



UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL POLITÉCNICA  
“ANTONIO JOSÉ DE SUCRE”  
VICE-RECTORADO PUERTO ORDAZ  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
TRABAJO DE GRADO



**MODELO DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL  
PROCESO DE FABRICACIÓN DE PELLAS DE LA SIDERÚRGICA  
DEL ORINOCO  
“ALFREDO MANEIRO” SIDOR C.A.**



**Tutor Académico:** Ing. Msc. Jairo Pico

**Tutor Industrial:** Ing. Javier Velásquez

**Autora:**

Yorlianis Uray

**PUERTO ORDAZ, OCTUBRE 2015**

**DESCRIPCIÓN DE EMPRESA**

**INTRODUCCIÓN**

**PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

**OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

**MÉTODOLOGÍA**

**SITUACIÓN ACTUAL**

**ANALISIS Y RESULTADOS**

**CONCLUSIONES**

**RECOMENDACIONES**

# Descripción de la Empresa

La Siderúrgica del Orinoco “Alfredo Maneiro”, SIDOR C.A es un complejo Siderúrgico integrado, dedicado a procesar el mineral de hierro utilizando tecnologías de Reducción Directa y Hornos Eléctricos de Arco.

Los procesos de esta Siderúrgica se inician con la fabricación de Pellas y culminan con la entrega de productos finales Largos (Barras y Alambrón) y planos (Láminas en Caliente, Láminas en Frío y Recubiertos).

DESCRIPCIÓN DE EMPRESA

INTRODUCCIÓN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

MÉTODOLOGÍA

SITUACIÓN ACTUAL

ANÁLISIS Y RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES



## MISIÓN

Comercializar y fabricar productos de acero con altos niveles de productividad, calidad y sustentabilidad, abasteciendo prioritariamente al sector transformador nacional como base del desarrollo endógeno, con eficiencia productiva y talento humano altamente calificado, comprometido en la utilización racional de los recursos naturales disponibles.

## VISIÓN

Ser la empresa socialista siderúrgica del Estado venezolano, que prioriza el desarrollo del Mercado nacional con miras a los mercados del ALBA, andino, caribeño y del MERCOSUR, para la fabricación de productos de acero con alto valor agregado, alineada con los objetivos estratégicos de la Nación, a los fines de alcanzar la soberanía productiva y el desarrollo sustentable del país.

## Planta de Pellas

DESCRIPCIÓN DE EMPRESA

INTRODUCCIÓN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

MÉTODOLOGÍA

SITUACIÓN ACTUAL

ANÁLISIS Y RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

Está ubicada en la zona centro-occidental que abarca desde la recuperación del mineral de hierro como materia prima principal hasta la peletización y endurecimiento de las pellas y cuenta con una capacidad instalada de 8.000.000 ton/año.

La fabricación de pellas es el primer proceso en el ciclo productivo de SIDOR en el cual a partir de mineral de hierro, aditivos y aglomerante orgánico, se producen aglomerantes de forma esférica llamados pellas.



La Planta de Pellas comprende dos líneas de producción, y estructurada por tres áreas principales: Manejo de materiales, preparación y molienda y peletización, además cuenta con la subestación R5, la cual suministra energía eléctrica a todos los equipos de la Planta. Siendo estos de Alta (13,8 kv) media (4,16 kv) y baja tensión (460v, 480v).

Línea A



Fuera de servicio

Línea B



Operativa

# Gerencia de Ingeniería Industrial

DESCRIPCIÓN DE EMPRESA

INTRODUCCIÓN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

MÉTODOLOGÍA

SITUACIÓN ACTUAL

ANÁLISIS Y RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

La Gerencia de Ingeniería Industrial tienen la autoridad y son responsables de:

Asegurar la implementación, mantenimiento y mejoramiento del Sistema de Gestión de la Calidad en el ámbito de la Dirección

Desarrollar e implementar todas las acciones requeridas para alcanzar los Objetivos de la Calidad de Sidor y los específicos de su Proceso.

Asegurar el análisis y resolución de los problemas de calidad de su área, definiendo planes de actividades específicos.

Promover la mejora continua y las acciones preventivas

Implementar acciones tendentes a mejorar la participación de la empresa en el mercado siderúrgico.

Garantizar el establecimiento de los estándares en la utilización de los recursos, estudios de factibilidad de proyectos e inversiones.

Visualizar Comportamiento del mercado para fijar las estrategias Comerciales de la empresa.

DESCRIPCIÓN DE  
EMPRESA

INTRODUCCIÓN

PLANTEAMIENTO DEL  
PROBLEMA

OBJETIVOS DE LA  
INVESTIGACIÓN

MÉTODOLOGÍA

SITUACIÓN ACTUAL

ANÁLISIS Y RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

La energía eléctrica se ha convertido en un pilar fundamental para el desarrollo de la sociedad, y su disponibilidad y uso eficiente son una pieza clave para el éxito o fracaso de una empresa.

Así mismo, para el proceso de fabricación de pellas resulta tener la misma importancia, ya que se encarga de suministrar energía a las máquinas y equipos que mantienen la planta operativa, garantizando que el proceso de producción se realice de forma continua.

El consumo de energía eléctrica en la Planta de Pellas es de 6.8% de lo que consume en su totalidad la Siderúrgica del Orinoco "Alfredo Maneiro" (Sidor). Específicamente en el área de peletización, donde la carga en general está dada por motores de alta tensión (13.8 KV).

DESCRIPCIÓN DE EMPRESA

INTRODUCCIÓN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

MÉTODOLOGÍA

SITUACIÓN ACTUAL

ANÁLISIS Y RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

La resolución 77 publicada en la Gaceta Oficial 39.694 del Gobierno Nacional establece que todo órgano y ente venezolano se encuentra en el deber de controlar su consumo de energía eléctrica haciendo uso eficiente y racional de la misma a fin de lograr un mejor aprovechamiento de los recursos energéticos del país.

**En la actualidad, Venezuela es el país con mayor consumo de energía eléctrica por habitante en Latinoamérica, contando con una generación neta de 4.262 Kwh/hab.**

Para el año 2012 el consumo nacional se ubicó en 18.000 MW donde el 47.3% lo registran las industrias del país, siendo SIDOR un componente determinante, la cual reúne el 11% del consumo de energía eléctrica de Venezuela.

Consumo EE en Latinoamerica (Kwh/hab)



■ Consumo EE en Latinoamerica (Kwh/hab)

## *Planteamiento del problema*

DESCRIPCIÓN DE  
EMPRESA

INTRODUCCIÓN

PLANTEAMIENTO DEL  
PROBLEMA

OBJETIVOS DE LA  
INVESTIGACIÓN

MÉTODOLOGÍA

SITUACIÓN ACTUAL

ANÁLISIS Y RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

La Gerencia de Ingeniería Industrial ha observado que el valor real del consumo específico de energía eléctrica de la Planta de Pellas refleja desviación con respecto al valor estándar que establece el Departamento de Reducción, Aceración, Mantenimiento y Servicios generando costos de energía para la empresa. Dado que la Gerencia no cuenta con un programa o mecanismo que calcule el consumo real de la Planta no es posible comprobar que los valores del consumo que muestra el sistema son correctos.



Por esta razón surge la necesidad de diseñar un modelo matemático que permita calcular el consumo de energía eléctrica en la Planta de Pellas con el propósito de mejorar la eficiencia energética y de esta manera llevar un control que permita establecer métodos adecuados que conlleven a prolongar la vida útil de los motores y al mismo tiempo cooperar con el ahorro de energía eléctrica Nacional.

# OBJETIVOS

## Objetivo General

Diseñar un modelo de consumo de energía eléctrica en la Planta de Pellas

## Objetivos Específicos

1

• Diagnosticar la situación actual del consumo de energía eléctrica.

2

• Determinar las causas principales que generan la variación del consumo de energía durante el proceso de fabricación de pellas.

3

• Identificar las variables y especificar los equipos que consumen energía eléctrica.

4

• Establecer los lineamientos de un modelo matemático basado en el cálculo del consumo de energía eléctrica.

5

• Crear un plan de mejoras para controlar el consumo de energía.

DESCRIPCIÓN DE EMPRESA

INTRODUCCIÓN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

MÉTODOLOGÍA

SITUACIÓN ACTUAL

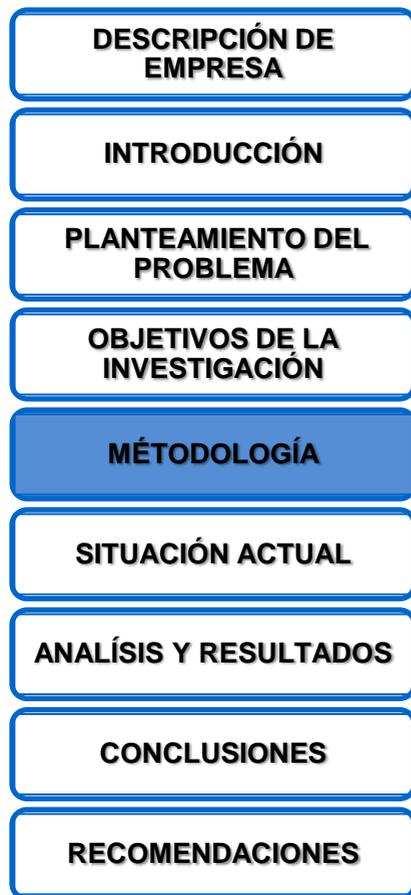
ANÁLISIS Y RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

- DESCRIPCIÓN DE EMPRESA
- INTRODUCCIÓN
- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA
- OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN
- MÉTODOLOGÍA**
- SITUACIÓN ACTUAL
- ANÁLISIS Y RESULTADOS
- CONCLUSIONES
- RECOMENDACIONES





POBLACIÓN

La población seleccionada para esta investigación está constituida por los equipos de la línea B que funcionan durante el proceso de producción de la Planta de Pellas desde la recepción del mineral de hierro hasta que se produce la pella quemada en el horno de piroconsolidación.

MUESTRA

Los equipos de alta (13,8 kv), mediana (4,16 kv) y baja tensión que conforman las áreas de manejo de materiales, preparación y molienda y peletización en la Planta de Pellas.

## *Comportamiento del consumo del consumo específico energía eléctrica (Kwh/t) en Planta de Pellas en el año 2014*

DESCRIPCIÓN DE EMPRESA

INTRODUCCIÓN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

MÉTODOLOGÍA

**SITUACIÓN ACTUAL**

RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

Teniendo en cuenta que el consumo específico es igual a:

$$\text{Consumo específico} = \frac{\text{Consumo de energía eléctrica mensual (Kwh/mes)}}{\text{Producción mensual (Ton/mes)}}$$

Se procedió a realizar la búsqueda de información en la Intranet de SIDOR, así como también en el sistema de GESTPELLAS perteneciente a la Gerencia de Ingeniería Industrial, con el objetivo de determinar el consumo específico real para el año 2014, estimando el porcentaje de desviación con respecto al consumo específico estándar.

## Comportamiento del consumo del consumo específico energía eléctrica (Kwh/t) en Planta de Pellas en el año 2014

DESCRIPCIÓN DE EMPRESA

INTRODUCCIÓN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

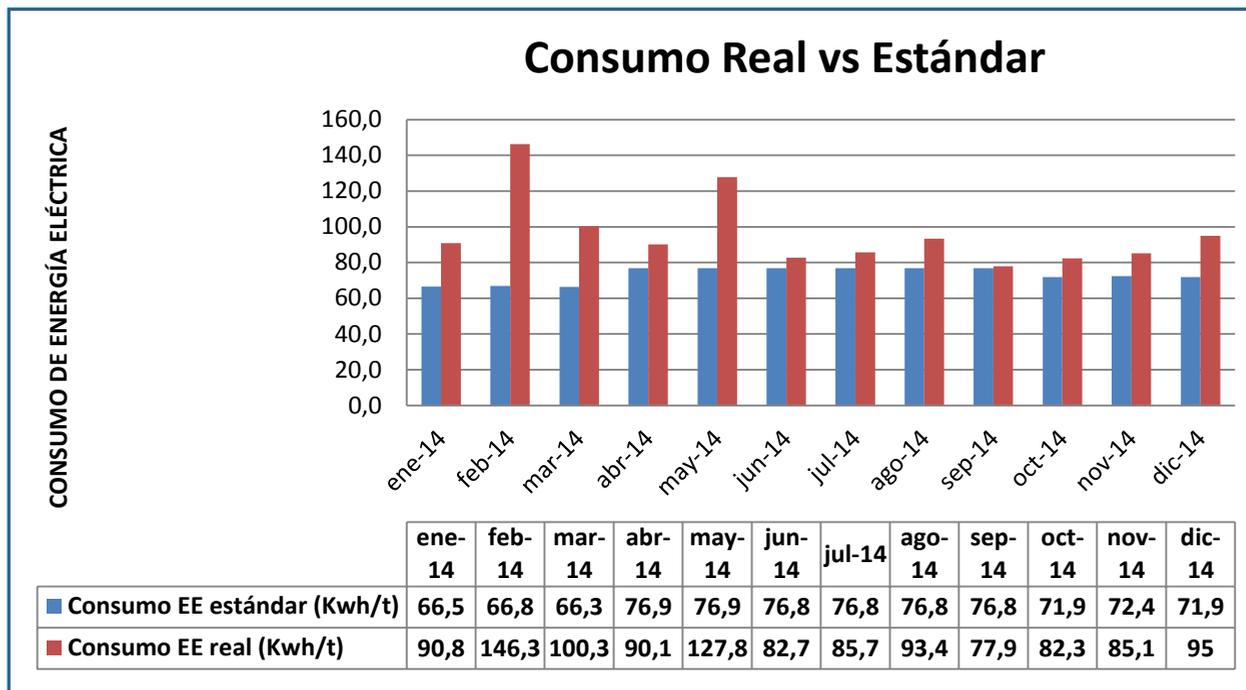
MÉTODOLOGÍA

**SITUACIÓN ACTUAL**

ANÁLISIS Y RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES



**Consumo EE estándar promedio: 73,1 kwh/t**

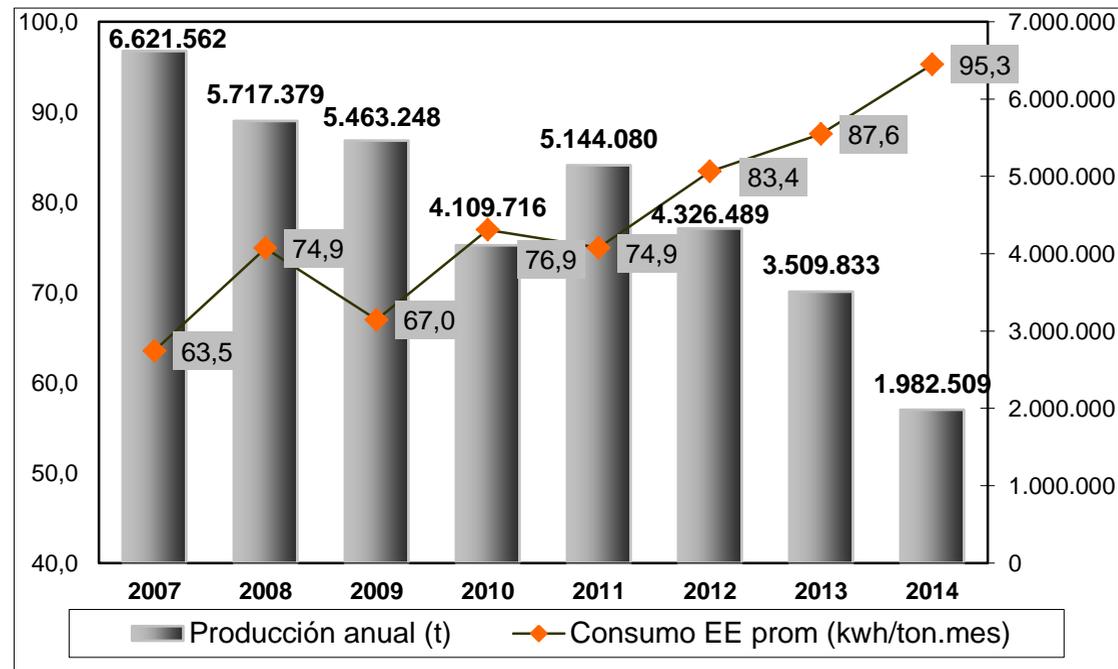
**Consumo EE real promedio: 96,45 kwh/t**

**Desviación del 24,2%**

# Evolutivo histórico producción vs consumo EE

Mediante la formula del consumo específico (Kwh/ton) se logró determinar que el consumo de energía depende directamente de la producción, esto fue comprobado mediante un evolutivo histórico de producción vs consumo EE partiendo desde el año 2007 considerando que fue el mejor año de producción de la Planta para culminar con el año 2014

- DESCRIPCIÓN DE EMPRESA
- INTRODUCCIÓN
- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA
- OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN
- MÉTODOLÓGÍA
- SITUACIÓN ACTUAL
- ANÁLISIS Y RESULTADOS
- CONCLUSIONES
- RECOMENDACIONES



**El en gráfico resumen es posible observar como la producción disminuyó un 70,05% desde el año 2007 hasta el 2014 mientras que el consumo de energía eléctrica aumento un 33,33%. Esto demuestra que a menor producción mayor consumo de energía eléctrica.**

DESCRIPCIÓN DE EMPRESA

INTRODUCCIÓN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

MÉTODOLOGÍA

**SITUACIÓN ACTUAL**

ANÁLISIS Y RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

En base a lo anterior se pudo determinar que el consumo de energía eléctrica en la Planta de Pellas se encuentra en un estado crítico ya que el valor del consumo real está muy por encima del valor estándar arrojando una diferencia del 24,2% para el año 2014.

También resulta importante destacar que al aumentar el consumo y disminuir la producción indica que la energía no se está utilizando de forma eficiente.

Siendo la empresa responsable de controlar su consumo resulta necesario actuar de manera inmediata ya que un elevado consumo de energía indica un bajo factor de potencia lo que trae como consecuencias sanciones por parte de la empresa de Corpoelec, elevados costos de energía y la disminución de la vida útil de los equipos.

Un consumo excesivo de energía eléctrica trae consecuencias desfavorables para el medio ambiente, la fauna y la vegetación, afectando la calidad de vida del ser humano, por esta razón resulta necesario identificar las causas que generan el elevado consumo y de esa forma poder establecer métodos adecuados para controlarlo.

# Causas de la variación del consumo de EE

Con la finalidad de determinar las causas más relevantes que generan la variación en el consumo de EE, se empleó la técnica de grupo efectuando encuestas no estructuradas al siguiente personal de la Planta:

- DESCRIPCIÓN DE EMPRESA
- INTRODUCCIÓN
- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA
- OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN
- MÉTODOLOGÍA
- SITUACIÓN ACTUAL**
- ANÁLISIS Y RESULTADOS
- CONCLUSIONES
- RECOMENDACIONES

PARTICIPANTE	N°	IDEA
<b>Jefe del Dpto. Operaciones de la Planta de Pellas</b>	1	Productividad
	2	Menor carga en horno
	3	Bajo ritmo de producción
	4	Operar bajo condiciones sub-estándar
<b>Jefe del Dpto. Energía Eléctrica de Planta de Pellas</b>	5	Vida útil de los equipos
	6	Falta de mantenimiento
	7	Aumento de corriente en los equipos
	8	Equipos operan bajo condiciones sub-estándar
<b>Analista de Planta de Pellas</b>	9	Litología de mineral de hierro
	10	Daños en ductos ventiladores
	11	Motores obsoletos
	12	Falta de equipos
	13	Falta de repuestos
	14	Mediciones erróneas
	15	% Alto de humedad
	16	Falta de prácticas operativas para el ahorro de
	17	Obstrucción de ductos de piroconsolidación
	18	Granulometría del material
<b>Ingeniero Eléctrico de manejo de materiales y Peletización</b>	19	Equipos operan sin productividad
	20	Falta de método para medir el consumo real
	21	Equipo de medición descalibrado
	22	Bajo factor de potencia
	23	Incorrecta utilización de equipos

DESCRIPCIÓN DE EMPRESA

INTRODUCCIÓN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

MÉTODOLOGÍA

SITUACIÓN ACTUAL

ANÁLISIS Y RESULTADOS

CONCLUSIONES

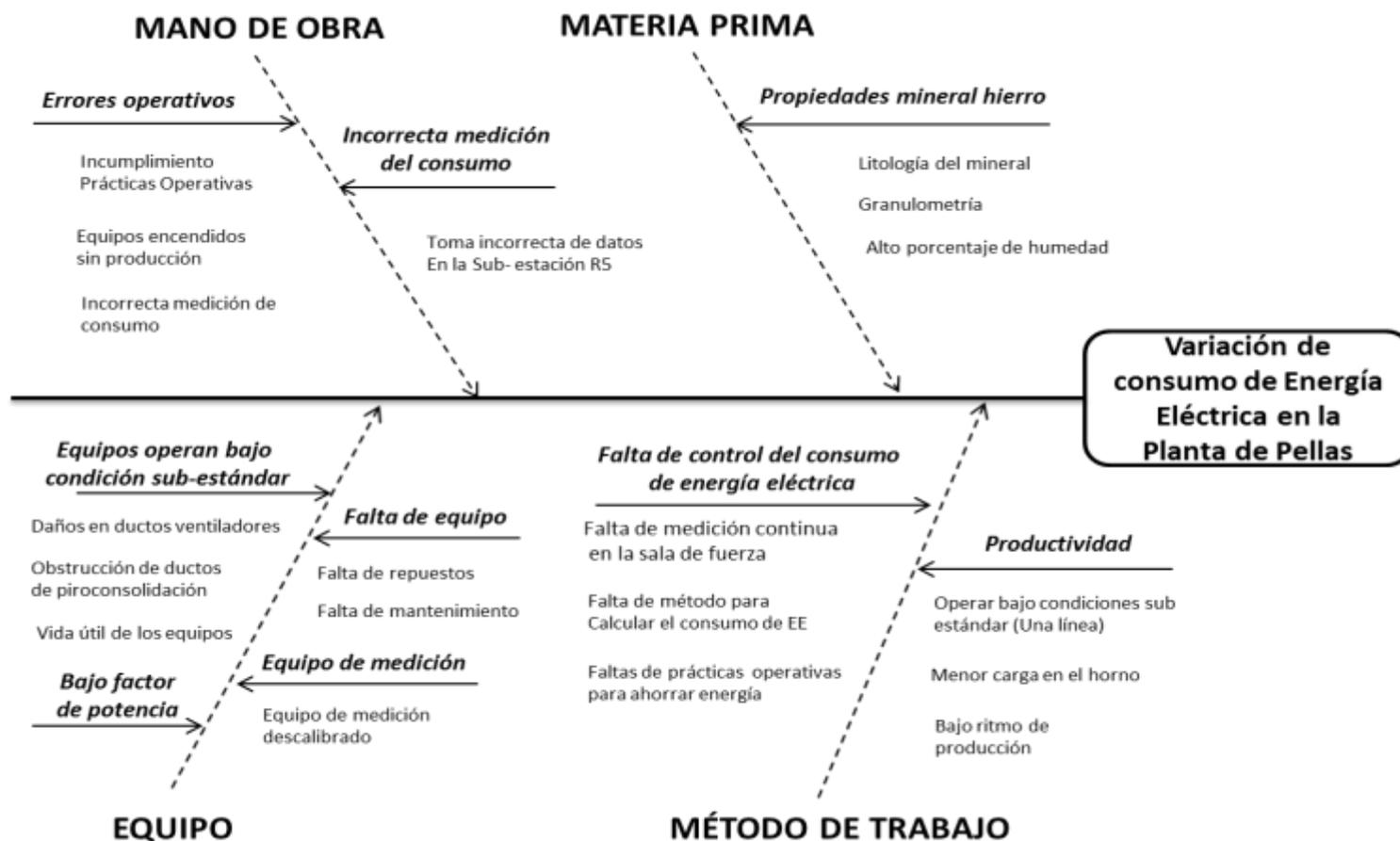
RECOMENDACIONES

Seguido, se procede a eliminar, fusionar o aclarar las ideas de la lista anterior, simplificándose a 10.

N°	IDEA
1	Propiedades del mineral de hierro
2	Incorrecta medición del consumo
3	Errores operativos
4	Productividad
5	Falta de control del consumo de energía eléctrica
6	Falta de equipo y repuestos
7	Equipo de medición descalibrado
8	Equipos operan bajo condiciones sub-estándar
9	Deficiente gestión de operación
10	Bajo factor de potencia

Luego, se organizaron las ideas resultantes en cuatro ramas principales del Diagrama causa- efecto con la finalidad de identificar las variables y posibles cuellos de botellas que traen como consecuencia la variación en el consumo de energía eléctrica en la Planta de Pellas:

- DESCRIPCIÓN DE EMPRESA
- INTRODUCCIÓN
- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA
- OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN
- MÉTODOLÓGÍA
- SITUACIÓN ACTUAL**
- ANÁLISIS Y RESULTADOS
- CONCLUSIONES
- RECOMENDACIONES



Del diagrama causa- efecto se identificaron las causas raíces y se evaluaron en una matriz de ponderación de causas de acuerdo con tres criterios importantes (Impacto, frecuencia y posibilidad de resolución), los cuales fueron establecidos por el personal entrevistado así como también se encargaron de asignar la ponderación a criterio.

## DESCRIPCIÓN DE EMPRESA

## INTRODUCCIÓN

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

## OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

## MÉTODOLÓGÍA

## SITUACIÓN ACTUAL

## ANÁLISIS Y RESULTADOS

## CONCLUSIONES

## RECOMENDACIONES

CRITERIOS		Impacto			Frecuencia			Posibilidad de resolución			TOTAL
		C	P	ST	C	P	ST	C	P	ST	
	<b>CAUSAS</b>	C	P	ST	C	P	ST	C	P	ST	
1	Litología del mineral	5	10	50	4	4	16	3	5	15	<b>81</b>
2	Granulometría	7	10	70	4	4	16	3	5	15	<b>101</b>
3	Alto porcentaje de humedad	5	10	50	4	4	16	3	5	15	<b>81</b>
4	Falta de prácticas operativas para ahorrar energía eléctrica	4	10	40	5	4	20	4	5	20	<b>80</b>
5	Equipos encendidos sin producción	7	10	70	5	4	20	4	5	20	<b>110</b>
6	Bajo factor de potencia	5	10	50	6	4	24	4	5	20	<b>94</b>
7	Bajo ritmo de producción	7	10	70	8	4	32	6	5	30	<b>132</b>
8	Operar bajo condiciones sub-estándar	8	10	80	5	4	20	6	5	30	<b>130</b>
9	Falta de medición continua en la sala de fuerza	6	10	60	6	4	24	6	5	30	<b>114</b>
10	Falta de método para calcular el consumo real de energía	6	10	60	7	4	28	8	5	40	<b>128</b>
11	Equipos de medición descalibrados	4	10	40	5	4	20	6	5	30	<b>90</b>
12	Fin de vida útil de los equipos	7	10	70	5	4	20	7	5	35	<b>125</b>
13	Falta de mantenimiento	8	10	80	6	4	24	5	5	25	<b>129</b>
14	Falta de repuestos	8	10	80	5	4	20	5	5	25	<b>125</b>

# Causas de la variación del consumo de EE

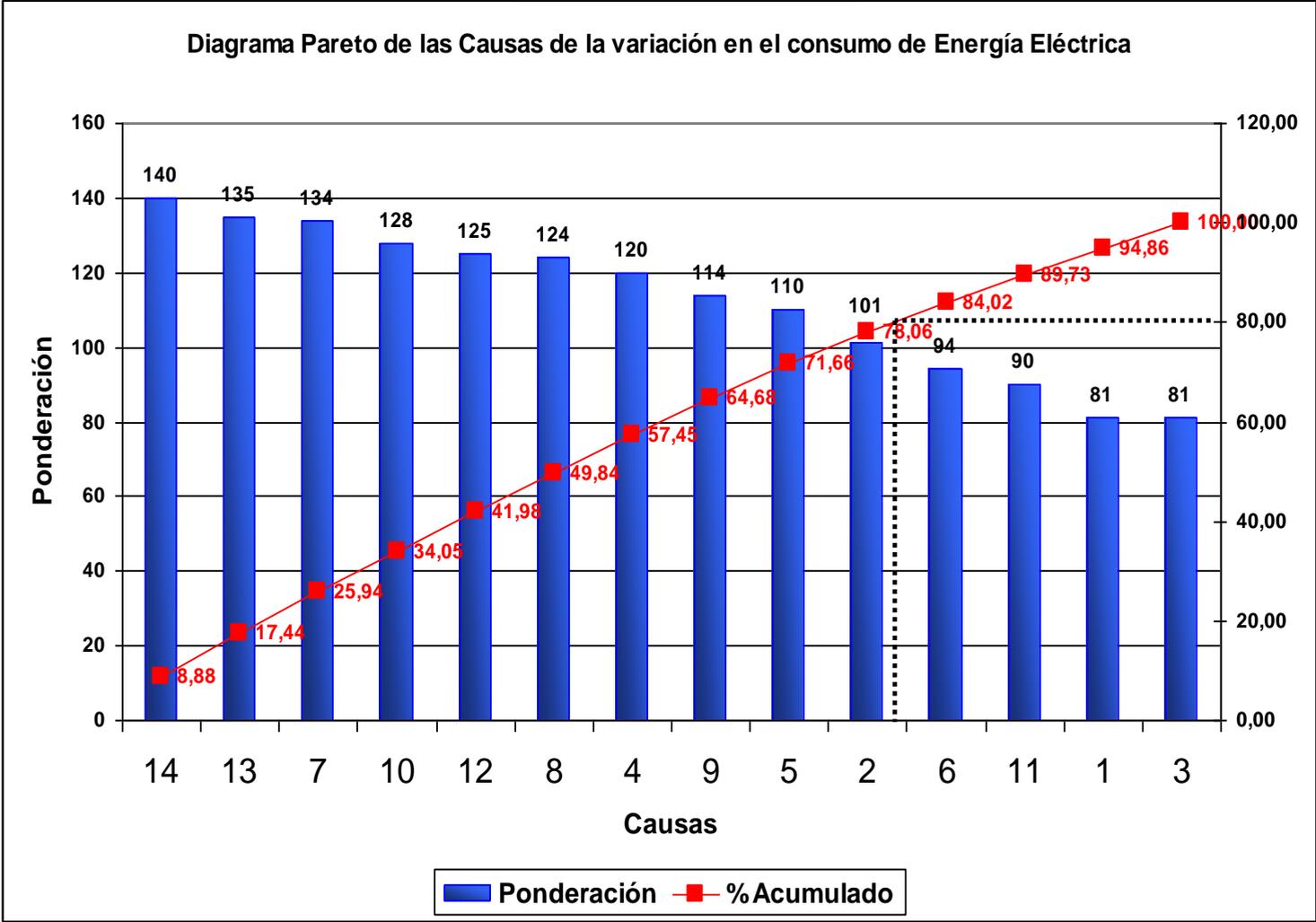
A continuación se presenta el Análisis Pareto para jerarquizar las causas de acuerdo con la ponderación obtenida por cada una:

- DESCRIPCIÓN DE EMPRESA
- INTRODUCCIÓN
- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA
- OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN
- MÉTODOLOGÍA
- SITUACIÓN ACTUAL**
- ANÁLISIS Y RESULTADOS
- CONCLUSIONES
- RECOMENDACIONES

N°	Causas	Ponderación	%	%Acumulado
14	Falta de repuestos	140	8,88	8,88
13	Falta de mantenimiento	135	8,56	17,44
7	Bajo ritmo de producción	134	8,50	25,94
10	Falta de método para calcular el consumo real	128	8,12	34,05
12	Fin de vida útil de los equipos	125	7,93	41,98
8	Operar bajo condiciones sub-estándar	124	7,86	49,84
4	Falta de prácticas operativas para ahorrar energía	120	7,61	57,45
9	Falta de medición continua en la sala de fuerza	114	7,23	64,68
5	Equipos encendidos sin producción	110	6,98	71,66
2	Granulometría	101	6,40	78,06
6	Bajo factor de potencia	94	5,96	84,02
11	Equipos de medición descalibrados	90	5,71	89,73
1	Litología del mineral	81	5,14	94,86
3	Alto porcentaje de humedad	81	5,14	100,00
<b>TOTAL</b>		<b>1577</b>	<b>100</b>	

## Diagrama Pareto

- DESCRIPCIÓN DE EMPRESA
- INTRODUCCIÓN
- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA
- OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN
- MÉTODOLOGÍA
- SITUACIÓN ACTUAL**
- ANÁLISIS Y RESULTADOS
- CONCLUSIONES
- RECOMENDACIONES



## Identificar las variables y especificar los equipos que consumen energía eléctrica en la Planta de Pellas.

Este objetivo se logró realizando una investigación exhaustiva conjunto con el personal que labora en la Planta específicamente en la sala eléctrica, así como también mediante una revisión en los manuales referentes a cada equipo se podrán definir las características técnicas de los mismos.

A continuación se presenta un resumen de las características y especificaciones de los equipos de mayor potencia nominal debido a que se considera que tienen mayor incidencia en el consumo de energía eléctrica:

### Área de Manejo de materiales

Ficha técnica de equipos de alta tensión 4,16Kv del área de Manejo de Materiales

Equipo	Potencia nominal (Kw)	Corriente nominal (Amp)	Factor de Potencia	Voltaje (V)	RPM
Cinta 527	390	73	0,78	4160	1200
Cinta 527A	530	94,5	0,83	4160	1200
Cinta 523	530	96	0,81	4160	1200
Cinta 525	530	96	0,81	4160	1200

Cantidad de equipos: 188

Carga nominal 8587kwh

Cuenta con solo 4 equipos de media tensión (4,16 kv)

DESCRIPCIÓN DE EMPRESA

INTRODUCCIÓN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

MÉTODOLÓGÍA

SITUACIÓN ACTUAL

**ANÁLISIS Y RESULTADOS**

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

## Área de Preparación y Molienda

DESCRIPCIÓN DE EMPRESA

INTRODUCCIÓN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

MÉTODOLOGÍA

SITUACIÓN ACTUAL

**ANÁLISIS Y RESULTADOS**

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

Ficha técnica de equipos de alta tensión 4,16Kv del área de Preparación y

### Molienda

Equipo	Potencia nominal (Kw)	Corriente nominal (Amp)	Factor de Potencia	Volta je (V)	RPM
Secador BG-2011	750	138	0,88	4160	1200
Secador BG-2012	750	138	0,88	4160	1200
Ventilador del depurador BG-6008	960	162	0,88	4160	1800
Ventilador del depurador BG-6009	960	162	0,88	4160	1800
Depurador de polvos BG-6001	960	162	0,88	4160	1800
Depurador de polvos BG-6002	960	162	0,88	4160	1800
Molino BB-2021/1	2500	442	0,88	4160	900
Molino BB-2021/2	2500	442	0,88	4160	900
Molino BB-2022/1	2500	442	0,88	4160	900
Molino BB-2022/2	2500	442	0,88	4160	900
Motor C.A Elin BB-2045	370	67,5	0,88	4160	1800
Separador BB-2046	370	62	0,88	4160	1800

Carga nominal  
17.861kw

Cantidad de  
equipos: 93

12 equipos  
media tensión

Donde solo los 4  
Molinos de 2500 kw  
ocupan el 60% de la  
carga.

## Área de Peletización

Cuenta con 4 equipos de alta tensión 13,8 kv, 2 equipos de media tensión 4,16 kv y 82 equipos de baja tensión 460v.

Carga nominal  
21846,7Kw

Cantidad de  
equipos: 88

Donde solo los 4  
equipos de alta  
tensión 13,8 kv  
ocupan el 82,84% de  
la carga.

DESCRIPCIÓN DE  
EMPRESA

INTRODUCCIÓN

PLANTEAMIENTO DEL  
PROBLEMA

OBJETIVOS DE LA  
INVESTIGACIÓN

MÉTODOLOGÍA

SITUACIÓN ACTUAL

ANÁLISIS Y RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

Ficha técnica de equipos de media tensión 4,16Kv del área de Peletización

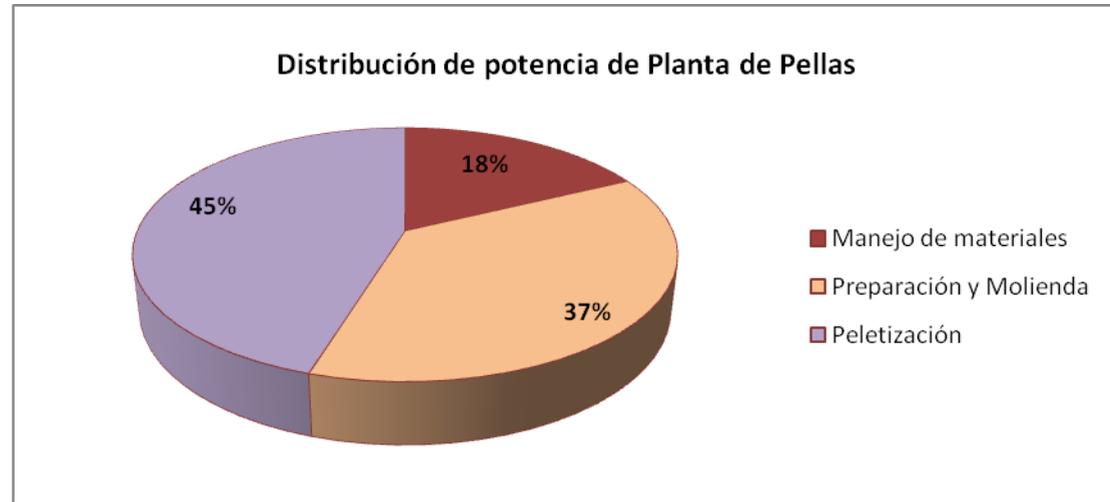
Equipo	Potencia nominal (Kw)	Corriente nominal (Amp)	Factor de Potencia	Voltaje (V)	RPM
Depurador de polvos BH-2010	480	86	0,80	4160	1186
Ventilador BG5011	580	108,2	0,81	4160	712

Ficha técnica de equipos de alta tensión 13,8 Kv del área de Peletización

Equipo	Potencia nominal (Kw)	Corriente nominal (Amp)	Factor de Potencia	Voltaje (V)	RPM
Ventilador BH-1017	3400	595	0,8	13200	716
Secador BG-5006	4500	260	0,8	13200	716
Ventilador BG5015	6500	360	0,82	13800	716
Ventilador BG5002	3600	204	0,8	13200	895

## Distribución de potencia de la Planta de Pellas

- DESCRIPCIÓN DE EMPRESA
- INTRODUCCIÓN
- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA
- OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN
- MÉTODOLÓGÍA
- SITUACIÓN ACTUAL
- ANÁLISIS Y RESULTADOS**
- CONCLUSIONES
- RECOMENDACIONES



La línea B de la Planta de Pellas cuenta con aproximadamente 388 equipos , se puede observar que el área de peletización a pesar de tener la menor cantidad de equipos (88) tiene la mayor carga de potencia nominal con 21.846,7Kw representando el 45% de la distribución, le sigue el área de preparación y molienda con 17.861Kw y 93 equipos con un porcentaje de distribución de potencia del 37% y por último se tiene el área de manejo de materiales que cuenta con una elevada cantidad de equipos (188) más sin embargo su carga de potencia nominal es mucho menor con 8.587Kw lo cual representa el 18% de la distribución con respecto a la distribución total de la planta.

## Cálculo de potencia activa

Se seleccionaron los cuatro equipos de alta tensión de 13,8kv ubicados en el área de peletización, considerando que tienen mayor incidencia en el consumo de energía eléctrica de la Planta debido a sus elevadas potencias nominales.

Al determinar que:

**Potencia Activa = Potencia Aparente \* Factor de Potencia**

**Aparente = (Raíz (3)\*Corriente por línea\*Voltaje)/1000**

Se procedió a realizar los cálculos haciendo uso de mediciones realizadas en el año 2013 durante una auditoria energética en la Planta de Pellas.

Estas mediciones analógicas se realizaron en la sala de fuerza por medio de los paneles visualizadores denominados SEPAM.

El resultado de las potencias activas de los equipos de alta tensión 13,8 kv se muestra a continuación:

DESCRIPCIÓN DE  
EMPRESA

INTRODUCCIÓN

PLANTEAMIENTO DEL  
PROBLEMA

OBJETIVOS DE LA  
INVESTIGACIÓN

MÉTODOLOGÍA

SITUACIÓN ACTUAL

**ANÁLISIS Y RESULTADOS**

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

## Cálculo de potencia activa para los equipos de alta tensión 13,8kv del área de Peletización

DESCRIPCIÓN DE EMPRESA

INTRODUCCIÓN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

MÉTODOLOGÍA

SITUACIÓN ACTUAL

**ANÁLISIS Y RESULTADOS**

CONCLUSIONES

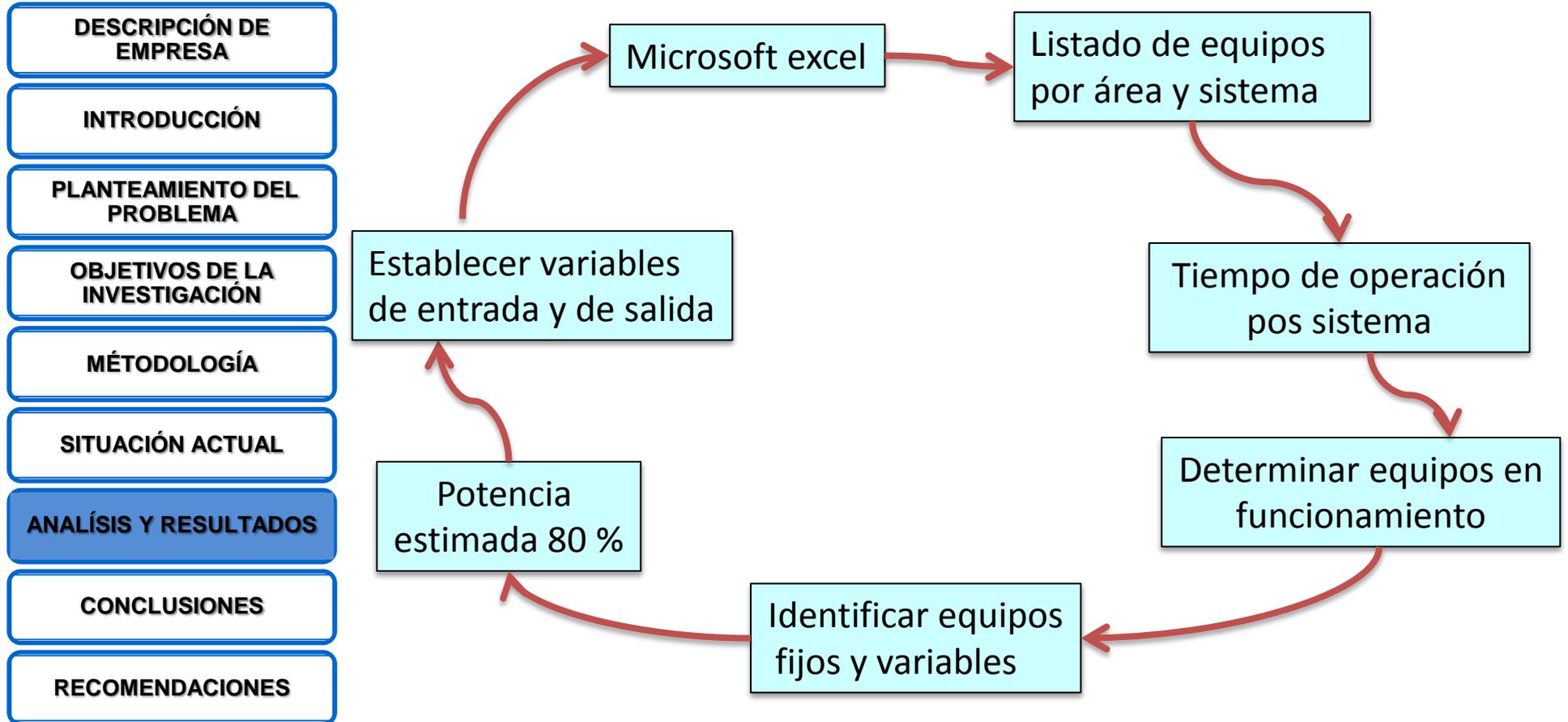
RECOMENDACIONES

### Cálculo de potencia activa para los equipos eléctricos de alta tensión 13,8 Kv del área de Peletización

Equipo	Potencia Nominal (Kw)	Corriente e Nominal (Amp)	I1 (Amp)	I2 (Amp)	I3 (Amp)	Corriente e Línea (Amp)	Voltaje Línea (V)	Factor de Potencia	Potencia aparente S (KVA)	Potencia Activa (Kw)	Diferencia Potencia nominal vs Activa
BG-5002	3600	204	<b>79</b>	<b>76</b>	<b>78</b>	77,7	13200	0,8	1775,7	<b>1420,6</b>	60,5
BG-5006	4500	260	<b>171</b>	<b>173</b>	<b>172</b>	172,0	13200	0,8	3932,4	<b>3146,0</b>	31,6
BG-5015	6500	360	<b>253</b>	<b>251</b>	<b>250</b>	251,3	13800	0,82	6007,4	<b>4926,1</b>	24,2
BH-1017	3400	197	<b>150</b>	<b>150</b>	<b>150</b>	150	13200	0,89	3429,5	<b>2709,3</b>	20,3

Es notable como el ventilador BG-5002 presenta una diferencia crítica del 60,5%, utilizando solo 1420,6 kw de potencia activa, le sigue el secador BG-5006 con una diferencia del 31,6%, luego el ventilador BG-5015 con 24,2% y por último el ventilador BH-1017 con una diferencia del 20,3%. Las causas de estas variaciones elevadas podrían ser por un bajo factor de potencia, el desgaste de los equipos y la falta de mantenimiento a los mismos.

**Establecer los lineamientos de un modelo matemático basado en el cálculo del consumo de energía eléctrica en la Planta de Pellas.**



# ALGORITMO VARIABLES ENTRADA- SALIDA

## Variables de entrada

### Indicadores de Gestión (Hrs)

Tiempo calendario  
 Tiempo no disponible  
 Tiempo disponible  
 Demoras operativas  
 Demoras no operativas  
 Tiempo efectivo  
 Producción (Ton/mes)

Valor de consumo factura (Mwh)

### Toneladas (Hrs)

Recepción de mineral de hierro mensual  
 Suministro de mineral de hierro hacia patio  
 Suministro de mineral de hierro hacia Planta

### Tiempo de operación (Hrs)

Sistema de secado  
 Sistema de molinos  
 Sistema de mezclado  
 Sistema de disco Peletizadores  
 Sistema de hornos  
 Sistema de pellas quemadas  
 Sistema de manejo de pellas verdes  
 Espesador Iluminación

## Cálculos

### Ecuación principal cálculo del consumo de EE en sistemas de la Planta

Consumo EE sistemas = Tiempo de operación \* potencia estimada\* Nro. de equipos

#### Consumo por área

**Consumo EE manejo de materiales=**

$\Sigma$  Consumo EE sistemas de manejo de materiales

**Consumo EE preparación y molienda=**

$\Sigma$  Consumo EE sistemas de preparación y molienda

**Consumo EE peletización=**

$\Sigma$  Consumo EE sistemas de peletización

**Consumo EE parte común=**

$\Sigma$  Consumo EE sistemas de parte común

**Consumo de energía eléctrica total (Kwh/ton)=**

$\Sigma$  Consumo EE áreas de planta de pellas

**Consumo de energía eléctrica total (Mwh/ton)=**

$(\Sigma$  Consumo EE áreas de planta de pellas)/1000

**Consumo específico =**

Consumo EE total / Producción

#### Costo por área

**Costo manejo de materiales=**

$0.2235 * \text{Consumo EE manejo de materiales}$

**Costo preparación y molienda=**

$0.2235 * \text{Consumo EE preparación y molienda}$

**Costo peletización=**

$0.2235 * \text{Consumo EE peletización}$

**Costo parte común=**

$0.2235 * \text{Consumo EE parte común}$

#### Indicadores

**Utilización disponible=**

$(\text{Tiempo disponible} / \text{Tiempo calendario}) * 100$

**Utilización neta=**

$(\text{Tiempo efectivo} / \text{Tiempo disponible}) * 100$

**Productividad efectiva=**

$\text{Producción} / \text{Tiempo efectivo (Ton/Hrs)}$

**% Diferencia Factura vs Modelo=**

$(\text{Valor absoluto}(\text{Valor factura} - \text{Valor modelo}) * 100) / \text{Valor factura}$

## Variables de salida

### Consumo por sistema (Kwh/mes)

#### Manejo de materiales

Sistema de recepción de mineral de hierro  
 Sistema apilador de mineral  
 Sistema recuperador de mineral  
 Sistema alimentación aditivos  
 Sistema alimentación HyL y Midrex I  
 Sistema de distribución de pellas  
 Sistema transporte de finos  
 Sistema de recribado de pellas

#### Preparación y molienda

Sistema de secado  
 Sistema de molienda  
 Sistema de mezclado

#### Peletización

Sistema de discos  
 Sistema de horno  
 Sistema pellas quemadas  
 Sistema de manejo de pellas verdes

#### Parte común

Espesador  
 Sistema de iluminación

### Consumo por área (Kwh/mes)

Manejo de materiales  
 Preparación y Molienda  
 Peletización  
 Parte común

### Consumo de energía eléctrica total

Consumo TOTAL de planta de pellas (Kwh/mes) / (Mwh/mes)

Consumo específico (Kwh/ton)

### Costo del consumo por área (Bs/Kwh)

Manejo de materiales  
 Preparación y Molienda  
 Peletización  
 Parte común

#### Indicadores

Utilización Disponible (%)  
 Utilización Neta (%)  
 Productividad Efectiva (Ton/Hrs)

Porcentaje de diferencia entre factura y modelo

## Tiempo de operación por sistema (Horas)

### Área de Manejo de Materiales

Sistema de recepción de mineral de hierro.  
 Sistema apilador de mineral  
 Sistema recuperador de mineral  
 Sistema alimentación de aditivos  
 Sistema de alimentación HyL y Midrex I  
 Sistema de distribución de pellas  
 Sistema transporte de finos  
 Sistema de recribado de pellas

**= Mineral de hierro/  
 diseño cinta transportadora**

### Área de Preparación y Molienda

Sistema de secado  
 Sistema de molinos  
 Sistema de mezclado

**= Tiempo neto promedio  
 sistema**

### Área de Peletización

Sistema de disco Peletizadores  
 Sistema de hornos  
 Sistema de pellas quemadas  
 Sistema de manejo de pellas verdes

**= Tiempo efectivo**

### Área de Parte Común

Sistema de espesador  
 Sistema de iluminación

**= Tiempo calendario**

DESCRIPCIÓN DE  
 EMPRESA

INTRODUCCIÓN

PLANTEAMIENTO DEL  
 PROBLEMA

OBJETIVOS DE LA  
 INVESTIGACIÓN

MÉTODOLOGÍA

SITUACIÓN ACTUAL

**ANÁLISIS Y RESULTADOS**

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

Una vez establecidas las variables de entrada, las ecuaciones a implementar y las variables de salida para el modelo de consumo de energía eléctrica se procede a recolectar los datos de entrada para calcular el consumo de energía para el año 2014, los datos obtenidos se muestran a continuación:

- DESCRIPCIÓN DE EMPRESA
- INTRODUCCIÓN
- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA
- OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN
- MÉTODOLOGÍA
- SITUACIÓN ACTUAL
- ANÁLISIS Y RESULTADOS
- CONCLUSIONES
- RECOMENDACIONES

Variables de  
entrada  
Producción y factura

<i>Mes</i>	<i>Producción (Ton/mes)</i>	<i>Facturas(Mvh)</i>
<i>ene-14</i>	208862	18.822
<i>feb-14</i>	23453	3.332
<i>mar-14</i>	107707	10.725
<i>abr-14</i>	210606	18.800
<i>may-14</i>	77432	9.735
<i>jun-14</i>	206349	16.900
<i>jul-14</i>	210119	17.840
<i>ago-14</i>	124265	11.452
<i>sep-14</i>	263568	20.001
<i>oct-14</i>	209255	17.043
<i>nov-14</i>	166250	13.974
<i>dic-14</i>	174643	16.437

- DESCRIPCIÓN DE EMPRESA**
- INTRODUCCIÓN**
- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**
- OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**
- MÉTODOLOGÍA**
- SITUACIÓN ACTUAL**
- ANÁLISIS Y RESULTADOS**
- CONCLUSIONES**
- RECOMENDACIONES**

Variables de  
entrada  
Indicadores  
de gestión

Mes	Tiempo calendario (Hrs)	Tiempo no disponible (Hrs)	Tiempo disponible (Hrs)	Demoras operativas (Hrs)	Demoras no operativas (Hrs)	Tiempo efectivo (Hrs)
ene-14	744	29	715	1,49	73	641
feb-14	672	601	71	0	0	71
mar-14	744	370	373,5	4,26	61	308
abr-14	740	131	609,4	2,85	21	595
may-14	744	482	262,0	8,68	62	191
jun-14	740	159	580,9	1,81	52	527
jul-14	744	124	619,7	3,27	55	561
ago-14	744	400	343,8	0,93	22	321
sep-14	740	47	692,5	1,50	63	628
oct-14	744	133	610,7	3,04	77,4	530
nov-14	740	229	511,1	26,20	46,0	439
dic-14	744	69	674,9	21,09	112,4	541

Variables de  
entrada  
Manejo de materiales

Mes	Recepción Mineral(Ton)	Tolva(Ton)	Patio(Ton)
ene-14	326939	157048	74165
feb-14	69668	13748	9588
mar-14	114796	96315	26741
abr-14	272851	155498	87136
may-14	129341	78527	9489
jun-14	204101	151211	80918
jul-14	164994	109523	127257
ago-14	166939	84703	53589
sep-14	314471	209428	83822
oct-14	235174	142738	92890
nov-14	176451	125287	61546
dic-14	187939	104657	90075

DESCRIPCIÓN DE EMPRESA

INTRODUCCIÓN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

MÉTODOLOGÍA

SITUACIÓN ACTUAL

ANÁLISIS Y RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

**Variables de entrada  
Preparación y molienda**

Mes	Sistema Secadores(Hrs)	Sistema Molinos(Hrs)	Sistema Mezcladores(Hrs)
ene-14	262	262	357
feb-14	43	43	229
mar-14	208	208	315
abr-14	468	468	423
may-14	194	194	469
jun-14	420	420	604
jul-14	405	405	616
ago-14	242	242	515
sep-14	332	332	646
oct-14	423	423	613
nov-14	245	245	372
dic-14	357	357	546

**Variables de Entrada  
piroconsolidación**

Mes	Sistema de Discos Peletizadores(Hrs)	Sistema de hornos (Hrs)	Sistema de pellas quemadas(Hrs)	Sistema de manejo de pellas verdes(Hrs)
ene-14	641	641	641	641
feb-14	71	71	71	71
mar-14	308	308	308	308
abr-14	595	595	595	595
may-14	191	191	191	191
jun-14	527	527	527	527
jul-14	561	561	561	561
ago-14	321	321	321	321
sep-14	628	628	628	628
oct-14	530	530	530	530
nov-14	439	439	439	439
dic-14	541	541	541	541

## Consumo Energía eléctrica Mwh por área

Mes	Manejo de materiales(Mwh)	Preparación y Molienda(Mwh)	Peletización (Mwh)	Parte común(Mwh)
ene-14	1.756,27	3.928,39	9.924,52	1.661,63
feb-14	214,04	824,14	1.074,92	1.468,35
mar-14	830,00	3.151,97	4.873,43	1.878,48
abr-14	1.579,57	7.445,06	8.941,23	1.836,25
may-14	561,83	3.124,27	3.112,26	2.109,04
jun-14	1.427,05	6.330,80	8.145,77	1.602,10
jul-14	1.467,29	6.140,04	8.682,31	1.656,59
ago-14	892,91	3.823,54	4.930,91	1.641,19
sep-14	1.762,04	5.547,90	9.712,21	2.069,39
oct-14	1.452,34	6.380,95	8.273,71	1.654,57
nov-14	1.189,31	3.713,67	6.863,69	1.596,44
dic-14	1.419,50	5.478,67	8.605,75	1.655,30

## Costo consumo Energía eléctrica Mwh por Kwh

Mes	Costo manejo de materiales (bs/kwh)	Costo Prep. Molienda (bs/kwh)	Costo Peletización (bs/kwh)	Costo Parte común(bs/kwh)
ene-14	392.527,35	877.994,55	2.218.131,24	371.374,97
feb-14	47.837,27	184.195,57	240.245,69	328.175,81
mar-14	185.503,89	704.464,68	1.089.211,22	419.840,21
abr-14	353.034,05	1.663.970,38	1.998.364,88	410.401,07
may-14	125.569,33	698.273,94	695.589,28	471.371,51
jun-14	318.946,29	1.414.933,55	1.820.579,49	358.069,74
jul-14	327.938,24	1.372.299,59	1.940.496,17	370.248,10
ago-14	199.565,96	854.561,99	1.102.058,92	366.805,70
sep-14	393.816,27	1.239.955,41	2.170.678,19	462.507,68
oct-14	324.599,06	1.426.142,77	1.849.174,78	369.797,09
nov-14	265.811,68	830.005,49	1.534.034,59	356.805,41
dic-14	317.257,64	1.224.482,37	1.923.385,44	369.958,87

DESCRIPCIÓN DE EMPRESA

INTRODUCCIÓN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

MÉTODOLOGÍA

SITUACIÓN ACTUAL

ANÁLISIS Y RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

## Consumo específico real vs Modelo

Mes	Consumo específico real 2014 (Kwh/t)	Consumo específico MODELO 2014 (Kwh/t)	Diferencia	%Diferencia
ene-14	89,0	82,7	6,28	7,06
feb-14	144,9	152,7	7,84	5,41
mar-14	100,1	99,7	0,47	0,47
abr-14	90,0	94,0	4,07	4,53
may-14	126,8	115,0	11,79	9,29
jun-14	82,0	84,8	2,84	3,47
jul-14	83,9	85,4	1,52	1,82
ago-14	92,4	90,8	1,55	1,68
sep-14	76,5	72,4	4,08	5,33
oct-14	80,8	84,9	4,05	5,01
nov-14	83,4	80,4	3,04	3,65
dic-14	93,4	98,3	4,87	5,21
			<b>PROM</b>	<b>4,37</b>

Se puede ver que el consumo específico que arroja el modelo sigue la tendencia del consumo específico real obteniendo una diferencia del 4,37%, comprobando la efectividad del modelo matemático de consumo.

DESCRIPCIÓN DE EMPRESA

INTRODUCCIÓN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

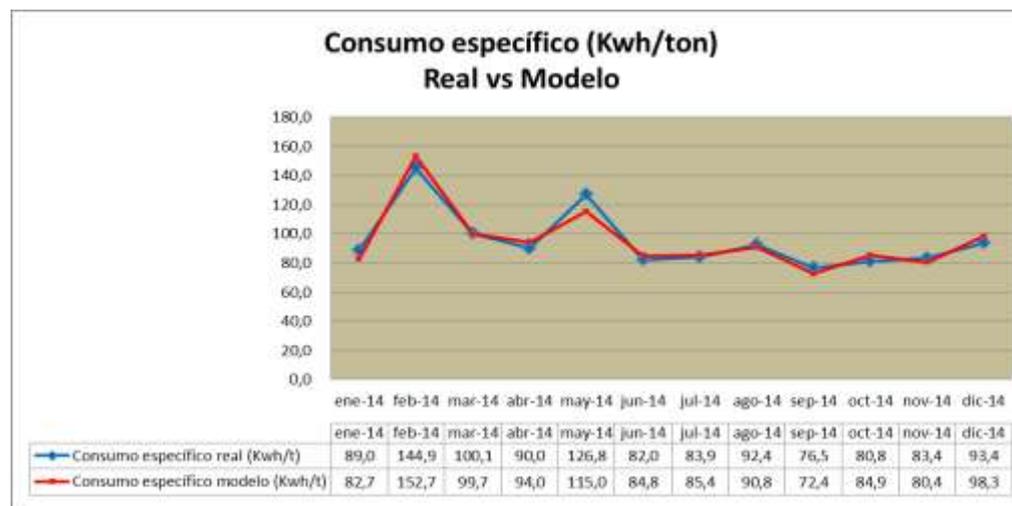
MÉTODOLÓGÍA

SITUACIÓN ACTUAL

ANÁLISIS Y RESULTADOS

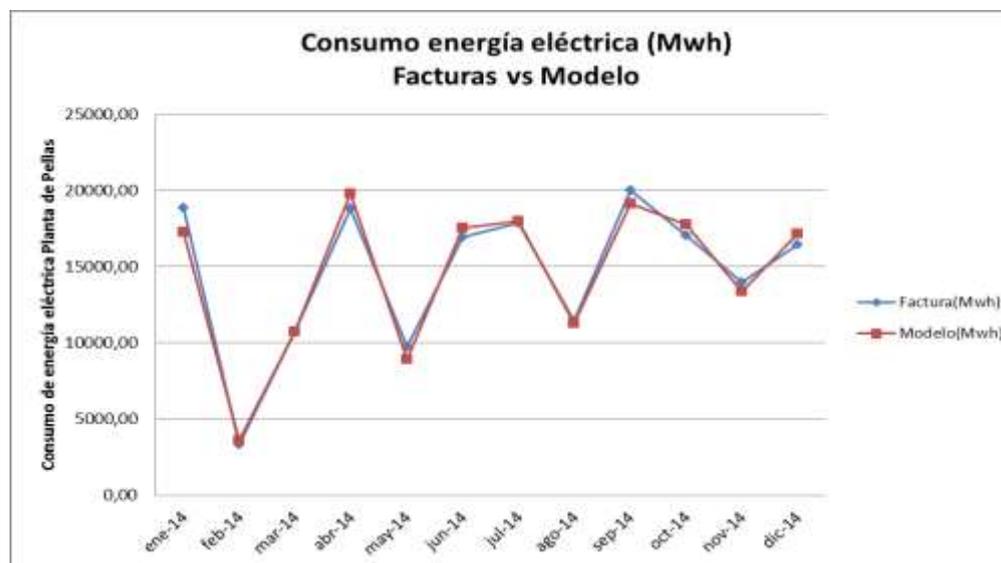
CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES



## Consumo total real vs Modelo

Mes	Facturas 2014 (Mvh)	TOTAL CONSUMO MODELO 2014 (Mwh)	Diferencia	%Diferencia
ene-14	18.822	17.270	1551	8,24
feb-14	3.332	3.581	249	7,49
mar-14	10.725	10.733	8,87	0,08
abr-14	18.800	19.802	1002	5,33
may-14	9.735	8.907	827	8,50
jun-14	16.900	17.505	605	3,58
jul-14	17.840	17.946	106	0,60
ago-14	11.452	11.288	163	1,43
sep-14	20.001	19.091	909	4,55
oct-14	17.043	17.761	718	4,22
nov-14	13.974	13.363	610	4,37
dic-14	16.437	17.159	722	4,39
<b>PROM</b>				<b>4,40</b>



En el caso del consumo de energía total de toda la planta Se observa que el valor que arroja el modelo sigue la tendencia del consumo real que refleja el sistema obteniendo una diferencia del 4,40%, comprobando la efectividad del modelo matemático de consumo.

DESCRIPCIÓN DE EMPRESA

INTRODUCCIÓN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

MÉTODOLOGÍA

SITUACIÓN ACTUAL

ANÁLISIS Y RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

DESCRIPCIÓN DE  
EMPRESA

INTRODUCCIÓN

PLANTEAMIENTO DEL  
PROBLEMA

OBJETIVOS DE LA  
INVESTIGACIÓN

MÉTODOLOGÍA

SITUACIÓN ACTUAL

**ANÁLISIS Y RESULTADOS**

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

El modelo matemático además de calcular el consumo de energía eléctrica para un tiempo en pasado, también está orientado en ser un modelo proyectivo, por esta razón se realizó el cálculo de proyección de consumo de energía eléctrica para el año 2016, las variables de entrada fueron obtenidas mediante el formato POA 2016.



En el cual el Departamento de Ingeniería Industrial estima los indicadores de gestión Para obtener el mineral de hierro mensual de cada mes se multiplicó la productividad tecnológica (Kg/ton) por la producción proyectada y se estima que el 30% de dicho mineral va hacia patio y el 70% va hacia planta. Las variables de entrada obtenidas para el cálculo de consumo de EE para el año 2016 son las siguientes:

## Consumo EE por área año 2016

DESCRIPCIÓN DE EMPRESA

INTRODUCCIÓN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

MÉTODOLOGÍA

SITUACIÓN ACTUAL

ANÁLISIS Y RESULTADOS

CONCLUSIONES

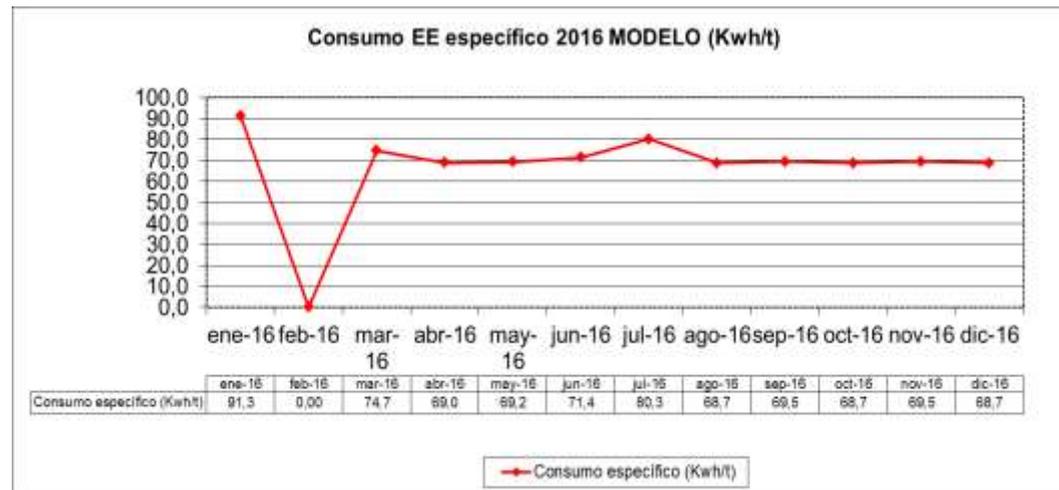
RECOMENDACIONES

Mes	Manejo de materiales (Mwh)	Preparación y Molienda(Mwh)	Peletización (Mwh)	Parte común (Mwh)
ene-16	918,75	3.479,62	6.241,33	1.641,76
feb-16	0,00	0,00	0,00	0,00
mar-16	979,64	3.711,60	4.370,89	1.643,17
abr-16	1.837,40	6.959,25	8.093,94	1.662,88
may-16	1.775,89	6.727,27	7.828,01	1.661,47
jun-16	1.837,40	6.959,25	8.093,94	1.662,88
jul-16	673,39	2.551,72	3.041,23	1.636,13
ago-16	1.898,75	7.191,22	8.359,87	1.664,29
sep-16	1.714,54	6.495,30	7.562,08	1.660,06
oct-16	1.898,75	7.191,22	8.359,87	1.664,29
nov-16	1.714,54	6.495,30	7.562,08	1.660,06
dic-16	1.898,75	7.191,22	8.359,87	1.664,29

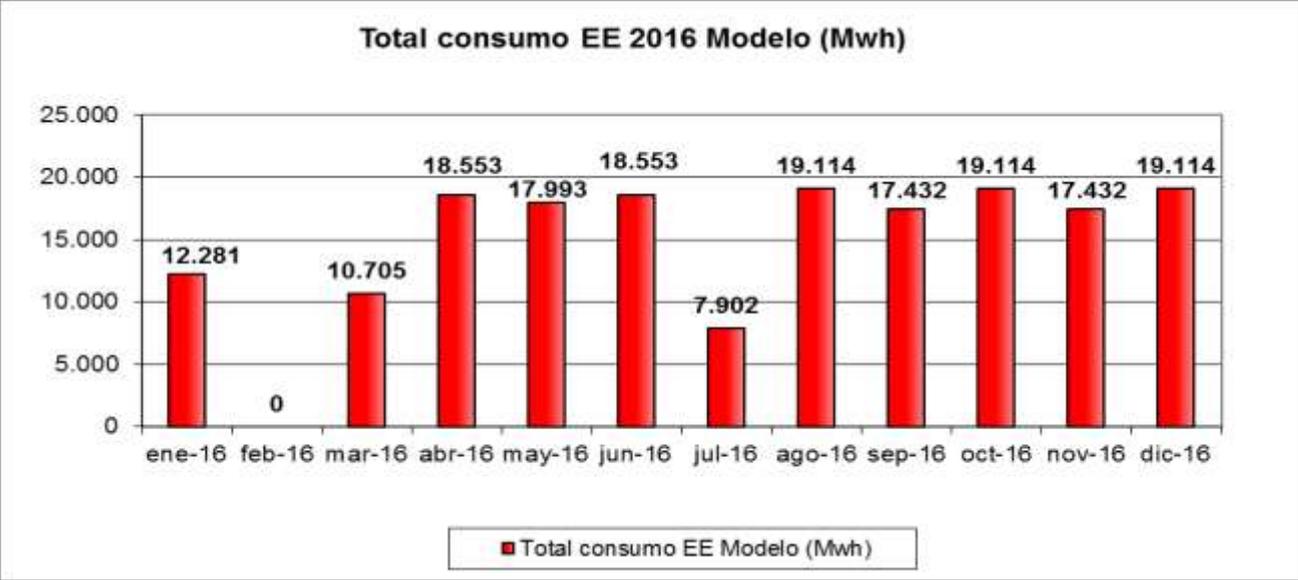
- DESCRIPCIÓN DE EMPRESA
- INTRODUCCIÓN
- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA
- OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN
- MÉTODOLOGÍA
- SITUACIÓN ACTUAL
- ANÁLISIS Y RESULTADOS
- CONCLUSIONES
- RECOMENDACIONES

Consumo EE total y específico  
Planta de Pellas

Mes	Consumo específico modelo (Kwh/t)	TOTAL CONSUMO MODELO (Mwh)
ene-16	91,3	12.281,46
feb-16	0,00	0,00
mar-16	74,7	10.705,29
abr-16	69,0	18.553,46
may-16	69,2	17.992,64
jun-16	71,4	18.553,46
jul-16	80,3	7.902,47
ago-16	68,7	19.114,13
sep-16	69,5	17.431,98
oct-16	68,7	19.114,13
nov-16	69,5	17.431,98
dic-16	68,7	19.114,13
Promedio	66,8	16.200



- DESCRIPCIÓN DE EMPRESA
- INTRODUCCIÓN
- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA
- OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN
- MÉTODOLÓGÍA
- SITUACIÓN ACTUAL
- ANÁLISIS Y RESULTADOS
- CONCLUSIONES
- RECOMENDACIONES



El modelo matemático estimó que en el año 2016 el consumo específico promedio será de 66,8 kwh/t, mientras que el consumo total de energía eléctrica promedio será de 16.200 Mwh, es importante destacar que en el mes de febrero no hubo consumo de energía debido a que en ese mes se tiene planificado realizar una parada programada por mantenimiento.



Crear un plan de mejoras para controlar el consumo de energía eléctrica en la Planta de Pellas.

DESCRIPCIÓN DE EMPRESA

INTRODUCCIÓN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

MÉTODOLOGÍA

SITUACIÓN ACTUAL

**ANÁLISIS Y RESULTADOS**

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

El diseño del modelo matemático no ayudará a disminuir el consumo de energía eléctrica en la Planta de Pellas, por tal motivo resulta necesario establecer lineamientos adecuados para controlar el consumo de energía con el propósito de promover el hábito del uso racional y eficiente de la energía eléctrica en la empresa, a fin de preservar el ambiente y reducir costos de energía para la empre



A continuación se presenta algunos consejos para controlar el consumo de energía eléctrica nacional:

Crear un plan de mejoras para controlar el consumo de energía eléctrica en la Planta de Pellas.

## Ahorro energía en la oficina

DESCRIPCIÓN DE EMPRESA

INTRODUCCIÓN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

MÉTODOLOGÍA

SITUACIÓN ACTUAL

**ANÁLISIS Y RESULTADOS**

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

Desconectar los artefactos eléctricos que no se utilicen, debido a que aunque estén apagados si estos están conectados consumen energía. Así mismo, no dejar los electrodomésticos en stand by o modo de espera, porque producen lo que se conoce como consumo fantasma.

Desconectar los cargadores de teléfonos de teléfonos celulares, computadoras, etc.. cuando no se utilicen ya que le circuito sigue consumiendo electricidad, se calientan y por lo general terminan descomponiéndose.

Reemplazar las lámparas incandescentes por lámparas ahorradoras de luz. Es cierto que tienen un costo muy elevado, pero consumen hasta cuatro veces menos energía y duran 10 veces más que las lámparas comunes.

## Ahorro energía en la oficina

DESCRIPCIÓN DE  
EMPRESA

INTRODUCCIÓN

PLANTEAMIENTO DEL  
PROBLEMA

OBJETIVOS DE LA  
INVESTIGACIÓN

MÉTODOLOGÍA

SITUACIÓN ACTUAL

**ANÁLISIS Y RESULTADOS**

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

Realizar mantenimiento preventivo del sistema de aire acondicionado en su totalidad, desde los motores y compresores, hasta la limpieza de filtros y aislamientos de los ductos cada 6 meses de esa forma se alarga la vida útil del sistema y consumen menos energía eléctrica.

Ajustar la temperatura de los termostatos de los sistemas de aire acondicionado a una temperatura mínima de 23° Celsius (75°F).

Activar el funcionamiento de los sistemas de climatización, una (1) hora después del inicio de la actividad laboral y apagarlos una (1) hora antes de la culminación del horario laboral establecido en cada organismo. Adicionalmente, apagar los sistemas de climatización tipo ventana y split, en el horario de 12:00 p.m. A 2:00 p.m.

Sustituir los equipos con más de 15 años en funcionamiento por equipos nuevos de alta eficiencia. Actualmente, la empresa está generando pérdidas por utilizar equipos obsoletos a los cuales necesitan darle mantenimiento constante para que trabajen efectivamente.

## Ahorro energía en la oficina

DESCRIPCIÓN DE  
EMPRESA

INTRODUCCIÓN

PLANTEAMIENTO DEL  
PROBLEMA

OBJETIVOS DE LA  
INVESTIGACIÓN

MÉTODOLOGÍA

SITUACIÓN ACTUAL

**ANÁLISIS Y RESULTADOS**

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

Instalar sensores de presencia o fotocélulas que enciendan y apaguen automáticamente las luces y de esa forma controlar el uso de las luminarias reduciendo el consumo de energía eléctrica.

Promover el apagado de monitores en ausencias mayores a 15 minutos, en especial a la hora del almuerzo.

Evitar el uso del ascensor siempre que sea posible, utilizar las escaleras para subir o bajar al menos 1 ó 2 pisos.

Evitar los botes de agua por tuberías o grifos ya que además de hacer trabajar el sistema de bombeo, se desperdicia el recurso hídrico.

## Ahorro energía en la Empresa

DESCRIPCIÓN DE  
EMPRESA

INTRODUCCIÓN

PLANTEAMIENTO DEL  
PROBLEMA

OBJETIVOS DE LA  
INVESTIGACIÓN

MÉTODOLOGÍA

SITUACIÓN ACTUAL

**ANÁLISIS Y RESULTADOS**

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

Llevar un monitoreo y control de todos los parámetros eléctricos en la planta haciendo uso del sistema que captura en tiempo real los datos y las variables eléctricas para que puedan ser interpretadas posteriormente. Y de esa forma llevar un control del consumo diario, semanal y mensual de la planta de manera de identificar posibles variaciones en el consumo y aplicar las medidas correctivas para mantener el uso eficiente de la energía.

Revisar periódicamente las instalaciones eléctricas de la planta para evitar fugas de corrientes, de igual forma comprobar que los cables estén en buen estado y que los interruptores y dispositivos funcionen adecuadamente ya que los aparatos defectuosos producen fugas y sobrecargas eléctricas.

Revisar las cargas asociadas a cada motor, con la finalidad de mantenerlos al 80% o 90% de la carga nominal según el fabricante. De existir motores funcionando al 50% o media carga, estos consumirán casi el doble que si funcionaran a carga completa.

Crear un plan de mejoras para controlar el consumo de energía eléctrica en la Planta de Pellas.

## Ahorro energía en la empresa

DESCRIPCIÓN DE EMPRESA

INTRODUCCIÓN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

MÉTODOLÓGÍA

SITUACIÓN ACTUAL

**ANÁLISIS Y RESULTADOS**

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

Instalar en aquellos motores cuya carga sea variable variadores de frecuencia, los cuales reducen los picos de corriente durante los arranques, alargando la vida útil de los equipos.

Continuar con el desarrollo del trabajo de ingeniería de los visualizadores (marca Sepam) para que se pueda efectuar mediciones en los equipos de media tensión 4,16kv.

Realizar un protocolo de energización y desenergización de equipos para los casos de paradas programadas, esporádicas o generales, donde el personal tendría que evaluar los casos y métodos a seguir para evitar el inadecuado uso de energía en las líneas de producción; como en los casos de los molinos y sus secuencias por ambas líneas.

*El objetivo de la propuesta es que en cada sector de la planta se logre concientizar, tanto a los jefes de planta, operadores, líderes de área y trabajadores en general involucrados en el proceso.*

A continuación se presenta a detalle los resultados obtenidos durante la ejecución del estudio, tomando en cuenta que para ello se desarrollaron los objetivos preestablecidos en el capítulo I:

DESCRIPCIÓN DE  
EMPRESA

INTRODUCCIÓN

PLANTEAMIENTO DEL  
PROBLEMA

OBJETIVOS DE LA  
INVESTIGACIÓN

MÉTODOLOGÍA

SITUACIÓN ACTUAL

ANÁLISIS Y RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

1. El comportamiento del consumo mensual de energía eléctrica en la Planta de Pellas para el año 2014, registra un desvío elevado del 24.2% afectando el costo unitario de producción, lo cual es influenciado directamente por el bajo nivel de producción.

2. La producción tuvo una disminución del 70,05% desde el año 2007 hasta el 2014 mientras que el consumo de energía eléctrica aumento un 33,33%.

3. La falta de repuestos, mantenimiento y la baja producción son las causas principales que generan el aumento de energía eléctrica en la Planta de Pellas.

4. El área de Peletización a pesar de tener la menor cantidad de equipos contempla la mayor carga nominal con 21.846,7Kw, donde solo los 4 equipos de alta tensión 13,8kv ocupan 18.000kw.

A continuación se presenta a detalle los resultados obtenidos durante la ejecución del estudio, tomando en cuenta que para ello se desarrollaron los objetivos preestablecidos en el capítulo I:

DESCRIPCIÓN DE  
EMPRESA

INTRODUCCIÓN

PLANTEAMIENTO DEL  
PROBLEMA

OBJETIVOS DE LA  
INVESTIGACIÓN

MÉTODOLOGÍA

SITUACIÓN ACTUAL

ANÁLISIS Y RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

5. Los datos obtenidos por el modelo matemático de consumo de energía eléctrica de la Planta de Pellas, resultaron cercanos a los que refleja el sistema con solo un porcentaje de diferencia del 4,4%.

6. El modelo matemático proyectó que para el año 2016 el consumo específico estándar se ubicará en 66,8 Kwh/t aproximadamente, mientras que, el consumo total de energía eléctrica promedio de la Planta de Pellas será de 16.200 Mwh.

7. Resulta necesario implementar métodos adecuados para disminuir el consumo de energía en la Planta de Pellas, de manera de crear conciencia en el personal que labora en la Planta y de esa forma empezar a hacer uso eficiente de la energía eléctrica.

Luego de haber desarrollado todos los objetivos propuestos en esta investigación se plantean las siguientes recomendaciones:

DESCRIPCIÓN DE  
EMPRESA

INTRODUCCIÓN

PLANTEAMIENTO DEL  
PROBLEMA

OBJETIVOS DE LA  
INVESTIGACIÓN

MÉTODOLOGÍA

SITUACIÓN ACTUAL

ANÁLISIS Y RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

1. Implementar la propuesta de mejora presentada en este trabajo investigativo para disminuir el consumo de energía eléctrica en la Planta de Pellas, con el objetivo de cooperar con el ahorro energético y disminuir los costos de energía.

2. Se recomienda el uso de un arranque suave el cual permita un arranque menos brusco de la corriente. Así como también considerar el empleo de condensadores con resistencias de descarga incorporado y que sean capaces de resistir altas corrientes transientes y minimizar descargas parciales. Ya que los motores cuentan con una corriente de arranque, cuyo comportamiento está determinado de un principio por la velocidad que adquiera el motor, si el arranque del motor es directo, la intensidad aumenta a valores picos, generando mayores pérdidas e incrementando el consumo de potencia en el motor.

3. Usar motores eléctricos de alta eficiencia, teniendo en cuenta la calidad de los materiales constructivos, ayuda a mejorar el factor de potencia global de la planta. Asimismo el uso de convertidores de frecuencia, permitiendo mejorar el factor de potencia de toda la instalación.

Luego de haber desarrollado todos los objetivos propuestos en esta investigación se plantean las siguientes recomendaciones:

DESCRIPCIÓN DE EMPRESA

INTRODUCCIÓN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

MÉTODOLOGÍA

SITUACIÓN ACTUAL

ANÁLISIS Y RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

4. Efectuar correctamente la instalación eléctrica y el montaje de los equipos y su carga y revisar periódicamente las conexiones del motor, junto las conexiones de su arrancador y demás accesorios. Debido a que conexiones flojas y realizadas de forma incorrecta originan un mal funcionamiento del motor y ocasionan pérdidas por disipación de calor.

5. Intensificar las acciones para divulgar y concientizar a todo el personal que labora en Planta de Pellas, acerca del tema del consumo eficiente de la energía y la necesidad de asumir un rol activo en la detección, corrección y prevención de oportunidades de ahorro en toda la planta.

6. Mantener seguimiento y control, en el marco de la gestión mensual de planta, de las variables de consumo específico y consumo mensual de energía, tanto a nivel de toneladas producidas como de unidades monetarias facturadas por este concepto mediante el uso modelo matemático diseñado. Además de realizar inspección periódica en los motores, incluyendo lecturas de corriente (Amp), potencia (Kw), velocidad, resistencia de aislamiento, entre otros, con objeto de verificar si se mantienen en condiciones adecuadas de funcionamiento y eficiencia y poder tomar acciones correctivas, cuando se requiera.

¡ Muchas gracias  
por su atención!