

# REVISTA ENERGETICA

6/83

Noviembre - Diciembre/83  
November - December/83



Organización Latinoamericana de Energía  
Latin American Energy Organization

EL POTENCIAL DE LAS ENERGIAS NUEVAS Y RENOVABLES EN EL ABASTECIMIENTO ENERGETICO EN AMERICA LATINA **olade** THE POTENTIAL OF NEW AND RENEWABLE ENERGY SOURCES IN LATIN AMERICA'S ENERGY SUPPLY **olade** USO RACIONAL DE ENERGIA EN LA INDUSTRIA TEXTIL "LA EXPERIENCIA DE COLOMBIA" **olade** RATIONAL USE OF ENERGY IN THE TEXTILES INDUSTRY: THE COLOMBIAN EXPERIENCE" **olade** MARCO LEGAL PARA LA EXPLOTACION UNIFICADA DE YACIMIENTOS PETROLIFEROS A NIVEL NACIONAL E INTERNACIONAL **olade** THE LEGAL FRAMEWORK FOR UNITIZATION OF PETROLEUM DEPOSITS AT THE NATIONAL AND INTERNATIONAL LEVELS **olade** USO RACIONAL DE LA ENERGIA EN LA PRODUCCION DE ELECTRICIDAD "LA EXPERIENCIA DE EL SALVADOR" **olade** RATIONAL USE OF ENERGY IN ELECTRICITY PRODUCTION: THE EXPERIENCE OF EL SALVADOR **olade** LA BIOENERGIA EN EL BALANCE ENERGETICO DE AMERICA LATINA **olade** BIOENERGY IN THE ENERGY BALANCE OF LATIN AMERICA **olade** RACIONALIZACION EN EL CONSUMO DE ENERGIA EN LA REFINERIA DE ZINC DE CAJAMARQUILLA **olade** RATIONALIZATION OF ENERGY CONSUMPTION IN MINERO PERU'S CAJAMARQUILLA ZINC REFINERY.

# RACIONALIZACION EN EL CONSUMO DE ENERGIA EN LA REFINERIA DE ZINC DE CAJAMARQUILLA

**César Fuentes L.**  
GERENTE DE LA REFINERIA DE ZINC  
MINERO PERU S.A.

## INTRODUCCION

La Refinería de Zinc está ubicada al 29 km. al NE de Lima, a una altitud de 450 metros, en el distrito de Lurigancho, del Departamento de Lima. Esta planta inició sus operaciones en marzo de 1981 habiendo sido recibida por MINERO PERU S.A. el 10 de agosto de 1981, del contratista que tuvo a su cargo la construcción, después de verificar el cumplimiento de la capacidad de planta y calidad de productos señalados en el contrato de obra. Desde esta última fecha la Refinería viene siendo operada exclusivamente por técnicos de MINERO PERU S.A.

Anualmente se procesan 220,000 toneladas de concentrados de zinc de 52% de zinc que provienen de la Sierra Central del Perú. Como resultado de este tratamiento se obtienen 100,000 tm de zinc refinado por año y como sub-productos 160,000 tm de ácido sulfúrico, 330 tm de cadmio refinado, 1,200 tm de residuos de cobre y 12,000 tm de residuos de plomo-plata.

## 1. PROCESO METALURGICO

El proceso metalúrgico consta de tres etapas principales que son las siguientes:

### — TOSTACION Y ACIDO SULFURICO

Los concentrados de zinc recepcionados son sometidos a un proceso de tostación a 930°C con aire y sin adición de calor externo, ya que la transformación de sulfuros-óxidos generan ca-

lor, el cual sirve para generar vapor para ser utilizado en la producción de energía eléctrica y energía calorífica en las diferentes operaciones metalúrgicas.

Los productos de tostación son:

**CALCINA:** Es el producto tostado compuesto principalmente por óxido de zinc y óxidos de las impurezas que acompañan a este metal.

**GASES SULFUROSOS:** Compuestos principalmente por anhídrido sulfuroso y otros gases como nitrógeno y oxígeno, son sometidos a un proceso de limpieza, secado y utilizados en la fabricación de ácido sulfúrico. Los gases residuales son elevados mediante una chimenea cuyo punto de descarga está a 690 msm.

**VAPOR:** Se produce entre 26 y 30 t/h de vapor a 40 atmósferas de presión, que se emplean en un turbo-alternador para la generación de 2,200 kW. El vapor que sale de esta turbina tiene 4 atm. de presión y es utilizado en los diferentes procesos.

### — LIXIVIACION Y PURIFICACION

La lixiviación se realiza en forma continua y en varias etapas; el objetivo es disolver la mayor cantidad posible de zinc contenido en la calcina utilizando vapor a 95° de temperatura. En el proceso de lixiviación se separa plomo y plata y en otro residuo elimina el Fe en forma de un compuesto químico denominado Jarosita.

Adicionando polvo de zinc se purifica la solución de sulfato de zinc eliminándose los contenidos de Cu, Cd, Ni, Co y otras impurezas, quedando finalmente una solución purificada de sulfato de zinc.

#### — ELECTRODEPOSICION Y FUSION

Para la electrodeposición se utiliza la solución de sulfato de zinc purificada, la cual por el pago de la corriente eléctrica en las celdas electrolíticas se logra la deposición del zinc en los cátodos y la regeneración del ácido sulfúrico que va a ser reutilizado en la etapa de lixiviación. Las planchas de zinc que se producen son fundidas en un horno eléctrico y moldeadas en tres diversas formas comerciales de acuerdo a los requerimientos del mercado.

## 2. SISTEMA ENERGETICO DE LA REFINERIA DE ZINC.

En el sistema energético de la Refinería de Zinc se utilizan los siguientes tipos de energía:

- a) Energía eléctrica hidráulica.
- b) Energía eléctrica térmica a vapor.
- c) Energía eléctrica petróleo diesel oil N° 2.
- a) ENERGIA ELECTRICA HIDRAULICA

El sistema eléctrico de la refinería es alimentado mediante el sistema interconectado a ELECTROLIMA, teniendo una potencia instalada de 81 MVA, mediante la conexión de tres (03) transformadores monofásicos de 27 MVA cada uno de 220/30 kV.

El sistema de distribución se efectúa en 30 kV, alimentando cuatro (04) transformadores de 12.5 MW de potencia y que sirve para la alimentación del sistema de Electrólisis a una tensión máxima de 446 voltios continuos y 56,000 amperios, trabajando dos (02) grupos en paralelo. Así mismo, se alimenta a esta tensión a un horno de inducción de 2.5 MW de

potencia y dos (02) transformadores de 12.5 MVA de 30/4.16 kV en 4.16 kV se alimentan 15 motores de diferentes potencias así como transformadores de 4.16/0.44 para la alimentación de motores de menor potencia, el sistema de alumbrado se realiza a una tensión de 220 voltios y el control a 110 voltios.

La potencia contratada a ELECTROLIMA es de 60,000 kW, siendo el consumo promedio mensual de energía de 35'000,000 kWh, 15'000,000 KVARh, trabajando con un factor de potencia de 0.91.

La refinería tiene la particularidad de trabajar con una carga estable durante las 24 horas del día, o variándola de acuerdo a las necesidades limitativas de potencia, ésto hace que el factor de carga sea elevado y se mantenga en 0.89.

#### b) ENERGIA ELECTRICA TERMICA A VAPOR

Durante la operación normal de la planta, en la etapa de tostación del concentrado, se aprovecha el calor de los gases del horno mediante una caldera de recuperación marca LAMONT para producir vapor sobrecalentado la caldera es tipo acuatubular de una capacidad nominal de 30 TM/h y una presión de 40 bar, la temperatura del vapor es de 350°C.

Con este vapor se genera electricidad mediante un turbogenerador ACEC, de una potencia de 2170 kw, tensión de salida de 4160 V el cual es sincronizado a la red.

Adicionalmente a esta caldera y para efectos de emergencia se tienen dos calderas adicionales de las siguientes características:

#### CALDERAS DE FUEGO DIRECTO

Marca:	Menaeyer - Willebruck
Combustible usado:	Diesel Oil N° 2
Tipo:	Acuatubulares
Control de combustión	Automático

Capacidad: 33 TM/h, 13 TM/h  
 Presión: 10 bar, 10 bar.  
 Temperatura de gases. 250° C, 270° C.

c) ENERGIA ELECTRICA - PETROLEO DIESEL OIL N° 2

En casos de emergencia y cuando existen cortes de energía eléctrica por parte de ELECTROLIMA, automáticamente entra a funcionar el sistema de socorro, el cual genera electricidad por medio de un grupo diesel de las siguientes características:

fabricado por: Cockerill / ACEC  
 Potencia: 3121 KVA  
 Factor de potencia: 0.8  
 Combustible usado Diesel Oil N° 2  
 Tensión de servicio: 4,160 voltios.

**3. CONSUMO ESPECIFICO DE ENERGIA - 1982**

Producción (barras de zinc)	92,147	TM
Consumo de energía:		
Electricidad	354,697.6	MWh
Diesel Oil N° 2	2,343.4	TEP
Gas líquido (0.25 gl/TM Zn ref.)	48.7	
<b>TOTAL COMBUSTIBLE</b>	<b>2,392.1</b>	<b>TEP (+)</b>

1 TEP = 10<sup>7</sup> kal (Tonelada de Petróleo Equivalente).

CONSUMO ESPECIFICO DE ELECTRICIDAD

CEE<sub>el</sub> = 3,849 kWh/TM de Zn. refinado.

COMBUSTIBLE.

CEE<sub>térmico</sub> = 260 K cal/kg. Zn refinado.

**4. RACIONALIZACION ENERGIA ELECTRICA**

Durante el primero año, las operaciones de la planta se efectuaron con el criterio de obtener el máximo provecho a la tarifa eléctrica que se tenía establecida, la cual estaba estructurada en tres factores que representaban aproximadamente 70% por energía activa, 17% por energía reactiva y 13%

por máxima demanda. Dentro de estas características el consumo de la planta fue lo más uniforme posible durante las 24 horas del día, planteándose de inmediato la necesidad de eliminar la energía reactiva, proyecto que está actualmente en implementación.

En 1982 se inició con ELECTROLIMA la negociación de una nueva tarifa que logró concretarse a partir de mayo de ese año en los términos que se indican. En esta negociación se observó que el consumo de Cajamarquilla podría adecuarse a las características del consumo de ELECTROLIMA, donde la mayor demanda de electricidad se produce entre las 18:00 a 22:00 horas. En tal sentido, la Refinería podría trabajar con 40,000 kW de potencia en las horas de punta y eliminar la energía reactiva el 1° de enero de 1984 como plazo máximo, proposición aceptada por ELECTROLIMA que originó tener una tarifa que fue estructurada sin que condicionara alentar menor consumo de los 40,000 kW señalados en las horas de punta. La Refinería tuvo mucho cuidado en optimizar la rentabilidad por el mejor uso de la corriente eléctrica, determinando usar lo máximo permisible.

La tarifa establecida para un año se cumplió el 30 de abril de 1983, por lo que Cajamarquilla a través de MINERO PERU ha hecho llegar a las autoridades pertinentes su punto de vista respecto a bajar el consumo de energía eléctrica en las horas de punta hasta 20,000 kW siempre que la menor utilidad como consecuencia de una menor producción se comparase con una disminución efectiva en la tarifa en no menos del 10%.

La aplicación de la tarifa que acaba de expirar ha representado una menor facturación con respecto a la primera tarifa de US\$ 7'000,000 por año, pese a que esta tarifa fijada por ELECTROLIMA en dólares ha asignado un permanente reajuste y no en soles, como se establece para el resto de los usuarios, a los cuales se les reajusta periódicamente, lo que no alcanza a equilibrar la devaluación del sol con respecto al dólar norte americano.

## SISTEMA TARIFARIO

Mediante acuerdo especial con ELECTROLIMA se llegó a aplicar el siguiente sistema tarifario:

### a) ETAPA SECA

Que comprende los meses de mayo a noviembre (07 meses).

### b) ETAPA HUMEDA

Que comprende los meses de diciembre a abril (05 meses).

En cada una de estas etapas la energía activa se diferencia en dos períodos, y son:

— HORA DE PUNTA. Comprendido entre las 18:00 a 22:00 horas, en la cual la Refinería está autorizada a consumir 40,000 kW como máximo y es el precio más elevado que se paga por kWh- consumido. El consumo de energía para las horas de punta es aproximadamente 5'000,000 kWh/mes.

— HORA DE NO PUNTA. Comprendido entre las 22:00 a 18:00 horas, en la cual la Refinería está autorizada a consumir 60,000 kW como máximo.

Para cada una de estas etapas la energía activa tiene una tarifa, siendo aproximadamente el doble en las horas de punta.

Con respecto a la energía reactiva se tiene una tarifa transitoria, la cual está supeditada a la eliminación de la energía reactiva que debe efectuarse en el presente año, cubriendo con una tarifa baja la energía reactiva que se consumirá con un factor de potencia 0.98 y el resto con otra tarifa mucho más elevada.

En octubre del presente año se eliminará la energía reactiva con la instalación de un Banco de Condensadores de 25 MVAR y un motor síncrono de 2 MVAR, llegando a un factor de potencia de 1.0.

Asimismo, se viene efectuando un estudio de eficiencia en el sistema eléctrico, trabajando a plena carga los motores y aprovechando al máximo la capacidad de los transformadores, así como haciendo un chequeo continuo sobre el sistema de aislamiento.

La máxima demanda se calcula en base al consumo de horas de punta. Las tarifas bases para cada una de estas etapas se recalculan mensualmente de acuerdo al tipo de cambio del dólar norte americano, teniendo un promedio anual de costo de la energía de 3.6 US\$/kWh, incluyendo el 25% de impuestos.

## 5. RACIONALIZACION CONSUMO DE PETROLEO.

La empresa que construyó la Refinería de Zinc tuvo a su cargo también su puesta en marcha y la entregó a MINERO PERU operando satisfactoriamente con una recuperación de zinc aproximada de 94%, pero para ello requería utilizar -en la etapa de lixiviación, vapor adicional al que generaba la planta de tostación- alrededor de 6 t/h de vapor en exceso, que se obtenían operando a 50% de capacidad de La caldera Willebruk, lo que significaba un consumo de petróleo del orden de 60,000 galones por mes.

Con el objeto de estudiar la economía de petróleo se efectuaron diversas pruebas a nivel de planta y un estudio estadístico respecto a los parámetros de operación y recuperación de zinc, concluyéndose con la menor recuperación estimada en la lixiviación -como consecuencia de eliminar el vapor adicional- sería inferior al 1% de la recuperación total. Como efecto colateral favorable se preveía disminuir la disolución de sílice que causa dificultades operativas en este tipo de industrias.

Dentro de este contexto de bajar el consumo de petróleo se hicieron los ajustes siguientes:

a) Operar la planta de tostación en forma uniforme manteniendo una relación mínima de 2.3 entre el concentrado tratado y las barras de zinc producidas.

- b) No utilizar vapor adicional ni aún para paradas de la planta de tostación menores de ocho horas.

Como resultado final se ha encontrado que la menor recuperación de zinc en la lixiviación ha afectado a la recuperación total en menos de 0,5%, aproximadamente; lo que representa una pérdida de alrededor de US\$ 13,000 por mes; sin embargo, el ahorro por el menor consumo de petróleo es de aproximadamente US\$ 48,000 por mes.

# RATIONALIZATION OF ENERGY CONSUMPTION IN MINERO PERU'S CAJAMARQUILLA ZINC REFINERY

**Cesar Fuentes L.**  
ZINC REFINERY MANAGER  
MINERO PERU S.A.

## INTRODUCTION

The zinc refinery is located 29 km NE of Lima at an altitude of 450 meters above sea level, in the District of Lurigancho, Department of Lima.

The plant started up in March 1981, having been taken over by MINERO PERU from the contractor on August 10, after the plant's capacity and product quality had been thoroughly checked, according to contract. Since this last date, the Refinery has been operated exclusively by MINERO PERU S.A. staff.

The plant processes a yearly total of 220,000 tons of 52% zinc concentrates, which originate in the Central Sierra of Peru. As a result of processing, 100,000 tons of refined zinc are obtained per year, along with the following sub-products: 160,000 tons of sulphuric acid, 330 tons of refined cadmium, 1,200 tons of copper residues and 12,000 tons of lead-silver residues.

## 1. METALLURGICAL PROCESS

This process consists of the following three main stages:

### — ROASTING AND SULPHURIC ACID.

The zinc concentrates that arrive are roasted at 930°C in the presence of air but without external heat being supplied, since the transformation of sulphides into oxides generates heat which is used for steam-rising and, afterwards, for electricity generation and process heating.

The roasted products are:

### CALCINE:

Mainly zinc oxide and the oxides of various other metals contained as ore impurities.

### GASES:

Mainly sulphur dioxide, but also oxygen and nitrogen, is purified, dried and then used in sulphuric acid manufacture. The residual gases are then released by a chimney whose discharge point reaches 690 meters above sea level.

### STEAM:

Between 26 and 30 tons/hour of 40-atmosphere steam are produced for the generation of 2,200 kW in a turbine-alternator. The steam leaving the turbine has a pressure of 4 atm. and is used for process heating.

### — LEACHING AND PURIFICATION

The leaching is carried out by applying 95°C steam to the calcine, continuously and in several stages, with the object of dissolving the largest possible amount of zinc.

During this process, lead and silver are separated from the zinc and iron is eliminated in the form of jarosite in a different residue.



The zinc sulphate solution is purified by adding zinc powder. The Cu, Cd, Ni, Co and other impurities are thereby eliminated.

#### — ELECTRODEPOSITION AND SMELTING

The pure zinc sulphate solution is used as the electrolyte. Upon the passage of electricity, the zinc is deposited on the cathodes and sulphuric acid is recovered, to be reused in the leaching process. The zinc sheets are then smelted in an electric furnace and cast in either of three commercial shapes, according to demand.

## 2. ENERGY SYSTEM OF THE ZINC REFINERY

The main energy forms used are:

- a) hydro - electricity
- b) steam - generated electricity
- c) diesel - generated electricity (using diesel oil N° 2 as fuel)

#### a) HYDRO - ELECTRICITY.

The plant's electric system is fed by ELECTROLIMA and has an installed capacity of 81 MVA, i.e. three monophase 27-MVA and 220/30-kV transformers.

The distribution system is at 30 kV and is connected to four transformer-rectifiers of 12.5 MW power, with the electrolysis system at a maximum of 446 V (DC) and 56,000 amp., where two units operate in parallel. Current is also fed at this voltage to an induction furnace with a power of 2.5 MW and also to two 12.5-MVA, 30/4.16-kV transformers. Current at 4.16 kV is then fed into 15 motors of different powers, as well as into 4.16/0.44-kV transformers for feeding of smaller motors. The lighting system is at 220 V and controls at 110 V.

The maximum power made available by ELECTROLIMA is 60,000 kW and the monthly average consumption is 35,000,000 kWh, 15,000,000 kVARh, with a power factor of 0.91.

The Refinery has the capacity to work with a stable load during the full 24 hours or to vary according to peak power limits. Thus, the load factor is high at 0.89.

#### b) STEAM - GENERATED ELECTRICITY.

During normal roasting plant operation, the waste heat of the furnace gases is recovered in LAMONT WH boilers for the production of super-heated steam. These are watertubes with a nominal capacity of 30 ton/h steam at 40 bar pressure and 350°C.

With this steam, electricity is generated in an ACEC turbogenerator with a power of 2170 KW, and exit voltage of 4,160 V which is synchronized with the grid.

In addition, two emergency boilers of the following characteristics are available.

#### DIRECTLY - FIRED BOILERS

Manufacturer:	Menaeyer - Willebruck
Fuel:	Diesel Oil N° 2
Type:	Watertube
Fuel Control:	Automatic
Capacity:	33 Ton/h and 13 Ton/h
Pressure:	10 bar, 10 bar
Fuel gases:	250° C, 270° C

#### c) DIESEL - GENERATED ELECTRICITY

During grid blackouts, the diesel engine and generator switch on automatically. This equipment has the following characteristics:

Manufacturer:	Cockerill/ACEC
Power:	3121 KVA
Power Factor:	0.8
Fuel:	Diesel Oil N° 2
Voltage:	4,160 V



### 3. SPECIFIC ENERGY CONSUMPTION: 1982

Production of zinc bars	92,147 MT
Energy consumption:	
Electricity	354,697.6 MWh
Diesel Oil N° 2	2.343.4 TOE
LPG (0.25 gal/MT fine Zn)	48.7 TOE
TOTAL FUEL	2,392.1 TOE

(1 TOE =  $10^7$  kcal)

#### SPECIFIC CONSUMPTION OF ELECTRICITY

$SEC_{el} = 3,849$  kWh/MT fine zinc.

#### FUELS

$SEC_{th} = 260$  kcal/kg fine zinc.

### 4. ELECTRICITY RATIONALIZATION

During the plant's first year of operation the aim has been to take the best advantage of the established electricity tariff, the structure of which was 70% for active energy, 17% for reactive energy and 13% for maximum demand. Given these rates, the plant's consumption was programmed to be as uniform as possible during the full 24 hours. The reduction of reactive energy was planned and this is now underway.

In 1982 negotiations regarding a new tariff with ELECTROLIMA were started with the following results as of May of that year: It was seen that Cajamarquilla's consumption could follow the load curve of ELECTROLIMA, where the peak occurs between 18:00 and 22:00 hours. It was therefore proposed that the Refinery operate at 40,000 kW during this period and also eliminate the reactive energy by January 1, 1984, in exchange for no extra charges being made during peak hours, a proposal that was accepted by ELECTROLIMA. The Refinery thus took steps to maximize profitability by the best possible use of electricity supply.

The yearly established tariff ended on April 30,

1983, for which reason MINERO PERU has expressed its points of view to the pertinent authorities with regard to lowering power demand to 20,000 kW during peak hours, on condition that the lower revenue obtained would be compensated by at least a 10% reduction in the effective rate.

The application of the tariff just expired has meant a bill lower by US\$ 7 million per year with respect to the original tariff, in spite of the fact that the former was fixed in US\$ and not in soles, as is the case for all other consumers.

#### TARIFF SYSTEM.

Under the agreement with ELECTROLIMA, the new tariff is as follows:

##### a) DRY PERIOD.

Comprising the 7 months between May and November.

##### b) WET PERIOD.

Comprising the 5 months running from December to April.

In each season, active energy is differentiated into two daily periods:

##### — PEAK.

Between 18:00 and 22:00 hours, during which the Refinery may demand up to 40,000 kW by paying the highest tariff. Peak energy consumption is about 5,000,000 kWh/month.

##### — BASE AND SHOULDER.

Comprising the hours 22:00 to 18:00, during which the Refinery may demand the full 60,000 kW.

The peak tariff (active energy) is about double the base and shoulder rates.

Regarding reactive energy, a transitional tariff was approved, subject to the elimination of this energy during the current year. A low rate would be charged for reactive energy with a power factor of 0.98 and a much higher rate for lower factors.

Reactive energy will be eliminated by October of this year by the installation of a 25 MVAR bank of condensers and a synchronous 1-MVAR motor.

A study on the efficiency of the plant's electric system is underway, which includes the operation of the motors at full load, using the transformers at maximum capacity and continuously checking the system's insulation.

Maximum demand is computed on the basis of peak load. The tariff is re-calculated monthly, according to the current US\$/sol exchange rate. The average annual cost per kWh (including 25% tax) is 3.6 USc.

## 5. RATIONALIZATION OF OIL CONSUMPTION .

The contractor that built the Refinery was also charged with start up, delivering the plant to MINE-RO PERU in fully operational conditions, where zinc recovery reaches 94%. However, for this, additional steam to that raised by the waste best boilers was required (some 6 t/h) made possible by a 50% capacity use of the Willebruck boiler, which entailed the use of some 60,000 gal/month.

Various tests were carried out with the view of saving oil and the conclusion was that the lower recovery of zinc by eliminating the additional steam would be less than 1%; and this would lead to a bonus side-effect of reducing silica dissolution, always a problem in zinc recovery.

Hence, the following adjustments have been made:

- a) Uniform operation of the roasting plant by maintaining a minimum ratio of 2.3 between concentrates and zinc bars.

- b) No use of extra steam, not even during roasting plant outage of less than 8 hours.

It has been found that the lower recovery of zinc in the leaching has affected total recovery by less than 0.5% or a monthly loss of US\$ 13,000. However, the fuel savings, are larger: US\$ 48,000 per month.