

## INTRODUCCIÓN

La disponibilidad de la energía es uno de los factores esenciales para la humanidad que cada vez demanda más recursos energéticos para cubrir sus necesidades de consumo y bienestar. Las sociedades modernas, que sustentan su crecimiento en la obtención de energía a través de combustibles fósiles, ahora trabajan más hacia la adopción de medidas que protejan y salven el planeta.

La preocupación es cada vez mayor sobre los efectos medioambientales que conlleva el actual sistema de desarrollo económico, como son, el cambio climático, la lluvia ácida o el agujero de la capa de ozono por mencionar sólo algunos (IDAE, 2006, págs. 5-7). Una tendencia clave en la construcción de un sistema de desarrollo sostenible, es el aprovechamiento de energías renovables que provienen de fuentes inagotables y tienen numerosos beneficios.

El agua, fuente utilizada para conseguir energía hidráulica, llega a la tierra de forma continua y es de carácter inagotable. Sin embargo, aunque el agua es un recurso renovable, la energía hidráulica no es considerada como tal en las grandes instalaciones que generan un fuerte impacto ambiental. Por otra parte, las centrales hidroeléctricas a pequeña escala, normalmente con potencias generadas menores a los 5 megavatios, sí se consideran como una energía renovable ya que su impacto ambiental es mucho más reducido (Casadomo soluciones S.L., 2008).

Las centrales hidroeléctricas a pequeña escala, incluidas allí las microcentrales, se presentan como una buena alternativa en la generación de energía limpia y autóctona. Es así como la utilización de energías renovables es una de las posibles soluciones para mitigar los cambios climáticos, y es ahí donde figura la pequeña hidroenergía como una alternativa interesante para desarrollos ingenieriles en ese campo (Pelikan, Papetti, & Laguna, 2006).

La energía eléctrica juega un papel decisivo en el desarrollo económico y social de las naciones. En países como Colombia, no obstante su amplio inventario de recursos energéticos como carbón, gas, petróleo y recursos hídricos, se afrontan serios problemas para el suministro de energía a todo el país, en algunos casos por tratarse de zonas geográficas complicadas y distantes del sistema interconectado (INEA, 1997, pág. 11).

El proyecto de diseño de una microcentral hidroeléctrica, se presenta como demostración de una alternativa de bajo impacto ambiental que aporta en la solución del problema de suministro de energía. Una alternativa sincronizada con las tendencias mundiales de aprovechar las energías renovables para mejorar la calidad de vida en países en desarrollo. El uso de energías renovables para llevar a cabo las tareas cotidianas de la gente, se torna esencial para garantizar un futuro próspero y saludable del planeta.

En este sentido, el objeto de estudio del proyecto son las tecnologías existentes en generación hidroeléctrica a pequeña escala, buscando definir unos parámetros de selección de componentes que permitan llegar al diseño del montaje de una microcentral hidroeléctrica demostrativa en una localización con unas condiciones que serán analizadas para tener un proyecto justificado y que finalmente sirva como base para futuras replicaciones. La consolidación de este objetivo general se logra mediante una metodología enmarcada en el cumplimiento secuencial de los diferentes objetivos específicos planteados, los cuales son a su vez el fundamento del cual trata este trabajo escrito.

## 1. ANTECEDENTES

La energía que viene del agua es de gran provecho para el ser humano desde hace muchos siglos. Los antiguos griegos y romanos la usaron para moler trigo y durante la Edad Media tomó importancia al impulsar las industrias nacientes (Encarta, 2008). Con la aparición del generador eléctrico, el perfeccionamiento de las turbinas hidráulicas en el siglo XIX y los avances históricos ya a finales del siglo XX, se logró que las fuentes de fuerza hidroeléctrica proporcionaran más de la cuarta parte de la electricidad mundial (Carless, 1995, pág. 100).

Las empresas eléctricas en Colombia utilizaron hidroeléctricas a pequeña escala en las primeras décadas del siglo XX. Posteriormente, bajo la premisa que la electricidad constituía un servicio público, se consolidó un sistema centralizado de energía que incentivó a la realización de proyectos de gran tamaño y a la utilización de combustibles fósiles. En el período de 1960 a 1980 se dejaron de construir las pequeñas centrales, y por el contrario, debido a la falta de mantenimiento o interconexión de muchas, quedaron fuera de servicio (INEA, 1997, pág. 17) (Carless, 1995, pág. 21) (López Díez, 2003, págs. 46-57).

A raíz de la crisis energética de 1973, se produce en el mundo un gran interés por incrementar la participación de las fuentes de energía no convencionales. Es así como se constituyen en el país numerosos grupos de investigación en el área, pero la falta de apoyo hizo que pocos de estos grupos lograran consolidarse y produjeran resultados contundentes (Carless, 1995, pág. 21). Con la crisis energética de 1992, se abre de nuevo la posibilidad de desarrollar proyectos de centrales hidroeléctricas a pequeña escala. En tal sentido, entidades como el Instituto Colombiano de Energía Eléctrica (ICEL), y el Instituto de Ciencias Nucleares y Energías Alternativas (INEA) fortalecieron nuevos programas (INEA, 1997, pág. 17).

La aceptación de las centrales hidroeléctricas a pequeña escala se muestra cambiante en el tiempo y ahora vuelven entonces a considerarse como alternativa, por las ventajas que ofrecen (Múnera López, 2008). Algunos proyectos relevantes construidos en el pasado, son: el Programa Especial de Energía de la Costa Atlántica (PESENCA) desarrollado en 1985 por la Corporación Eléctrica de la Costa Atlántica; el proyecto piloto del Ministerio de Minas y Energía, que desarrolló pequeñas centrales en zonas aisladas de Nariño, Guajira, Chocó, Meta y Cauca. Por su parte, el ICEL, entre 1995 y 1997 llevó a cabo un programa de construcción de pequeñas centrales en diversos departamentos (INEA, 1997, págs. 17-18).

La Universidad Nacional de Colombia, a finales de la década del 90, realizó un inventario para el Programa Nacional de Energías no Convencionales; se contabilizaron en ese momento 217 centrales hidroeléctricas a pequeña escala, con una capacidad instalada estimada de 180 megavatios, lo que equivale al 2,3% de la potencia total instalada en Colombia y al 0,72% del potencial disponible estimado para éstas. El mayor número instalado en pequeñas centrales se localiza en el departamento de Antioquia con el 19,69% (38 pequeñas centrales); el departamento con mayor capacidad instalada es Santander con 18,31% (30,8 megavatios) (INEA, 1997, pág. 19).

Para 2008, según datos de la gobernación de Antioquia, en el departamento existen unas 60 centrales a pequeña escala y se cuenta con un portafolio de unos 29 proyectos nuevos, sobre los cuales se avanza en estudios de factibilidad y diseño, con capacidad para más de 100 megavatios (Múnera López, 2008). Aunque a Julio de 2009, Corantioquia revela que hay más de 130 proyectos en trámite de permiso de estudio, el potencial de desarrollo de las centrales hidroeléctricas a pequeña escala es aún mayor, sobretodo en la categoría de microcentrales donde los costos y tecnologías son favorables para poder unir esfuerzos en proyectos de pequeña hidrogenación de energía.

## 2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El Instituto de Planificación de Soluciones Energéticas (IPSE) revela que el 66% del territorio colombiano no está integrado al sistema eléctrico. Son 1200 localidades y 91 Municipios los que hacen parte de las denominadas zonas no interconectadas (IPSE, 2008). La mayoría son zonas aisladas y sus bajos recursos no les permiten resolver el problema de suministro energético.

La falta de energía es un problema que afecta tanto la calidad de vida como la productividad y el desarrollo de gran parte del país. Las soluciones planteadas son en muchas ocasiones de elevados costos como grandes centrales hidroeléctricas que terminan por ser inviables, o de impactos ambientales indeseables como las plantas Diesel que se subsidian un muchas zonas de Colombia, las cuales son altamente contaminantes.

Se necesitan soluciones que aprovechen fuentes renovables, sean baratas, confiables y que además ostenten atributos ambientales como la limpieza, la sostenibilidad y la ausencia de emisión de gases de efecto invernadero (Pérez Franco, 2007, pág. 1).

Un inminente potencial hídrico por explotar aún en departamentos como Antioquia, orienta a pensar que una de las soluciones es adelantar proyectos de aprovechamiento de energías como son los caudales de agua, para lograr producción limpia de electricidad que suministre energía a las áreas rurales. Las microcentrales hidroeléctricas son un tipo de aprovechamiento de la energía hídrica, que con un bajo impacto ambiental, se presentan como una solución alterna para el abastecimiento de energía eléctrica.

### 3. JUSTIFICACIÓN

Colombia cuenta con 742.725 cuencas hidrográficas y un caudal promedio multianual de 52.075 m<sup>3</sup>/seg. Las condiciones pluviométricas y de escorrentía dan como resultado un rendimiento promedio anual de 58 lt/seg/km<sup>2</sup>. Un rendimiento medio seis veces mayor al promedio del total mundial de 10 lt/seg/km<sup>2</sup>, y un caudal promedio multianual que lo hace clasificar como el cuarto país en el mundo con capacidad hidráulica, agregándole que cuenta con 3 cordilleras, sierras nevadas y numerosas serranías que hacen que sus ríos y quebradas caigan desde los 3500 msnm hasta el nivel del mar (INEA, 1997, págs. 16-17).

El departamento de Antioquia según el informe del Agua del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) presenta zonas muy ricas en recursos hidrológicos, como la parte cercana a la vertiente del pacífico bordeando el río Atrato y zonas de incidencia de los ríos Cauca y Magdalena donde el rendimiento promedio anual de escorrentía llega a valores entre 100-150 lt/seg/km<sup>2</sup> (IDEAM, 2004). El resto del departamento goza de una riqueza hídrica que los Antioqueños deben considerar como oportunidad y fortaleza.

En este sentido, la utilización de las energías renovables es uno de los campos de la ciencia y la tecnología de mayor desarrollo a nivel mundial en las últimas décadas, ante las perspectivas ventajosas que ofrece en términos de costos, eficiencia y bajo impacto ambiental. El proyecto de diseño de una microcentral hidroeléctrica se justifica en el mejor aprovechamiento de la riqueza hídrica con que cuenta el país, destacando al departamento de Antioquia en este aspecto, además de seguir los lineamientos de las nuevas tendencias en cuanto al aprovechamiento efectivo de los recursos de energías renovables, implementando modelos que favorezcan a los más pobres en los países en desarrollo.

#### 4. IMPORTANCIA EN LA CARRERA Y EL MEDIO

La Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (ASME) realizó en el año 2008 la Cumbre Mundial para definir la visión 2028 de la Ingeniería mecánica. Allí se da por planteado que la visión a futuro de la mecánica, es desarrollar soluciones de ingeniería que fomenten un mundo más limpio, saludable, seguro y sostenible. (ASME, 2008). El diseño de la microcentral hidroeléctrica se encamina en la lucha por unir esfuerzos con iniciativas que favorezcan la sostenibilidad del planeta.

El proyecto de la microcentral está articulado a un proyecto más extenso, liderado por la Universidad Eafit, denominado El Carmen 2030. Un proyecto de cooperación institucional que se plantea en 2008, el cual tiene como objetivo mejorar los niveles socioeconómicos en el Municipio del Carmen de Viboral, mediante la identificación, planeamiento, ejecución y acompañamiento de un programa Institucional desarrollado interdisciplinariamente.

El diseño de la microcentral busca dar aportes desde la Ingeniería mecánica, para avanzar en los fundamentos y conocimientos de la línea de Procesos de Energías limpias que tiene el Proyecto El Carmen 2030. La energía limpia y barata puede facilitar, mediante los encadenamientos productivos, el establecimiento en la región de empresas manufactureras o industrias con mejores oportunidades (Múnera López, 2008). Al igual que en los objetivos generales del proyecto el Carmen 2030, al contar con el diseño de la microcentral, se facilitan posteriores estudios y desarrollo de proyectos similares, en concordancia con la misión de la Universidad Eafit de contribuir al progreso del país, pero además enmarcado en los propósitos de los objetivos del Milenio, la Visión Colombia 2019, la Visión Antioquia siglo XXI y el plan de Desarrollo 2008 – 2011 de la gobernación de Antioquia. Es así como se da la interacción entre los distintos sectores del medio: empresarial, gubernamental y académico.

## 5. OBJETIVOS

### 5.1 OBJETIVO GENERAL

Aplicar el conocimiento existente en generación hidroeléctrica a pequeña escala para diseñar el montaje de una microcentral hidroeléctrica demostrativa que aporte en la línea de procesos de energías limpias del Proyecto el Carmen 2030 y a su vez sirva de orientación en posteriores desarrollos de microcentrales hidroeléctricas en otras zonas de Antioquia.

### 5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Objetivo 1. Identificar los principios de la Ingeniería, en cuanto a temas de hidráulica, mecánica de fluidos, montaje de sistemas, control de equipos y demás necesarios para la implementación de una microcentral hidroeléctrica. Nivel 1 – Conocer
- Objetivo 2. Reconocer y determinar una localización específica que cumpla con las condiciones óptimas para diseñar la microcentral hidroeléctrica. Nivel 1 – Conocer
- Objetivo 3. Seleccionar la mejor unidad microcentral hidroeléctrica y los demás componentes que configuran el diseño del montaje, satisfaciendo determinadas necesidades de consumo energético. Nivel 2 – Comprender
- Objetivo 4. Utilizar los conocimientos comprendidos para elaborar una cartilla electrónica que sirva como guía básica para impulsar posteriores diseños de microcentrales hidroeléctricas en la zona rural Antioqueña. Nivel 3 – Aplicar
- Objetivo 5. Concluir los principales resultados logrados con el diseño de la microcentral hidroeléctrica, resaltando el carácter de energía renovable y su impacto ambiental y social.

## 6. ALCANCE Y PRODUCTOS

El alcance del proyecto es el diseño de la microcentral hidroeléctrica. Se entiende diseño como la primera etapa enmarcada en la pre-factibilidad del proyecto que comprende la selección de los diferentes componentes y la configuración del montaje. Esto sentaría las bases para una futura segunda etapa del proyecto referente a la construcción de la microcentral. El proyecto tendrá como resultado los cálculos necesarios, los criterios de selección, los planos hidráulicos y demás necesarios que justifiquen las alternativas de diseño estudiadas.

El proceso de diseño de la microcentral tendrá como resultado adicional una cartilla que sirve como guía para aquellas personas que desean orientarse en el desarrollo de microcentrales hidroeléctricas con el fin de analizar posibles replicaciones de la tecnología en otras zonas rurales de Antioquia.