

Porta, Lino, D.

INTI/ED
2381
4

PLANTA PRODUCTORA DE ENERGIA

DE 1000 HP

ALIMENTADA CON

RESIDUOS DE ASERRADERO.

(GRAN CHACO ARGENTINO)

Exploración de su rentabilidad.

302285

INTI

Of. de Termodinámicas

Octubre 1976.

Indice.

1. Objeto del Informe

2. Breve descripción de la planta.

3. Inversiones

3.1 Ingeniería

3.2 Construcción de las máquinas

3.3 Transporte hasta el lugar de trabajo

3.4 Total de inversiones

4. Gastos de operación.

4.1 Personal

4.2 Combustible

4.3 Lubricantes y otros

4.4 Dirección Central

4.5 Financieras

4.6 Mantenimiento

4.7 Resumen del total de gastos de operación.

5. Costos de una planta diesel de 1000 HP.

5.1 Inversiones

5.2 Cargas operativas

6. Recapitulación comparativa de inversiones y gastos.

7. Análisis de sensibilidad de los gastos.

8. Conclusiones.

A1 Apéndice: Precio del Diesel Oil.

A2 Apéndice: Del diario "El Universal", Caracas, 24-9-76

A3 Apéndice: "Las Plantas como fuente de Energía."

A4 Referencias.

302285

1. Objeto del Informe.

Se ha estudiado, hasta el nivel de planes generales de proyecto, una planta de producción de energía - mecánica o eléctrica - de 1000 HP (700 kW) que sería construida en el país con recursos de mercancía general y con vistas a trabajar en el Gran Chaco (Formosa, Chaco, S. Fe, Ego del Estero, etc.) alimentada a partir de desechos de aserradero y en un medio hostil.

El presente informe da una primera estimación de costos (inversiones y gastos de operación) en comparación con una planta diésel análoga en modo de justificar su rentabilidad. Se han elegido criterios ligeramente pesimistas, en particular estimándose que la vida probable - establecida en 15 años - viene condicionada por la electrificación rural que se dará con el complejo Itape-Jacaritá y Lanjas del Tije.

Los cálculos se refieren al nivel "comunidad-país" y en particular respecto del precio del combustible reflejan la situación internacional probable en orden al alza de los productos petroleros ⁽¹⁾~~(2)~~. Se ha excluido la fuente eléctrica por ser común a las soluciones comparadas.

* Los números entre paréntesis se refieren a las referencias bibliográficas indicadas al final del informe.

2. Breve descripción de la planta.

El panorama tecnológico en el que la planta se integra está caracterizado por:

(a) - Rudeza del medio. Bajo nivel de capacitación humana disponible. Dificultades en las comunicaciones con vistas al apoyo logístico (repuestos, etc.). Condiciones extremas de clima.

(b) - Construcción en el país sin recursos importados, con materiales de plaza, tecnología mecánica corriente, lubricantes de YPF, etc.

(c) - Semitransportabilidad.

(d) - La más grande gama posible de combustibles: aserrín, desechos de aserraderos, ramas, hojas de árboles, leña, tocones, carbón de leña no comercializable, residuos de carbón de leña, etc. e incluso petioles como posibilidad.

La figura que acompaña nuestra descripción que deriva del de la vieja locomotora, sólo que la máquina (vertical, de carter cerrado con lubricación forzada) está separada.

3. Inversiones:

Se han estudiado sobre la base de la fabricación de 10 unidades en los talleres mecánicos del Fran Buenos Aires. Las épocas han sido indicadas en \$ de Septiembre de 1976.

3.1 Ingeniería.

Comprende estudios, planos de fabricación, dirección de la construcción, puesta a punto del prototipo, dirección del montaje, instrucción del personal operativo, ensayos de recepción, etc.

Cantidad de unidades	(1)	Máquinas	1	10
Estudios generales hechos por INTI, cuatro meses ingenieros a 0,10 M\$ mes ⁻¹ H ⁻¹ (con servicios auxiliares de secretariado, información, etc.)	(2)	M\$	0,40 ✓	0,40
Planos generales hechos en INTI, tres ingenieros mes y tres técnicos mes a 10 y 7 M\$ mes ⁻¹ H ⁻¹	(3)	"	0,51 ✓	0,51
Planos de fabricación a pedido se for los fabricantes de los distintos elementos bajo dirección de INTI, calculados en 10000 h de dibujante = 67 dibujante mes a 0,07 M\$ mes ⁻¹ H ⁻¹	(4)	"	4,69 ✓	4,69

<p> Direccion de la construccion por INTI, tres mes ingenieros a 0,10 M\$ mes⁻¹ H⁻¹ (INTI) </p>	(5)	M\$	0,30 ✓	0,30 ✓
<p> Puesta a punto del prototipo, Dos ingenieros mes INTI y dos tecnicos mes INTI, a 0,15 M\$ mes⁻¹ H⁻¹ (incluye una instrumentos, viajes, etc.). </p>	(6)	"	0,60 ✓	0,5 ✓
<p> Inversion en instrumentos para ensayo (en moneda local solo), fuente alianza estimada en </p>	(7)	"	0,20 ✓	0,30 ✓
<p> Direccion del montaje (estimada) hecha por INTI </p>	(8)	"	0,20 ✓	0,60 ✓
<p> Instruccion del personal operador, 1 tecnico tres meses intermitentemente a 0,10 M\$ mes⁻¹ H⁻¹ </p>	(9)	"	0,30 ✓	0,30 ✓
<p> Ensayo de recuperacion, estimado en </p>	(10)	"	0,30 ✓	1,50 ✓
<p> Total, Inversion en Ingenieria, Σ (1) a (10) = </p>	(11)	"	7,50	9,1 ✓
<p> Id. referido a una máquina </p>	(12)	"	7,50	0,91 ✓

3.3 Transporte de las máquinas hasta el lugar de trabajo (desde B.A)

Estimado en	(30)	M\$	0.4 ✓	2.0 ✓
3.4 Instalación, estimado en	(31)	"	0.3 ✓	2.5 ✓
Total gasto de instalación y transporte = (30) + (31)	(32)	"	0.7 ✓	4.5 ✓
Id. referido a 1 máquina = (32) ÷ (1)	(33)	"	0.7 ✓	0.45 ✓

3.4

Total de inversiones

Ingeniería = (11) =	(40)	"	7.50 ✓	9.7 ✓
Costo de construcción = (27) =	(41)	"	16.83 ✓	106.6 ✓
Transporte e instalación (32) =	(42)	"	0.7 ✓	4.5 ✓
Total de inversiones = (40) + (41) + (42) =	(43)	"	25.03 ✓	120.2 ✓
Id. referidos a 1 máquina = (43) ÷ (1) =	(44)	"	25.03	12.02

4. Gasto de operación. (Exclusivamente máquina)

4.1 Personal.

4.1.1. Personal de turno.

- Un maquinista de usina,
- un ayudante foguista
- un ayudante general
- un prebero

Totál de horas por mes (50) hH mes⁻¹ 2880 ✓ 28800 ✓

Personal mecánicos, capataces tres hombres a 200 hH mes⁻¹ (51) " 600 ✓ 6000

Costo, calculado en promedio a 25000 \$ H⁻¹ mes⁻¹ sobre 192 hH⁻¹ mes⁻¹, es decir

$$\frac{25000 \text{ \$ H}^{-1} \text{ mes}^{-1}}{192 \text{ h H}^{-1} \text{ mes}^{-1}} = 130 \text{ \$ h H}^{-1}$$

$$260 \text{ \$ h}^{-1} \text{ H}^{-1} \cdot ((50) + (51)) =$$

(el valor 260 \$ h⁻¹ H⁻¹ tiene en cuenta 100% de incrementos por cargas sociales)

(52) $\frac{M\$}{\text{mes}}$ 0,905 ✓ 9,05 ✓

4.2 Combustible.

Peaques, apilado, etc. estimado en 50 \$ t⁻¹.

Consumo de la máquina a 50% de carga, (53) kg h⁻¹ 500 ✓ 5000 ✓

Id. por mes = (53) 720 h mes⁻¹ = (54) kg mes⁻¹ 360 000 ✓ 360 000 ✓

Costo de combustible (mensual) (54) 50 \$ t⁻¹ = (55) M\$ mes⁻¹ 0,018 ✓ 0,18 ✓

3.2 Construcción de Las máquinas.

Número de horas hombre directas empleadas en la construcción de dispositivos auxiliares	(20)	h	3000 ✓	4000 ✓
Costo en mano de obra y mat. tomando un promedio de 900 \$ h ⁻¹ para calderería y mecánica, para los dispositivos (incluye ganancia)	(21)	M.\$	2.7 ✓	3.6 ✓
Número de horas hombre directas empleadas en la(s) máquina	(22)	h	15000 ✓	10000 ✓
Total de horas = (22) · (1) =	(23)	"	15000 ✓	100000 ✓
Costo de mano de obra a 700 \$ h (70% calderería)	(24)	M.\$	10.5 ✓	70 ✓
Materiales, calculados como 25% a mano de obra y 40% " " " " para cada caso	(25)	"	2.63 ✓	28 ✓
Otros gastos no computados	(26)	"	1.0 ✓	5 ✓
Total costo de construcción de las máquinas = (21) + (24) + (25) + (26) =	(27)	"	16.83 ✓	106.6 ✓
Id. referido a 1 máquina = (27) ÷ (1) =	(28)	"	16.83 ✓	10.66 ✓

4.3 lubricantes y otros

Consumo de lubricante

a 150 g h^{-1}

(60)

Kg mes^{-1}

108 ✓

1080 ✓

Alcance de $300 \text{ \$ Kg}^{-1}$ en

un fardo de

(61)

$\text{M\$ mes}^{-1}$

0,032 ✓

0,32 ✓

Otros gastos estimados

(62)

"

0,5 ✓

5 ✓

4.4 Oficina central

Estimados en

(64)

$\text{M\$ mes}^{-1}$

0,3 ✓

1 ✓

4.5 Financieras.

Se toma una tasa de interés anual vecina al 15% (Ref (1)).

Con una vida de 15 años el factor de recuperación del capital es de alrededor de 0,17, es

decir que las cargas financieras son 0,17 año⁻¹. $(43) \div 12 \text{ mes año}^{-1} =$

(70)	M\$ mes ⁻¹	0,35 ✓	1,70 ✓
------	-----------------------	--------	--------

4.6 Mantenimiento, estimado en 20% de las financieras

(71)	"	0,07 ✓	0,34 ✓
------	---	--------	--------

4,7

Resumen del total de gastos de operación

Personal = (52) =

(75)	M\$ / mes	0,905 ✓	9,05 ✓
------	-----------	---------	--------

Dirección Central = (64) =

(76)	"	0,3 ✓	1
------	---	-------	---

Combustible = (55) =

(77)	"	0,018 ✓	0,18
------	---	---------	------

Lubricantes = (61) =

(78)	"	0,032 ✓	0,32
------	---	---------	------

Otros materiales = (62) =

(79)	"	0,5 ✓	5 ✓
------	---	-------	-----

Mantenimiento = (71) =

(80)	"	0,07	0,34 ✓
------	---	------	--------

Financieras = (70)

(81)	"	0,35	1,70
------	---	------	------

Total cargas operativas mensuales para un factor de carga de 50%

(82)	"	2,175 ✓	17,59 ✓
------	---	---------	---------

Ja. para una máquina = $(82) \div (1) = (82.1)$

"	"	2,175 ✓	1,759 ✓
---	---	---------	---------

Se ve que una mitad del gasto está representado por el rubro personal y dirección central.

5. Costos de una planta diesel de 1000 HP.

5.1 Inversiones.

Un precio internacional para un motor diesel de baja velocidad completo con sus instalaciones auxiliares y sala de máquinas puede darse en

(83) (dol (CIF) 130000

Admitiendo un recargo de 100% para tener en cuenta el valor doméstico de la divisa (en el caso de que el motor se haga en el país) y con el dólar a 225 \$ dol⁻¹, se tiene costo del motor y su equipo

(93) $\cdot 200\% \cdot 225 \text{ \$ dol}^{-1} =$

(84) M\$ 58,5

Transporte e instalación, como para la planta a vapor = (42) =

(85) " 0,7

Tanques de almacenaje de combustible y equipo de abastecimiento de combustible diesel oil

(86) " 0,3

Total de inversiones = (84) + (85) + (86) = (86)

" 59,5

5.2 Cargas operativas

5.2.1 Personal

Calculado como para el caso de la máquina de vapor, pero con 20% de recargo por exigirse mejor capacitación.

$$= (52) \cdot 1.2 =$$

$$(87) \text{ M\$ mes}^{-1} \quad 1,086 \checkmark$$

5.2.2 Combustible

Consumo específico del motor en el árbol a media carga = $160 \checkmark \text{ g/HP h}$.

Consumo mensual a carga promedio de 500 HP = $720 \text{ h mes}^{-1} \cdot 0,16 \text{ kg HP}^{-1} \text{ h}^{-1}$

$$\cdot 500 \text{ HP} =$$

$$(88) \text{ kg mes}^{-1} \quad 57600 \checkmark$$

El costo del combustible se ha evaluado conforme al precio previsto para el futuro en el estudio efectuado para Y.C.F (Ref (1)), donde hay una completa discusión. (Ver Apéndice A1)

$$(89) \text{ \$ kg}^{-1} \quad 90$$

Gasto por combustibles =

$$(88) \cdot (89) =$$

$$(90) \text{ M\$ mes}^{-1} \quad 5,18$$

5.2.3 Aceite y otros

Consumo de aceite = 1,8% de combust. (91) kg h^{-1}

$$1037$$

Gasto por aceite = $250 \text{ \$ kg}^{-1} \cdot (91) =$

$$(92) \text{ M\$ mes}^{-1} \quad 0,26$$

Otros gastos, estimados

(93) M\$ mes⁻¹ 0,5

5.2.4 Dirección central.

Costos para la planta a vapor.

(94) " 0,3

5.2.5 Financieras.

Tomando como para la magnitud de vapor con factor de recuperación del capital de $\approx 0,17$, los costos financieros son

$0,17 \text{ año}^{-1} \cdot (861) \div 12 \text{ mes año}^{-1}$

(95) " 0,84

5.2.6 Mantenimiento, doble fue
para la central a vapor.

$2 \cdot (71) =$

(96) " 0,94

5.2.6 Resumen del total de gastos de operacion.

Personal = (87) =	(97)	"	1,086 ✓
Dirección central = (94) =	(98)	"	0,3 ✓
Combustible = (90) =	(99)	"	5,18 ✓
Subicantes = (92) =	(100)	"	0,26 ✓
Otros materiales, etc (93) =	(101)	"	0,5 ✓
Mantenimiento = (96) =	(102)	"	0,14 ✓
Financieras = (95) =	(103)	"	0,54 ✓
Total cargas operativas mensuales para un factor de carga de 50% $\Sigma = (97) \text{ a } (103) =$	(104)	"	8,306

Se ve que el gasto mensual está dominado por el rubro combustible para el que cabe hacer un análisis de sensibilidad.

G. Recapitulación comparativa de inversiones y gastos de operación

Tipo de máquina	(110)	-	Vapor	Residuos	Diesel
Cantidad de unidades	(111)	-	1	10	10
Inversiones en \$ 1976 (Sept) referidas a una máquina = (44) y (86,1) = (112)		M\$	25,03	12,02	59,5
Cargas operativas mensuales, referidas a 1 máquina trabajando al 50% de carga = (82,1) y (104) = (113)		M\$ mes ⁻¹	2,175	1,759	8,306

7. Análisis de sensibilidad de los gastos.

El rubro más importante en el caso de la máquina diesel es el de combustible. Tomando hipótesis favorables de 25% de factor de carga y mínimos costo computable de 40 \$ litro⁻¹ = 44 \$ kg⁻¹ (Apendice A1), el gasto operativo mensual viene a ser 4,392 M\$ mes⁻¹, valor significativamente diferente del de 1,759 M\$ mes⁻¹ a pesar de que la planta de vapor trabaja con doble carga.

En las inversiones, un error de 100% en el costo de la máquina de vapor llevaría las mismas a 50,06 M\$, valor inferior al de 59,5 M\$ computados para la solución diesel, aún cuando ---|||

III... se trata de una sola máquina construida.

8. Conclusiones.

Dentro del objeto perseguido en el presente informe, la planilla resumen indicada en el punto 6 muestra que las inversiones son menores por mitad de las que corresponderían a una planta diesel equivalente y que los gastos totales mensuales de operación, financieras incluidas son una quinta parte (o una tercera) si se suponen condiciones muy improbablemente favorables para la alternativa "motor diesel". Ello se debe a la gran influencia del combustible cuyo costo se prevé crecerá rápidamente (Apéndice A2) duplicándose para 1980.

Un 100% de incremento sobre el costo calculado para la fabricación de una máquina de vapor lleva la inversión inicial a 4 M\$ Sept. 1973, cifra que se recupera en un año de explotación, lo que define la rentabilidad del esquema.

A1 Apendice.

Precio del diesel oil.

E. PORTA, en el estudio titulado "Bases de los estudios económicos relativos a la elección del tipo de tracción para el ferrocarril Rio Turbio, Parte A: Precio actual y futuro del diesel oil" que integra la Ref (1), propone el valor de 2.40 \$₁₉₇₃ /litro como cifra de mínima, con el dólar a 15 \$/dól en 1973 (id., parte C, "Elección del tipo de cambio"). Como valor de máxima da la cifra de 7.40 \$/litro. Dado que los presentes cálculos han sido efectuados en \$ de Septiembre de 1976, con el dólar a 250 \$, las cifras resultan respectivamente 40 y 118 \$.

La incertidumbre resulta de la dificultad en pronosticar los precios de los productos petroleros en el futuro de 15 años que la solución "diesel" consumirá. El valor de 80 \$/litro parece razonable y el análisis de sensibilidad mostrará la necesidad de un cómputo más preciso. (±)

Fundamentalmente, cabe decir que la era del petróleo barato ha terminado, como que su escasez ya es visualizada en contornos dramáticos a corto plazo (Ref (2) y Apendice A2.

(*) Por kg sería $\approx 90 \text{ $ kg}^{-1}$

A2. Apendice

Del diario "El Universal", de Caracas, 24-IX-76

(CARACAS, VENEZUELA)

EL UNIVERSAL—Viernes 24 de Septiembre de 1976

México

Visión Apocalíptica de la Crisis de Energía en 1985 Expusieron a Expertos Petroleros

MEXICO, D. F. 23 (AP).—Una visión casi apocalíptica de la crisis de energía que vivirá el mundo a partir de 1985, fue presentada ante mil expertos en petróleo por el investigador norteamericano John J. McKetta.

"El precio del petróleo se duplicará antes de cuatro años (de 12.50 a 25.00 dólares por barril) y después de 1980, pocos países estarán dispuestos a vender sus reservas a otros", dijo McKetta, profesor de ingeniería química de la Universidad de Texas con 30 años en investigación petrolera.

Dijo que los Estados Unidos y los demás países industriales serán los que sufrirán más duro la crisis si no se desarrollan inmediatamente nuevas

fuentes de energía, lo que desde su punto de vista parece difícil, por la falta de interés que han mostrado los políticos.

McKetta acusó al Congreso norteamericano de estar manejando "inepta y pasivamente" la crisis energética y pidió a los asistentes a la 31 conferencia anual de Ingeniería Mecánica Petrolera que se celebra aquí norteamericanos en su mayoría, correr del Congreso a todos los senadores y diputados "que están jugando al fútbol político con este problema".

Dijo que más del 40 por ciento de petróleo que consumió Estados Unidos en 1975 fue importado y "este año estamos importando al mismo ritmo". Estimó el costo de las importaciones petroleras en 29.000 millones

de dólares, mientras que en 1973, ese gasto sólo sumó 7.500 millones.

McKetta dijo que las reservas comprobadas de petróleo en los Estados Unidos son suficientes sólo para 5.4 años. Sin embargo, agregó, los políticos no parecen preocupados porque algunos científicos dicen que podría haber "un potencial no descubierto" de 104.000 millones de barriles, suficientes para 17.5 años.

"Si uno actuara con ese principio", dijo, "yo habría mandado a mi hijo, que es un millonario potencia a pedir a cualquier banco un anticipo de 100.000 dólares", dijo con ironía.

LAS PLANTAS COMO FUENTE DE ENERGIA

Hace sólo cien años, la leña proveía más de la mitad de la energía utilizada en Estados Unidos. Ese material está siendo ahora reconsiderado como un medio, tal vez el más barato, de captar la energía solar. La Energy Research and Development Administration (ERDA) de los Estados Unidos (Administración para la Investigación y el Desarrollo de la Energía) ha suscripto recientemente varios importantes contratos para el estudio de los sistemas de energía basados en la biomasa, que podría ser de árboles, pastos u otros cultivos producidos en las "plantaciones energéticas" a utilizarse como fuente de energía eléctrica o de combustibles sintéticos. Algunas estimaciones razonables muestran que las calorías provenientes de la celulosa vegetal podrían ser, en algunas zonas de Estados Unidos, competitivas con el carbón de bajo azufre y mucho más baratas que el petróleo en cualquier parte del país. Por ejemplo, la Green Mountain Power Company de Burlington, Vt., que ahora paga más de u\$s 45 por tonelada de carbón de bajo azufre, está considerando seriamente el utilizar como combustible, para una nueva generación de usinas eléctricas, chips de madera obtenidos mediante la poda y raleo sistemáticos de los bosques existentes.

Quienes propician las "plantaciones energéticas" confían en que, a menos que se produzcan imprevistas reducciones en el costo de los sistemas de captación de energía solar (que dependen de células de estado sólido, paneles térmicos o espejos orientables), el proceso natural de fotosíntesis ofrece por lejos el más simple y más barato modo de atrapar energía solar en gran escala. Una gran ventaja de las plantaciones energéticas sobre esos sistemas artificiales consiste en que la energía solar puede ser simultáneamente captada y almacenada. Se estima que un sistema de

captación compuesto por una caldera y un espejo móvil (tal vez el más barato de los métodos técnicos propuestos) requeriría una inversión calculada groseramente en u\$s 2.500 por kw instalado. La inversión de capital en equipo y material inicialmente necesarios para una plantación de energía, se ha estimado, no superaría los u\$s 150 por kw, suponiendo que la tierra fuera alquilada a una tasa que produjera a su dueño un retorno de 10% anual. A esto habría que agregar tal vez otros u\$s 750 por kw por la propia planta motriz, (Una planta motriz nuclear costaría de 15 a 20% más).

Dos clases generales de cultivos se consideran adecuados para las plantaciones de energía: los pastos de verano (pasto de Bermuda y Sudan-grass) y ciertos árboles deciduos tales como el álamo, el eucaliptus, el aliso, el agodonero y el sicomoro. El cultivo ideal sería el de una planta de tipo perenne que se reprodujera por gajos (ya que la semilla requiere una costosa recolección y sembrado), que crezca inicialmente con rapidez y que rebrote vigorosamente después de la poda. Los pastos de verano, incluyendo la caña de azúcar y el sorgo, pueden ser preferibles a los árboles en los estados de la costa del Golfo de Méjico, donde la lluvia es abundante. Más al norte los árboles podrían proveer rendimientos más altos. Los pastos serían cosechados cada pocas semanas. Los árboles deberían plantarse con una separación de varios decímetros (hasta 25.000 por hectárea) y serían cosechados cada tres o cuatro años, en un plan rotativo continuo. Los tocones habrán de brotar varias veces antes de que sea necesario reforestar.

Rendimientos considerados como realistas, ya sea para los pastos de verano o árboles, se calculan en 15 a 25 toneladas de materia seca por hectárea y por año, lo que corresponde a la captación y conversión de 0,6 a 0,8 % de la energía solar incidente. (Las estimaciones más optimistas barajan cifras dos o tres veces mayores). La eficiencia de conversión típica de los bosques salvajes es 0,1 a 0,2 % y la de los árboles criados en

plantaciones de madera para pulpa es de alrededor del 0,3%. Cada hectárea de una plantación de energía debería proveer combustible suficiente para 5 kw de la capacidad generadora instalada. Así una planta motriz de 500 megawatts consumiría la producción de 100.000 hectáreas, o alrededor de 1000 km². (*) Se calcula que en Estados Unidos hay entre 30 y 40 millones de hectáreas actualmente poco aprovechadas e inadecuadas para la producción de alimentos o fibras; las que podrían ser convertidas en plantaciones para producir energía. La cosecha potencial de biomasa de 40 millones de hectáreas proveería suficiente combustible para 200.000 megawatts de capacidad de generación de energía, equivalente a cerca del 40% de la capacidad instalada actualmente en el país (EE.UU.). Alternativamente, dependiendo de su economicidad, la biomasa proveniente de las plantaciones de energía podría ser convertida en combustibles sintéticos, sean líquidos o gaseosos.

(*) N. del T. : es decir, un círculo de diámetro de 35 km.

AA Referencias

- (1) INTI, Oto de Termodinámica: "Elección del tipo de tracción para el plan de producción de 3 MT/año. Ferrocarril Rio Turbio". Junio de 1975. (Estudio para YCF).
-
- (2) "Planeamiento a largo plazo y crisis energética" (en inglés). Railway Gazette International, Dec. 1973. p. 453
-