

Mini central para la producción de energía eléctrica y agua caliente

Área temática: Gestión de la calidad, Calidad ambiental y Responsabilidad Social de las empresas

Autores: Jaimovich, Oscar*; Erra, Agustín⁽¹⁾; Vanella, Julieta⁽²⁾; Massanes, Carlos⁽³⁾

Facultad de Ingeniería, Universidad Austral. Dirección postal: Mariano Acosta 1901 (B1629AHJ), Pilar, Buenos Aires, Argentina. Dirección de correo electrónico ():*

ojaimovich@yahoo.com

(1) agustin.erra@hotmail.com; (2) julieta.vanella@ing.austral.edu.ar; (3) carlos.massanes@ing.austral.edu.ar

RESUMEN.

Tanto en la Argentina como en toda Latinoamérica existen zonas en las cuales el abastecimiento de electricidad ya sea por red o a través de la quema de combustibles convencionales es prácticamente imposible. Coincidentemente, en dichas zonas, resolver el problema mediante el uso de las soluciones alternativas más usuales, tales como la fotovoltaica o la eólica, no es viable porque normalmente éstas requieren la utilización de tecnologías no disponibles localmente, y con costos de instalación y mantenimiento fuera del alcance de las economías regionales.

La presente propuesta busca analizar la viabilidad de una solución alternativa al uso de combustibles convencionales, y que a su vez sea factible dentro del contexto descrito anteriormente. Para ello, plantea el diseño tentativo de una mini central para la generación de electricidad y agua caliente, que utilice como vector energético primario combustibles derivados de la biomasa, generalmente disponibles en abundancia y con un costo prácticamente nulo en las zonas mencionadas previamente.

Al mismo tiempo, se plantea el uso de tecnologías sencillas al alcance del desarrollo local para la fabricación de los equipos, de manera tal que se produzca un impacto socio-económico positivo, consecuencia de los puestos de trabajo generados tanto para la fabricación como para el mantenimiento de las máquinas.

Palabras clave: energía eléctrica, energía térmica, zonas rurales, biomasa, industria local.

ABSTRACT.

In Argentina, as well as in the whole Latin America, there are zones in which the provision of electric energy by network or either by burning conventional combustibles is quite difficult. Neither can the problem be solved by using the photovoltaic nor the eolic sources of energies because these technologies are not available locally, and their costs are extremely high.

This proposal seeks to analyze the viability of an alternative solution to burning fossil fuels, which also adapts to the necessities of the local communities. To accomplish this, the design of a mini central to produce electrical energy and useful heat, which uses mainly biomass combustibles is presented. Generally, these energetic vectors are abundant and costless in the mentioned places.

Adding more, the use of simple technologies locally available, for the building of the equipment, will produce a positive socio-economic impact, because of the generation of new jobs for both the fabrication and the maintenance of the machinery.

1. INTRODUCCIÓN

La zona del Delta del Río Paraná, ubicada en el municipio de Tigre al Norte de la provincia de Buenos Aires, es una región a la que no llega el suministro de red eléctrica, y en donde las recurrentes inundaciones hacen que el abastecimiento de combustibles convencionales sea extremadamente complicado e irregular.

Si se extiende este problema a todas las zonas rurales del país, se hace evidente la necesidad de una solución energética alternativa que explote las fortalezas geográficas y humanas disponibles. Para ello es necesario el aprovechamiento de combustibles que se encuentren disponibles localmente, así como también el uso de equipos convencionales que se consigan o puedan ser producidos por las industrias locales con facilidad, que no requieran ser manipulados por expertos y cuyos costos de instalación, funcionamiento y mantenimiento estén dentro del alcance económico local.

De esta manera, se propone una solución que implique el uso de combustibles derivados de la biomasa (leña y/o rastrojos agrícolas), de la fuente solar alternativa y, sólo cuando sea indispensable, de combustibles convencionales. Éstos alimentarán una mini-central térmica de ciclo regenerativo destinada a la producción de energía eléctrica (10 kW) y agua caliente, tanto para uso industrial como doméstico.

Paralelamente, además de resolver el problema específico del abastecimiento energético, la implementación de una central con estas características incentiva el desarrollo de diversas industrias locales y las conecta con otras como posibles proveedoras de insumos, con lo cual, termina siendo una fuente de trabajo para sus habitantes y una posibilidad contundente de mejorar su calidad de vida.

2. ANTECEDENTES

2.1. Cogeneración

La cogeneración es el procedimiento a través del cual se obtiene al mismo tiempo energía eléctrica y energía térmica aprovechable, y, dadas las características de la mini-central, se la puede encuadrar dentro de esta categoría. Cuando la cogeneración es utilizada domésticamente, se la llama "microgeneración".

Si bien esta tecnología es utilizada comúnmente a nivel industrial, y han aumentando los rendimientos y disminuido los costos de los procesos notablemente, pocos son los proyectos que impliquen el desarrollo de la microgeneración ^[1]. Si tenemos en cuenta la utilización de la biomasa como combustible primario para la alimentación del generador de vapor, el número de proyectos es aún más acotado.

2.2. Biomasa

El uso de combustibles derivados de la biomasa es una tendencia que crece cada vez más en todo el mundo por sus evidentes ventajas. La Argentina, al ser un país cuya actividad principal es la agrícola, posee una gran disponibilidad de estos combustibles ^[2], haciendo de esto un perfecto antecedente para complementar (e incluso reemplazar) a los combustibles convencionales.

Basta con visitar cualquier establecimiento rural y observar las montañas enormes de leña que allí son tan habituales para comprender que, en conjunto con la viabilidad del diseño de calderas a leña, se obtiene una solución para el abastecimiento energético que se adapta perfectamente al contexto argentino y latinoamericano.

2.3. Efecto Peltier y autogeneración de energía

La noción de aprovechar el calor para la obtención de energía eléctrica está presente desde 1834, año en el que se descubrió el efecto Peltier. Si bien el presente trabajo no plantea generación de electricidad bajo estas condiciones, se sirve de la idea de aprovechar lo que abunda (para el caso, combustibles derivados de la biomasa para producir calor) para autogenerar energía. Una clara ilustración de esto es el equipo creado por la empresa Bio Lite que permite a las personas que van de *camping* producir electricidad a partir de un hogar a leña, que a su vez se aprovecha para cocinar ^[3]. En este ejemplo, se

aprovecha la leña como recurso sobreabundante para la producción de electricidad que de otra forma no se encontraría disponible.

3. DESCRIPCIÓN GENERAL

Se trata de una instalación integrada de tipo regenerativo para la producción de energía eléctrica y agua caliente para uso domiciliario e industrial a partir de combustibles convencionales y derivados de la biomasa.

El ciclo comienza con un generador de vapor humotubular de fabricación estándar local, que alimenta a una máquina de vapor de doble cilindro oscilante de la cual se obtiene la energía mecánica necesaria para el accionamiento, mediante una transmisión mecánica elemental, de un generador eléctrico de fabricación estándar. El ciclo de vapor es regenerativo, y dispone a su vez del aprovechamiento de los gases de escape de la caldera para ser utilizados en precalentadores.

La alimentación de la caldera se establece en forma mixta de la siguiente manera:

- Alimentación básica con leña y/o rastrojos agrícolas con un bajo porcentaje de humedad (15 a 20%), y de tamaños compatibles con el quemador adaptado para la caldera.
- Combustible convencional para el cual está diseñada la caldera (gasoil).

En la figura 1 se muestra los flujogramas básico y opcional de la mini central:

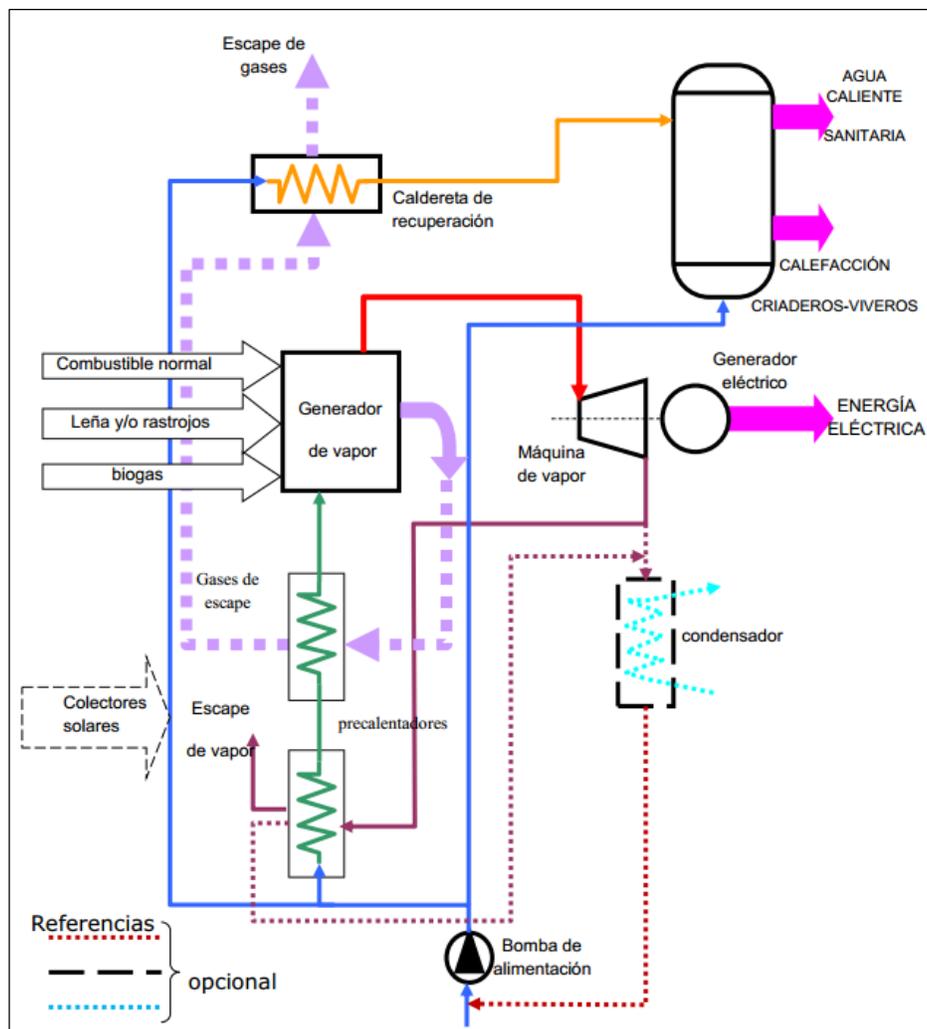


Figura 1. Flujogramas básico y opcional de la mini central

4. DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS

4.1. Generador de vapor

Para generar el vapor necesario para alimentar la máquina de vapor, se utiliza una caldera humotubular de fabricación estándar. Para el dimensionamiento de los equipos (ver sección 5) se eligió como modelo de referencia una caldera de marca VAPORAX [5], y con fines prácticos, se creó un modelo ficticio al que se llamará “VAPORAX modelo 200”, que producirá 200 kilogramos de vapor por hora. En la figura 2 se puede ver el modelo de caldera tomado como referencia:



Figura 2. Caldera VAPORAX modelo 200

En la tabla 1 se muestran las características del modelo 200, obtenidas a partir de la ponderación de los datos de los modelos reales (100 y 300):

Tabla 1. Datos de la caldera VAPORAX modelo 200

Producción vapor 600 kcal/h kg/h	Capacidad Calórica kcal/h	Consumo de gas oil kg/h	Consumo de gas natural m ³ /h	Motor quemador HP	Motor bomba agua HP	Contenido de agua Lts.	Peso kg	MODELOS
100	60.000	7,5	8,5	0,5	0,34	7,7	225	100
300	180.000	22,5	25,5	0,75	0,5	23	370	300
200	120.000	15	17	0,625	0,42	15,4	297,5	200

4.2. Quemador

Como se ha planteado, uno de los objetivos de este trabajo es diseñar el equipo a partir de materiales estandarizados. Para ello, fue necesario proyectar un quemador para los combustibles derivados de la biomasa que sea adaptable al modelo de caldera seleccionado en el punto anterior. Se trata de un hogar cilíndrico, en el cual la leña entra a una cámara de combustión, y es transportada a través de una cadena. El aire se sopla tangencialmente a través de un compresor estándar, permitiendo que el combustible se quemé completamente en el recorrido hacia la entrada a la caldera. En la figura 3 se muestra un esquema del diseño planteado:

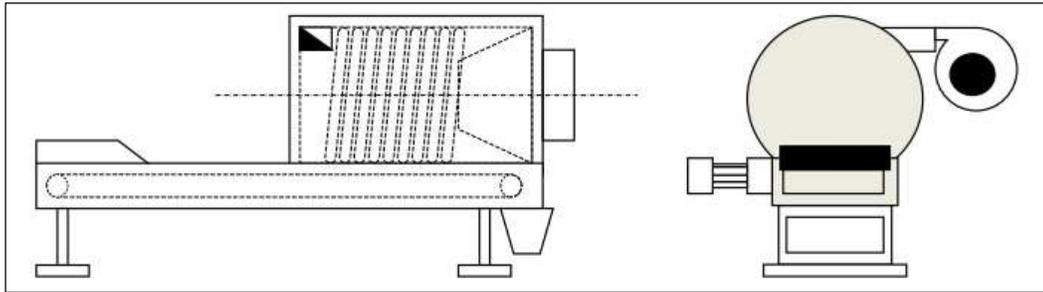


Figura 3. Esquema del quemador de diseño propio

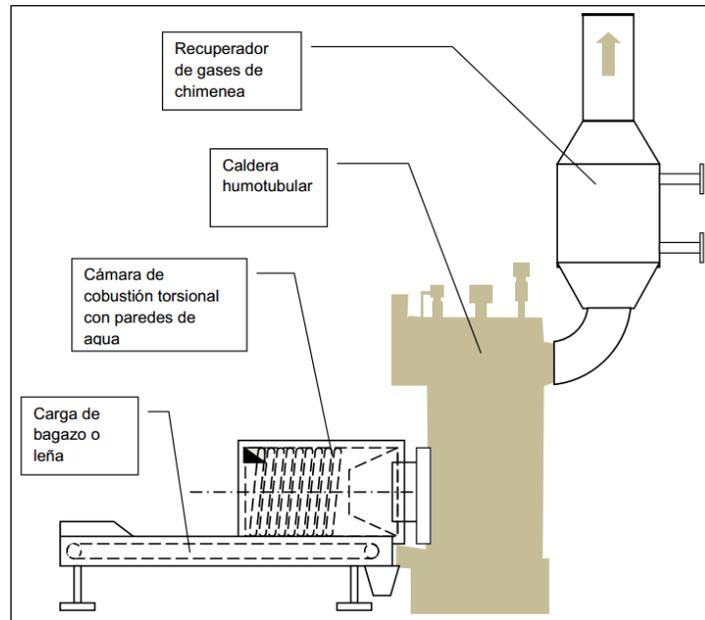


Figura 4. Conjunto quemador-caldera-recuperador de gases

4.3. Máquina de vapor

Se trata de una máquina de vapor de simple efecto y con dos cilindros oscilantes, cuyas válvulas son de tipo espejo, tal como se puede ver en las figuras 5 y 6:

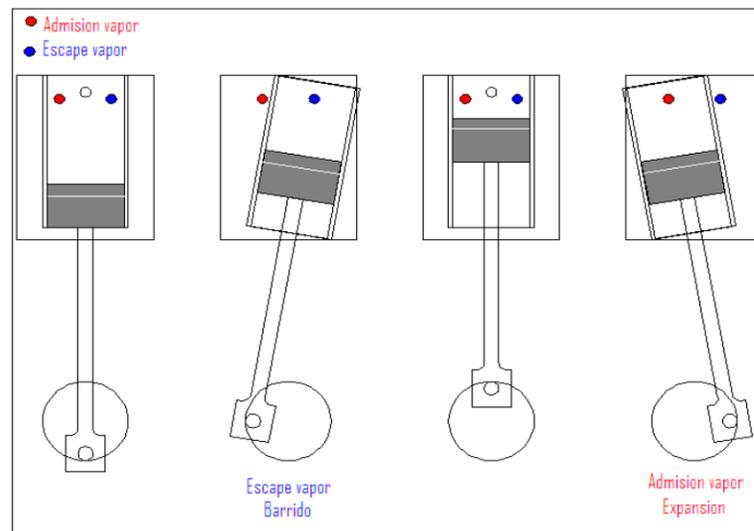


Figura 5. Funcionamiento de la válvula espejo

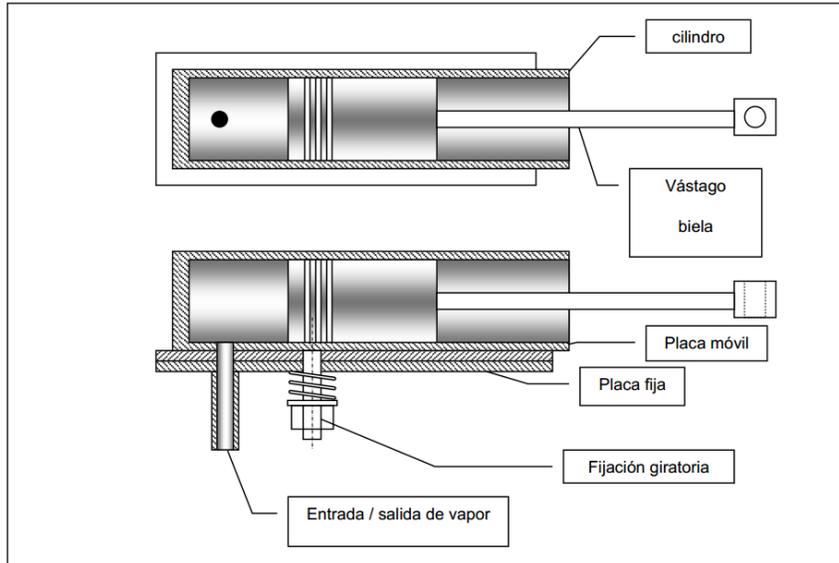


Figura 6. Cortes del pistón

Está pensada para que su construcción sea enteramente con materiales estándar (perfiles de acero normales de laminación como planchuelas y perfiles; tubos de acero; y accesorios comerciales como rodamientos, bujes, etc.). Los procesos de corte, soldadura y ensamblado corresponden a las técnicas mecánicas más usuales, no requiriéndose utillajes ni herramientas especiales. Esto teniendo en cuenta que las partes más sensibles son las superficies de contacto oscilante de los cilindros, cuya terminación es rectificada, y opcionalmente bruñida. Como las presiones y temperaturas de trabajo son relativamente bajas (10 bar y menos de 250°C, respectivamente), no se requieren aleaciones especiales, y se puede utilizar acero normalizado.

La máquina de vapor incluye un regulador de velocidad centrífugo que comanda la válvula modulante de entrada de vapor, para mantener las velocidades de giro en un rango compatible con la velocidad del generador eléctrico.

El montaje de la maquina se hace sobre un bastidor de perfiles que incluye los soportes, el árbol de transmisión y el generador eléctrico con su soporte, formando así un monoblock.

Ambos cilindros se encuentran en oposición de fase, a efectos de compensar el par motor en cada vuelta, y de esa forma evitar el volante de compensación, que se encuentra repartido en cada plato del cigüeñal.

El esquema general se puede observar en la figura 7:

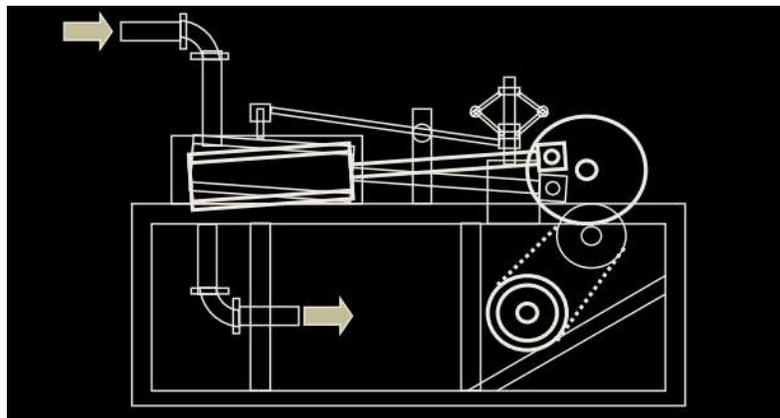


Figura 7. Esquema general de la máquina de vapor

4.4. Bomba de paletas

Se ha seleccionado una bomba solamente de referencia, y puede ser reemplazada por cualquier electrobomba disponible localmente y con características similares.

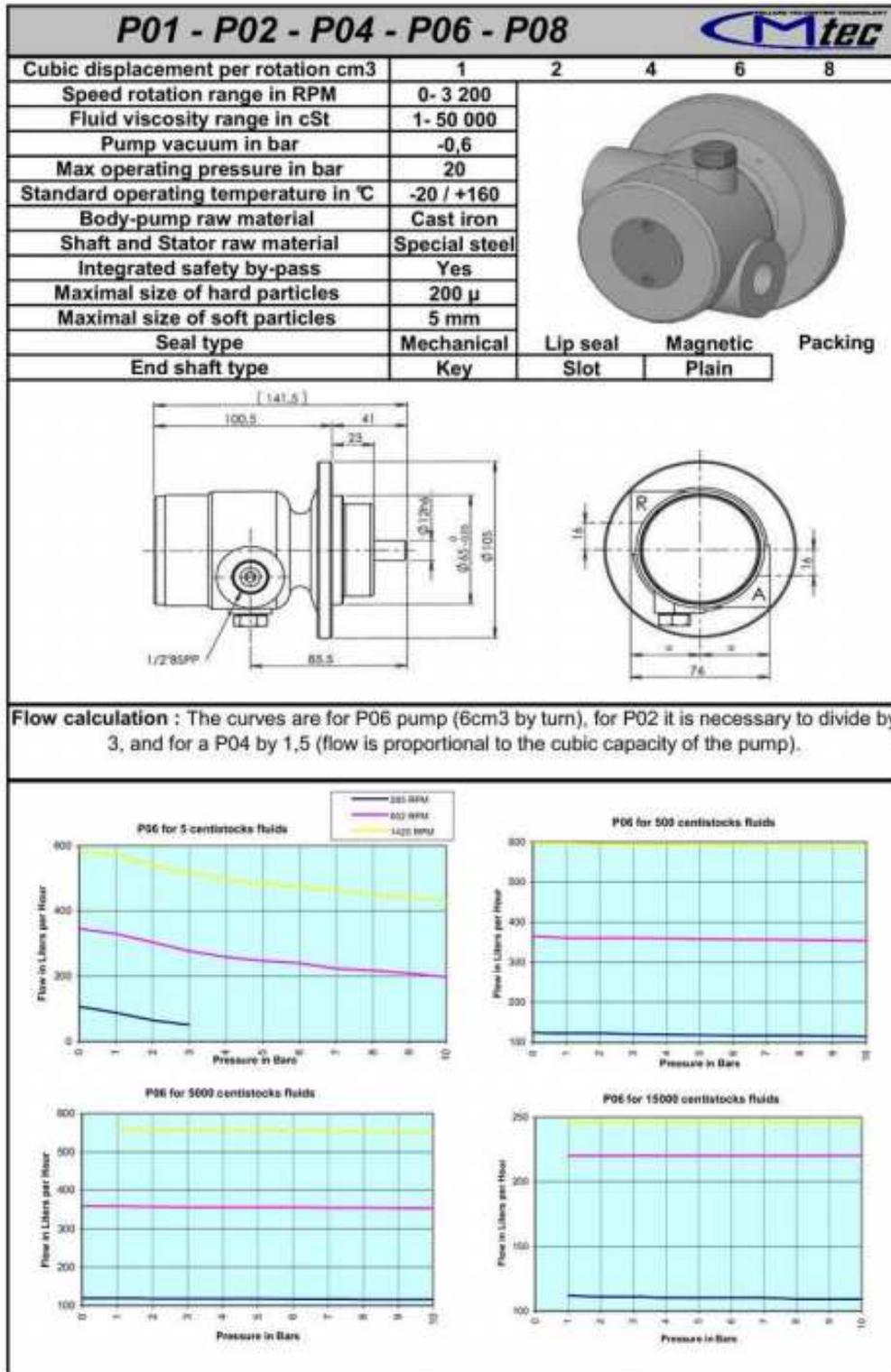


Figura 8. Bomba de agua de paletas

4.5. Generador eléctrico

Al igual que con la bomba, el modelo de generador eléctrico elegido [7] es solamente indicativo, y se puede reemplazar con alguno que esté disponible localmente. Para los cálculos de dimensionamiento se han tomado como referencia las características del modelo M132 XSB.



Energy as an aptitude. Anyplace.



Alternatori Monofase 4 Poli
4 Pole Single-phase Alternators
Aternadores Monofásicos 4 Polos



M132 brushless a condensatore
brushless, with capacitor
sin escobillas con condensador

MR132 a spazzole, con AVR
brushes, with AVR
con escobillas y AVR

M132

Caratteristiche tecniche  Tensione standard: 50Hz: 115/230V, 120/240V 60Hz: 110/220V, 120/240V Altri valori a richiesta Classe d'isolamento: H Protezione: IP 23 (B34 optional IP44) T.H.D. ≤ 5% Precisione tensione: + 5%, -8% (cosφ = 1) Buona capacità di spunto (Icc ≥ 3In) Opzionale: Quadro elettrico (IP 44)	Technical characteristics  Standard Voltage: 50Hz: 115/230V, 120/240V 60Hz: 110/220V, 120/240V Other voltages on request Insulation class: H Protection: IP 23 (B34 optional IP44) T.H.D. ≤ 5% Voltage accuracy: + 5%, -8% (cosφ = 1) Good starting capacity (Icc ≥ 3In) Opzionale: Electrical panel (IP 44)	Características técnicas  Tensión estándar: 50Hz: 115/230V, 120/240V 60Hz: 110/220V, 120/240V Otros valores bajo pedido Clase de aislamiento: H Protección: IP 23 (B34 optional IP44) T.H.D. ≤ 5% Precisión de la tensión: + 5%, -8% (cosφ = 1) Buena corriente de arranque (Icc ≥ 3In) Opcional: Cuadro eléctrico (IP 44)
--	---	---

MR132

Caratteristiche tecniche  Tensione standard: 50Hz: range 220-240V 60Hz: range 220-240V Altri valori o doppia tensione a richiesta Classe d'isolamento: H Protezione: IP 23 (B34 optional IP44) T.H.D. ≤ 6% Precisione tensione: ± 1,5% (indipendente dal cosφ) Buona capacità di spunto (Icc ≥ 3In) Opzionale: Quadro elettrico (IP 44) Regolatore elettronico AVR860: • Provvisto di protezioni per Sottovolatilità, Massima tensione, Massima corrente di eccitazione, Sovraccarico prolungato (max kVA) • Possibilità di regolare la tensione a distanza	Technical characteristics  Standard Voltage: 50Hz: range 220-240V 60Hz: range 220-240V Other voltages or double voltage on request Insulation class: H Protection: IP 23 (B34 optional IP44) T.H.D. ≤ 6% Voltage accuracy: ± 1,5% (regardless of cosφ) Good starting capacity (Icc ≥ 3In) Opzionale: Electrical panel (IP 44) AVR 860 electronic regulator • Supplied with protections for Underspeed, Maximum voltage, Maximum excitation current, Prolonged overload (max kVA) • Possibility of voltage remote adjustment	Características técnicas  Tensión estándar: 50Hz: range 220-240V 60Hz: range 220-240V Otros valores o tensión doble bajo pedido Clase de aislamiento: H Protección: IP 23 (B34 optional IP44) T.H.D. ≤ 6% Precisión de la tensión: ± 1,5% (sin depender de cosφ) Buena corriente de arranque (Icc ≥ 3In) Opcional: Cuadro eléctrico (IP 44) Regulador electrónico AVR 860 • Equipados con protecciones para Sub-velocidad, Máxima tensión eléctrica, Máxima corriente de excitación, Sobrecarga prolongada (max kVA) • Posibilidad de regulación de la tensión a distancia
---	---	--

Modello Type Modelo	Potenza Output power Potencia		Potenza assorbibile Driving power Potencia absorbida		Potenza Output power Potencia		Potenza assorbibile Driving power Potencia absorbida		Peso Weight Peso		
	cosφ 1 [kVA]	cosφ 0,8 [kVA]	4/4 - cosφ 1 [kW]	η %	cosφ 1 [kVA]	cosφ 0,8 [kVA]	4/4 - cosφ 1 [kW]	η %	B3/B9 [kg]	B34 [kg]	SAE [kg]
	50Hz - 1500rpm										
	60Hz - 1800rpm										
M 132 XSA	4,5	---	5,8	77,0	5,5	---	7,1	78,0	46,0	48,0	54,0
M 132 XSB	6,5	---	8,1	80,0	8,0	---	9,9	81,0	52,0	54,0	60,0
M 132 SA	8,5	---	10,5	81,0	10,0	---	12,2	82,0	62,0	64,0	70,0
M 132 SB	10,0	---	12,2	82,0	12,5	---	15,1	83,0	71,0	73,0	79,0
M 132 MA	12,5	---	14,9	84,0	15,0	---	17,6	85,0	88,0	90,0	96,0
M 132 LB	16,0	---	18,9	84,5	20,0	---	23,4	85,5	118,0	120,0	126,0
MR 132 SA	8,0	6,5	9,9	81,0	10,0	8,0	12,2	82,0	64,0	66,0	72,0
MR 132 SB	10,0	8,0	12,2	82,0	13,0	10,0	15,7	83,0	73,0	75,0	81,0
MR 132 MA	13,0	10,0	15,5	84,0	16,0	13,0	18,8	85,0	90,0	92,0	98,0
MR 132 LB	16,0	13,0	18,9	84,5	20,0	16,0	23,4	85,5	120,0	122,0	128,0

Figura 9. Características del generador eléctrico

4.6. Ensamble de las partes

En el siguiente esquema se muestran algunas de las partes ensambladas:

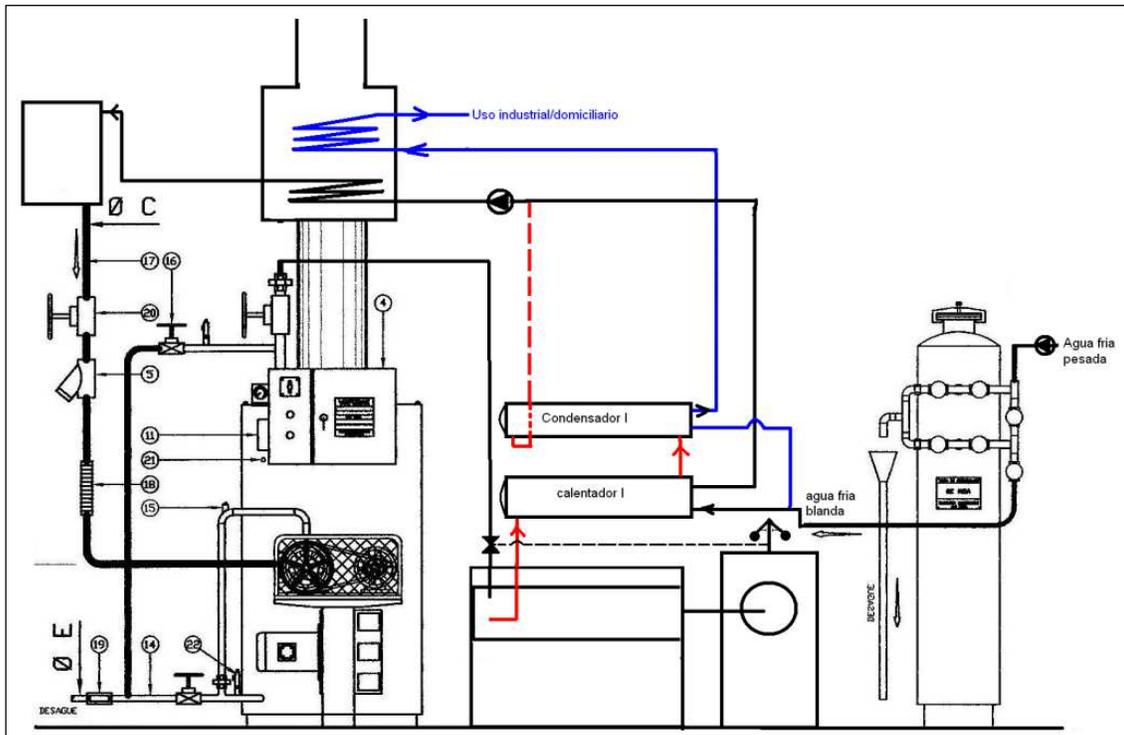


Figura 10. Esquema de la caldera, la máquina de vapor, un recuperador de los gases de escape, intercambiadores de calor, el generador eléctrico y un ablandador de agua

5. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

5.1. Cálculos tentativos

Según los datos del generador eléctrico:

- Potencia absorbida: $Pot_{abs} = 8,1kW$

Suponiendo que la caldera tendrá un rendimiento del 80% ($\eta_{caldera} = 0,8$), la potencia que se requerirá de la caldera será:

- $Pot = \frac{Pot_{abs}}{\eta_{caldera}} = 10,125 kW$

Se verificará ahora si se entrega la potencia adecuada. Tomando los siguientes datos del generador de vapor:

- Producción de vapor: $Pr_{vapor} = 200 \frac{kg}{h}$
- Presión de trabajo: $P_T = 10 \frac{kgf}{cm^2}$
- Consumo de gasoil: $C_{gasoil} = 15 \frac{kg}{h}$

Sacando de tablas el valor del volumen específico del vapor saturado seco:

- $v = 0,195 \frac{m^3}{kg}$

Se calcula el caudal volumétrico:

- $Q_v = Pr_{vapor} \cdot v = 38,900 \frac{m^3}{h} = 0,648 \frac{m^3}{min}$

El generador eléctrico requiere una velocidad de 1500 rpm para funcionar, por lo tanto, el volumen de cilindrada será:

- $V_c = \frac{Q_v \cdot 10}{1500 \text{ min}^{-1}} = 4,230 E^{-3} \text{ m}^3 = 4320 \text{ cm}^3$

Si se dimensiona el cilindro a partir de un caño estándar de 4":

- Diámetro en cm: $D = 10,160 \text{ cm}$
- Superficie de la cabeza del pistón: $Sup = \pi \cdot \frac{D^2}{4} = 81,073 \text{ cm}^2$

De esta manera, se puede calcular la carrera del pistón:

- $L_p = \frac{1}{2} \cdot \frac{V_c}{Sup} = 26,643 \text{ cm}$

Se calcula entonces el trabajo por embolada y luego la potencia total:

- $W_e = P_T \cdot V_c \cdot 0,1 = 4320 \text{ kgf} \cdot \text{cm} = 423,360 \text{ J} = 423,360 \text{ W} \cdot \text{s}$
- $Pot = \frac{W_e \cdot 1500}{60 \text{ s}} = 10584 \text{ W} = 10,584 \text{ kW}$

5.2. Verificación de los resultados obtenidos

Si se calcula el caudal de vapor a partir del volumen del cilindro obtenido por el método anterior:

- $G_v = V_c \cdot 1500 \text{ min}^{-1} \cdot 0,1 = 0,648 \frac{\text{m}^3}{\text{min}}$
- Densidad del vapor: $\rho = \frac{1}{v} = 5,128 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
- Caudal másico: $G^\circ_v = G_v \cdot \rho = 3,323 \frac{\text{kg}}{\text{min}} = 199,380 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$

Si el salto entálpico entre la entrada y la salida de la caldera es:

- $\Delta h = (663 - 607) \frac{\text{kcal}}{\text{kg}} = 56 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$

La potencia teórica del generador de vapor estará dada por:

- $Pot_{teorica} = G^\circ_v \cdot \Delta h = 11165,280 \frac{\text{kcal}}{\text{h}} = 12985,904 \text{ W}$

Si se afecta la potencia de la caldera por un rendimiento del 80%:

- $Pot_{real} = Pot_{teorica} \cdot \eta_{caldera} = 10388,723 \text{ W} = 10,389 \text{ kW}$

5.3. Cálculos adicionales

La fuerza sobre la biela está dada por:

- $F_b = P_T \cdot Sup = 810,730 \text{ kgf} = 7945,154 \text{ N}$

El momento de la máquina de vapor será entonces:

- $\mu = F_b \cdot L_p = 211683 \text{ N} \cdot \text{m} = 211,683 \text{ kN} \cdot \text{m}$

Otra característica importante serán los consumos del generador de vapor, sabiendo que se necesitarán aproximadamente 120000 kcal por cada hora de uso. Si la caldera funcionara solo a leña:

- Poder calorífico de la leña aproximado y ponderado: $H_{leña} = 3000 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$
- Cantidad de leña requerida: $Q_{leña} = \frac{120000 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}}{H_{leña}} = 40 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$

Este valor fue calculado en base a un ciclo abierto; pero en este caso, lo que se plantea es un ciclo regenerativo, con lo cual, es esperable que los consumos disminuyan:

- Valores tentativos de las temperaturas de recolección (T_o) y de reincorporación al sistema (T_f):
 $T_o = 15^\circ$ y $T_f = 100^\circ$

- Calor entregado: $\Delta Q = c_{agua} \cdot Pr_{vapor} \cdot (T_f - T_0) = 17000 \frac{kcal}{hr}$

Por lo tanto, la demanda real de calor será:

- $Q_{nec} = \left(120000 \frac{kcal}{hr} - \Delta Q \right) = 103000 \frac{kcal}{hr}$

El ahorro porcentual debido al ciclo regenerativo será:

- $A\% = \frac{(120000 - 103000)}{120000} \cdot 100\% = 14,167\%$

El rendimiento total de la maquina será:

- $\eta = \frac{Pot}{Pot_{teorica}} = 0,815$

6. CONCLUSIONES

Habrá notado el lector a esta altura que la maquinaria propuesta para la mini central no es precisamente la más eficiente. No obstante, las soluciones para el problema del abastecimiento de energía eléctrica en las zonas marginales de Latinoamérica no pueden seguir retrasándose en espera de aportes de las nuevas tecnologías foráneas, porque los pueblos simplemente no pueden esperar tanto para tener una calidad de vida aceptable.

A lo largo del trabajo se ha demostrado que es posible construir un equipo de cogeneración de electricidad y agua caliente a partir de materiales estándar, con el objetivo de demostrar, en última instancia, que las soluciones a estos problemas se pueden generar dentro de las mismas poblaciones que las requieren, dado que son ellas las que conocen sus propias necesidades, los plazos que pueden admitir y los recursos disponibles dentro de su contexto.

Adicionalmente, se propuso una adaptación para el generador de vapor que permite reemplazar la quema de combustibles fósiles, y todo esto, enmarcado dentro del uso racional de la energía.

El propósito de este *paper* ha sido el de hacer evidentes los beneficios que la construcción de una mini central con estas características puede producir. Sin embargo, los autores consideran de vital importancia que estos queden expresados explícitamente:

- Para el usuario de la mini central, produce beneficios económicos directos, dado que podrá reemplazar el costo de los combustibles convencionales por el costo nulo de la leña y los bagazos agrícolas.
- Aquellos usuarios que directamente no puedan disponer de los combustibles fósiles como consecuencia de la marginalidad del lugar donde viven, se verán beneficiados con la disponibilidad de energía eléctrica y agua caliente, que de otro modo no tendrían.
- La reactivación (o directamente creación) de industrias tecnológicas locales, en conjunto con el avance tecnológico que implica el desarrollo, construcción, montaje, operación y mantenimiento de la mini central, constituyen en sí beneficios para la nación.
- Las economías locales se verían beneficiadas con la generación de puestos de trabajo que demanden mano de obra propia.
- Por último pero no por eso menos importante, la utilización de los equipos trae consigo incontables beneficios para el medio ambiente, dado que se utilizan criterios del uso racional de la energía en base a fuentes renovables, particularmente combustibles derivados de la biomasa.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] <http://www.energiza.org/eolica/27-cogeneracion/778-cogeneracion-en-america-latina>
- [2] <http://www.enarsa.com.ar/index.php/es/energiasrenovables/393-biomasa-y-biocombustibles>
- [3] Balmaceda, Tomás. (24 de mayo del 2015). "De camping con el celular". *Revista Viva*. Nro. 2038. Buenos Aires, Argentina.
- [4] http://www.itaire.com.ar/itaire_productos.php?pid=1
- [5] <http://www.pompes-pollard.com/es/productos/nos-gammes>
- [6] <http://www.nsmsrl.it/eng/prodotti.php?sez=main>

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer a la Facultad de Ingeniería de la Universidad Austral, por haber provisto un marco en el cual se haya podido desarrollar este trabajo.

Asimismo, agradecen especialmente al Prof. Ing. Oscar Jaimovich por todo el material de investigación provisto, y cuya ayuda fue fundamental para la compleción del presente trabajo.