

Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas

Facultad de Ingeniería Eléctrica

Departamento de Electroenergética



TRABAJO DE DIPLOMA

**BALANCE ELECTROENERGÉTICO EN LA
UNIDAD ECONÓMICA BÁSICA CENTRAL
AZUCARERO PERUCHO FIGUEREDO.**

Autor: Adrian Gómez Jiménez

Tutor: Dr. Carlos de León Benítez

Santa Clara

2013

"Año 55 de la Revolución"

Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas

Facultad de Ingeniería Eléctrica

Departamento de Electroenergética



TRABAJO DE DIPLOMA

BALANCE ELECTROENERGÉTICO EN LA UNIDAD ECONÓMICA BÁSICA CENTRAL AZUCARERO PERUCHO FIGUEREDO.

Autor: Adrian Gómez Jiménez

adriangj@uclv.edu.cul

Tutor: Dr. Carlos de León Benítez

charles@uclv.edu.cu

Consultante: Ing. Ángel Córdova García

Angel.Cordoba@perucho.azcuba.cu

Santa Clara

2013

"Año 55 de la Revolución"



Hago constar que el presente trabajo de diploma fue realizado en la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas como parte de la culminación de estudios de la especialidad de Ingeniería Eléctrica, autorizando a que el mismo sea utilizado por la Institución, para los fines que estime conveniente, tanto de forma parcial como total y que además no podrá ser presentado en eventos, ni publicados sin autorización de la Universidad.

Firma del Autor

Los abajo firmantes certificamos que el presente trabajo ha sido realizado según acuerdo de la dirección de nuestro centro y el mismo cumple con los requisitos que debe tener un trabajo de esta envergadura referido a la temática señalada.

Firma del Autor

Firma del Jefe de Departamento
donde se defiende el trabajo

Firma del Responsable de
Información Científico-Técnica

PENSAMIENTO

“Primero hay que empezar a hacer y después pensar cómo seguir haciendo. No vamos a sentarnos y hacer un alto en el camino para pensar cuáles serán nuestros próximos pasos. Vamos a pensar caminando, vamos a aprender creando y también, porque no decirlo, equivocándonos.”

Che



DEDICATORIA

- A todos que de una forma u otra tuvieron que ver con la realización de este trabajo.
- A mis padres y abuelos, por representar lo primero en mi vida y haberme conducido hasta aquí con amor, paciencia y comprensión.

AGRADECIMIENTOS

- A la Revolución que gracias a ella tuve la posibilidad de formarme.
- A mis padres y abuelos que siempre han estado pendientes de mis estudios.
- A Jorge Luis Ferrer, que por su ayuda y guía fue posible la realización de este trabajo.
- A todos los profesores que ayudaron en mi formación.
- A todas aquellas personas que me han brindado su ayuda y han contribuido a la realización de este trabajo.

TAREA TÉCNICA

- Visita a la Unidad Económica Básica (UEB) Central Azucarero Perucho Figueredo.
- Búsqueda de bibliografía relacionada con el tema.
- Confección del monolineal de la industria.
- Investigación para la obtención de los datos necesarios a introducir en el software Industrial Power Analyze (IPA)
- Proposición de variantes para el logro de los objetivos.
- Redacción del informe.
- Confección de la exposición.

Firma del Autor

Firma del Tutor

RESUMEN

En el presente trabajo se realizó el electrobalance industrial en la Unidad Económica Básica (UEB) Central Azucarero Perucho Figueredo. Se hace una descripción técnica de la industria mostrando el estado actual de la instalación.

Como resultado del electrobalance se obtiene, los parámetros eléctricos de operación de los motores, transformadores y conductores (pérdidas eléctricas, coeficiente de carga, corriente de carga, etc.) y las deficiencias técnicas.

Una de las variantes analizadas para el mejoramiento de los índices de calidad del suministro eléctrico en los diferentes nodos del sistema es la proyección de nuevas subestaciones de 6300/480 Volts.

TABLA DE CONTENIDOS

PENSAMIENTO	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
TAREA TÉCNICA	iv
RESUMEN	v
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1. FUNDAMENTO TEÓRICO.....	4
1.1 Generalidades sobre el cálculo de pérdidas eléctricas.....	4
1.1.1 Pérdidas de potencia en transformadores	4
1.1.1.1 Pérdidas con carga variable	6
1.1.2 Pérdidas de potencia en conductores	7
1.1.2.1 Pérdidas con carga variable	8
1.1.3 Pérdidas de potencia en motores.....	8
1.1.3.1 Curvas y tablas de comportamiento del fabricante.....	9
1.1.3.2 Expresiones aproximadas.....	13
1.1.3.3 Pérdidas con carga variable	16
1.1.4 Pérdidas de potencia referidas	16
1.2 Generalidades sobre el factor de potencia	17

1.2.1	Inconvenientes de un bajo factor de potencia.....	19
1.2.2	Métodos de corrección del factor de potencia.	22
1.2.2.1	Sin la aplicación de medios compensadores.....	23
1.2.2.2	Con la aplicación de medios compensadores	27
1.3	Conclusiones parciales.....	28
CAPÍTULO 2. ELECTROBALANCE.		30
2.1	Descripción técnica de la instalación industrial	30
2.1.1	Descripción de los elementos que componen el circuito eléctrico.....	30
2.1.2	Descripción del esquema de vapor.....	34
2.1.3	Descripción del área de procesos.....	35
2.2	Diagrama monolineal general.	36
2.3	Descripción del software.	38
2.4	Comportamiento electroenergético de la industria en la zafra 2013.	41
2.4.1	Comportamiento del factor de potencia.	41
2.5	Análisis de resultados.....	42
2.5.1	Análisis de las pérdidas de energía en los motores.....	43
2.5.2	Análisis de las pérdidas de energía en los transformadores.	44
2.5.3	Análisis de las pérdidas de energía en los conductores.	45
2.6	Evaluación del cambio de calibre de los alimentadores principales.....	45
2.7	Propuesta de creación de subestaciones.	46
2.8	Conclusiones parciales.....	47
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		48
Conclusiones		48
Recomendaciones		49

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50
ANEXOS	51
Anexo I Datos nominales de los motores de la instalación industrial	51
Anexo II Datos obtenidos sobre los motores.....	59
Anexo III Datos obtenidos sobre los alimentadores.	62
Anexo VI Datos recolectados durante estudio.....	69

INTRODUCCIÓN

El ahorro de energía se ha convertido en los últimos tiempos en una prioridad a nivel mundial, lo que se traduce en un mejor aprovechamiento de los recursos disponibles, ya sea para la generación de energía eléctrica como para la distribución de la misma. Para hacer un uso eficiente de la energía, es preciso mantener un control estricto sobre la forma en que se materializa su consumo, mediante la determinación de datos fundamentales, como son: el consumo de energía de los distintos receptores eléctricos, la magnitud de las pérdidas de energía en las cargas y en los elementos componentes del sistema de suministro industrial, el factor de potencia en los puntos de interés y en general, un gran cúmulo de información, que conforma el cuadro electroenergético de una instalación dada y permite evaluar la eficiencia con que se utiliza la energía eléctrica en la misma.

La generación de electricidad en los centrales azucareros para su comercialización es un aspecto que adquiere una mayor relevancia en el contexto de la situación energética actual. Para Cuba la distribución de las fábricas de azúcar a lo largo del territorio nacional constituye una ventaja que no debe ser subestimada atendiendo a la posibilidad de generar, de forma descentralizada, una parte apreciable de la demanda eléctrica del territorio donde se encuentra enclavada la planta generadora.

La tendencia al crecimiento del precio del petróleo en el mercado internacional acentúa aún más la impostergable necesidad para Cuba de transferir y desarrollar tecnologías para el uso eficiente de la energía eléctrica en la industria azucarera

con vista a la generación de electricidad como vía de diversificar las producciones en el sector.

La investigación que se realiza tiene lugar en la Unidad Económica Básica (UEB) Central Azucarero Perucho Figueredo, perteneciente a la Empresa Azucarera Villa Clara, subordinada al Grupo Empresarial AZCUBA, está situada en el Consejo Popular Perucho Figueredo del Municipio Encrucijada, su objeto social fundamental es producir de forma mayorista el azúcar con alta productividad y eficiencia en el proceso de fabricación, la diversificación de sus producciones haciendo un uso óptimo de la energía, los productos intermedios y sus subproductos con bajos costos de producción.

Dadas las inversiones realizadas donde se instalaron equipos que han variado el comportamiento electroenergético de la industria, resulta imprescindible identificar las pérdidas por consumo de energía eléctrica.

El problema científico a resolver es: ¿Cómo contribuir a la disminución de pérdidas eléctricas y al uso eficiente de la energía eléctrica, en la Unidad Económica Básica (UEB) Central Azucarero Perucho Figueredo?

Para contribuir al uso eficiente de la energía eléctrica en la Unidad Económica Básica (UEB) Central Azucarero Perucho Figueredo se trazará un objetivo principal: Realizar un electrobalance que permita identificar y cuantificar las pérdidas eléctricas de los diferentes elementos en la industria. Para llevar a cabo este objetivo es necesario dar cumplimiento a los siguientes objetivos específicos:

1. Elaborar la base teórica sobre las principales concepciones acerca del tema.
2. Confeccionar el monolineal de la industria.
3. Recopilar los datos necesarios a introducir en el software Industrial Power Analyze (IPA).
4. Determinar las pérdidas eléctricas.
5. Proponer alternativas para solucionar el uso irracional de la energía eléctrica en la Unidad Económica Básica (UEB) Central Azucarero Perucho Figueredo.

La hipótesis de la investigación Si se realiza el electrobalance se pueden determinar las principales causas que dan lugar a las pérdidas eléctricas y se contribuye a elevar la eficiencia energética, en La Unidad Económica Básica (UEB) Central Azucarero Perucho Figueredo.

El valor de la investigación está dado por la siguiente razón:

- Identifica los elementos del esquema energético que contribuyen a las pérdidas eléctricas y aporta soluciones para elevar la eficiencia energética.

Organización del informe.

El informe de este trabajo se estructura en dos capítulos.

El capítulo I aborda la problemática de las pérdidas eléctricas en transformadores, conductores, motores. Además hace referencia a los efectos de un bajo factor de potencia y a los métodos para mejorarlo.

En el capítulo II se realiza la caracterización técnica de la UEB Central Azucarero Perucho Figueredo. Se implementa la herramienta Industrial Power Analyze (IPA) y se detectan las pérdidas eléctricas. Además se plantean alternativas de mejoras para contribuir al uso eficiente de la energía eléctrica.

Como aspecto final se puntualizan las conclusiones y recomendaciones derivadas de la investigación. Contiene igualmente detalles de la bibliografía utilizada. Se incorporan los anexos que respaldan la investigación desarrollada.

CAPÍTULO 1. FUNDAMENTO TEÓRICO.

1.1 Generalidades sobre el cálculo de pérdidas eléctricas.

La energía eléctrica consumida por el sector industrial representa en condiciones normales de trabajo un porcentaje muy significativo de la producción energética de las plantas generadoras del Sistema Electroenergético Nacional (SEN).

Un porcentaje determinado de la potencia eléctrica activa y reactiva consumida por la industria se convierte en pérdidas en los diferentes elementos del sistema de suministro: plantas generadoras, transformadores, conductores, motores, etc.

Las plantas generadoras constituyen un conjunto compuesto por el motor primario, el generador, la excitatriz, etc. que deben ser estudiados para determinar las curvas de consumo de combustible en función de la carga.

1.1.1 Pérdidas de potencia en transformadores.

Las pérdidas de potencia de un transformador se dividen en: [3]

- 1) Pérdidas sin carga ΔP_{sc} , compuestas principalmente por pérdidas de núcleo, pérdidas de cobre debidas a la corriente de excitación y pérdidas por histéresis y corrientes parásitas.
- 2) Pérdidas de cortocircuito ΔP_{cc} , debidas a las pérdidas de cobre en ambos devanados por la circulación de la corriente de carga, pérdidas por corrientes parásitas en los conductores y pérdidas adicionales en la estructura del transformador.
- 3) Pérdidas de potencia reactiva sin carga ΔQ_{sc} , debidas a la magnetización del núcleo del transformador.

- 4) Pérdidas reactivas de cortocircuito ΔQ_{cc} , asociadas al flujo disperso de ambos devanados.

Desde todos los puntos de vista, las pérdidas sin carga pueden considerarse constantes para un voltaje dado, mientras que las pérdidas de cortocircuito varían cuadráticamente con la corriente de carga.

Normalmente, la chapa de los transformadores informa de datos tales como el voltaje de cortocircuito $V_{cc}\%$ o porcentaje de impedancia del transformador $Z\%$ (que son magnitudes equivalentes), la corriente en vacío $I_{sc}\%$ y las pérdidas de potencia activa, etc. [3]

Las pérdidas de potencia reactiva sin carga y en cortocircuito pueden determinarse de: [7]

$$\Delta Q_{sc} = \sqrt{(\%I_{sc} \cdot S_n / 100)^2 - \Delta P_{sc}^2} \approx \%I_{sc} \cdot S_n / 100 \quad (1.1)$$

$$\Delta Q_{cc} = \sqrt{(\%V_{cc} \cdot S_n / 100)^2 - \Delta P_{cc}^2} \approx \%V_{cc} \cdot S_n / 100 = \%Z \cdot S_n / 100 \quad (1.2)$$

ΔQ_{sc} : Pérdidas de potencia reactiva sin carga.

ΔQ_{cc} : Pérdidas de potencia reactiva en cortocircuito.

S_n : Potencia aparente nominal.

Las pérdidas activas y reactivas varían cuadráticamente con el coeficiente de carga del transformador.

$$K_c = S / S_n = I / I_n \quad (1.3)$$

$$\Delta P(K_c) = \Delta P_{sc} + K_c^2 \cdot \Delta P_{cc} \quad (1.4)$$

$$\Delta Q(K_c) = \Delta Q_{sc} + K_c^2 \cdot \Delta Q_{cc} \quad (1.5)$$

K_c : coeficiente de carga del transformador

ΔP_{sc} : Pérdidas de potencia activa sin carga

ΔP_{cc} : Pérdidas de potencia activa en cortocircuito

I_n : corriente nominal

I : corriente de carga

1.1.1.1 Pérdidas con carga variable.

Las pérdidas de energía activa y reactiva en un transformador ante un gráfico de carga variable en el tiempo se determinan como la suma de las pérdidas de potencia activa y reactiva en cada estado de carga, es decir: [3]

$$\Delta Ea = \sum_{i=1}^n (\Delta P_{sc} + Kc_i^2 \cdot \Delta P_{cc}) \Delta t_i \quad (1.6)$$

$$\Delta Er = \sum_{i=1}^n (\Delta Q_{sc} + Kc_i^2 \cdot \Delta Q_{cc}) \Delta t_i \quad (1.7)$$

ΔEa : Pérdidas de energía activa.

ΔEr : Pérdidas de energía reactiva.

Δt_i : Variación del tiempo.

Otra forma de calcular dichas pérdidas es:

$$\Delta Ea = T \left[\Delta P_{sc} + \left(\frac{1}{T} \sum_{i=1}^n S_i^2 \Delta t_i \right) \cdot \frac{\Delta P_{cc}}{Sn^2} \right] \quad (1.8)$$

$$\Delta Er = T \left[\Delta Q_{sc} + \left(\frac{1}{T} \sum_{i=1}^n S_i^2 \Delta t_i \right) \cdot \frac{\Delta Q_{cc}}{Sn^2} \right] \quad (1.9)$$

Y siendo el término destacado en el paréntesis central el cuadrado de la potencia aparente medio cuadrática del diagrama de carga considerado S_{MC} , entonces: [7]

$$\Delta Ea = T \left[\Delta P_{sc} + \left(\frac{S_{MC}}{Sn} \right)^2 \Delta P_{cc} \right] = T \left[\Delta P_{sc} + Kc_{MC}^2 \Delta P_{cc} \right] \quad (1.10)$$

$$\Delta Er = T \left[\Delta Q_{sc} + \left(\frac{S_{MC}}{Sn} \right)^2 \Delta Q_{cc} \right] = T \left[\Delta Q_{sc} + Kc_{MC}^2 \Delta Q_{cc} \right] \quad (1.11)$$

S_{MC} : Potencia aparente medio cuadrática.

T : Tiempo.

1.1.2 Pérdidas de potencia en conductores.

Las pérdidas de potencia en una línea aérea, cable o barras de distribución se dividen en: [2]

- 1) Pérdidas por efecto Joule debidas al paso de la corriente de carga por la resistencia serie de los conductores.
- 2) Pérdidas de potencia reactiva producidas por la corriente de carga en la reactancia serie de la línea.
- 3) Pérdidas de potencia activa en las conductancias paralelo de la línea.
- 4) Potencia reactiva generada por el efecto capacitivo de la línea.

Las pérdidas sin carga son despreciables por el bajo valor de la conductancia paralelo, mientras que el reactivo generado por la línea depende de forma cuadrática con el voltaje, pero para el caso de sistemas industriales es muy pequeño por la longitud reducida de los alimentadores.

Por su parte, las pérdidas debidas a la corriente de carga dependen cuadráticamente de esta, de forma tal que: [2]

$$\Delta P = 3I^2 R = \frac{P^2 + Q^2}{V^2} R \quad (1.12)$$

$$\Delta Q = 3I^2 X = \frac{P^2 + Q^2}{V^2} X \quad (1.13)$$

ΔP : Pérdidas de potencia activa.

ΔQ : Pérdidas de potencia reactiva.

R : Resistencia de la línea.

X : Impedancia de la línea.

V : Voltaje de la línea.

1.1.2.1 Pérdidas con carga variable.

Las pérdidas de energía activa y reactiva ante un gráfico de carga variable en el tiempo se determinan como la suma de las pérdidas de potencia activa y reactiva en cada estado de carga, es decir: [2]

$$\Delta Ea = \sum_{i=1}^n (3I_i^2 R) \Delta t_i = \sum_{i=1}^n \left(\frac{P_i^2 + Q_i^2}{V_i^2} R \right) \Delta t_i \quad (1.14)$$

$$\Delta Er = \sum_{i=1}^n (3I_i^2 X) \Delta t_i = \sum_{i=1}^n \left(\frac{P_i^2 + Q_i^2}{V_i^2} X \right) \Delta t_i \quad (1.15)$$

Utilizando los valores medio cuadráticos de la corriente I_{MC} , la potencia activa P_{MC} y reactiva Q_{MC} , puede plantearse: [2]

$$\Delta Ea = 3T \cdot I_{MC}^2 R = T \frac{P_{MC}^2 + Q_{MC}^2}{V^2} R \quad (1.16)$$

$$\Delta Er = 3T \cdot I_{MC}^2 X = T \frac{P_{MC}^2 + Q_{MC}^2}{V^2} X \quad (1.17)$$

Donde se ha considerado el voltaje constante.

1.1.3 Pérdidas de potencia en motores.

En el caso de los motores es preciso destacar que la potencia de salida de estos equipos es mecánica. Las pérdidas en este caso son:

- 1) Pérdidas de cobre en el estator y el rotor por efecto de las corrientes de carga que circulan por ambos devanados. Se agrupan en las pérdidas con carga ΔP_{cc} .
- 2) Pérdidas de potencia reactiva en ambos devanados por la presencia de las reactancias de dispersión de los mismos. Se agrupan en las pérdidas con carga ΔQ_{cc} .
- 3) Pérdidas de fricción, batimiento y núcleo, así como pérdidas adicionales que se reflejan en la resistencia paralelo del circuito equivalente. Se agrupan en las pérdidas sin carga ΔP_{sc} .

- 4) Pérdidas de potencia reactiva debidas a la corriente de magnetización del núcleo ferromagnético de la máquina. Se agrupan en las pérdidas sin carga ΔQ_{sc} .

El hecho de que estos receptores operan generalmente fuera de su estado de carga nominal e incluso con régimen de operación variable en el tiempo, complica la determinación de las pérdidas para un estado de carga determinado.

Para evaluar con exactitud el comportamiento energético de un motor en sus condiciones reales de trabajo, es preciso contar con un conjunto de instrumentos y facilidades de medición que no son comúnmente disponibles en la industria. Además, es preciso que las pruebas necesarias afecten lo menos posible la continuidad del proceso productivo.

Varios métodos simplificados se emplean para estimar el estado de carga de un motor en operación con mínimos recursos de medición, entre ellos se destacan:

- 1) Las curvas y tablas de comportamiento del fabricante.
- 2) El circuito equivalente aproximado.
- 3) La relación de potencia de entrada a potencia de entrada nominal.
- 4) La relación de corriente a corriente nominal.
- 5) La relación de deslizamiento a deslizamiento nominal.

1.1.3.1 Curvas y tablas de comportamiento del fabricante.

Las curvas de comportamiento de un motor eléctrico, comprenden entre otras, las características de eficiencia, factor de potencia, corriente y velocidad contra carga del motor en condiciones de voltaje nominal, véase figura 1.1. [8]

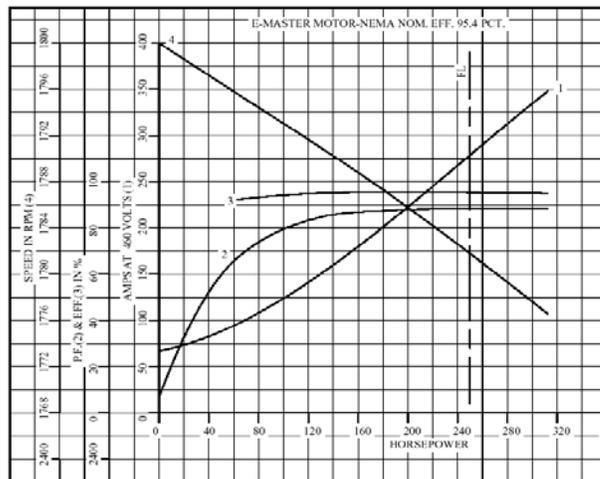


Fig. 1.1 Curvas de un motor de 250 HP, 460 V y 1780 RPM modelo P44G6500 de la firma Reliance Electric Motors.

Contando con estas curvas, es posible estimar con facilidad el comportamiento del motor para una carga dada cuando el voltaje de suministro coincide con el de chapa y cumple los requerimientos de calidad necesarios.

Sin embargo, en muchas ocasiones las curvas que se suministran son el resultado de cálculos basados en los datos de diseño del motor y no se cumplen exactamente para los motores producidos.

Por otra parte, los fabricantes acostumbran ofrecer los datos de comportamiento típicos de los motores para determinados porcentajes de carga característicos (0, 25, 50, 75, 100, 125%, etc.). Estos datos se obtienen en pruebas experimentales a muestras de los motores fabricados, por lo que constituyen una buena aproximación para el comportamiento de dichos motores.

El método para estimar el estado de carga del motor se basa en emplear las tablas de comportamiento de los motores e interpolar linealmente entre los valores tabulados para reconstruir aproximadamente las curvas de comportamiento del motor. [8]

Suponiendo que la variable medida es la corriente I y este valor se encuentra entre los puntos I_A , I_B , entonces los valores del coeficiente de carga kc , la velocidad rpm, la eficiencia η y factor de potencia $\cos\phi$ se estiman por las expresiones: [8]

$$kc \approx kc_A + \frac{Kc_B - Kc_A}{I_B - I_A}(I - I_A) \quad (1.18)$$

$$rpm \approx rpm_A + \frac{rpm_B - rpm_A}{I_B - I_A}(I - I_A) \quad (1.19)$$

$$\eta \approx \eta_A + \frac{\eta_B - \eta_A}{I_B - I_A}(I - I_A) \quad (1.20)$$

$$\cos\phi \approx \cos\phi_A + \frac{\cos\phi_B - \cos\phi_A}{I_B - I_A}(I - I_A) \quad (1.21)$$

η : Eficiencia

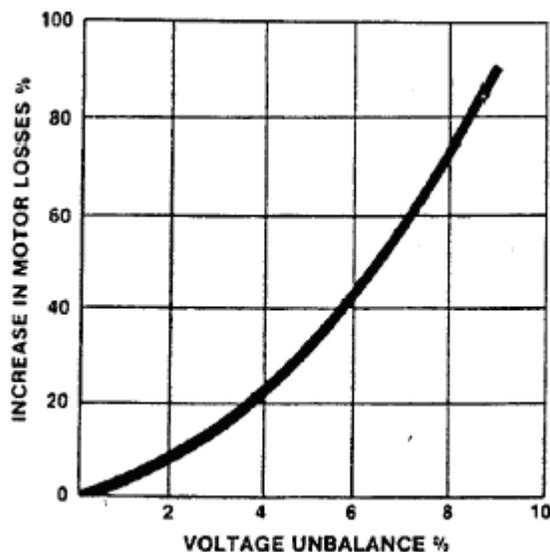
kc : Coeficiente de carga del motor

La estimación de las características de operación mediante curvas o tablas puede ser inexacta cuando el motor opera en condiciones de voltaje diferente al nominal o están presentes fenómenos de desbalance y/o armónicos, en cuyo caso pueden emplearse las siguientes correcciones que aparecen en la tabla 1.1 [1]

Tabla 1.1 Variación aproximada de varios parámetros del motor de inducción con respecto al voltaje.

Parámetro	V = 90%	Función	V = 110%
Par de arranque y máximo	-19%	V^2	21%
Deslizamiento	23%	$1/V^2$	-17%
Eficiencia			
100% carga	-2 ptos		Pequeño incremento
75% carga	No cambia		No cambia
50% carga	+1 a +2 ptos		-1 a -2 ptos
Factor de potencia			
100% carga	+1 pto		-3 ptos
75% carga	+2 a +3 ptos		-4 ptos
50% carga	+4 a +5 ptos		-5 a -6 ptos

Por su parte, el efecto del desbalance de voltaje puede estimarse según la figura 1.2. [5]

**Fig. 1.2 Efecto del desbalance de voltaje**

Otra corrección a la eficiencia del motor cuando hay presencia de distorsión armónica en el voltaje de alimentación puede estimarse mediante la figura 1.3. [5]

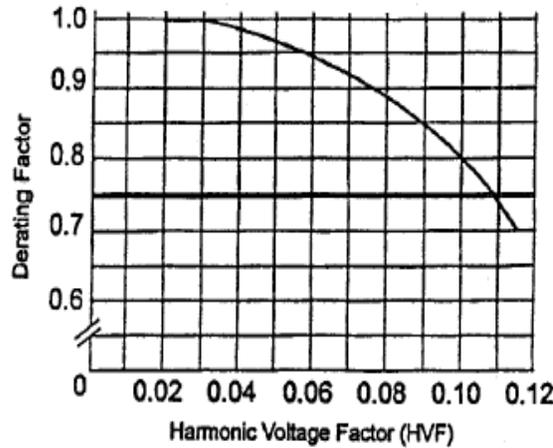


Figura 1.3 Corrección a la eficiencia del motor

1.1.3.2 Expresiones aproximadas.

Desde el punto de vista práctico, se han desarrollado diferentes expresiones aproximadas para estimar el estado de carga del motor y calcular las pérdidas del motor para una carga diferente de la nominal, estas son: [8].

Relación de potencia de salida a potencia de salida nominal.

El coeficiente de carga del motor es la relación de potencia de salida a potencia nominal.

$$k_c = \frac{P_{sal}}{P_N} \quad (1.22)$$

Considerando este coeficiente de carga, las pérdidas de potencia activa y reactiva para un estado de carga cualquiera pueden calcularse aproximadamente por las expresiones:

$$\Delta P = (V/V_n)^2 \Delta P_{sc} + k_c^2 \Delta P_{cc} \quad (1.23)$$

$$\Delta Q = (V/V_n)^2 \Delta Q_{sc} + k_c^2 \Delta Q_{cc} \quad (1.24)$$

Donde las pérdidas nominales pueden obtenerse a partir de los datos de chapa y una prueba de rotor libre mediante las expresiones:

$$\Delta P_{sc} = P(\text{rotor libre}) \quad (1.25)$$

$$\Delta Q_{sc} = Q(\text{rotor libre}) \approx \sqrt{3} \cdot V_n \cdot I_{sc} \quad (1.26)$$

$$\Delta P_{cc} = P_N (1/\eta_N - 1) - \Delta P_{sc} \quad (1.27)$$

$$\Delta Q_{cc} = P_N / \eta_N \tan(\cos^{-1}(fp_N)) - \Delta Q_{sc} \quad (1.28)$$

Relación de potencia de entrada a potencia de entrada nominal.

El coeficiente de carga del motor se aproxima por:

$$k_c = \frac{P_{sal}}{P_N} = \frac{P_{ent} \cdot \eta}{P_{ent_N} \cdot \eta_n} \approx \frac{P_{ent}}{P_{ent_N}} \quad (1.29)$$

Esta aproximación será más exacta en la medida en que no varíe la eficiencia del motor, o sea, en los estados de carga cercanos al nominal.

No obstante, si se cumplen las expresiones anteriores, puede plantearse que:

$$P_{ent} = \Delta P + P_{sal} = ((V/V_n)^2 \Delta P_{sc} + k_c^2 \Delta P_{cc}) + k_c \cdot P_N \quad (1.30)$$

De donde puede obtenerse el valor de K_c como:

$$k_c = \frac{-P_N + \sqrt{P_N^2 - 4\Delta P_{cc}((V/V_n)^2 \Delta P_{sc} - P_{ent})}}{2\Delta P_{cc}} \quad (1.31)$$

Relación de corriente a corriente nominal.

En la práctica, comúnmente se acostumbra asociar el estado de carga del motor con la relación de corriente a corriente nominal, es decir:

$$k_c = \frac{P_{sal}}{P_N} \approx \frac{I}{I_N} \quad (1.32)$$

Sin embargo, este procedimiento es muy inexacto, sobre todo para valores de carga reducida, ya que tanto la eficiencia como el factor de potencia del motor varían con su estado de carga, por lo que la relación real sería para un voltaje de alimentación nominal:

$$k_c = \frac{P}{P_n} = \frac{\sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \eta \cdot \cos \phi}{\sqrt{3} \cdot V_n \cdot I_n \cdot \eta_n \cdot \cos \phi_n} = \frac{I \cdot \eta \cdot \cos \phi}{I_n \cdot \eta_n \cdot \cos \phi_n} \quad (1.33)$$

Como el producto eficiencia por factor de potencia se reduce en la medida en que disminuye la carga del motor, el coeficiente de carga k_c siempre será menor que la relación de corriente a corriente nominal.

Cuando hay variaciones en la tensión de trabajo del motor, se emplea la expresión:

$$k_c \approx \frac{V \cdot I}{V_n \cdot I_n} \quad (1.34)$$

No obstante, si se cumplen las expresiones anteriores, puede plantearse que:

$$KVA^2 = \left[\left((V/V_n)^2 \Delta P_{sc} + k_c^2 \Delta P_{cc} \right) + k_c \cdot P_N \right]^2 + \left[(V/V_n)^2 \Delta Q_{sc} + k_c^2 \Delta Q_{cc} \right]^2 \quad (1.35)$$

Y a partir de esta se puede buscar una expresión iterativa para obtener k_c como:

$$k_c = \frac{\sqrt{KVA^2 - \left[(V/V_n)^2 \Delta Q_{sc} + k_c^2 \Delta Q_{cc} \right]^2} - \left[(V/V_n)^2 \Delta P_{sc} + k_c^2 \Delta P_{cc} \right]}{P_N} \quad (1.36)$$

Relación de deslizamiento a deslizamiento nominal.

Un método aproximado que se puede emplear para estimar el coeficiente de carga del motor se basa en medir su velocidad bajo carga n_2 y determinar k_c como la relación de deslizamiento a deslizamiento nominal.

$$k_c \approx \frac{s}{s_n} = \frac{n_1 - n_2}{n_1 - n_{2n}} \quad (1.37)$$

S : Deslizamiento

n : Velocidad angular

Este procedimiento se recomienda solo cuando se tiene un tacómetro óptico y no se dispone de lecturas de potencia de entrada.

Debido a que el deslizamiento varía con la tensión efectiva real, se ha hecho un refinamiento en la fórmula anterior:

$$k_c \approx \frac{n_1 - n_2}{(n_1 - n_{2n})(V_n/V)^2} \quad (1.38)$$

Una vez estimado el estado de carga del motor puede emplearse la expresión derivada del circuito equivalente para calcular las pérdidas.

1.1.3.3 Pérdidas con carga variable.

Las pérdidas de energía activa (ΔEa) y reactiva (ΔEr) en un motor ante un gráfico de carga variable en el tiempo se determinan como la suma de las pérdidas de potencia activa y reactiva en cada estado de carga, es decir: [8]

$$\Delta Ea = \sum_{i=1}^n \Delta P_i \cdot \Delta t_i \quad (1.39)$$

$$\Delta Er = \sum_{i=1}^n \Delta Q_i \cdot \Delta t_i \quad (1.40)$$

Utilizando el valor medio cuadrático del coeficiente de carga kc_{MC} y suponiendo constante el voltaje, puede plantearse:

$$\Delta Ea = T(\Delta P_{sc} + kc_{MC}^2 \Delta P_{cc}) \quad (1.41)$$

$$\Delta Er = T(\Delta Q_{sc} + kc_{MC}^2 \Delta Q_{cc}) \quad (1.42)$$

1.1.4 Pérdidas de potencia referidas.

El consumo de potencia reactiva de las cargas industriales circula por los elementos del Sistema Electroenergético Nacional (SEN) provocando pérdidas de potencia activa adicionales en el mismo.

Por lo tanto, cuando se realizan análisis de consumo energético en la industria, no deben contabilizarse solamente las pérdidas de potencia activa de los equipos, sino también considerar el efecto que provoca en la red el consumo de potencia reactiva de dichos equipos.

El efecto de esta carga reactiva se evalúa corrientemente utilizando el coeficiente incremental de pérdidas activas por el consumo de reactivo Kip , cuya magnitud se encuentra normalmente 0.02-0.12 kW/kvar en dependencia de la distancia a que se encuentre la empresa industrial con respecto a las plantas generadoras del SEN.

Como quiera que los receptores y los mismos elementos del sistema industrial consumen para su trabajo no solo potencia activa, sino reactiva, es que se introduce el concepto de pérdidas referidas de potencia en dichos elementos. Pérdidas que involucran tanto las pérdidas de potencia activas como las que se producen en el SEN debido a la circulación por el mismo de la potencia reactiva que se consume en pérdidas en dicho elemento.

Las pérdidas totales referidas de un elemento se calculan como la suma de las pérdidas de potencia activa y las de potencia reactiva afectadas por el Kip . [3]

$$\Delta P' = \Delta P + Kip \cdot \Delta Q \quad (1.43)$$

Kip : Coeficiente incremental de pérdidas.

$\Delta P'$: Pérdidas activas totales referidas.

Este mismo concepto puede extenderse para el análisis de la energía, definiendo las pérdidas de energía referidas como:

$$\Delta Ea' = \Delta Ea + Kip \cdot \Delta Er \quad (1.44)$$

$\Delta Ea'$: Pérdidas de energía activas referidas.

1.2 Generalidades sobre el factor de potencia.

Operar con bajo factor de potencia una instalación eléctrica, además del impacto en el pago de electricidad, tiene otras implicaciones de igual o mayor significación, particularmente en relación con la capacidad de los equipos de transformación y distribución de la energía eléctrica y con el uso eficiente de las máquinas y aparatos que funcionan con electricidad.

El concepto del factor de potencia, los efectos que se presentan cuando su valor es reducido y los métodos para corregirlo, no son temas nuevos. Sin embargo, su análisis es un problema permanente y de obligada importancia para todos aquellos cuya actividad se relaciona con la operación eficiente de las instalaciones eléctricas industriales y el ahorro de energía.

La mayoría de las cargas industriales son de naturaleza inductiva. Precisamente las cargas inductivas son el origen del bajo factor de potencia, con los inconvenientes que esto ocasiona.

Energéticamente hablando, el factor de potencia ($\cos\phi$) es la relación entre la potencia activa (que produce trabajo en la carga) y la potencia aparente del circuito: [9]

$$\cos\phi = fp = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{3}VI} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}} = \cos(\tan^{-1}(Q/P)) \quad (1.45)$$

Esta es la expresión del factor de potencia instantáneo en un momento dado. Sin embargo, considerando la variabilidad de la carga eléctrica en el tiempo, se acostumbra a emplear el término de factor de potencia medio pesado para referirse a un valor constante que representa la relación entre la energía activa E_a (kW.h) y la energía aparente E_s (KVA.h) suministrada a la carga: [9]

$$fp_{MP} = \frac{E_a}{\sqrt{E_a^2 + E_r^2}} = \cos(\tan^{-1}(E_r/E_a)) \quad (1.46)$$

Dónde:

$$\sqrt{E_a^2 + E_r^2} = E_s \quad (1.47)$$

fp_{MP} : Factor de potencia medio pesado.

El factor de potencia medio pesado es el que corrientemente se emplea por las empresas distribuidoras de energía eléctrica para facturar la energía que se suministra a una empresa industrial dada.

Por otra parte, se habla de factor de potencia natural de una instalación, cuando se refiere al factor de potencia instantáneo o medio pesado de dicho circuito sin considerar el efecto de los motores sincrónicos, capacitores u otros equipos compensadores del factor de potencia instalados, mientras que cuando se consideran dichos equipos se habla de factor de potencia global o simplemente factor de potencia de la instalación [4]

1.2.1 Inconvenientes de un bajo factor de potencia.

Una instalación industrial común tiene un factor de potencia natural que puede ser relativamente bajo, en el rango de 0.6 a 0.8 inductivo. Este bajo factor de potencia se debe a la presencia de motores asíncronos subcargados, el uso de convertidores electrónicos para el suministro de corriente directa, la utilización de dispositivos de inducción, de unidades de climatización, y el empleo de lámparas fluorescentes. En la medida en que la planta está más motorizada, puede esperarse un empeoramiento del factor de potencia, a menos que se tomen medidas correctivas. [9]

La potencia aparente y, como consecuencia, la corriente de la carga dependen inversamente del factor de potencia de la misma: [9]

$$S = \frac{P}{\cos \phi} \quad (1.48)$$

$$I = \frac{P}{\sqrt{3}V \cos \phi} \quad (1.49)$$

De estas expresiones puede concluirse que un bajo factor de potencia incrementa la corriente. Gráficamente esto se puede observar en la Figura 1.4, donde se evidencia que cuanto mayor sea la corriente reactiva inductiva I_L para una misma potencia activa (I_R constante), mayor es el ángulo ϕ y por tanto, más bajo el factor de potencia $\cos \phi$. Como consecuencia, se produce un incremento en la corriente total I . [9]

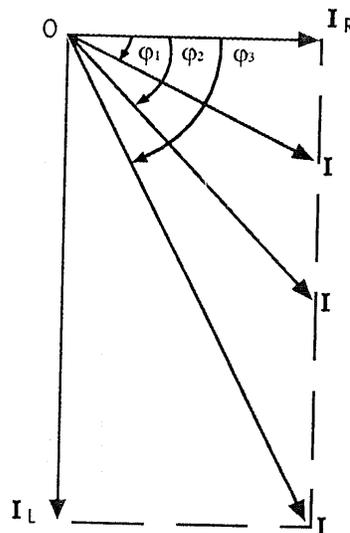


Figura 1.4 Disminución del factor de potencia al incrementarse la corriente reactiva I_L

El incremento de la corriente produce serios inconvenientes (no solo para el usuario sino también para la empresa que suministra energía eléctrica), como los que se describen a continuación. [9]

a) Disminución de la capacidad de los equipos de generación, distribución y maniobra de la energía eléctrica.

Muchos equipos eléctricos, como son los generadores, transformadores, conductores, seccionadores fusibles, interruptores automáticos, etc. se dimensionan a partir de una capacidad de corriente. El incremento de la corriente debido a un bajo factor de potencia aumenta la carga térmica de los equipos que suministran o permiten el paso de dicha corriente, produciendo fallas, reducción de la vida útil, operaciones inadecuadas, etc. Esto puede obligar, por ejemplo, a utilizar conductores de mayor calibre, transformadores de mayor capacidad que serán, por lo tanto, más caros. En la Figura 1.5, se muestra una gráfica de un transformador, donde se puede observar cómo su capacidad depende del factor de potencia. Para valores reducidos de este, la carga útil del equipo se ve notoriamente disminuida.

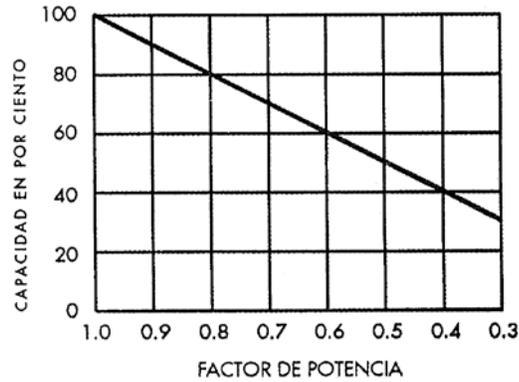


Figura 1.5 Influencia del factor de potencia en la capacidad de un transformador.

b) Incremento en las pérdidas de potencia y energía.

Las pérdidas de potencia y energía en transformadores, cables y otros elementos del sistema dependen de la circulación por dichos elementos, tanto de la potencia activa como reactiva de las cargas. Así, como ya se había planteado anteriormente, las pérdidas de energía ΔP son:

$$\Delta P = 3I^2 R = 3 \left(\frac{P}{\sqrt{3} V \cos \varphi} \right)^2 R = \frac{P^2}{V^2 \cos^2 \varphi} R \quad (1.50)$$

$$\Delta P = 3 \left(\frac{\sqrt{P^2 + Q^2}}{\sqrt{3} V} \right)^2 R = \frac{P^2 + Q^2}{V^2} R \quad (1.51)$$

Un bajo factor de potencia provoca un incremento apreciable de las pérdidas de potencia en los elementos serie y por ende, en las pérdidas de energía.

c) Deficiente regulación de tensión.

La caída de tensión en un elemento serie determinado (cable, transformador, etc.), se define como la diferencia entre los valores modulares de fase a neutro de la tensión en el lado de la fuente V_s y en el lado de la carga V_r :

$$\Delta V = V_s - V_r \quad (1.52)$$

En forma general, la caída de tensión de una fase a neutro en una línea que tiene una resistencia R y reactancia X, depende de la corriente I circulante y su factor de potencia. [6]

$$\Delta V = V_s + IR \cos \phi + IX \sin \phi - \sqrt{V_s^2 - (IX \cos \phi - IR \sin \phi)^2} \quad (1.53)$$

O de forma aproximada mediante:

$$\Delta V \approx IR \cos \phi + IX \sin \phi \quad (1.54)$$

Y como:

$$I = \frac{P}{V \cos \phi} = \frac{Q}{V \sin \phi} \quad (1.55)$$

Queda que:

$$\Delta V \approx \frac{RP + XQ}{V} \quad (1.56)$$

Debido a que la reactancia inductiva es generalmente mayor que la resistencia, las caídas de tensión en los elementos del sistema dependen primordialmente de la magnitud de la potencia reactiva circulante. De esta forma, si las cargas tienen bajo factor de potencia, pueden esperarse caídas de tensión más pronunciadas en transformadores y cables.

d) Incremento en la factura de energía eléctrica.

Por lo anteriormente visto, un bajo factor de potencia significa energía desperdiciada y afecta a la adecuada utilización del sistema eléctrico. Por esta razón, en las tarifas eléctricas se imponen cuotas a manera de multas si el factor de potencia es menor que cierta cifra (penalización) y se ofrece una reducción en la factura (bonificación) en instalaciones con un factor de potencia elevado.

1.2.2 Métodos de corrección del factor de potencia.

El mejoramiento del factor de potencia en la industria o los servicios, solo puede ser alcanzado a través de la correcta combinación de diferentes medios para su elevación, cada uno de los cuales debe ser técnica y económicamente

fundamentado. Los medios para la elevación del factor de potencia pueden ser considerados dentro de los grupos generales siguientes: [3]

- Reducción del consumo de potencia reactiva, sin la aplicación de medios compensadores.
- Con la aplicación de medios compensadores

1.2.2.1 Sin la aplicación de medios compensadores.

El primer paso para corregir el bajo factor de potencia en una instalación es prevenirlo, para lo cual se debe evitar, en lo posible, la demanda excesiva de potencia reactiva. Para esto, en términos generales, no se requieren grandes inversiones capitales. A esta variante pertenecen las siguientes medidas:

- Ordenamiento del proceso tecnológico.
- Selección correcta del tipo de motor.
- Sustitución de los motores asíncronos subcargados por otros de menor potencia.
- Reducción de la tensión de los motores que sistemáticamente trabajan con poca carga.
- Limitación del trabajo de los motores en vacío.
- Sustitución de motores asíncronos por motores síncronos.
- Elevación de la calidad de la reparación de los motores.
- Sustitución de los transformadores subcargados.

Ordenamiento del proceso tecnológico.

La sola aplicación de medidas organizativas del proceso de producción puede significar un efecto considerable en la elevación del factor de potencia, siempre que ellas sean encaminadas al mejoramiento del régimen de trabajo eléctrico de la instalación. La coincidencia innecesaria en el proceso productivo de actividades que implican algún grado de subutilización de los equipos eléctricos (que por lo general son evitables), conducen a un mayor consumo de energía eléctrica y, casi siempre, a un empeoramiento del factor de potencia.

Selección correcta del tipo de motor.

Los motores asíncronos de alta velocidad y gran potencia poseen un mayor factor de potencia, como se puede observar en las curvas típicas de motores estándar que se muestran en la Figura 1.6. Lo mismo ocurre con los motores trifásicos con respecto a los monofásicos y con los motores abiertos en comparación con los cerrados. Siempre que sea posible y de acuerdo con los requerimientos del proceso productivo, aspectos como los señalados deben tomarse en consideración a la hora de seleccionar el tipo de motor.

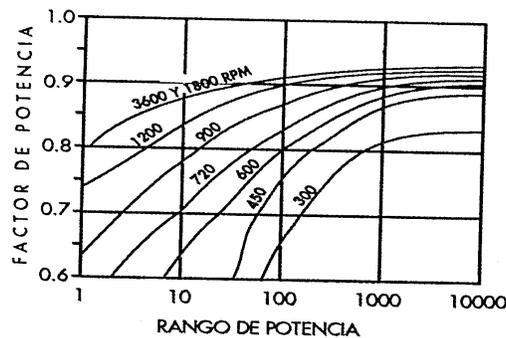


Figura 1.6 Curvas típicas de motores trifásicos asíncronos estándar.

Sustitución de los motores asíncronos subcargados por otros de menor potencia.

Los motores que operan con bajas cargas disminuyen su factor de potencia. En la Figura 1.7 se tiene una curva característica para un motor estándar de jaula de ardilla trifásico, de 1800 rpm. Nótese cómo el factor de potencia decrece sensiblemente para cargas por debajo del 50 % de su potencia nominal.

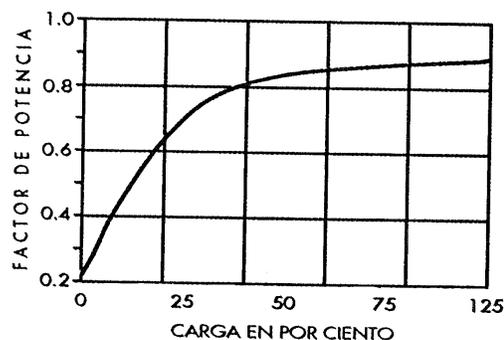


Figura 1.7 Variación del factor de potencia con la carga de un motor asíncronico.

Por esto, es importante adecuar la capacidad de los motores a sus cargas reales y evitar su operación prolongada en vacío. Desde luego, siempre se requerirá de un adecuado análisis técnico económico de cualquier medida de sustitución de motores en operación, que deberá incluir la valoración de los costos de mejorar el factor de potencia con el uso de medios compensadores, sin sustituir el motor.

Reducción de la tensión de los motores que sistemáticamente trabajan con poca carga.

Ante la imposibilidad técnica o económica de sustituir motores asíncronos subcargados, se debe estudiar la conveniencia de la reducción de la tensión hasta un determinado valor mínimo permisible, lo que provoca la reducción de la potencia reactiva requerida por el motor y con ello, la elevación del factor de potencia. Al propio tiempo, se disminuyen las pérdidas de potencia activa y, consecuentemente, se eleva la eficiencia del motor. En la práctica se aplican los siguientes métodos de reducción de la tensión:

a) Reconexión de los devanados del estator de delta a estrella.

La reconexión puede ser recomendada para motores de baja tensión sistemáticamente subcargados a menos del 35-40 % de su potencia nominal. Teniendo en cuenta que con la reconexión del motor de delta a estrella se disminuye el momento de arranque y el momento máximo en tres veces, es necesario verificar la capacidad de arranque y de sobrecarga en esas condiciones.

b) Seccionalización de los devanados del estator.

La seccionalización de los devanados del estator de los motores asíncronos se puede recomendar en aquellos casos en que resulta imposible la reconexión. Si el motor tiene los devanados del estator en paralelo, la seccionalización puede ejecutarse con relativa simplicidad. Cuando el motor está devanado siguiendo otros esquemas de conexión, la seccionalización resulta más compleja, siendo posible únicamente en el momento de la realización de las reparaciones capitales.

En este caso, también hay que considerar la disminución del momento de arranque y del momento máximo.

c) *Disminución de la tensión de los circuitos de fuerza a través del cambio de las derivaciones (taps) de los transformadores reductores.*

El cambio de las derivaciones (taps) de los transformadores reductores resulta una medida acertada, siempre que los otros receptores que alimente el transformador, por sus características y regímenes de trabajo, admitan la reducción de la tensión aplicada a sus terminales.

d) *Aprovechamiento del uso de arrancadores suaves (soft starters) y variadores de velocidad.*

En las situaciones en que resulta conveniente, técnica y económicamente, emplear arrancadores suaves o variadores de velocidad con los motores asíncronos, la posibilidad que la mayoría de estos equipos brinda de reducir la tensión cuando los motores trabajan con carga reducida, permite (además de sus otras ventajas) mejorar el factor de potencia y el consumo de energía.

Limitación del trabajo de los motores en vacío.

El trabajo de muchos motores asíncronos se caracteriza porque en los intervalos entre cargas ellos operan en vacío. En no pocas aplicaciones, el tiempo de trabajo de los motores en vacío llega a ser del 50 - 60 % del tiempo total del ciclo. Si los intervalos de trabajo en vacío son suficientemente grandes, resulta conveniente desconectar el motor de la red durante este tiempo. Esto disminuirá el consumo de potencia activa y, particularmente, de potencia reactiva.

Sustitución de motores asíncronos por motores síncronos.

Puede ser esta una interesante medida para la elevación del factor de potencia y, por ende, para la reducción de las pérdidas; pero debe tenerse en cuenta que ello solo es posible en aquellos casos en que las condiciones del proceso tecnológico así lo permitan y de que se cumplan determinados requisitos. Se llegan a justificar cuando se requieren motores nuevos y de tamaño considerable con respecto a la instalación, bajas velocidades de carácter constante y cargas poco variables. Siempre se requiere de un análisis económico para evaluar la decisión a tomar.

Elevación de la calidad de la reparación de los motores.

Una reparación deficiente, puede provocar (entre otras cosas) una disminución del factor de potencia en los motores, debido al incremento de la corriente en vacío. Además, defectos en la reparación pueden producir desbalances y otros fenómenos que reducen el factor de potencia y provocan un incremento de las pérdidas. Es necesario que la reparación se realice en talleres que apliquen los procedimientos adecuados y que la efectúe personal calificado, para garantizar la calidad.

Sustitución de los transformadores subcargados.

En la elevación del factor de potencia de una instalación, pueden ser alcanzados muy buenos resultados a través de la racionalización del trabajo de los transformadores, logrado con la sustitución y reagrupación de estos, así como con la desconexión de algunos durante las horas de menor carga. Si con estas medidas se reduce el consumo de potencia reactiva y se disminuyen las pérdidas de potencia activa, entonces su ejecución será en la mayoría de los casos de utilidad económica.

1.2.2.2 Con la aplicación de medios compensadores.

Usualmente no resultan suficientes las medidas que permiten mejorar el factor de potencia sin emplear medios compensadores y entonces, resulta necesario utilizar equipos auxiliares para corregirlo. Estos equipos de naturaleza capacitiva, toman una corriente en adelanto con respecto a la tensión, que se opone a la corriente inductiva de las cargas de la instalación.

La manera de mostrar el efecto descrito es a través de las relaciones de potencia. En la Figura 1.8 se observa cómo la potencia reactiva capacitiva $ckVAr$, reduce el requerimiento de potencia reactiva total ($kVAr - ckVAr$), disminuyendo tanto el ángulo φ como la potencia aparente KVA .

Por ningún motivo se debe sobrecompensar la carga, ya que un exceso de $ckVAr$ puede ser tan perjudicial como su defecto. En la práctica, principalmente por razones económicas, los $kVAr$ no se anulan totalmente, sino se les mantiene

dentro de los valores que den los costos totales menores. La evaluación económica en cuanto a qué magnitud de los kVAr debe compensarse, debe ser realizada empleando métodos de descuento [9].

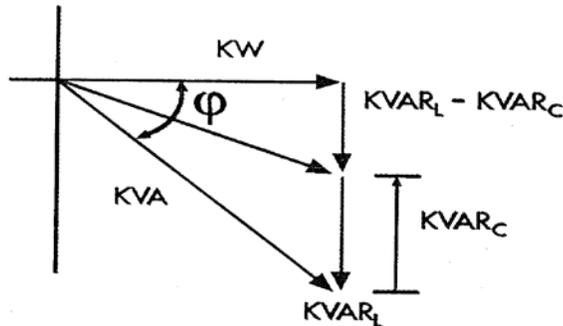


Figura 1.8 Efecto de los ckVAr sobre los kVAr en una instalación

Equipos compensadores de potencia reactiva.

Los equipos empleados en la compensación de la potencia reactiva de las cargas son fundamentalmente: [6]

- Bancos de capacitores estáticos.
- Condensadores sincrónicos (motores sincrónicos sobreexcitados).
- Compensadores activos (basados en electrónica de potencia: SVC, FACTS, etc.).

De ellos, por su bajo costo, reducido mantenimiento y bajas pérdidas de energía, los bancos de capacitores son los compensadores más empleados en la industria.

1.3 Conclusiones parciales.

El electrobalance industrial debe comprender la entrada y el gasto de energía eléctrica (activa y reactiva). En la entrada se incluye la energía eléctrica obtenida tanto del Sistema Electroenergético Nacional como de la energía eléctrica producida por las facilidades de la propia industria (generadores industriales, compensadores sincrónicos, condensadores). Los gastos se dividen en:

1. Energía eléctrica útil
2. Pérdidas eléctricas en motores, transformadores y conductores.

Con la realización del electrobalance en la UEB Central Azucarero Perucho Figueredo, se espera determinar las pérdidas de energía eléctrica en los diferentes elementos del circuito (conductores, transformadores y motores), el comportamiento del coeficiente de carga de los mismos y las deficiencias técnicas.

CAPÍTULO 2. ELECTROBALANCE.

Para economizar la energía eléctrica en la instalación industrial en estudio, es necesario determinar, ante todo, con qué propósito se utiliza y en qué magnitud. También nos permite determinar de forma más precisa, cómo, dónde, por qué y el valor de las pérdidas de energía eléctrica en la instalación industrial.

El electrobalance solo constituye un paso en el proceso de reducción del consumo de pérdidas de energía eléctrica en la industria por lo que hace necesario tener a mano una serie de datos de vital importancia para el mismo.

2.1 Descripción técnica de la instalación industrial.

Esta industria en su historia reciente ha sufrido dos grandes transformaciones una en el año 1969 donde se aumentó su molienda de 270 000 @/d (3 068 t/d) a 300 000 @/d (3 410 t/día) y otra reconstrucción total donde prácticamente se renovó todo el ingenio en 1979 donde se llevó su capacidad de molienda hasta 350 000 @/d (4000 t/d). En el año 2011 se aprobó una inversión donde se instalaron motores eléctricos de gran potencia en el área de los molinos, fueron modificadas las calderas y se aumentó la capacidad de generación de energía eléctrica.

2.1.1 Descripción de los elementos que componen el circuito eléctrico.

Planta eléctrica.

La planta eléctrica cuenta con dos turbogeneradores cuyas características se observan en la tabla 2.1.

Tabla 2.1 Datos nominales de los turbogeneradores		
Tipo		
País de fabricación	URSS	Inglaterra
Año de fabricación	1980	1976
Potencia nominal MW.	4.0	2.0
Voltaje nominal en kV.	6.3	6.3
Frecuencia en Hz.	60	60
Tipo de turbina	Contra presión	Contra presión
Presión de vapor directo en Kg/cm ²	18.5 (a)	18.5 (a)
Temperatura en °C	330	330
Presión del vapor de escape Kg/cm ²	2.0 (a)	2.0 (a)
Temperatura en °C	150	150
Consumo específico nominal T/h	10.20	11.5
Consumo a plena carga T/h	42.0	25.2
Estado actual	Bueno	Bueno



Figura 2.1 Turbogenerador 4MW



Figura 2.2 Turbogenerador 2MW

Subestación de enlace con el SEN.

Se enlaza con el Sistema Electroenergético Nacional (SEN) mediante una línea aérea de 33 kV y un transformador trifásico de 2500 KVA y tensión de 33/6.3 kV.



Figura 2.3 Subestación de enlace

Subestación de distribución principal.

Existe un banco de transformadores compuesto por 4 unidades trifásicas de 1000 KVA cada una en paralelo y tensiones de 6300/480 Volts.



Figura 2.5 Subestación de distribución

Subestación de consumo propio.

Existe un transformador trifásico de 250 KVA y tensión 6300/480 Volts, que tiene posibilidades de operar con generación propia o con el SEN.

Existen dos bancos de capacitores, uno por alta (6300 Volts y 810 kVAr) y el otro por baja (480 Volts y 510 kVAr).

Consumidores eléctricos a 6.3 kV.

La carga de 6.3 kV, que se alimenta directamente desde la PGD (Pizarra General de Distribución), se compone de:

2 motores de 400 kW para las Cuchillas de picar caña.

1 motor de 630 kW para los Molinos 1 y 2.

1 motor de 630 kW para los Molinos 3 y 4



Figura 2.4 Motor para los Molinos 1 y 2.

Consumidores eléctricos a 0.48 kV.

En la tabla 2.3 del anexo I se muestra un levantamiento de los motores existentes en la instalación industrial donde se recogen algunos de sus datos de chapa.

2.1.2 Descripción del esquema de vapor.

La planta de generación de vapor consta de dos calderas alemanas modificadas cuyos parámetros principales se observan en la tabla 2.2.

Tabla 2.2 Datos nominales de las calderas de vapor		
CALDERAS	Nº 1	Nº 2
Tipo	Stirling	Stirling
País de fabricación	Alemania	Alemania
Capacidad t/h	55	55
Presión en atm	17.6	17.6
Temperatura de salida del sobrecalentador °C	330	330
Temperatura del agua de alimentar °C	100	100
Eficiencia	80	80
Estado técnico	Bueno	Bueno



Figura 2.6 Área de las calderas

2.1.3 Descripción del área de procesos.

El área de proceso consta de cinco calentadores tipo "WEBRE" de \varnothing 20" (508 mm), dos se usan como calentadores primarios, dos como rectificadores y uno como calentador de jugo clarificado, hay dos clarificadores tipo "BTR" de \varnothing 24'-0" (7612 mm) y una capacidad de 33 500 galones cada uno, existen dos filtros de cachaza de \varnothing 10' x 20' (3 045 mm x 6 090 mm), la estación evaporadora consta de un pre-evaporador tipo "Leonard" de 836 m², trabaja con vapor de escape de 1atm y da vapor a todos los tachos y a los calentadores rectificadores como opción y un cuádruple efecto de 3 531 m² cuyo primer vaso trabaja con vapor de escape y tiene una extracción de vapor en el segundo vaso a los calentadores primarios, el calentador de jugo clarificado, trabaja con vapor de escape.

La estación de tachos consta de seis unidades tipo "Low-Head" de \varnothing 14'-0" (4 263 m²), 5 tipo "Honolulu", y un diseño de Iproyaz Villa Clara de cuatro entradas de vapor con condensadores individuales para cada tacho con descarga por gravedad a los cristalizadores.

Existen cuatro centrífugas ASEA de 1000 kg/carga, hay dos centrífugas ACW-1000 continuas en masa "B" y cuatro centrífugas ACW- 1000 para masa "C".

Esta industria es todo por gravedad, tachos-cristalizadores-centrífugas, por otra parte no hay bombas de rechazo, pues, también el agua llega al enfriadero por gravedad. Dicho enfriadero de "Sprays" se encuentra en buen estado y solo necesita reparación.

Esta instalación cuenta también con un sistema de vacío por medio de eyectores de agua, "Sistema WEBRE" el cual funciona muy bien y debe dársele la atención requerida.

Todos los sistemas de enfriamiento están en circuito cerrado, permitiendo ello un notable ahorro de agua. Existe un sistema de conducción y recolección de agua pluvial que requiere de mantenimiento, en particular las canales.

Existe además de un buen taller de maquinado y palería, un taller eléctrico con cuarto de calor para los motores.



Figura 2.7 Molinos



Figura 2.8 Centrifugas de 1ra

2.2 Diagrama monolineal general.

En el circuito que se muestra en la figura 2.9 representa una aproximación del sistema eléctrico de la instalación industrial en estudio. La subestación de enlace alimenta a través de líneas de alta tensión a la subestación de distribución principal de la industria. En período de zafra la subestación de distribución es alimentada por dos turbogeneradores, a esta subestación están conectadas las distintas áreas de la industria por medio de conductores que recorren sobre bandejas la instalación. También se aprecia los conductores que alimentan cada carga de forma individual.

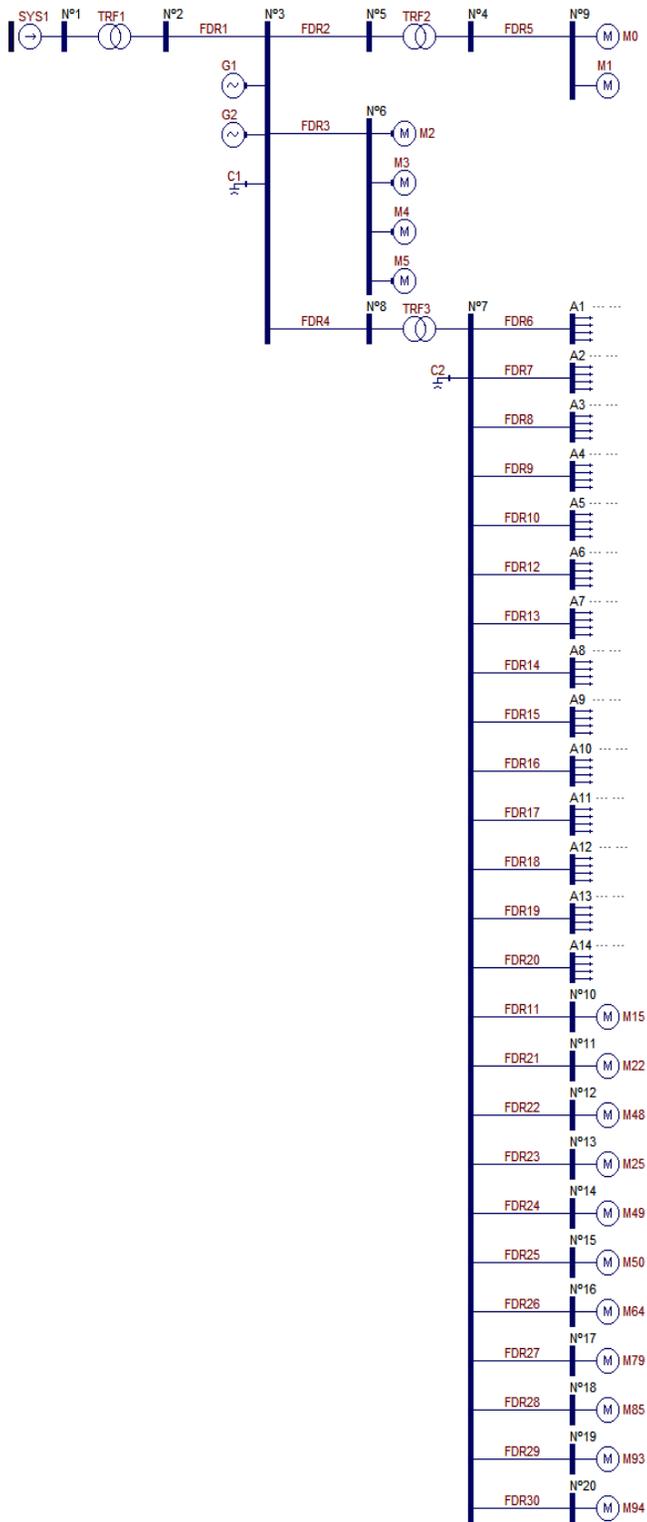


Figura2.9 Circuito aproximado de la instalación industrial.

2.3 Descripción del software.

Para la realización de las simulaciones se utilizó el software “Industrial Power Analyze” (IPA) v1.0, porque posibilita la representación del monolineal mediante una gama muy amplia de herramientas que facilitan el trabajo.

Terminado el monolineal, esta plataforma permite que se introduzcan los datos de los elementos que conforman el circuito de la instalación industrial en estudio de forma muy específica logrando un acercamiento a la realidad de la empresa. El software brinda la opción de realizar estudios de cortocircuitos, régimen de cortocircuitos y flujo de potencia.

Para la realización del proyecto se siguieron los siguientes pasos:

1. Ejecutar el programa

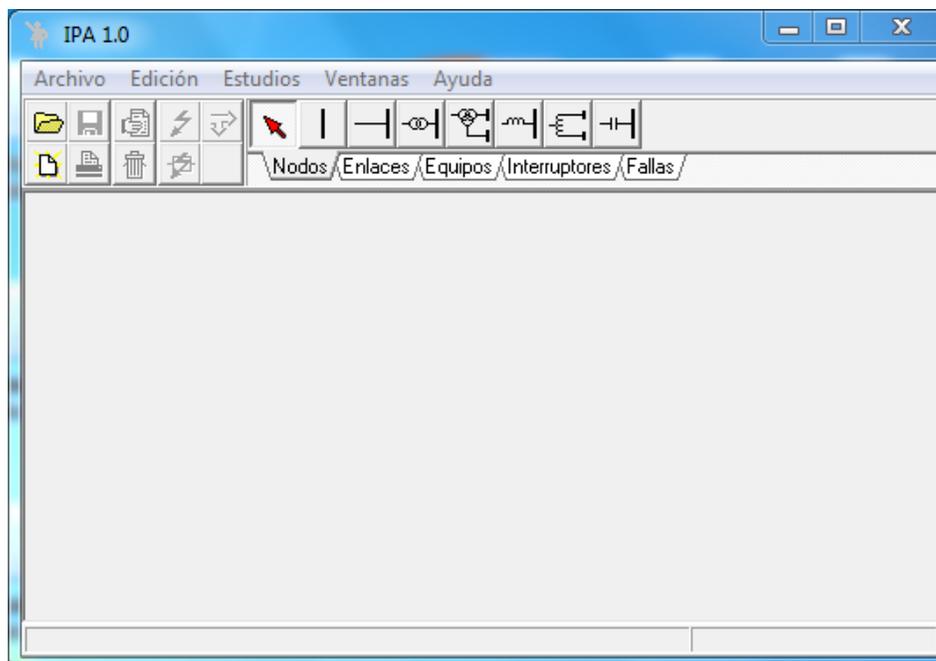


Figura 2.10 Inicio del programa.

2. Crear un archivo nuevo y posteriormente diseñar el circuito en el mismo

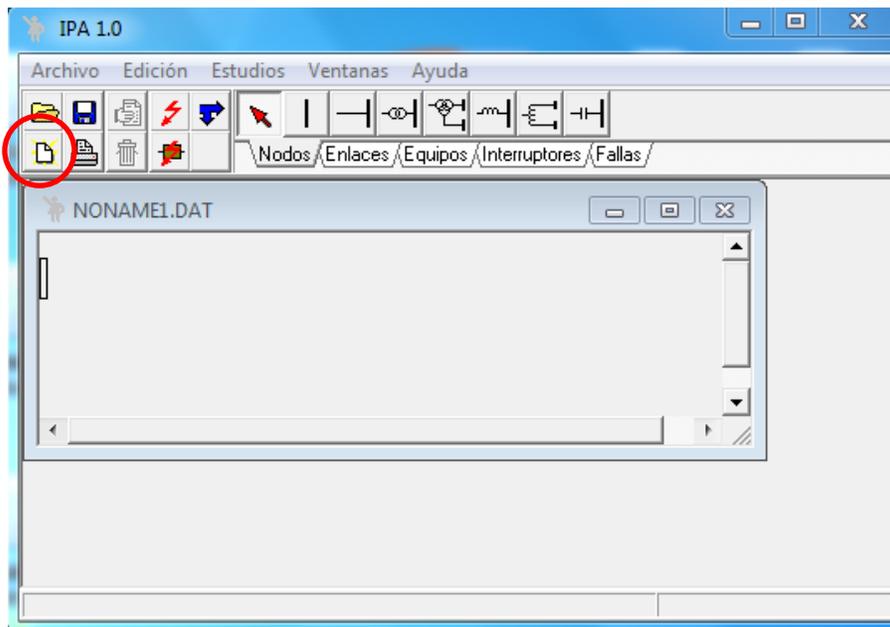


Figura 2.11 Nuevo archivo.

3. Para introducir los datos de los elementos del circuito se procede a dar clic derecho sobre cada uno de ellos y se selecciona la opción “Datos”.

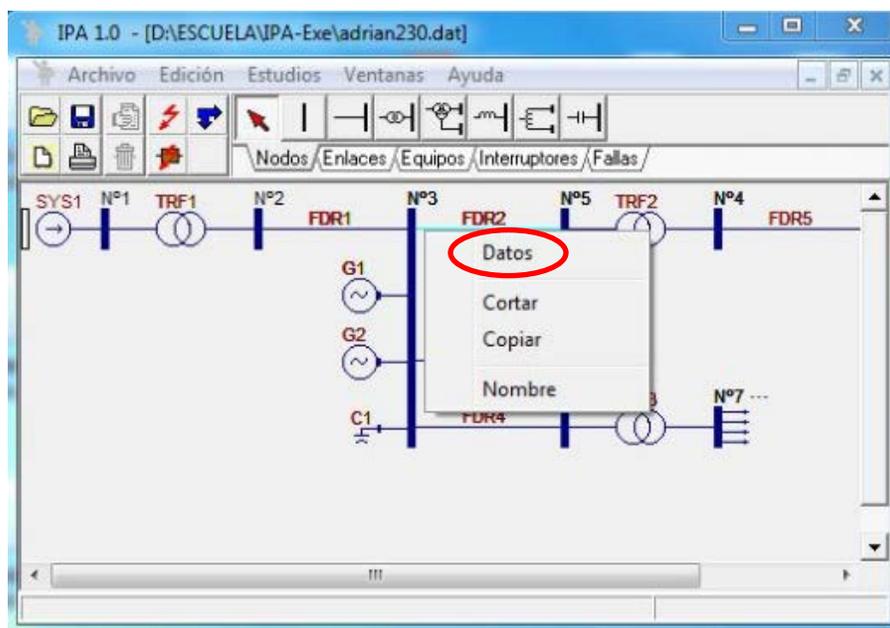


Figura 2.12 Introducción de datos.

- Para procesar los datos se procede a dar clic izquierdo en la opción “Estudio de flujo de carga” que se encuentra en la barra de herramientas.

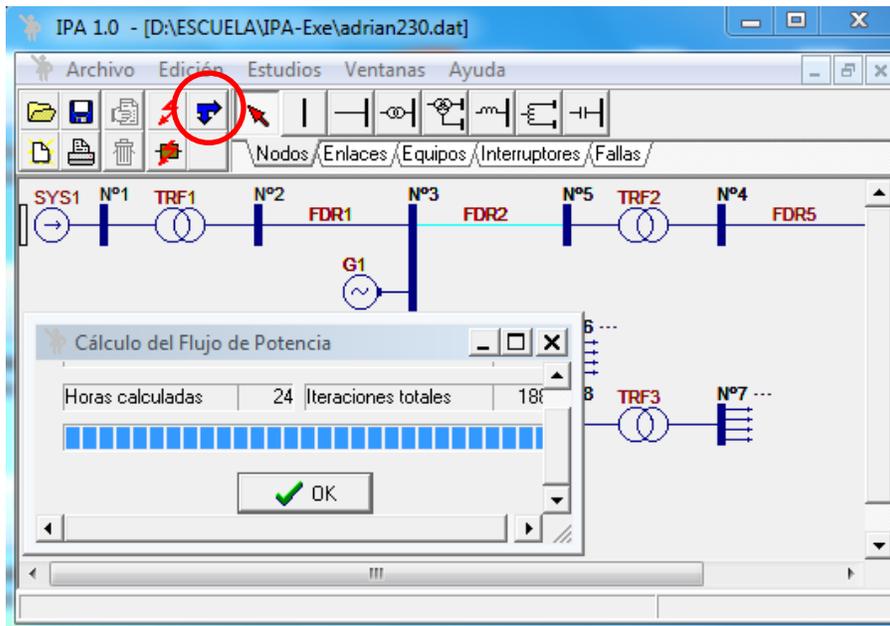


Figura 2.13 Corrida del circuito.

- Para acceder a los resultados se procede a dar clic izquierdo en la opción “Reporta los resultados corrientes” que se encuentra en la barra de herramientas.

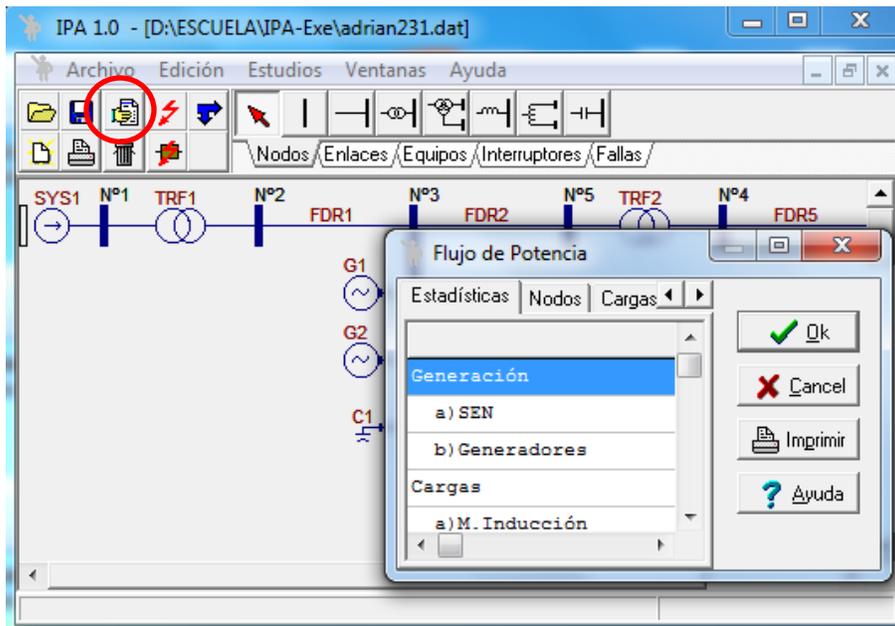


Figura 2.14 Reporte.

2.4 Comportamiento electroenergético de la industria en la zafra 2013.

En la tabla 2.4 se observa lo índices de generación, consumo y entrega de electricidad en los meses en que se desarrolló la zafra azucarera del año 2013 en la UEB Central Azucarero Perucho Figueredo. Se puede apreciar que estos índices son variables debido a una serie de factores tales como:

- Paradas por roturas.
- Paradas por incidencias climatológicas (lluvias).
- Paradas por falta de caña.
- Indisciplinas técnicas.
- Arrancadas hasta dos veces en el día.
- Deficiencias en el uso del vapor.
- Molidas por debajo del 70% de la norma potencial.

Tabla 2.4 Generación consumo y entrega de energía eléctrica ,zafra 2013.			
Meses	Generación kW.h	Consumo kW.h	Entrega al SEN kW.h
Enero	1215610	187472	191287
Febrero	1329911	112515	256921
Marzo	1155351	245265	130225
Abril	1443738	226044	201334
Mayo	675575	179644	95298

2.4.1 Comportamiento del factor de potencia.

Actualmente, se produce la compensación de la demanda de potencia reactiva que permite la bonificación por buen factor de potencia en la factura eléctrica. En cuanto al factor de potencia con que se le entrega energía al Sistema Electroenergético Nacional no existen problemas, se comporta entre 0.92 y 0.96 como promedio.

2.5 Análisis de resultados.

Para el análisis de pérdidas se contó con una serie de datos que fueron arrojados por un grupo de mediciones realizadas durante una semana con un amperímetro de gancho (hookOn). En la tabla 2.8 del anexo IV aparece el valor promedio de la corriente de carga de los motores estudiados. También fue necesario determinar el área de la sección transversal y longitud de los alimentadores, estos datos se recogen en la tabla 2.9 del anexo IV.

El electrobalance que a continuación se muestra en Figura 2.15, se confeccionó con los datos obtenidos al implementar el software IPA. Revela el comportamiento de las pérdidas, consumo y entrega de energía según el ritmo de la producción.

El peso de las pérdidas se localiza en los motores y alimentadores, representando el 6 % y el 2 % de la energía total generada como promedio en un día de trabajo de 24 horas, durante la zafra (considerando generación fija y sin paradas durante las 24 horas).

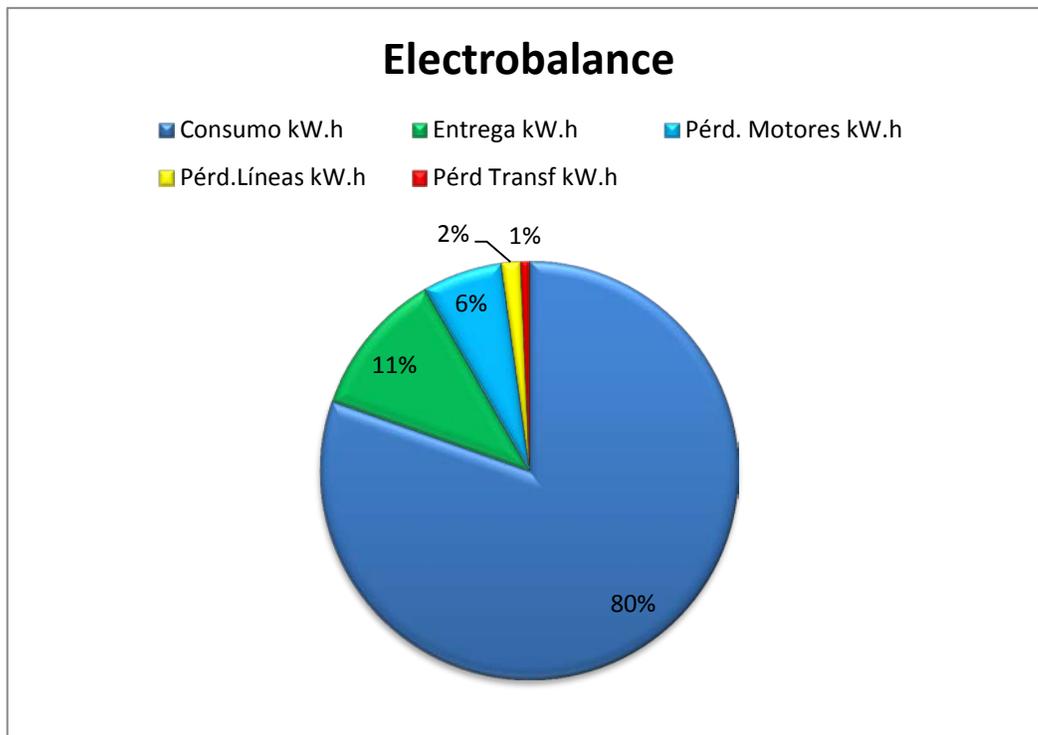


Figura 2.15 Electrobalance

2.5.1 Análisis de las pérdidas de energía en los motores.

Uno de los problemas existentes en la instalación industrial durante el período de zafra es la presencia de sobretensiones en las áreas de los molinos y basculador, la cual representa como promedio un 7% por encima del voltaje nominal (440 V), lo que ocasiona la disminución de la vida útil de los motores que operan en dichas áreas.

Esto es debido a la proximidad de las áreas mencionadas a la subestación de distribución principal lo que trae como consecuencia que las pérdidas en transmisión disminuyan. La existencia de valores no adecuados del voltaje podría ocasionar un aumento de las pérdidas en los motores debido a un incremento de las pérdidas magnéticas por la dependencia de estas con el voltaje.

Otro de los problemas presentes es la caída de tensión en el área donde se encuentran las centrífugas, representando como promedio un 6% por debajo del voltaje nominal, ocasionando la disminución de la vida útil de los motores y afectaciones en el desarrollo del proceso de producción.

Esto es producto a la distancia existente entre las centrífugas y la subestación de distribución, lo que trae como consecuencia un aumento de las pérdidas en transmisión. Un factor que también es influyente es la gran demanda de potencia en las diferentes áreas de la industria.

Los operadores de las distintas áreas de la industria juegan un papel importante en el correcto funcionamiento de esta, así como en el comportamiento de sus parámetros energéticos. En esta instalación la ocurrencia de indisciplinas técnicas atenta contra el buen funcionamiento y la vida útil de los equipos. Algunos operadores mantienen las bombas funcionando cuando ya no son necesarias y en ocasiones cuando alguna de las bombas no está cumpliendo con su función a cabalidad por desperfectos técnicos, conectan otra bomba auxiliar; pero la mantienen funcionando. Estas indisciplinas provocan un aumento en el consumo y las pérdidas de energía de la industria.

Durante el estudio fueron detectados algunos motores sobredimensionados, esto se debe en la mayoría de los casos a que estos equipos se quemaron y fueron

reemplazados por unidades de mayor potencia al no tener motores de reserva con la capacidad apropiada.

En la tabla 2.5 del anexo II se aprecian todos los parámetros eléctricos de operación de los motores de dicha industria. Una parte de los motores opera con un factor de carga inferior al 70% y solo los que están bien seleccionados operan entre el 75 y el 90% de la potencia nominal. Las pérdidas eléctricas de los motores en conjunto representan un 6% de la energía generada, cifra que está dada por la gran potencia de la mayoría de los motores de la industria.

2.5.2 Análisis de las pérdidas de energía en los transformadores.

La subestación de enlace con el SEN cuenta con un transformador que durante el período de zafra opera con un régimen de carga variable, debido a que depende de la capacidad de entrega de energía al SEN, de la industria durante el proceso de producción. Como promedio se comporta en un rango entre el 60% y el 75% de su capacidad nominal. Cuando ocurre el arranque de la industria este transformador opera durante un período relativamente corto con un factor de carga inferior al 50%.

La subestación de distribución está formada por un banco de 4 transformadores en paralelo que opera con un factor de carga promedio del 90%. Estos transformadores se comportan en cuanto a sus parámetros eléctricos de forma satisfactoria y se encuentran en buen estado técnico.

La subestación de consumo propio cuenta con un transformador que opera con un factor de carga promedio por debajo del 50%. Este transformador se encuentra subcargado pero en un futuro se prevé aumentar su carga de trabajo.

Los transformadores son equipos muy eficientes y a pesar de operar con bajos estados de carga su eficiencia permanece elevada, pues sus pérdidas son apenas el 1 o 3 % de la potencia nominal, en la tabla 2.6 donde se muestran los resultados de estudio se pueden comprobar estos datos.

Tabla 2.6. Transformadores.									
Desde	Hacia	kW	kvar	A	FP	kW.h	kvar.h	kW.h(p)	kvar.h(p)
Nº1	TRAN1	-1425.8	-556.1	20.4	-92.0	-16275.1	-6933.7	180.3	1035.2
Nº 2	TRAN1	1434.4	619.0	108.3	90.0	16455.4	7968.9	0.0	0.0
Nº 5	TRAN2	33.0	30.1	4.1	74.0	790.9	719.4	17.7	146.5
Nº 4	TRAN2	-32.2	-23.9	48.2	-80.3	-773.2	-573.0	0.0	0.0
Nº 8	Banco3	3099.8	1721.3	323.1	87.8	70958.0	38594.1	712.2	5140.2
Nº 7	Banco3	-3067.6	-1487.7	4214.4	-90.3	-70245.8	-33453.8	0.0	0.0

2.5.3 Análisis de las pérdidas de energía en los conductores.

Existen pérdidas significativas en varios conductores representando el 2% de la energía generada, debido a los valores elevados de potencias que estos transmiten y a que recorren grandes distancias sobre bandejas, que llegan a las distintas áreas evitando una serie de obstáculos, provocando que las pérdidas por transmisión aumenten.

Otro factor que contribuye al aumento de las pérdidas eléctricas en los alimentadores es la presencia de empalmes y el estado de deterioro de los mismos debido a las altas temperaturas, escapes de vapor y derrame de líquidos existentes en la industria durante el proceso de producción. En la tabla 2.7 del anexo III se muestran los resultados obtenidos con el estudio.

2.6 Evaluación del cambio de calibre de los alimentadores principales.

Con el objetivo de reducir las pérdidas de energía activa y reactiva en los conductores de alimentación de las distintas áreas de la industria se evalúa la posibilidad de cambiar los mismos por otros de menor o mayor calibre según convenga.

En caso de sustituir el calibre existente en algunos conductores (500 MCM) por otro menor (350 MCM), los resultados no fueron favorables pues las pérdidas de energía activa y reactiva aumentan con respecto a las existentes en un 9% y 2.5% respectivamente.

Sustituir los conductores de calibre (250 MCM y 350 MCM) por otro de mayor área (500 MCM) ofrece mejores resultados pues las pérdidas de energía activa y reactiva disminuyen con respecto a las existentes en un 18% y 3% respectivamente.

2.7 Propuesta de creación de subestaciones.

Después de analizar los resultados arrojados por la investigación se propone que para lograr una mayor eficiencia energética es necesario acercar la generación a las áreas donde se encuentran las principales cargas. Esto es posible con la proyección de tres subestaciones que se localicen en puntos estratégicos.

La primera subestación con una capacidad de 1000 KVA y tensión 6300/480 Volts estaría emplazada en el área de los molinos, alimentando también las áreas de la planta eléctrica, filtros y basculador.

La segunda subestación con una capacidad de 2000 KVA y tensión 6300/480 Volts se emplazaría en el área cercana a las centrífugas, alimentando además de las mismas, el área de casa de calderas.

La tercera subestación con una capacidad de 2000 KVA y tensión 6300/480 Volts se ubicaría en el área de los hornos (planta de vapor), abasteciendo también el taller de maquinado y la planta de cal.

Los tres nuevas subestaciones posibilitarían controlar de forma efectiva el voltaje por área, manteniéndolo alrededor de su valor nominal, aumentando la eficiencia de los motores y alargando su vida útil.

Los alimentadores principales de 480 Volts se reemplazarían por conductores de 6300 Volts que estarían conectados desde la barra donde se encuentran los turbogeneradores hasta las nuevas subestaciones. Las pérdidas de potencia en los alimentadores descenderían considerablemente debido al nuevo nivel de voltaje. Los motores estarían alimentados por conductores de 480 Volts; pero estos recorrerían pequeñas distancias y las pérdidas eléctricas serían menores. El banco de capacitores por baja se reubicaría convenientemente para mantener un buen factor de potencia y disminuir las pérdidas eléctricas.

La inversión para la proyección de las tres subestaciones se vería reducida considerablemente, ya que se utilizarían los cuatro transformadores existentes en la subestación de distribución principal más otro de 1000 KVA y 6300/480 Volts, que se encuentra en el almacén de la industria como reserva. El costo se enmarcaría en los gastos de mano de obra y materiales necesarios.

2.8 Conclusiones parciales.

La implementación del software IPA proporcionó la posibilidad de diseñar el monolineal aproximado de la instalación industrial en estudio, con el propósito de obtener los parámetros eléctricos de operación de los elementos del circuito luego de la simulación del mismo.

En la industria las pérdidas de energía eléctrica se le atribuyen a los transformadores, motores y conductores, representando el 1%, 6% y 2% respectivamente de la energía generada.

Las principales deficiencias detectadas fueron:

- Niveles de voltaje no deseados.
- Motores sobredimensionados.
- Motores y conductores en mal estado técnico.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. Al realizar el electrobalance de la industria, se percibe que el mayor porcentaje de pérdidas de energía eléctrica es ocasionado por los principales motores y alimentadores.
2. Las pérdidas eléctricas en los motores, transformadores y conductores representan el 6%, 2% y 1% respectivamente de la energía generada.
3. El deterioro progresivo del equipamiento tecnológico exige la necesidad de cambio, ya que contribuye al uso ineficiente de la energía.
4. La presencia de sobretensiones y bajas tensiones en la industria representa un aumento de las pérdidas eléctricas en los motores y la disminución de su vida útil.
5. La proyección de subestaciones permitirá elevar la eficiencia energética de la industria dando solución en gran medida a los problemas detectados durante la investigación.

Recomendaciones

1. Realizar un estudio técnico y económico de la propuesta analizada.
2. Sustituir los motores sobredimensionados
3. Introducir las nuevas tecnologías, como variadores de velocidad, analizadores de red, arranque suave de motores y motores de alta eficiencia, que contribuyen al uso eficiente de la energía eléctrica en la industria.
4. Capacitar a la alta dirección y al personal clave, en eficiencia energética.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BEEMAN, D (ed.) 1981. Industrial Power Systems Handbook, La Habana.
2. CONDUMEX, G. Folleto de Aplicaciones de Conductores Eléctricos. Electric., S. “Curso Calidad de la Energía Eléctrica
3. FEODOROV, A. A. & LÓPEZ, E. R. (eds.) 1987. Suministro Eléctrico de Empresas Industriales, La Habana.
4. IEEE Power Engineering Society. 2000. “IEEE Standard Definitions of the Measurement of Electric Power Quantities Under Sinusoidal, Nonsinusoidal, Balanced, or Unbalanced Conditions”, USA.
5. IEEE Power Engineering Society. 1995. “IEEE Recommended Practices for Electric Power Distribution for Industrial Plants”, USA.
6. LEÓN, V. (2002). “Optimización energética de las instalaciones eléctricas industriales y domésticas”, España.
7. LUCIANO CUELLAR, ELMER OVIEDO. 2007 .Tesis Manejo Eficiente de la Energía Aplicada en Transformadores, Universidad Autónoma de Occidente Cali.
8. Reliance Electric Motors Information Center: Available: <http://www.reliance.com/cgi-bin/mtrquery.pl> Accesado: 1 febrero del 2011.
9. VIEGO, P. et al. (2006) “Temas especiales de sistemas eléctricos industriales, Texto de la Maestría en Eficiencia Energética, Universidad de Cienfuegos, Cuba.

ANEXOS

Anexo I Datos nominales de los motores de la instalación industrial

Tabla 2.3 Datos de chapa

Área	Equipo que acelera	KW	Volts	RPM	Amperes chapa	Tipo Motor Bobinado	Chapa
Basculador	Hidráulico alzadora	10	440	1200	17		
Basculador	Esteras No-1	53	440	1180	89.0	JA	
Basculador	Rompe Bulto	45	440	1180	76.0	JA	
Basculador	Nivelador	28	440	1750	46.5	JA	
Basculador	Cuchilla No-1	400	6300	600	51.0	RB	
Basculador	Hidráulico No-1	31	440	3645	51.0	JA	
Basculador	Hidráulico No-3	45	440	3550	71.50	JA	
Basculador	Hidráulico No-2	40	440	3500	65.0	JA	
Basculador	Cuchilla No-2	400	6300	600	51.0	RB	
Basculador	Saca Tierra	3.45	460	1755	6.0	JA	
Basculador	Esteras No-2	53	440	1180	89.0	JA	
Molinos	Bomba Aceite M1	7.5	440	1740	12.7	JA	
Molinos	Bomba Aceite M2	7.5	440	1740	12.7	JA	
Molinos	Bomba Aceite M3	7.5	440	1740	12.7	JA	
Molinos	Ventilador Molino1	2.2	440	1420	4.7	JA	
Molinos	Ventilador Molino3	2.2	440	1420	4.7	JA	
Molinos	Molino1 y 2	630	6300	590	77	RB	

Área	Equipo que acelera	KW	Volts	RPM	Amperes chapa	Tipo Motor Bobinado	Chapa
Molinos	Molino 3 y 4	630	6300	590	77.0	RB	
Molinos	Conductor Intermedio-1	13	440	1180	22	JA	
Molinos	Sinfin	10	440	1750	17	JA	No chapa
Molinos	Movimiento Tambor	4.0	440	1170	8.8	JA	
Molinos	Conductor Intermedio-2	15.0	440	1160	27.0	JA	
Molinos	Conductor Intermedio -3	11	440	1175	19.5	JA	
Molinos	Conductor Intermedio-4	11	440	1175	19.5	JA	
Molinos	Bomba Intupible-1	45	460	1180	70.9	JA	
Molino	Bomba Intupible-2	45	460	1180	70.9	JA	
Molino	Presiones	11	440	1160	19	JA	
Molino	Maceración 3	10	440	1160	19	JA	
Molino	Maceración 2	10	440	1160	17	JA	
Molino	Maceración 1	10	440	1200	17	JA	No chapa
Molino	Vent-Bagacillo-1	50HP	440	1780	60.7	JA	No chapa
Molino	Vent-Bagacillo2	50HP	440	1780	60.7	JA	
Molino	Cond intermedio-5	11	440	1175	20	JA	
Molino	Agua Caliente retorno	18.5	440	1750	31.0	JA	
Molino	Agua Caliente retorno-2	17	440	1755	29.3	JA	
Molino	Bomba Iny y Agua Caliente -1	22	440	1770	35.5	JA	
Molino	Bomba Iny y Agua Caliente -2	15	440	1760	25.3	JA	
Molino	Bomba Iny y Agua Caliente -3	25HP	440	1770	31.0	JA	
Filtros	Movimiento Mezclador Bag	4.5	440	1730	8.15	JA	
Filtros	Movimiento filtro-1	5.5	440	1160	12.0	JA	
Filtros	Movimiento Band Filtro-1	4.0	440	1730	7.5	JA	
Filtros	Movimiento filtro-2	3.0	440	1140	6.0	JA	
Filtros	Movimiento Band Filtros-2	5.5	440	1750	12.0	JA	No chapa
Filtros	Movimiento Clarificador-1	2.2	440	1160	4.8	JA	
Filtros	Movimiento Clarificador-2	2.2	440	1160	4.8	JA	
Filtros	Compresor-1	7.5	460	1190	16	JA	

Área	Equipo que acelera	KW	Volts	RPM	Amperes chapa	Tipo Motor Bobinado	Chapa
Filtros	Bomba retorno 2do vaso-1	55	440	1160	10	JA	No chapa
Filtros	Bomba retorno 2do vaso-2	5.5	440		10	JA	
Filtros	Bomba Retorno caldera-1	10	440	1750	17	JA	No chapa
Filtros	Bomba Retorno caldera-2	12.5	440	1755	21.8	JA	
Filtros	Bomba agua Caliente F-1	10	440	1755	17	JA	No chapa
Filtros	Bomba agua Caliente F-1	10	440	1755	17.3	JA	
Filtros	Bomba retorno Activo	10	440	1750	17	JA	No chapa
Filtros	Bomba disolutor Semilla	7.5	440	1750	12.7	JA	No chapa
Filtros	Disolutor	11	440	1200	19	JA	
Filtros	Bomba Guarapo Clarificado-1	30	440	1779	48.0	JA	
Filtros	Bomba Guarapo Clarificado-2	30	440	1779	48.0	JA	
Filtros	Bomba Guarapo Clarificado-3	28	440	1750	46.5	JA	
Filtros	Bomba Piano	5.5	440	1730	10.0	JA	
Filtros	Hidráulica tolva	10	440	1100	17	JA	
Filtros	Bomba de Cal-1	4.5	440	1750	8	JA	
Filtros	Bomba de Cal-2	7.5	440	1750	12.7	JA	
Filtros	Movimiento Tanque cal	10	440	1200	17	JA	
Filtros	Bomba retorno Enf-vacío	7.5	440	1750	12.7	JA	No chapa
Filtros	Bomba Ing Enf vacío-1	5.5	440	1750	9.0	JA	
Filtros	Bomba Ing Enf vacío-2	5.5	440	1750	9.0	JA	
Filtros	Bomba vacío-1	100	440	1750	180	JA	No chapa
Filtros	Bomba vacío-2	100	440	1770	156	JA	
Filtros	Compresor-2	7.5	440	1180	130	JA	
Filtros	Bomba líquido clarif-1	22	440	1750	35.5	JA	No chapa
Filtros	Bomba líquido clarif-2	21	440	1760	35	JA	
Filtros	Bomba cachaza-1	21	440	1760	35	JA	
Filtros	Bomba cachaza-2	21	440	1760	35	JA	
Filtros	Bomba Guarapo Calent-1	110	440	1750	190	JA	
Filtros	Bomba Guarapo Calent-2	110	440	1750	190	JA	

Área	Equipo que acelera	KW	Volts	RPM	Amperes chapa	Tipo Motor Bobinado	Chapa
Filtros	Bomba Guarapo Calent-3	120	440	1750	207	JA	
Planta Eléctrica	Bomba de rechazo turbo-1	21	440	1760	35.0	JA	
Planta Eléctrica	Bomba de rechazo turbo-2	21	440	1760	35.0	JA	
Planta Eléctrica	Bomba Ulny-1	17	440	1755	29.3	JA	
Planta Eléctrica	Bomba Ulny-2	17	440	1755	29.3	JA	
Planta Eléctrica	Bomba Ulny-3	21	440	1760	35.0	JA	
Planta Eléctrica	Bomba Ulny-4	21.3	460	1755	35.5	JA	
Hornos	Bomba alimentar Caldera-1	160	440	1780	245	JA	
Hornos	Bomba alimentar Caldera-2	185	480	1760	274	JA	
Hornos	Bomba alimentar Auxiliar	17.3	440	1750	29.1	JA	
Hornos	VTS Caldera-1	75	440	1780	113.5		
Hornos	VTF Caldera-1	110	440	700	368		
Hornos	VTI Caldera-1	220	440	700	368		
Hornos	VTF Caldera-2	110	490	1488	114		
Hornos	Bomba achique	22	440	1179	37.5		No chapa
Hornos	VTI Caldera-2	160	440	700			
Hornos	VTI Caldera-2(Repuesto)	250	590	741	460		
Hornos	VTS Caldera 2	75	440	1780	113.5		
Hornos	Rastrillo de ceniza	22	440	1175	36.2		
Hornos	Rastrillo de ceniza tolva	17	440	1165	28.2		
Hornos	Hidráulico reclamador	11	440	1170	19.0		
Hornos	Traslación Reclamador	17	440	1200			No chapa
Hornos	Traslación Reclamador Cabina	3	440	1170	6.4		
Hornos	Sinfín Reclamador	12.6	460	1160	22.5		
Hornos	Conductor Bagazo -2	75	440	1775	122		
Hornos	Conductor Bagazo -4	30	440	1165	51		
Hornos	Alimentador-1 caldera-1	2.2	440	1200	4.3	JA	
Hornos	Alimentador-2 caldera-1	2.2	440	1200	4.3	JA	
Hornos	Alimentador-3 caldera-1	2.2	440	1200	4.3	JA	

Área	Equipo que acelera	KW	Volts	RPM	Amperes chapa	Tipo Motor Bobinado	Chapa
Hornos	Alimentador-4 caldera-1	2.2	440	1200	4.3	JA	
Hornos	Alimentador-5 caldera-1	2.2	440	1200	4.3	JA	
Hornos	Alimentador-1 caldera-2	2.2	440	1200	4.3	JA	
Hornos	Alimentador-2 caldera-2	2.2	440	1200	4.3	JA	
Hornos	Alimentador-3 caldera-1	2.2	440	1200	4.3	JA	
Hornos	Alimentador-4 caldera-2	2.2	440	1200	4.3	JA	
Hornos	Alimentador-5 caldera-2	2.2	440	1200	4.3	JA	
Hornos	Alimentador-6(Repuesto)	2.2	440	1200	4.3	JA	
Hornos	Conductor bagazo -4	18.5	440	890	31	JA	
Hornos	Conductor bagazo -1	17	440	1165		JA	
Casa caldera	Bomba de vacío	185	440	1750	303		No chapa
Casa caldera	Bomba de vacío auxiliar	110	440	1170	185	JA	
Casa caldera	Bomba Freire-1	190	440	1190	302	JA	
Casa caldera	Bomba Freire-2	200	440	1180	321	JA	
Casa caldera	Bomba Inyección-1	250	440	1190	401	JA	
Casa caldera	Bomba Inyección-2	160	440	1180	250	JA	
Casa caldera	Bomba Inyección-3	180	440	1200	296	JA	
Casa caldera	Bomba Agua caliente Asea-2	8.6	440	1755	15.6	JA	
Casa caldera	Bomba Agua caliente Asea-1	10	440	1750	17	JA	No chapa
Casa caldera	Sinfín azúcar	18.5	440	1170	33.0	JA	
Casa caldera	Bomba retorno Presin(tacho)-1	12.5	440	1755	21.8	JA	
Casa caldera	Bomba retorno Presin(tacho)-2	12.5	440	1755	21.8	JA	
Casa caldera	Bomba miel A-1	30	440	1750	52	JA	No chapa
Casa caldera	Bomba miel A-2	34.5	440	1765	55	JA	
Casa caldera	Bomba miel B-1	34.5	440	1765	55	JA	
Casa caldera	Bomba miel B-2	30	440	1750	52	JA	No chapa
Casa caldera	Sinfín doble semilla	10	440	1750		JA	No chapa
Casa caldera	Bomba doble semilla-1	22	440	1200		JA	No chapa
Casa caldera	Bomba doble semilla-2	22	440	1200		JA	No chapa

Área	Equipo que acelera	KW	Volts	RPM	Amperes chapa	Tipo Motor Bobinado	Chapa
Casa caldera	Bomba azúcar mezclador	22	440	1200		JA	
Casa caldera	Bomba -1 semilla disuelta	14	440	1250	24.2	JA	
Casa caldera	Bomba -2 semilla disuelta	14	440	1250	24.2	JA	
Casa caldera	Movimiento semillero B	7.5	440	1765	105	JA	
Casa caldera	Movimiento granero A	7.5	440		12.7	JA	
Casa caldera	Semillero	7.5	440	1165	14.0	JA	No chapa
Casa caldera	Movimiento cristalizadores	11	440	1750		JA	No chapa
Casa caldera	Movimiento cristalizadores	15	440	1750		JA	No chapa
Casa caldera	Ventilador Centrífuga Azc	17	440	1750	29	JA	
Casa caldera	Tolva azúcar	15	440	1200		JA	No chapa
Casa caldera	Centrífuga azúcar -1	192	440	1000	321	JA	No chapa
Casa caldera	Centrífuga azúcar -2	192	440	1000	321	JA	
Casa caldera	Centrífuga azúcar -3	192	440	1000	321	JA	
Casa caldera	Centrífuga azúcar -4	192	440	1000	321	JA	
Casa caldera	Compresor azúcar -1	5.5	440	1750		JA	No chapa
Casa caldera	Compresor azúcar -2	5.5	440	1750		JA	No chapa
Casa caldera	Mezclador de 1ra	4.5	440	1200		JA	No chapa
Casa caldera	Mezclador cristalizador lento	12.5	440	1755	21.8	JA	
Casa caldera	Bomba miel-1	18.5	440	1750	31	JA	
Casa caldera	Bomba miel-2	18.5	440	1750	31	JA	
Casa caldera	Retorno vaso -1	12.5	440	1755	21.8	JA	
Casa caldera	Retorno vaso II -2	10	440	1750	17	JA	
Casa caldera	Retorno vaso IV-1	22	440	1750		JA	
Casa caldera	Retorno vaso IV-2	12.5	440	1755	21.8	JA	
Casa caldera	Bomba meladura-1	17	440	1750	29.0	JA	
Casa caldera	Bomba meladura-2	17	440	1750	29.0	JA	No chapa
Casa caldera	Centrífuga doble semilla-1	45	460	1180	70	JA	
Casa caldera	Centrífuga doble semilla-2	45	460	1180	70	JA	
Casa caldera	Centrífuga 3ra-1	55	440	1750	90	JA	

Área	Equipo que acelera	KW	Volts	RPM	Amperes chapa	Tipo Motor Bobinado	Chapa
Casa caldera	Centrífuga 3ra-2	55	440	1750	90	JA	
Casa caldera	Centrífuga 3ra-3	55	440	1750	90	JA	
Casa caldera	Centrífuga 3ra-4	55	440	1750	90	JA	
Casa caldera	Mezclador de 3ra	55		1200		JA	No chapa
Casa caldera	Mezclador doble semilla	2.5		1200		JA	No chapa
Casa caldera	Movimiento cristalizador rápido	17	440	1165	32	JA	
Casa caldera	Disolutor-1	10	440	1200	17	JA	No chapa
Casa caldera	Disolutor-2	10	440	1200	17	JA	
Casa caldera	Disolutor-3	10	440	1200	17	JA	
Casa caldera	Bomba azúcar 3ra-1	18.5	440	1180	31.7	JA	
Casa caldera	Bomba azúcar 3ra-2	12.5	440	1755	21.8	JA	
Casa caldera	Sinfín 3ra	22	440	1750	35.5	JA	No chapa
Casa caldera	Bomba de miel final 1	22	440	1750	35.5	JA	No chapa
Casa caldera	Bomba de miel final -2	22	440	17.50	35.5	JA	No chapa
Casa caldera	Agua blancher-1					JA	No chapa
Casa caldera	Agua blancher-2	15hp	440	1760	19.4	JA	
Casa caldera	Bomba spray blancher					JA	No chapa
Casa caldera	Agua caliente blancher	7.5	440	1750	13.0	JA	
Casa caldera	Bomba potasa calentadores					JA	No chapa
Casa caldera	Potasas 1er vasos-1					JA	No chapa
Casa caldera	Potasas 1er vasos-2	12.5	440	1755	21.8	JA	
Casa caldera	Potasas 3er y 4to vasos-1	17.0	440	1755	29.3	JA	
Casa caldera	Potasas 3er y 4to vasos-2					JA	No chapa
Casa caldera	Retorno vaporcell-1	12.5	440	1755	21.6	JA	
Casa caldera	Retorno vaporcell-2	13.0	440	1730	24	JA	
Casa caldera	Retorno vaso-1	10.0	440	1750	17	JA	
Casa caldera	Retorno vaso-2	12.5	440	1755	21.8	JA	
Planta cal	Movimiento tanque	14	440	1750	24.2	JA	
Planta cal	Sinfín	5.5	440	1750	10	JA	

Área	Equipo que acelera	KW	Volts	RPM	Amperes chapa	Tipo Motor Bobinado	Chapa
Planta cal	Bomba cal-1	5.5	440	1750	10	JA	
Planta cal	Movimiento tambor	5.5	440	1170	11	JA	
Casa caldera	Bomba de cal	10	440	1750	17	JA	
Agua	Rebombeo-1	28	440	1750	40.5	JA	
Agua	Rebombeo-2	28	440	1750	40.5	JA	
Agua	Rebombeo-3	28	440	1750	40.5	JA	
Agua	Bomba agua edificio	10	440	1800	17	JA	
Agua	Bomba agua tachos	10	440	1800	17	JA	
Agua	Pozo viejo-1	40	440	1800	65	JA	
Agua	Pozo viejo-2	34.5	440	1765	55	JA	

Anexo II Datos obtenidos sobre los motores.

Tabla 2.5 Cargas								
Hacia	kW	kvar	A	FP	kW.h	kvar.h	kW.h(p)	kc
M0	15,7	12,1	24,6	79,2	376,8	290,1	39,3	63,9
M1	15	11,7	23,6	78,7	360	281,9	37,5	61,1
M2	597,4	458,3	68,5	79,3	14337,6	10998,3	874,6	89
M3	606,6	464,2	69,5	79,4	14558,4	11140,7	888,1	90,4
M4	384,4	322,8	45,7	76,6	9225,6	7746,8	618,1	89,7
M5	366,6	310	43,7	76,4	8798,4	7440,9	589,5	85,5
M113	2,1	2,2	3,8	68,9	50,4	53	9,3	57,1
M114	4,7	3,9	7,6	77,1	112,8	93,2	18,1	71,7
M115	2,9	2,5	4,8	76,1	69,6	59,3	12,9	78,8
M116	3,7	3,8	6,7	69,4	88,8	92,2	14,2	56,5
M117	3,7	2,7	5,7	80,9	88,8	64,5	15	68,4
M6	1,8	1,4	2,9	78,7	43,2	33,8	8,1	66,6
M7	2,8	2,6	4,8	73,5	67,2	62	11,3	51,8
M8	4,7	3,9	7,6	77,1	112,8	93,2	18,1	71,7
M9	17,8	15,5	29,5	75,3	427,2	372,8	44,8	72,4
M10	7,4	5,4	11,4	80,9	177,6	129	24	83,1
M11	0,6	1,4	1,9	39,4	14,4	33,6	1,6	24,2
M12	16,5	14,7	27,6	74,7	396	352,9	41,4	67,2
M13	7,9	6	12,4	79,7	189,6	143,5	25,3	68,4
M14	24,7	11,9	34,3	90	592,8	286,6	58,1	74,3
M16	2,9	3,5	5,7	63,4	69,6	84,8	10,5	44,7
M17	5,5	5,3	9,5	72,2	132	126,6	17,7	63,5
M18	6,4	5,4	10,5	76,3	153,6	129,9	20,7	73,8
M19	34	20,4	49,3	85,8	816	488,6	83,2	76,3
M20	38,8	28,3	59,7	80,8	931,2	678,7	91,3	77,8
M21	26	17,3	38,9	83,2	598	398,6	59,8	83,6
M23	44,7	30,5	67,3	82,6	1072,8	731,8	93,3	77
M24	49,1	32,1	73	83,7	1178,4	771,3	102,5	84,6
M26	15,1	12,8	24,8	76,2	362,4	307,9	38	73,1
M27	10,4	6,4	15,3	85,3	249,6	152,8	31,4	82,6
M28	8,8	6	13,4	82,5	211,2	144,8	28,3	76,2
M29	14,9	10,6	22,9	81,5	357,6	254,6	39	78,1
M30	43,4	28,3	64,9	83,7	1041,6	679,7	102,1	87
M31	9,3	5,2	13,4	87,2	223,2	125,5	29,2	80,8
M32	9,7	6	14,3	84,9	232,8	145,2	31,2	84
M33	10,8	7,2	16,2	83,4	259,2	171,7	34,7	85
M34	8,1	6,9	13,4	75,9	194,4	166,7	25,9	63,8
M35	13,2	9	20	82,5	316,8	217,2	36,4	77,9
M36	11,4	7,6	17,2	83,1	273,6	183,1	34,2	76,7

Hacia	kW	kvar	A	FP	kW.h	kvar.h	kW.h(p)	kc
M37	2,6	2,8	4,8	68,2	62,4	66,9	13,2	51,3
M38	11,1	6,7	16,3	85,7	266,4	160,4	32	75,1
M39	21,3	13,4	31,7	84,7	511,2	320,9	49,8	64,1
M40	19,1	13,9	29,8	80,8	458,4	333,7	44,4	57,5
M41	16	12,9	25,9	77,8	384	310,5	40,3	77,4
M42	50	20,7	68,2	92,4	1200	496,4	100,8	83,3
M43	68,2	38,9	98,9	86,9	1636,8	932,8	135,9	83,4
M44	12,6	9,9	20,2	78,7	302,4	236,8	32,8	66,1
M45	16,5	14,7	27,8	74,7	264	235,3	27,6	67,2
M46	17,8	15,5	29,8	75,3	427,2	372,8	44,8	72,4
M47	12,2	11,5	20,7	72,8	292,8	276	31,1	60,6
M51	13,7	13,2	23,6	71,9	82,2	79,4	8,5	55,8
M53	28,4	16,4	41,9	86,7	681,6	392,4	66,8	85,4
M52	15,8	13,2	26,3	76,8	379,2	316,4	40,6	78,4
M60	16,7	13,3	27,3	78,3	400,8	318,8	42,9	82,9
M54	15,8	13,2	26,3	76,8	379,2	316,4	40,6	78,4
M55	3,6	2,8	5,9	78,7	86,4	67,7	14,9	74,4
M56	12,9	8,1	19,5	84,6	309,6	194,8	36,2	81,4
M57	20,3	16,1	33,2	78,3	243,6	193,2	25,6	82,6
M58	20,3	16,1	34	78,3	487,2	386,5	51,2	82,6
M59	4,7	3,9	8	77,1	112,8	93,2	18,1	71,7
M67	18,6	15,8	32	76,3	446,4	378,5	46,9	75,7
M61	17,5	13,5	29	79,2	420	324	44,9	86,8
M62	53,9	30,1	81	87,3	1293,6	722,2	108,7	89,8
M63	53,9	30,1	81	87,3	1293,6	722,2	108,7	89,8
M65	12,6	8,6	18,9	82,7	302,4	205,8	34,8	74,3
M66	9,9	7,1	15,1	81,2	237,6	170,8	29,9	78,7
M73	17,5	13,5	27,5	79,2	420	324	44,9	86,8
M68	8,8	6	13,3	82,5	211,2	144,8	28,3	76,2
M69	7,2	5,6	11,4	78,7	172,8	135,3	23,3	83
M70	6,4	5,4	10,4	76,3	102,4	86,6	13,8	73,8
M71	10,8	10,8	19,1	70,9	86,4	86	9,1	53,7
M72	15,8	13,2	25,9	76,8	126,4	105,5	13,5	78,4
M81	8,8	6	13,3	82,5	70,4	48,3	9,4	76,2
M74	12,6	8,6	19,2	82,7	302,4	205,8	34,8	74,3
M75	3,4	6	8,6	49,6	81,6	143	7,2	31
M76	10,6	7,4	16,3	81,8	254,4	178,8	32,1	84,2
M77	8,8	6	13,4	82,5	211,2	144,8	28,3	76,2
M78	4	3,5	6,6	75	96	84,7	15,4	61,1
M80	4,9	3,6	7,6	80,4	117,6	87,1	18,9	74,7
M87	3,7	3,8	6,6	69,4	88,8	92,2	14,6	61,8
M82	10,6	7,4	16,1	81,8	254,4	178,8	32,1	84,2
M83	5,3	3,7	8,1	81,8	127,2	89,4	20,5	80,8
M84	16,7	13,3	26,5	78,3	400,8	318,8	42,9	82,9

Hacia	kW	kvar	A	FP	kW.h	kvar.h	kW.h(p)	kc
M86	2,8	2,6	4,8	73,5	67,2	62	11,6	58
M96	5,5	5,3	9,6	72,2	132	126,6	17,7	63,5
M88	30	18,1	44	85,6	720	435,3	70,6	90,2
M89	6	5,9	10,5	71,6	144	140,5	19,1	52,1
M90	14,3	11,4	23	78,2	343,2	273,7	36,6	71
M91	4,6	5,1	8,6	67,1	110,4	122,1	14,7	53,1
M92	7	5,9	11,3	76,5	168	141,2	22,4	60,7
M95	9,5	6,4	14,2	83,1	228	152,6	27,2	64,4
M99	3,7	3,8	6,6	69,4	88,8	92,2	14,2	56,5
M97	7,4	5,4	11,4	80,9	177,6	129	25,8	84,4
M98	2,1	2,2	3,8	68,9	50,4	53	9,3	57,1
M103	3,7	3,8	6,7	69,4	88,8	92,2	14,2	56,5
M100	17,2	12,6	26,7	80,6	412,8	303,1	44,2	85,3
M101	17,9	14,2	28,7	78,3	71,6	56,9	6,9	53,9
M102	10	5,5	14,4	87,5	240	132,9	31,4	86,9
M106	26,8	5,9	34,5	97,7	214,4	47	21,7	89,2
M15	114,7	82	180,2	81,4	2752,8	1967,7	189,8	59,3
M22	144,4	89,6	215,6	85	3465,6	2150,8	242,6	83,9
M48	165,9	102,7	248,5	85	3981,6	2464	278,7	85,7
M25	162,7	96,2	242,6	86,1	3904,8	2308,3	273,3	81,8
M49	171,3	101,1	254,1	86,1	4111,2	2426,4	287,8	86,1
M50	184,5	123,1	282,9	83,2	4428	2953,3	290,7	69
M64	155,2	50,1	205,7	95,2	3724,8	1202,7	260,7	78
M79	100,1	59,8	147,8	85,8	2402,4	1435,2	182,6	84,1
M85	100,8	60,1	148,8	85,9	2419,2	1442,7	183,9	84,7
M93	184,9	108	284,9	86,3	3328,2	1944,7	233	86,8
M94	184,2	107,7	283,8	86,3	3315,6	1939,1	232,1	86,5

Anexo III Datos obtenidos sobre los alimentadores.

Tabla 2.7 Alimentadores									
Desde	Hacia	kW	kvar	A	FP	kW.h	kvar.h	kW.h(p)	kvar.h(p)
Nº2	FDR1	-1434,1	-619,5	108,4	-90	-16445,8	-7976,3	0,9	-1,5
Nº3	FDR1	1434,2	620	108,4	90	16446,7	7974,7	0	0
Nº3	G1.Fdr	-1796,6	-994,3	186,8	-87,5	-43118,6	-23862,5	9,4	89,5
G1	G1.Fdr	1797	998	186,8	87,4	43128	23952	0	0
Nº3	G2.Fdr	-3839,6	-1714,6	382,6	-91,3	-92149,8	-41148,9	10,2	131,1
G2	G2.Fdr	3840	1720	382,6	91,3	92160	41280	0	0
Nº3	C1.Fdr	3,5	-842,9	75,8	0,4	83,5	-19888,8	83,5	18,9
C1	C1.Fdr	0	843,7	75,8	0	0	19907,7	0	0
Nº3	FDR2	33	30	4	74,1	791	716,8	0	-2,6
Nº5	FDR2	-33	-30,1	4,1	-74	-790,9	-719,4	0	0
Nº4	FDR5	32,2	23,9	48,2	80,3	773,2	573	36,4	0,9
Nº9	FDR5	-30,7	-23,8	48,2	-79	-736,8	-572,1	0	0
Nº3	FDR3	1956,8	1559	227,6	78,2	46963	37414	2,5	30,3
Nº6	FDR3	-1956,7	-1557,7	227,6	-78,2	-46960,5	-37383,6	0	0
Nº6	M2.Fdr	598,1	459,3	68,6	79,3	14354,5	11023,1	16,9	24,7
M2	M2.Fdr	-597,4	-458,3	68,6	-79,3	-14337,6	-10998,3	0	0
Nº6	M3.Fdr	607,3	465,3	69,6	79,4	14575,7	11166,4	17,4	25,6
M3	M3.Fdr	-606,6	-464,2	69,6	-79,4	-14558,4	-11140,7	0	0
Nº6	M4.Fdr	384,5	322,9	45,7	76,6	9228,6	7750	3	3,2
M4	M4.Fdr	-384,4	-322,8	45,7	-76,6	-9225,6	-7746,8	0	0
Nº6	M5.Fdr	366,7	310,2	43,7	76,4	8801,7	7444,2	3,3	3,3
M5	M5.Fdr	-366,6	-310	43,7	-76,4	-8798,4	-7440,9	0	0
Nº3	FDR4	3104,3	1731,3	323,4	87,7	70984,2	38794,7	16,5	207,8
Nº8	FDR4	-3103,6	-1721,6	323,4	-87,9	-70967,7	-38586,9	0	0
Nº7	C2.Fdr	4	-503,8	610,4	0,8	92,7	-11755,4	92,7	27,2
C2	C2.Fdr	0	505	610,4	0	0	11782,6	0	0
Nº7	FDR6	117,3	93,4	185,3	78,2	2815	2240,1	23,9	28,6
A1	FDR6	-116,3	-92,1	185,3	-78,4	-2791,1	-2211,5	0	0
A1	M113.Fdr	2,1	2,2	3,8	68,9	50,4	53	0	0
M113	M113.Fdr	-2,1	-2,2	3,8	-68,9	-50,4	-53	0	0
A1	M114.Fdr	4,7	3,9	7,6	77,1	112,9	93,2	0,1	0
M114	M114.Fdr	-4,7	-3,9	7,6	-77,1	-112,8	-93,2	0	0
A1	M115.Fdr	2,9	2,5	4,8	76,1	69,6	59,3	0	0
M115	M115.Fdr	-2,9	-2,5	4,8	-76,1	-69,6	-59,3	0	0
A1	M116.Fdr	3,7	3,8	6,7	69,4	88,9	92,2	0,1	0
M116	M116.Fdr	-3,7	-3,8	6,7	-69,4	-88,8	-92,2	0	0

Desde	Hacia	kW	kvar	A	FP	kW.h	kvar.h	kW.h(p)	kvar.h(p)
A1	M117.Fdr	3,7	2,7	5,7	80,9	88,8	64,5	0	0
M117	M117.Fdr	-3,7	-2,7	5,7	-80,9	-88,8	-64,5	0	0
A1	M6.Fdr	1,8	1,4	2,9	78,7	43,2	33,8	0	0
M6	M6.Fdr	-1,8	-1,4	2,9	-78,7	-43,2	-33,8	0	0
A1	M7.Fdr	2,8	2,6	4,8	73,5	67,2	62	0	0
M7	M7.Fdr	-2,8	-2,6	4,8	-73,5	-67,2	-62	0	0
A1	M8.Fdr	4,7	3,9	7,6	77,1	112,8	93,2	0	0
M8	M8.Fdr	-4,7	-3,9	7,6	-77,1	-112,8	-93,2	0	0
A1	M9.Fdr	17,9	15,5	29,6	75,5	429,2	373	2	0,2
M9	M9.Fdr	-17,8	-15,5	29,6	-75,3	-427,2	-372,8	0	0
A1	M10.Fdr	7,4	5,4	11,4	80,9	177,6	129	0	0
M10	M10.Fdr	-7,4	-5,4	11,4	-80,9	-177,6	-129	0	0
A1	M11.Fdr	0,6	1,4	1,9	39,4	14,4	33,6	0	0
M11	M11.Fdr	-0,6	-1,4	1,9	-39,4	-14,4	-33,6	0	0
A1	M12.Fdr	16,5	14,7	27,6	74,7	396,9	353	0,9	0,1
M12	M12.Fdr	-16,5	-14,7	27,6	-74,7	-396	-352,9	0	0
A1	M13.Fdr	7,9	6	12,4	79,8	189,8	143,5	0,2	0
M13	M13.Fdr	-7,9	-6	12,4	-79,7	-189,6	-143,5	0	0
A1	M14.Fdr	24,7	11,9	34,3	90,1	594	286,7	1,2	0,1
M14	M14.Fdr	-24,7	-11,9	34,3	-90	-592,8	-286,6	0	0
A1	M16.Fdr	2,9	3,5	5,7	63,4	69,7	84,8	0,1	0
M16	M16.Fdr	-2,9	-3,5	5,7	-63,4	-69,6	-84,8	0	0
A1	M17.Fdr	5,5	5,3	9,5	72,2	132,1	126,6	0,1	0
M17	M17.Fdr	-5,5	-5,3	9,5	-72,2	-132	-126,6	0	0
A1	M18.Fdr	6,4	5,4	10,5	76,4	153,7	130	0,1	0
M18	M18.Fdr	-6,4	-5,4	10,5	-76,3	-153,6	-129,9	0	0
Nº7	FDR7	194,4	129,9	289	83,2	4638,2	3098,5	23	27,7
A2	FDR7	-193,4	-128,7	289	-83,3	-4615,2	-3070,8	0	0
A2	M19.Fdr	34,1	20,4	49,5	85,9	819,5	489	3,5	0,3
M19	M19.Fdr	-34	-20,4	49,5	-85,8	-816	-488,6	0	0
A2	M20.Fdr	39	28,3	59,9	80,9	935,2	679,1	4	0,4
M20	M20.Fdr	-38,8	-28,3	59,9	-80,8	-931,2	-678,7	0	0
A2	M21.Fdr	26,1	17,3	39	83,3	600,4	398,8	2,4	0,2
M21	M21.Fdr	-26	-17,3	39	-83,2	-598	-398,6	0	0
A2	M23.Fdr	44,9	30,5	67,5	82,7	1076,9	732,2	4,1	0,4
M23	M23.Fdr	-44,7	-30,5	67,5	-82,6	-1072,8	-731,8	0	0
A2	M24.Fdr	49,3	32,2	73,2	83,8	1183,2	771,7	4,8	0,5
M24	M24.Fdr	-49,1	-32,1	73,2	-83,7	-1178,4	-771,3	0	0
Nº7	FDR8	159,8	111,1	240,6	82,1	3835,1	2665,1	40,2	48,3
A3	FDR8	-158,1	-109	240,6	-82,3	-3794,8	-2616,7	0	0
A3	M26.Fdr	15,1	12,8	24,9	76,3	363,1	308	0,7	0,1
M26	M26.Fdr	-15,1	-12,8	24,9	-76,2	-362,4	-307,9	0	0
A3	M27.Fdr	10,4	6,4	15,3	85,3	250	152,8	0,4	0
M27	M27.Fdr	-10,4	-6,4	15,3	-85,3	-249,6	-152,8	0	0

Desde	Hacia	kW	kvar	A	FP	kW.h	kvar.h	kW.h(p)	kvar.h(p)
A3	M28.Fdr	8,8	6	13,4	82,5	211,5	144,8	0,3	0
M28	M28.Fdr	-8,8	-6	13,4	-82,5	-211,2	-144,8	0	0
A3	M29.Fdr	15	10,6	23	81,5	358,8	254,7	1,2	0,1
M29	M29.Fdr	-14,9	-10,6	23	-81,5	-357,6	-254,6	0	0
A3	M30.Fdr	43,6	28,3	65,1	83,8	1046	680	4,4	0,3
M30	M30.Fdr	-43,4	-28,3	65,1	-83,7	-1041,6	-679,7	0	0
A3	M31.Fdr	9,3	5,2	13,4	87,2	223,5	125,5	0,3	0
M31	M31.Fdr	-9,3	-5,2	13,4	-87,2	-223,2	-125,5	0	0
A3	M32.Fdr	9,7	6	14,3	84,9	233	145,2	0,2	0
M32	M32.Fdr	-9,7	-6	14,3	-84,9	-232,8	-145,2	0	0
A3	M33.Fdr	10,8	7,2	16,2	83,4	259,6	171,8	0,4	0
M33	M33.Fdr	-10,8	-7,2	16,2	-83,4	-259,2	-171,7	0	0
A3	M34.Fdr	8,1	6,9	13,4	76	194,8	166,7	0,4	0
M34	M34.Fdr	-8,1	-6,9	13,4	-75,9	-194,4	-166,7	0	0
A3	M35.Fdr	13,2	9,1	20,1	82,5	317,7	217,3	0,9	0,1
M35	M35.Fdr	-13,2	-9	20,1	-82,5	-316,8	-217,2	0	0
A3	M36.Fdr	11,4	7,6	17,2	83,2	274,3	183,2	0,7	0
M36	M36.Fdr	-11,4	-7,6	17,2	-83,1	-273,6	-183,1	0	0
A3	M37.Fdr	2,6	2,8	4,8	68,3	62,4	66,9	0	0
M37	M37.Fdr	-2,6	-2,8	4,8	-68,2	-62,4	-66,9	0	0
Nº7	FDR9	237,7	151	348,1	84,7	5566,5	3500,2	79,9	96,3
A4	FDR9	-234,2	-146,7	348,1	-85	-5486,5	-3403,8	0	0
A4	M38.Fdr	11,1	6,7	16,3	85,7	266,8	160,4	0,4	0
M38	M38.Fdr	-11,1	-6,7	16,3	-85,7	-266,4	-160,4	0	0
A4	M39.Fdr	21,4	13,4	31,8	84,8	512,8	321,1	1,6	0,2
M39	M39.Fdr	-21,3	-13,4	31,8	-84,7	-511,2	-320,9	0	0
A4	M40.Fdr	19,2	13,9	29,8	80,9	459,7	333,8	1,3	0,1
M40	M40.Fdr	-19,1	-13,9	29,8	-80,8	-458,4	-333,7	0	0
A4	M41.Fdr	16	12,9	26	77,8	385,1	310,6	1,1	0,1
M41	M41.Fdr	-16	-12,9	26	-77,8	-384	-310,5	0	0
A4	M42.Fdr	50,5	20,7	68,8	92,5	1212,7	497,7	12,7	1,3
M42	M42.Fdr	-50	-20,7	68,8	-92,4	-1200	-496,4	0	0
A4	M43.Fdr	68,9	39	99,7	87	1653,1	935,1	16,3	2,3
M43	M43.Fdr	-68,2	-38,9	99,7	-86,9	-1636,8	-932,8	0	0
A4	M44.Fdr	12,6	9,9	20,2	78,8	303,1	236,9	0,7	0,1
M44	M44.Fdr	-12,6	-9,9	20,2	-78,7	-302,4	-236,8	0	0
A4	M45.Fdr	16,6	14,7	27,9	74,8	265,2	235,4	1,2	0,1
M45	M45.Fdr	-16,5	-14,7	27,9	-74,7	-264	-235,3	0	0
A4	M46.Fdr	17,8	15,5	29,8	75,4	428,2	372,9	1	0,1
M46	M46.Fdr	-17,8	-15,5	29,8	-75,3	-427,2	-372,8	0	0
Nº7	FDR10	25,9	24,7	44,3	72,6	375,2	355,5	0,1	0,1
A5	FDR10	-25,9	-24,7	44,3	-72,6	-375,1	-355,5	0	0
A5	M47.Fdr	12,2	11,5	20,7	72,8	292,8	276	0	0
M47	M47.Fdr	-12,2	-11,5	20,7	-72,8	-292,8	-276	0	0

Desde	Hacia	kW	kvar	A	FP	kW.h	kvar.h	kW.h(p)	kvar.h(p)
A5	M51.Fdr	13,7	13,2	23,6	71,9	82,2	79,4	0	0
M51	M51.Fdr	-13,7	-13,2	23,6	-71,9	-82,2	-79,4	0	0
Nº7	FDR12	117,1	87	180,3	80,6	2551,1	1876,5	63,7	76,1
A6	FDR12	-113,8	-83,1	180,3	-81	-2487,3	-1800,3	0	0
A6	M53.Fdr	28,5	16,4	42,1	86,7	684,1	392,7	2,5	0,2
M53	M53.Fdr	-28,4	-16,4	42,1	-86,7	-681,6	-392,4	0	0
A6	M52.Fdr	15,8	13,2	26,4	76,8	380	316,4	0,8	0,1
M52	M52.Fdr	-15,8	-13,2	26,4	-76,8	-379,2	-316,4	0	0
A6	M60.Fdr	16,7	13,3	27,3	78,3	401,6	318,9	0,8	0,1
M60	M60.Fdr	-16,7	-13,3	27,3	-78,3	-400,8	-318,8	0	0
A6	M54.Fdr	15,8	13,2	26,4	76,8	380	316,4	0,8	0,1
M54	M54.Fdr	-15,8	-13,2	26,4	-76,8	-379,2	-316,4	0	0
A6	M55.Fdr	3,6	2,8	5,9	78,8	86,5	67,7	0,1	0
M55	M55.Fdr	-3,6	-2,8	5,9	-78,7	-86,4	-67,7	0	0
A6	M56.Fdr	12,9	8,1	19,5	84,7	310,3	194,9	0,7	0,1
M56	M56.Fdr	-12,9	-8,1	19,5	-84,6	-309,6	-194,8	0	0
A6	M57.Fdr	20,4	16,1	33,3	78,5	244,8	193,4	1,2	0,1
M57	M57.Fdr	-20,3	-16,1	33,3	-78,3	-243,6	-193,2	0	0
Nº7	FDR13	178,6	119,5	265,6	83,1	4282,3	2865,4	195,9	235,7
A7	FDR13	-170,3	-109,6	265,7	-84,1	-4086,4	-2629,8	0	0
A7	M58.Fdr	20,4	16,1	34,1	78,4	489,1	386,7	1,9	0,2
M58	M58.Fdr	-20,3	-16,1	34,1	-78,3	-487,2	-386,5	0	0
A7	M59.Fdr	4,7	3,9	8	77,1	112,9	93,2	0,1	0
M59	M59.Fdr	-4,7	-3,9	8	-77,1	-112,8	-93,2	0	0
A7	M67.Fdr	18,6	15,8	32	76,3	447,3	378,6	0,9	0,1
M67	M67.Fdr	-18,6	-15,8	32	-76,3	-446,4	-378,5	0	0
A7	M61.Fdr	17,6	13,5	29,1	79,3	421,6	324,1	1,6	0,2
M61	M61.Fdr	-17,5	-13,5	29,1	-79,2	-420	-324	0	0
A7	M62.Fdr	54,4	30,1	81,6	87,5	1304,7	723,3	11,1	1,1
M62	M62.Fdr	-53,9	-30,1	81,6	-87,3	-1293,6	-722,2	0	0
A7	M63.Fdr	54,6	30,2	81,9	87,5	1310,8	723,9	17,2	1,7
M63	M63.Fdr	-53,9	-30,1	81,9	-87,3	-1293,6	-722,2	0	0
Nº7	FDR14	62,7	46,6	96,6	80,4	1454,1	1073,9	5,4	6,3
A8	FDR14	-62,5	-46,3	96,6	-80,5	-1448,6	-1067,6	0	0
A8	M65.Fdr	12,6	8,6	19	82,7	303	205,9	0,6	0,1
M65	M65.Fdr	-12,6	-8,6	19	-82,7	-302,4	-205,8	0	0
A8	M66.Fdr	9,9	7,1	15,2	81,2	237,9	170,9	0,3	0
M66	M66.Fdr	-9,9	-7,1	15,2	-81,2	-237,6	-170,8	0	0
A8	M73.Fdr	17,5	13,5	27,5	79,2	420,7	324	0,7	0,1
M73	M73.Fdr	-17,5	-13,5	27,5	-79,2	-420	-324	0	0
A8	M68.Fdr	8,8	6	13,3	82,5	211,5	144,8	0,3	0
M68	M68.Fdr	-8,8	-6	13,3	-82,5	-211,2	-144,8	0	0
A8	M69.Fdr	7,2	5,6	11,4	78,8	173,1	135,3	0,3	0
M69	M69.Fdr	-7,2	-5,6	11,4	-78,7	-172,8	-135,3	0	0

Desde	Hacia	kW	kvar	A	FP	kW.h	kvar.h	kW.h(p)	kvar.h(p)
A8	M70.Fdr	6,4	5,4	10,4	76,4	102,6	86,6	0,2	0
M70	M70.Fdr	-6,4	-5,4	10,4	-76,3	-102,4	-86,6	0	0
Nº7	FDR15	52	42,1	82,7	77,8	1149,6	929,5	15	17,2
A9	FDR15	-51,3	-41,2	82,7	-77,9	-1134,6	-912,3	0	0
A9	M71.Fdr	10,8	10,8	19,2	70,9	86,5	86,1	0,1	0
M71	M71.Fdr	-10,8	-10,8	19,2	-70,9	-86,4	-86	0	0
A9	M72.Fdr	15,8	13,2	25,9	76,8	126,7	105,5	0,3	0
M72	M72.Fdr	-15,8	-13,2	25,9	-76,8	-126,4	-105,5	0	0
A9	M81.Fdr	8,8	6	13,4	82,5	70,5	48,3	0,1	0
M81	M81.Fdr	-8,8	-6	13,4	-82,5	-70,4	-48,3	0	0
A9	M74.Fdr	12,6	8,6	19,2	82,7	303	205,9	0,6	0,1
M74	M74.Fdr	-12,6	-8,6	19,2	-82,7	-302,4	-205,8	0	0
A9	M75.Fdr	3,4	6	8,6	49,6	81,7	143	0,1	0
M75	M75.Fdr	-3,4	-6	8,6	-49,6	-81,6	-143	0	0
A9	M76.Fdr	10,6	7,5	16,3	81,9	254,8	178,8	0,4	0
M76	M76.Fdr	-10,6	-7,4	16,3	-81,8	-254,4	-178,8	0	0
A9	M77.Fdr	8,8	6	13,4	82,5	211,5	144,8	0,3	0
M77	M77.Fdr	-8,8	-6	13,4	-82,5	-211,2	-144,8	0	0
Nº7	FDR16	45,5	35,7	71,5	78,7	1092,4	857,6	5,7	6,5
A10	FDR16	-45,3	-35,5	71,6	-78,7	-1086,7	-851,1	0	0
A10	M78.Fdr	4	3,5	6,6	75	96,1	84,7	0,1	0
M78	M78.Fdr	-4	-3,5	6,6	-75	-96	-84,7	0	0
A10	M80.Fdr	4,9	3,6	7,6	80,4	117,7	87,1	0,1	0
M80	M80.Fdr	-4,9	-3,6	7,6	-80,4	-117,6	-87,1	0	0
A10	M87.Fdr	3,7	3,8	6,6	69,4	88,9	92,2	0,1	0
M87	M87.Fdr	-3,7	-3,8	6,6	-69,4	-88,8	-92,2	0	0
A10	M82.Fdr	10,6	7,5	16,2	81,9	255,1	178,8	0,7	0,1
M82	M82.Fdr	-10,6	-7,4	16,2	-81,8	-254,4	-178,8	0	0
A10	M83.Fdr	5,3	3,7	8,1	81,8	127,3	89,4	0,1	0
M83	M83.Fdr	-5,3	-3,7	8,1	-81,8	-127,2	-89,4	0	0
A10	M84.Fdr	16,7	13,3	26,6	78,3	401,6	318,9	0,8	0,1
M84	M84.Fdr	-16,7	-13,3	26,6	-78,3	-400,8	-318,8	0	0
Nº7	FDR17	64,1	49,4	100	79,2	1537,4	1184,5	17,3	24
A11	FDR17	-63,3	-48,4	100	-79,5	-1520	-1160,5	0	0
A11	M86.Fdr	2,8	2,6	4,8	73,5	67,2	62	0	0
M86	M86.Fdr	-2,8	-2,6	4,8	-73,5	-67,2	-62	0	0
A11	M96.Fdr	5,5	5,3	9,6	72,2	132,2	126,6	0,2	0
M96	M96.Fdr	-5,5	-5,3	9,6	-72,2	-132	-126,6	0	0
A11	M88.Fdr	30,1	18,1	44,1	85,6	722,2	435,5	2,2	0,2
M88	M88.Fdr	-30	-18,1	44,1	-85,6	-720	-435,3	0	0
A11	M89.Fdr	6	5,9	10,5	71,6	144,2	140,5	0,2	0
M89	M89.Fdr	-6	-5,9	10,5	-71,6	-144	-140,5	0	0
A11	M90.Fdr	14,3	11,4	23	78,2	343,7	273,7	0,5	0
M90	M90.Fdr	-14,3	-11,4	23	-78,2	-343,2	-273,7	0	0

Desde	Hacia	kW	kvar	A	FP	kW.h	kvar.h	kW.h(p)	kvar.h(p)
A11	M91.Fdr	4,6	5,1	8,6	67,1	110,5	122,1	0,1	0
M91	M91.Fdr	-4,6	-5,1	8,6	-67,1	-110,4	-122,1	0	0
Nº7	FDR18	20,3	16,1	32	78,2	486	386,8	0,9	0,7
A12	FDR18	-20,2	-16,1	32	-78,2	-485,1	-386,1	0	0
A12	M92.Fdr	7	5,9	11,3	76,6	168,1	141,3	0,1	0
M92	M92.Fdr	-7	-5,9	11,3	-76,5	-168	-141,2	0	0
A12	M95.Fdr	9,5	6,4	14,2	83,1	228,2	152,6	0,2	0
M95	M95.Fdr	-9,5	-6,4	14,2	-83,1	-228	-152,6	0	0
A12	M99.Fdr	3,7	3,8	6,6	69,4	88,8	92,2	0	0
M99	M99.Fdr	-3,7	-3,8	6,6	-69,4	-88,8	-92,2	0	0
Nº7	FDR19	30,8	24,3	48,5	78,4	737,9	583,7	7,1	6,3
A13	FDR19	-30,4	-24,1	48,5	-78,5	-730,8	-577,4	0	0
A13	M97.Fdr	7,4	5,4	11,4	80,9	177,7	129	0,1	0
M97	M97.Fdr	-7,4	-5,4	11,4	-80,9	-177,6	-129	0	0
A13	M98.Fdr	2,1	2,2	3,8	68,9	50,4	53	0	0
M98	M98.Fdr	-2,1	-2,2	3,8	-68,9	-50,4	-53	0	0
A13	M103.Fdr	3,7	3,8	6,7	69,4	88,8	92,2	0	0
M103	M103.Fdr	-3,7	-3,8	6,7	-69,4	-88,8	-92,2	0	0
A13	M100.Fdr	17,2	12,6	26,7	80,7	413,8	303,2	1	0,1
M100	M100.Fdr	-17,2	-12,6	26,7	-80,6	-412,8	-303,1	0	0
Nº7	FDR20	56,2	26,5	76,8	91,2	537,1	241,5	4,7	4,6
A14	FDR20	-55,4	-25,7	76,8	-91,4	-532,4	-236,9	0	0
A14	M101.Fdr	18,1	14,2	29	78,6	72,5	56,9	0,9	0
M101	M101.Fdr	-17,9	-14,2	29	-78,3	-71,6	-56,9	0	0
A14	M102.Fdr	10,1	5,5	14,5	87,7	242,1	133	2,1	0
M102	M102.Fdr	-10	-5,5	14,5	-87,5	-240	-132,9	0	0
A14	M106.Fdr	27,2	5,9	35	97,7	217,8	47,1	3,4	0,1
M106	M106.Fdr	-26,8	-5,9	35	-97,7	-214,4	-47	0	0
Nº7	FDR11	118,7	84,7	180,2	81,4	2847	2031,2	94,2	63,6
Nº10	FDR11	-114,7	-82	180,2	-81,4	-2752,8	-1967,7	0	0
Nº7	FDR21	147,4	93,2	215,6	84,5	3536,6	2236,1	71	85,3
Nº11	FDR21	-144,4	-89,6	215,6	-85	-3465,6	-2150,8	0	0
Nº7	FDR22	169,9	107,5	248,5	84,5	4076	2577,5	94,4	113,5
Nº12	FDR22	-165,9	-102,7	248,5	-85	-3981,6	-2464	0	0
Nº7	FDR23	168	101,4	242,6	85,6	4030,8	2431,3	126	123
Nº13	FDR23	-162,7	-96,2	242,6	-86,1	-3904,8	-2308,3	0	0
Nº7	FDR24	176,2	105,8	254,1	85,7	4226,3	2538,9	115,1	112,5
Nº14	FDR24	-171,3	-101,1	254,1	-86,1	-4111,2	-2426,4	0	0
Nº7	FDR25	189,2	128,7	282,9	82,7	4539,2	3087,1	111,2	133,8
Nº15	FDR25	-184,5	-123,1	282,9	-83,2	-4428	-2953,3	0	0
Nº7	FDR26	157,7	53,1	205,7	94,8	3783,6	1273,2	58,8	70,5
Nº16	FDR26	-155,2	-50,1	205,7	-95,2	-3724,8	-1202,7	0	0
Nº7	FDR27	102,5	61,4	147,8	85,8	2460	1473,9	57,6	38,7
Nº17	FDR27	-100,1	-59,8	147,8	-85,8	-2402,4	-1435,2	0	0

Desde	Hacia	kW	kvar	A	FP	kW.h	kvar.h	kW.h(p)	kvar.h(p)
Nº7	FDR28	103,3	61,8	148,7	85,8	2477,5	1482	58,3	39,2
Nº18	FDR28	-100,8	-60,1	148,8	-85,9	-2419,2	-1442,7	0	0
Nº7	FDR29	198,4	117,2	284,9	86,1	3571,2	2109,2	243	164,5
Nº19	FDR29	-184,9	-108	284,9	-86,3	-3328,2	-1944,7	0	0
Nº7	FDR30	197,6	116,8	283,8	86,1	3556,8	2102,3	241,2	163,2
Nº20	FDR30	-184,2	-107,7	283,8	-86,3	-3315,6	-1939,1	0	0

Anexo VI Datos recolectados durante estudio.

Tabla 2.8 Mediciones de corriente			
Nombre del Equipo	Ic(A)	Nombre del Equipo	Ic(A)
CCM Molinos		CCM Basculador	
Bomba Jugo a Calentador # 1	172.1	Bomba hidráulica # 1	52.3
Bomba de rechazo molinos # 1	26.4	Rompe bultos	63
Presiones Edwards	14.2	Nivelador	41.1
Bombas de Masc. intupibles # 1	14	Estera de caña # 1	71.5
Bomba de inyección molinos # 1	24.7	Estera de caña # 2	77.4
Bomba a colador # 1	66.5	Cuchilla # 1	42.6
Sinfín de bagazo	14.2	Cuchilla # 2	41
Conductor intermedio #5	13.1	CCM TACHOS	
Conductor intermedio #4	16.3	Bomba de agua caliente tachos	20.2
Conductor intermedio #3	15.6	Movimiento cristalizador # 1	16.3
Conductor de Arrastre #2	22.7	Movimiento. cristalizador # 2	27.1
Conductor de Arrastre #1	18.8	Mov. rechazo de semilla 3ra	14
Colador rotatorio	4.2	Movimiento semillero	12.7
Molino 1 y 2	70	Calentador de semilla	11.3
Molino 3 y 4	69	CCM Cuádruple	
CCM Filtros		Bomba de retorno # 6	20.4
Movimiento filtro # 1	4.4	Bomba de retorno # 5	19.6
Movimiento cuna filtro # 1	8.3	Bomba de retorno # 3	13
Movimiento filtro # 2	5.2	Bomba meladura # 2	20.3
Movimiento cuna filtro # 2	7.1	Bomba de retorno # 1	9.2
Movimiento premezclado	6.4	Bomba de retorno intermedio	17.1
Movimiento clarificador # 2	3	Bomba vapor cell # 1	14.5
Bomba de cal # 2	7.5	CCM Casa de Calderas	
Movimiento tanque de cal	8.2	Freire # 1	178.2
Bomba de líquido clarificador # 1	29.4	Bomba de inyección # 2	280.1

Nombre del Equipo	Ic(A)	Nombre del Equipo	Ic(A)
Movimiento tanque floc.	12.6	Bomba de inyección # 3	292.4
Movimiento clarificador # 1	2.1	Bomba de vacío	248.2
Cachaza # 1	33.4	CCM Cristalizadores	
Bomba Agua de Cal Filtro # 2	13.5	Bomba de agua fría # 1	7
Jugo Clarificado # 3	36.2	Bomba spray	8.2
Bomba de vacío # 2	141.3	Bomba de agua caliente	10.4
Bomba inyección. # 2	6.1	Movimiento cristalizador rápido 1	17.5
Bomba de rechazo # 1	10.4	Movimiento cristalizador rápido 2	8.5
Compresor # 2	11	Bomba de masa	28.7
CCM Planta de Vapor		CCM Auxiliar doble Semilla	
Conductor de bagazo # 1	17.2	Bomba de miel B # 1	43.6
Conductor de bagazo # 2	43	Disolutor # 1	27.1
Conductor de bagazo # 3	45.1	Disolutor # 2	28
Conductor de bagazo # 4	27.5	Disolutor # 3	27.2
Ventilador tiro ind. caldera # 1	261.2	Mezclador	6.6
Ventilador tiro ind. caldera # 2	214	Bomba de semilla disuelta # 1	20.3
Ventilador tiro forz. caldera # 2	154.4	Bomba de semilla B # 1	34
Ventilador tiro forz. caldera # 1	153.6	CCM Auxiliar 3ra	
Ventilador tiro seco caldera # 1	71.2	Bomba miel final # 1	34.3
Ventilador tiro seco caldera # 2	103.1	Mezclador	8.4
Bomba de alimentar caldera# 2	272.5	Sinfín	32.5
Conductor de ceniza # 1	21.6	Bomba de semilla C # 1	29.5
Bomba presurizado # 1	31.4	Centrífuga de 3ra # 1	81.2
CCM Auxiliar de Primera		Centrífuga de 3ra # 2	82.1
Ventilador	20.2	Centrífuga de 3ra # 3	80.7
Mezclador	5	CCM Planta Eléctrica	
Bomba de agua caliente # 1	10.5	Boba imbibición # 1	22
Bomba de miel A # 1	46.1	Bomba imbibición # 2	25.1
Conductor de azúcar	11.3	CCM Cal	
Sinfín	24.2	Bomba de cal # 1	12.2

Nombre del Equipo	Ic(A)	Nombre del Equipo	Ic(A)
Compresor # 1	9	Sinfín	4.5
Centrífuga # 1	281.4	Movimiento Tambor Cal	7.7
Centrífuga # 2	280.1	Disolutor	28.3
CCM Abasto de Agua		CCM Calentadores	
Bomba Pozo # 1	30.2	Bomba Agua Caliente Filtro # 1	12.4
Bomba Agua Casa de Calderas	16	Bomba Retorno Puro # 1	15.6
Bomba rebombeo # 1	36.4	Bomba Retorno Automático	7

Tabla 2.9 Datos recogidos sobre los Alimentadores principales		
Alimentadores principales	Área, en mm²	Longitud, en m
FDR1	240	40
FDR2	25	30
FDR3	240	10
FDR4	240	25
FDR5	16	35
FDR6	240	100
FDR7	240	40
FDR8	240	120
FDR9	240	115
FDR10	185	15
FDR11	150	220
FDR12	240	340
FDR13	240	400
FDR14	240	110
FDR15	240	370
FDR16	240	160
FDR17	185	300
FDR18	185	95
FDR19	185	340
FDR20	240	450
FDR21	240	230
FDR22	240	220
FDR23	185	240
FDR24	185	200
FDR25	240	210
FDR26	240	215
FDR27	150	200
FDR28	150	205
FDR29	150	300
FDR30	150	310

