder a una educación formal.

El criterio social también evalúa aspectos organizacionales de la localidad en términos de medir la capacidad de los pobladores en reunirse en torno a gremios, agrupaciones sociales, etnoculturales o religiosas para poder trabajar en conjunto y de forma solidaria tras un objetivo mutuo (Cherni, 2007); que en este caso sería la formar un esquema productivo mejor estructurado y sostenible en que se mejoren las prácticas de producción de la panela, así como la comercialización y la administración del negocio.

Por lo anterior y bajo las condiciones que la localidad muestra según la tabla, los objetivos de este proyecto se pueden consolidar gracias a que la comunidad está organizada, y reconoce una forma de autoridad que los puede guiar y organizar para alcanzar las metas propuestas; también refuerza este hecho en que la localidad exista la presencia de entidades estatales y públicas como: las fuerzas militares, policía y la administración municipal. Otro aspecto que tiene a favor, es su alta participación electoral, esto significa que la comunidad se involucra en dar a conocer su opinión y está interesada en el proceso democrático.

Figura 40 .Resultados que dependen de la localidad



Como se mira en la figura, ambas alternativas aportan en el uso de los recursos naturales disponibles dentro de la localidad, sin embargo debido a las limitaciones en las vías de comunicación, en su estado y lejanía, ambas alternativas tienen una calificación regular debido a que la PCH no es una tecnología modular por lo tanto el transporte de este elemento se complica e incrementa los costos de instalación significativamente debido a la distancia y las condiciones de la vía.

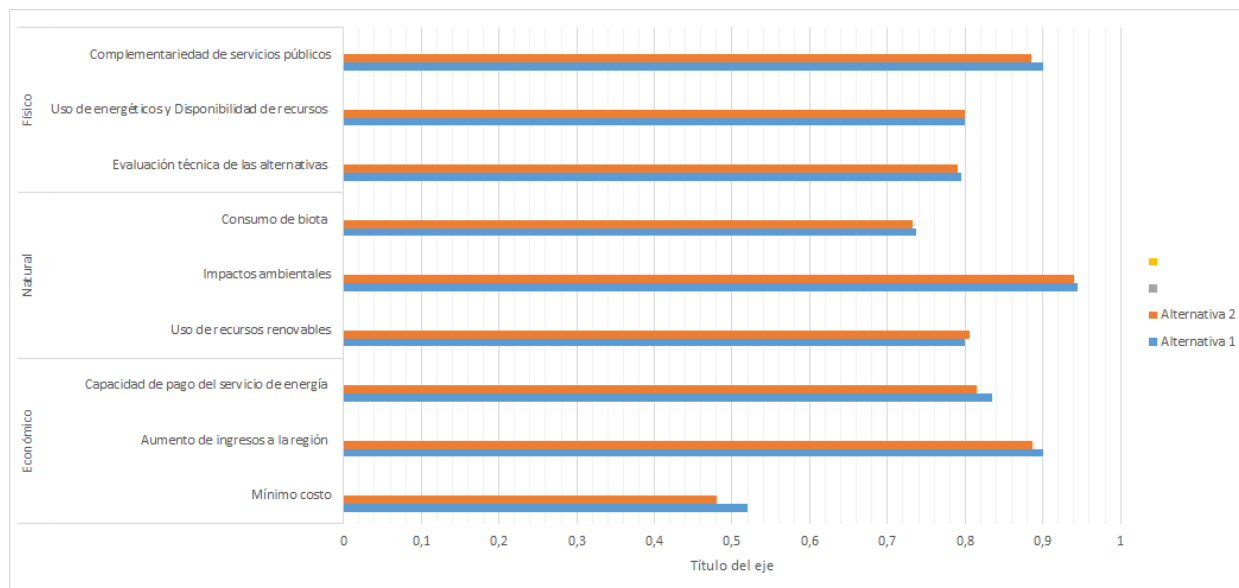
Un elemento diferenciador dentro de la primera alternativa con respecto a la segunda, se relaciona con la robustez. Un sistema de generación es robusto cuando no depende de mantenimiento regular para funcionar, dado que la alternativa 2, tiene asociado una turbina eólica lo cual complica el proceso de mantenimiento y debido a que la apropiación de la tecnología puede ser baja, la alternativa dos requeriría un personal especializado en el manejo del aerogenerador y el desarrollo de las tareas de revisión periódica.

- **Análisis y propuestas de sostenibilidad para los criterios que dependen de la alternativa**

Como se muestra en la figura, se realiza la calificación de los criterios dependiendo de la alternativa. Se puede ver que de acuerdo a la información suministrada al modelo, la alternativa 1 en términos de costo es mejor que la alternativa 2, debido a que la inversión inicial de la alternativa 1 es más baja (\$ 116,410) así como el costo nivelado de la energía (\$/kWh 0.538). Ambas alternativas tienen calificaciones altas en términos de uso de los recursos e impactos ambientales, esto se debe a que ambas utilizan una PCH.

La evaluación se realiza en términos del costo de oportunidad de uso del recurso hídrico, evaluando los beneficios de usarlo para generación de electricidad y sus aportes subsecuentes contra los posibles daños que causa al ecosistema, por ejemplo reducción de oxígeno en el agua, reducción de cauda y nivel de agua disponible para la flora y fauna.

Figura 41. Calificación de los criterios que dependen de la alternativa



4.16 CRONOGRAMA

(Ver Archivo Adjunto – Documento Técnico – Hoja Cronograma Flujo de Fondos)

4.17. PRESUPUESTO

(Ver Archivo Adjunto – Documento Técnico – Hoja Presupuesto).