

POSIBLES SOLUCIONES EN GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA Y
PURIFICACIÓN DE AGUA PARA REGIONES AISLADAS, UTILIZANDO
TECNOLOGÍAS “LIMPIAS”.

POR:

DIEGO LEÓN CUARTAS MUÑOZ.

MONOGRAFÍA

ASESORES:

ING. LAURA CATALINA VILLA SILVA
ING. HENRY COPETE LÓPEZ.

INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO (ITM)
ESPECIALIZACIÓN EN GESTIÓN ENERGÉTICA INDUSTRIAL.
DECANATURA DE POSGRADOS.
MEDELLÍN.
2008.

AGRADECIMIENTOS.

A mi madre MARÍA NELLY, por su amor incondicional y su constante esfuerzo.

A mi esposa BLANCA LUZ, por su constante apoyo, comprensión y paciencia.

A mi hijo ANDRES, por su ternura e inocencia.

Reconocimiento y agradecimiento a:

Ingeniera. LAURA CATALINA. Docente Especialización en Gestión Energética Industrial. Instituto Tecnológico Metropolitano – ITM por su valioso aporte y acompañamiento continuo durante mi proceso de formación como especialista y en elaboración de esta monografía.

Ingeniero. HENRY COPETE LÓPEZ. Docente Maestría en Gestión Energética Industrial. Instituto Tecnológico Metropolitano – ITM. Por su acompañamiento en la elaboración de esta monografía.

Ingeniero. JUAN CARLOS BRICEÑO, decano de la especialización.

Profesores y Compañeros.

LISTA DE CONTENIDO.

1	RESUMEN.....	1
2	PALABRAS CLAVES.....	2
3	ABSTRACT.....	3
4	MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE.....	4
4.1	LA RADIACIÓN SOLAR COMO FUENTE ALTERNA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA.....	4
4.1.1	El Sol.....	4
4.1.2	La Radiación que llega a la Tierra.....	4
4.1.3	Uso de la Energía Solar, Ventajas y Desventajas.....	5
4.1.4	Componentes del Sistema.....	6
4.2	LA FUERZA DEL VIENTO COMO FUENTE ALTERNA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA (EÓLICA).....	8
4.2.1	El Viento.....	8
4.2.2	La Energía Eólica.....	8
4.2.3	Uso de la Energía Eólica, Ventajas y Desventajas.....	8
4.2.4	Componentes del Sistema.....	10
4.3	DESINFECCIÓN DEL AGUA.....	12
4.3.1	El agua.....	12
4.3.2	Tecnología Ultravioleta (UV).....	14
4.3.3	Tecnología de Micro y Ultra Filtración, utilizando Filtros de Membranas tipo hueca.....	17
4.3.4	Ósmosis Inversa (R.O).....	19
5	CONSIDERACIONES FINALES.....	24
6	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	25
7	OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	28
7.1	Objetivo General.....	28
7.2	Objetivos Específicos.....	28
8	ALCANCE DEL PROYECTO.....	29
9	DESARROLLO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	30
9.1	Factores a tener en cuenta en la selección de Tecnologías alternativas para la generación de Energía Eléctrica.....	32
9.1.1	Técnicos.....	32
9.1.2	Ambientales.....	32
9.1.3	Económicos.....	32
9.2	Factores a tener en cuenta en la selección de Tecnologías alternativas para la Purificación de agua.....	32

9.2.1	Técnicos.....	32
9.2.2	Ambientales.....	33
9.2.3	Económicos.....	33
9.3	Costo de Instalaciones Eléctricas Típicas.....	33
9.3.1	Instalación Híbrida (Solar + Eólica).....	34
9.3.2	Instalación Solar.....	34
9.3.3	Instalación Eólica.....	35
9.4	Costo de Instalaciones Potabilización Típicas.	36
9.5	Capacidad de Energía Solar instalada por países.	37
9.6	Capacidad Energía Eólica instalada por países.....	38
10	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	40

LISTA DE TABLAS.

Tabla 1. Ventajas y Desventajas de la Energía Solar.	6
Tabla 2. Ventajas y Desventajas de la Energía Eólica.	10
Tabla 3. Estimación de la Distribución del Agua Global.	13
Tabla 4. Agentes Infecciosos Presentes en aguas Residuales Domésticas no Tratadas.	15
Tabla 5. Ventajas y Desventajas de la Tecnología UV.	16
Tabla 6. Ventajas y Desventajas de la Tecnología de Micro y Ultra filtros de Membranas.	19
Tabla 7. Diferencias de Salinidad entre diferentes clases de agua.	20
Tabla 8. Ventajas y Desventajas de la Tecnología de Ósmosis Inversa.	22
Tabla 9. Comparación de Parámetros Característicos de Tecnologías con Membranas.	23
Tabla 10. Viviendas ocupadas con personas presentes, por disponibilidad de servicio de energía y cobertura en los municipios de Antioquia, por subregión 2005.	25
Tabla 11. Viviendas ocupadas con personas presentes, por disponibilidad de servicio de agua potable y cobertura en los municipios de Antioquia, por subregión 2005.	26
Tabla 12. Recopilación de Tecnologías estudiadas y discriminadas por Departamentos.	30
Tabla 13 . Tecnologías estudiadas y discriminadas para el Departamento de Antioquia.	31
Tabla 14. Costos Equipos Instalación Híbrida.	34
Tabla 15. Costo equipos Instalación Solar.	34
Tabla 16. Costo equipos Instalación Eólica.	35
Tabla 17 Costo Equipos Potabilización Típica.	36

LISTA DE FIGURAS.

Figura 1. Modelo Solución Propuesto.	1
Figura 2. Sistema Fotovoltaico Autónomo.....	7
Figura 3. Mapa de la Radiación Solar en Colombia.	7
Figura 4. Componentes Internos de la Turbina de un Aerogenerador.....	9
Figura 5. Molino de Viento y Aerogenerador.....	10
Figura 6. Sistema Autónomo Híbrido (Solar + Eólico).	11
Figura 7. Mapa de los Vientos en Colombia.....	11
Figura 8. Distribución Global del Agua.....	12
Figura 9. Microfiltración y Ultrafiltración.	17
Figura 10. Proceso de Ósmosis Inversa (RO).....	21
Figura 11. Sistema Completo de Ósmosis Inversa (RO).....	23
Figura 12. Cobertura de Agua Potable para el Departamento de Antioquia 2005.	26
Figura 13. Diagrama Básico Sistema de Potabilización.	37
Figura 14. Mercado Mundial Fotovoltaico.	37
Figura 15. Capacidad Eólica Mundial Instalada.	38

1 RESUMEN.

Es contradictorio el hecho que en pleno siglo XXI y con tantos avances tecnológicos en la materia, existan regiones urbanas y rurales con carencias parciales e incluso totales en el suministro de Energía Eléctrica y de Agua potable.

Por medio de esta monografía que consta de un estudio a fondo que permita describir en forma clara el principio de funcionamiento, ventajas, desventajas y avances tecnológicos en materia de Generación de Energía Eléctrica con el uso de tecnologías “LIMPIAS” como la Radiación Solar (Energía Solar Fotovoltaica) y la Fuerza del Viento (Energía Eólica), además de los métodos para purificar el agua como la Radiación Ultravioleta (UV), Ósmosis Inversa y Filtración con Membranas (micro y ultra).

Se pretende recomendar algunas posibles soluciones o combinación de estas para combatir la carencia de energía eléctrica y/o purificación de agua en regiones aisladas y alejadas en su mayoría varios kilómetros de las cabeceras municipales.

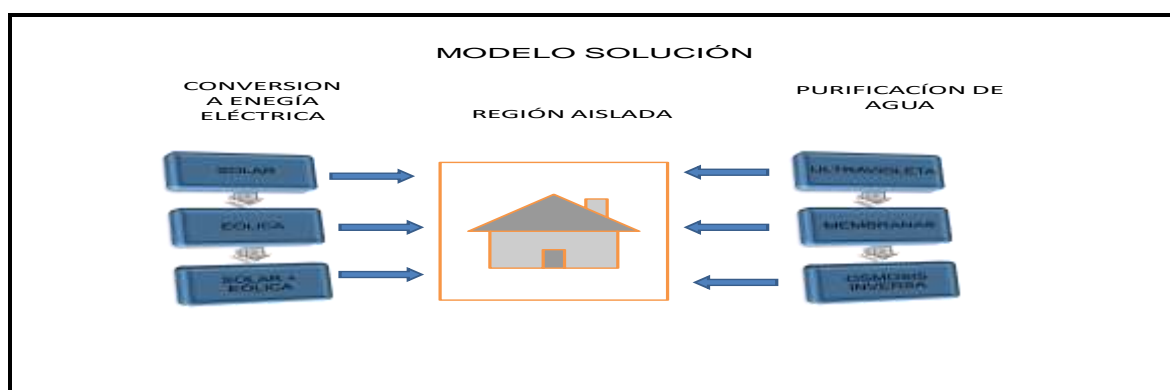
El método propuesto de solución, consiste en la instalación de sistemas fotovoltaicos capaces de transformar la radiación emitida por el Sol en Energía Eléctrica o con sistemas Eólicos capaces de transformar la fuerza del viento en Energía Eléctrica y en el peor o mejor de los casos (depende del punto de vista) implementar un sistema híbrido entre estas dos tecnologías (Eólicas y Solar Fotovoltaica).

Al contar con la Energía Eléctrica, proveniente de estas fuentes naturales, se pueden utilizar sistemas y métodos de purificación del Agua como: La Ósmosis Inversa (para zonas costeras), la Radiación Ultravioleta (UV), sistemas de Micro y Ultra Filtración.

Cruzando e integrando la información recopilada de las características geográficas, climáticas y de disponibilidad de agua, se lograra conjugar las variables de velocidad del viento, índice de radiación solar y los tipos de afluentes en Colombia. Además se podrá definir escenarios de utilización de una tecnología en particular o la combinación de varias para la generación de energía eléctrica y la purificación de agua.

El modelo por bloques que se propone es el siguiente:

Figura 1. Modelo Solución Propuesto.



2 PALABRAS CLAVES.

Regiones aisladas, el agua, el sol, generación de energía, purificación, potencial de Hidrógeno (pH), potabilización, energía eléctrica, tecnologías limpias, energía solar fotovoltaica, conversión directa, corriente eléctrica, voltaje eléctrico, voltaje corriente directa (VCD), voltaje corriente alterna (VCA), energía eólica, radiación solar, fuerza del viento, radiación ultravioleta (UV), filtros de membranas, micro filtración (MF), ultra filtración (UF), ósmosis inversa (RO), ciclo del agua, salinidad, radiación directa, radiación difusa, instalaciones híbridas.

3 ABSTRACT.

The fact is contradictory that in the heat of 21st century and with so many technological advances in the matter, urban and rural regions with partial and even total deficiencies in the provision of Electrical Energy and potable Water exist.

By means of this monograph that consists of a thorough study that allows to describe in clear from the technological principle of operation, advantages, disadvantages and advances in the matter of Electrical Energy Generation with "CLEAN" technology like the Solar radiation (Photovoltaic Solar Energy) and the Wind force (Aeolian Energy), besides the methods to purify the water like the Ultraviolet Radiation (UV), Reverse Osmosis and membranes filtration (Micro and Ultra). It is tried to recommend some possible solutions or combination of these to fight the deficiency of electrical energy and/or water purification in regions isolate and moved away in his majority several kilometers of the municipal heads.

The proposed solution method, consists of the installation of photovoltaic systems able to transform the radiation emitted by the Sun in Electrical Energy or with Aeolian systems able to transform wind force the worse in Electrical Energy and or the best one of the cases (it depends on the point of view) of implementing a hybrid system between these two technologies (Aeolian and To pave Photovoltaic). When counting on the Electrical Energy, originating of these natural sources, systems and methods of purification of the Water can be used like: The inverse osmosis (for coastal zones), the ultraviolet radiation, micro systems of and Ultra filtration.

Crossing and integrating the compiled information of the geographic, climatic characteristics and water availability, it would be managed to conjugate the variables of wind speed, index of solar radiation and the effluents types in Colombia. In addition it will be possible in particular to be defined scenes of a technology use or the combination of several for the electrical energy generation and the water purification.

4 MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE.

El método (posible “solución”) consiste en el aprovechamiento de energías renovables, tecnologías “limpias” y amigables con el medio ambiente, adaptadas al criterio de uso racional y eficiente.

Para efectos de comprender el concepto de “Región Aislada”, se describirá como: El conglomerado o asentamiento de pocas familias, instalaciones habitacionales pequeñas, locales comerciales y entidades oficiales que se encuentran distantes varios kilómetros del punto terminal del circuito eléctrico existente (cola del circuito) y que no es rentable desde el punto de vista económico la inversión en infraestructura básica de distribución de energía (cables, soportes transformadores y demás equipos necesarios para transportar energía eléctrica hasta estos lugares).

Se entiende por tecnologías “LIMPIAS” la práctica amigable con el medio ambiente y que pretende reducir la contaminación, generación y la disposición de desechos, además de aumentar la eficiencia del uso de recursos naturales como el agua y la energía obteniendo beneficios económicos, optimizando costos y mejorando la competitividad y calidad de vida de las personas.

4.1 LA RADIACIÓN SOLAR COMO FUENTE ALTERNA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

4.1.1 El Sol.

Es la estrella principal del sistema planetario en el que se encuentra nuestro planeta, la Tierra. El Sol, junto con la Tierra y todos los cuerpos celestes que orbitan a su alrededor, forman el Sistema Solar.

La presencia o su ausencia del Sol en el cielo determinan, respectivamente, el día y la noche.

La mayor parte de la energía utilizada por los seres vivos procede del Sol, las plantas la absorben directamente y realizan la fotosíntesis, los herbívoros absorben indirectamente una pequeña cantidad de esta energía comiendo las plantas, y los carnívoros absorben indirectamente una cantidad más pequeña comiendo a los herbívoros. La mayoría de las fuentes de energía usadas por el hombre derivan indirectamente del Sol. Los combustibles fósiles preservan energía solar capturada hace millones de años mediante fotosíntesis, la energía hidroeléctrica usa la energía potencial de agua que se condensó en altura después de haberse evaporado por el calor del Sol. (1)

4.1.2 La Radiación que llega a la Tierra.

El planeta tierra, nuestro planeta azul, recibe del Sol una cantidad de energía anual aprovechable de $5,4 \times 10^{24}$ Joule, valor que representa aproximadamente 4.500 veces la energía que se consume. (2)

El aprovechamiento de la radiación solar está condicionado principalmente por tres aspectos:

- La intensidad de radiación recibida por la Tierra (cantidad de energía por unidad de tiempo y superficie)
- Los ciclos diarios y anuales (día y noche, y estaciones del año) a los que está sometida
- Las condiciones climáticas (horas de sol anuales) de cada emplazamiento.

El término **“radiación solar”** hace referencia a los valores de irradiación global, esto es, la cantidad de energía recibida por unidad de superficie en un tiempo determinado medidos en Vatios/metro cuadrado (W/m^2). Estos valores, hacen referencia a la energía que proviene directamente del disco solar (radiación directa) y a la energía que, difundida por la atmósfera, proviene del resto del cielo (radiación difusa).

Las pérdidas en la atmósfera por reflexión, absorción y dispersión reducen el valor de la radiación solar que llega a la Tierra en un 30%. De esta forma, la intensidad de radiación que se recibe en la superficie de la Tierra se sitúa alrededor de $1.000 W/m^2$, siendo las condiciones climatológicas las que condicionan realmente los valores de radiación recibidos. El total de la energía solar que llega a la Tierra es enorme. Como ejemplo; Estados Unidos (USA) recibe anualmente alrededor de 1.500 veces sus demandas totales de energía. En un día de sol de verano, la energía que llega al tejado de una casa de tipo medio sería más que suficiente para satisfacer las necesidades de energía de esa casa por 24 horas. (3)

4.1.3 Uso de la Energía Solar, Ventajas y Desventajas.

El uso típico es para obtener calor y electricidad. El calor recogido en los colectores puede destinarse a satisfacer a numerosas y cotidianas necesidades, por ejemplo:

- En el uso doméstico: obtención de agua caliente y para la calefacción de hogares, hoteles, colegios y fábricas o para climatizar piscinas y fuentes de agua.
- Refrigeración para obtener frío.
- Trabajos agrícolas en la construcción de invernaderos solares para obtener mayores y más tempranas cosechas.
- Plantas de purificación o desalinización de aguas sin consumir ningún tipo de combustible.
- La electrificación rural. (4)

Las células solares, dispuestas en paneles solares, ya producían electricidad en los primeros satélites solares. Actualmente se perfilan como la solución definitiva al problema de la electrificación rural. Estos equipos también funcionan, aunque con menos rendimiento en días nublados, ya que son capaces de captar parte de la luz a través de las nubes. La electricidad que se obtiene puede usarse de manera directa (agua de un pozo o para regar, mediante un motor eléctrico), o bien ser almacenada en acumuladores para utilizarse en actividades nocturnas.

En la actualidad y gracias a los avances tecnológicos y a las cruzadas a nivel mundial para reducir la contaminación por gases de efecto invernadero han disminuido notablemente los costos y se espera que continúen bajando.

La energía solar puede ser perfectamente complementada con otras energías convencionales. (5)

Tabla 1. Ventajas y Desventajas de la Energía Solar.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Fuente de energía gratuita.	Esta energía está sometida a continuas fluctuaciones y a variaciones.
Limpia, no contamina	Es de vital importancia proseguir con el desarrollo de la incipiente tecnología en temas como la acumulación y la distribución de la energía solar, para conseguir las condiciones que la hagan definitivamente competitiva, a escala planetaria.
Renovable, con lo que no se agota.	Uno de los obstáculos para el aprovechamiento en general de la energía solar es la baja intensidad. Incluso para las condiciones de tiempo despejado.
Energía que puede liberarnos definitivamente de la dependencia del petróleo u otras alternativas poco seguras o contaminantes.	Para que sea eficiente su aprovechamiento y por ende bajar los costos, se debe instalar una gran cantidad de paneles y equipos asociados.

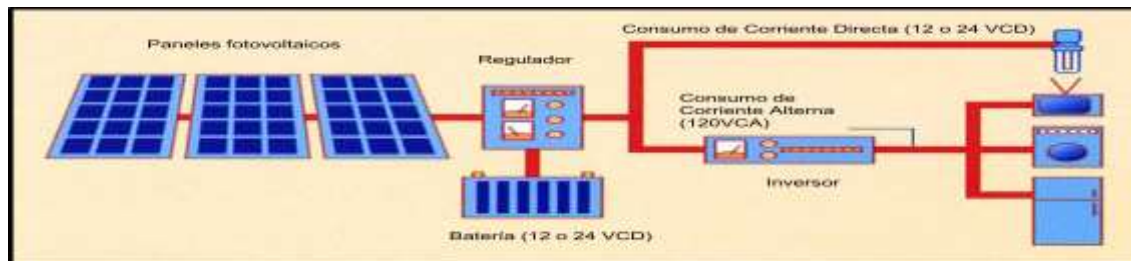
4.1.4 Componentes del Sistema.

En complemento a los paneles fotovoltaicos, estudiados anteriormente, existen otros equipos asociados al arreglo para producir energía eléctrica a partir de la radiación solar fotovoltaica y son:

- **Regulador:** Equipo que controla la inyección de corriente desde los Paneles fotovoltaicos a la acumulación. El regulador, interrumpe el paso de corriente cuando la batería está totalmente cargada para evitar sobrecargas. Algunos incorporan alarmas luminosas y sonoras previa desconexión, para que el usuario pueda tomar las medidas adecuadas.
- **Batería:** Elemento utilizado para almacenar la energía eléctrica generada por los paneles fotovoltaicos, durante las horas de radiación solar, para su utilización posterior en los momentos de baja o nula insolación. Para que un proyecto de electrificación rural tenga éxito, depende en gran porcentaje del sistema de acumulación (arreglo de baterías: configuración en serie o paralelo). La capacidad de una batería, es medida por el volumen máximo de electricidad que puede acumularse para su posterior descarga. Para el uso solar, se utilizan dos tipos de baterías. Las de Plomo-ácido y las de Níquel-Cadmio.
El 90% del mercado corresponde a las baterías de plomo-ácido, puesto que son las que mejor se adaptan a los sistemas de generación fotovoltaica. Las baterías de Níquel-Cadmio tienen la ventaja de una mejor descarga y un mantenimiento más limitado, mientras que las de plomo-ácido se caracterizan por su bajo nivel de deterioro con la sucesión de ciclos (proceso de carga y descarga). (6)
- **Inversor (convertor):** Elemento cuya finalidad es adaptar las características de la energía generada a la demanda. Convierte la corriente continua (CC) de 12-24-48 V

de una batería en 110- 220 V corriente alterna (CA). Las potencias pueden ir desde 150 W a 35 kW en sistemas trifásicos. (7)

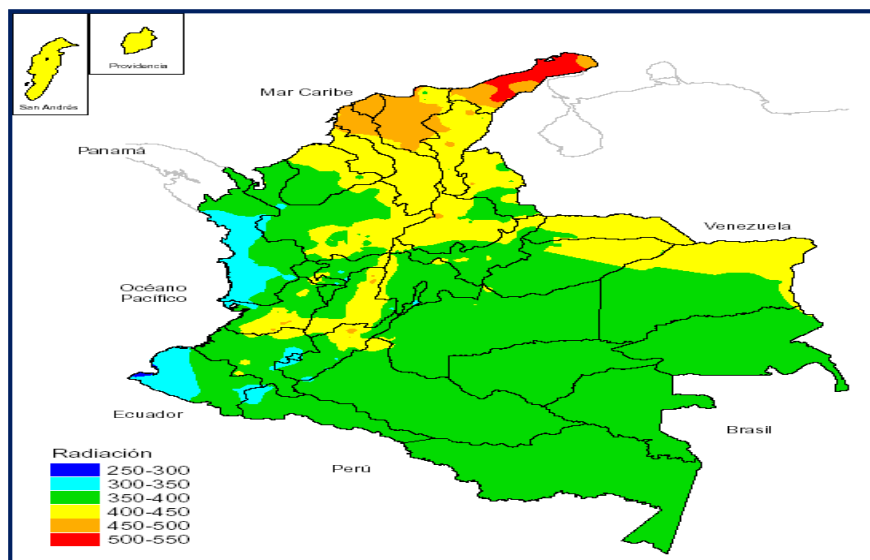
Figura 2. Sistema Fotovoltaico Autónomo.



Fuente: Dirección general de Industria, Energía y Minas. Consejería de Economía e Innovación Tecnológica. Comunidad de Madrid.

La figura 2. Muestra los componentes básicos del sistema fotovoltaico. Los mismos están compuestos por un arreglo de paneles que transforman la radiación solar en un voltaje de 12, 24 o 36 VCD (según la configuración de los mismos y dependiendo de los equipos a conectar). Este voltaje es controlado por el regulador para garantizar la carga constante de la batería. En este punto, se puede realizar una conexión directa para la utilización de equipos que funcionen con estos voltajes. En el caso de los electrodomésticos clásicos, estos funcionan a 120 VCA. Por este motivo se instala el inversor que convierte VCD en VCA.

Figura 3. Mapa de la Radiación Solar en Colombia.



Fuente: Toda Colombia.com. Geografía y mapas colombianos Radiación solar. Ideam.

En la figura 3. Se observan los grados de radiación solar para Colombia. En la misma, el departamento de la Guajira es el que mayor valor de Radiación posee (450 a 550 Vatios hora por metro cuadrado). Valores de radiación constante entre 350 y 400 Wh/m² para los departamentos de del sur de Colombia (Amazonas, Putumayo,

Caqueta, Vaupes, Guania, Guaviare, Meta) y los que presentan menor valores entre 300 y 400 Wh/m² son los departamentos de Nariño y Choco.

4.2 LA FUERZA DEL VIENTO COMO FUENTE ALTERNA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA (EÓLICA).

4.2.1 El Viento.

La mayoría de las fuentes de energía terrestres, en última instancia provienen del sol. Alrededor del 1 y el 2 por ciento de la energía que proveniente del sol es convertida en viento.

Las diferencias de temperatura conducen a la circulación de aire. Las regiones alrededor de ecuador, de latitud 0°, son calentadas por el sol más que el resto del planeta. El aire caliente que es más ligero que el aire frío, se eleva hasta alcanzar aproximadamente 10 kilómetros (6 millas) de altitud y se separa en dos corrientes una de estas, se dirige hacia el norte y otra al sur. Si el globo no rotara sobre su propio eje, el aire simplemente llegaría al Polo Norte y al polo sur, bajaría, y volvería al ecuador a completar el ciclo.

Los vientos predominantes se combinan con factores locales, tales como la presencia de colinas, montañas, árboles, edificios y masas de agua, para determinar las características particulares del viento en una región específica.

El aire posee masa, el aire en movimiento forma el viento, este lleva consigo la energía cinética. (8)

4.2.2 La Energía Eólica.

Actualmente, se estima que anualmente más de 15.000.000 millones de kW/h (kilovatios/hora) de electricidad son generados en todo el mundo. De esta cifra, el 65% es producido por la quema de combustibles fósiles. El restante 45% se obtiene de otras fuentes, entre ellas: nuclear, hidráulica, geotérmica, biomasa, solar y la producida convirtiendo la energía cinética del viento en energía eléctrica (eólica). Esta última, solo aporta el 0.3%, sin embargo, el uso del viento para la producción eléctrica se ha estado extendiendo rápidamente en estos últimos años, gracias a las mejoras tecnológicas, la maduración de la industria, y una creciente preocupación por reducir las emisiones asociadas a la quema de combustibles fósiles.

En esta materia, existe mucho potencial que no es explotado, ya que solamente una pequeña porción del viento está siendo aprovechada. Mediante las regulaciones a la industria eléctrica, así como con la entrega de incentivos por parte de los gobiernos para el desarrollo de esta tecnología y una política eficaz asegurará que la energía eólica en un futuro cercano, pueda competir con otras fuentes de energía en el mercado de la electricidad. (9)

4.2.3 Uso de la Energía Eólica, Ventajas y Desventajas.

Una turbina del viento convierte la energía cinética en electricidad.

El contenido de energía de un volumen determinado de viento es proporcional al cuadrado de su velocidad. Con solo un leve aumento en velocidad del viento puede obtenerse aumentos muy significativos en la producción de energía. Esto es: La

cantidad de energía cinética de una masa de aire (E_k) es igual a la mitad del producto de su masa (m) total y el cuadrado de su velocidad (v). $E_k = \frac{1}{2} m \cdot v^2$

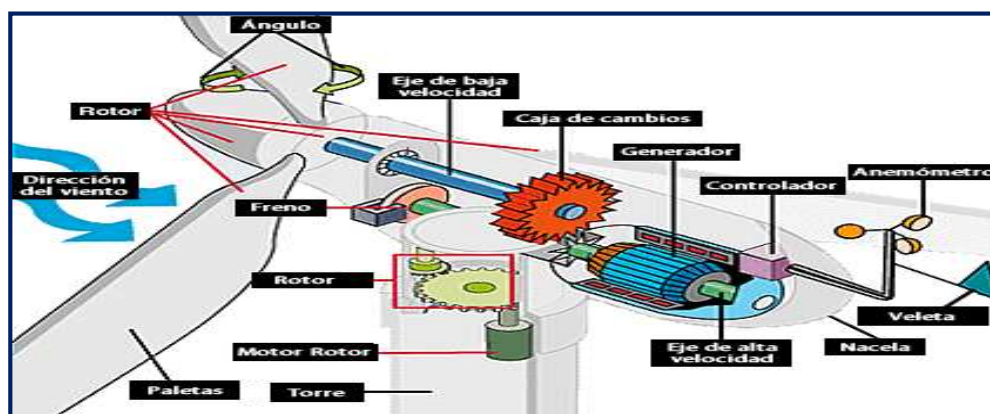
La cantidad de Potencia (P) ejercida por el viento es igual al cubo de su velocidad (v).
 $P = v^3$

En los generadores de turbina, la energía mecánica se convierte en electricidad. La electricidad generada se puede almacenar en baterías, o utilizar directamente. Hay tres leyes físicas básicas que gobiernan la cantidad de energía aprovechable del viento.

- **La primera ley:** La energía generada por la turbina es proporcional a la velocidad del viento al cuadrado.
- **La segunda ley:** La energía disponible es directamente proporcional al área barrida de las paletas. La energía es proporcional al cuadrado de la longitud de las paletas.
- **La tercera ley:** La eficacia teórica máxima de los generadores eólicos es del 59%. En la práctica, la mayoría de las turbinas de viento son mucho menos eficientes están entre un 35% al 40%.

Las turbinas eólicas se diseñan para trabajar dentro de rangos de velocidades del viento. La velocidad más baja, llamada **velocidad de corte inferior** que es generalmente de 4 a 5 m/s (metros/segundo), por debajo de esta velocidad no hay suficiente energía como para superar las pérdidas del sistema. **La velocidad de corte superior** es determinada por la capacidad de una máquina en particular de soportar fuertes vientos. **La velocidad nominal** es la velocidad del viento a la cual una máquina particular alcanza su máxima potencia nominal. Por arriba de esta velocidad, se puede contar con mecanismos que mantengan la potencia de salida en un valor constante con el aumento de la velocidad del viento.

Figura 4. Componentes Internos de la Turbina de un Aerogenerador.



Fuente: textos Científicos. Partes de un Aerogenerador.

Figura 5. Molino de Viento y Aerogenerador.



Fuente: textos Científicos. Energía eólica. Molinos de viento y Aerogenerador.

La figura 5. Ilustra la diferencia física entre el molino de viento antiguo y el aerogenerador moderno.

Tabla 2. Ventajas y Desventajas de la Energía Eólica.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Fuente de energía gratuita.	Alto nivel de ruido, por lo que su ubicación debe ser fuera de las zonas habitadas.
Energía limpia e inagotable: La energía del viento no produce ninguna emisión y no se agota en un cierto plazo	Eficiencias relativamente bajas, ya que los mejores generadores eólicos tienen eficacias del 35% al 40%.
Tecnología modular y escalable: las aplicaciones eólicas pueden tomar muchas formas, incluyendo grandes granjas de viento, generación distribuida, y sistemas para uso final.	Dificultad intrínseca de prever la generación con antelación.
Estabilidad del costo de la energía: La utilización de energía eólica, a través de la diversificación de las fuentes de energía, reduce la dependencia a los combustibles convencionales que están sujetos a variaciones de precio y volatilidad en su disponibilidad.	El impacto paisajístico es una nota importante debido a la disposición de los elementos horizontales que lo componen y la aparición de un elemento vertical como es el aerogenerador.

4.2.4 Componentes del Sistema.

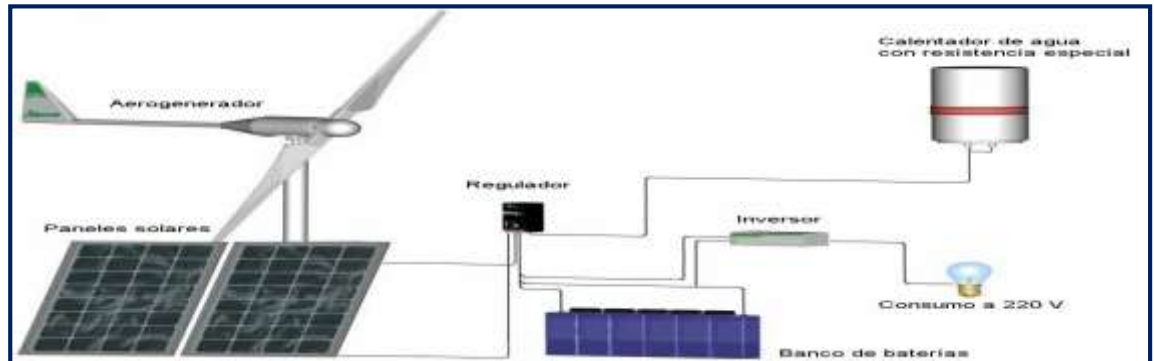
La diferencia notable en cuanto a la configuración entre la Generación por medio Radiación Solar y Generación por medio de la fuerza del viento, es que esta última, reemplaza los paneles fotovoltaicos por Aerogeneradores.

Para algunas zonas, se puede contemplar la posibilidad de instalar sistemas “híbridos” (Solar fotovoltaico + Eólico). Para esto, en el lugar de la instalación debe haber presencia de suficiente viento y sol para optimizar el sistema.

Estos sistemas híbridos, están formados por un Aerogenerador que, a través de un rectificador/regulador, suministra la energía producida a las baterías. Además en paralelo se instala un sistema de paneles fotovoltaicos que mediante un regulador de

carga, se conecta también a la batería. Con este sistema se produce energía eléctrica también en la época de menos insolación solar con la ayuda del viento.

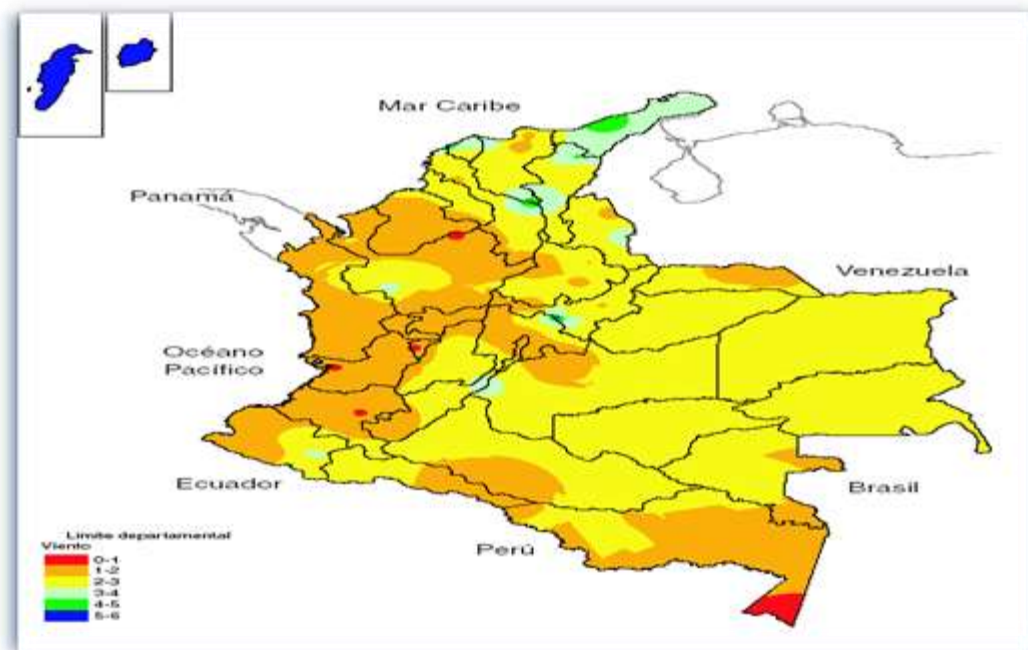
Figura 6. Sistema Autónomo Híbrido (Solar + Eólico).



Fuente: Bornay Aerogeneradores. Castilla (Alicante) España.

En la figura 6, se puede observar los componentes que se deben integrar para lograr la conexión entre los paneles fotovoltaicos y el Aerogenerador. Del regulador se puede derivar la conexión directa para algunos equipos que funcionan a 12, 24 o 36 Voltios CD. Para los equipos que funcionan a 110 VCA es necesario la utilización del inversor.

Figura 7. Mapa de los Vientos en Colombia.



Fuente: Toda Colombia.com. Geografía y mapas de Colombia. Velocidad de los Vientos. Ideam.

En la figura 7. Se observa la velocidad de los vientos para los diferentes departamentos de Colombia. En la misma se puede apreciar que las velocidades del viento máximas (5 a 6 metros por segundo) se presentan en los departamentos de San Andrés y Providencia. Seguido por el departamento de la Guajira (3 a 5 m/s).

4.3 DESINFECCIÓN DEL AGUA.

4.3.1 El agua.

Es el elemento más importante para la vida de todos los seres. El agua en nuestro planeta cubre tres cuartas partes de la superficie y por peso, constituye entre el 50% y 90% de todas las plantas y animales. Datos químicos (Gravedad específica = 1, calor específico = 1, punto de evaporación = 100 grados Celsius (°C), punto de congelación = 0° C) y densidad máxima = 4° C).

El agua es el mayor constituyente en los seres vivos, estando incorporada a sus tejidos y órganos. El tejido adiposo contiene entre el 22% y 34% de agua, y en el hígado y corazón la proporción oscila entre el 70% y 80%. El tejido con mayor contenido en agua es el nervioso, con una proporción entre el 82% y 94%. (10)

Los métodos más antiguos para la obtención del agua, son de tipo superficial y subterráneo, los embalses, formados a partir de ríos caudalosos, los manantiales y los pozos. Cuanto más profundo es el pozo, mejor calidad física y bacteriológica tiene el agua, puesto que conforme va atravesando las diferentes capas de suelo y del subsuelo, se va filtrando y por ende eliminando las impurezas.

4.3.1.1 Distribución Global del Agua.

El total de agua de la Tierra (aprox. 1386 millones de kms³), alrededor de un 97 %, es agua salada. Del total de agua dulce disponible, un 68 % está incluido en los glaciares y la nieve. Un 30 % del agua dulce está en el suelo (aguas subterráneas y superficiales). Las fuentes superficiales de agua dulce, como lagos y ríos, solamente corresponden a unos 93100 kms³, lo que representa un 1/150 del 1% del total del agua en la tierra. A pesar de esto, los ríos y lagos son la principal fuente de agua que la población depende a diario, por su facilidad de extracción.

Figura 8. Distribución Global del Agua.



Fuente: Gleick, P. H., 1996: Water resources. In Encyclopedia of Climate and Weather, ed. by S. H. Schneider, Oxford University Press, New York, vol. 2, pp.817-823.

Tabla 3. Estimación de la Distribución del Agua Global.

FUENTE DE AGUA	VOLUMEN DE AGUA m ³	VOLUMEN DE AGUA millas ³	% DE AGUA DULCE	% TOTAL DE AGUA
Océanos, Mares y Bahías	1338 x 10 ⁶	321 x 10 ⁶	x	96,5
Capas de hielo, Glaciales y Nieve perpetúa	24,064 x 10 ⁶	5,773 x 10 ⁶	68,7	1,74
Agua Subterránea Total	23,4 x 10 ⁶	5,614 x 10 ⁶	x	1,7
Agua Subterránea Dulce	10,53 x 10 ⁶	2,526 x 10 ⁶	30.1	0.76
Agua Subterránea Salada	12,87 x 10 ⁶	3,088 x 10 ⁶	x	0.94
Humedad del suelo	16500	3959	0.05	0.001
Hielo en el suelo y gelisuelo (permafrost)	0,3 x 10 ⁶	0,07197 x 10 ⁶	0.86	0.022
Lagos Total	176400	42320	X	0.013
Lagos Dulce	91000	21830	0.26	0.007
Lagos Salado	85400	20490	X	0.006
Atmósfera	12900	3095	0.04	0.001
Agua de pantano	11470	2752	0.03	0.0008
Ríos	2120	509	0.006	0.0002
Agua Biológica	1120	269	0.003	0.0001
TOTAL	1386 x 10⁶	332,5 x 10⁶	X	100

Fuente: Gleick, P. H., 1996: Water resources. In Encyclopedia of Climate and Weather, ed. by S. H. Schneider, Oxford University Press, New York, vol. 2, pp.817-823.

4.3.1.2 Procesos para Potabilizar el Agua.

El agua potable de buena calidad presenta el límite admisible de 100 bacterias por cm³ de agua. Desde el punto de vista bacteriológico, el agua potable debe de tener menos de 200 colonias bacterianas de mesófilos aeróbicos por mililitro de muestra. Un máximo de dos organismos coliformes totales en 100 ml de muestra y no contener organismos coliformes fecales en 100 ml de muestra.

La potabilización del agua, es una serie de procesos para hacer que el agua sea apta para la ingesta (bebida directa) e incluye las siguientes etapas:

- **Captación.**
El agua es bombeada o transportada de la fuente hasta la planta de purificación.
- **Floculación y Coagulación.**
Son dos procesos dentro de la etapa de clarificación del agua. Ambos, se pueden resumir como una etapa en la cual las partículas se aglutinan en pequeñas masas llamadas flocs, tal que su peso específico supere al del agua y puedan precipitar.
- **Sedimentación.**
Proceso en el cual, se deja el agua de un contenedor en reposo, para que los sólidos que posee se separen y se precipiten al fondo. La mayor parte de las

técnicas de sedimentación utilizadas, se fundamentan en la acción de la gravedad.

- **Bombeo.**

En este proceso, se emplea una bomba. Una bomba es un sistema mecánico o electro-mecánico que puede formar parte de un sistema hidráulico o hídrico, el cual aprovecha la energía del movimiento realizando acciones de regulación y control para elevar o mover el agua.

- **Filtración.**

En este proceso, el agua es separada de la materia en suspensión haciéndola pasar a través de una sustancia porosa. En la práctica este material poroso es generalmente arena y existen dos clases, los de acción lenta y los de acción rápida, y estos se dividen en filtros de superficie libre y filtros de presión.

En los filtros lentos el agua pasa por gravedad a través de la arena a baja velocidad, la separación de los materiales sólidos se efectúa al pasar el agua por los poros de la capa filtrante y adherirse las partículas a los granos de arena.

En los filtros rápidos con superficie libre el agua desciende por gravedad a través de la arena a una velocidad mayor. Es imprescindible el tratamiento con coagulantes para sacar la mayor cantidad de partículas en suspensión.

El filtro se lava a contracorriente (sentido contrario al de filtrado) para que expanda el lecho y se lleve al desagüe los sólidos acumulados.

- **Desinfección.**

En este proceso, se destruyen los agentes microbianos, por medio de productos químicos, entre los utilizados están: Hipoclorito de Sodio, Hipoclorito de calcio, Dióxido de cloro, ozono, luz ultravioleta.

Por lo general, este es el último paso en la potabilización del agua superficial.

4.3.2 Tecnología Ultravioleta (UV).

Los rayos ultravioleta emiten una energía fuerte, electromagnética, estos rayos se encuentran en el aspecto natural de la luz del sol, los mismos, están en la escala de ondas cortas, invisibles al ojo humano, con una longitud de onda de 100 a 400 nanómetro (nm, 1 nanómetro= 10^{-9} m) que cicla entre 8×10^{14} y 6×10^{16} Hertz (Hz), con una energía de fotón entre 3×10^0 y 1×10^2 eV (electrón voltio). Estas características la ubican en un nivel energético mayor que la Luz Visible y menor que los Rayos X. Los Rayos Ultravioleta fueron descubiertos por el alemán Johann Wilhelm Ritter (1776-1810) en el año de 1801.

Existen dos tipos de lámparas de mercurio para producción de Luz Ultravioleta, en función de la presión interna del gas Mercurio: Lámparas de baja presión y lámparas de media presión. Desde el punto de vista de la radiación obtenida, la diferencia más importante es la dispersión cromática de la energía de salida. Las lámparas de arco de Mercurio de baja presión presentan una concentración cromática alrededor de los 254 nm, en tanto que las de mediana presión exhiben policromía en el intervalo de longitud de onda de 200 a 600 nanómetros (nm). (11)

4.3.2.1 Principio de Funcionamiento.

El sistema de desinfección con luz ultravioleta (UV) transfiere energía electromagnética desde una lámpara de vapor de mercurio al material genético del organismo (ADN o ARN). Cuando la radiación UV penetra en las paredes celulares de un organismo, esta destruye la habilidad de reproducción de la célula. La radiación UV, generada por una descarga eléctrica a través de vapor de mercurio, penetra al material genético de los microorganismos y retarda su habilidad de reproducción.

La eficacia del sistema de desinfección con luz ultravioleta depende en gran parte de las características del agua residual, la intensidad de la radiación, el tiempo de exposición de los microorganismos a la radiación y la configuración del reactor. Para cualquier planta de tratamiento, el éxito de las actividades de desinfección está directamente relacionado con la concentración de componentes coloidales y de partículas en el agua residual.

La longitud de onda óptima para desactivar eficazmente los microorganismos se encuentra en el rango de 250 a 270 nm. La intensidad de la radiación emitida por la lámpara se disipa a medida que la distancia de la lámpara aumenta.

Las lámparas de baja presión emiten básicamente luz monocromática a una longitud de onda de 253.7 nm. Las longitudes estándar de las lámparas de baja presión son de 0.75 y 1.5 metros (m), y sus diámetros van de 1.5 a 2.0 centímetros (cm). La temperatura ideal de la pared de la lámpara se encuentra entre 95 y 122 °F (grados Fahrenheit).

Las lámparas de mediana presión son generalmente utilizadas en instalaciones de mayor tamaño. Estas lámparas tienen una intensidad germicida 15 a 20 veces mayor que las de baja presión. La lámpara de mediana presión desinfecta más rápido y tiene más capacidad de penetración debido a su mayor intensidad. Sin embargo, estas operan a temperaturas más altas y por ende con un mayor consumo de energía eléctrica.

4.3.2.2 Usos, Ventajas y Desventajas.

La desinfección es considerada como el principal mecanismo para la destrucción de organismos patógenos, con el propósito de evitar la dispersión de enfermedades transmitidas a través del consumo de agua. El agua debe ser tratada antes de realizarse las actividades de desinfección para que la acción de cualquier desinfectante sea eficaz.

Tabla 4. Agentes Infecciosos Presentes en aguas Residuales Domésticas no Tratadas.

ORGANISMO	ENFERMEDAD CAUSADA
BACTERIAS	
Escherichia coli (enterotoxígeno)	Gastroenteritis
Leptospira (spp.)	Leptospirosis
Salmonella typhi	Fiebre tifoidea
Vibrio cholerae	Cólera
Salmonella (2,100 serotipos)	Salmonelosis
PROTOZOOS	
Balantidium coli	Balantidiasis
Cryptosporidium parvum	Cryptosporidiasis
Entamoeba histolytica	Amebiasis (disentería amoébrica)
Giardia lamblia	Giardiasis
VIRUS	
Hepatitis A	Hepatitis de tipo infeccioso
Rotavirus	Gastroenteritis

Fuente: Tabla adaptada de Crites and Tchobanoglous, 1998.

En la tabla 4. Listan varios organismos presentes en las aguas residuales domésticas y las enfermedades asociadas a ellos.

Tabla 5. Ventajas y Desventajas de la Tecnología UV.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Bajo costo de operación y mantenimiento	los costos son competitivos cuando la cloración requiere descloración y se cumple con los códigos de prevención de incendios
Sistema más compacto por requerir bajos tiempos de residencia.	Un programa de mantenimiento preventivo es necesario para controlar la acumulación de sólidos en la parte externa de los tubos de luz.
No requiere de almacenamiento y manipulación de productos químicos tóxicos. No genera subproductos tóxicos para el medio ambiente. El uso de luz UV destruye microorganismos patógenos sin adición de productos químicos ni formación de subproductos tóxicos (cloraminas, clorofenoles, etc.)	La turbidez y los sólidos suspendidos totales (SST) en el agua residual hacen que la desinfección con luz UV sea ineficaz.
La energía ultravioleta no precisa de tiempos de contacto prolongados para la desinfección.	El uso de la desinfección con lámparas UV de baja presión no es tan efectivo en el caso de efluentes secundarios con niveles de SST mayores a 30 mg/L.

4.3.2.3 Componentes del Sistema.

Los componentes principales del sistema de desinfección con luz UV son las lámparas de vapor de mercurio, el reactor y los balastos electrónicos. La fuente de luz UV son las lámparas de arco de mercurio de baja o mediana presión y de intensidad baja o alta.

- Canal.**
Estructura construida en concreto o acero inoxidable en donde se canaliza el flujo a tratar y donde se instala la placa difusora, módulos de lámparas UV y el vertedero de descarga.
- Placa Difusora.**
Construida en acero inoxidable que se instala en la entrada de agua al canal, tiene por objeto modificar el perfil hidráulico para obtener un flujo de tipo pistón en la cámara de contacto.
- Módulos de Lámparas UV (cámara de contacto).**
Estructura construida en acero inoxidable y equipado con lámparas UV germicidas de alta o baja intensidad (según el caso). Al interior de esta estructura se produce la desinfección del flujo a tratar.
- Vertedero de Descarga.**
Estructura construida en acero inoxidable que se instala aguas abajo de la cámara de contacto, cuya función es regular el nivel de agua al interior del canal, asegurando así la aplicación de la dosis UV requerida.

4.3.3 Tecnología de Micro y Ultra Filtración, utilizando Filtros de Membranas tipo hueca.

4.3.3.1 Microfiltración (MF).

Proceso de flujo a baja presión, a través, de una membrana semipermeable de baja presión para separar sólidos suspendidos del agua, dejando pasar sales y macromoléculas. Utiliza en la separación de coloides y partículas suspendidas rangos de tamaño de poro comprendidos entre de **0.2-0.1** μm (micras) y utilizan como material fibras de PVDF de 538 ft^2 (50 m^2)/módulo. La Microfiltración, se utiliza para fermentaciones, clarificación de caldo, clarificación y recuperación de biomasa.

4.3.3.2 Ultrafiltración (UF).

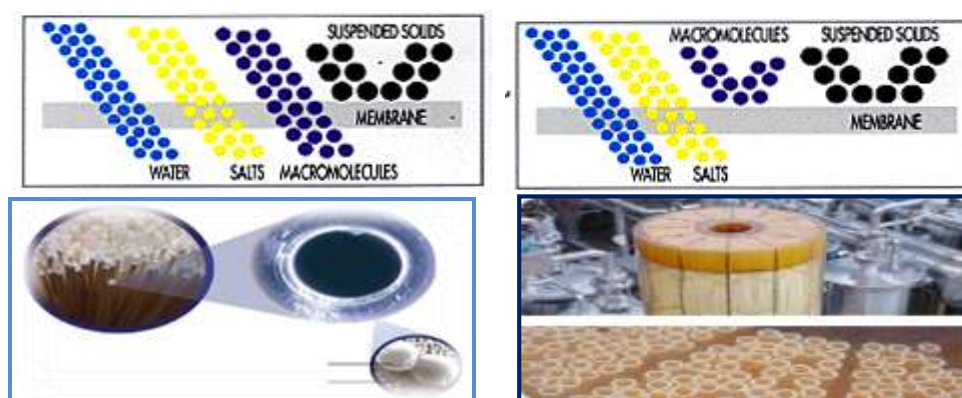
Membrana de tipo semipermeable de baja presión utilizada para la separación de partículas, dejando pasar sales y partículas de bajo peso molecular.

Puede utilizarse en aplicaciones tales como el desmineralizado, la remoción de color y desalinización. Utiliza en la separación de coloides y partículas suspendidas rangos de tamaño de poro de **0.05-0.02** μm (micras) y utilizan como material fibras de PAN de 441 ft^2 (41 m^2)/módulo.

Las membranas de fibra hueca, por dentro, utilizan la exclusión física a Agua de filtro. Las paredes de material polimérico, contienen billones de poros que actúan como colador para filtrar y retener las partículas, la turbidez y los patógenos. Además, permiten el flujo de agua a través de la membrana con un bajón de presión virtualmente inexistente.

Estas membranas están disponibles a niveles de Microfiltración (MF) o Ultrafiltración (UF).

Figura 9. Microfiltración y Ultrafiltración.



Fuente: Pall corporation. Sistemas de filtración.

La figura 9. Se observa que la membrana de microfiltración solo retiene los sólidos suspendidos en el agua, dejando pasar el agua, las macromoléculas y las sales disueltas. En el caso de las membranas de ultrafiltración si retienen las macromoléculas.

4.3.3.3 Principio de Funcionamiento.

La eficacia y rendimiento de las membranas de fibra hueca está determinado por los parámetros de poros como:

- **Tamaño.**
El tamaño nominal de los poros es el determinante primario de las características de rechazo de partículas y patógenos de la membrana. Como ejemplo, si varios de los poros son más grandes que el tamaño nominal de los mismos, la membrana tendrá características de rechazo deficientes con respecto a patógenos tales como los virus.
- **La distribución del tamaño de los poros.**
Es controlada con una buena y precisa química de la membrana básica y un proceso de manufactura estrictamente controlado. Para que las membranas puedan rechazar virus, la distribución de los poros de la membrana debe ser muy estrecha.
- **La permeabilidad.**
Medida de la proporción de flujo de la membrana, representa la presión necesaria para lograr un flujo específico. Mientras más alta sea la permeabilidad de una membrana, más eficiente será dicha membrana.

4.3.3.4 Usos, Ventajas y Desventajas.

La microfiltración puede ser aplicada a muchos tipos diferentes de tratamientos de agua cuando se necesita retirar de un líquido las partículas de un diámetro superior a 0.1 mm.

Ejemplos de aplicaciones de la microfiltración:

- Esterilización por frío de bebidas y productos farmacéuticos.
- Aclaramiento de zumos de frutas, vinos y cerveza.
- Separación de bacterias del agua (tratamiento biológico de aguas residuales).
- Tratamiento de efluentes.
- Separación de emulsiones de agua y aceite.
- Pre-tratamiento del agua para nano filtración y ósmosis inversa.
- Separación sólido-líquido para farmacias e industrias alimentarias.
- Desarrollo de membranas robustas, sintéticas, de fácil limpieza y con propiedades uniformes.

Ejemplos de campos en los que se aplica la ultrafiltración:

- Proceso de Filtración absoluta en: Agua salada, agua superficial, agua subterránea, agua residual y agua de proceso.
- La industria de productos lácteos (leche, queso)
- La industria alimentaria (proteínas)
- La industria del metal (separación de emulsiones agua/aceite, tratamiento de pinturas)
- La industria textil.

Tabla 6. Ventajas y Desventajas de la Tecnología de Micro y Ultra filtros de Membranas.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Desarrollo de equipo que permite operación continua.	Posible descomposición microbiana de la membrana.
Bajos costos de operación.	Vida útil de la membrana afecta enormemente el costo
Requiere menos presión que la ósmosis Inversa.	Permeabilidad decrece con el tiempo.
Bajos costos de producción para los productos.	Agentes limpiadores deben ser libres de hierro y sílica.
Combinada con diafiltración permite alcanzar mayores concentraciones de proteína.	Necesita de retrolavados continuamente.

4.3.3.5 Componentes del Sistema

- Base o Carcasa.**
Elemento utilizado para alojar, proteger y optimizar el correcto funcionamiento del cartucho, incluye tapa con el fin de permitir el recambio del cartucho.
Se fabrican por lo general de polipropileno o acero inoxidable.
- Filtro tipo cartucho.**
Elemento filtrante, fabricado principalmente por fibras de polietileno y con un interior de material resistente para evitar su aplastamiento.
Los filtros se referencian unos de otros por su tamaño de poro y se fabrican desde 0.01 micras hasta 150 micras, dependió su utilización y nivel de retención.
- Bomba de succión.**
Equipo utilizado para succionar el agua clarificada e impulsarla para vencer y así la resistencia de los filtros.
- Válvulas.**
Elementos utilizados para permitir o no el paso del flujo o caudal del agua a hacer tratada o a filtrada.

4.3.4 Ósmosis Inversa (R.O).

Esta tecnología se basa en la aplicación de una presión sobre una disolución concentrada para forzar el paso de la misma a través de unas membranas semipermeables.

Se induce la retención de la mayor parte de las sales disueltas obteniendo un Agua con una concentración salina muy inferior a la disolución de partida.

Con el uso de la R.O, es posible realizar tanto separaciones como procesos de concentración.

Esta tecnología es bastante útil para adecuación de efluentes de todo tipo, desalinización de aguas, separación de elementos extraños, metales pesados y eliminación de compuestos orgánicos.

Mediante los equipos de ósmosis inversa es posible desalinizar el Agua de aporte y reducir los valores de conductividad a unos parámetros adecuados. El sistema de

control de los equipos permite alcanzar los valores correctos de conductividad para disponer de un caudal de Agua con la calidad requerida.

La desalación consiste en separar la sal del agua. El agua del mar que antes no se podía explotar se puede hacer potable mediante técnicas de desalación y utilizarse para el abastecimiento humano, agrícola o industrial. Es necesario desalar el agua porque el hombre no puede consumir agua que tenga más de 0.5 gramos por litro de sales disueltas. Tampoco es recomendable que tenga menos de esta cantidad (agua destilada o totalmente desmineralizada).

Tabla 7. Diferencias de Salinidad entre diferentes clases de agua.

TIPOS DE AGUA	SALINIDAD (PPM DE TDS)
Ultrapura	0.03
Pura (calderas)	0.3
Desionizada	3
Dulce (potable)	< 1.000
Salobre	1.000-10.000
Salina	10.000-30.000
Marina	30.000-50.000

Fuente: Fariñas (1999). Rangos de salinidad de los diferentes tipos de agua.

4.3.4.1 Principio de Funcionamiento.

En existencia de agua pura a ambos extremos de la membrana no existe flujo a través de ella porque el potencial químico es igual a ambos lados.

Si en uno de los lados se agregan sales formando una solución, el agua circulará del lado del agua pura hacia el de mayor concentración, intentando igualar los potenciales químicos por el efecto de la diferencia de presiones. Llegará un momento en que se detenga el flujo. En este momento, la diferencia de altura entre las dos columnas líquidas corresponde a la presión osmótica de la solución. Si, a continuación, sobre la columna más elevada se sobrepone una presión exterior, el agua circulará en sentido inverso al anterior. El flujo inverso creado a través de la membrana mediante la sobrepresión, hará aumentar el volumen de Agua pura a expensas de la solución. A este último fenómeno se le llama ósmosis inversa (R.O).

El transporte se realiza a través de los poros de la membrana, que debe tener unas características fisicoquímicas determinadas para permitir el paso selectivo del Agua y rechazar las sales disueltas.

El flujo de agua se puede hacer aumentar incrementando la presión exterior aplicada, sin que esto represente mayor paso de sales. Con mayor presión se obtiene una mayor calidad de agua.

La mayor presión significa un mayor costo de energía y el diseño de la instalación para conseguir y resistir esta mayor presión. Con el incremento de presión hay que controlar que no se supere la carga superficial máxima. Para las Aguas salobres (sin altos contenidos de sal) se aplican presiones de 15 a 40 Kg/cm², y para el Agua de mar, de 55 a 80 Kg/cm².

Una recuperación del 60% significa que cada 100 m³ alimentados, 60 m³ pasan como producto y 40 m³ van al rechazo.

La recuperación está limitada por el contenido en sales incrustantes del agua. Una recuperación excesiva puede dejar atrás una solución rechazo demasiado

sobrecargada, teniendo en cuenta que el punto crítico se halla en el extremo de salida del rechazo, que es donde alcanza la máxima concentración. Además debe quedar un caudal de descarga del rechazo suficiente para arrastrar la materia coloidal que pueda haber sin llegar a acumularse sobre las membranas.

Figura 10. Proceso de Ósmosis Inversa (RO).



Fuente: Lenntech. Filtración Ósmosis Inversa. (RO)

4.3.4.2 Usos, Ventajas y Desventajas.

La ósmosis inversa es una técnica que es básicamente aplicada en la desalinización de agua salobre. Esta técnica, es a partir de agua de mar como es comúnmente se conoce. Usando esta técnica, se elimina la mayor parte del contenido en sales del agua.

La Ósmosis Inversa (R.O), se aplica para la producción de agua Ultrapura y de agua de abastecimiento de calderas para el ablandamiento del agua, en la industria de alimentos (concentración de zumos de frutas, azúcar y café), en la industria de galvanizados (concentración de aguas residuales) y en la industria láctea (concentración de leche para la producción de queso).

El pre-tratamiento del agua de abastecimiento para las instalaciones de ósmosis inversa influye mucho en la eficacia de la instalación. La forma de pre-tratamiento requerida depende en la calidad del agua entrante. El propósito del pre-tratamiento es reducir el contenido en materia orgánica y la cantidad de bacteria.

El contenido en materia orgánica y las cantidades de bacteria deben ser tan bajos como sea posible para prevenir la llamada bio-obstrucción de membranas.

Además del pre-tratamiento se puede añadir una dosis química (ácido, anti-escamante), para prevenir la descamación y precipitación de sólidos insolubles, tales como carbonato de calcio y sulfato de bario en la superficie de la membrana.

Los ácidos aplicados son ácido clorhídrico (HCl) y ácido sulfúrico (H₂SO₄). Siendo el ácido sulfúrico es el producto químico más usado para este fin.

Cuando se desean recuperaciones muy altas, se deben disponer las membranas en configuración tipo serie (una después de la otra) de forma que el rechazo del primer grupo de membranas pase a tratamiento a un segundo grupo en serie, y a un tercero si hace falta.

Con una buena combinación de la disposición, es posible optimizar la calidad y mayor recuperación de agua.

Tabla 8. Ventajas y Desventajas de la Tecnología de Ósmosis Inversa.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Pueden llegar a remoción >95%	Baja recuperación de agua lleva al aumentar el caudal de agua cruda.
Calidad consistente.	Descarga de concentrado de agua puede ser un problema.
Equipamiento compacto y automatizado.	Mayor inversión de capital y cuidado en pretratamiento. Maneja altas presiones en todos los equipos.
El sistema de desalinización consumiría un 30% menos de energía que la requerida para trasladar el agua del mar al lugar de disposición final	En el proceso de extracción de la sal del agua de mar se producen residuos salinos que, una vez vertidos al mar, perjudican a la flora marina al aumentar la salinidad de las aguas.

4.3.4.3 Componentes del Sistema.

Normalmente una planta de Ósmosis inversa incluye los siguientes elementos:

- **Sistema de pretratamiento.**

La ósmosis inversa al ser una técnica de hiperfiltración donde el agua pasa a través de la membrana, exige que los niveles de sólidos en suspensión y materia viva (materias, algas, etc.) sean lo más pequeños posibles para evitar un rápido ensuciamiento de la membrana. El sistema de pre-tratamiento es básicamente el mismo utilizado en plantas de tratamiento y producción de agua potable. Esto significa procesos de filtración y micro-filtración y complementariamente la adición de compuestos químicos (coagulantes, antioxidantes, acidificador e inhibidores de incrustaciones). Además a esto hay que incluir métodos de desinfección mediante cloración, UV o aplicación de ozono.

- **Bomba de alimentación de alta presión.**

Se utiliza, principalmente para aplicar la presión necesaria para separar las sales del agua.

- **Elementos varios.**

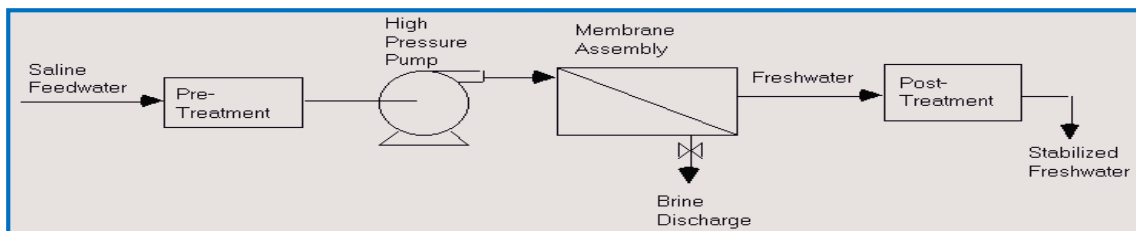
Incluye el tanque construido con fibra de vidrio o polipropileno, válvulas automáticas, bomba auxiliares para la inyección, la dosificación de químicos y para los sistema de limpieza como el retrolavado.

- **Elementos de membrana de Ósmosis Inversa (R.O).**

- **Post-tratamiento o acondicionamiento del agua.**

Consiste en la neutralización del pH (potencial de hidrogeno) y desinfección (UV, ozonización, otras).

Figura 11. Sistema Completo de Ósmosis Inversa (RO).



Fuente: Lenntech. Filtración Ósmosis Inversa. (RO)

Tabla 9. Comparación de Parámetros Característicos de Tecnologías con Membranas.

Membrana	Rechaza Monovalentes	Rechaza multivalentes	Rechaza orgánicos	Sólidos suspendidos	Presión de operación promedio bars
Microfiltración	No	No	Parcial	si	3
Ultrafiltración	No	No	si	si	7
Nanofiltración	Poco	si	si	si	3 a 10
ósmosis inversa	Si	si	si	si	10 a 20

Fuente: Producción Bovina. Parámetros característicos de tecnologías con membranas.

5 CONSIDERACIONES FINALES.

Desde el comienzo, nuestro planeta y en especial el clima siempre ha variado, el problema del cambio climático es que en el último siglo el ritmo de estas variaciones se ha acelerado, a tal grado que afecta y pone en riesgo la vida planetaria.

Al buscar la causa de esta aceleración, algunos científicos encontraron que existe una relación directa entre el calentamiento global o cambio climático y el aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), provocado principalmente por las sociedades industrializadas.

Este cambio climático acelerado, ocupa buena parte de los esfuerzos de la comunidad científica internacional para estudiarlo y controlarlo, porque, afirman, pone en riesgo el futuro de la humanidad.

Es necesario impulsar la investigación y el estudio de estas fuentes alternas de energía para el desarrollo a nivel nacional y promover la incorporación de éstas en el desarrollo presente y futuro. Además se podrían obtener ganancias importantes de tipo económico, aprovechando la venta de bonos ambientales a los países generadores de estas emisiones a la atmosfera.

Con el uso y utilización de las energías “limpias” que se propone se tendría estas características:

- Energía renovable.
- Energía limpia.
- No requiere una combustión que produzca dióxido de carbono.
- Puede instalarse en espacios no aptos para otros fines.
- Puede convivir con otros usos del suelo.

6 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Sólo en el departamento de Antioquia existen más de 70.000 viviendas ocupadas entre urbanas y rurales sin el servicio de energía eléctrica. Y más de 400.000 sin el acceso al servicio de agua potable, de estos últimos existen municipios con déficit de cobertura de agua potable entre 0 y 3.5 % (12)

En la parte rural existen conglomerados de pocas familias, instalaciones habitacionales pequeñas, locales comerciales y entidades oficiales que se encuentran distantes del punto terminal del circuito eléctrico existente, lo que hace que la mayoría de los proyectos de expansión, para la distribución de energía y la construcción de plantas de potabilización del agua sean económicamente inviables, ya que la inversión inicial en equipos, posteria, compra de servidumbres, cables, transformadores, herrajes, instalación de equipos de bombeos, tuberías, mano de obra y posterior mantenimiento sea muy alta y los tiempos de recuperación de dicha inversión a muy largo plazo. Por esta razón, existe en gran parte el problema de la falta de cobertura de los servicios básicos en la mayoría de las regiones y especialmente en las más pobres. Dejando solo a voluntad de la clase política y del gobierno de turno su construcción ya que solo involucraría dineros públicos.

Tabla 10. Viviendas ocupadas con personas presentes, por disponibilidad de servicio de energía y cobertura en los municipios de Antioquia, por subregión 2005.

SUBREGIONES Y MUNICIPIOS	COBERTURA RESIDENCIAL (%)			VIVIENDAS CON SERVICIO			VIVIENDAS SIN SERVICIO		
	Total	Cabecera	Resto	Total	Cabecera	Resto	Total	Cabecera	Resto
TOTAL DEPARTAMENTO	94,8	98,6	82,8	1.369.234	1.083.662	285.571	74.997	15.844	59.153
RESTO DEPARTAMENTO (1)	88,5	97,3	79,1	505.766	286.520	219.246	65.758	7.835	57.923
VALLE DE ABURRÁ	98,9	99,0	98,2	863.467	797.142	66.325	9.239	8.009	1.230
BAJO CAUCA	82,4	96,0	64,0	44.048	29.529	14.519	9.402	1.241	8.162
MAGDALENA MEDIO	89,0	98,0	77,2	22.582	14.141	8.441	2.788	293	2.495
OCCIDENTE	86,3	96,5	80,8	41.977	16.494	25.483	6.641	605	6.036
ORIENTE	95,9	99,2	92,0	133.614	74.990	58.624	5.676	577	5.099
SUROESTE	93,8	98,4	89,6	88.250	44.400	43.850	5.831	716	5.115
URABÁ	78,4	94,9	55,8	86.564	60.537	26.027	23.858	3.236	20.622

No incluye Valle de Aburrá

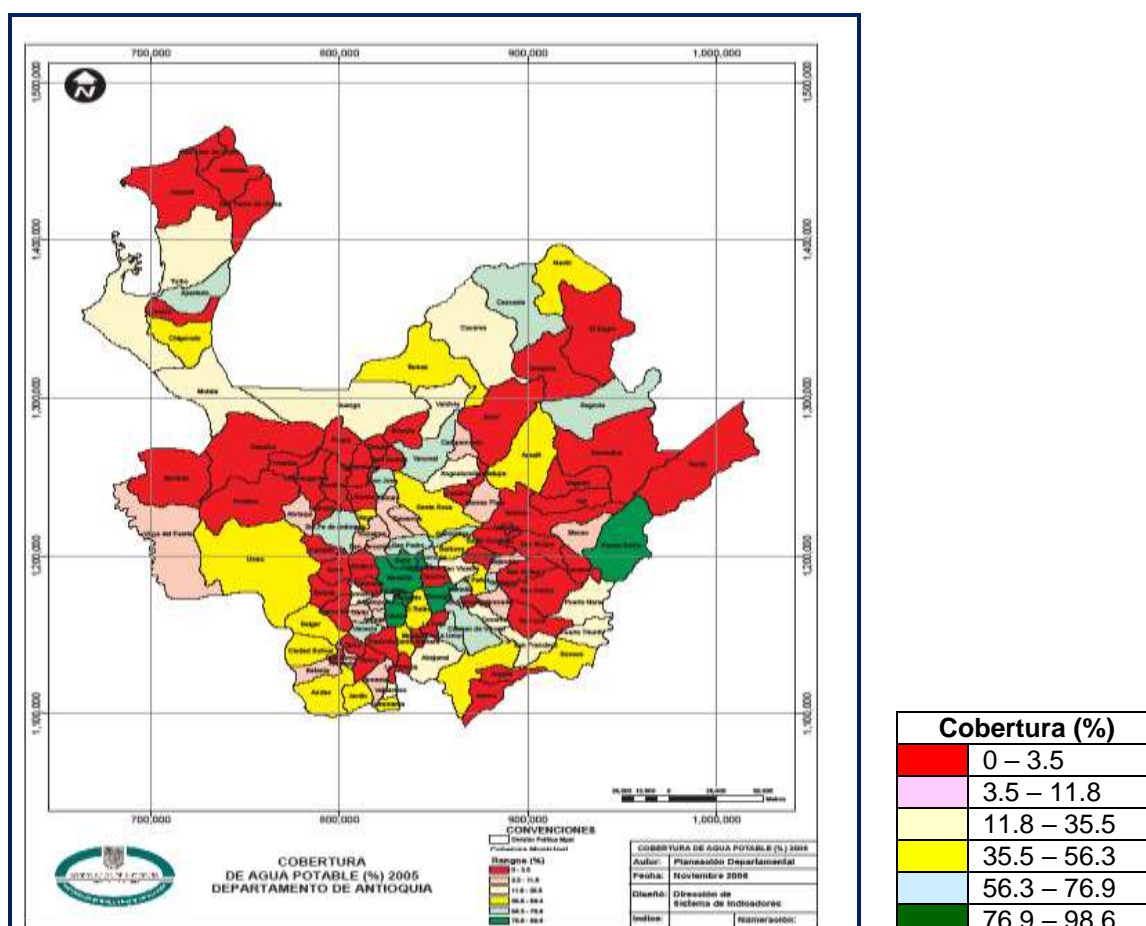
Fuente: Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE Censo 2005, Dirección Seccional de Salud- DSSA y Departamento Administrativo de Planeación de Antioquia - Dirección Sistemas de Indicadores.

Tabla 11. Viviendas ocupadas con personas presentes, por disponibilidad de servicio de agua potable y cobertura en los municipios de Antioquia, por subregión 2005.

SUBREGIONES Y MUNICIPIOS	VIVIENDAS CON ACCESO AL SERVICIO DE AGUA POTABLE						VIVIENDAS SIN ACCESO AL SERVICIO DE AGUA POTABLE		
	Total	%	Cabecera	%	Resto(2)	%	Total	Cabecera	Resto
TOTAL DEPARTAMENTO	986,654	70.4	930,403	85.7	56,250	17.9	413,892	155,671	258,222
VALLE DE ABURRÁ	809,366	94.2	775,423	97.2	33,944	54.8	49,992	21,999	27,992
BAJO CAUCA	16,287	33.8	15,934	52.6	353	2.0	31,860	14,382	17,478
MAGDALENA MEDIO	11,487	46.8	8,387	59.0	3,100	30.1	13,045	5,830	7,215
NORDESTE	8,148	19.8	7,834	35.8	314	1.6	32,997	14,061	18,936
NORTE	19,979	39.5	17,495	70.9	2,484	9.6	30,557	7,163	23,394
OCCIDENTE	4,603	10.0	3,176	19.4	1,428	4.8	41,232	13,163	28,068
ORIENTE	54,961	41.4	45,486	61.6	9,475	16.1	77,848	28,395	49,453
SUROESTE	25,231	27.6	21,228	47.5	4,003	8.6	66,234	23,510	42,724
URABÁ	36,591	34.3	35,441	56.6	1,150	2.6	70,128	27,167	42,961

Fuente: Planeación Gobernación de Antioquia. Anuario2005. Indicadores.

Figura 12. Cobertura de Agua Potable para el Departamento de Antioquia 2005.



Fuente: Planeación Gobernación de Antioquia. Noviembre 2006.

Como se observa en la figura 12. Los municipios con mayor cobertura de agua potable (76.9 y 98.6 %) son los del área metropolitana (Girardota, Copacabana, Bello,

Medellín, Estrella, Envigado y Caldas), Puerto Berrio y Rionegro. Los municipios del norte de Antioquia (Necoclí, San Juan de Urabá, Arboletes, San Pedro de Urabá y Carepa) están incluidos en los de menor cobertura de agua potable tienen (0 y 3.5 %).

Con la implementación de la “posible solución” se mitigara en parte la dependencia que estas comunidades tienen a que el gobernante del municipio o la nación, les solucionen los problemas de falta de suministro de los servicios básicos como agua potable y energía eléctrica, pudiendo adquirirlos de forma particular, asociándose con otros vecinos, vía donaciones realizadas por entidades gubernamentales o particulares u otra figura similar.

La combinación de tecnologías, el constante avance y disminución de los costos de capital, podrán mejorar y potencializar la solución propuesta. La misma dependerá principalmente de las características geográficas, climáticas y de disponibilidad de agua de la zona en particular.

7 OBJETIVOS DEL PROYECTO.

7.1 Objetivo General.

Plantear una posible solución a la falta de Energía Eléctrica y/o Agua Potable para regiones aisladas carentes de los mismos.

7.2 Objetivos Específicos.

- Estudiar la tecnología existente en materia de la radiación solar y la fuerza del viento para generar energía eléctrica, además, los métodos de filtración por membranas, radiación ultravioleta y la ósmosis inversa para purificar el agua.
- Definir los posibles escenarios, utilizando y/o combinando las tecnologías estudiadas, las mismas dependerán de las características geográficas y climáticas de la zona en cuestión (índice de radiación solar, velocidad de los vientos y tipos de afluentes). Teniendo presente los criterios de uso racional y eficiente de los recursos.

8 ALCANCE DEL PROYECTO.

En la primera parte se estudiarán las tecnologías adecuadas para la generación de energía eléctrica por medio de la radiación solar fotovoltaica y la fuerza del viento. Además la forma de purificar el agua por medio de la filtración con membranas, la radiación ultravioleta y la ósmosis inversa.

En la segunda parte, se recomendará una posible solución al problema de carencia de Energía Eléctrica y Agua potable en regiones aisladas o para lugares que deseen adaptar estas tecnologías como fuente alterna o de autoabastecimiento.

La posible solución dependerá de la geografía y el clima de cada región. Dependiendo de estas variables, se podrá utilizar una tecnología en particular o la combinación de varias.

9 DESARROLLO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.

Para una correcta utilización y elección de las tecnologías estudiadas, se debe realizar un cruce de estas y asociarlas a los diferentes Departamentos de Colombia. Con el fin de utilizar una sola de estas tecnologías o la combinación de las mismas, para alcanzar el objetivo propuesto.

Tabla 12. Recopilación de Tecnologías estudiadas y discriminadas por Departamentos.

DEPARTAMENTO	RADIACIÓN SOLAR (Wh/M ²)	VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)	TECNOLOGÍA ULTRAVIOLETA (UV)	TECNOLOGÍA FILTROS DE MEMBRANAS	TECNOLOGÍA ÓSMOSIS INVERSA (R.O)
Amazonas	350 - 400	0 - 3	√	√	√
Antioquia	350 - 450	1 - 3	√	√	√
Arauca	350 - 450	1 - 3	√	√	x
Atlántico	450 - 500	2 - 4	√	√	√
Bolívar	400 - 450	1 - 3	√	√	√
Boyacá	350 - 450	1 - 3	√	√	x
Caldas	350 - 450	1 - 2	√	√	x
Caquetá	350 - 400	1 - 3	√	√	x
Casanare	350 - 450	2 - 3	√	√	x
Cauca	350 - 400	1 - 3	√	√	√
Cesar	400 - 500	2 - 4	√	√	x
Chocó	300 - 400	1 - 3	√	√	√
Córdoba	350 - 450	1 - 3	√	√	√
Cundinamarca	350 - 450	1 - 3	√	√	x
Guainía	350 - 450	2 - 3	√	√	x
Guaviare	350 - 400	2 - 3	√	√	x
Huila	350 - 450	1 - 3	√	√	x
La Guajira	450 - 500	3 - 5	√	√	√
Magdalena	400 - 500	1 - 4	√	√	√
Meta	350 - 400	1 - 3	√	√	x
Nariño	300 - 400	1 - 3	√	√	√
Norte de Santander	350 - 450	1 - 4	√	√	x
Putumayo	350 - 400	1 - 3	√	√	x
Quindío	350 - 400	1 - 2	√	√	x
Risaralda	350 - 450	1 - 2	√	√	x
San Andrés y Providencia	400 - 450	5 - 6	√	√	√
Santander	350 - 450	1 - 3	√	√	x
Sucre	400 - 450	1 - 3	√	√	√
Tolima	350 - 450	1 - 3	√	√	x
Valle del Cauca	350 - 450	1 - 2	√	√	√
Vaupés	350 - 400	1 - 3	√	√	x
Vichada	350 - 450	2 - 3	√	√	x

√ = Se puede utilizar.

X = No se puede utilizar (la tecnología de RO es más utilizada para la desalinización del agua. Por esto se potencializa su uso en regiones con zonas costeras)

Como se puede observar de la tabla 12, es posible agrupar los Departamentos en tres grupos dependiendo de su capacidad de generación de energía (Solar y Eólica). Estos grupos son:

Grupo 1: Generadores Solares netos. (Mayores a 400 Wh/m²)

Los Departamentos que pertenecen a este grupo, pueden explotar esta tecnología de generación de energía eléctrica en forma independiente. Antioquia, Arauca, Atlántico, Bolívar, Boyacá, Caldas, Casanare, Cesar, Córdoba, Cundinamarca, Guainía, Guajira, Magdalena, Norte de Santander, Risaralda, San Andrés y Providencia, Santander, Sucre, Tolima, Valle del Cauca y Vichada.

Nota: Para mejorar el sistema en cuanto a confiabilidad, se debe combinar con la generación de generadores Eólicos.

Grupo 2: Generadores Eólicos netos. (Mayores a 4 m/s)

Los Departamentos que pertenecen a este grupo, pueden explotar esta tecnología de generación de energía eléctrica en forma independiente. Guajira, San Andrés y Providencia. Solo en estos dos Departamentos es viable la explotación de esta tecnología. Por este motivo, el proyecto más importante en Colombia de generación Eólica se encuentra precisamente en la **Guajira**. Lo que soporta la teoría estudiada en la pagina 17 (La velocidad más baja, llamada velocidad de corte inferior que es generalmente de 4 a 5 m/s (metros/segundo), por debajo de esta velocidad no hay suficiente energía como para superar las pérdidas del sistema).

Nota: Para mejorar el sistema en cuanto a confiabilidad, se debe combinar con la generación de generadores Solares.

Grupo 3: Generadores Solares y Eólicos.

Los demás Departamentos, deben explotar las dos tecnologías de generación en forma combinada para potencializar la eficiencia y confiabilidad en el suministro de energía eléctrica.

Para el caso concreto del Departamento de Antioquia, tenemos los siguientes resultados:

Tabla 13 . Tecnologías estudiadas y discriminadas para el Departamento de Antioquia.

DEPARTAMENTO	RADIACIÓN SOLAR (Wh/M ²)	VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)	TECNOLOGÍA ULTRAVIOLETA (UV)	TECNOLOGÍA FILTROS DE MEMBRANAS	TECNOLOGÍA ÓSMOSIS INVERSA (R.O)
Antioquia	350 - 450	1 - 3	X	X	X

La tabla 13. Muestra que el Departamento de Antioquia cuenta con un rango importante de Radiación Solar y uno medio en cuanto al potencial Eólico. Por lo que se debe instalar sistemas híbridos (Solar + Eólico).

De la tabla 10. (Viviendas ocupadas con personas presentes, por disponibilidad de servicio de energía y cobertura en los municipios de Antioquia, por subregión 2005). Se evidencia la carencia de energía eléctrica para la subregión de URABÁ del 21.6%, seguida por el BAJO CAUCA (17.6%). Subregiones que se pudieran beneficiar enormemente con la implantación de estas tecnologías.

9.1 Factores a tener en cuenta en la selección de Tecnologías alternativas para la generación de Energía Eléctrica.

9.1.1 Técnicos.

- **Lugar de instalación de los equipos:** Es necesario conocer las características del lugar, en cuanto a los valores de radiación solar y velocidad del viento. Con estos datos, es posible estimar la cantidad de energía eléctrica producida por día. La ubicación estratégica de los equipos es fundamental, deben estar alejados de las sombras de edificaciones, árboles y montañas. Lugares donde el viento tengan su mayor velocidad y continuidad en el tiempo.

9.1.2 Ambientales.

- **Estudio de Impacto ambiental:** Es importante, ya que se puede evaluar el nivel de ruido y la contaminación visual producida por la instalación y posterior puesta en marcha de los equipos.

9.1.3 Económicos.

- **Inversión en capital:** Es fundamental el conocimiento de todos los costos asociados a los equipos y obras complementarias para evaluar y escoger con suficientes argumentos la tecnología a utilizar.
- **Costos Operativos:** Se deberá evaluar el costo de las reposiciones de los equipos considerados como consumibles, el mantenimiento y la operación de los sistemas, la capacitación al personal y la elaboración de cartillas o manuales que ilustren de forma clara todos los elementos del sistema y la solución a posibles fallas que se puedan presentar por errores en la utilización de las tecnologías.

9.2 Factores a tener en cuenta en la selección de Tecnologías alternativas para la Purificación de agua.

9.2.1 Técnicos.

- **Calidad del agua cruda y tratada:** Es necesario tener una caracterización completa del agua a tratar incluyendo los elementos que puedan afectar el funcionamiento o la eficiencia para cada tecnología a utilizar. No basta con los análisis habituales de potabilidad de agua (color, pH), sino deben agregarse otros elementos (sílice, alcalinidad, dureza). En el caso de presencia de hierro, para casos de contenido medio se prefiere un sistema de coagulación/filtración tradicional y con valores bajos, se opta por sistemas de membranas.
- **Caudal de diseño:** Es necesario conocer el caudal de consumo (horario, diario). Se debe revisar la disponibilidad de agua, variaciones estacionales y picos de consumo.
- **Factibilidad de utilización de tecnologías:** Algunas tecnologías no son aplicables en determinados casos de calidad de agua cruda. La tecnología

seleccionada debe asegurar confiabilidad permanente, para ello deberá evaluarse también la combinación de más de una tecnología. En condiciones ideales, se recomienda realizar estudios piloto o de laboratorio que confirmen la factibilidad técnica de las tecnologías pre-seleccionadas.

9.2.2 Ambientales.

- **Disposición y generación de efluentes:** Se deben considerar, tanto los costos de tratamiento de las corrientes líquidas, barros y sólidos como los costos de adecuación, transporte y disposición final.
- **Estudio de Impacto ambiental:** En todo proyecto es indispensable su realización, ya sea en el caso de potabilización de agua para una comunidad o para el tratamiento de agua para la industria.
- **Selección de productos químicos a utilizar:** Al momento de seleccionar la tecnología, es importante, evaluar la ficha técnica de cada producto químico y conocer los riesgos que estos implican en el transporte, almacenamiento, manipulación y disposición. Para minimizar al máximo la probabilidad de accidentes.

9.2.3 Económicos.

- **Inversión en capital:** Se debe conocer el costo de los equipos, las obras civiles, el terreno, montaje y permisos. El costo del equipo, dependerá del grado de automatismo especificado, duración, la vida útil esperada, los materiales seleccionados y la redundancia.
- **Costos Operativos:** Se deberá evaluar el costo de adquisición de los productos químicos, la seguridad en el abastecimiento continuo en el emplazamiento de tratamiento, la disponibilidad para almacenaje y la eventual peligrosidad un la manipulación y dosificación.

9.3 Costo de Instalaciones Eléctricas Típicas.

Para este ejercicio se toma como ejemplo una carga de 2225 Varios hora /día (Wh/d).

Cant	Equipo	Consumo (W)		Uso (h/día)	Energía Requerida (W/día)
		Un	Total		
5	Lámparas	11	55	5	275.00
1	Televisor	300	300	4	1,200.00
1	Radio	50	50	7	350.00
1	Otros Consumos	100	100	4	400.00
TOTAL		461	505	20	2,225.00

9.3.1 Instalación Híbrida (Solar + Eólica)

Tabla 14. Costos Equipos Instalación Híbrida.

HÍBRIDO (solar + Eólico)							
Detalle	Vatios (W)	Voltios (V)	h-sol/día	velocidad media	Amp / h	Wh/d	Cant.
Consumo diario promedio						2,225	
Panel	130		3.5			455	
Generación energía necesaria (Panel) ⁽¹⁾							2
Aerogenerador	120			5		1,320	
Generación energía necesaria (Aerogenerador)							1
Almacenar energía (Batería)		12			185		
Cantidad de Baterías sin reserva					250		1
Cantidad de Baterías con reserva día 1							1
Cantidad de Baterías con reserva día 2							2
Cantidad de Baterías con reserva día 3							3

(1) Con Generación Híbrida, se necesitarían 2 paneles + 1 aerogenerador. Queda disponible: 9 Vatios.

Sistema Híbrido				
Equipo	Años vida	Costo		
		\$/un	Total (\$)	\$/año
Panel Fotovoltaico (un)	20	2,300,000	4,600,000	230,000
Batería ⁽¹⁾	5	1,000,000	2,000,000	400,000
Regulador e Inversor	20	1,100,000	1,100,000	55,000
Aerogenerador (un)	20	2,600,000	2,600,000	130,000
Cables y Controles	20	600,000	600,000	30,000
Varios (mtto, otros)	1	300,000	300,000	300,000
Totales			11,200,000	1,145,000

La tabla 14. Muestra los costos de implementación de un sistema híbrido (Solar + eólico).

9.3.2 Instalación Solar.

Tabla 15. Costo equipos Instalación Solar.

NETA SOLAR							
Detalle	Vatios (W)	Voltios (V)	h-sol/día	velocidad media	Amp / h	Wh/d	Cant.
Consumo diario promedio						2,225	
Panel	130		3.5			455	
Generación energía necesaria (Panel) ⁽²⁾							5
Almacenar energía (Batería)		12			185		
Cantidad de Baterías sin reserva					250		1
Cantidad de Baterías con reserva día 1							1
Cantidad de Baterías con reserva día 2							2
Cantidad de Baterías con reserva día 3							3

(2) Con Generación neta Solar, se necesitarían 5 paneles. Queda disponible: 50 Vatios.

Sistema Solar				
Equipo	Años vida	Costo		
		\$/un	Total (\$)	\$/año
Panel Fotovoltaico (un)	20	2,300,000	11,500,000	575,000
Batería ⁽²⁾	5	1,000,000	2,000,000	400,000
Regulador e Inversor	20	1,100,000	1,100,000	55,000
Cables y Controles	20	600,000	600,000	30,000
Varios (mtto, otros)	1	300,000	300,000	300,000
Totales			15,500,000	1,360,000

(2) Se asume una reserva de 2 días

La tabla 15. Muestra los costos de implementación de un sistema Solar (no incluye los costos de instalación).

9.3.3 Instalación Eólica.

Tabla 16. Costo equipos Instalación Eólica.

NETA EÓLICA							
Detalle	Vatios (W)	Voltios (V)	h-sol/día	velocidad media	Amp / h	Wh/d	Cant.
Consumo diario promedio						2,225	
Aerogenerador	120			5		1,320	
Generación energía necesaria (Aerogenerador) ⁽³⁾							2
Almacenar energía (Batería)		12			185		
Cantidad de Baterías sin reserva					250		1
Cantidad de Baterías con reserva día 1							1
Cantidad de Baterías con reserva día 2							2
Cantidad de Baterías con reserva día 3							3

(3) Con Generación neta Eólica, se necesitarían 2 Aerogeneradores. Queda disponible: 414 Vatios.

Sistema Eólico				
Equipo	Años vida	Costo		
		\$/un	Total (\$)	\$/año
Batería ⁽³⁾	5	1,000,000	2,000,000	400,000
Regulador e Inversor	20	1,100,000	1,100,000	55,000
Aerogenerador (un)	20	2,600,000	5,200,000	260,000
Cables y Controles	20	600,000	600,000	30,000
Varios (mtto, otros)	1	300,000	300,000	300,000
Totales			9,200,000	1,045,000

(3) Se asume una reserva de 2 días

Como se aprecia en las tablas 14, 15 y 16. Se presentan los costos asociados a los equipos requeridos para suministrar energía eléctrica a una carga de 2225 Vatios hora /día (Wh/d). En estas no se incluye los costos de instalación. Los mismos varían dependiendo de la ubicación de la instalación, el medio y vías de transporte y la

cantidad de instalaciones a realizar, entre otros. Se observa que los costos mayores están asociados al arreglo solar (\$15.500.000) más concretamente por el valor de los paneles y por la cantidad de los mismos. El costo menor es para el sistema de generación eólica (\$9.200.000) pero solo se podría instalar en forma independiente para ciertos departamentos (como se mostro anteriormente). Por estos motivos, el arreglo con sistemas híbridos, sería el más conveniente desde el punto económico (\$ 11.200.000) y practico. Además el que se podría adaptar a la mayoría de Departamentos.

9.4 Costo de Instalaciones Potabilización Típicas.

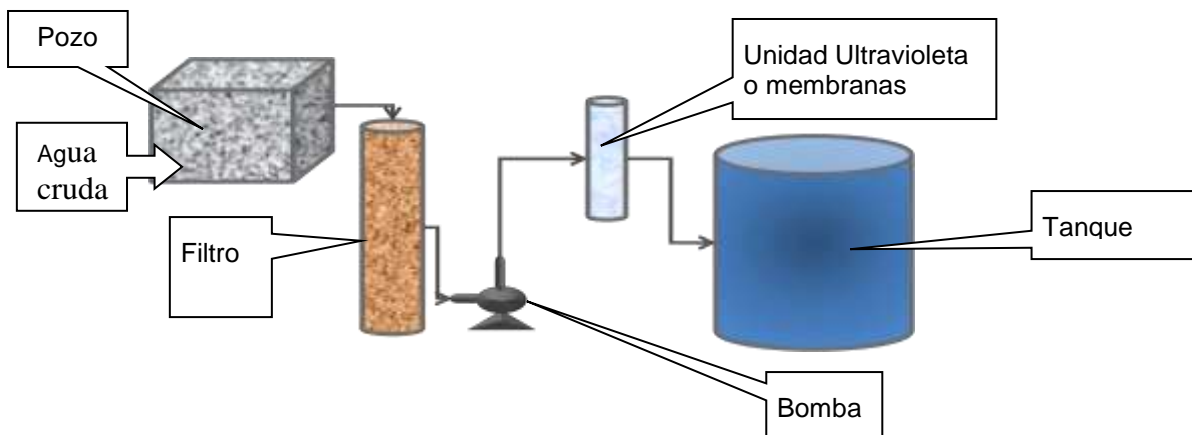
En cuanto a la potabilidad del agua, es posible la utilización de las tres tecnologías estudiadas. La cobertura total del acceso a agua potable (Población que efectivamente recibe agua potable de acuerdo con la normatividad sanitaria), es aproximadamente del 70.4%, está bastante por debajo de la cobertura nacional que aproximadamente del 91%. Para las áreas urbanas la cobertura es del orden de 85.7% y para las áreas rurales del 17.9%. Aunque casi la totalidad de los municipios de Antioquia cuentan con infraestructura de acueducto y unas coberturas nominales superiores al 86%, solamente el 57% de las comunidades urbanas y el 17% de las rurales tienen acceso al agua potable. **(13)**

Tabla 17 Costo Equipos Potabilización Típica.

CANT	EQUIPO	COSTO (\$)
1	Pozo de concreto 1M ³ (DESARENADOR)	\$ 500,000
1	Prefiltro (arena + grava)	\$ 200,000
1	Unidad UV	\$ 1,500,000
1	Tuberías y mangueras	\$ 100,000
1	Tanque de distribución en polipropileno (500 l)	\$ 550,000
1	Bomba	\$ 750,000
	Varios	\$ 300,000
TOTAL		\$ 3,900,000

La tabla 17. Muestra los costos asociados a los equipos necesarios para la instalación de una solución de potabilización con tecnología ultravioleta. No se incluyen los costos de tubería para el transporte del agua cruda, ni la mano de obra. Las mismas dependen de las distancias y tipo de contratación.

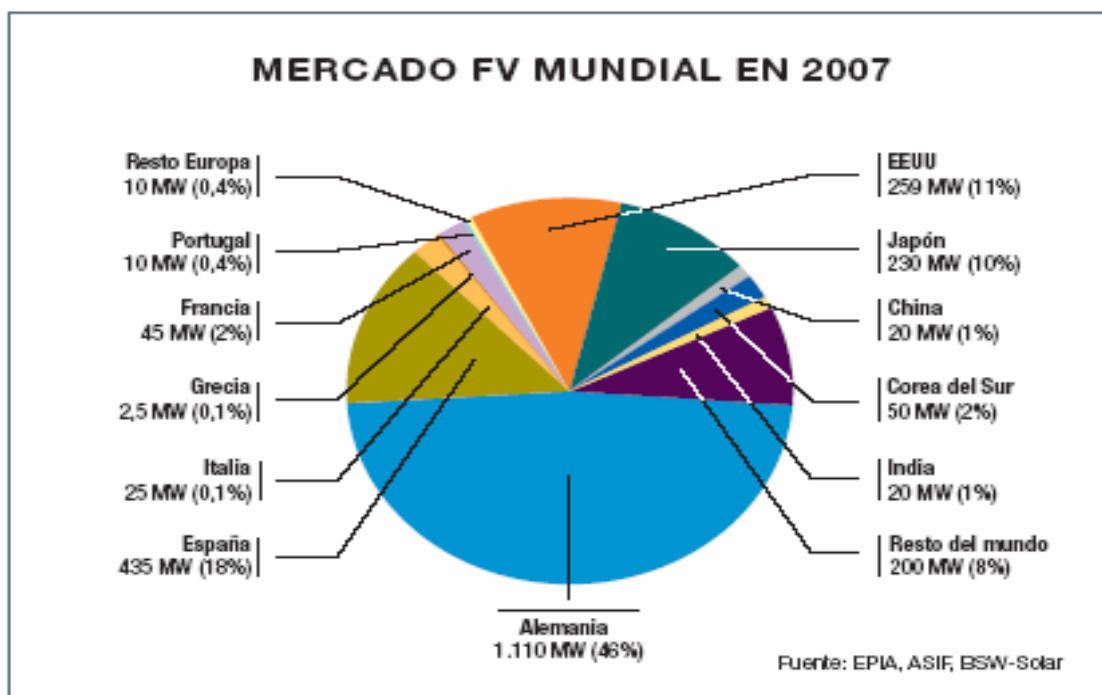
Figura 13. Diagrama Básico Sistema de Potabilización.



La figura 13. Muestra la integración de los elementos básicos necesarios de un sistema de potabilización. El agua cruda se deposita en un tanque o pozo para que las partículas se aglutinen y decanten por su propio peso con la ayuda de un compuesto químico para acelerar el proceso. El agua es tomada de la parte superior del pozo y transportada a un filtro de arena para que retenga las partículas que no decantaron. El agua ya más clarificada es bombeada a la unidad de UV o membrana (según la calidad del agua y su uso final) para el proceso de purificación. Y por último es depositada en el tanque de distribución para su uso final.

9.5 Capacidad de Energía Solar instalada por países.

Figura 14. Mercado Mundial Fotovoltaico.



Fuente: EPIA (European Photovoltaic Industry Association), ASIF (Asociación de la Industria Fotovoltaica), BSW-Solar (Bundersverband Solar Wirtschaft). Durante 2007 se instalaron 435 MW fotovoltaicos, un 408% más que el año anterior.

Como se observa en la figura 14. Alemania es el país líder en la instalación y utilización de esta tecnología. Con una participación a nivel global del 48%, seguido lejanamente por España con 18%. Suramérica, no aparece en estos registros, ya que la capacidad instalada es casi nula.

9.6 Capacidad Energía Eólica instalada por países.

Figura 15. Capacidad Eólica Mundial Instalada.



Fuente: WWEA (World Wind Energy Association)

Según los datos históricos, la capacidad instalada en América era: Canadá =21 MW, USA = 1.770 MW y Centro/Suramérica = 5 MW. Europa = 2.488 MW, África = 2 MW, China = 550 MW y Asia/Australia /Oceanía =14 MW. (14)

En Centro y Suramérica en año 1997 tenían, los siguientes valores: Costa Rica 20 MW, Argentina 3 MW, Brasil 3 MW y México 2 MW. (15)

En Argentina, en el año de 1997, tenían instalados más de 500.000 molinos multipala instalados en todo el país, especialmente en la región Patagónica y Pampeana. (16)

La capacidad eólica mundial instalada pasó a 73,9 GW y un 20% de ellos (14,9 GW) fueron instalados a lo largo del año 2006. La WWEA (World Wind Energy Association) estima que para 2010 habrá 160 GW instalados.

La figura 15. Muestra que cinco países incrementaron su capacidad eólica instalada en más de 1000 MW: EEUU (2.454 MW), Alemania (2.194MW), India (1.840 MW) y España (1.587 MW) quienes aseguraron su posición de liderazgo en el mercado y China (1.145 MW), que se unió al grupo de los cinco países con mayor instalación y se encuentra quinto en términos de capacidad instalada, mostrando un crecimiento de su desarrollo de la energía eólica del 91 %.

En Suramérica, figura Brasil con una capacidad instalada de 208 MW, pasando del lugar 34 que tenía en 2005 al puesto 20 un año después. Aumentado su capacidad instalada en un 729.6%.

10 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

- Se estudiaron, diferentes tecnologías para producir energía eléctrica a partir de fuentes alternas, inagotables y amigables con el medio ambiente. También algunos métodos para purificar el agua para el consumo humano. Es fundamental tener presente todo el contexto general del proyecto a realizar (aspectos legales, recursos disponibles, ubicación y vías de acceso). Para la toma de la decisión final sobre el tipo o clase de tecnología a utilizar.
- Una vez consideradas todas las variables y seleccionada la tecnología utilizar, se pasará a la realización y diagramación del diseño. Utilizando ingeniería básica y de detalle que aseguren tanto la confiabilidad operativa, el mínimo mantenimiento y la vida útil especificada para el equipo y sus componentes en forma individual.
- En todo el proceso es recomendable contar con el apoyo de expertos y experiencias de otros lugares y personas donde se halla instalado la tecnología, para poder contar con la suficiente solvencia técnica.
- El equipo más costoso del sistema es el panel, por ende si solo se depende de este, los costos son mayores. Por tal motivo es recomendable la utilización de sistemas híbridos no solo por el costo asociado, sino porque se tendría disponibilidad de dos fuentes alternas la generación de energía.
- En el Departamento de San Andrés y Providencia se puede explotar la tecnología de generación de Energía eléctrica por medio del viento (generación eólica). Y así dejaría de depender del suministro tradicional y disminuiría la cantidad de cortes de energía.
- Implementando a gran escala la solución se minimizaría la carencia del suministro de energía eléctrica y/o de purificación del agua, se contribuiría al bienestar y a la salud de las comunidades beneficiadas, además de otros beneficios en los campos:
 - **Sociales:** La carencia de energía eléctrica ocasiona que muchas familias rurales e incluso urbanas desconozcan la existencia, manejo y utilidad de la mayoría de los equipos y herramientas tecnológicas como: la televisión, el computador, el internet y muchas otras.
Un alto porcentaje de las actividades productivas, sociales, económicas y educativas en estas regiones, se limitan única y exclusivamente al día solar.
 - **Ambientales:** La sustitución paulatina de combustibles contaminantes como los derivados de hidrocarburos por tecnologías de generación de energía limpia (solar y eólica), permite reducir las emisiones a la atmósfera de gases contaminantes sin incurrir en grandes modificaciones o alteraciones de los procesos productivos.
 - **Económicos y Tecnológicos:** Los elevados costos de la electrificación rural debido a las grandes distancias a las que se encuentran estas regiones habitadas de los puntos terminales de las redes eléctricas existentes (cola del circuito), la poca densidad de estas y las precarias vías de acceso, hacen que la electrificación rural sea bastante costosa y poco rentable.

BIBLIOGRAFIA

1. Wikipedia. [En línea] [Citado el: 8 de 7 de 2008.]
http://es.wikipedia.org/wiki/disco_solar.
2. **Melchor, Elvis F. Mendieta.** Revista ENAM MEXICO. [En línea] 31 de 03 de 2003. [Citado el: 20 de 09 de 2008.]
3. PORTAL SOLAR. [En línea] [Citado el: 15 de 06 de 2008.]
<http://www.portalsolar.com>.
4. **Junac, Olade y Pnud.** *Manual de Entrenamiento en Sistemas Fotovoltaicos Para la Electrificación Rural.* Colombia : Charlie´s Impresores, 1995.
5. **Humberto, Gonzales Fabio y Rodriguez.** *Manual de Radiación Solar en Colombia Vol I y II.* Bogota : Departamento de Fisica Universidad Nacional, 1951.
6. **Equipo Técnico de Marketing de Gates Energy Products, Inc.** *Baterías Recargables.* Primera edición. España : Paraninfo, 1999. pág. 324.
7. **S.I, Energía Solar Aragón.** Energía Solar Aragón. [En línea] [Citado el: 15 de 06 de 2008.] <http://www.energiasolareraragon.com>.
8. **solar, Centro de estudios de la energía.** censolar. [En línea] [Citado el: 15 de 06 de 2008.] <http://censolar.es>.
9. **Científicos, Textos.** Energía Eólica. [En línea] [Citado el: 16 de 06 de 2008.]
<http://www.textoscientificos.com/energiaeolica>.
10. **Bonatura.** Bonatura.agua_potabilización. [En línea] [Citado el: 10 de 07 de 2008.]
<http://bonatura.com/agua>.
11. **Cenproaca.** Cenproaca. [En línea] [Citado el: 20 de 06 de 2008.]
<http://www.cenproaca.com>.
12. **2005, Anuario.** Planeación Gobernación de Antioquia. [En línea] 2005. [Citado el: 25 de 07 de 2008.] <http://planeacion.gobant.co/anuario2005>.
13. **antioquia, Planeación de.** Planeación Gobernación de Antioquia. [En línea] [Citado el: 25 de 07 de 2008.] <http://planeacion.gobant.gov.co>.
14. *Mini-Review of Wind Energy.* **CADDET, IEA, OEDC.** Oxfordshire United Kingdom : s.n., 1995. ISBN 1 900686016.
15. *Campaña de Energía .* **GREENPEACE.** Argentina : s.n., Mayo 1997, Vol. Segunda Edición.
16. *Energía Eolica en Argentina.* **Subsecretaría de Energía. Secretaría de Energía y Puertos.** 1997.