

METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA EN LA PRODUCCIÓN DE HIELO Y FRÍO, PARA LA CADENA DE LA PESCA ARTESANAL EN COLOMBIA.

Vega C. Lili T.¹; Aguilar S. Elmer G.²; Prias C. Omar F.³ Y Sierra V. Fabio E.⁴

¹ Ms (c) Ing., Grupo de Investigación Mecanismos de Desarrollo limpio y Gestión Energética MDLYGE, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá. E-mail: ltvegac@unal.edu.co

² Ing. Mecánico, Grupo de Investigación Mecanismos de Desarrollo limpio y Gestión Energética MDLYGE, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá. E-mail: gvnagsi@hotmail.com

³ PhD. Ing., Profesor Asociado, Director del Grupo de investigación en el sector energético colombiano GRISEC, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá. E-mail: ofpriasc@unal.edu.co

⁴ PhD. Ing., Profesor Titular, Director del Grupo de Investigación Mecanismos de Desarrollo limpio y Gestión Energética MDLYGE, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá. E-mail: fesierav@unal.edu.co

RESUMEN

Las alternativas tecnológicas existentes para la generación de energía eléctrica, son seleccionadas de acuerdo con la identificación de los potenciales energéticos disponibles, en función de los recursos renovables de la región y de la demanda de energía para las tecnologías de uso final. La pesca artesanal posee ciertos requerimientos particulares de hielo y frío, que dependen de las necesidades y características socio-económicas propias de las poblaciones, así como las variables climatológicas presentes en la zona de estudio. El artículo presenta el desarrollo de una propuesta metodológica que permite la evaluación de alternativas tecnológicas para la generación de energía eléctrica empleada en la producción de hielo y frío con base a los requerimientos de la pesca artesanal colombiana, teniendo en cuenta criterios de evaluación ambientales, técnicos, sociales y económicos.

Palabras Clave: *Evaluación económica (Economic evaluation), Alternativas Tecnológicas (Technological alternatives), Energías Renovables (Renewable Energies), Pesca artesanal (artisanal fisheries)*

1. INTRODUCCIÓN

La pesca artesanal en Colombia, es de gran importancia para las comunidades costeras, debido a que se constituye en la base de la economía en estas zonas. Adicionalmente, posee la gran ventaja de proteger el ambiente marino por las técnicas ancestrales utilizadas que tienen inmerso un gran respeto por la naturaleza y sus recursos. En la pesca artesanal, la producción de hielo y frío juega un papel muy relevante por las tradiciones de producción del pescado fresco como uno de los productos más apetecidos en el mercado de los alimentos. Por lo tanto, las soluciones tecnológicas evaluadas deben ser estructuradas e integrales de manera que la dinámica socio-económica de las comunidades no sea afectada. Por el contrario, se busca un beneficio con bajo impacto en relación con el mejoramiento de sus procesos de conservación y la disminución del impacto ambiental por cuenta de la producción de energía eléctrica que contribuya en el desarrollo económico y social de las comunidades, así como la incremento de las oportunidades laborales y la atracción de nuevos escenarios productivos, educativos, tecnológicos, entre otros; en consecuencia, para el establecimiento de los requerimientos de hielo y frío de las comunidades, se debe iniciar con la identificación y comprensión las necesidades de las comunidades, la importancia del pescado fresco, los procesos de conservación empleados y los recursos energéticos disponibles en la zonas de estudio.

1.1. La pesca artesanal en el Pacífico colombiano

El Decreto 2256, Artículo 12-2.4.1, define la pesca artesanal como la actividad extractiva que realizan pescadores en forma individual u organizada, en empresas, cooperativas u otras asociaciones, con su trabajo personal independiente, con aparejos propios de una actividad productiva de pequeña escala y mediante sistemas, artes y métodos menores de pesca.

De los 24 mil pescadores potenciales que existen en Colombia, el 49%^[1] se encuentran ubicados en la Región Pacífica, sobre los departamentos de Chocó, Valle del Cauca, Cauca y Nariño; en los cuales existen 16 municipios costeros. En estas comunidades, la producción es para el auto-consumo y los excedentes son comercializados en las cabeceras municipales, debido a que la pesca se lleva a cabo en pequeñas y medianas embarcaciones. Las embarcación son lanchas a motor, construidas en madera o fibra de vidrio y resina, aptas para faenas cortas cuya duración es de un día, realizadas con una frecuencia de hasta 24 veces al mes^[1]. Para el año 2007, diariamente la pesca artesanal en el Pacífico aportó 11.51 toneladas ^[2], actualmente, en promedio las comunidades pesqueras de la región producen 2.8 ton/día¹, esta visible disminución se debe a la contaminación, la sobreexplotación y las malas prácticas extractivas.

En la Región el manejo de la cadena de frío del pescado es limitado por los altos costos de mantener un sistema de refrigeración en estas zonas, ya que la cobertura del servicio de energía eléctrica es bajo (66, 8%) comparado con el promedio nacional (85.9%) ^[3], sumado a la geografía física que

¹ Datos recolectados directamente por los autores.

dificulta el transporte. En muchas comunidades disponen de electricidad en pocas horas del día y viven con un mínimo de 4 horas de energía (6:00 pm-10:00 pm) y en el mejor de los casos con 12 horas de servicio eléctrico que dependen del suministro de combustible para alimentar las plantas generadoras y del mantenimiento de los equipos. Actualmente los servicios de frío se obtienen mediante un acopiador, el cual les suministra hielo y un espacio físico para la refrigeración del pescado, a un alto costo. El hielo es empleado para salir a las faenas, y para la conservación del pescado en sus casas, mientras reúnen la cantidad suficiente que haga rentable el transporte al centro de comercialización.

De acuerdo a estas condiciones técnicas, las comunidades realizan la captura de peces a diario y el producto es comercializado como pescado fresco. Para la conservación y comercialización del mismo, se requiere de temperaturas alrededor de los 0°C, permitiendo un periodo de conservación de hasta tres días. Las comunidades solo disponen de cavas de icopor, neveras en resina y fibra de vidrio, las cuales llenan con hielo y sal, y son empleadas para el transporte y almacenamiento del producto.

Comercialmente, hoy en día, el pescado fresco es muy apetecido debido a la calidad, asepsia, textura, jugosidad y sabor [4], lo cual permite la apertura de oportunidades de negocio para las comunidades costeras. Esto se debe a que la pesca industrial, aunque es líder en el mercado, debido a sus procesos de explotación no permite la obtención de pescado fresco.

1.1. Recursos energéticos disponibles

En Colombia, los recursos energéticos renovables y de origen fósil son diversos y con un potencial importante que depende de la ubicación geográfica por la configuración heterogénea del territorio nacional. De acuerdo con lo anterior, en las zonas costeras existen recursos naturales aprovechables para la generación de energía eléctrica, como son: la biomasa, la energía hidráulica, y la energía solar. Adicionalmente, se dispone del recurso mareomotriz, sin embargo, requiere de grandes inversiones y necesita una caracterización más específica para el aprovechamiento de este recurso energético. A continuación se mencionan, las principales características de los potenciales energéticos renovables de la zona.

- Energía eólica: Debido a que las velocidades de viento presentadas en la zona son bajas, entre 1 y 2,5 m/s, el potencial eólico es menor a 100 W/m² porque las velocidades del viento no superan 4 m/s[5].
- Energía solar: La radiación solar de la zona es baja, entre 3 y 3,5 kWh/m², y adicionalmente la nubosidad, entre los 6 y 7 octas, permanece entre este rango durante todo el año; lo que hace que el potencial sea aprovechable mediante grandes áreas[6].
- Pequeñas centrales hidroeléctricas PCH (Energía hidráulica): Según los estudios realizados en la zona, los ríos no cuentan con grandes caudales o saltos de importancia; según el mapa de potencial hídrico desarrollado por la UPME, el potencial en la zona está entre bajo y muy bajo. Cabe

resaltar que existen algunos saltos que presentan un potencial medio, pero su lejanía de las comunidades hacen que económicamente y ambientalmente su viabilidad sea bastante baja[7].

- **Biomasa:** Debido a que los suelos de la zona presentan baja fertilidad, alta toxicidad y acidez, escasa luminosidad y elevada pluviosidad hacen que las actividades agrícolas sean limitadas. La actividad agrícola para la zona es esencialmente para consumo interno. En cuanto a la explotación forestal, es una de las actividades productivas que genera ingresos importantes debido a las especies presentes. Adicionalmente, otras especies (nativas de baja comercialización) se aprovechan para la construcción de viviendas, canoas, canaletes, pilones, bateas y otros usos domésticos, y en menor proporción se comercializan en tablonés y/o bloque[8].

2. EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

La metodología desarrollada, para la evaluación de las alternativas de generación de energía eléctrica, permite la comparación de diferentes tecnologías, mediante la elaboración de un sistema de matrices, las cuales involucran la valoración de aspectos económicos, sociales, ambientales, tecnológicos y disponibilidad de recursos. Esta metodología se basa en el Análisis Multicriterio ha sido muy empleada en el ámbito energético, como la planificación energética [9][10], Proyectos de energía renovable [11][12], almacenamiento de energía [13], entre otros.

2.1. Metodología

La metodología diseñada tiene como objetivo establecer la viabilidad integral de las fuentes energéticas y de las tecnologías más apropiadas para su aprovechamiento en la producción de hilo y frío para a pesca artesanal y la comercialización de pescado fresco, como se puede observar en la Figura 1.

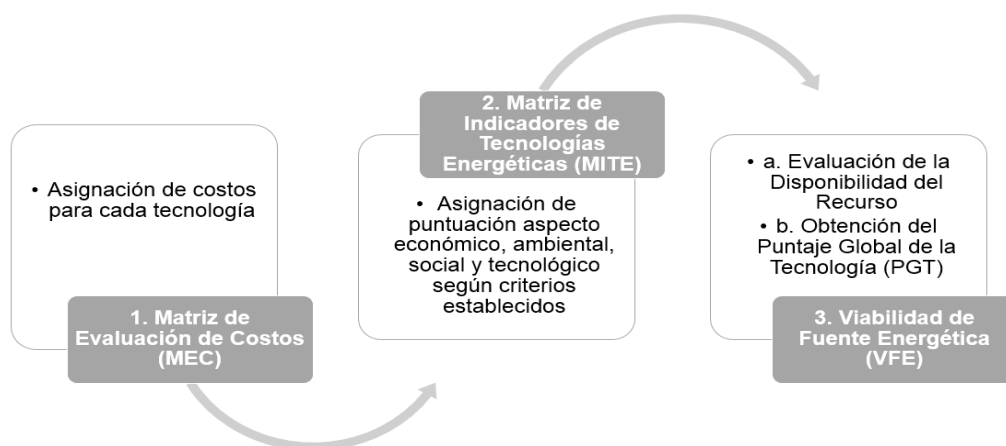


Figura 1. Esquema metodológico
Fuente: Elaboración propia

El método consiste en la construcción de una Matriz de Evaluación de Costos, en la que se establecen los costos en los que se incurre por el uso de cada tecnología. Posteriormente, se procede a la asignación de puntajes según las pautas de cada aspecto (ambiental, económico, social

y tecnológico) para la obtención de la Matriz de Indicadores de Tecnologías Energéticas –MITE. Como resultado de esta puntuación se obtendrá el Puntaje global de la Tecnología- PGT, para ser contrastado con la Disponibilidad del Recurso Energético DRE, mediante la ecuación (1) y así, finalmente obtener la Viabilidad de la Fuente Energética-VFE.

$$PGT \times DRE = VFE \quad (1)$$

2.2. Matriz de Evaluación de Costos

La Matriz de Evaluación de costos está conformada por los aspectos económicos relacionados con la adquisición, puesta en marcha y de operación en los que se incurre por la selección de una determinada tecnología, como se puede observar en la Tabla 1.

En la primera columna, se observa los costos de implementación de las tecnologías y los parámetros de comparación. El primer costo que se evalúa es el valor presente del equipo en pesos colombianos, seguido de la vida útil (en años), esto con el fin de establecer el número de equipos requeridos para que se cumpla con el horizonte del Proyecto y el valor correspondiente de los mismos; dicho valor se obtiene de la multiplicación del costo del equipo por el número total de equipos requeridos. Posteriormente, se valora el costo del transporte y aranceles a puerto colombiano, en caso de compra FOB. Adicionalmente, se tuvo en cuenta el área disponible del equipo a instalar (en metros cuadrados), con el objetivo de establecer el costo aproximado de la obra civil y requerimientos (alistamiento del terreno, caseta, estructuras o soportes) para la instalación del equipo, el costo de instalación y puesta en marcha de los equipos.

Tabla 1. Matriz de Evaluación de Costos (MEC)

	Matriz de Evaluación de Costos-MEC					
	Fuente de energía A		Fuente de energía B		Fuente de energía ...	
	Tecnología 1A	Tecnología 2A	Tecnología 1B	Tecnología 2B	Tecnología 1B	Tecnología 2B
Costo						
Equipo						
Vida útil						
Equipos en 20 años						
Equipo estimado proyecto						
Transporte a puerto colombiano. En caso de compra FOB						
Transporte a zona costera						
Terreno para la instalación						
Obra civil- Caseta.-Torre-alistamiento de terreno						
Instalación y puesta en marcha del sistema. Cotización firma de ingeniería en Colombia. Incluye cableado.						
Kilovatio instalado (kW)						
Insumos						
Horas de servicio día/ 20 años						
Mantenimiento 20 años						
Operación 20 años						
Manejo de residuos						
Costos totales						
\$ / kWh Base 720000 kWh /20 años						

Fuente: Elaboración propia

Por otra parte, se puede observar el costo del kilovatio instalado en valor presente, así como los costos de insumos (combustibles y aceites), las horas de servicio del equipo al día y la totalidad de horas de servicio, el mantenimiento de los equipos, el costo de un operario para el manejo del equipo y los costos de manejo de residuos generados por los equipos, todos evaluados durante el mismo

periodo (horizonte del proyecto). Finalmente, se puede observar los costos totales del proyecto con cada tecnología y el costo del kilovatio/hora. En la segunda columna, se puede observar la fuente de energía y las diferentes tecnologías para su conversión en energía eléctrica.

2.3. Matriz de Indicadores de Tecnologías Energéticas (MITE)

En la MITE se realiza la asignación de puntuación sobre cada tecnología en función de los aspectos económicos, sociales, ambientales y tecnológicos, que se presentan en la Tabla 2.

- a) En el aspecto económico, la ponderación se basa en separar en cuatro grupos la Matriz de Evaluación de costos (MEC), de la siguiente manera: inversión inicial, insumos, mantenimiento y operación.
- ✓ Inversión inicial, se encuentran los costos de equipo estimado para el proyecto, transporte a puerto colombiano (en caso de compra FOB), transporte a zona, obra civil (caseta, torre, alistamiento del terreno), instalación y puesta en marcha del sistema.
 - ✓ Insumos, se encuentran los costos insumos como el combustible y aceites, por ejemplo.
 - ✓ Mantenimiento, se encuentra el costo de realizar el mantenimiento de los equipos en el horizonte del proyecto.
 - ✓ Operación, se encuentra los costos de operación de los equipos y la recolección de residuos durante el horizonte del proyecto.

La asignación del puntaje para el aspecto económico, consiste en asignar un valor de 0 a 1 a cada una de las tecnologías realizando la comparación de costos por cada grupo, al costo menor se le asignó un valor de 1 y al costo más alto un valor de 0, realizando los cálculos por interpolación para las demás tecnologías.

Tabla 2. Matriz de Indicadores de Tecnologías Energéticas –MITE

	ASPECTO ECONÓMICO			
	Fuente de energía A		Fuente de energía B...	
	Tecnología 1A	Tecnología 2A	Tecnología 1B	Tecnología 2B
Inversión inicial				
Insumos				
Mantenimiento				
Operación				
Total				
	ASPECTO TECNOLÓGICO			
	Fuente de energía A		Fuente de energía B	
	Tecnología 1A	Tecnología 2A	Tecnología 1B	Tecnología 1A
Tiempo de instalación (meses)				
priorización				
Replicabilidad (facilidad)				
Proveedores (facilidad)				
Repuestos y mantenimiento (facilidad)				
Capacitación (facilidad)				
Afectación del medio ambiente a la tecnología				
Total				
	ASPECTO SOCIAL			
	Fuente de energía A		Fuente de energía B	
	Tecnología 1A	Tecnología 2A	Tecnología 1B	Tecnología 1A
Tipo de organización requerida				
Apropiación/ Aprovechamiento de la tecnología				
Riesgo por orden público, terrorismo y/o vandalismo				
total				
	ASPECTO AMBIENTAL			
	Fuente de energía A		Fuente de energía B	



IV CAIM 2014

Cuarto Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
Resistencia Chaco - Rep. Argentina

FORO
DOCENTE
DEL AREA
MECANICA
DE LAS
INGENIERIAS

FoDAMI

	Tecnología 1A	Tecnología 2A	Tecnología 1B	Tecnología 1A
Uso del terreno				
Emisiones				
Residuos				
Afectación al agua				
Total				

Fuente: Elaboración propia

- b) En la ponderación del aspecto ambiental, se establecen cuatro indicadores relacionados con el uso del terreno o área requerida para la instalación, emisiones entregadas al medio ambiente, residuos generados por el uso o funcionamiento y la afectación al agua de las comunidades.

La asignación del puntaje, se realiza considerando:

Para el uso del terreno, con un puntaje de 0 a 1. Un valor de 1 para la tecnología u equipo que requiera menos área para la instalación y 0 para la tecnología u equipo que requiera de mayor área de instalación. Para los ítems de emisiones, residuos y afectación del agua, se asignó un puntaje de 0 a 10, dando un valor de 10 a la tecnología que genere menor afectación al ambiente y de 0 a la tecnología con mayor afectación y realizando interpolación para la asignación de los puntajes de las demás tecnologías.

Adicionalmente, cada indicador considerado en la evaluación ambiental tendrá asignado un peso relativo, donde el indicador con mayor peso es el área de terreno empleada con 40%. Esto debido a que según la tecnología, los requerimientos de área para cada equipo varían, por lo tanto entre mayor es el área empleada mayor será el impacto ambiental. Los demás indicadores poseen el mismo peso relativo (20%).

- c) En el aspecto social, la ponderación se realiza con base a la valoración de tres indicadores, como el tipo de organización requerida para el manejo de la tecnología, el aprovechamiento de la tecnología por parte de la comunidad, y el riesgo por orden público, terrorismo y/o vandalismo. A cada indicador se le asigna un porcentaje o peso relativo de 20%, 40%, y 40% respectivamente. De igual forma, la asignación del puntaje se realiza de 0 a 10, dando un valor de 10 a la tecnología que genere menor afectación social y de 0 a la tecnología con mayor afectación y realizando interpolación para la asignación de los puntajes de las demás tecnologías.
- d) La ponderación del Aspecto tecnológico, se basa en la valoración de seis indicadores: la priorización en tiempo de instalación (en meses), la facilidad de replicar la tecnología, la facilidad de proveedores o comercialización de la tecnología u equipos descritos en Colombia, facilidad de mantenimientos, disponibilidad de repuestos y personal capacitado para futuros daños del equipo, facilidad capacitación y aprendizaje del funcionamiento u operación de la tecnología y la afectación al del medio ambiente hacia la tecnología u equipos a instalar. A cada indicador le corresponde un porcentaje o peso relativo de 10% para a afectación del medio ambiente a la tecnología, Disponibilidad de repuestos y personal capacitado y a la Disponibilidad de la tecnología en Colombia; de 20% para El nivel de conocimientos técnicos y el tiempo de implementación; finalmente del 30% para la Replicabilidad.

La asignación del puntaje en relación con el tiempo de implementación se asigna un valor de 1 para la tecnología u equipo que requiera de menor tiempo y 0 para la tecnología u equipo que requiera mayor tiempo, realizando interpolación para la asignación de los puntajes de las demás tecnologías.

Para los indicadores de replicabilidad, disponibilidad de la tecnología en Colombia, facilidad de mantenimientos, repuestos y personal calificado para la operación y nivel de capacitación o conocimientos para la operación, se asigna un puntaje de 0 a 10, dando un valor de 10 a la tecnología que genere mayor facilidad de aplicación de cada uno de los ítems y de 0 a la tecnología con menor facilidad de aplicación y realizando interpolación para la asignación de los puntajes de las demás tecnologías.

Posterior a la puntuación de los indicadores ya mencionados, se establece una matriz de priorización, en la que el aspecto más relevante para la selección de la tecnología es el aspecto económico (60%), seguido del aspecto social (20%) , tecnológico (15%) y ambiental (5%), estos porcentajes corresponde al 100% de la evaluación global de las tecnologías..

2.4. Viabilidad de Fuente Energética -VFE

La Viabilidad de Fuente Energética (VFE) es el resultado de la multiplicación del Factor de Disponibilidad del Recurso Energético (DRE) por el Puntaje Global de la Tecnología (PGT). Cabe resaltar que el Factor de Disponibilidad es de gran relevancia para la aplicación de cualquiera de las tecnologías, ya que la existencia del recurso energético puede invalidar el uso de una tecnología en una determina zona geográfica. Adicionalmente, el Puntaje Global de la Tecnología (PGT) es el resultado de la Matriz de Indicadores de Tecnologías Energéticas (MITE).

3. EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA UNA ZONA DEL PACIFICO COLOMBIANO

La metodología anteriormente expuesta fue aplicada a la evaluación de alternativas de generación de energía eléctrica en la producción de hielo y frío, para la cadena de la pesca artesanal en una zona del Pacifico colombiano. De acuerdo con los requerimientos de frío y a la dinámica económica característica de la zona de interés, se estableció que un cuarto frio de 2 Toneladas de almacenamiento sería adecuado para el volumen de hielo y pescado, con un tiempo de rotación de dos días; así mismo se definió una máquina de producción de hielo 1 Ton/día de hielo en bloques. Finalmente, para el cumplimiento de los requerimientos de potencia eléctrica del cuarto frio y la máquina de producción de hielo se determinó que una planta de generación de 10kW sería suficiente. A continuación se muestra las matrices resultantes de la aplicación de la metodología planteada.

3.1. Matriz de Evaluación de Costos (MEC)

La Matriz de Evaluación de costos se realizó mediante la solicitud de cotizaciones de las diferentes tecnologías para la producción de energía eléctrica de 10 kW de potencia, así como los costos

asociados a el transporte, instalación, puesta en marcha, mantenimiento, entre otros. En la Tabla 3 se observa la recopilación de los costos asociados a cada tecnología.

Tabla 3. Matriz de evaluación de costos de 10 Kw para una zona promedio del pacifico Colombiano.

Tecnología	Energías											
	Planta de generación			P. combustión con biomasa	Gasificación		Biodigestión	Solar	Eólica		PCH	
	Diesel	Gas natural	Gas propano		Tiro fijo	Lecho fluidizado			Fotovoltaica	Horizontal	Vertical	Pelton
Equipo	\$19.000.000	\$22.000.000	\$28.000.000	\$ 18.000.000	\$ 70.000.000	\$ 75.000.000	\$ 83.000.000	\$ 88.000.000	\$ 100.000.000	\$ 110.000.000	\$ 25.500.000	\$ 32.600.000
Vida útil	10 años	10 años	10 años	20 años	20 años	20 años	15 años	10 años	20 años	20 años	10 años	10 años
Equipos en 20 años	2	2	2	1	1	1	2	2	1	1	2	2
Equipo estimado proyecto	\$ 38.000.000	\$ 44.000.000	\$ 56.000.000	\$ 18.000.000	\$ 70.000.000	\$ 75.000.000	\$ 166.000.000	\$ 176.000.000	\$ 100.000.000	\$ 110.000.000	\$ 51.000.000	\$ 65.200.000
Transporte a puerto colombiano. En caso de compra FOB	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 25.000.000	\$ 15.000.000	\$ 16.000.000	\$ 10.500.000	\$ 0	\$ 0	\$ 16.000.000	\$ 20.000.000	\$ 17.000.000
Transporte a zona costera	\$ 5.000.000	\$ 5.000.000	\$ 5.000.000	\$ 7.000.000	\$ 9.500.000	\$ 11.500.000	\$ 5.500.000	\$ 15.200.000	\$ 15.700.000	\$ 15.000.000	\$ 9.000.000	\$ 8.000.000
Terreno para la instalación	20 m2	20 m2	20 m2	25 m ²	30 m ²	30 m ²	30 m ²	130 m ²	100 m ²	100 m ²	40 m ²	40 m ²
Obra civil- Caseta.-Torre-alistamiento de terreno	\$ 20.000.000	\$ 20.000.000	\$ 20.000.000	\$ 25.000.000	\$ 30.000.000	\$ 30.000.000	\$ 30.000.000	\$ 130.000.000	\$ 200.000.000	\$ 200.000.000	\$ 80.000.000	\$ 80.000.000
Instalación y puesta en marcha del sistema. Cotización firma de ingeniería en Colombia. Incluye cableado.	\$ 30.000.000	\$ 30.000.000	\$ 30.000.000	\$ 30.000.000	\$ 30.000.000	\$ 35.000.000	\$ 25.000.000	\$ 45.000.000	\$ 68.000.000	\$ 68.000.000	\$ 70.000.000	\$ 70.000.000
Kilovatio instalado (kW)	\$ 4.650.000	\$ 4.950.000	\$ 5.550.000	\$ 5.250.000	\$ 7.725.000	\$ 8.375.000	\$ 11.850.000	\$ 18.310.000	\$ 19.185.000	\$ 20.450.000	\$ 11.500.000	\$ 12.010.000
Insumos	\$ 654.080.000	\$ 327.040.000	\$ 280.320.000	\$ 120.000.000	\$ 120.000.000	\$ 100.000.000	\$ 80.000.000	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
	\$ 90.000.000	\$ 90.000.000	\$ 90.000.000	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Horas de servicio día/ 20 años	8/ 58400	8/ 58400	8/ 58400	8/ 58400	8/ 58404	8/ 58400	8/ 58400	10/73000	24/1752000	24/ 1752000	24/ 1752000	24/ 1752000
Mantenimiento 20 años	\$ 180.000.000	\$ 180.000.000	\$ 180.000.000	\$ 140.000.000	\$ 150.000.000	\$ 160.000.000	\$ 160.000.000	\$ 120.000.000	\$ 140.000.000	\$ 130.000.000	\$ 150.000.000	\$ 166.000.000
Operación 20 años	\$ 360.000.000	\$ 360.000.000	\$ 360.000.000	\$ 360.000.000	\$ 360.000.000	\$ 360.000.000	\$ 360.000.000	\$ 360.000.000	\$ 360.000.000	\$ 360.000.000	\$ 360.000.000	\$ 360.000.000
Manejo de residuos	\$ 96.000.000	\$ 96.000.000	\$ 96.000.000	\$ 24.000.000	\$ 24.000.000	\$ 24.000.000	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Costos totales	\$ 1.473.080.000	\$ 1.152.040.000	\$ 1.117.320.000	\$ 749.000.000	\$ 808.500.000	\$ 811.500.000	\$ 837.000.000	\$ 846.200.000	\$ 883.700.000	\$ 899.000.000	\$ 740.000.000	\$ 766.200.000
\$/Kwh Base 720000 kwh/20 años	\$ 2.046	\$ 1.600	\$ 1.552	\$ 1.040	\$ 1.123	\$ 1.127	\$ 1.163	\$ 1.175	\$ 1.227	\$ 1.249	\$ 1.028	\$ 1.064

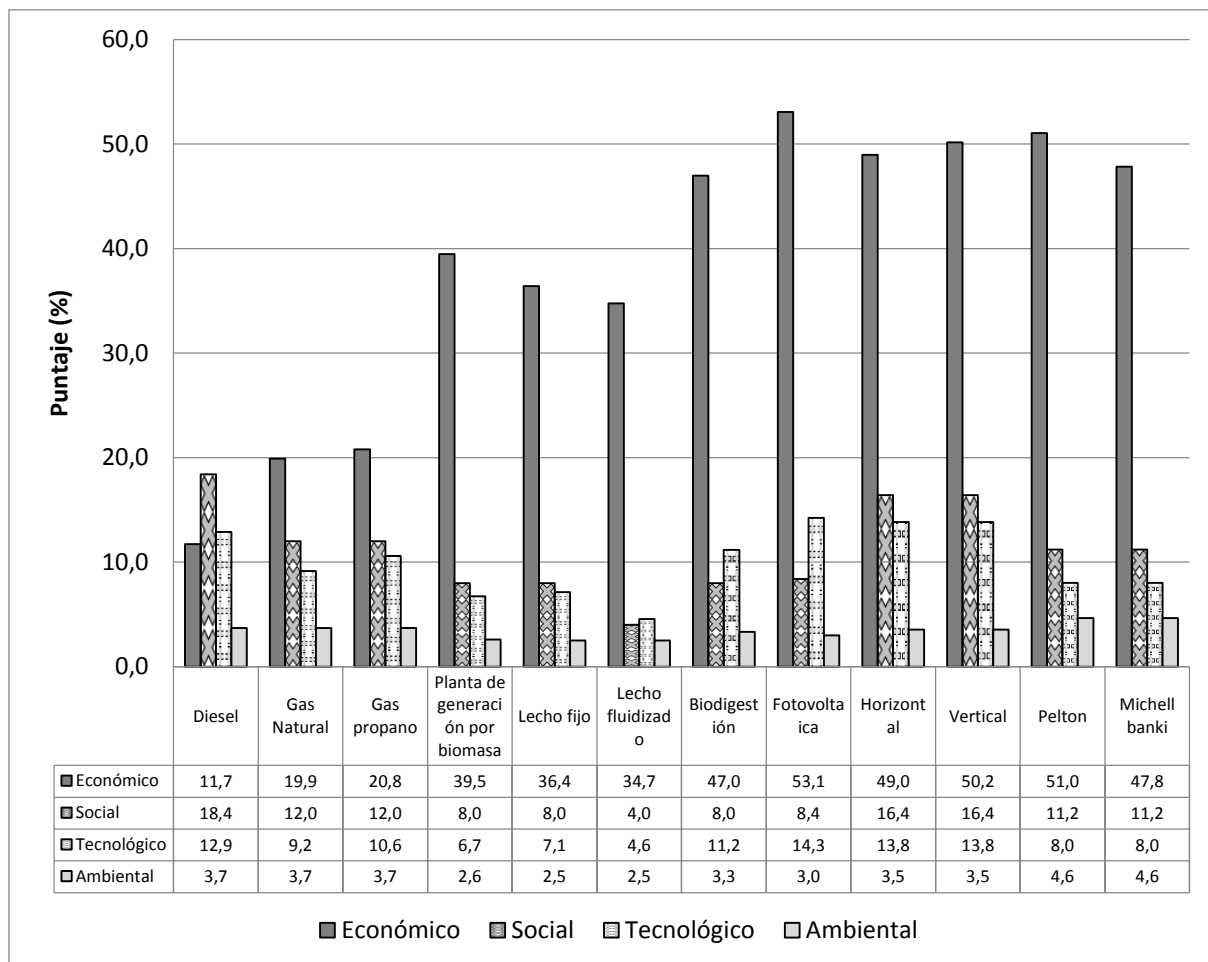
Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 3, se pueden observar los costos de generación por kilovatio hora de cada tecnología. Cabe resaltar que para la zona del pacifico Colombiano los costos de generación oscilan entre \$ 1.028 y 2.046 COP, en donde las tecnologías con menor costo de generación son la PCH tipo Pelton y la plantas de combustión con biomasa; y la tecnología con mayor costo es la planta de generación con diésel. Con base de la Tabla 3, se procedió a evaluar los aspectos económicos, tecnológicos, sociales y ambientales dando como resultado la matriz de indicadores de tecnologías energéticas (MITE) la cual se describe a continuación.

3.2. Matriz de Indicadores de Tecnologías Energéticas (MITE)

Tomando los resultados obtenidos en la MEC y los conocimientos que caracterizan el entorno de esta zona, que es un promedio de la caracterización de las zonas costeras del pacifico Colombiano, se

evaluaron los diferentes indicadores de cada aspecto. Estableciendo la calificación a cada uno de ellos dependiendo del índice de aprovechamiento.



- Aspecto económico:** La evaluación del aspecto económico corresponde al 60% de la Matriz de priorización, donde los puntajes más altos corresponden a las tecnologías más económicas. De acuerdo a los resultados obtenidos, la tecnología más económica es la fotovoltaica, obteniendo una calificación del 53 % y la tecnología más costosa es la planta de generación con diésel, con un 11 % aproximadamente.
- Aspecto social:** La evaluación del aspecto social corresponde en la Matriz de Priorización al 20%, donde el puntaje más alto indica un menor impacto social negativo en la comunidad. Los resultados de esta evaluación muestran que la tecnología con menor impacto social negativo es la planta de generación con diésel, obteniendo un 18 % aproximadamente y la tecnología con menor aprovechamiento es la gasificación de lecho fluidizado, con un 4 %.
- Aspecto tecnológico:** En la matriz de priorización esta corresponde al 15% del puntaje total. De los resultados obtenidos se observa que el mayor puntaje, de 14%, corresponde a la energía solar fotovoltaica, debido a su gran versatilidad, replicabilidad, al corto periodo de implementación, poco nivel de conocimientos técnicos para su operación y la gran disponibilidad que existe actualmente en

el mercado Nacional e internacional. Por otra lado, La menor puntuación corresponde a la gasificación mediante lecho fluidizado, con 5%, la cual presenta un periodo de implementación alto comparado con las demás tecnologías de aprovechamiento de fuentes renovables de energías renovables, adicional a esto, tenemos que a nivel comercial en el mercado nacional la tecnología no es muy madura.

- **Aspecto ambiental:** La evaluación ambiental dentro de la matriz de priorización representa el 5% del puntaje total, donde los resultados obtenidos muestran que las tecnologías con menor afectación son las tecnologías renovables, siendo el menor impacto el generado por las PCH's, con un porcentaje de 4.5%, ya que los impactos son localizados y muy bajos. Por el contrario, el mayor impacto ambiental es generado por las plantas de gasificación, con un porcentaje de 2,5% debido a la generación de emisiones y residuos sólidos y líquidos.

3.3. Viabilidad de Fuente Energética (VFE)

El resultado de la viabilidad de la fuente energética, es la disponibilidad del recurso energético encontrado en las zonas costeras del pacífico Colombiano y la puntuación global que obtuvo la tecnología con respecto a los indicadores anteriormente mencionados. El resultado arrojado de la sumatoria de la puntuación dada a las tecnologías en cada uno de los aspectos evaluados, arrojó que la tecnología con mayor calificación es la generación mediante energía eólica con un promedio del 83 % y la menor calificación es la planta de generación con gas natural.

La disponibilidad del recurso energético que se encuentra en la zona del pacífico Colombiano es muy limitada, ya que sus factores climatológicos influyen directamente en la eficiencia de la generación como se puede observar en la Figura 2, donde se identifica que el recurso de generación por energía eólica es casi nulo por que las velocidades de vientos que se encuentran no sobrepasan los 3 m/s; otro recurso limitado es el gas natural, ya que para esta zona no se encuentra una red de distribución y su transporte es bastante complejo. Las tecnologías de generación por PCH's cuentan con una baja disponibilidad, ya que aunque poseen el recurso, su uso es limitado por las grandes distancias que hay desde el punto de generación al punto de distribución o consumo. Las tecnologías de generación por biomasa también se encuentran limitadas, ya que no existe un sistema para la recolección de los residuos y su manejo, ni políticas para el apoyo de cultivos energéticos. Finalmente, el recurso con mayor disponibilidad es el diésel, ya que actualmente es muy comercializado actualmente en estas zonas, sin embargo, su alto costo debido a las dificultades de transporte a zona y de más aranceles afectan su consumo.

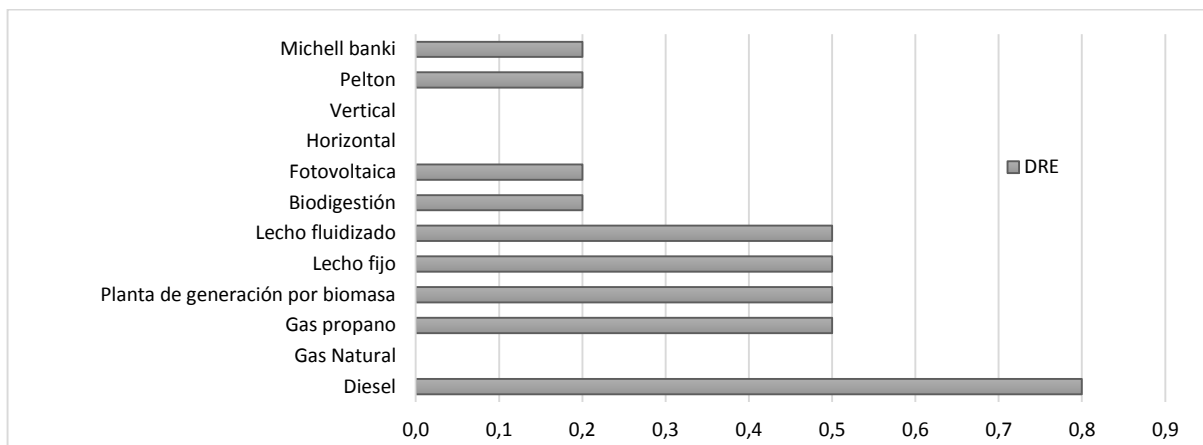


Figura 2. Disponibilidad del Recurso Energético (DRE)

Fuente: Elaboración propia

Con los resultados ya obtenidos de la puntuación global y la disponibilidad del recurso (Figura 2) se procedió a realizar la operación directa e identificar la viabilidad de la fuente energética (VFE), los resultados obtenidos se muestran en la Figura 3. Mediante la VFE, se identificó que la tecnología con mayor viabilidad es la generación con diésel para fuentes convencionales, con un 38 %, seguida de la generación con biomasa como fuente de generación renovable, con un 28 % aproximadamente. Lo anterior, indica que se existe la posibilidad de aprovechar estos recursos, pero existen ciertas limitaciones resultantes de las condiciones geográficas, culturales y económicas de la zona, generando la necesidad de realizar una evaluación más detallada de los recursos existentes.

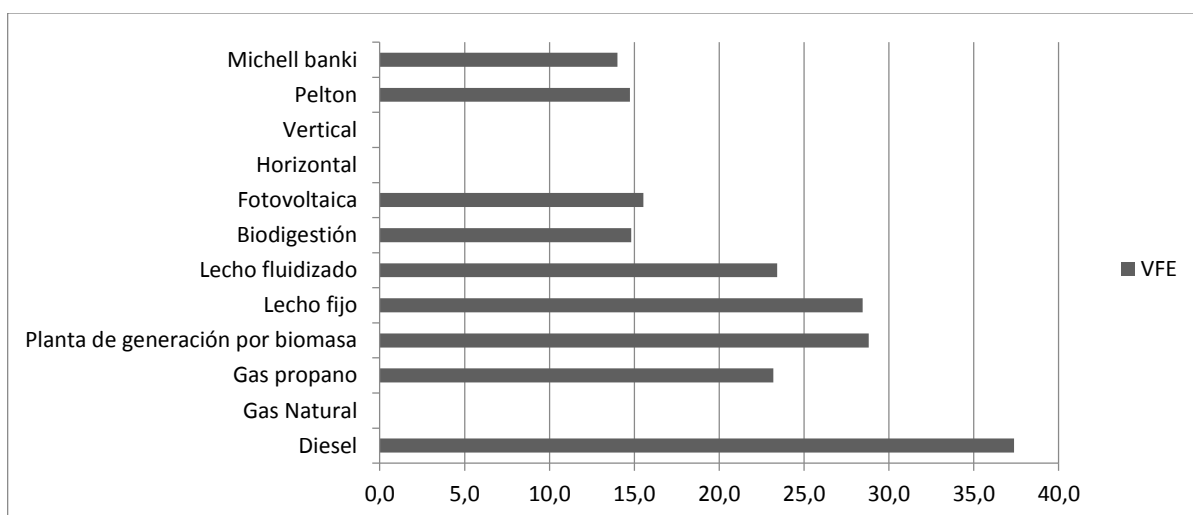


Figura 3. Viabilidad de la Fuente de Energía (VFE)

Fuente: Elaboración propia

4. CONCLUSIONES

El planteamiento de la metodología empleada para la evaluación de alternativas de generación de energía eléctrica, es integral y eficaz, debido a que tiene en cuenta aspectos de gran impacto, en el

desarrollo de un proyecto, como son las características culturales, geográficas y económicas. Esta metodología, basada en el análisis multicriterio, de fácil aplicación permite la visualización clara y oportuna de la viabilidad de una tecnología de acuerdo a la zona de implementación del proyecto, como se observa en la Figura 4.

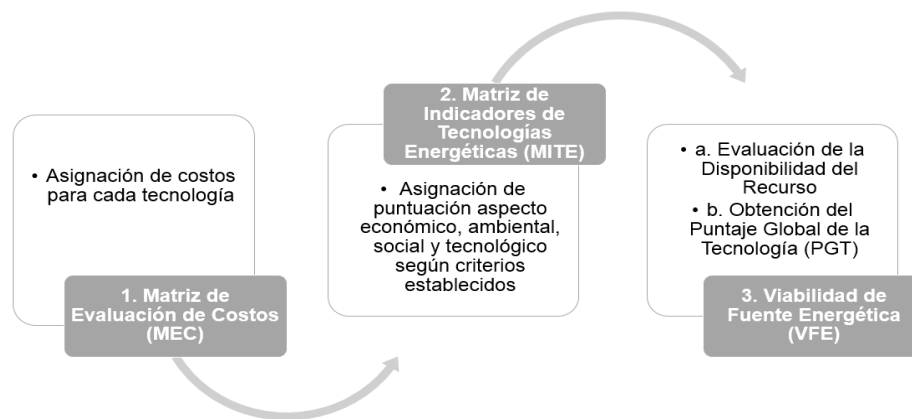


Figura 4. Esquema metodológico
Fuente: Elaboración propia

La metodología se ha validado en el caso práctico aplicado en las zonas costeras del Pacífico colombiano con resultados que permite tomar decisiones para la selección de tecnologías en función del desarrollo económico y las condiciones ambientales, sociales de mercado y disponibilidad de recursos.

Por otra parte, partiendo de los requerimientos de almacenamiento, el análisis de la distribución y características geográficas, climáticas, sociales, entre otras, de las comunidades, la solución tecnológica propuesta corresponde a dos sistemas modulares conformados por una planta de generación eléctrica mediante combustión de biomasa de 10 kW, un cuarto frío con una capacidad de 2 Ton de almacenamiento y una máquina de fabricación de hielo en bloques con capacidad de 1 Ton/día. Los sistemas serán instalados en las comunidades equidistantes que mejoren los tiempos de transporte del hielo y del producto.

5. AGRADECIMIENTOS

Esta metodología se desarrolló dentro del Marco del Proyecto “EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA PARA LA CADENA DE FRÍO DE LA PESCA ARTESANAL EN ZONAS RURALES COSTERAS DE LOS MUNICIPIOS DE NUQUÍ, BUENAVENTURA, TUMACO Y FRANCISCO PIZARRO” financiado por el Programa Bioredd+ Colombia, y realizado por el Grupo de Investigación Mecanismos de Desarrollo limpio y Gestión Energética MDLYGE y el Grupo de Investigación en el Sector Energético Colombiano GRISEC de la Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá y la Consultora Dantta S. A. S.

6. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Y. D. V. P. Gloria G. González, «EVALUACIÓN INTEGRAL DE LA PESCA ARTESANAL EN EL GOLFO DE TTRIBUGÁ, NORTE DEL PACÍFICO COLOMBIANO,» *La Timonera*, vol. 20, 2013.
- [2] Ministro de Agricultura y Desarrollo Rural, «PESCA Y ACUICULTURA COLOMBIA 2007,» 2007.
- [3] G. C. FELIPE, «EL USO DE TECNOLOGIAS EN LAS COMUNIDADES DEL PACIFICO COLOMBIANO: UNA ALTERNATIVA FRENTE A AL POBREZA. ENSAYO,» MAESTRIA EN CIENCIAS ECONOMICAS, 2006.
- [4] M. L. Restrepo, «Pescado fresco: pesca de clientes segura,» *CATERING*, vol. 2, nº 6, 2003.
- [5] Unidad de Planeacion Mineroenergetica, «Atlas de Viento y Energía Eólica de Colombia,» 2005.
- [6] Unidad de Planeacion Mineroenergética, «MAPAS DE BRILLO SOLAR Colombia,» 2005.
- [7] Unidad de planeacion Minero Energetica, «Mapa de Potencial Hidrico Colombia,» 2005.
- [8] U. D. P. M. ENERGÉTICA, «POTENCIALIDADES DE LOS CULTIVOS ENERGÉTICOS Y RESIDUOS AGRÍCOLAS EN COLOMBIA,» 2003.
- [9] D. L. L. P. E. Georgopoulou, «A Multicriteria Decision Aid approach for energy planning problems: The case of renewable energy option,» *European Journal of Operational Research*, vol. 38, nº 54, 1996.
- [10] «Application of multi-criteria decision making tosustainable energy planning—A review,» *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 8, 2004.
- [11] H. P. D.A. Haralambopoulos, «Renewable energy projects: structuring a multicriteria group decision-making framework,» *Renewable Energy* 28, vol. 28, 2003.
- [12] M. G. C. Naim H. Afgan *, «Multi-criteria assessment of new and renewable energy power plants,»*Energy*, vol. 27, 2002.
- [13] L. N. C. A. D. R. A. e. a. Alexandre Barin, «Multiple Criteria Analysis for Energy Storage Selection,» *Energy and Power Engineering*, vol. 3, 2011.
- [14] Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural Colombia, «Unidad Administrativa Especial de Gestión de Restitución de Tierras Despojadas,» Agosto 1993. [En línea]. Available: http://restituciondetierras.gov.co/media/descargas/pdf_tomo1/doc68.pdf.
- [15] P. E, «Utilización de Fuentes Alternas de Energía en Zonas No Interconectadas. II Encuentro nacional de uso racional de energía y fuentes de energía no convencionales,» Instituto de Planeación y Promoción de Soluciones Energéticas (IPSE), 2004.
- [16] USAID, «PLAN DE MANEJO FORESTAL PARA UN AREA DE 9705 HA DE PROPIEDAD DEL CONSEJO DE BAJO MIRA Y FRONTERA EN EL MUNICIPIO DE TUMACO DEPARTAMENTO DE NARIÑO (UNIDAD DE MANEJO FORESTAL BAJO MIRA Y FRONTERA)2005-2024,» Programa Colombia Forestal, San Andres de Tumaco, 2005.



IV CAIM 2014

Cuarto Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE
FACULTAD DE INGENIERIA
Resistencia Chaco - Rep. Argentina

FORO
DOCENTE
DEL AREA
MECANICA
DE LAS
INGENIERIAS

FoDAMI