

MICRO CENTRALES DE GENERACIÓN ELÉCTRICA HÍDRICA-EÓLICA MEDIANTE SISTEMAS NEUMÁTICOS HIDRÁULICOS

Carlos Duque

*Corporación de Física Fundamental y Aplicada
Escuela Politécnica Nacional*

Resumen

Un deficiente caro y costoso servicio eléctrico es el denominador común en el mercado latinoamericano, servicio que incide directamente en el precio final de los productos elaborados por las factorías del continente.

Para abaratar costos energéticos mediante el uso de tecnologías limpias (MDL) se propone un sistema neumático-hidráulico para aprovechar la energía de los ríos, del mar (olas), del viento o la radiación solar primaria quizá lo más importante de la tecnología en cuestión es la posibilidad de armar los grupos electrógenos en forma artesanal, dada la facilidad de conseguir todas las partes y piezas en los mercados locales pudiendo ser nuevas o usadas.

La propuesta consiste en acoplar mediante volantes de inercia alternadores o dinamos comerciales con motores neumáticos o motores hidráulicos, la fuerza motriz impulsora de los grupos electrógenos formados proviene de tanques de aire comprimido, tanques que pueden ser de medio uso o armados con tubería petrolera, incluso autotankes pueden servir, el flujo del aire es controlado por una válvula electrónica el flujo es tal que mantiene la velocidad de rotación del generador sincronizada con la señal eléctrica de la red esto con el fin de garantizar una excelente interconexión entre varios generadores. La carga del aire en los tanques se realiza con compresores cilíndricos formados con blocks de motores de automotores debidamente adecuados, la fuerza motriz que produce la rotación de los blocks proviene de la naturaleza en sus distintas manifestaciones, como es el viento (turbinas eólicas), las olas del mar (domos GEO) de la radiación solar primaria (colectores cilindro parabólicos) o de los ríos mediante el uso de turbinas. Un grupo electrógeno así concebido es capaz de generar electricidad sin que las condiciones climáticas tengan mayor importancia.

Si bien la tecnología propuesta es de baja conversión, razón suficiente para que se la haya descartado, como alternativa de generación en el pasado, en la actualidad los materiales que

idea; así por ejemplo, los motores de auto usados no tienen otra oportunidad más que la de terminar en los calderos de las fundidoras.

Estos grupos electrógenos son ideales para actividades industriales, como florícolas, camaroneras, mineras, metalmecánica riego desalinización de agua de mar y otras, la posibilidad de transportar el aire comprimido en autotankes permite realizar actividades industriales en lugares inhóspitos lejos de las turbinas de compresión, lugares donde solo los costosos grupos electrógenos diesel podían prestar sus servicios, no debemos olvidar la posibilidad de ofertar energía eléctrica para poblaciones aisladas donde el tendido eléctrico nacional no llega mediante la implantación de estos sistemas.

Palabras clave: Neumático, embolo, electroválvula, motor neumático, PLC, hidráulico, autotankes, blocks de motor, domo GEO.

1. INTRODUCCIÓN

-Las preguntas que rodean la cabeza de los ecologistas suelen ser como estas:

¿Qué hacemos con los millones de motores de auto usados que anualmente salen de servicio?

¿Qué hacemos con la tubería petrolera que se descarta?

¿Qué hacemos con los generadores eléctricos dañados que se abandonan cada vez que se dañan?

¿Cómo podemos generar energía eléctrica de forma limpia sin afectar al entorno?

¿Cómo se construyen grandes plantas eléctricas sin afectar la belleza del paisaje del nicho ecológico y las especies que lo habitan?

-Por otro lado, las preguntas de los empresarios y de los pobladores de regiones rurales suelen ser:

¿Cómo hacemos para obtener energía eléctrica barata en forma inmediata?

Además de responder a estas preguntas el presente trabajo persigue mantener las expectativas de una tecnología de bajo estatus de mantenimiento silenciosa imperceptible para los animales o seres humanos que habitan estos medios, debe poder ser manejada, entendida, reparada y hasta duplicada por gente común sin mayor preparación, debe ser posible encontrar todos los repuestos en la ferretería de la esquina vulgarmente hablando, en fin, la tecnología debe ser

fcduque@hotmail.com

compondrían estas centrales existen en abundancia en todo el planeta, dar uso a estos materiales es la

de carácter local debe poder en el peor de los casos realizarse en forma artesanal, debe ser muy flexible y poder implementarse en lugares donde hay olas, donde hay ríos donde hay viento, hasta la posibilidad de usar combinaciones río-viento, viento-olas, y otras debe estar en los planos sobre la mesa de diseño.

El caso de los ríos

Para los ríos especialmente los del Oriente ecuatoriano, donde no existe un gran gradiente de altura se coloca una serie de pequeñas turbinas horizontales equipadas con paletas reorientables fijadas en sus posiciones relativas por una estructura móvil de acero articulada a modo de malla madre, estructura que mantiene al sistema libre de daños por sedimentación o turbulencia del río, esta disposición no afecta a los animales del medio como tortugas, serpientes o peces, las turbinas quedan completamente sumergidas dejando al paisaje inalterado y libre para practicar deportes como el kayak, los tanques y los generadores se encuentran a salvo de las inclemencias del tiempo a varios metros del río, esta alternativa constituye una sistema de alta estabilidad adecuado para ríos donde el espejo varía en varios metros en solo cuestión de horas.

El caso del viento

En el caso del viento, se colocan torres eólicas pequeñas en serie y o paralelo, pueden ser torres con los compresores en sus puntas y turbinas eólicas de troqué (gran número de paletas) o pueden ser frentes laminas horizontales con los blocks al piso, el número de turbinas depende de la intensidad del viento en la zona, las velocidades de operación de estas turbinas generalmente pueden ser velocidades del viento desde 2m/s hasta las 50m/s.

El caso del mar

En el mar, pequeños domos denominados GEO se colocan en el fondo del lecho marino estos se mueven gracias a la diferencia de presión producida por el movimiento de las olas en el mar, la característica de domo permite al sistema gran estabilidad en inviernos fuertes o incluso tsunamis. La tecnología GEO por su lado, es capaz de abastecer la demanda mundial completa.

En definitiva todos estos ingenios mecánicos pueden ser construidos en forma industrial o artesanal, en general la idea es que muevan un cabezote cilíndrico de compresión que generalmente proviene de blocks usados de motor de auto en donde el aire atmosférico es comprimido, es natural esperar que el desempeño del sistema no dependa de las velocidades de giro

de las distintas turbinas ya que estas velocidades en realidad dependen del clima y son proporcionales a fuerza de las manifestaciones energéticas de la naturaleza que las impulsan, llameasen estas velocidad del viento, intensidad del oleaje marino o las temidas crecidas de los ríos.

Todas las turbinas están interconectadas mediante tubería de agua y de caucho y válvulas sin retorno a uno o varios tanques de acero que se encuentran junto al cuarto de maquinas. El grupo electrógeno generalmente esta a varios metros de las turbinas. En los tanques se almacena la energía en forma de aire comprimido, para luego ser distribuida controladamente mediante una electroválvula, la electroválvula electrónica descarga el aire a alta presión en un motor neumático o hidráulico, el cual gira solidariamente con un alternador o dinamo, el acoplamiento se lleva a cabo mediante un matrimonio mecánico y un volante de inercia variable es así, como controlando la presión del aire en el motor neumático se consigue que el conjunto motor-generator gire a velocidad nominal (600, 1800, 3600 rpm, etc.) del generador, tal que sea la adecuada para mantener una generación estable.

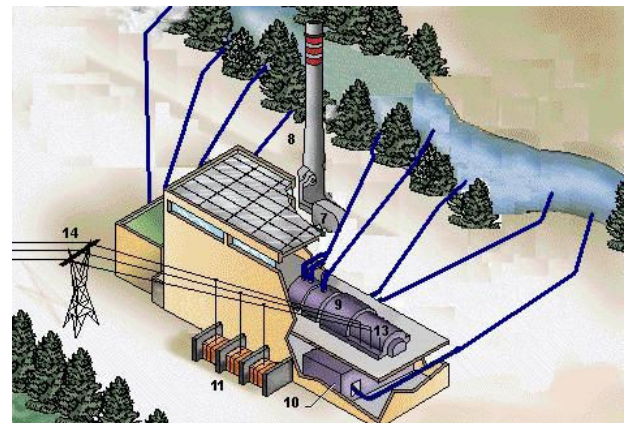


Figura 1: Esquema de una micro central hidroeléctrica ubicada a varios metros de la orilla, las mangueras (en color azul) llevan el aire comprimido desde las pequeñas turbinas sumergidas en el lecho del río hasta el cuarto de maquinas donde el aire es almacenado en tanques por medio de válvulas sin retorno para luego pasar a los motores neumáticos que mueven a los alternadores o dinamos según sea el caso, algunas de estas turbinas pueden ser de viento, biomasa, gas natural, etc.

Los híbridos

Un caso especial es la Costa ecuatoriana, aquí por ejemplo en invierno los ríos se desbordan volviendo al sistema hídrico ideal, su contra parte el verano trae consigo grandes vientos y ríos secos ideal para los generadores eólicos luego la única forma de aprovechar esto es mediante el uso de tecnologías híbridas que puedan servir tanto con el viento como con los ríos.

Los móviles

El alquiler de micro centrales de generación móviles para alimentar necesidades industriales como la minería, fabricas de asfalto, de concreto y otras, que tan solo son eventuales y por periodos, demandan de un servicio ocasional y con posibilidad de movilizarse de un lugar a otro, es aquí donde entran en acción los autotanques, los autotanques cargan el aire comprimido en las torres eólicas o las turbinas de río, luego lo transportan a los sitios donde se demanda la generación eléctrica o la actividad neumática, en general todo el sistema se puede mudar fácilmente de lugar.

Energía de la nada

En ocasiones existen fallos del sistema o simplemente no existen olas en el caso del mar, o no existe viento, la pregunta del millón aquí es ¿cómo generar electricidad en estas condiciones?, sin viento en el caso de generadores de viento, sin olas con los de olas, etc. pues bien, los tanques de aire comprimido constituyen verdaderas baterías donde se almacena energía, la energía almacenada permite generación eléctrica en ausencia de vientos u olas durante, o en el caso de mantenimiento o fallos de las turbinas.

El caso opuesto, también es considerado analicemos el caso de una ráfaga de viento de alta velocidad es este caso la velocidad de rotación de las hélices es alta, pues bien esto no importa ya que el tanque almacena la energía en exceso, sin afectar el proceso de generación.

2. CARACTERIZACIÓN

Las turbinas: Se ubican de forma horizontal, las paletas son articuladas y de flotabilidad positiva esta característica junto con la forma de cuchara permite a la turbina aprovechar al máximo el movimiento unidireccional del agua, las dimensiones, troqué y velocidad de rotación de la turbina dependen de las condiciones del río y no tienen efecto sobre la carga del tanque, las paletas están recubiertas de polímeros de alta resistencia para evitar la corrosión, su mantenimiento es anual y consiste en pintarlas en las zonas deterioradas por la abrasividad del agua.

El cabezote: Los cabezotes de compresión son cilíndricos, su velocidad de operación esta dentro de un rango de 900 rpm hasta 10000 rpm. Su lubricación es por circulación de aceite, su enfriamiento es por conducción directa por contacto con el agua o aire, su mantenimiento es anual para el caso de trabajo continuo, el precio de los repuestos depende de la marca del motor usado.

La articulación de sujeción para ríos: Es una malla de acero delgado liviano recubierta por materiales poliméricos de alta resistencia para evitar la

corrosión. Las distancias entre las articulaciones y su resistencia se definen según las condiciones del río, las fuerzas a las que se encuentran expuesta articulaciones presentan solo pequeñas variaciones debido a la alta hidrodinámica del sistema durante las crecidas de los ríos.



Figura 2 Fotos

Izquierda: turbina horizontal removible de río siguiente turbina peltón puede ser usada para acoplar generadores eléctricos directamente o para acoplar blocks compresores de aire siguiente generador GEO activado por las olas del mar en este caso es usado para comprimir aire en los tanques derecha turbina eólica de troqué (varias paletas) para comprimir aire con viento inferior planta termosolar sirve para comprimir aire en base a la incidencia de la radiación solar directa.

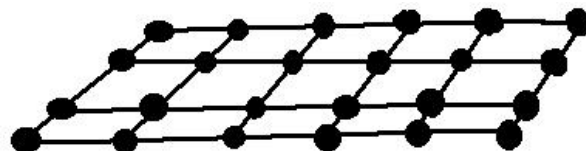


Figura 3. Malla articulada, las turbinas están acopladas a cada uno de los nodos de la malla.

El tanque: Uno o varios tanques de acero inoxidable pueden almacenar el aire comprimido, los tanques tienen un desagüe para sacar las formaciones de líquidos propias del aire comprimido. Anualmente se revisa con corrientes de Foucault fisuras, son construidos con planchas de acero naval de 9mm.

El alternador: EL sistema completo se puede adaptar a cualquier alternador o dinamo que se disponga.

3. ASPECTOS ECONÓMICOS

Los costos financieros económicos y ambientales de las micro hidroeléctricas tradicionales son exagerados, llegando a cuadruplicar los costos de una central neumática, según informes a mayo del 2005, rebajamos los costos de las hidroeléctricas al no tener necesidad de infraestructura física como plintos o edificios y la posibilidad de usar equipo usado.

Un ejemplo de aplicación de esta tecnología es el siguiente:

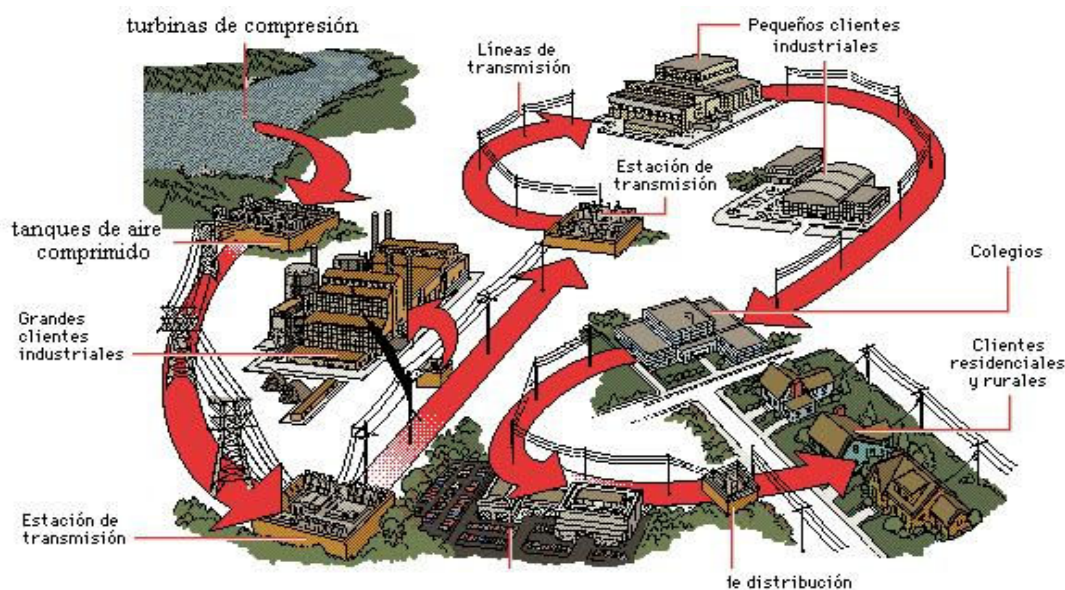


Figura 4. Red de distribución para la central neumática.

CUADRO COMPARATIVO

	Hidroeléctric
Tiempo de instalación	Años
Precio USD/MW	1.4 millones
Posibilidad de incrementar potencia	No
Posibilidad de movilización	No
Incentivo por energía alternativa	No
Potencia	Variable
Mantenimiento	Alto
Fiabilidad	Alta
Vida media	50 años

Una empresa metalmecánica situada en el centro de Quito junto al aeropuerto Mariscal Sucre, toda la herramienta es eléctrica taladros, esmeriles, amoladores, etc. Esta empresa tiene una red de distribución para aire comprimido usada para colocar las pistolas de aire para pintar, un tanque de 3 Hp entrega el aire a la red cada mes se paga 600USD por consumo eléctrico, usemos la tecnología neumática para reemplazar la herramienta eléctrica por neumática y luego hagamos un análisis económico.

Una serie de compresores de autos usados acoplados con hélices de viento comprimen aire en el tanque madre en lugar del motor eléctrico que normalmente lo hacia, luego la herramienta eléctrica es reemplaza

Una serie de compresores de autos usados acoplados con hélices de viento comprimen aire en el tanque madre en lugar del motor eléctrico que normalmente lo hacia, luego la herramienta eléctrica es reemplazada por neumática dando un ahorro es de 500USD al mes por reducción de consumo eléctrico.

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

- EL generador en discusión representa una alternativa ecológica de bajo costo.
- Los tiempos de instalación son cortos dando una TIR mayor.
- Las partes que conforman el generador se consiguen en el mercado local, facilitando su ensamblaje y reparación.
- Las turbinas horizontales son imperceptibles caso de los ríos, los domos GEO son imperceptibles caso del mar.
- La mayor parte del generador se encuentra fuera del agua reduciendo costos de operación mantenimiento y reparación.
- Se pueden agrupar varios generadores y o varios tanques.

La energía obtenida es de alta calidad gracias sistema electrónico de control permitiendo la interconexión.

5. REFERENCIAS

- [1] DUTTON, JHON. The seasslers wind an introduction to the theory of atmospheric motion, New York, 1976.
- [2] DAWES, CHESTER. Electricidad industrial, Barcelona 1977.

[3] GOLDSTEIN, HERBERT. Mecánica Clásica, Madrid, 1966.

6. AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a las siguientes empresas que financiaron este proyecto:

TRANSELECTRIC S.A., CORPORACIÓN CENACE, MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS, CENTRO DE ESTUDIOS PARA LA COMUNIDAD, SIEMENS, CORPORACIÓN DE FÍSICA FUNDAMENTAL Y APLICADA y otras.

ANEXOS

**LISTA DE MATERIALES Y EQUIPOS NECESARIOS PARA UNA CENTRAL
NEUMÁTICA DE 1 MW**

PARTE ELÉCTRICA				
Cantidad	Materiales	Garantía	Descripción	Precio
INSTALACIONES ELÉCTRICAS				
400 m	alambre pelado		#4	320
8	fusibles trifásicos		220 V 800 Amp	2000
4	Disyuntores electrónicos		220V 800 Amp	4800
3	postes de cemento	instalados	Estándar	1200
2	Pararrayos		Estándar	800
6	Tierras		Estándar	1200
4	Medidores		250 KW	4000
8	Censores de presión		100 atm	800
	adicionales			2000
SEGURIDAD				
20	censores infrarrojo		Estándar	200
5	sirenas de seguridad		80 wats	100
10	Banderines de seguridad			200
3	Letreros			1500
3	UPS		600 wats	115
100 m	alambre par # 14			90
200 m	alambre par # 20			160
	adicionales			500
Total				19985

INFRAESTRUCTURA FÍSICA			
cantidad	materiales	descripción	precio
Administración y mantenimiento			
4	computadores PIV completos		3890
4	mesas de computador		360
2	escritorios		160
4	sillas		200
1	central telefónica		1200
	Socialización del proyecto		27000
1	bodega	20 m2	2000
1	cuarto de maquinas	100 m2	20000
3	oficinas	120 m2	60000
OPERACIÓN			
4	PLCs		800
1	circuito serrado de TV		1600
2	Guardianías		160
2	archivadores		160
1	Base celular		800
	adicional		10000
total			125770

PARTE MECÁNICA						
Canti dad	Materiales	Garantía	Mantenimiento	Vida media	Descripción	Precio
Turbinas						
50	turbinas	1 año	5 años	20 años	2x0.6x0.8 m	20000
50	compresores	3 meses	anual	5 años	10 HP	88009.5
50	Corazas	5 años	0	30 años		10000
100	censores de presión	2 años	anual	5 años		2000
100	válvulas sin retorno	1 año	0	5 años		1000
malla soporte						
1000m	tubería de caucho 1/8"	1 año	anual	30 años		4800
1000m	tubería de agua 1/2"	1 año	anual	30 años		5000
50	rieles U				4 "	1500
120	articulaciones doble acción					120
Grupo electrógeno						
4	tanques	2 años	anual	30 años	200 atm	40000
4	alternadores	1 año	anual	50 años	250KW	32511
4	Motores neumáticos	2 años	anual	20 años	400KW	80000
2	anclajes de hormigón	2 años	anual	30 años		10000
4	bases para motor generador	2 años	0	50 años		1600
8	Electroválvulas electrónicas	1 año	anual	5 años	100-120 atm. 3"	800
4	Chimeneas de descompresión	2 años	0	50 años		160
	Adicionales					2000
total						299340

ADICIONALES		
cantidad	materiales	precio
4	Juegos de llaves de tubería	360
2	Tarrajás	160
2	Prensas	80
1	Moto suelda	2400
1	Bote cayac	1200
	Mano de obra	10000
	levantamiento de proyecto	5000
	adicionales	2000
total		21200

Resumen de Costos Fijos

CUADRO GENERAL DE COSTOS FIJOS	
DESCRIPCIÓN	COSTO
PARTE ELÉCTRICA	19985
PARTE MECÁNICA	299340.9
INFRAESTRUCTURA FÍSICA	125770
ADICIONALES	21200
total general USD	466.295,86

CARACTERISTICAS TÉCNICAS DE LA CENTRAL NEUMÁTICA GEO – DUQUE

Potencia	Constante 1MW
Energía primaria	hidráulica-eólica
Fiabilidad	Alta
Vida Media	30 años
Mantenimiento	Moderado Anual
Operación	Semiautomática
Número de componentes	58
Enfriamiento	aire
Cables de transmisión	Aéreos 220 V
Tiempo de instalación	6 meses
Contaminación:	Acústica moderada
<i>Dimensiones:</i>	
<i>Extensión</i>	100 m
<i>Voltaje</i>	220V
<i>Frecuencia</i>	60HZ
Variaciones:	no
<i>Potencia</i>	no
<i>Frecuencia</i>	no
<i>Voltaje</i>	no
Composición	4 alternadores 250KW

Características Financieras del proyecto GEO Planta 1MW.

Proyecto GEO 1MW	
Capacidad instalada	1MW (expandible)
Inversión total Proyecto piloto* 1MW USD	466.295,86
Inversión por MW adicional que se instale USD	299.340,90
capitalización (%)	21
tiempo de construcción	6 meses
año base	2005
año de operación	2005
años de depreciación	30
tasa de descuento	18%
tasa de impuestos	25
numero de años	5
peajes de transmisión	0,76
peajes de distribución	3,52
Pagos CENACE/CONELEC(\$/MWh)	0,0071

Nota: los costos de materiales son a febrero del 2005 y tienen un 10 % de sobreprecio debido a los costos de transporte y ensamblaje, un análisis económico más detallado se encuentra en el proyecto.

DETALLE DE EGRESOS PLANTA 1MW (durante 5 años de funcionamiento)

Inversión inicial.	466.295,86
Gastos Operativos	1'084.000,00
Total	1'084.466.29 USD

Recuperación durante 5 años de operación, libre de impuestos planta 1MW a razón de 10 centavos kWh: 4"382.906,38 Dólares americanos

Precios Para Generadores De Potencia Menor A 1mw:

ESPECIFICACIÓN	Desde 1 hasta 5 kW	De 20 a 50 kW	De 60 a 100 kW
Precio de venta	2000 USD/kW	800USD/kW	600 USD/kW

Valor por incremento de potencia de generación adicional

De 1 a 5 MW

Por cada MW adicional dentro de este rango debe invertirse 299340.9 USD