



UNIVERSIDAD DE CAMAGÜEY
“Ignacio Agramonte y Loynaz”
FACULTAD ELECTROMECAÁNICA
GRUPO DE ENERGIA

Generación de electricidad durante el período inactivo en los centrales azucareros cubanos

AUTORES:

Leyva Canavaciolo, Rafael S.; Fals Acuña María M.;

Gutiérrez Cardoso Agustín; Varona Reyes Silvina.

CONTACTO: rafael.leyva@reduc.edu.cu

SENAE JUNIO DE 2012

ESQUEMAS DE ALTA EFICIENCIA EN LA INDUSTRIA AZUCARERA MUNDIAL.

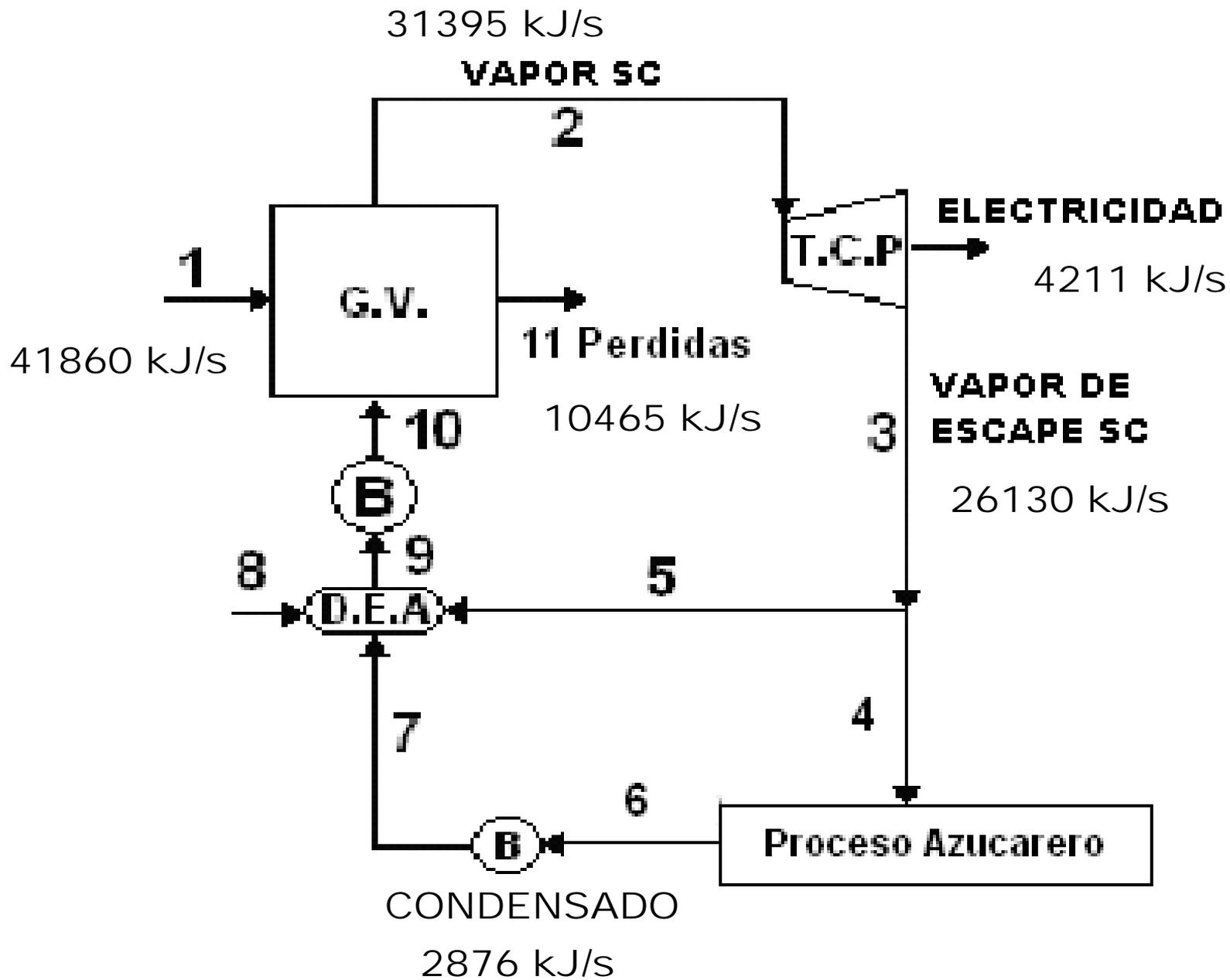
LA INDUSTRIA AZUCARERA CUBANA SE HA QUEDADO REZAGADA EN LA INSTALACION DE CALDERAS Y TURBOGENERADORES DE ALTA PRESION PARA LOGRAR MAYORES INDICES DE GENERACION CON BIOMASAS CAÑERAS Y/O FORESTAL.

SIN EMBARGO DENTRO DE POCO TIEMPO LOS CENTRALES AZUCAREROS COMENZARAN A GENERAR ELECTRICIDAD DURANTE EL PERIODO INACTIVO CON BIOMASA FORESTAL (MARABU).

PERO OTRA DIFICULTAD ESPERA SER SOLUCIONADA PARA LOGRAR ESTE OBJETIVO

LA COGENERACIÓN EN LA INDUSTRIA AZUCARERA CUBANA.

UTILIZA TURBOGENERADORES DE
CONTRAPRESIÓN LOS CUALES APORTAN
ENTRE UN 12.5 Y UN 15 % DEL CALOR FÍSICO
DEL COMBUSTIBLE EN FORMA DE
ELECTRICIDAD Y UN 58 A UN 65 % AL
PROCESO AZUCARERO, CON UNAS PERDIDAS
ENTRE UN 20 A UN 29.5 % SIN EMBARGO LA
EFICIENCIA TERMODINÁMICA DEL CICLO
PARA LO CUAL FUE DISEÑADO ES DE 87.5 %

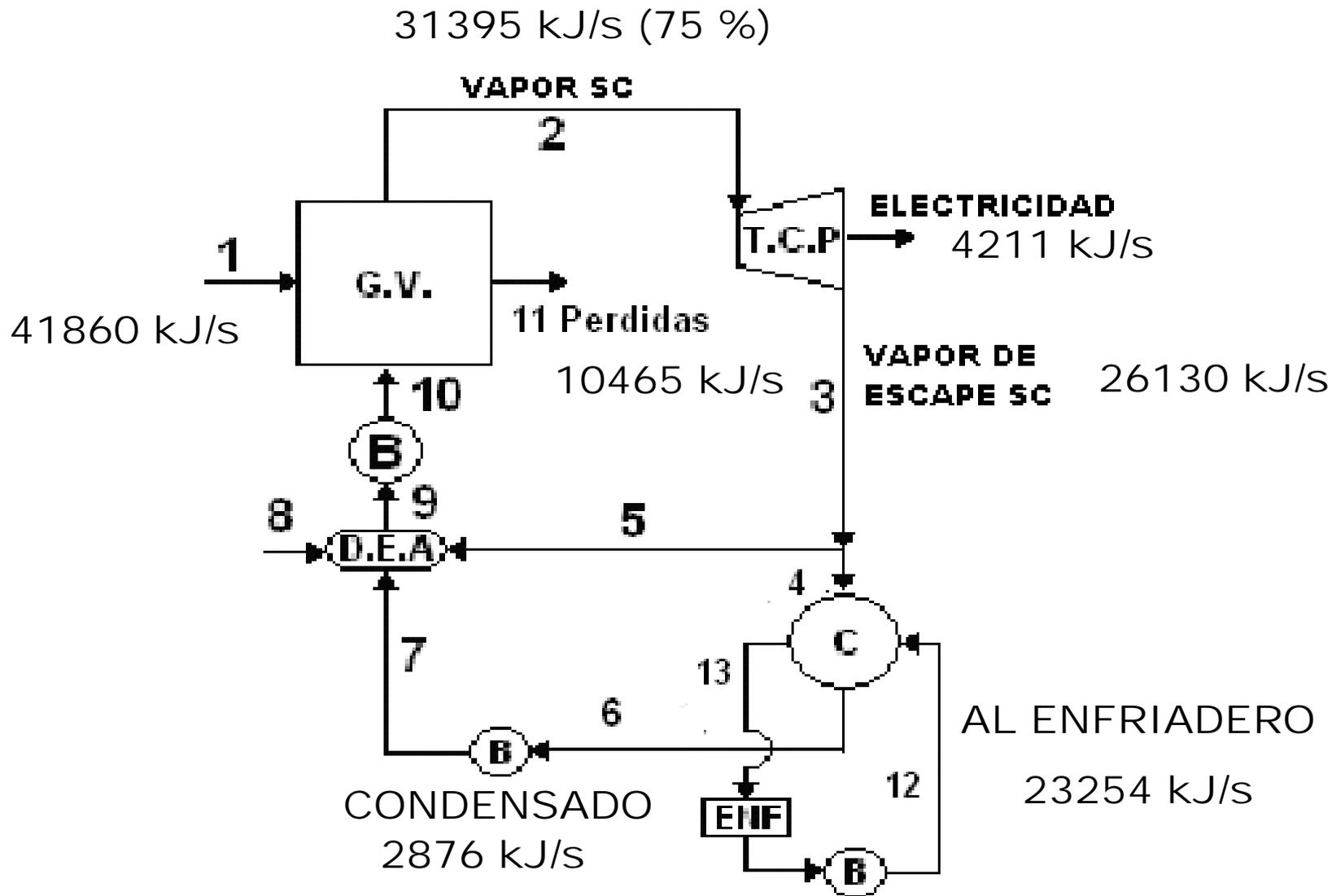


PERSPECTIVAS ACTUALES

UTILIZAR LOS TURBOGENERADORES DE CONTRAPRESIÓN CONDENSANDO EL VAPOR DE ESCAPE EN OTROS PROCESOS DE DERIVADOS DE LA CAÑA, COMO ALCOHOLES, LEVADURAS, SORBITOL, FURFURAL, ETC.

EN CASO DE NO DISPONER DE LO ANTERIOR HABRÁ QUE CONDENSAR EL VAPOR DE ESCAPE EN LOS CALENTADORES DE JUGO, UTILIZANDO AGUA DEL ENFRIADERO.

CON ESTE ESQUEMA SE OBTIENE ENTRE UN 12.5 Y UN 15 % DEL CALOR FÍSICO DEL COMBUSTIBLE EN FORMA DE ELECTRICIDAD Y UN 56 % AL ENFRIADERO, CON UNAS PERDIDAS TOTALES DE 83 % LA EFICIENCIA TERMODINÁMICA DEL CICLO DISMINUYE A DE 22.5 %



ESQUEMA TERMOENERGÉTICO PARA TIEMPO INACTIVO
CONDENSANDO EN LOS CALENTADORES DE GUARAPO

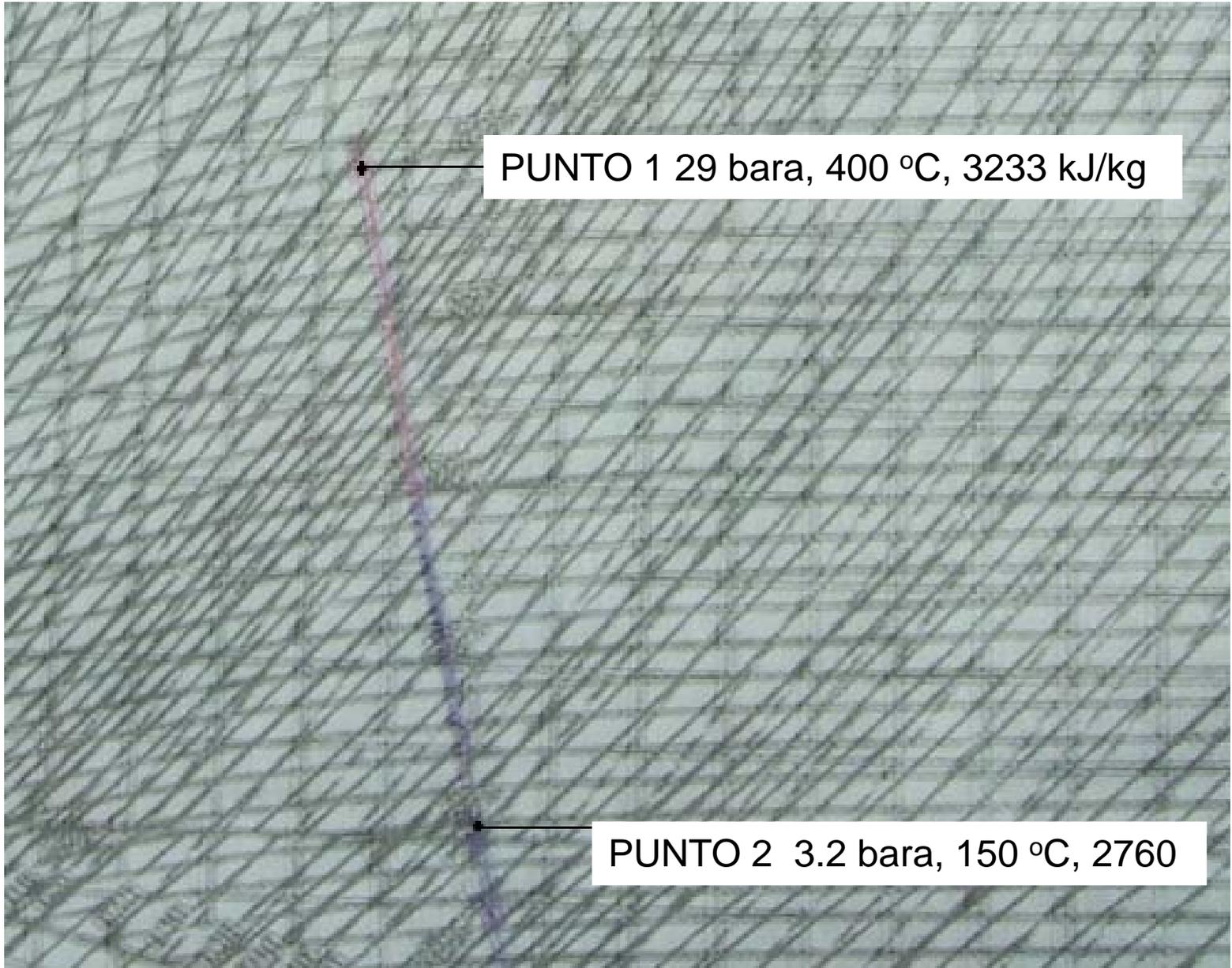


DIAGRAMA MOLLIER I vs S

VARIANTE I

UTILIZANDO TURBOGENERADORES A CONDENSACION CON TURBINAS DE BAJA PRESIÓN DE ENTRADA

Esta variante fué aplicada por la USAID, en el Proyecto.

**“Biomass Energy Systems and Technology DHR-
5737-A-00-9058-00, Energy from Sugarcane
Cogeneration” en El Salvador y Honduras.**

Confeccionado por:

**Winrock International Institute for Agricultural
Development en 1994**

UTILIZAR TURBOGENERADORES CON TURBINAS DE BAJA PRESIÓN DE ENTRADA (MENOR DE 4 BAR) SIMILARES A LAS USADAS EN LAS PLANTAS GEOTÉRMICAS DE ALTA ENTALPÍA NUEVOS O COMPRADOS DE SEGUNDA MANO, CON UN COSTO APROXIMADO DE \$ 500.00 USD / KW, ADICIONÁNDOLOS A LA SALIDA DE LOS TURBOGENERADORES DE CONTRAPRESIÓN

FIRMAS COMO COPPUS MURRAY, ALSTOM Y MITSUBISHI PRODUCEN ESTE TIPO DE TURBINAS. PAÍSES COMO ISRAEL, RUSIA, CHINA, ITALIA Y ALEMANIA TAMBIÉN LAS FABRICAN.

CON ESTE ESQUEMA SE OBTIENE UN 18 % DEL CALOR FÍSICO DEL COMBUSTIBLE EN FORMA DE ELECTRICIDAD Y UN 45.6 % AL ENFRIADERO, CON UNAS PERDIDAS TOTALES DE 75 % LA EFICIENCIA TERMODINÁMICA DEL CICLO AUMENTA DE 22.5 A 33 %

TURBINAS COPPUS MURRAY (U.S.A.)

Especificaciones:

Potencia: 4450 CV (3729 kW).

Rango de presión de entrada: 0.34 a 27,6 barg.

Temperatura máxima de entrada: 316 C.

Diámetro de la Rueda: 711 mm.

Peso: Aprox. 2426 kg. Velocidad: 5.400 RPM.

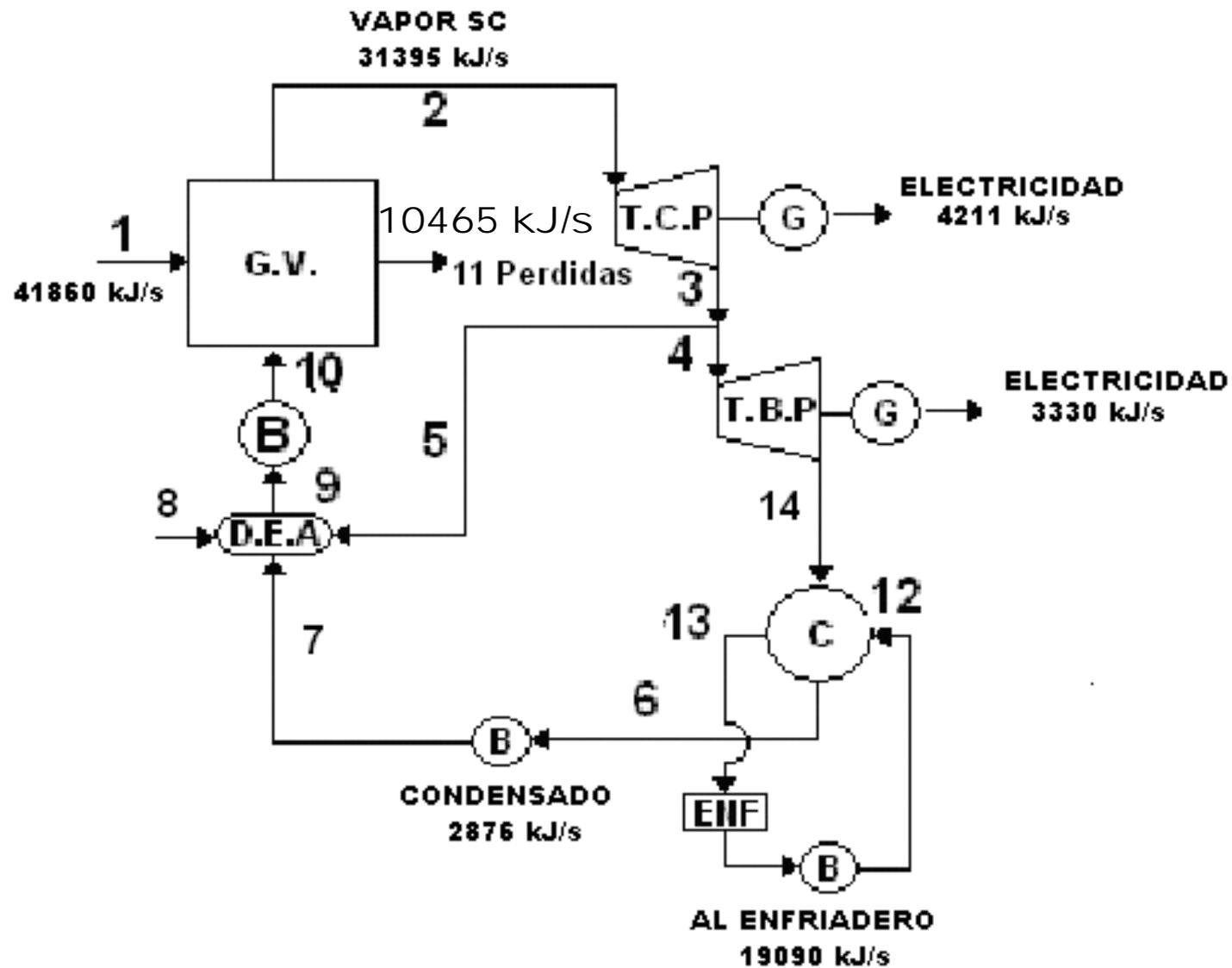


Aplicaciones comunes:

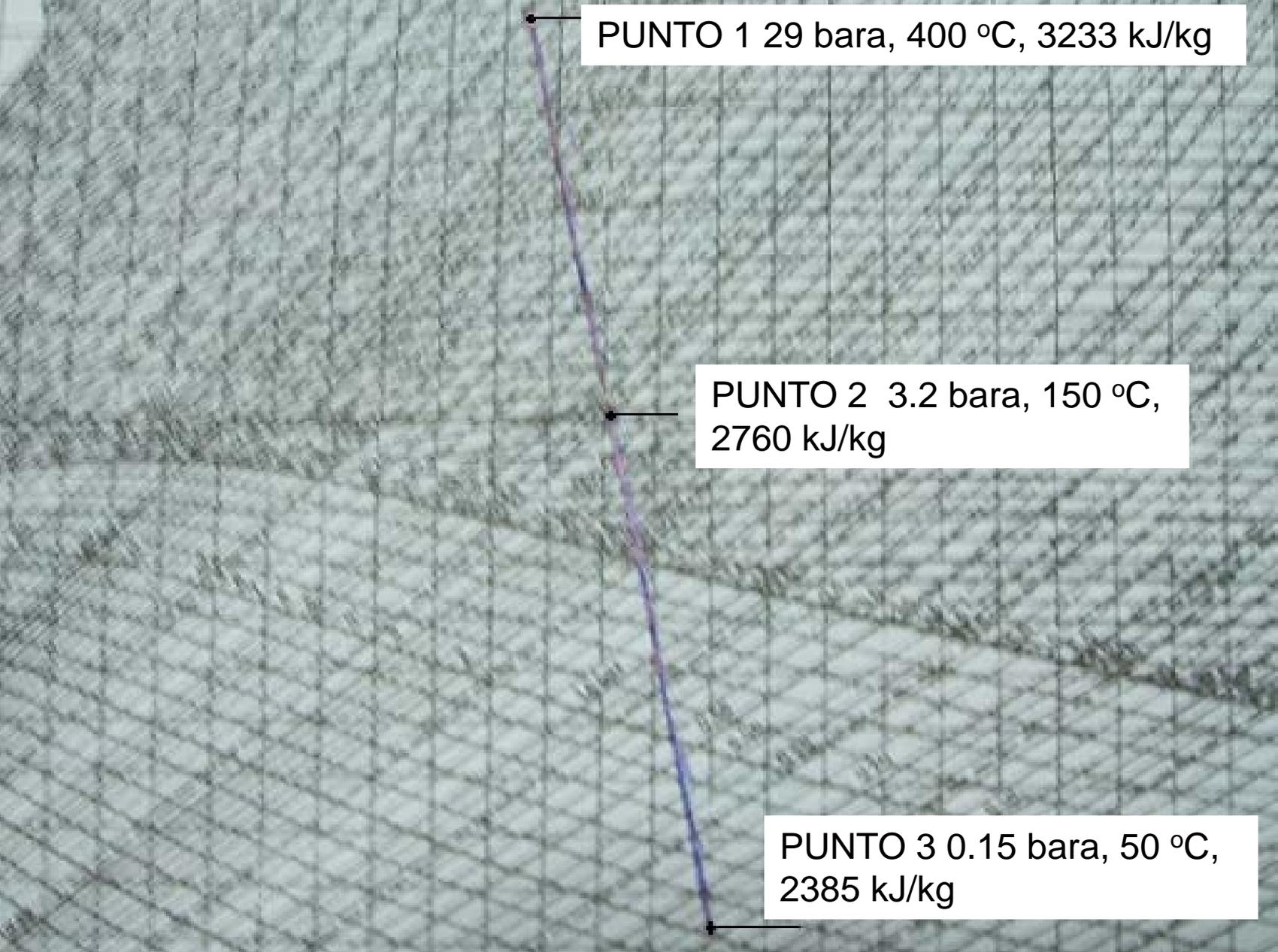
Movimiento de bombas, ventiladores, compresores y generadores.

Similares a las instaladas en centrales de Centro América por USAID

RLHA28E



ESQUEMA TERMOENERGÉTICO PARA TIEMPO INACTIVO
ADICIONANDO UN TURBOGENERADOR DE BAJA PRESION



PUNTO 1 29 bara, 400 °C, 3233 kJ/kg

PUNTO 2 3.2 bara, 150 °C,
2760 kJ/kg

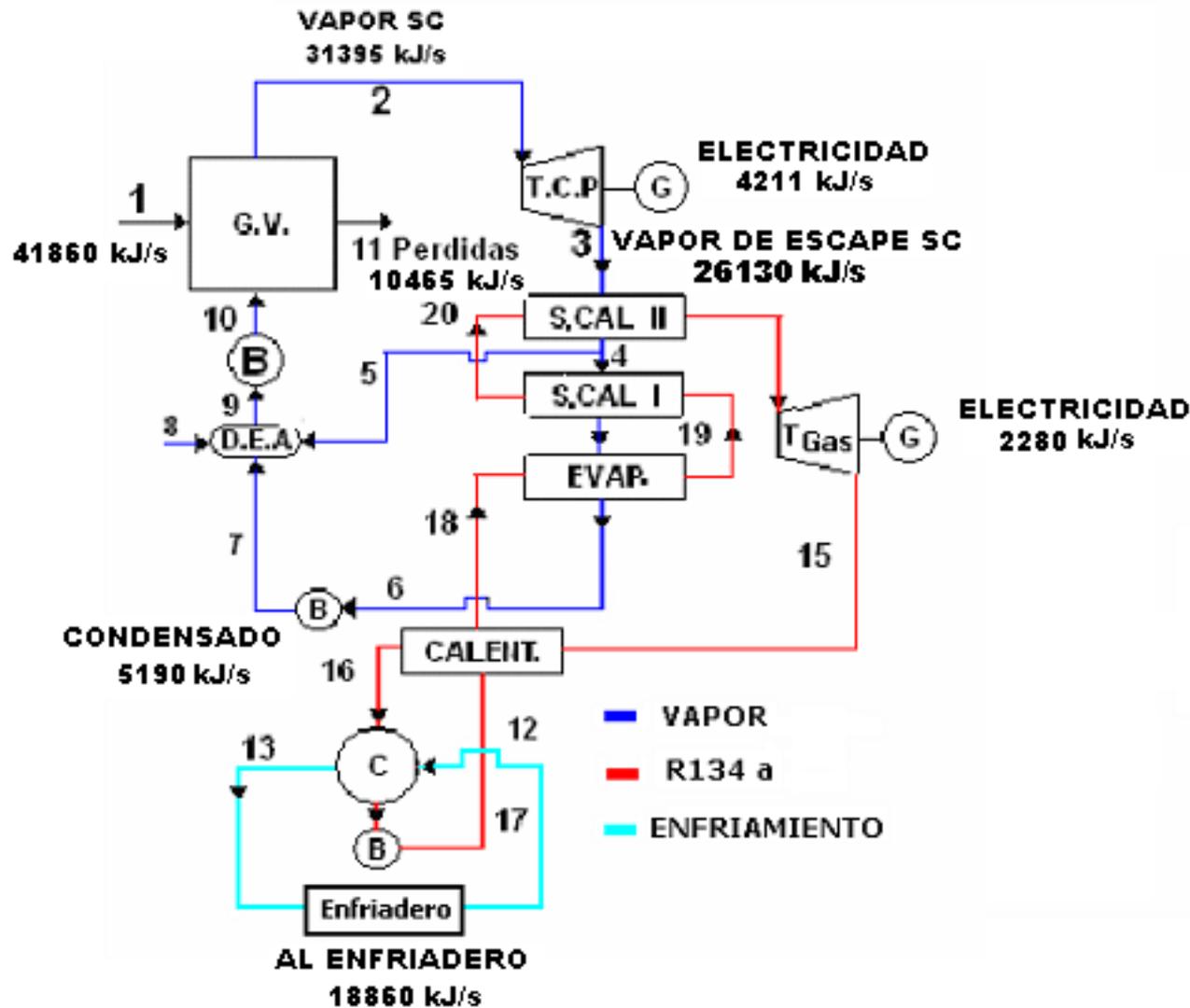
PUNTO 3 0.15 bara, 50 °C,
2385 kJ/kg

UTILIZAR SISTEMAS ORC DE RECUPERACIÓN DE CALOR ADICIONÁNDOLOS A LA SALIDA DE LOS TURBOGENERADORES DE CONTRAPRESIÓN, IMPORTÁNDOLOS O FABRICANDO LOS EQUIPOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR EN CUBA E IMPORTANDO SOLO LOS TURBOGENERADORES.

ESTO CONSISTE EN LA UTILIZACIÓN DE UN SISTEMA BINARIO UTILIZANDO EL VAPOR DE ESCAPE COMO AGENTE CALEFACTOR DE UNA SEGUNDA SUSTANCIA QUE ES UN GAS ORGÁNICO DE LA FAMILIA DE LOS REFRIGERANTES, COMO PUEDE SER EL AMONÍACO, EL R134 A O EL R245 FA, CON SIMILARES COMPORTAMIENTOS EN CUANTO A SU EVAPORACIÓN Y SOBRECALENTAMIENTO.

ELIMINANDO ASÍ EL VAPOR QUE SE ENVÍA AL CONDENSADOR CON EL ESQUEMA NORMALMENTE UTILIZADO.

CON ESTE ESQUEMA SE OBTIENE UN 15.5 % DEL CALOR FÍSICO DEL COMBUSTIBLE EN FORMA DE ELECTRICIDAD Y UN 44.5 % AL ENFRIADERO, CON UNAS PERDIDAS TOTALES DE 74.5 % LA EFICIENCIA TERMODINÁMICA DEL CICLO RANKINE DE VAPOR AUMENTA DE 22.5 A 37.2 %



ESQUEMA TERMOENERGÉTICO PARA TIEMPO INACTIVO
ADICIONANDO UN CICLO RANKINE ORGANICO.

RESUMEN COMPARATIVO DE LOS ESQUEMAS

ZAFRA = 120 DIAS INACTIVO = 245 DIAS	ZAFRA	INACTIVO ACTUAL	INACTIVO CON TBP	INACTIVO CON ORC
ELECTRICIDAD PRODUCIDA	3024 MWh	18522 MWh	33255 MWh	28576 MWh
EFICIENCIA DEL CICLO	87.5 %	22.5 %	33 %	37 %
INGRESOS EN C.U.C.	\$ 384 048	\$2 352 294	\$ 4 223 385	\$ 3 629 152
INGRESOS EN C.U.P.	\$ 257 040	\$ 1 574 370	\$ 2 826 675	\$ 2 426 960
INGRESOS EN M.T.	\$ 641 088	\$ 3 926 664	\$ 7 050 060	\$ 6 058 112
COSTO EQUIPOS	0	0	\$ 2 500 000	\$ 2 500 000
+ CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE	0	0	\$3 500 000	\$ 3 500 000
PERIODO DE RECUPERACIÓN	0	0	0.5 AÑO	0.86 AÑO
INDICE DE GENERACIÓN	45.7 kW / tb	173.25	311.0	267.3

CONCLUSIÓN

MIENTRAS NO APAREZCAN
INVERSIONISTAS INTERESADOS
EN FINANCIAR TERMOELÉCTRICAS
QUE TRABAJEN CON BIOMASAS
CAÑERA Y/O FORESTAL LA PEOR
OPCIÓN QUE TENEMOS ES LA DE
NO GENERAR ELECTRICIDAD CON
LOS CENTRALES AZUCAREROS Y
SENTARNOS A ESPERAR

RECOMENDACIÓN N° 1

MIENTRAS NO APAREZCAN
INVERSIONISTAS INTERESADOS EN
FINANCIAR TERMOELÉCTRICAS QUE
TRABAJEN CON BIOMASAS CAÑERA Y/O
FORESTAL LA MEJOR OPCIÓN QUE
TENEMOS ES LA DE GENERAR
ELECTRICIDAD CON LOS CENTRALES
AZUCAREROS, UTILIZANDO LOS
TURBOGENERADORES DE BAJA
PRESIÓN EN SERIE CON LOS
TURBOGENERADORES DE
CONTRAPRESIÓN

RECOMENDACIÓN N° 2

MIENTRAS NO APAREZCAN
INVERSIONISTAS INTERESADOS EN
FINANCIAR TERMOELÉCTRICAS QUE
TRABAJEN CON BIOMASAS CAÑERA Y/O
FORESTAL LA SEGUNDA OPCIÓN QUE
TENEMOS ES LA DE GENERAR
ELECTRICIDAD CON LOS CENTRALES
AZUCAREROS, UTILIZANDO LOS CICLOS
RANKINE ORGANICOS (ORC) EN SERIE
CON LOS TURBOGENERADORES DE
CONTRAPRESIÓN.

RECORDAMOS QUE:

*LA MEJOR FORMA DE
ALZAR EL VUELO, ES
CORRER CONTRA EL
VIENTO*