

## 12. ANEXO 3. TECNOLOGIAS

Varias de las tecnologías consideradas como opciones de reducción de emisiones son relativamente nuevas y no tan ampliamente conocidas como las convencionales. Por tal razón, se considera útil presentar a continuación fichas descriptivas de estas nuevas tecnologías.

### 12.1 GENERACIÓN EÓLICA

#### 12.1.1 Descripción de la tecnología

Los generadores eólicos transforman la energía del viento en electricidad. Estos generadores consisten generalmente de un rotor multipala (bipalas o tripalas), un engranaje (caja de velocidades) y un generador eléctrico, de tipo sincrónico o asíncrono. Nuevos desarrollos han permitido suprimir el engranaje. Estos generadores durante su operación no producen desechos sólidos, ni líquidos, ni polutan el aire. Se pueden emplear en sistemas aislados, conjuntamente con otros sistemas de generación en configuraciones denominadas Sistemas Híbridos. Se emplean también actualmente en parques eólicos, en donde se interconectan directamente a la red. Estos sistemas son eficientes en costos en el suministro de energía eléctrica en zonas remotas y aisladas (fuera de la red), y en la generación de energía eléctrica a mayor escala en sistemas interconectados a la red. Los mayores mercados son las zonas rurales de los países en desarrollo para sistemas pequeños (hasta algunos kW) y los parques eólicos con capacidades instaladas desde algunos MW hasta decenas de MW.

#### 12.1.2 Conceptos de sistemas

Esencialmente existen dos tipos de sistemas:

Sistemas interconectados a la red

- Generadores con capacidades superiores a 100 kW

Sistemas remotos aislados

- Generadores con capacidades generalmente inferiores a 100 kW, trabajando como cargadores de baterías.

- Generadores de diferentes capacidades, trabajando en SH (Sistemas Híbridos). Los SH suelen tener como unidades de generación unidades diesel, banco de baterías y aún generadores solares fotovoltaicos.

#### 12.1.3 Tecnologías representativas

- Aerogeneradores con rotores de material composita
- Cajas de velocidades
- Generadores comerciales
- Generadores acoplados directamente al rotor

#### 12.1.4 Estado del arte / aplicaciones

- Actualmente hay en operación cerca de 5 GW de aerogeneradores instalados en el mundo
- La tasa de crecimiento actual es de aproximadamente 20% (1 GW adicional al año)
- En Colombia la experiencia con aerogeneradores es prácticamente nula.

#### 12.1.5 Capacidades disponibles actualmente

- La capacidad actual de producción a nivel mundial es de aproximadamente 1500 MW/año.
- Los aerogeneradores se consiguen en el mercado mundial en capacidades de hasta 3 MW por unidad.

#### 12.1.6 Costos

Los aerogeneradores tienen los siguientes costos:

- 800 US\$/kW FOB puerto en país industrializado para capacidades superiores a 1 MW
- Alrededor de US\$1400 / kW instalado

#### 12.1.7 Penetración del Mercado

El mercado actual en Colombia podría estar alrededor 200 a 400 MW a desarrollar en varios parques eólicos, entre 20 y 50 MW cada uno en la región de la Guajira y el litoral de la Costa Atlántica.

#### 12.1.8 Beneficios potenciales para la nación

**Económicos:** Es posible desagregar tecnológicamente el equipo y fabricar componentes / partes del sistema.

**Ambientales:** Generación de energía eléctrica sin polución.

**Reducción de emisiones:** Estos generadores desplazan plantas de generación térmica y se tiene una reducción de emisiones proporcional al combustible ahorrado.

**Energéticos:** Generación de electricidad en zonas remotas aisladas del país técnica y económicamente viable. Además, generación en bloque a la red.

## 12.2 COGENERACION

### 12.2.1 Descripción de la tecnología

Cogeneración es la producción secuencial de energía eléctrica o mecánica, y calor útil a partir del mismo combustible. Los sistemas de cogeneración a partir de GN (Gas Natural) empleando turbinas a gas, plantas de ciclo combinado y motores reciprocantes son responsables de más de la mitad de la potencia en cogeneración. Los sistemas con turbinas a vapor a partir de GN o combustibles sólidos son responsables del resto de la capacidad en cogeneración. La principal ventaja es la alta eficiencia térmica y las bajas emisiones comparadas con la de sistemas independientes de generación de electricidad y calor. La eficiencia de combustible de una unidad de cogeneración puede ser superior a 80% comparada con la eficiencia de generación solamente eléctrica del orden de 35%.

### 12.2.2 Conceptos de sistemas

- Ciclo simple – unidad motriz principal (p.e. turbina) mueve el generador o bomba
- Ciclo combinado – el ciclo topping se combina con el bottoming para generar electricidad a partir del calor de desecho de la unidad motriz principal.

### 12.2.3 Tecnologías representativas

- Turbinas avanzadas de gas de alta eficiencia (p.e. intercooler, recuperador, inyección de humedad, recalentador, altas temperaturas de combustión)
- Sistemas avanzados caldera / turbina vapor capaz de operar a elevadas temperaturas y presiones
- Motores reciprocantes avanzados (p.e. motores diesel mejorados, quemando GN)

### 12.2.4 Estado del arte / aplicaciones

- La cogeneración industrial se emplea desde comienzos de este siglo
- La potencia total instalada en unidades de cogeneración industrial era de 32 GW en 1992
- Los fabricantes han mejorado la eficiencia de las turbinas a gas y han reducido las emisiones
- Las eficiencias de las turbinas a gas continúan aun mejorando (aproximadamente 50% para sistemas a gas ciclo simple, un poco mayor para ciclos combinados, cerca de 30% para sistemas industriales).

### 12.2.5 Capacidades disponibles actualmente:

- Las unidades de cogeneración se tienen desde 10 kW hasta MW.

### 12.2.6 Costos

Los costos de las unidades de cogeneración dependen de la tecnología de la unidad motriz principal (motor reciprocante, turbina a gas y turbina a vapor). El costo de estas unidades varía entre US\$ 600 y US\$900.

### 12.2.7 Penetración del Mercado

El mercado potencial en Colombia para la cogeneración industrial es del orden de los 400 MW técnicoeconómicamente desarrollables<sup>20</sup> y 20 MW en unidades de cogeneración entre 200 y 500 kW, en el sector terciario<sup>21</sup>.

### 12.2.8 Beneficios potenciales para la nación

**Económicos:** Es un método económico y eficiente de adicionar pequeños aumentos de la capacidad de generación sin necesidad de realizar inversiones en grandes plantas de generación.

**Ambientales:** Las turbinas avanzadas emiten menos NO<sub>x</sub> que las mejores turbinas a gas disponibles actualmente. Las turbinas a gas son mucho más limpias que las calderas.

**Reducción de emisiones:** Ligada al aumento de la eficiencia en la utilización del combustible.

**Energéticos:** Reducción del consumo de combustibles cuando se compara con dos unidades separadas de generación de electricidad y calor.

## 12.3 SUSTITUCIÓN DE COMBUSTIBLES EN LA INDUSTRIA

### 12.3.1 Descripción de la tecnología

Los sistemas de combustión emplean actualmente principalmente crudo de Castilla en el interior del país. Se trata de convertir estos sistemas a gas natural.

### 12.3.2 Conceptos del sistema

- Se trata de extender internamente la red de gas natural en la empresa y equipar el equipo con quemadores a gas natural.

### 12.3.3 Tecnologías representativas

- Quemadores a gas natural de fabricación extranjera.

### 12.3.4 Estado del arte / aplicaciones

- En varias aplicaciones y en ciudades del país ya se ha hecho la conversión de equipos, principalmente en aquellos en que el crudo de Castilla por la distancia resulta costoso o por que las condiciones del proceso favorecen el uso del gas natural, como por ejemplo, la industria alimentaria.

### 12.3.5 Capacidades disponibles actualmente

- Los quemadores de gas natural se consiguen en una gama muy amplia de capacidades.

### 12.3.6 Costos

Para las industrias estudiadas, los costos de transformación varían entre US\$40.000 y US\$400.000 por planta (Tabla 7.4).

### 12.3.7 Penetración del Mercado

El grado de penetración es bajo aunque su potencial podría ser significativo.

### 12.3.8 Beneficios potenciales para la nación

**Económicos:** El uso de crudo de Castillas es más económico que el de gas natural.

**Ambientales:** Es muy importante no solamente por la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> sino también por la reducción de emisiones de metales pesados y otros polutantes.

**Reducción de emisiones:** Ligada a la reducción del consumo de combustible y al cambio del mismo.

**Energéticos:** Reducción del consumo de combustibles.

## 12.4 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

### 12.4.1 Descripción de la tecnología

Los dispositivos fotovoltaicos transforman directamente la radiación solar en electricidad. Estos SFV (Sistemas Fotovoltaicos) carecen de partes móviles y no producen desechos sólidos, ni líquidos, ni polutan el aire, durante su operación. Las celdas solares individuales se conectan en serie o en paralelo para formar módulos, los cuales se pueden configurar apropiadamente para generar una determinada intensidad de corriente a una tensión específica. Las aplicaciones actuales en que estos sistemas son eficientes en costos son suministro de energía eléctrica para cargas eléctricas remotas y aisladas (fuera de la red). Los mayores mercados son las zonas rurales de los países en desarrollo.

### 12.4.2 Conceptos de sistemas

- Los módulos trabajan o con radiación solar global o con radiación solar concentrada
- Los módulos se instalan o estacionariamente o con sistemas de seguimiento solar mono o biaxial.
- Los arreglos fotovoltaicos se instalan generalmente sobre el piso, pero también sobre edificios
- Los arreglos fotovoltaicos generan DC. Esta se puede emplear para cargas baterías o también a partir de ella se puede transformar en AC calidad red vía electrónica de potencia.

### 12.4.3 Tecnologías representativas

- Celdas de Si monocristalino o multicristalino
- Celdas de películas delgadas, como Si amorfo, CIS (Copper Indium Diselenide), GAS (Gallium Arsenide)
- Celdas de alta eficiencia, multijuntura para concentradores, p.e. aleaciones de GAS

#### 12.4.4 Estado del arte / aplicaciones

- Los sistemas fotovoltaicos instalados en Colombia oscilan entre 60 Wp para los hogares, de los cuales hay instalados ap. 60.000 (a 1998) y sistemas mayores empleados en estaciones satelitales terrenas de ap. 3 kWp, o Central Solar La Primavera (Vichada) con 2.7 kWp
- Sistemas híbridos diesel – fotovoltaico como el Hospital de Nazaret (Alta Guajira) con 7.0 kWp.

#### 12.4.5 Capacidades disponibles actualmente

- La capacidad actual de producción a nivel mundial es de ap. 100 MW/año.
- Por su carácter modular, los SFV se pueden configurar desde algunos W hasta MW.

#### 12.4.6 Costos

Los SFV tienen costos que oscilan entre

- 800 US\$/Familia Usuaria de Sistemas Domésticos (Sistemas domésticos: 60 Wp, 2 a 3 LFC's, batería 100 Ah, regulador de carga y cableado); y
- 2000 US\$/Familia Usuaria de Sistemas mini-red a 120 VAC (como la Central Solar La Venturosa)

#### 12.4.7 Penetración del Mercado

El mercado actual en Colombia es de 5000 módulos al año (ap. 300 kWp)

#### 12.4.8 Beneficios potenciales para la nación

**Económicos:** Es posible desarrollar una industria local de ensamblaje de módulos solares. Las oportunidades para la producción de celdas solares en el país son limitadas por la rapidez del cambio tecnológico internacional.

**Ambientales:** Generación de energía eléctrica sin contaminación.

**Reducción de emisiones:** Si los SFV desplazan pequeños generadores de gasolina o diesel, se tiene una reducción de emisiones proporcional al combustible que ahorran.

**Energéticos:** Generación de electricidad en zonas remotas aisladas del país técnica y económicamente viable.