



**REPÚBLICA DE CUBA.
MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR.
UNIVERSIDAD DE CIENFUEGOS.
FACULTAD DE INGENIERÍA**



TRABAJO DE DIPLOMA

Título: Evaluación de la eficiencia de los accionamientos electromecánicos de la fábrica de piensos de Cienfuegos.

Autor: Yoslendry Izquierdo Rivera.

**Tutores: Dr. C. Juan José Cabello Eras.
Msc. Gustavo Crespo Sánchez.**

**Consultores: Msc. Arelis Machado Reyes.
Msc. Jesús González Crespo.**

**Cienfuegos Junio 2014.
"Año 56 de la Revolución"**

DECLARACIÓN DE AUTORIDAD
UNIVERSIDAD DE CIENFUEGOS



Sistema de Documentación y Proyecto.

Hago constar que el presente trabajo constituye la culminación de los estudios en la especialidad de Ingeniería Mecánica en la Universidad de Cienfuegos, autorizando a que el mismo sea utilizado por el Centro de Estudio Superior para los fines que estime conveniente, ya sea parcial o totalmente, que además no podrá ser presentado sin la aprobación de dicha institución.

Firma del autor.

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

Información Científico Técnico

Nombre y Apellidos. Firma.

Vice Decano.

Nombre y Apellidos. Firma.

Firma del Tutor

Sistema de Documentación y Proyecto.

Nombre y Apellido. Firma.

Pensamiento



“Hay una fuerza motriz más poderosa que el vapor, la electricidad y la energía atómica: La voluntad”

Albert Einstein.

Dedicatoria



*A mis padres por haberme guiado desde temprana edad
por los duros caminos de la vida, formando mi persona
como un pedazo de arcilla hasta llegar a lo que soy hoy, y
a su incansable tarea de sembrar en mí el amor por el
estudio y mi deseo de crecer.*

A ustedes se los dedico.

Agradecimientos



A mis padres por poder contar con su apoyo incondicional en todas las etapas de mi vida, y a la vida por permitirme disfrutarlos aún, y principalmente porque lo que soy se lo debo a ustedes.

A mis tíos que han sido mis abuelos y he podido aprender de cada uno lo mejor y tomarlo como patrones en mi vida.

A mi grupo de estos cinco años; si no fuéramos tan unidos quizás hubiéramos sido menos los que llegaríamos al final de esta aventura y por haber tenido la oportunidad de conocer buenos amigos.

A mis amistades que han sido testigos de los buenos y malos momentos que tenido lugar a lo largo de estos últimos cinco años.

A todos los profesores que han contribuido a mi formación como profesional y me han brindado sus conocimientos y sabiduría. Por su exigencia tan alta y el rigor en cada tarea encomendada.

A mis tutores por haber confiado en mí y su apoyo incansable para que esta tarea llegara a su fin satisfactoriamente.

A todos muchas gracias.

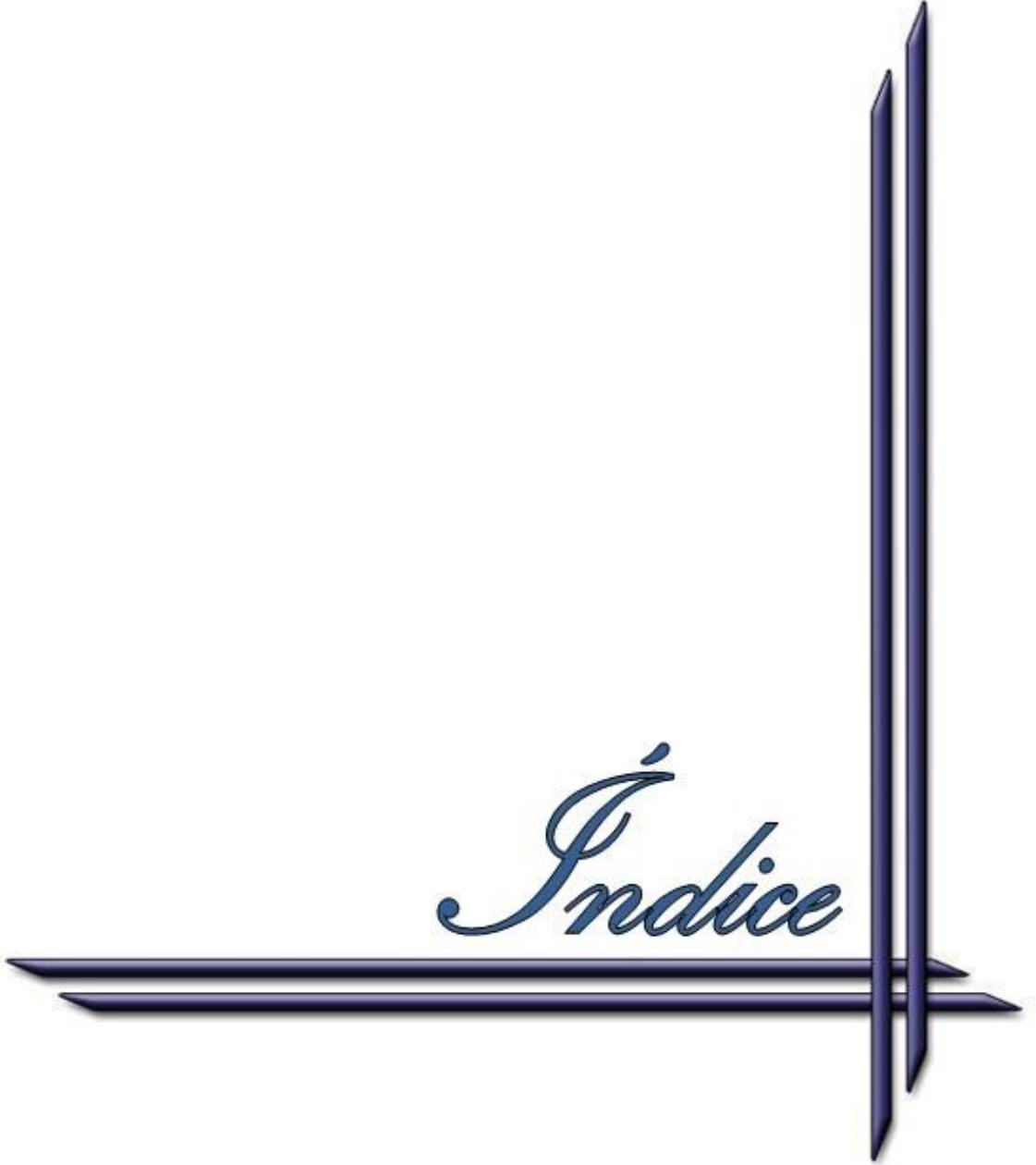
Resumen



RESUMEN

La Empresa Productora de Piensos Cienfuegos en su proceso productivo utiliza sistemas mecanizados que incluyen transportadores de cadenas, elevadores de canjilones, sinfines y bandas transportadoras, los que son accionados por motores eléctricos y diferentes tipos de transmisiones mecánicas, principalmente reductores, motorreductores, cadenas y correas. Estos electromecanismos durante la realización de las diferentes funciones que cumplen en las etapas por las que pasan las materias primas hasta la obtención del producto final, tienen altos consumos de energía eléctrica, que exigen la evaluación de la eficiencia y el cálculo de las pérdidas que en ellos tiene lugar. El trabajo de diploma caracteriza los principales tipos de transmisiones que existen; las máquinas eléctricas que las controlan, así como reductores y motorreductores. Evalúa además la eficiencia de los accionamientos electromecánicos a través del cálculo de las pérdidas que se producen en ellos y se proponen acciones que de ser puestas en práctica reportaría grandes beneficios a la fábrica y al país.

Indice



ÍNDICE

Introducción.....	1
CAPÍTULO I: ACCIONAMIENTOS ELECTROMÉCANICOS INDUSTRIALES	5
Introducción.....	5
1.1. Accionamientos mecánicos	6
1.1.1 Tipos de transmisiones y sus principales características.....	6
1.1.2 Transmisiones por fricción.....	8
1.1.3 Transmisiones por correas	9
1.1.4 Transmisiones por engranajes	10
1.1.5 Transmisiones por cadenas	11
1.1.6 Principales características de las transmisiones.....	12
1.1.7 Relaciones de transmisión para los distintos tipos de transmisiones mecánicas reductoras	12
1.1.8 Relaciones de transmisión para los distintos tipos de transmisiones mecánicas multiplicadoras.....	13
1.1.9 Velocidad Periférica.....	13
1.1.10 Potencia transmitida	14
1.1.11 Pérdidas de potencia en las transmisiones mecánicas	15
1.1.12 Rendimiento de las Transmisiones Mecánicas	16
1.2. Accionamientos eléctricos	18
1.2.1 Máquinas eléctricas	18
CAPÍTULO II: ACCIONAMIENTOS ELECTROMECAÑICOS EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE PIENSOS.....	29
Introducción.....	29
2.1. Recepción de Materias Primas	31

2.2. Proceso de molienda	39
2.3. Dosificación y Mezcla	41
2.4. Prensado	46
Conclusiones Capítulo II	49
Capítulo III: Discusión de los resultados.	50
3.1. Evaluación de la eficiencia de los accionamientos electromecánicos.	50
Introducción.....	50
3.2. Cálculo de las pérdidas de energía en los mecanismos.	51
3.3. Determinación de las pérdidas de energía en los motores eléctricos que accionan los electromecanismos.....	53
3.4. Recomendaciones para el uso eficiente de la energía.	61
Conclusiones Capítulo III	51
CONCLUSIONES.....	61
RECOMENDACIONES	62
Bibliografía.	63
ANEXOS.....	68

Introducción





Introducción

La Empresa Productora de Piensos Cienfuegos pertenece al Ministerio de la Agricultura la cual fue creada el 4 de enero de 1982. Actualmente cuenta con cuatro inmuebles estos son: la fábrica de Piensos, edificio socio administrativo, cocina comedor y casa de visitas, todos ubicados en la Zona industrial No. 2 de O'bourke en Cienfuegos. Las actividades fundamentales de la Empresa son: la producción y comercialización de piensos para la alimentación animal, que se realiza en la fábrica y la comercialización de materias primas para piensos que son almacenados y expedidos de la misma.

La fábrica cuenta en su estructura con diferentes áreas de trabajo como son:

1. Área de recepción de materias primas.
2. Área de recepción de productos en sacos.
3. Área de Recirculación.
4. Área de molienda.
5. Área de dosificación y mezcla.
6. Área de prensado.
7. Área de entrega a través de sacos.
8. Área de entrega a granel.

En toda industria es imprescindible el uso de los distintos tipos de accionamientos que existen, ya sean eléctricos, hidráulicos, neumáticos, mecánicos o combinados. Estos son empleados para la puesta en funcionamiento de los equipos que intervienen en el proceso productivo de la misma. En el caso de la industria del pienso estos accionamientos toman parte de distintas formas en el proceso de producción, siendo muy utilizados en las distintas etapas por las que pasan las materias primas hasta la obtención del producto final.

El proceso tecnológico de la Empresa productora de piensos Cienfuegos está dividido en varias etapas: Recepción y almacenamiento de materias primas, molienda, dosificación y mezcla, de aquí en adelante el proceso se divide en dos,



Introducción



pues en el caso que se vayan a fabricar piensos pelletizados el producto va a la etapa de prensado y después al proceso de venta, sino va directamente al proceso de ventas. Durante todas estas etapas la transportación de las materias primas hasta el lugar donde ocurre cada proceso se realiza con el empleo de transportadores de cadenas elevadores de canchales, sinfines y bandas transportadoras, todos estos accionados por motores eléctricos y diferentes tipos de transmisiones mecánicas, principalmente reductores, motorreductores, cadenas y correas. También se emplean estas transmisiones en el proceso de molienda, mezclado y prensado por lo que todo el proceso constituye un alto consumo de energía eléctrica.

Como parte del programa agroalimentario del país, la producción de alimentos balanceados para animales, tiene un papel importante pues de ella depende la producción de carnes y huevos para el abastecimiento de la población y la sustitución de importaciones. Por lo que es necesario que estas producciones se realicen de forma sostenible, con el menor consumo posible de materias primas y energía, y a su vez que sean lo más económicas posible.

La Empresa Piensos Cienfuegos es una de las mayores productoras del país, así como de las más modernas. Sus producciones satisfacen la demanda de todas las provincias centrales, parte del oriente y del occidente, produciendo aproximadamente 40 surtidos y 40 t/ horas de capacidad, se produce alrededor de 12,5 horas diarias y el resto del día se dedica al acondicionamiento de las materias primas. (Reyes Machado 2012)

Debido a todo lo anteriormente expuesto, al alto consumo que constituye el proceso de producción de piensos y a la situación que vive el mundo hoy respecto a la energía se hace necesario en este tipo de instalación realizar estudios sobre el grado de eficiencia con que se operan todos los equipos que intervienen en el proceso productivo, ya que existen muchos factores que atentan contra el máximo aprovechamiento de la energía consumida por la industria. Tal es el caso de malas

prácticas de operación, equipos que se encuentran en funcionamiento sobrecargado o sobredimensionado, transmisiones que operan de manera ineficientes debido a suciedad, falta de mantenimiento y lubricación entre otras razones.

Con una buena evaluación de la eficiencia de los accionamientos electromecánicos que se emplean en la fábrica de Piensos de Cienfuegos se pueden detectar posibilidades de un mejor aprovechamiento de la energía eléctrica consumida por la misma y una mayor durabilidad de los equipos.

Problema

En la Empresa Productora de Piensos Cienfuegos se desconoce el nivel de eficiencia con que se operan los accionamientos electromecánicos que intervienen en el proceso productivo.

Hipótesis

Con la evaluación de la eficiencia de los accionamientos electromecánicos de la fábrica de piensos de Cienfuegos es posible lograr un mayor aprovechamiento de la energía eléctrica consumida por la fábrica y una mejor utilización de las características técnicas de los equipos y transmisiones mecánicas.

Objetivo general

Realizar una evaluación de la eficiencia de los accionamientos electromecánicos de la fábrica de piensos de Cienfuegos, determinar las pérdidas en los mismos y proponer mejoras para reducirlas.

Objetivos específicos

- Realizar un estudio bibliográfico de los tipos de transmisiones mecánicas, reductores, motorreductores y motores eléctricos, que permita caracterizarlos y conocer valores de eficiencia en correspondencia a sus condiciones de operación.
- Describir el proceso productivo de la fábrica identificando los principales accionamientos electromecánicos que intervienen en el mismo.



Introducción



- Estimar las pérdidas de potencia en los mecanismos y en los motores, a partir de la consideración de las condiciones en que trabajan.
- Evaluar posibilidades de mejoras y proponer acciones para lograr el uso eficiente de la energía.

Capitulo I



CAPÍTULO I: ACCIONAMIENTOS ELECTROMÉCANICOS INDUSTRIALES

Introducción

Desde hace algún tiempo el hombre creó las máquinas para ponerlas a su servicio. Empleándolas en fábricas e industrias de forma tal que se aprovechara las características de las mismas para poner en movimiento otros equipos o accionamientos mecánicos que intervendrían en la labor productiva de la misma. Por lo general los equipos que generan el movimiento son motores eléctricos los cuales tienen un grupo de parámetros de operación que no siempre son los demandados por los accionamientos que mueven, como son la potencia, velocidad, torque entre otros. Es por esto que se hace necesario el empleo de transmisiones mecánicas que modifiquen dichos parámetros entregados por los motores de acuerdo a las necesidades propias de cada accionamiento o equipo. A continuación se muestran algunos parámetros que distinguen a los accionamientos industriales, y la necesidad del empleo de transmisiones mecánicas:

- La velocidad de la máquina difiere de la del motor.
- Necesidad de variar la velocidad de giro de la máquina.
- El torque requerido en el eje de la máquina es superior al de salida del eje del motor.
- Necesidad de emplear un mismo motor para accionar diferentes mecanismos que funcionan incluso a diferentes velocidades.
- Necesidad de cambiar el tipo de movimiento de rotatorio continuo en el motor a rectilíneo en la máquina o a rotatorio oscilante.
- En ocasiones la conexión directa entre el eje del motor y el eje de la máquina no resulta posible por problemas de espacio o no resulta conveniente por problemas de seguridad o comodidad de servicio o de mantenimiento, entre otros.

Empleo de distintos tipos de accionamientos.

En tiempos que todavía pueden considerarse recientes, la transmisión de la energía desde el motor principal a los mecanismos de las máquinas de servicio se realizaba casi exclusivamente con ayuda de árboles, ruedas dentadas, correas, cadenas, levas, impulsores, palancas y otras piezas semejantes.

Junto con estos procedimientos de transmisión de la energía es muy común en las máquinas modernas el amplio empleo de los accionamientos eléctricos, hidráulicos y neumáticos. El vasto empleo de estos accionamientos facilita considerablemente el mando de los mecanismos, hasta la automatización total del mando a distancia (Dobrovolski V. 1980).

Por la importancia que tienen las transmisiones mecánicas en las industrias de nuestros tiempos en el presente capítulo se muestran los principales accionamientos electromecánicos industriales que existen, sus tipos y características, ventajas y desventajas del uso de los mismos, así como la eficiencia de estos.

1.1. Accionamientos mecánicos

1.1.1 Tipos de transmisiones y sus principales características.

Se denominan transmisiones mecánicas a los mecanismos que se emplean para transmitir la energía desde el motor a los órganos de trabajo de una máquina, por regla general, con transformación de las velocidades, de las fuerzas o de los momentos, a veces, con la transformación del carácter y de la ley del movimiento.

En la figura 1.1 se muestra un ejemplo básico de los componentes de un accionamiento industrial.

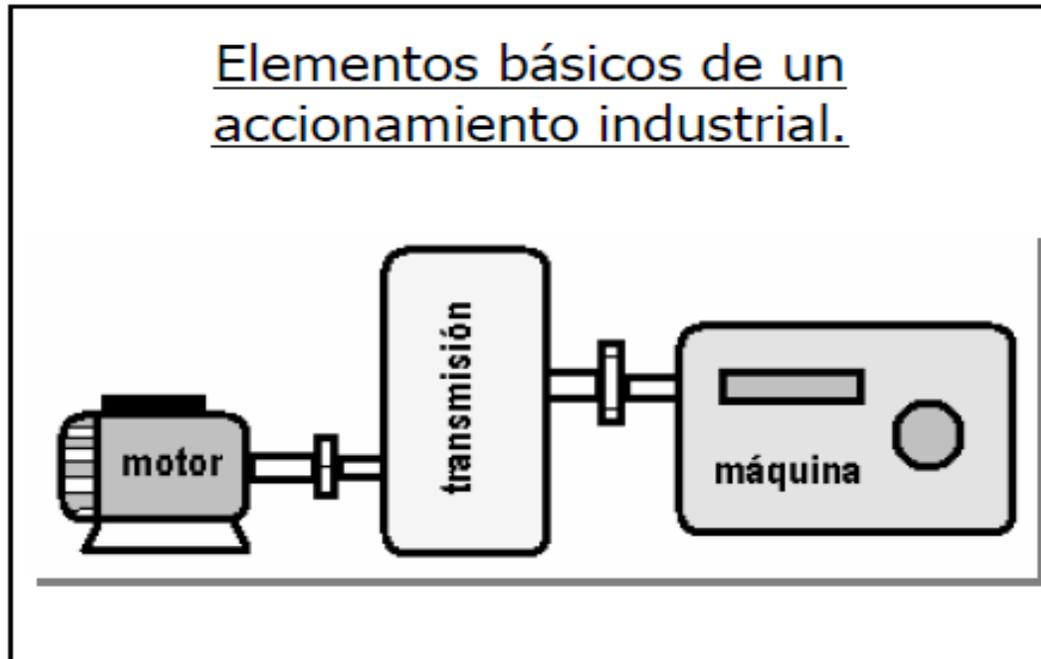


Figura 1.1 Esquema de los elementos básicos de un accionamiento industrial

La construcción de maquinaria moderna está marcada por el amplio empleo de los distintos tipos de accionamientos existentes, estos son: eléctricos, hidráulicos, neumáticos y combinadas. Con frecuencia, en una máquina, para hacer accionar distintos mecanismos a la vez, se utilizan tanto las transmisiones mecánicas como también los distintos tipos de accionamientos ya mencionados.

Las transmisiones mecánicas como se puede ver en la figura 1.2 de acuerdo a la transmisión del movimiento desde el elemento accionador al accionado se dividen en:

- 1) Transmisiones por rozamiento: con contacto directo (por fricción) o con enlace flexible (por correa).
- 2) Transmisiones por engrane: con contacto directo (por dientes y sin fin) o con enlace flexible (por cadena).

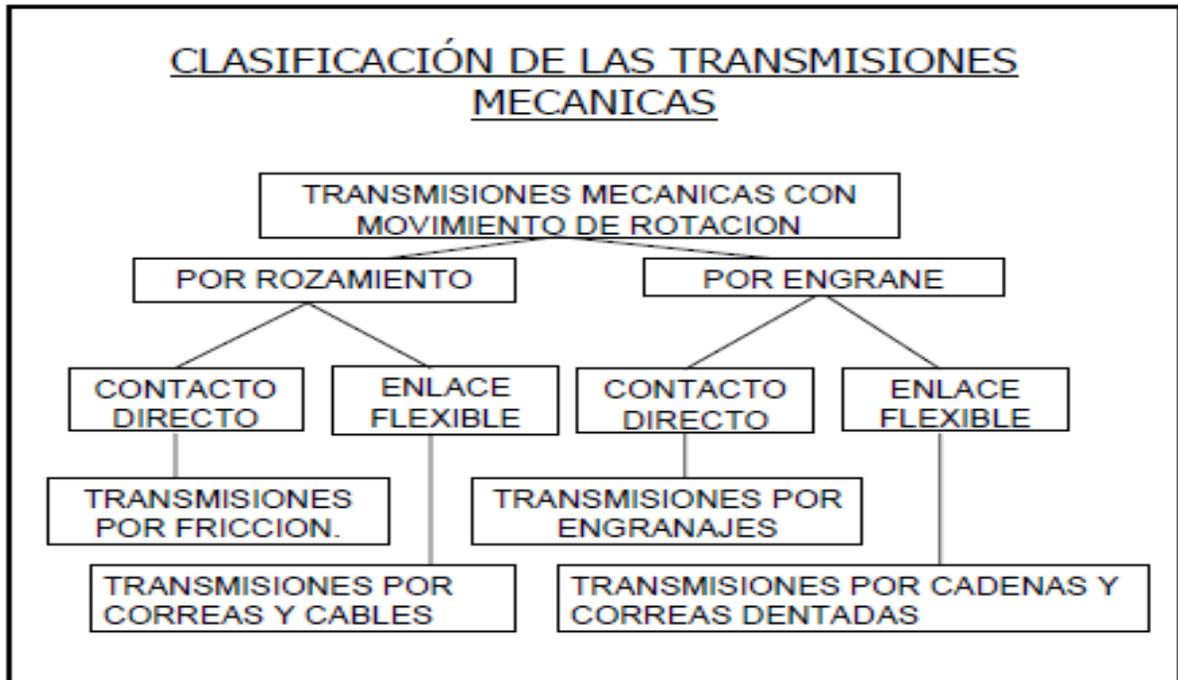


Figura 1.2 Clasificación de las transmisiones mecánicas.

Las transmisiones por rozamiento y por engrane se dividen por la disposición recíproca de los árboles, en transmisiones entre árboles paralelos, que se intersecan y que se cruzan, así como por el carácter del cambio de la relación de engranaje (número de velocidades), en transmisiones con la relación de engranaje invariable y que cambia en etapas o sin etapas.

1.1.2 Transmisiones por fricción

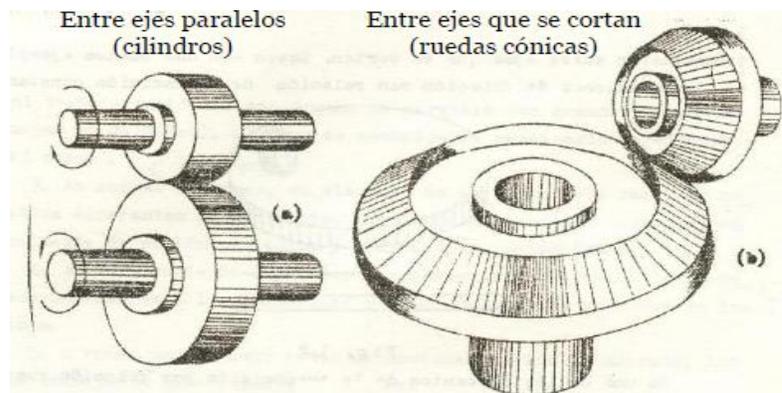


Figura 1.3 Transmisiones por fricción.

Ventajas de las transmisiones por fricción

- Bajo costo
- Facilidad de construcción
- Bajo nivel de ruido

Desventajas de las transmisiones por fricción

- Relación de transmisión no constante (deslizamiento)
- Grandes esfuerzos de contacto
- Grandes fuerzas en apoyos y árboles
- Resbalamiento por sobrecarga

Usos de las transmisiones por fricción

- Principalmente en aplicaciones de baja potencia

1.1.3 Transmisiones por correas

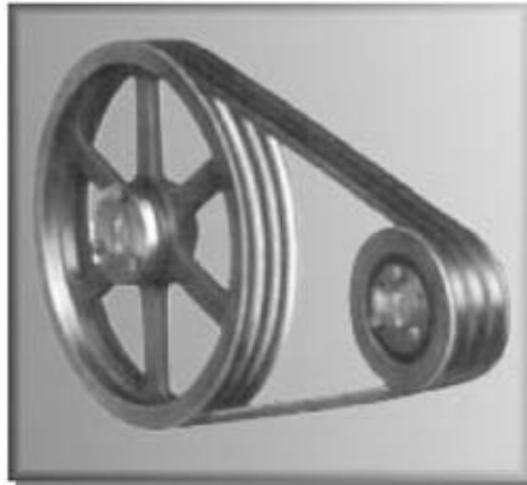


Figura 1.4 Ejemplo de transmisión por correa.

Ventajas de las transmisiones por correas

- Transmiten potencia a distancias grandes
- Amortiguan impactos
- Versatilidad: posiciones de los ejes y sentidos de giro
- Elementos comercializados
- Simplifican la transmisión

- Trabajo silencioso
- No requieren lubricación ni fundas especiales
- Pueden transmitir potencia a varios árboles

Desventajas de las transmisiones por correas

- Relación de transmisión no constante (deslizamiento)
- Grandes fuerzas en apoyos y árboles (tensado inicial)
- Alargamiento de las correas
- A veces se requieren dispositivos tensores
- Duración de la correa afectadas por temperatura y humedad
- Aceite, polvo y humedad reducen el coeficiente de fricción

1.1.4 Transmisiones por engranajes

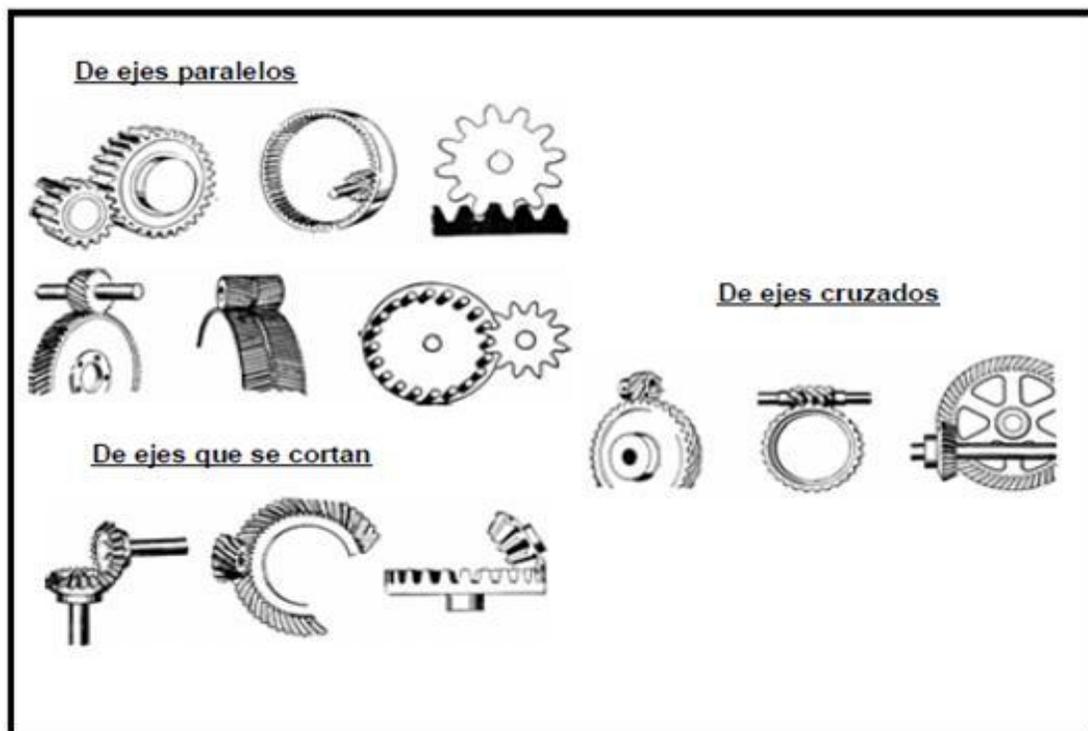


Figura 1.5 Ejemplos de transmisiones por engranajes

Clasificaciones de las transmisiones por engranajes

- Transmisión dentada cilíndrica
- Transmisión dentada cilíndrica (engrane interior)
- Transmisión dentada de cremallera
- Transmisión dentada cónica
- Transmisión dentada helicoidal
- Transmisión dentada de tornillo sinfín

1.1.5 Transmisiones por cadenas



Figura 1.6 Ejemplo de transmisiones por cadena

Ventajas de las transmisiones por cadenas

- Transmiten potencia a distancias grandes
- Relación de transmisión prácticamente constante
- Sometidas a menores cargas que las transmisiones por correas (no requieren tensado inicial)
- Mejor resistencia a las condiciones ambientales que las transmisiones por correas
- Elementos comercializados
- Simplifican la transmisión
- Pueden transmitir potencia a varios árboles

Desventajas de las transmisiones por cadenas

- Requieren lubricación y fundas
- Alto costo
- Cierta irregularidad en su funcionamiento
- Requiere montaje y mantenimiento minuciosos

1.1.6 Principales características de las transmisiones

Potencia (N) energía a transmitir por unidad de tiempo.

Eficiencia (η) tabla 7-4 (Ocampo 1993)

Velocidades ($n_{entrada}$ y n_{salida})

Relación de transmisión (i) tabla 7-5 (Ocampo 1993)

1.1.7 Relaciones de transmisión para los distintos tipos de transmisiones mecánicas reductoras

Las grandes relaciones de engranaje en una etapa son realizables en las transmisiones por engrane. En la tabla 1.1 se muestran los valores de relación de transmisión que pueden alcanzar los distintos tipos de transmisiones reductoras.

Tabla 1.1 Relaciones de transmisión para los distintos tipos de transmisiones reductoras.

Tipo de transmisión	Relación de transmisión(i)
Tornillo sinfín	Valores máximos
Ruedas dentadas	40 hasta 20
Cadena de manguitos rodillos	6 hasta 10
Cadena de engrane	hasta 15
Correa trapezoidal	8 hasta 15
Correa plana con rodillo tensor	hasta 10
Correa plana abierta	hasta 5
Fricción	5 hasta 10

Si surge la necesidad de obtener altas relaciones de engranaje es más ventajoso, generalmente, emplear varias etapas: en este caso las medidas exteriores y el peso de la transmisión se obtienen considerablemente menores que una etapa.

1.1.8 Relaciones de transmisión para los distintos tipos de transmisiones mecánicas multiplicadoras

Anteriormente se mencionaron las transmisiones desmultiplicadoras (reductoras) ($n_1 > n_2$). Las transmisiones multiplicadoras (aceleradoras) ($n_1 < n_2$) trabajan en general peor que las reductoras. Esto se refiere particularmente a las transmisiones por engrane: para ellas, habitualmente, no se obtienen valores de relación de engranaje mayores de $i_1 = 1: 1,5$ hasta $1:2$. Para las transmisiones multiplicadoras por fricción y por correa se suelen limitar a los valores $i_1 \approx 1:3$ hasta $1:5$. El mal trabajo de las transmisiones multiplicadoras produce vibración, ruido entre otros problemas debido a que con un error igual de fabricación de dos ruedas que engranan, la conductora de mayor diámetro produce mayores aceleraciones angulares en la rueda pequeña conducida, mientras que en una transmisión reductora sucede lo contrario. Estas vibraciones provocadas en las transmisiones multiplicadoras provocan daños en los rodamientos y en los demás accesorios de la transmisión causando en ocasiones la salida de servicio del equipo. (Dobrovolski V. 1980).

1.1.9 Velocidad Periférica

Para todas las transmisiones por enlace flexible son un factor serio las acciones centrífugas que cargan complementariamente la correa y que disminuyen la tensión útil de la misma.

La velocidad en las transmisiones por cadena, debido a los golpes de los eslabones que entran en engrane debe estar en un rango adecuado. En las transmisiones dentadas el aumento de la velocidad exige una considerable elevación de la exactitud de fabricación de las ruedas dentadas, Las ruedas de dientes rectos a $v > 10$ m/seg y las de dientes no rectos a $v > 15$ m/seg deben

fabricarse con elevada exactitud (por el 6^o grado de exactitud). En la tabla 1.2 se muestran las velocidades periféricas a las que deben operarse los distintos tipos de transmisión.

Tabla 1.2 Valores de velocidades periféricas para los distintos tipos de transmisiones.

Tipo de transmisión	Velocidad periférica (V)
Correa plana	$V_{m\acute{a}x} \leq 25$ m/seg
Correas especiales de fibras artificiales	$V_{m\acute{a}x} \approx 50$ m/seg
Correas trapezoidales estandarizadas	$V_{m\acute{a}x} \approx 25\div 30$ m/seg
Correas especiales con alma de alambre de acero	$V_{m\acute{a}x} \approx 40$ m/seg
Cinta de acero	$V_{m\acute{a}x} \approx 80$ m/seg
Cadena	$V_{m\acute{a}x} = 25\div 30$ m/seg
Ruedas dentadas	$V_{m\acute{a}x}$ de 120 m/seg a 150 m/seg
Tornillo sinfín	$V_{m\acute{a}x} \leq 20$ m/seg
Fricción	$V_{m\acute{a}x} \leq 25$ m/seg

1.1.10 Potencia transmitida

Las transmisiones dentadas son las que pueden transmitir mayor potencia. Se conocen, por ejemplo, reductores dentados para las turbinas de barco de 50000 CV (Caballo de Vapor) y más de potencia. En realidad, la potencia de las transmisiones dentadas se limita por las dificultades de transportación de los elementos de precisión de grandes dimensiones. En las transmisiones por tornillo sin fin la potencia se limita por las considerables pérdidas de calor disipadas por la transmisión, y junto con eso por el aumento de la temperatura de la misma. Las potencias de las transmisiones por tornillo sin fin existentes no sobrepasan 750 CV. Disminuyendo la cantidad de calor que se desprende a cuenta del cambio de la geometría del engrane (en particular, empleando transmisiones por tornillo sin fin globoidales) y del mejoramiento de la derivación del calor, esta característica, seguramente, puede ser aumentada en varias veces.

En las transmisiones por correa trapezoidal y por cadena, para elevar la potencia a transferir es necesario aumentar la sección y el número de cadenas y correas que trabajan paralelamente. No obstante, con un gran número de elementos de tracción, la probabilidad de su carga uniforme disminuye y el aumento del número de correas o de cadenas resultará inefectivo. Por ejemplo, una correa trapezoidal de una máxima dimensión estandarizada (tipo E) a $v = 25$ m/seg y en las condiciones más favorables de trabajo transmite 45 CV. Para transmitir 1000 CV con la condición de que la carga sea distribuida uniformemente entre todas las correas, se necesitarían 22 correas. Para las correas trapezoidales la potencia límite es de 1000 a 1500 CV. Las transmisiones por correa plana de cuero, como se sabe, son de 2500 CV y las por cadena, de 5000 CV. En la Tabla 1.3 se muestran los parámetros típicos de algunas transmisiones mecánicas.

Tabla 1.3 Características de algunas transmisiones mecánicas.

Parámetros típicos	Transmisiones mecánicas				
	Correas		Cadenas	Engranajes	
Eficiencia para una etapa	0,97	0,97	0,98	0,90	0,80-0,90
Máxima razón de transmisión	5	8-15 <small>con tensores</small>	10-15	20	
Potencia máxima Transmisible(kW)	2000	1000 a 1500	3500	50000	200
Velocidad periférica máxima (m/s)	15-50	25-30	15	10-25	10
Durabilidad aproximada (h)	5000	5000	15000	40000	

1.1.11 Pérdidas de potencia en las transmisiones mecánicas

En las transmisiones mecánicas las pérdidas de potencia y de rendimiento, entre los índices que caracterizan las transmisiones, ocupan un lugar particular. Primeramente son unos índices de consumo improductivo de energía; debido a la amplia difusión de las transmisiones, esto de por sí tiene una gran significación.

En segundo lugar, estos índices hablan sobre la cantidad de calor que se desprende en la transmisión e indirectamente caracterizan el desgaste de la misma, puesto que la energía perdida en la transmisión se transforma en calor y parcialmente deteriora las superficies de trabajo.

1.1.12 Rendimiento de las Transmisiones Mecánicas

A continuación se muestran algunos valores del rendimiento que son característicos para una etapa de las transmisiones modernas. Puesto que las magnitudes η (rendimiento) son próximas a la unidad, entonces son más cómodos para la comparación no los rendimientos (η), sino los coeficientes de pérdidas $k_p = 1/\eta - 1 \approx 1 - \eta$, expresados en tantos por ciento.

Las pérdidas en una transmisión dentada son mínimas, es decir, 1 % (correspondientemente $\eta = 0,99$); en una transmisión por cadena, 2 %; en una transmisión por correa plana, 2 ÷ 5 %; en una transmisión por fricción, 4 % en una transmisión por correa trapezoidal, 4 % y en una transmisión por tornillo sin fin, 10 ÷ 25 %. Por consiguiente, pese a que el rendimiento de una transmisión por tornillo sin fin es comparablemente alto ($\eta = 0,9$), las pérdidas en una transmisión por tornillo sin fin son diez veces mayores que en una dentada. Estos valores aportados tienen un carácter relativo, los valores efectivos del rendimiento y las pérdidas de energía dependen de los parámetros constructivos de la transmisión. Durante la transmisión del movimiento se producen pérdidas de potencia. Debido al efecto de la fricción, ruido, batimiento de aire o aceite entre otros. La Tabla 1.4 muestra los valores medios de la eficiencia de algunas transmisiones y en la 1.5 se muestran los valores recomendados de las relaciones de transmisión.

La eficiencia de la transmisión puede ser calculada como:

$$\eta = \frac{N_{\text{útil(salida)}}}{N_{\text{entrada}}} = \frac{N_{\text{entrada}} - N_{\text{perdidas}}}{N_{\text{entrada}}}$$

Tabla 1.4 Valores medios de la eficiencia de algunas transmisiones (sin tener en cuenta pérdidas en los apoyos (tabla 7-4 Ocampo, 1993).

Tipo de transmisión	En baño de aceite	Abierta
Dentada con ruedas cilíndricas	0,95 a 0,98	0,92 a 0,94
Dentada con ruedas cónicas	0,94 a 0,97	0,91 a 0,93
Por cadena	0,95 a 0,97	0,90 a 0,93
Por correa		0,95 a 0,96
Por fricción	0,90 a 0,96	0,75 a 0,88

Tabla 1.5 Valores recomendados de la relación de transmisión (Tabla 7-5 Ocampo, 1993)

Tipo de transmisión	Valor medio	Valor máximo
Dentada cerrada con ruedas cilíndricas de dientes:		
• Rectos	3 – 4	10
• Helicoidales	3 - 5	10
• Bihelicoidales	4 – 6	10
Dentada abierta con ruedas cilíndricas	4 – 6	20
Dentada cerrada con ruedas cónicas de dientes rectos	2 – 3	6
Por cadena	2 – 4	7
Por correa:		
• Plana	2 – 4	6
• Plana con rodillo tensor	3 - 5	8
• Trapezoidal	2 – 4	7

1.2. Accionamientos eléctricos

1.2.1 Máquinas eléctricas

Un accionamiento eléctrico es un sistema capaz de convertir la energía eléctrica en mecánica, de forma útil y controlando los parámetros implicados, como la velocidad, posición o par. En todo accionamiento eléctrico se controlará al menos una de estas 3 variables mecánicas:

- Velocidad
- Posición
- Par

El control de una variable de salida, puede considerarse como un sistema de regulación:

La regulación puede realizarse en “LAZO ABIERTO”, o en “LAZO CERRADO”. Así, los accionamientos en lazo cerrado se constituyen como un sistema de regulación con realimentación de señal.

El sistema mecánico o carga es empleado para realizar el trabajo productivo en las condiciones de control. Sus características determinan el tipo de motor y accionamiento que se habrá de emplear.

Para que el punto de equilibrio entre par motor y par resistente constituya un punto de funcionamiento estable ha de verificarse la condición de estabilidad siguiente:
 $dT/d\omega > dT_r/d\omega$

Para que se verifique la condición de estabilidad, el aumento del par resistente al aumentar la velocidad ha de ser mayor que el aumento del par motor. Análogamente, la disminución del par motor al disminuir la velocidad, ha de ser menor que la disminución del par resistente

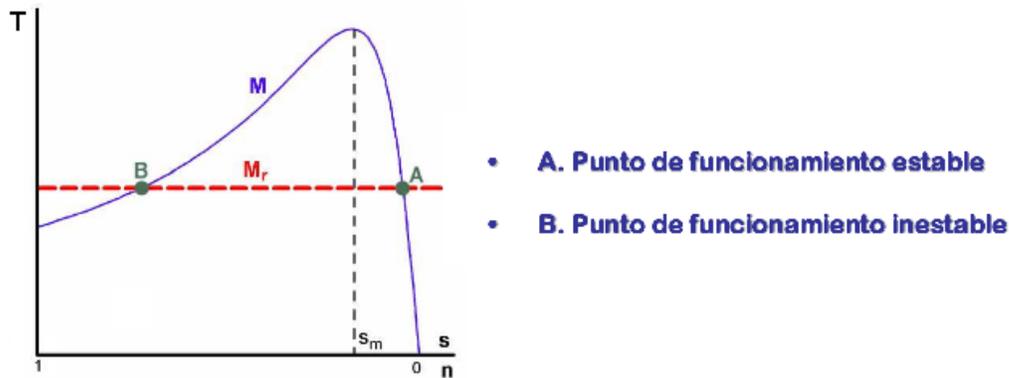


Figura 1.7 Puntos de funcionamiento de un motor.

Una máquina eléctrica es un dispositivo que transforma la energía eléctrica en otra energía, o bien, en energía eléctrica pero con una presentación distinta, pasando esta energía por una etapa de almacenamiento en un campo magnético. Se clasifican en tres grandes grupos:

1. Generadores.
 2. Motores.
 3. Transformadores.
- Los generadores transforman energía mecánica en eléctrica, y lo inverso sucede en los motores.
 - El motor se puede clasificar en motor de corriente continua o motor de corriente alterna.
 - Los transformadores y convertidores conservan la forma de la energía pero transforman sus características.

Máquina: Es un conjunto de elementos móviles y/o fijos, cuyo funcionamiento posibilita aprovechar, dirigir, regular o transformar energía, o realizar un trabajo con un fin determinado

Desde una visión mecánica, las máquinas eléctricas se pueden clasificar en:

1. Rotativas (Generadores y Motores).
2. Estáticas (Transformadores).

Las máquinas rotativas están provistas de partes giratorias, como las dinamos, alternadores, motores. En la figura 1.8 se muestran las clasificaciones de las máquinas eléctricas de acuerdo a la conversión de la energía. Las máquinas estáticas no disponen de partes móviles, como por ejemplo los transformadores.

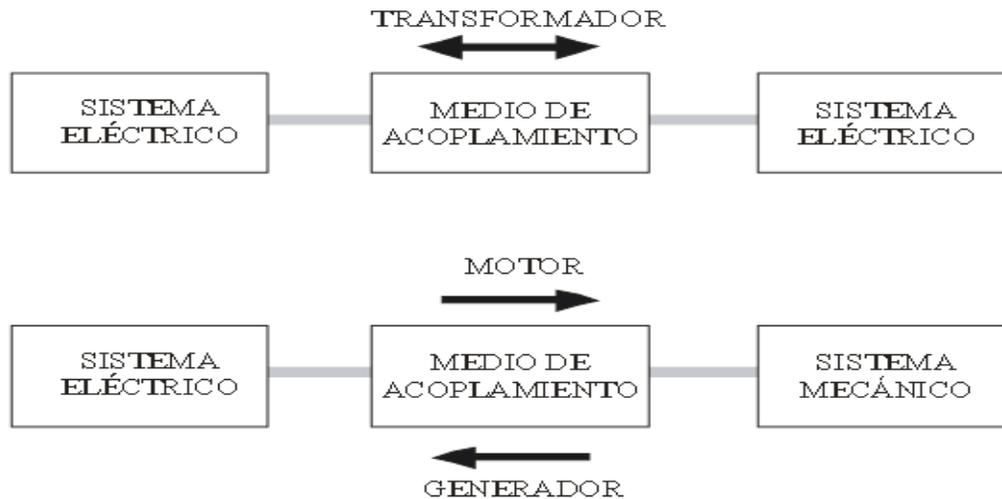


Figura 1.8 Clasificación atendiendo a la conversión de energía.

1.1.1. Máquinas eléctricas rotativas.

Muchos dispositivos pueden convertir energía eléctrica a mecánica y viceversa. La estructura de estos dispositivos puede ser diferente, dependiendo de las funciones que realicen. Algunos dispositivos son usados para conversión continua de energía, y son conocidos como motores y generadores. Otros dispositivos pueden ser: actuadores, tales como solenoides, relés y electromagnetos. Todos ellos son física y estructuralmente diferentes, pero operan con principios similares.

Un dispositivo electromecánico de conversión de energía es esencialmente un medio de transferencia entre un lado de entrada y uno de salida, como lo muestra la figura 1.9. En el caso de un motor, la entrada es la energía eléctrica, suministrada por una fuente de poder y la salida es energía mecánica enviada a la carga, la cual puede ser una bomba, ventilador, transportador entre otros. En la figura 1.9 se muestra un esquema de las máquinas eléctricas rotativas.

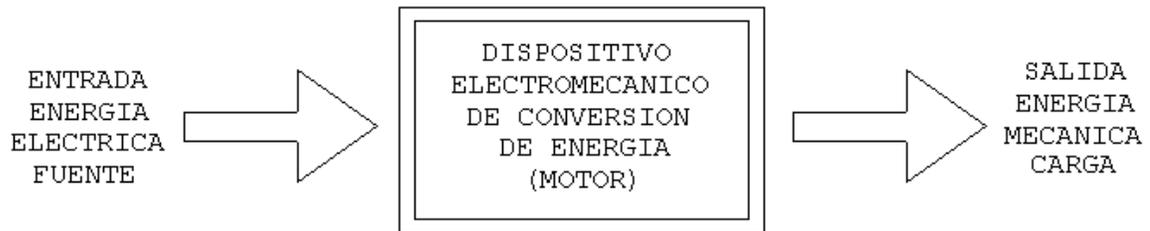


Figura 1.9 Ejemplo de dispositivo de transformación de la energía para una máquina rotativa.

Principios generales de las máquinas eléctricas rotativas fuente (Cánovas Rodríguez, Molina Martínez)

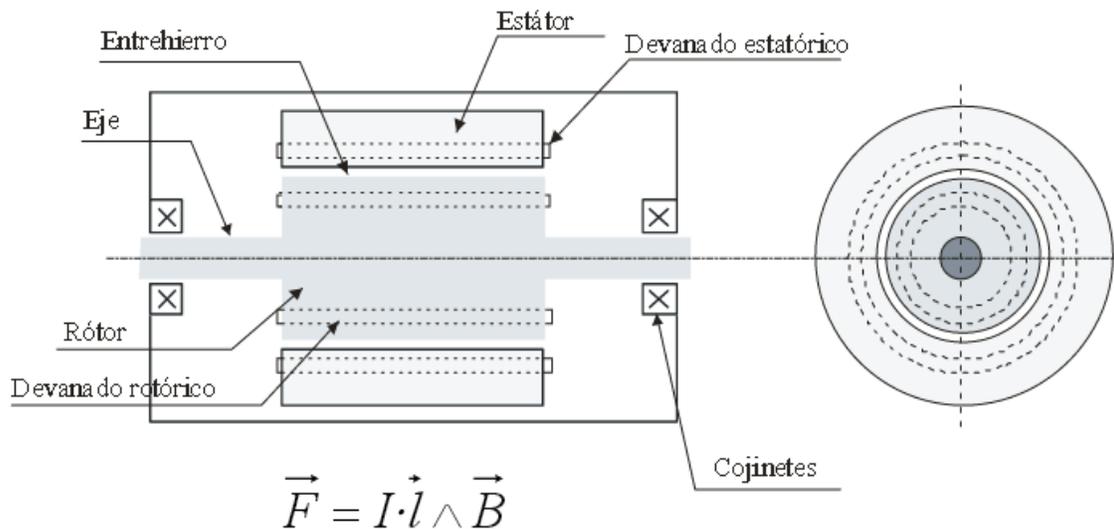


Figura 1.10 Principios generales de las máquinas eléctricas rotativas.

1.1.2. Potencia de las máquinas eléctricas.

La potencia de una máquina eléctrica es la energía desarrollada en la unidad de tiempo, la de un motor es la que este suministra por su eje. En un instante determinado la potencia de un motor depende de las condiciones externas a el, esta es la resistencia mecánica de los mecanismos que mueve.

Entre todos los valores de potencia posibles hay uno que da las características de la máquina, es la potencia nominal, que se define como la que puede suministrar sin que la temperatura llegue a los límites admitidos por los materiales aislantes

empleados. Cuando la máquina trabaja en esta potencia se dice que está a plena carga. Si una máquina trabaja durante breves instantes a una potencia superior a la nominal se dice que está trabajando en sobrecarga.

1.1.3. Clasificación de las máquinas eléctricas según el servicio.

Es importante conocer la clase de servicio (Régimen de trabajo) a la que estará sometida una máquina, generalmente se clasifican según (Fedorov y Rodríguez López Eduardo) en:

- Régimen continuo.
- Temporal o de corta duración.
- intermitente).

1.1.4. Rendimiento.

De manera general, se define como la relación entre la potencia útil y la potencia absorbida expresada en %.

$$\eta = \frac{P_u}{P_{ab}} * 100$$

1.1.5. Las pérdidas en los dispositivos electromecánicos las podemos clasificar dentro de las siguientes categorías:

- Pérdidas en el cobre de los devanados (rotor y estator): Las pérdidas en el cobre de una máquina son las pérdidas por calentamiento debido a la resistencia de los conductores del rotor y del estator: $P=I^2R$.
- Pérdidas en el núcleo: Las pérdidas del núcleo se deben a la histéresis y a las corrientes parásitas. Con frecuencia a estas pérdidas se les conoce como pérdidas de vacío o pérdidas rotacionales de una máquina.
- Pérdidas mecánicas: Las pérdidas mecánicas se deben a la fricción de los rodamientos y con el aire. (Pérdidas por fricción y batimiento: P_{fb})

- Pérdidas adicionales: Las pérdidas adicionales son todas aquellas pérdidas que no se pueden clasificar en ninguna de las anteriores. Por convención, se asume que son iguales al 1% de salida de la máquina.

La eficiencia de una máquina es una relación entre su potencia útil de salida y su potencia total de entrada: $\eta = (P_{sal}/P_{ent}) \times 100$.

1.1.6. Tipos de motores:

- Motores de corriente alterna (AC).
- Motores de corriente directa (DC).

Generalmente en industrias los más empleados son los motores de corriente alterna (AC).

1.1.7. Características particulares de los motores eléctricos de corriente alterna.

Los parámetros de operación de una máquina designan sus características, es importante determinarlas, ya que con ellas conoceremos los parámetros determinantes para la operación de la máquina. Las principales características de los motores de C.A. son:

1. **Potencia:** Es la rapidez con la que se realiza un trabajo

Potencia = Trabajo/tiempo, y se expresa en watt (W).

2. **Voltaje:** También llamada tensión eléctrica o diferencia de potencial, existe entre dos puntos, y es el trabajo necesario para desplazar una carga positiva de un punto a otro:

3. **Corriente:** La corriente eléctrica, es la rapidez del flujo de carga [Q] que pasa por un punto dado [P] en un conductor eléctrico en un tiempo [t] determinado.

4. **Corriente nominal:** En una máquina, el valor de la corriente nominal es la cantidad de corriente que consumirá en condiciones normales de operación.

5. **Corriente de vacío:** Es la corriente que consumirá la máquina cuando no se encuentre operando con carga y es aproximadamente del 20% al 30% de su corriente nominal.
6. **Corriente de arranque:** Todos los motores eléctricos para operar consumen un excedente de corriente, mayor que su corriente nominal, que es aproximadamente de dos a ocho veces superior.
7. **Corriente a rotor bloqueado:** Es la corriente máxima que soportara la máquina cuando su rotor esté totalmente detenido.
8. **Revoluciones por minuto (R.P.M.) o velocidad angular:** Se define como la cantidad de vueltas completas que da el rotor en el lapso de un minuto.
9. **Factor de potencia:** El factor de potencia $[\cos \Phi]$ se define como la razón que existe entre Potencia Real $[P]$ y Potencia Aparente $[S]$, siendo la potencia aparente el producto de los valores eficaces de la tensión y de la corriente, regularmente oscila entre 0.8 y 0.85.
10. **Factor de servicio:** El factor de servicio de un motor se obtiene considerando la aplicación del motor, para demandarle más, o menos potencia, y depende directamente del tipo de maquinaria impulsada.
11. **Número de fases:** Depende directamente del motor y del lugar de instalación, Para motores con potencia entre 1 y 5 HP lo más recomendable es conectarlo a corriente bifásica o trifásica (220 V.); y para motores que demanden una potencia de 5 HP o más, se utilizan sistemas trifásicos o polifásicos.
12. **Par:** Un par de fuerzas es un conjunto de dos fuerzas de magnitudes iguales pero de sentido contrario. El momento del par de fuerzas o torque, se representa por un vector perpendicular al plano del par.
13. **Par Nominal:** Es el par que se produce en un motor eléctrico para que pueda desarrollar sus condiciones de diseño.

14. **Par de arranque:** Es el par que va a desarrollar el motor para romper sus condiciones iniciales de inercia y pueda comenzar a operar.
15. **Par máximo:** También llamado par pico, es el par que puede desarrollar el motor sin perder sus condiciones de diseño.
16. **Par de aceleración:** Es el par que desarrolla el motor hasta que alcanza su velocidad nominal.
17. **Par de desaceleración:** Es el par en sentido inverso que debe emplearse para que el motor se detenga.
18. **Par a rotor bloqueado:** Se considera como el par máximo que desarrolla un motor cuando se detiene su rotor.
19. **Frecuencia:** Es el número de ciclos o repeticiones del mismo movimiento durante un segundo, su unidad es el *segundo*⁻¹ que corresponde a un *Hertz* [Hz] también se llama ciclo.
20. **Deslizamiento:** El deslizamiento es la relación que existe entre la velocidad de los campos del estator y la velocidad de giro del rotor:
21. **Eficiencia:** Es un factor que indica el grado de pérdida de energía, trabajo o potencia de cualquier aparato eléctrico o mecánico, se define como la relación del trabajo de salida entre el trabajo de entrada

1.2. Reductores y motorreductores.

Debido a la necesidad de variar la velocidad entregada por el motor eléctrico en función de la necesidad del equipo que este deberá accionar es muy común el uso de reductores o motorreductores en el sector industrial, pues estos son capaces de reducir la velocidad de forma segura y eficiente.

Al emplear **Reductores o motorreductores** se obtiene una serie de beneficios sobre estas otras formas de reducción. Algunos de estos beneficios son:

- Una regularidad tanto en la velocidad como en la potencia transmitida.
- Una mayor eficiencia en la transmisión de la potencia suministrada por el motor.
- Menor espacio requerido y mayor rigidez en el montaje.

- Menor tiempo requerido para su instalación.

Los motorreductores se suministran normalmente acoplado a la unidad reductora un motor eléctrico normalizado asíncrono tipo jaula de ardilla, totalmente cerrado y refrigerado por ventilador para conectar a redes trifásicas de 220/440 voltios y 60 Hz para el caso de Cuba.

Para proteger eléctricamente el motor es indispensable colocar en la instalación de todo Motorreductores un guarda motor que limite la intensidad y un relé térmico de sobrecarga. Los valores de las corrientes nominales están grabados en las placas de identificación del motor.

1.2.1. Instalación de reductores y motorreductores.

Para un buen funcionamiento de las unidades de reducción es indispensable tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Las unidades deben montarse sobre bases firmes para eliminar vibraciones y desalineamientos en los ejes.
- Si la transmisión de la unidad a la máquina es por acople directo entre ejes, es indispensable garantizar una perfecta alineación y centrado.
- Si la transmisión se hace por cadenas o correas, la tensión dada a estos elementos debe ser recomendada por el fabricante, previas una alineación entre los piñones o poleas.
- Las unidades de acoplamiento deben montarse cuidadosamente sobre los ejes para no dañar los rodamientos y lo más cercanas a la carcasa para evitar cargas de flexión sobre los ejes.
- Antes de poner en marcha los Motorreductores, es necesario verificar que la conexión del motor sea la adecuada para la tensión de la red eléctrica.

1.2.2. Mantenimiento y puesta en marcha de motorreductores.

Los engranajes, casquillos y rodamientos de los reductores y motorreductores están lubricados habitualmente por inmersión o impregnados en la grasa lubricante alojada en la carcasa principal. Por lo tanto, el mantenimiento pasa por



Capítulo I. Accionamientos electromecánicos industriales



revisar el nivel de aceite antes de la puesta en marcha. La carcasa tendrá visibles los tapones de llenado, nivel y drenaje del lubricante, que deben estar bien sellados. Debe mantenerse especialmente limpio el orificio de ventilación; también debe respetarse el tipo de lubricante recomendado por el fabricante, que suele ser el más adecuado a su velocidad, potencia y materiales constructivos. Durante el mantenimiento deberá comprobarse que las dimensiones de los dientes de la transmisión se encuentren entre los valores permisibles para la misma.

Según el tipo del reductor, se suele recomendar una puesta en marcha progresiva, en cuanto a la carga de trabajo, con unas 50 horas hasta llegar al 100%. Asimismo, es muy recomendable el sustituir el aceite la primera vez tras 200 horas de trabajo, pudiendo incluso el decidir en ese momento un "lavado" del Reductor. A partir de ese momento, los cambios del lubricante deberán hacerse siempre de acuerdo con las recomendaciones del fabricante, siendo plazos habituales cambios cada 2000 horas de trabajo aproximadamente.

En caso de disponer de Reductores de repuesto, estos deben permanecer completamente llenos del lubricante recomendado, para prevenir la oxidación de los elementos internos, así como protegidos los acoplamientos. Es importante "marcar" en el mismo reductor la necesidad de vaciar el lubricante sobrante antes de ser puesto en servicio.

Conclusiones Capítulo I

- Los parámetros principales que distinguen los accionamientos electromecánicos industriales, y la necesidad de emplear transmisiones mecánicas son: Diferencia de velocidad entre la carga y el motor eléctrico; necesidad de variación de la velocidad de giro de la carga; torque demandado por la carga superior al del motor; empleo de un mismo motor para accionar diferentes mecanismos que pueden funcionar a diferentes velocidades e imposibilidad en ocasiones de conectar directamente el eje del motor y el eje de la carga, por problemas de espacio, seguridad o comodidad de servicio o de mantenimiento.
- Las transmisiones mecánicas en correspondencia con la transmisión del movimiento desde el elemento accionador al accionado se dividen en: Transmisiones por rozamiento: con contacto directo (por fricción) o con enlace flexible (por correa) y transmisiones por engrane: con contacto directo (por dientes y sin fin) o con enlace flexible (por cadena) y sus principales características son: Potencia (N); energía a transmitir por unidad de tiempo; eficiencia (η); velocidades (n_{entrada} y n_{salida}) y relación de transmisión (i).
- Para el funcionamiento eficiente de las unidades de reducción es indispensable tener en cuenta el mantenimiento, que transita desde la lubricación adecuada y la limpieza del orificio de ventilación hasta la comprobación sistemática de que las dimensiones de los dientes de la transmisión se encuentren en los valores permisibles.

Capitulo III



CAPÍTULO II: ACCIONAMIENTOS ELECTROMECAÑICOS EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE PIENSOS.

Introducción

El proceso productivo de la Empresa productora de piensos Cienfuegos está dividido en varias etapas tecnológicas estas son: recepción y almacenamiento de materias primas, molienda, dosificación y mezcla. Después de esta última el proceso se subdivide en otras dos partes pues en esta fábrica se puede producir piensos pelletizados por lo tanto en este caso el producto de la mezcla se dirige a las prensas encargadas de producir los pellets y después va al proceso de venta. En el caso de que no se vaya a producir piensos pelletizados el producto va directamente al proceso de ventas.

Durante todo el proceso productivo la transportación de las materias primas y los productos obtenidos se realiza con el empleo de sistemas mecanizados dentro de los cuales se utilizan transportadores de cadenas, elevadores de canjilones, sinfines y bandas transportadoras, aunque también se emplea la transportación automotor para las materias primas. Todos estos accionados por transmisiones por cadenas, correas, reductores y motorreductores. Estos accionamientos también intervienen en el proceso de mezclado, prensado y el resto del proceso.

Descripción del proceso de fabricación de piensos y equipos que intervienen en el mismo.

En el Anexo 1 se muestra un esquema del flujo productivo de la fábrica de piensos de Cienfuegos.

En el proceso de transportación interna de materias primas, piensos en proceso y productos terminados se utilizan varios tipos de transportadores:

- Elevadores de canjilones.
- Transportadores de cadena.
- Transportadores de tornillo sinfín.

En la figura 2.1 se puede apreciar un ejemplo de un elevador de canjilones.

Elevadores de canjilones: Están previstos para la traspotación de harinas, cereales y pellet, su montaje debe realizarse en posición vertical.



Figura 2.1 Elevadores de canjilones.

Fuente: Catálogo Rosal Instalaciones Industriales SA.

Trasportadores de cadena: Puede montarse en posición horizontal o ligeramente inclinado, se utiliza en el transporte de harinas, cereales y pellet. En la figura 2.2 se muestra un transportado de cadena e empleado en el proceso.



Figura 2.2 Transportador de cadena.

Transportadores de tornillo sinfín: Están destinados exclusivamente para la transportación de materiales secos y en granos



Figura 2.3 Transportador por tornillo sinfín

2.1. Recepción de Materias Primas.

En esta etapa ocurre la llegada a la fábrica de las diferentes materias primas que serán empleadas en la producción de piensos.

2.1.1. Recepción de cereales

La recepción de los cereales se realiza desde los Silos del Combinado de Cereales y desde la batería de silos a través del sistema transportación mecanizada como se muestra en la figura 2.4.

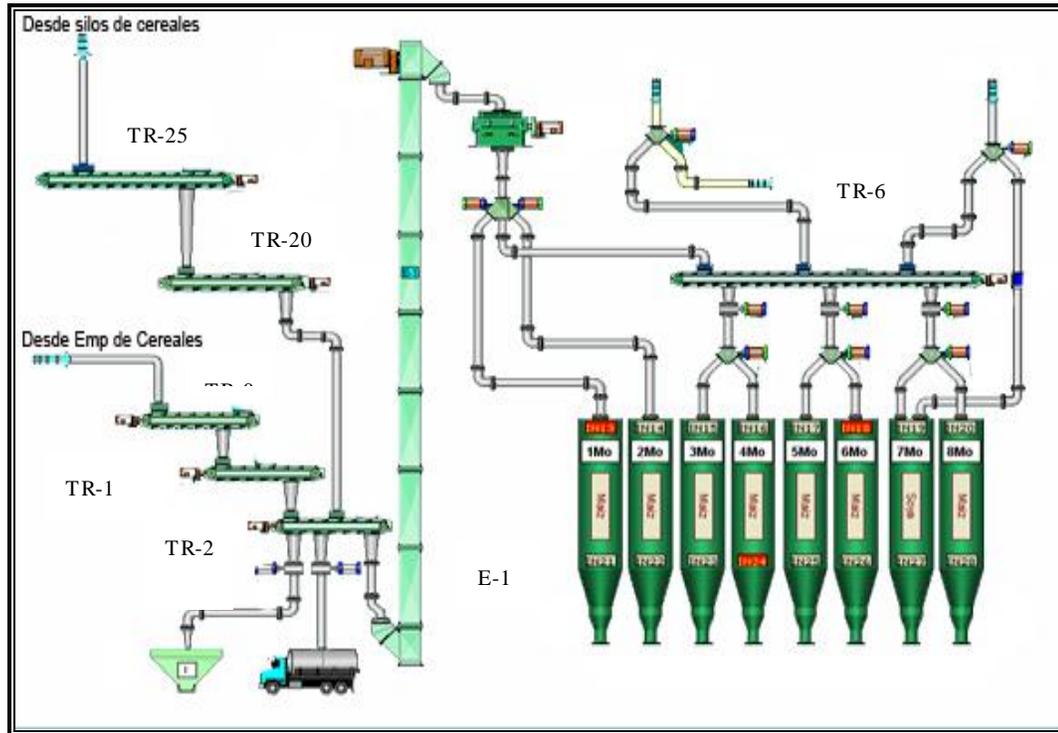


Figura 2.4 Recepción de materias primas desde silos y combinado de cereales.

Los equipos que intervienen en esta etapa y sus características están relacionados en las tabla 2.1, 2.2 y 2.3, estos son elevadores de canchales y transportadores de cadena.

Tabla 2.1 Equipos que intervienen en la recepción de cereales.

Nombre	Capacidad (T/h)	Accionamiento	Velocidad de Operación(rpm)	Longitud o Altura(m)	Cantidad de canchales
Transportador de cadena TR2	150	Motor-reductor	131	47	-
Elevador E1	150	Motor-reductor	182	94	350
Transportador de cadena TR6	150	Motorreductor	129	8	-
Transportador de cadena TR1	150	Motor-reductor	1338	88	-

Tabla 2.2 Accionamientos que intervienen en la recepción de cereales.

Equipo	Potencia nominal (kW)	Velocidad (rpm)	Voltaje (V)	I Nominal (A)	Eficiencia
TR2	19	1460	440	37	0.88
E1	35	1765	440	60	0.88
TR6	4	1680	440	9	0.88
TR1	55	1750	440	89	0.88

Tabla 2.3 Transmisiones de los equipos que intervienen en la recepción de cereales.

Equipo	Velocidad de salida del reductor	Transmisión	Z_1 o diámetro motriz	Z_2 o diámetro Conducido	Relación de transmisión
TR2	131	Cadena	23	76	3.3
E1	182	Cadena	19	57	3
TR6	129	Cadena	21	57	2.7
TR1	1338	cadena	23	79	3.4

La recepción de los cereales puede hacerse también por vía automotor de forma a granel a través de una tolva receptora de camiones con el empleo de los accionamientos TR-3, E2. TR-4 y TR-5 como puede observarse en la figura 2.5

En las tablas 2.4, 2.5 y 2.6 se muestran las características de dichos equipos.

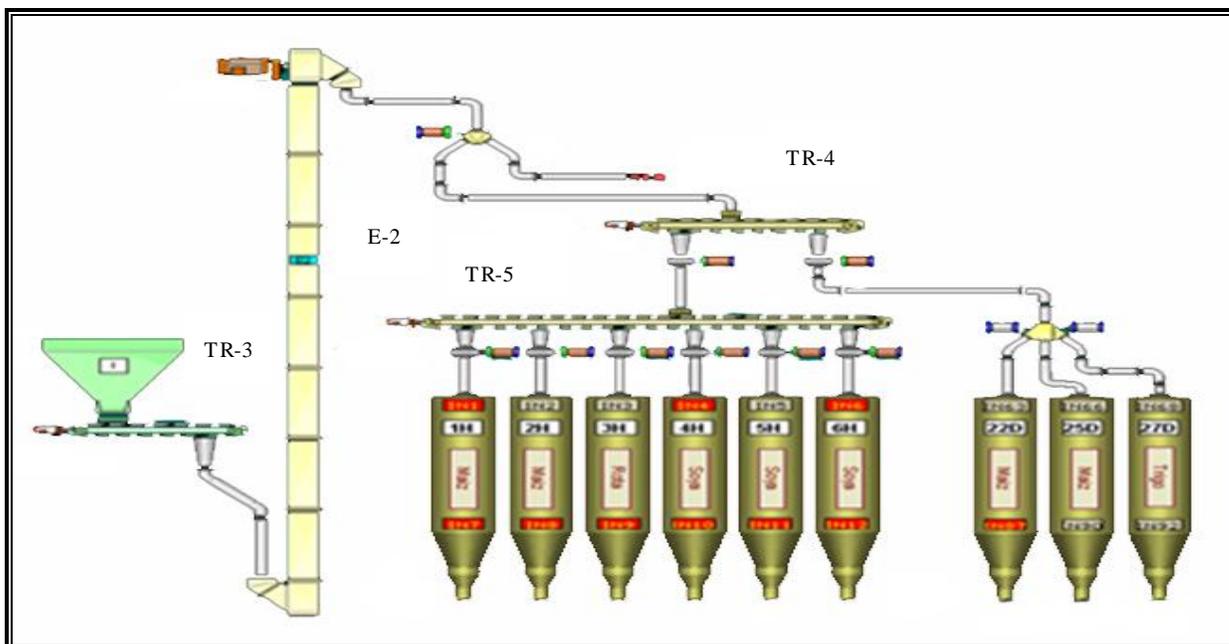


Figura 2.5 Recepción de materias primas a granel.

Tabla 2.4 Equipos que intervienen en la recepción de materias primas a granel.

Nombre	Capacidad (T/h)	Accionamiento	Velocidad de Operación(rpm)	Longitud o Altura(m)	Cantidad de canchales
Transportador de cadena TR3	60	Motorreductor	136	21	-
Elevador E2	60	Motor-reductor	167	94	283
Transportador de cadena TR4	60	Motorreductor	121	8.5	-
Transportador de cadena TR5	60	Motorreductor	121	13	-

Tabla 2.5 Accionamientos que intervienen en la recepción de materias primas a granel.

Equipo	Potencia nominal (kW)	Velocidad (rpm)	Voltaje (V)	I Nominal (A)	Eficiencia
TR3	7.4	1750	440	11.4	0.88
E2	15	1750	440	25	0.88
TR4	3.6	1700	440	7.3	0.88
TR5	2.6	1680	440	5.3	0.88

Tabla 2.6 Transmisiones de los equipos que intervienen en la recepción de materias primas a granel.

Equipo	Velocidad de salida del reductor	Transmisión	Z_1 o diámetro motriz	Z_2 o diámetro Conducido	Relación de transmisión
TR3	136	Cadena	21	57	2.7
E2	167	Cadena	19	57	3
TR4	121	Cadena	23	57	2.4
TR5	121	cadena	19	57	3

En las tablas 2.7, 2.8 y 2.9 se muestran las características de los equipos que intervienen en la recepción desde la batería de silos.

Tabla 2.7 Equipos que intervienen en la recepción de materias primas desde la batería de silos.

Nombre	Capacidad (T/h)	Accionamiento	Velocidad de Operación(rpm)	Longitud o Altura(m)	Cantidad de canchales
Transportador de cadena - enlace molino	150	Motorreductor	35	20	-
Transportador de cadena – llenado silos	150	Motorreductor	35	-	-
Transportador de cadena - vaciado	60	Motorreductor	45	63	-
Elevador silos	60	Motorreductor	140	12	-
Transportador de cadena TR25	60	Motorreductor	44	32	-
Transportador de cadena TR26	60	Motorreductor	44	26	-
Tornillo sinfín barredor	50	Motor-reductor	213		-
Transportador de cadena enlace corto	150	Motorreductor	39	6.3	-

Tabla 2.8 Accionamientos que intervienen en la recepción de materias primas desde la batería de silos.

Equipo	Potencia nominal (kW)	Velocidad (rpm)	Voltaje (V)	I Nominal (A)	Eficiencia
TR - enlace molino	22	1760	440	87	0.88
TR – llenado silos	22	1760	440	87	0.88
TR – vaciado	7.5	1750	440	12.8	0.88
Elevador silos	4	1720	440	7.1	0.88
TR25	11	1740	440	19	0.88
TR26	11	1740	440	19	0.88
Tornillo sinfín barredor	9.2	1755	440	15.9	0.88
TR- enlace corto	7.5	1750	440	12.8	0.88

Tabla 2.9 Transmisiones de los equipos que intervienen en la recepción de materias primas desde la batería de silos.

Equipo	Velocidad de salida del reductor	Transmisión	Z ₁ o diámetro motriz	Z ₂ o diámetro Conducido	Relación de transmisión
TR- enlace molino	35	Cadena	-	-	-
TR – llenado silos	35	Cadena	-	-	-
TR - vaciado	45	Cadena	-	-	-
Elevador silos	140	Cadena	-	-	-
TR25	44	Cadena	-	-	-
Transportador de cadena TR26	44	Cadena	-	-	-
Tornillo sinfín barredor	213	Cadena	-	-	-
TR- enlace corto	39	Cadena	-	-	-

También se reciben cereales del almacén por las tolvas receptoras o rompedores 1 y 2 como se puede apreciar en la figura 2.6 donde intervienen: TR-21, E5 y TR-8 por una línea y por otra intervienen TR-22, E4 y TR-7. En la tabla 2.10, 2.11 y 2.12 se muestran las características de estos accionamientos.

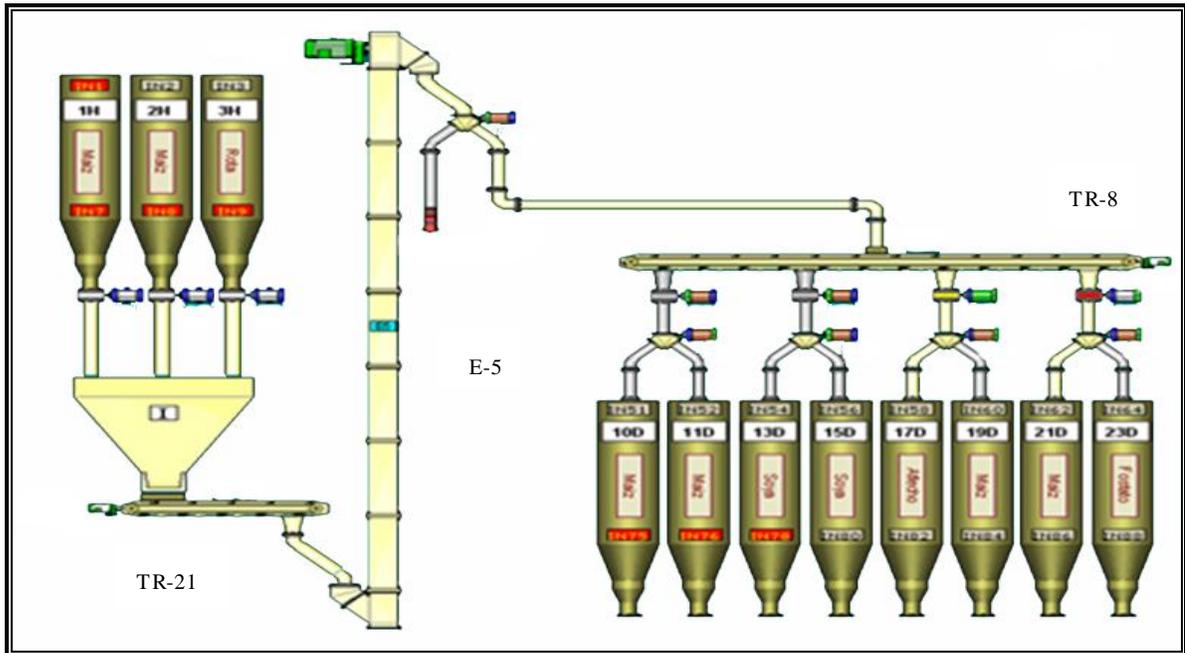


Figura 2.6 Recepción de materias primas por los rompedores 1 y 2.

Tabla 2.10 Equipos que intervienen en la recepción de materia prima por los rompedores 1 y 2.

Nombre	Capacidad (T/h)	Accionamiento	Velocidad de Operación(rpm)	Longitud o Altura(m)	Cantidad de canchales
Transportador de cadena TR21	30	Motorreductor	130	12	-
Elevador E5	30	Motorreductor	180	95	473
Transportador de cadena TR22	30	Motorreductor	104	12	-
Elevador E4	30	Motorreductor	180	96	478
Transportador de cadena TR7	30	Motorreductor	138	9.8	-
Transportador de cadena TR8	30	Motorreductor	138	7.8	-

Tabla 2.11 Accionamientos que intervienen en la recepción de materia prima por los rompedores 1 y 2.

Equipo	Potencia nominal (kW)	Velocidad (rpm)	Voltaje (V)	I Nominal (A)	Eficiencia
TR21	3	1700	440	5.8	0.89
E5	9	1500	440	16	0.89
TR22	4	1750	440	7.5	0.89
E4	11	1745	440	19.2	0.88
TR7	206	1980	440	5.3	0.88
TR8	1.5	1750	440	5	0.88

Tabla 2.12 Transmisiones de los equipos que intervienen en la recepción de materia prima por los rompedores 1 y 2.

Equipo	Velocidad de salida del reductor	Transmisión	Z_1 o diámetro motriz	Z_2 o diámetro Conducido	Relación de transmisión
TR21	130	Cadena	21	57	2.7
E5	180	Cadena	25	57	2.2
TR22	104	Cadena	21	57	2.7
E4	180	Cadena	23	57	2.4
TR7	138	Cadena	21	57	2.7
TR8	138	Cadena	19	57	3

El aceite se recepciona por vía automotor y se deposita en cuatro tanques de almacenamiento como se muestra en la figura 2.7.

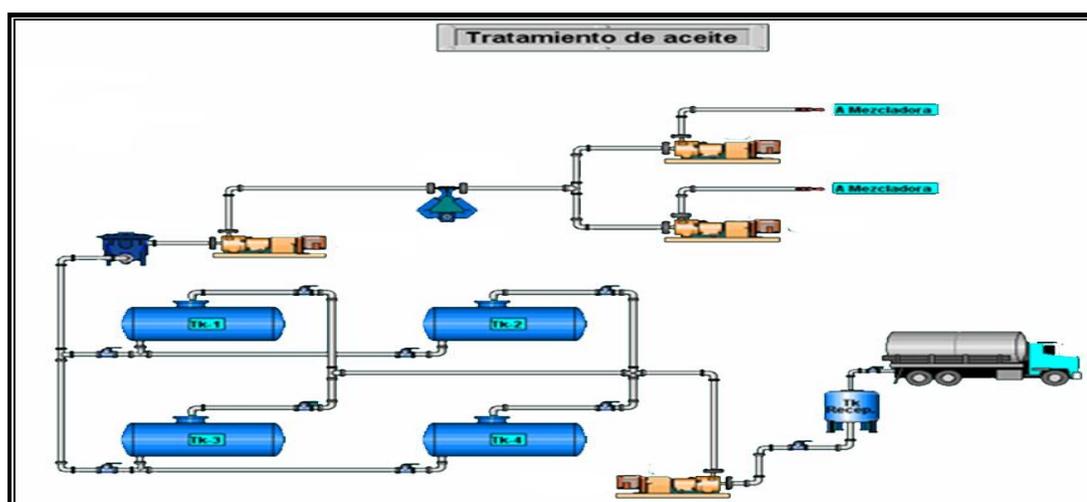


Figura 2.6 Recepción de aceite.

2.2. Proceso de molienda

Esta es la etapa del proceso donde tiene lugar la trituración de las materias primas en función del grado de fineza recomendado para el tipo de pienso que se pretenda producir y según la materia prima a moler. El proceso se hace a través de 3 líneas con 4 molinos como se muestra en la figura 2.7, y el resultado de esta molienda se envía a los tanques de dosificación a través de los elevadores E6, E7 y E8. En la figura 2.8 se muestran molinos empleados en la producción.

Con vista a lograr una estabilidad en el consumo de energía el proceso de molienda se controla de forma tal que se muelan 25 T/h. Para lograr esto se emplean variadores de velocidad en el alimentador de cada molino de manera que se regula la entrada de producto al mismo.

Para garantizar el buen estado técnico de los martillos el molino gira ocho horas en un sentido y ocho horas en otro sentido, se utilizan diferentes tipos de tamices desde 2 hasta 5 mm para asegurar las diferentes granulometrías especificadas por cada tipo de piensos.

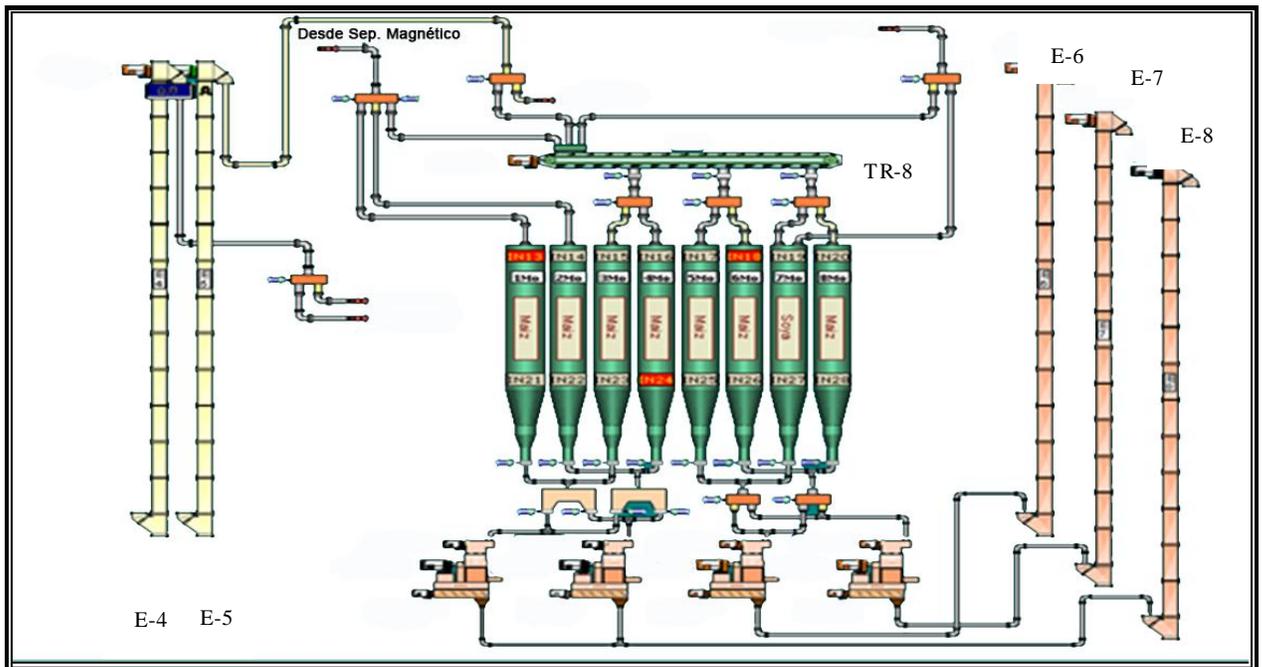


Figura 2.7 Proceso de molienda.



Figura 2.8 Molinos en la producción.

En la tabla 2.13, 2.14 y 2.15 se relacionan los accionamientos que se emplean en el proceso de molienda y sus características.

Tabla 2.13 Equipos que intervienen en el proceso de molienda

Nombre	Capacidad (T/h)	Accionamiento	Velocidad de Operación(rpm)	Longitud o Altura(m)	Cantidad de canchales
Molinos 1,2,3 y 4	25	Motor	985		-
E8	60	Motorreductor	167	94	283
E6	30	Motorreductor	180	95	473
E7	30	Motorreductor	180	95	473
Sinfín 1, 2, 3 y 4	25	Motorreductor	103	4.6	-
Sin fin 4-E8 Molino 1 y 2	50	Motorreductor	106	-	-
Sin fin 2-E6 Molino 3	30	Motorreductor	147	-	-
Sin fin 3-E7 Molino 4	30	Motorreductor	147	-	-

Tabla 2.14 Accionamientos que intervienen en el proceso de molienda

Equipo	Potencia nominal (kW)	Velocidad (rpm)	Voltaje (V)	I Nominal (A)	Eficiencia
Molinos 1,2,3 y 4	132	958	440	232	0.88
E8	15	1750	440	25	0.88
E6	11	1750	440	19.4	0.88
E7	11	1745	440	22.5	0.88
Sinfín 1, 2, 3 y 4	2.2	1430	440	4.9	0.88
Sin fin 4-E8 Molino 1 y 2	3	1750	440	9.3	0.88
Sin fin 2-E6 Molino 3	2.2	1750	440	5.8	0.88
Sin fin 3-E7 Molino 4	2.2	1750	440	3.4	0.88

Tabla 2.15 Transmisiones de los equipos que intervienen en el proceso de molienda

Equipo	Velocidad de salida del reductor	Transmisión	Z ₁ o diámetro motriz	Z ₂ o diámetro Conducido	Relación de transmisión
Molinos 1,2,3 y 4	-	-	-	-	-
Elevador E8	167	Cadena	19	57	3
Elevador E6	180	Cadena	23	57	2.4
Elevador E7	180	Cadena	23	57	2.4
Sinfín 1, 2, 3 y 4	103	-	-	-	-
Sin fin 4-E8 Molino 1 y 2	106	Cadena	23	25	1.09
Sin fin 2-E6 Molino 3	147	Cadena	19	25	1.3
Sin fin 3-E7 Molino 4	147	Cadena	19	25	1.3

2.3. Dosificación y Mezcla

En esta etapa del proceso es donde se lleva a cabo el pesado de las materias primas que se deberán agregar según el tipo de pienso que se desea producir, para luego introducir estos productos en las mezcladoras y dar lugar al proceso de mezclado como se muestra en la figura 2.9.

2.3.1. Dosificación

Durante la dosificación lleva a cabo el pesado de forma automática de los diferentes componentes que intervienen en la fórmula de pienso que se va a fabricar. Para lograr mayor exactitud en la adición de cada componente el 90 % de cada pesada se adiciona en régimen grueso y el 10 % en régimen fino. Este proceso se realiza desde celdas de dosificación las cuales consisten en tolvas metálicas apoyadas sobre células de carga electrónicas como se puede apreciar en la figura 2.9. El control de la dosificación debe ser a través de un sistema de automatización de alta fiabilidad ya que a partir de este proceso se inicia la elaboración del pienso.



Figura 2.9: Celdas de dosificación.

Fuente: Catálogo Rosal Instalaciones Industriales SA

2.3.2. Mezclado.

Esta etapa del proceso de producción de piensos es donde se mezclan uniformemente los productos que componen el pienso así como las premezclas y medicamentos en un tiempo determinado. El mezclado se lleva cabo en mezcladoras horizontales como la que se muestra en la figura 2.9. Este tipo de mezcladora brinda una buena homogeneidad de la mezcla en un corto espacio de tiempo, aproximadamente de **4 a 5 min.**

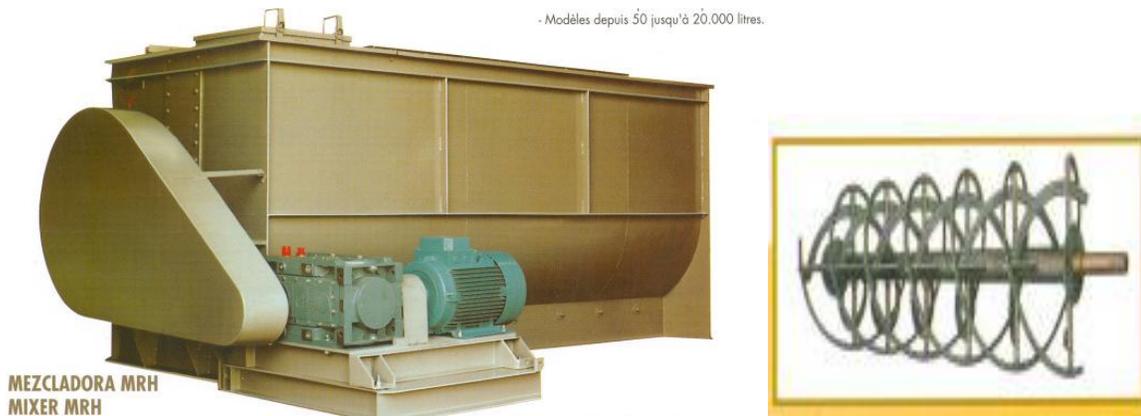


Figura 2.9: Mezcladora Horizontal.

Fuente: Catálogo Rosal Instalaciones Industriales SA.

En la figura 2.10 se puede observar la transmisión de una mezcladora de la fábrica en servicio.



Figura 2.10 Transmisión por cadena que acciona mezcladora en la fábrica.

Para realizar el mezclado se utilizan las materias primas almacenadas en las 22 celdas de dosificación y se pesan en la báscula de 5000 Kg, luego se procede a confeccionar los diferentes tipos de piensos, trabajo que se realiza de forma automática desde un ordenador una vez que el operador introduce en la computadora la receta del tipo de pienso a realizar. El operador da el comando de

arranque, y las raseras oscilantes comienzan a dosificar los componentes. Después de terminada una templa la misma es evacuada hacia el depósito pulmón con la ayuda del transportador de cadena TR – 9 y el elevador de canjilones E – 9, en este trayecto si la receta exige la adición de medicamentos, entonces estos son adicionados de forma manual con la ayuda de la tolva de medicamentos. Una vez que toda la templa se encuentre en el depósito pulmón, se abren las raseras que están debajo del mismo y se deja pasar el producto a la mezcladora durante un tiempo de cuatro minutos y se le adiciona aceite si lo lleva dicha receta, con la ayuda de las bombas destinadas para este efecto. Transcurrido el tiempo de mezcla el pienso se lleva a la criba con la intervención del transportador de cadena TR – 10 y el elevador de canjilones E – 10 o E – 11 y después de pasar por la criba, con las ayuda de los transportadores de cadena TR – 11, TR – 13, TR – 14, TR – 15, TR – 16 y TR – 17 el pienso listo para ir al proceso de prensado, a carga a granel, a ensaque o a las celdas de melazado. Todo el proceso de dosificación y mezclado se muestra en la figura 2.11.

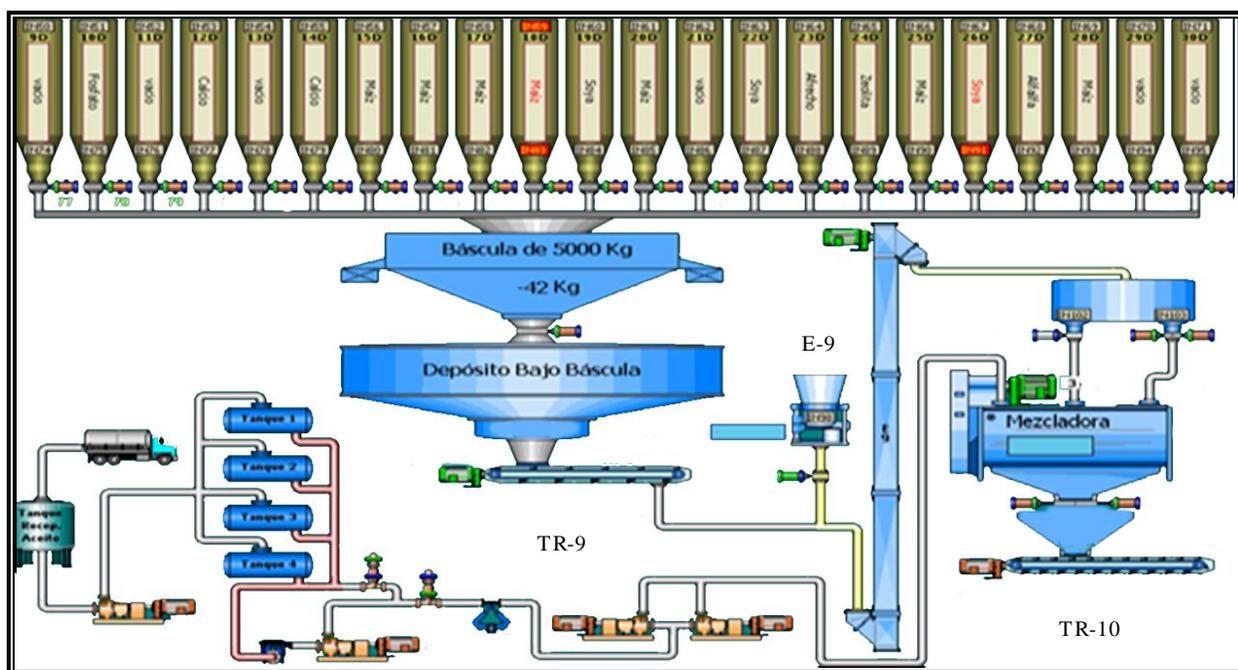


Figura 2.11 Proceso de dosificación y mezclado.

En las tablas 2.16, 2.17 y 2.18 se muestran los equipos que intervienen en el proceso de dosificación y mezcla con sus principales características.

Tabla 2.16 Equipos que intervienen en el proceso de dosificación y mezcla

Nombre	Capacidad (T/h)	Accionamiento	Velocidad de Operación(rpm)	Longitud o Altura(m)	Cantidad de canchales
Transportador de cadena TR9	60	Motorreductor	44	14	-
Elevador E9	60	Motor-reductor	149	95	180
Mezcladora	5	Motor-reductor	68	-	-
Transportador de cadena TR10	60	Motorreductor	129	7.3	-
Elevador E11	60	Motor-reductor	167	86	300
Criba	60	Motor-reductor	189	-	-
Transportador de cadena TR11	60	Motorreductor	147	13	-
Transportador de cadena TR15	60	Motorreductor	156	9.3	-
Transportador de cadena TR7	60	Motorreductor	129	21	-
Elevador E10	60	Motor-reductor	167	86	300
Transportador de cadena TR16	60	Motorreductor	147	10	-

Tabla 2.17 Accionamientos que intervienen en el proceso de dosificación y mezcla

Equipo	Potencia nominal (kW)	Velocidad (rpm)	Voltaje (V)	I Nominal (A)	Eficiencia
TR9	11	1750	440	21	0.88
E9	11	1750	440	25	0.88
Mezcladora	75	1775	440	120	0.88
TR10	7	1750	440	18	0.88
E11	21	1750	440	36	0.88
Criba	19	1750	440	37	0.88
TR11	5.3		440	9.3	0.88
TR15	3.6	1750	440	7.3	0.88
TR7	4	1735	440	9	0.88
E10	21	1750	440	36	0.88
TR16	2.2	1715	440	4.32	0.88

Tabla 2.18 Transmisiones de los equipos que intervienen en el proceso de dosificación y mezcla

Equipo	Velocidad de salida del reductor	Transmisión	Z ₁ o diámetro motriz	Z ₂ o diámetro Conducido	Relación de transmisión
TR9	44	Cadena	19	57	3
E9	149	Cadena	21	57	2.7
Mezcladora	68	Cadena	23	95	4.1
TR10	129	Cadena	21	57	2.7
E11	167	Cadena	19	57	3
Criba	189	Cadena	19	38	2
TR11	147	Cadena	19	57	3
TR15	156	Cadena	19	57	3
TR7	129	Cadena	19	57	3
E10	167	Cadena	19	57	3
TR16	147	Cadena	23	57	2.4

2.4. Prensado

El proceso de prensado consiste en someter al pienso en forma de harina a un efecto combinado de compresión y extrusión. En esta etapa del proceso se convierte el pienso de una harina en pellets mediante la mezcla de vapor y pienso. En la fábrica actualmente solo se fabrican piensos pelletizados para inicio porcino, ceba de tilapia, conejo TP y avestruz. En la figura 2.12 se muestra el proceso de

prensado y los equipos que intervienen en el mismo, y en la figura 2.13 se puede observar una prensa empleada en la producción de pellets.

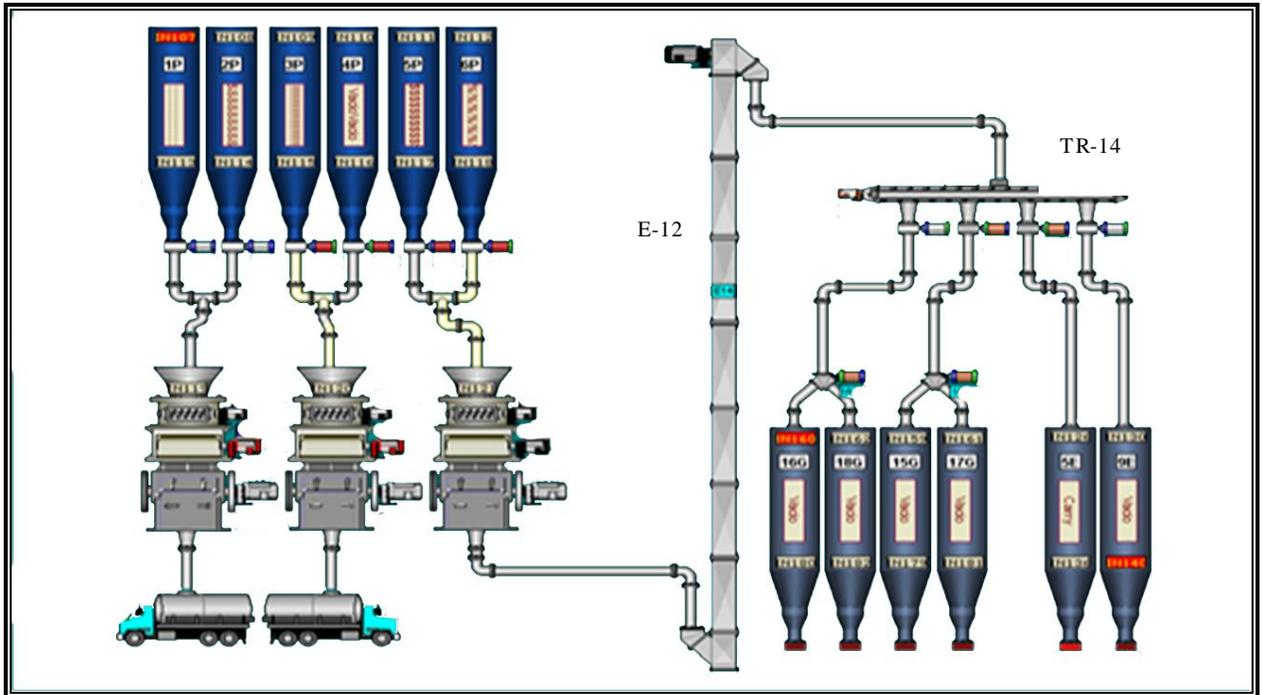


Figura 2.12 Proceso de prensado.



Figura 2.13: Prensa productora de pellets.

En las tablas 2.19, 2.20 y 2.21 se muestran los equipos que intervienen en la producción de piensos pelletizados.

Tabla 2.19 Equipos que intervienen en la producción de piensos prensados

Nombre	Capacidad (T/h)	Accionamiento	Velocidad de Operación(rpm)	Longitud o Altura(m)	Cantidad de canchilones
Prensa 1 y 2	15	-	-	-	-
Elevadores E12 y E13	15	Motorreductor	97	95	300
Transportador de cadena TR13	70	Motorreductor	129	13	-
Transportador de cadena TR14	45	Motorreductor	122	20	-
Alimentador	15	Motorreductor	117	1.1	-
Mezclador	15	Motorreductor	980	2.6	-

Tabla 2.20 Accionamientos que intervienen en la producción de piensos prensados

Equipo	Potencia nominal (kW)	Velocidad (rpm)	Voltaje (V)	I Nominal (A)	Eficiencia
Prensa 1 y 2	110	985	440	196	0.86
E12 y E13	7.5	1750	440	18.9	0.87
TR13	2.9	1700	440	5.4	0.88
TR14	2.9	1705	440	6.2	0.88
Alimentador	9	117	440	6.4	0.82
Mezclador	15	980	440	29.1	0.81

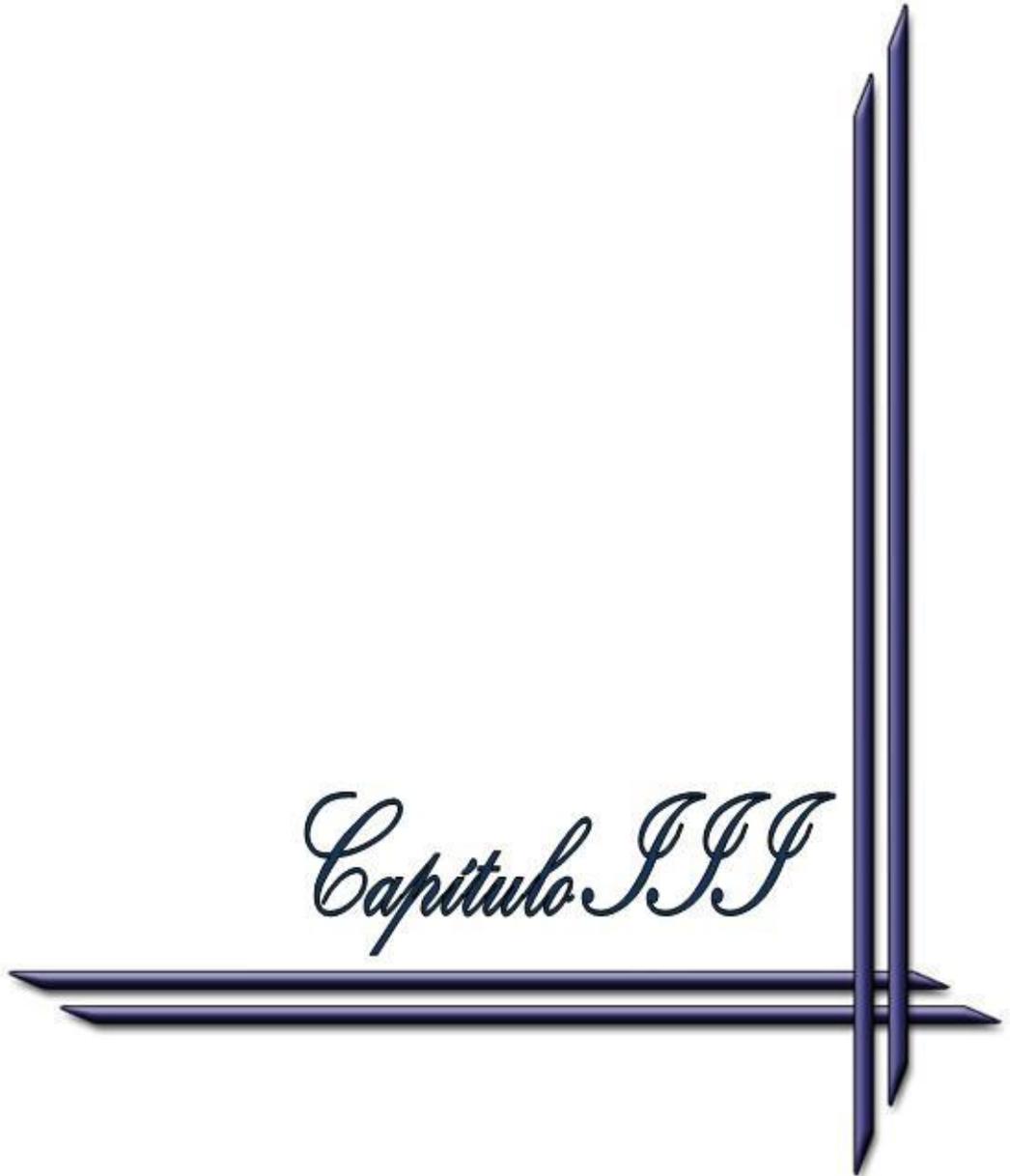
Tabla 2.21 Transmisiones de los equipos que intervienen en la producción de piensos prensados

Equipo	Velocidad de salida del reductor	Transmisión	Z_1 o diámetro motriz	Z_2 o diámetro Conducido	Relación de transmisión
Prensa 1 y 2	-	-	-	-	-
E12 y E13	97	Cadena	23	57	2.4
TR13	129	Cadena	19	57	3
TR14	122	Cadena	19	57	3
Alimentador	117	-	-	-	-
Mezclador	980	-	110	400	3.6

Conclusiones Capítulo II

- La Fábrica de Piensos Cienfuegos cuenta para la transportación de materias primas y de los productos obtenidos en su proceso productivo con sistemas mecanizados que emplean transportadores de cadenas, elevadores de canjilones, sinfines y bandas transportadoras accionados por transmisiones por cadenas, correas, reductores y motorreductores, entre los que podemos citar: 18 transportadores de cadena, 14 elevadores de canjilones, 9 sinfines, 4 molinos, 1 mezcladora, 1 criba y 3 prensas.
- Las transmisiones mecánicas que más se emplean en el accionamiento de los equipos están compuestas generalmente por motores eléctricos acoplados a reductores o motorreductores que accionan transmisiones por cadenas.
- Las transmisiones por cadena operan en condiciones técnicas no adecuadas, fundamentalmente debido a que carecen de guarderas, que trae como consecuencia la acumulación de grandes cantidades de polvo, que atenta contra la lubricación requerida y por consiguiente, influyendo grandemente en la eficiencia de las mismas.

Capitulo III



Capítulo III: Discusión de los resultados.

3.1. Evaluación de la eficiencia de los accionamientos electromecánicos.

Introducción

En este capítulo se pretende estimar las pérdidas de energía en los accionamientos electromecánicos de la fábrica de piensos Cienfuegos.

Las estimaciones se realizaron de la siguiente forma:

Primero se consideró que los equipos trabajan en las condiciones óptimas de diseño, con buen régimen de mantenimiento y bajo buenos hábitos de explotación.

Posteriormente se realizaron las estimaciones de la eficiencia de los equipos para las condiciones reales de operación.

A partir de las diferencias entre los valores obtenidos en condiciones reales y las óptimas o de diseño se calcularon las pérdidas de energía, multiplicando esa diferencia de potencia obtenida por las horas de trabajo de los electromecanismos.

Para estos análisis y la estimación de la eficiencia se tuvo en cuenta que un gran número de las transmisiones mecánicas de la fábrica son realizadas por cadenas en una de sus etapas, las cuales como se puede ver en el anexo 2 trabajan en condiciones inadecuadas; es decir, con mala lubricación, funcionamiento sin guardera y por lo tanto un gran empolvamiento y con alargamientos de los tiempos entre mantenimientos.

La tabla 3.1 muestra los valores de eficiencia tomados de la documentación técnica y que se consideraron para realizar las evaluaciones.

Tabla 3.1 Valores medios de la eficiencia de algunas transmisiones (sin tener en cuenta pérdidas en los apoyos (tabla 7-4 Ocampo, 1993).

Tipo de transmisión	En baño de aceite	Abierta
Dentada con ruedas cilíndricas	0,95 a 0,98	0,92 a 0,94
Dentada con ruedas cónicas	0,94 a 0,97	0,91 a 0,93
Por cadena	0,95 a 0,97	0,90 a 0,93
Por correa		0,95 a 0,96
Por fricción	0,90 a 0,96	0,75 a 0,88

3.2. Cálculo de las pérdidas de energía en los mecanismos.

Para el cálculo de las pérdidas de energía en los mecanismos fue necesario determinar la potencia que recibe cada accionamiento, el tipo de transmisión que presenta en cada una de sus etapas para así determinar en función de la eficiencia de cada tipo de transmisión como se ve afectada la potencia de salida del accionamiento, cuya diferencia (pérdidas de potencia) multiplicada por las horas de trabajo permitieron calcular las pérdidas de energía. Las pérdidas en los apoyos no fueron consideradas.

Para el cálculo de las pérdidas se emplearon las siguientes expresiones:

$$N_s = N_e \cdot \eta_{\text{correa}} \cdot \eta_{\text{reductor}} \cdot \eta_{\text{cadena}} \quad (kW) \dots\dots\dots (3.1)$$

Y

$$N_s - N_e = \text{Pérdidas de potencia} \dots\dots\dots (3.2)$$

Donde:

N_s : Potencia de salida (potencia entregada por la transmisión).

η : Eficiencia (de acuerdo al tipo de transmisión).

En los casos en que no existe alguna de las etapas de las transmisiones, se consideró como valor de la eficiencia 1.

Para realizar las estimaciones se tomaron para las condiciones óptimas de diseño los valores máximos de eficiencia de las transmisiones recomendados por la literatura, mientras que para las condiciones reales de funcionamiento se tomaron los valores mínimos teniendo en cuenta las condiciones agresivas de explotación de los equipos. Todos estos cálculos se realizaron en función del tiempo de operación de los accionamientos, para determinar las pérdidas totales de energía en el proceso de producción por cada etapa.

Para la obtención de los datos se realizó un levantamiento de los principales accionamientos electromecánicos con que cuenta la fábrica vinculados a la producción piensos. Estos levantamientos fueron realizados por cada área de trabajo y considerando el tiempo promedio de trabajo de las mismas diariamente. Estos datos se encuentran relacionados en la descripción del proceso de producción realizado en el capítulo anterior, donde los principales datos tomados para las estimaciones de las pérdidas en las transmisiones mecánicas fueron:

- Área de trabajo
- Nombre del equipo
- Potencia nominal
- Tipos de accionamientos y datos de las transmisiones
- Valores de eficiencia para las transmisiones

Ver anexos 2 y 3 (tablas que soportan los cálculos de las pérdidas en electromecanismos), estos muestran los resultados de las pérdidas determinadas para cada etapa la producción para condiciones óptimas de diseño y para las condiciones reales de operación.

La tabla 3.2 muestra el resumen de los resultados obtenidos donde se refleja las pérdidas en los mecanismos para las condiciones óptimas de diseño, para las condiciones reales de operación y las totales.

Tabla 3.2 Pérdidas de energía por procesos a partir de las potencias reales de salida de los mecanismos diariamente.

Procesos	Mecanismos		
	Pérdidas de energía en condiciones óptimas (kWh)	Pérdidas de energía en condiciones reales (kWh)	Pérdidas totales de energía (kWh)
Recepción de cereales	100,18	142,92	42,74
Recepción de materias primas a granel.	25,36	36,17	10,82
Recepción desde la batería de silos	88,69	126,53	37,84
Recepción por rompedores 1 y 2	27,09	38,65	11,56
Molienda	35,11	50,41	15,31
Dosificación y mezcla	174,38	243,71	69,33
Prensado	43,15	47,98	4,84
Totales	493,96	686,39	192,43

3.3. Determinación de las pérdidas de energía en los motores eléctricos que accionan los electromecanismos.

De manera similar se realizó con los motores eléctricos que accionan los electromecanismos.

Durante el diseño y construcción de motores, es común y necesario tomar un factor de seguridad que permite se logre un sobredimensionamiento. Ello significa aumentar en dimensión los valores de funcionamiento que se calcularon inicialmente; es decir, sí el cálculo de un motor que va a mover determinada carga,

arroja que debe manejar una potencia mecánica de 10 Hp, el motor que realmente se instale en la aplicación debe ser mayor a 10 Hp.

Aumentar la potencia que pueda suministrar el motor implica el aumento de los valores en los parámetros de funcionamiento del motor, entre ellos la corriente, la eficiencia y el porcentaje de carga admisible.

El sobredimensionamiento se hace con el propósito de protegerlos durante los arranques donde la corriente es mucho más grande que la nominal en condiciones estables de operación, o para sobrecorrientes eventuales y de corta duración. También se hace para que el motor sea capaz de soportar sobrecargas fortuitas a causa de la naturaleza de los procesos.

Sin embargo se puede llegar a presentar casos en los cuales el sobredimensionamiento de los motores es mucho mayor que el que verdaderamente necesita la aplicación, ocasionando que motores de una potencia considerable estén realizando trabajos para los que no se requiere un motor con esas características de potencia o más exactamente un motor menor.

El sobredimensionamiento de los motores genera además valores de factor de potencia bajos y consecuentemente altos consumos de potencia reactiva que implican mayores pérdidas de energía en las líneas de alimentación con la consiguiente disminución de la eficiencia del sistema; el uso menos efectivo de la capacidad de la fuente de alimentación y mayores desventajas económicas.

Para el cálculo de las pérdidas de energía en los motores eléctricos que accionan los electromecanismos, se realizaron los siguientes pasos:

1. Se consideró la potencia de salida de los mecanismos ($\text{Potencia del motor} \times \text{Eficiencia del Reductor} \times \text{Eficiencia de la Transmisión}$), como la potencia demandada por las cargas y por lo tanto, la real de salida de los motores.
2. Con la potencia real de salida y la eficiencia de los motores, se calcularon sus potencias de entrada ($\text{Potencia Real de Salida} / \text{Eficiencia nominal}$).

3. Con las potencias de salida real de los motores y asumiendo un factor de potencia de 0,87, se calcularon los valores de las corrientes efectivas o reales.

$$P_{Entrada} = \sqrt{3} V_L I_L \cos\varphi \quad \dots\dots\dots (3.3)$$

$$Eficiencia = \frac{P_{Salida}}{P_{Entrada}} \quad \dots\dots\dots (3.4)$$

$$Eficiencia = \frac{P_{Salida}}{\sqrt{3} V_L I_L \cos\varphi} \quad \dots\dots\dots (3.5)$$

$$(I_{Real} = \frac{P_{Salida} \times 1000}{\sqrt{3} V_L \times Eficiencia \times \cos\varphi}). \quad \dots\dots\dots (3.6)$$

4. Con los valores de las corrientes reales se calculó el porcentaje de carga a que trabajan.

$$\%C = \frac{CorrienteEfectiva Real}{CorrienteNominal} = \frac{CorrienteRMS}{CorrientedeChapa} \quad \dots\dots\dots (3.7)$$

5. Con los porcentos de carga a los que trabajan, se procedió a calcular el sobredimensionamiento.

$$(Sobredimensionamiento = 1 - \%C = 1 - \frac{I_{Real}}{I_{Nominal}}). \quad \dots\dots\dots (3.8)$$

6. Con las potencias reales de entrada calculadas en el paso 2 y con las potencias de salida de los electromecanismos (Paso 1), se calcularon las Eficiencias reales con las que trabajan los motores.

$$Eficiencia_{Real} = \frac{P_{Salida\ Real}}{P_{Entrada}} \dots\dots\dots (3.9)$$

7. Con las eficiencias reales de los motores y a partir de la ecuación que brinda el Manual de Ahorro de Energía en la Industria, se calcularon las pérdidas de los motores.

$$Pérdidas = Potencia\ de\ Chapax \times 0.7457 \times (1 - Eficiencia_{Real}) \dots\dots\dots (3.10)$$

Para el cálculo de las pérdidas, el Manual ofrece la posibilidad de calcular gráficamente los valores de las eficiencias reales, pero en este trabajo dichos cálculos fueron realizados matemáticamente a partir de las ecuaciones que caracterizan los motores eléctricos.

El Anexo 4 presenta las tablas que soportan los cálculos de las pérdidas en motores eléctricos realizados para cada etapa del proceso de producción de piensos balanceados.

La Tabla 3.3 muestra el resumen de las pérdidas obtenidas en los motores eléctricos como resultado del trabajo de los mismos en condiciones de sobredimensionamiento

La tabla 3.4 muestra el resumen de las pérdidas totales obtenidas en los electromecanismos y en los motores eléctricos como resultado del trabajo de los mismos en condiciones de sobredimensionamiento. Incluye además el importe en moneda libremente convertible de ese total de pérdidas.

Tabla 3.3. Pérdidas de energía en los motores eléctricos por concepto de sobredimensionamiento.

PROCESOS	Motores Eléctricos		
	Psalida en condiciones óptimas de diseño (kW)	Psalida en condiciones reales (kW)	Pérdidas (kWh).
Recepción de cereales	115,00	98,72	20,98
Recepción de materias primas a granel.	28,70	24,98	5,01
Recepción desde la batería de silos	38,70	82,29	19,36
Recepción por rompedores 1 y 2	30,56	26,70	5,27
Molienda	574,60	522,10	385,74
Dosificación y mezcla	180,10	164,14	26,59
Prensado	141,30	139,60	19,81
Totales	1108,96	1058,53	482,75

Tabla 3.4. Pérdidas totales.

PROCESOS	Pérdidas mecánicas (kWh)	Pérdidas en Motores Eléctricos (kWh)	Pérdidas Totales (kWh)	Valor en CUC
Recepción de cereales	42,74	20,98	63,72	17,19
Recepción de materias primas a granel.	10,82	5,01	15,82	4,27
Recepción desde la batería de silos	37,84	19,36	57,20	15,44
Recepción por rompedores 1 y 2	11,56	5,27	16,83	4,54
Molienda	15,31	385,74	401,04	108,22
Dosificación y mezcla	69,33	26,59	95,92	25,88
Prensado	4,84	19,81	24,65	6,65
Totales	192,43	482,75	675,18	182,20

Para los cálculos del costo de las pérdidas, se tomó como precio del kWh: 0,26985236 CUC, brindado por la oficina comercial de la empresa eléctrica.

El costo diario de las pérdidas totales por concepto de ineficiencias en los electromecanismos asciende a 182,20 CUC diarios, que mensualmente implican 5466 CUC, que representan el 7,63 % del total de la factura mensual de este portador energético.

La tabla 3.5 muestra el resumen de los resultados obtenidos donde se refleja las pérdidas mecánicas para las condiciones óptimas de diseño, para las condiciones reales de operación y las totales por cada hora de trabajo.

Tabla 3.5 Pérdidas de energía por procesos a partir de las potencias reales de salida de los mecanismos por cada hora de trabajo.

Procesos	Mecanismos		
	Pérdidas de energía condiciones óptimas (kWh)	Pérdidas de energía condiciones reales (kWh)	Pérdidas totales de energía (kWh)
Recepción de cereales	8,35	11,91	3,56
Recepción de materias primas a granel.	2,11	3,01	0,90
Recepción desde la batería de silos	7,39	10,54	3,15
Recepción por rompedores 1 y 2	2,26	3,22	0,96
Molienda	3,37	4,84	1,47
Dosificación y mezcla	10,90	15,55	4,65
Prensado	10,79	15,99	5,21
Totales	45,17	65,07	19,91

La Tabla 3.6 muestra el resumen de las pérdidas obtenidas en los motores eléctricos como resultado del trabajo de los mismos en condiciones de sobredimensionamiento por cada hora de trabajo.

Tabla 3.6. Pérdidas de energía en los motores eléctricos por concepto de sobredimensionamiento por cada hora de trabajo.

PROCESOS	Motores Eléctricos		
	Psalida en condiciones óptimas de diseño (kW)	Psalida en condiciones reales (kW)	Pérdidas (kWh).
Recepción de cereales	115,00	98,72	1,75
Recepción de materias primas a granel.	28,70	24,98	0,42
Recepción desde la batería de silos	38,70	82,29	1,61
Recepción por rompedores 1 y 2	30,56	26,70	0,44
Molienda	574,60	522,10	32,14
Dosificación y mezcla	180,10	164,14	2,22
Prensado	141,30	139,60	4,95
Totales	1108,96	1058,53	43,53

La tabla 3.7 muestra el resumen de las pérdidas totales obtenidas en los mecanismos y en los motores eléctricos como resultado del trabajo de los mismos en condiciones de sobredimensionamiento. Incluye además el importe en moneda libremente convertible de ese total de pérdidas.

Tabla 3.7. Pérdidas totales.

PROCESOS	Pérdidas en mecanismos (kWh)	Pérdidas en Motores Eléctricos (kWh)	Pérdidas Totales (kWh)	Valor en CUC
Recepción de cereales	3,56	1,75	5,31	1,43
Recepción de materias primas a granel.	0,90	0,42	1,32	0,36
Recepción desde la batería de silos	3,15	1,61	4,77	1,29
Recepción por rompedores 1 y 2	0,96	0,44	1,40	0,38
Molienda	1,47	32,14	33,62	9,07
Dosificación y mezcla	4,65	2,22	6,87	1,85
Prensado	5,21	4,95	10,16	2,74
Totales	19,91	43,53	63,44	17,12

Como se puede apreciar en la tabla anterior por cada hora que las líneas de trabajo están en funcionamiento se generan pérdidas del orden de los 63,44 kWh lo equivale a 17,12 CUC según la tarifa promedio ofrecida por la Empresa Eléctrica.

Tomando como referencia el consumo de generación de la Central termoeléctrica Carlos Manuel de Céspedes el cual es aproximadamente **248,55g/kWh** las pérdidas de energía por cada hora de trabajo equivalen a 15,76 kg de petróleo. Por lo tanto para un año de trabajo con un promedio de 12 de horas de producción se estima que el sobreconsumo esté alrededor de las 68,11 toneladas de petróleo para un valor en el mercado internacional de \$ 55 031.

3.4. Recomendaciones para el uso eficiente de la energía.

La tabla 3.8 muestra el resumen de los beneficios esperados por el uso eficiente de la energía a través de la realización de las acciones y/o buenas prácticas que se proponen. Se realiza además la estimación del ahorro económico que implicaría su implementación. Una potencialidad de ahorro para la fábrica sería la sustitución en el caso que lo permita de transmisiones por cadenas algo muy numeroso en la instalación. Teniendo en cuenta que el funcionamiento en mal estado de estas implica un incremento de las pérdidas.

Tabla 3.8. Beneficios y ahorro económico esperado por la implementación de buenas prácticas en la producción.

Prácticas habituales	Acciones recomendadas o Buenas Prácticas	Beneficios Esperados	Ahorro económico mensual estimado (CUC)
No chequeo ni corrección del factor de potencia	Selección y operación correcta de equipos y Adecuación de la capacidad de motores a sus cargas reales.	Prevenir el bajo factor de potencia y corregirlo.	2564.11
Grandes períodos de tiempos de operación de los motores en vacío.	Lograr los mayores períodos de operación del motor y su carga, a la máxima eficiencia (75 - 95 % de su potencia nominal).	Mayor eficiencia en la operación de los motores y mejora del factor de potencia.	334.61
Operación de los motores a tensiones diferentes a la nominal y con asimetrías.	Verificar la tensión en los alimentadores de los motores. Balancear la tensión de alimentación en motores trifásicos de corriente alterna (el desequilibrio no debe exceder el 5 %).	Disminución de las pérdidas en los motores y consecuentemente, mayor eficiencia en la operación de los mismos.	1020,20
Motores funcionando sin guarderas, sin chequeo de la alineación periódicamente y con alargamiento de los ciclos de mantenimiento.	Verificar periódicamente la alineación del motor con la carga impulsada; reponer guarderas a transmisiones por cadenas y cumplir en tiempo con los mantenimientos programados.	Mitigar la entrada y acumulación excesiva de polvo en los mecanismos; mejorar la eficiencia de los mismos y alargar su tiempo de vida útil.	811,78
Total:			4712.27

Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones Capítulo III

1. Los valores de la eficiencia en los electromecanismos en las condiciones de explotación disminuyen con relación al nominal, como consecuencia de las malas prácticas que se manifiestan en el proceso productivo.
2. Las pérdidas de energía en los motores eléctricos que accionan los electromecanismos se deben principalmente a que los motores y sus cargas no trabajan la mayor parte del tiempo a la máxima eficiencia (75 – 95 % de su potencia nominal).
3. El costo diario de las pérdidas totales por concepto de ineficiencias en los electromecanismos representan el 7,63 % del total de la factura mensual de este portador energético.

Conclusiones





CONCLUSIONES

1. Se realizó un estudio bibliográfico, en el que se caracterizaron los diferentes tipos de Electromecanismos y equipos de transporte industrial existentes, identificando de ellos, los que se forman parte del proceso productivo de la Empresa de piensos Cienfuegos.
2. En la evaluación de la eficiencia en los accionamientos electromecánicos considerando que trabajan en condiciones diferentes a las de diseño se obtuvieron valores de pérdidas del orden de los 192,43 kWh/día
3. Las pérdidas resultantes de la estimación del sobredimensionamiento de los motores por concepto de funcionar a eficiencias inferiores a la máxima (75 - 95 % de su potencia nominal), ascienden a 482,75 kWh/día.
4. Para un año de trabajo con un promedio de 12 de horas de producción se estima que el sobreconsumo de la fábrica está alrededor de las 68,11 toneladas de petróleo para un valor en el mercado internacional de \$ 55 031.
5. Se hicieron propuestas para el uso eficiente de la energía, a partir de la recomendación de implementar acciones o buenas prácticas.



RECOMENDACIONES

1. Implementar las acciones o buenas prácticas de producción recomendadas.
2. Reponer guarderas en las transmisiones que lo requieran y cumplir los ciclos de mantenimiento programados.
3. Evaluar la sustitución de transmisiones mecánicas con relación de transmisión igual a 1 en los accionamientos que las condiciones lo permitan.
4. Realizar estudios de factibilidad para valorar el costo beneficio de la instalación de bancos de capacitores y sustitución de motores sobredimensionados.

Bibliografia





Bibliografía.

- Álvarez, L, & Hernández, E. (2005, marzo). Eficiencia energética en el sector de fabricación de piensos en Cataluña. Departamento de Ingeniería Agroalimentaria y Biotecnología de la Universidad Politécnica de Catalunya y Escuela Superior de Agricultura de Barcelona.
- Borroto Nordelo, A. (2001). Gestión Energética Empresarial.
- Catalogo KAHL. (s. f). Fábricas completas de piensos compuestos, plantas y máquinas.
- Correa Soto, Jenny, & Gómez Doria, Rafael L. (2011). Mejora de la eficiencia energética en la empresa Cereales Cienfuegos.
- Costa, A, & Vilaragut, M. (2004, abril). Determinación del comportamiento energético del motor de inducción a partir de sus datos de catálogo y la lectura de las corrientes del estator. III Taller Caribeño de Energía y Medio Ambiente. Cienfuegos. Cuba.
- De León, C. (2002). *Metodologías para el análisis energético de los motores en servicio y del empleo de accionamientos eficientes* (Doctor en Ciencias). UCLV Santa Clara.
- Dobrovolski V. 1980, V. (1980). *Elementos de Máquina*. Moscú: MIR.
- Douglas, J. G. (2005, Junio). Efficacy of methods for estimating in-service motor efficiency. Recuperado a partir de http://www.dynamics-research.com/MAS_1000_ITMAS-1000.htm
- Estrada Santos, Luis Valentin. (2010, Junio). Propuesta para la mejora de la eficiencia en la central eléctrica Yaguaramas.



- Fábricas completas de piensos compuestos, plantas y máquinas. (2012, Junio). Recuperado a partir de [http://WWW .Akahl](http://WWW.Akahl)
- Fernández, Mario. (2010). Auditorías en cuatro fábricas de pienso de Galicia.
- Gómez Sarduy, Julio R, De Armas Teyra, Marcos A, & Percy, R. (s. f.). Estado actual de la técnica para evaluación de la eficiencia operacional de motores asíncronos. Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente. Universidad de Cienfuegos. Cuba.
- González Rey, Gonzalo. (s. f.). Fundamentos del cálculo de transmisiones mecánicas industriales. Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría ISPJAE.
- González, Ana Belén. (2010). Auditoría energética en fábrica de pienso de Murcia.
- Instalaciones agroindustriales SA. (2007, Marzo). Catalogo ROSAL.
- Machado Reyes, Arelis (2012). Evaluación de producción más limpia en la Empresa Productora de Piensos Cienfuegos. Universidad de Cienfuegos.
- Manual de ahorro y eficiencia energética del sector. Fábricas de Piensos. (2010). Proyecto que está financiado por el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino y por la Fundación Biodiversidad España.
- Mejora de la eficiencia energética. (2008, Febrero). *Buenas prácticas*.
- Ministerio de la Agricultura y desarrollo rural. (2010). Buenas prácticas en la fabricación de alimentos para animales en Colombia. Instituto Colombiano Agropecuario.



- Moa Rodríguez, J. L', Goytisol Espinosa, R. A, & Rivera Baez, V. (2007). Determinación Experimental De La Eficiencia En Reductores De Engranajes.
- Molienda en fábricas de piensos. (2011). *Mundo ganadero*, (11).
- Molienda en fábricas de piensos noviembre. (1995).
- Monteagudo, José. (2012). Oportunidades de ahorro en sistemas energéticos.
- Norton, R. L. (1999, mayo). Diseño de Máquinas.
- Ocampo Gil, Luis Hernando. (1993). *Diseño de Accionamientos y Transmisiones de Máquinas* (Vol. Capítulo 1). Universidad Tecnológica de Pereira.
- Oriol Guerra, José M. (1993). Máquinas de transporte continuo (Tomo 1).
- Reshetor, O. (1975). *Detali Mashin*. Moscú: Mashinostroenie.
- Reshetov, D. (1985). *Elementos de Maquinas*. La Habana: Pueblo y Educación.
- Rivero, G. (2002). Capacidad de carga de las transmisiones por tornillo sinfín y corona. *Ingeniería Mecánica*, 3.
- Salazar Castro, Jorge Luis. (2008). Montaje Y Puesta En Marcha De Una Planta De Alimento Balanceado Con Capacidad De 3 Tn/ H.
- Sector, & Fábricas De Piensos España. (s. f.). Manual De Ahorro Y Eficiencia Energética.
- Soto Berumen, L H, Moya Rodríguez, J. L, & Goytisol Espinosa, R. A. (s. f.). Importancia del correcto diseño de las transmisiones por tornillo sin fin para lograr una adecuada eficiencia. Facultad de Ingeniería Mecánica. Universidad Autónoma de Zacatecas México.



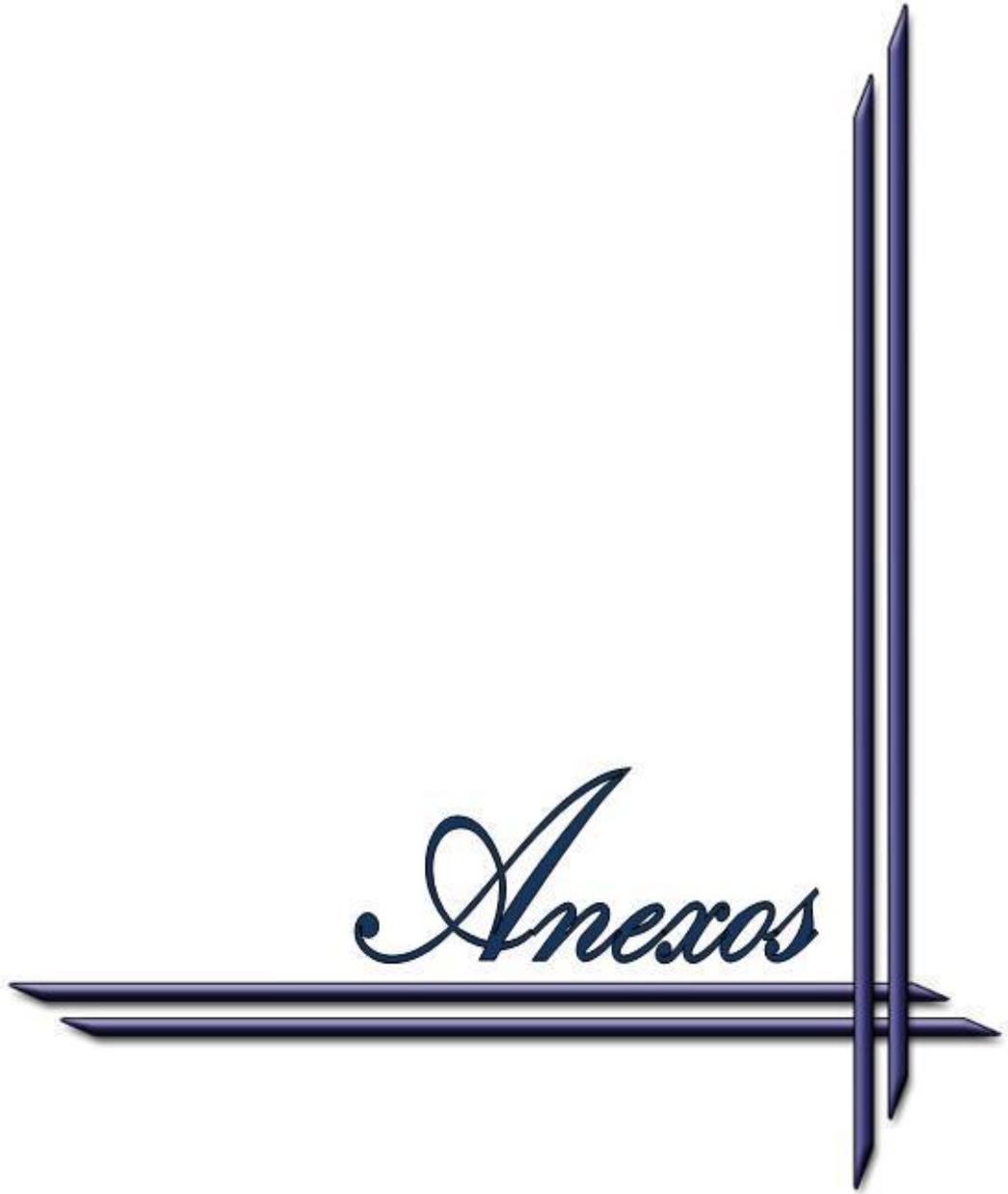
Referencias Bibliográficas.



Vallace. A. (1997, Mayo). A laboratory assessment of in-service motor efficiency testing methods. *IEEE International Electric Machines and Drives Conference Record*, 18-21.

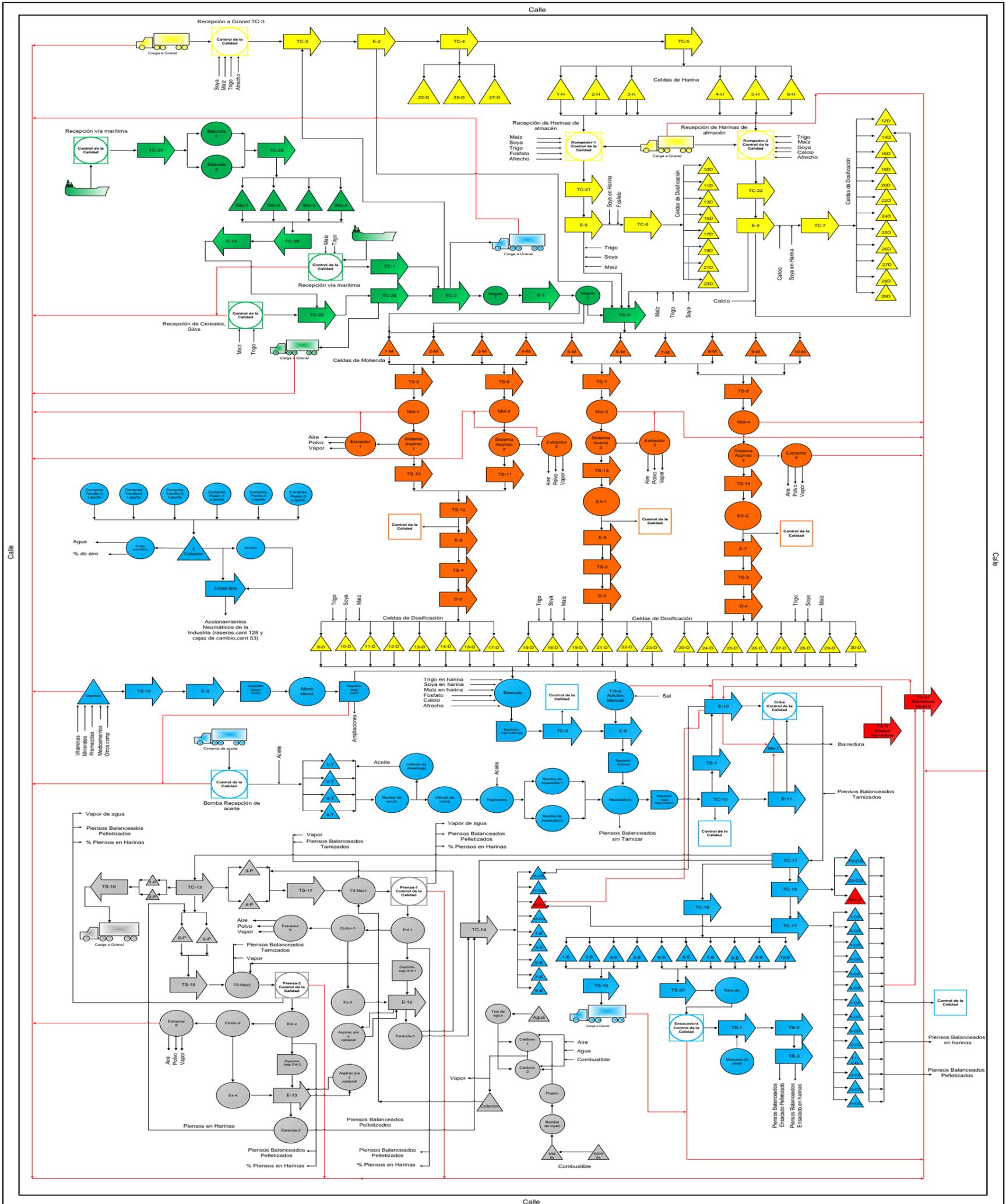
Vilaragut. M, Costa, A, & García, A. (2004, diciembre). Métodos para la determinación de la eficiencia energética en los motores de inducción trifásicos. *Ecosolar*, (10).

Aneiros

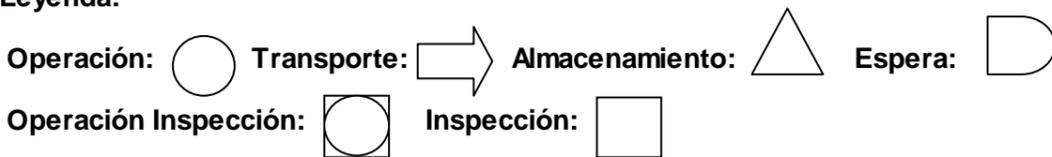


ANEXOS

Anexo 1. Diagrama de flujo productivo de la fábrica de piensos Cienfuegos.



Legenda:



Fuente: Machado Reyes 2012

Anexo 2

Cálculo de las pérdidas en los mecanismos para condiciones óptimas de diseño en cada proceso.

Recepción de cereales.

Nombre	Potencia de entrada(kW)	Horas promedios de trabajo	Accionamiento	Transmisión	Eficiencia del reductor	Eficiencia de la transmisión	Potencia de salida (kW)	Pérdidas (kW/h)	Pérdidas de Energía (kW/h)
Transportador de cadena TR2	15,84	12,00	Motor-reductor	Cadena	0,98	0,93	14,44	1,40	16,84
Elevador E1	29,19	12,00	Motor-reductor	Cadena	0,98	0,93	26,60	2,59	31,03
Transportador de cadena TR6	3,34	12,00	Motorreductor	Cadena	0,98	0,93	3,04	0,30	3,55
Transportador de cadena TR1	45,86	12,00	Motor-reductor	cadena	0,98	0,93	41,80	4,06	48,76

Anexo 2

Cálculo de las pérdidas en los mecanismos para condiciones óptimas de diseño en cada proceso.

Recepción de materias primas a granel.

Nombre	Potencia de entrada(kW)	Horas promedios de trabajo	Accionamiento	Transmisión	Eficiencia del reductor	Eficiencia de la transmisión	Potencia de salida (kW)	Pérdidas de Potencia (kW)	Pérdidas de Energía (kW/h)
Transportador de cadena TR3	6,17	12,00	Motorreductor	Cadena	0,98	0,93	5,62	0,55	6,56
Elevador E2	12,51	12,00	Motor-reductor	Cadena	0,98	0,93	11,40	1,11	13,30
Transportador de cadena TR4	3,00	12,00	Motorreductor	Cadena	0,98	0,93	2,74	0,27	3,19
Transportador de cadena TR5	2,17	12,00	Motorreductor	cadena	0,98	0,93	1,98	0,19	2,31

Anexo 2

Cálculo de las pérdidas en los mecanismos para condiciones óptimas de diseño en cada proceso.

Recepción desde la batería de silos.

Nombre	Potencia de entrada(kW)	Horas promedios de trabajo	Accionamiento	Transmisión	Eficiencia del reductor	Eficiencia de la transmisión	Potencia de salida (kW)	Pérdidas (kW/h)	Pérdidas de Energía (kW/h)
Transportador de cadena - enlace molino	19,93	12,00	Motorreductor	Cadena	0,98	0,93	18,16	1,77	21,19
Transportador de cadena – llenado silos	19,93	12,00	Motorreductor	Cadena	0,98	0,93	18,16	1,77	21,19
Transportador de cadena - vaciado	6,55	12,00	Motorreductor	Cadena	0,98	0,93	5,97	0,58	6,97
Elevador silos	3,45	12,00	Motorreductor	Cadena	0,98	0,93	3,15	0,31	3,67
Transportador de cadena TR25	9,39	12,00	Motorreductor	Cadena	0,98	0,93	8,55	0,83	9,98
Transportador de cadena TR26	9,39	12,00	Motorreductor	Cadena	0,98	0,93	8,55	0,83	9,98
Tornillo sinfín barredor	8,23	12,00	Motor-reductor	Cadena	0,98	0,93	7,50	0,73	8,75
Transportador de cadena enlace corto	6,55	12,00	Motorreductor	Cadena	0,98	0,93	5,97	0,58	6,97

Anexo 2

Cálculo de las pérdidas en los mecanismos para condiciones óptimas de diseño en cada proceso.

Recepción por rompedores 1 y 2.

Nombre	Potencia de entrada(kW)	Horas promedios de trabajo	Accionamiento	Transmisión	Eficiencia del reductor	Eficiencia de la transmisión	Potencia de salida (kW)	Pérdidas (kWh)	Pérdidas de Energía (kW/h)
Transportador de cadena TR21	2,50	12	Motorreductor	Cadena	0,98	0,93	2,28	0,22	2,66
Elevador E5	7,50	12	Motorreductor	Cadena	0,98	0,93	6,84	0,66	7,98
Transportador de cadena TR22	3,34	12	Motorreductor	Cadena	0,98	0,93	3,04	0,30	3,55
Elevador E4	9,17	12	Motorreductor	Cadena	0,98	0,93	8,36	0,81	9,75
Transportador de cadena TR7	1,72	12	Motorreductor	Cadena	0,98	0,93	1,57	0,15	1,83
Transportador de cadena TR8	1,25	12	Motorreductor	Cadena	0,98	0,93	1,14	0,11	1,33

Anexo 2

Cálculo de las pérdidas en los mecanismos para condiciones óptimas de diseño en cada proceso.

Molienda.

Nombre	Potencia de entrada(kW)	Horas promedios de trabajo	Accionamiento	Transmisión	Eficiencia del reductor	Eficiencia de la transmisión	Potencia de salida (kW)	Pérdidas (kW/h)	Pérdidas de Energía (kW/h)
Molinos 1,2,3 y 4	223,89	10	Motor	-	1,00	1,00	223,89	0,00	0,00
Elevador E8	12,51	12	Motorreductor	Cadena	0,98	0,93	11,40	1,11	13,30
Elevador E6	9,17	12	Motorreductor	Cadena	0,98	0,93	8,36	0,81	9,75
Elevador E7	9,17	12	Motorreductor	Cadena	0,98	0,93	8,36	0,81	9,75
Sinfín 1, 2, 3 y 4	2,19	12	Motorreductor	-	0,98	1,00	2,15	0,04	0,53
Sin fin 4- E8 Molino 1 y 2	2,72	3	Motorreductor	Cadena	0,98	0,93	2,48	0,24	0,72
Sin fin 2- E6 Molino 3	2,08	3	Motorreductor	Cadena	0,98	0,93	1,90	0,18	0,55
Sin fin 3- E7 Molino 4	1,89	3	Motorreductor	Cadena	0,98	0,93	1,72	0,17	0,50

Anexo 2

Cálculo de las pérdidas en los mecanismos para condiciones óptimas de diseño en cada proceso.

Dosificación y mezcla.

Nombre	Potencia de entrada(kW)	Horas promedios de trabajo	Accionamiento	Transmisión	Eficiencia del reductor	Eficiencia de la transmisión	Potencia de salida (kW)	Pérdidas (kW/h)	Pérdidas de Energía (kW/h)
Transportador de cadena TR9	9,57	16	Motorreductor	Cadena	0,98	0,93	8,72	0,85	13,57
Elevador E9	9,57	16	Motor-reductor	Cadena	0,98	0,93	8,72	0,85	13,57
Mezcladora	31,58	16	Motor-reductor	Cadena	0,98	0,93	28,78	2,80	44,76
Transportador de cadena TR10	6,09	16	Motorreductor	Cadena	0,98	0,93	5,55	0,54	8,63
Elevador E11	18,27	16	Motor-reductor	Cadena	0,98	0,93	16,65	1,62	25,90
Criba	16,53	16	Motor-reductor	Cadena	0,98	0,93	15,06	1,46	23,43
Transportador de cadena TR11	4,61	16	Motorreductor	Cadena	0,98	0,93	4,20	0,41	6,54
Transportador de cadena TR15	3,13	16	Motorreductor	Cadena	0,98	0,93	2,85	0,28	4,44
Transportador de cadena TR7	3,48	16	Motorreductor	Cadena	0,98	0,93	3,17	0,31	4,93
Elevador E10	18,27	16	Motor-reductor	Cadena	0,98	0,93	16,65	1,62	25,90
Transportador de cadena TR16	1,91	16	Motorreductor	Cadena	0,98	0,93	1,74	0,17	2,71

Anexo 2

Cálculo de las pérdidas en los mecanismos para condiciones óptimas de diseño en cada proceso.

Prensado.

Nombre	Potencia de entrada(kW)	Horas promedios de trabajo	Accionamiento	Transmisión	Eficiencia del reductor	Eficiencia de la transmisión	Potencia de salida (kW)	Pérdidas (kW/h)	Pérdidas de Energía (kW/h)
Prensa 1 y 2	206,28	4	Motor	Correa	1,00	0,96	198,03	8,25	33,01
Elevadores E12 y E13	6,60	4	Motorreductor	Cadena	0,98	0,93	6,01	0,58	2,34
Transportador de cadena TR13	2,52	4	Motorreductor	Cadena	0,98	0,93	2,30	0,22	0,89
Transportador de cadena TR14	2,52	4	Motorreductor	Cadena	0,98	0,93	2,30	0,22	0,89
Alimentador	2,80	4	Motorreductor	-	0,98	0,93	2,55	0,25	0,99
Mezclador	14,18	4	Motorreductor	-	0,98	0,93	12,92	1,26	5,02

Anexo 3

Cálculo de las pérdidas en los electromecanismos para condiciones reales en cada proceso.

Recepción de cereales.

Nombre	Potencia de entrada(kW)	Horas promedios de trabajo	Accionamiento	Transmisión	Eficiencia del reductor	Eficiencia de la transmisión	Potencia de salida (kW)	Pérdidas de Potencia (kW)	Pérdidas de Energía (kW/h)
Transportador de cadena TR2	15,84	12	Motor-reductor	Cadena	0,96	0,91	13,84	2,00	24,03
Elevador E1	29,19	12	Motor-reductor	Cadena	0,96	0,91	25,50	3,69	44,27
Transportador de cadena TR6	3,34	12	Motorreductor	Cadena	0,96	0,91	2,91	0,42	5,06
Transportador de cadena TR1	45,86	12	Motor-reductor	cadena	0,96	0,91	40,07	5,80	69,56

Anexo 3

Cálculo de las pérdidas en los mecanismos para condiciones reales en cada proceso.

Recepción de materias primas a granel.

Nombre	Potencia de entrada(kW)	Horas promedios de trabajo	Accionamiento	Transmisión	Eficiencia del reductor	Eficiencia de la transmisión	Potencia de salida (kW)	Pérdidas de Potencia (kW)	Pérdidas (kW/h)
Transportador de cadena TR3	6,17	12	Motorreductor	Cadena	0,96	0,91	5,39	0,78	9,36
Elevador E2	12,51	12	Motor-reductor	Cadena	0,96	0,91	10,93	1,58	18,97
Transportador de cadena TR4	3,00	12	Motorreductor	Cadena	0,96	0,91	2,62	0,38	4,55
Transportador de cadena TR5	2,17	12	Motorreductor	cadena	0,96	0,91	1,89	0,27	3,29

Anexo 3

Cálculo de las pérdidas en los mecanismos para condiciones reales en cada proceso.

Recepción desde la batería de silos.

Nombre	Potencia de entrada(kW)	Horas promedios de trabajo	Accionamiento	Transmisión	Eficiencia del reductor	Eficiencia de la transmisión	Potencia de salida (kW)	Pérdidas de Potencia (kW)	Pérdidas (kW/h)
Transportador de cadena - enlace molino	19,93	12	Motorreductor	Cadena	0,96	0,91	17,41	2,52	30,23
Transportador de cadena – llenado silos	19,93	12	Motorreductor	Cadena	0,96	0,91	17,41	2,52	30,23
Transportador de cadena - vaciado	6,55	12	Motorreductor	Cadena	0,96	0,91	5,72	0,83	9,94
Elevador silos	3,45	12	Motorreductor	Cadena	0,96	0,91	3,02	0,44	5,24
Transportador de cadena TR25	9,39	12	Motorreductor	Cadena	0,96	0,91	8,20	1,19	14,24
Transportador de cadena TR26	9,39	12	Motorreductor	Cadena	0,96	0,91	8,20	1,19	14,24
Tornillo sinfín barredor	8,23	12	Motor-reductor	Cadena	0,96	0,91	7,19	1,04	12,49
Transportador de cadena enlace corto	6,55	12	Motorreductor	Cadena	0,96	0,91	5,72	0,83	9,94

Anexo 3

Cálculo de las pérdidas en los mecanismos para condiciones reales en cada proceso.

Recepción por los rompedores 1 y 2.

Nombre	Potencia de entrada(kW)	Horas promedios de trabajo	Accionamiento	Transmisión	Eficiencia del reductor	Eficiencia de la transmisión	Potencia de salida (kW)	Pérdidas de Potencia (kW)	Pérdida (kW/h)
Transportador de cadena TR21	2,50	12	Motorreductor	Cadena	0,96	0,91	2,19	0,32	3,79
Elevador E5	7,50	12	Motorreductor	Cadena	0,96	0,91	6,56	0,95	11,30
Transportador de cadena TR22	3,34	12	Motorreductor	Cadena	0,96	0,91	2,91	0,42	5,06
Elevador E4	9,17	12	Motorreductor	Cadena	0,96	0,91	8,01	1,16	13,90
Transportador de cadena TR7	1,72	12	Motorreductor	Cadena	0,96	0,91	1,50	0,22	2,61
Transportador de cadena TR8	1,25	12	Motorreductor	Cadena	0,96	0,91	1,09	0,16	1,90

Anexo 3

Cálculo de las pérdidas en los mecanismos para condiciones reales en cada proceso.

Molienda.

Nombre	Potencia de entrada(kW)	Horas promedios de trabajo	Accionamiento	Transmisión	Eficiencia del reductor	Eficiencia de la transmisión	Potencia de salida (kW)	Pérdidas de Potencia (kW)	Pérdidas (kW/h)
Molinos 1,2,3 y 4	223,89	10	Motor	-	1,00	1,00	223,89	0,00	0,00
Elevador E8	12,51	12	Motorreductor	Cadena	0,96	0,91	10,93	1,58	18,97
Elevador E6	9,17	12	Motorreductor	Cadena	0,96	0,91	8,01	1,16	13,91
Elevador E7	9,17	12	Motorreductor	Cadena	0,96	0,91	8,01	1,16	13,91
Sinfín 1, 2, 3 y 4	2,19	12	Motorreductor	-	0,96	1,00	2,10	0,09	1,05
Sin fin 4- E8 Molino 1 y 2	2,72	3	Motorreductor	Cadena	0,96	0,91	2,37	0,34	1,03
Sin fin 2- E6 Molino 3	2,08	3	Motorreductor	Cadena	0,98	0,93	1,90	0,18	0,55
Sin fin 3- E7 Molino 4	1,89	3	Motorreductor	Cadena	0,94	0,88	1,56	0,33	0,98

Anexo 3

Cálculo de las pérdidas en los mecanismos para condiciones reales en cada proceso.

Dosificación y mezcla.

Nombre	Potencia de entrada (kW)	Horas promedios de trabajo	Accionamiento	Transmisión	Eficiencia del reductor	Eficiencia de la transmisión	Potencia de salida (kW)	Pérdidas de Potencia (kW)	Pérdidas (kW/h)
Transportador de cadena TR9	9,57	16	Motorreductor	Cadena	0,96	0,91	8,36	1,21	19,35
Elevador E9	9,57	16	Motor-reductor	Cadena	0,96	0,91	8,36	1,21	19,35
Mezcladora	31,58	16	Motor-reductor	Cadena	0,96	0,91	27,59	3,99	63,86
Transportador de cadena TR10	6,09	16	Motorreductor	Cadena	0,96	0,91	5,32	0,77	12,32
Elevador E11	18,27	16	Motor-reductor	Cadena	0,96	0,91	15,96	2,31	36,95
Criba	16,53	16	Motor-reductor	Cadena	0,96	0,91	14,44	2,09	33,43
Transportador de cadena TR11	4,61	16	Motorreductor	Cadena	0,96	0,91	4,03	0,58	9,32
Transportador de cadena TR15	3,13	12	Motorreductor	Cadena	0,96	0,91	2,74	0,40	4,75
Transportador de cadena TR7	3,48	16	Motorreductor	Cadena	0,96	0,91	3,04	0,44	7,04
Elevador E10	18,27	16	Motor-reductor	Cadena	0,96	0,91	15,96	2,31	36,95
Transportador de cadena TR16	1,91	2	Motorreductor	Cadena	0,96	0,91	1,67	0,24	0,39

Anexo 3

Cálculo de las pérdidas en los mecanismos para condiciones reales en cada proceso.

Prensado.

Nombre	Potencia de entrada(kW)	Horas promedios de trabajo	Accionamiento	Transmisión	Eficiencia del reductor	Eficiencia de la transmisión	Potencia de salida (kW)	Pérdidas de Potencia (kW)	Pérdidas (kW/h)
Prensa 1 y 2	206,28	3	Motor	Correa	1,00	0,94	193,91	12,38	37,13
Elevadores E12 y E13	6,60	3	Motorreductor	Cadena	0,96	0,91	5,77	0,83	2,50
Transportador de cadena TR13	2,52	3	Motorreductor	Cadena	0,96	0,91	2,20	0,32	0,96
Transportador de cadena TR14	2,52	3	Motorreductor	Cadena	0,96	0,91	2,20	0,32	0,96
Alimentador	2,80	3	Motorreductor	-	0,96	0,91	2,45	0,35	1,06
Mezclador	14,18	3	Motorreductor	-	0,96	0,91	12,38	1,79	5,38

Anexo 4

Cálculo de las pérdidas de energía en motores eléctricos para cada proceso.

Recepción de cereales.

Nombre	Potencia nominal (kW)	Inom. (A)	Iefect. (A)	Sobredimensionamiento $1 - \%C = 1 - \frac{I_{ef\ Real}}{I_{Nom}}$	Eficiencia Nominal del Motor	Eficiencia Real del Motor Calculada	Pérdidas (kW) $Pérd = P_{Nom} \times 0.7457 \times 1 - Ef_{Real} $
Transportador de cadena TR2	19	37	28,4	23,11%	0,88	0,77	3,28
Elevador E1	37	60	52,4	12,66%	0,88	0,73	7,53
Transportador de cadena TR6	4	9	6,0	33,46%	0,88	0,77	0,69
Transportador de cadena TR1	55	89	82,3	7,47%	0,88	0,77	9,48

Anexo 4

Cálculo de las pérdidas de energía en motores eléctricos para cada proceso.

Recepción de materias primas a granel.

Nombre	Potencia nominal (kW)	Inom. (A)	Iefect. (A)	Sobredimensionamiento $1 - \%C = 1 - \frac{I_{ef\ Real}}{I_{Nom}}$	Eficiencia Nominal del Motor	Eficiencia Real del Motor Calculada	Pérdidas (kW) $P_{érd} = P_{Nom} \times 0.7457 \times 1 - Ef_{Real} $
Transportador de cadena TR3	7,5	11,4	11,1	2,81%	0,88	0,76	1,35
Elevador E2	15	25	22,5	10,16%	0,88	0,77	2,59
Transportador de cadena TR4	3,6	7,3	5,4	26,16%	0,88	0,77	0,62
Transportador de cadena TR5	2,6	5,3	3,9	26,55%	0,88	0,77	0,45

Anexo 4

Cálculo de las pérdidas de energía en motores eléctricos para cada proceso.

Recepción desde la batería de silos.

Nombre	Potencia nominal (kW)	Inom. (A)	I _{efect.} (A)	Sobredimensionamiento $1 - \%C = 1 - \frac{I_{ef_{Real}}}{I_{Nom}}$	Eficiencia Nominal del Motor	Eficiencia Real del Motor Calculada	Pérdidas (kW) $Pérd = P_{Nom} \times 0,7457 \times 1 - Ef_{Real} $
Transportador de cadena - enlace molino	22	87	35,8	58,87%	0,81	0,71	4,80
Transportador de cadena – llenado silos	22	87	35,8	58,87%	0,81	0,71	4,80
Transportador de cadena - vaciado	7,5	12,8	11,8	8,09%	0,84	0,73	1,49
Elevador silos	4	7,1	6,2	12,67%	0,85	0,74	0,77
Transportador de cadena TR25	11	19	16,9	11,30%	0,86	0,75	2,04
Transportador de cadena TR26	11	19	16,9	11,30%	0,86	0,75	2,04
Tornillo sinfín barredor	9,2	15,9	14,8	7,03%	0,82	0,72	1,95
Transportador de cadena enlace corto	7,5	12,8	11,8	8,09%	0,84	0,73	1,49

Anexo 4

Cálculo de las pérdidas de energía en motores eléctricos para cada proceso.

Recepción por los rompedores 1 y 2.

Nombre	Potencia nominal (kW)	Inom. (A)	I _{efect.} (A)	Sobredimensionamiento $1-\%C = 1 - \frac{I_{ef\ Real}}{I_{Nom}}$	Eficiencia Nominal del Motor	Eficiencia Real del Motor Calculada	Pérdidas (kW) $P_{érd} = P_{Nom} \times 0.7457 \times 1 - Ef_{Real} $
Transportador de cadena TR21	3	5,8	4,5	22,56%	0,88	0,77	0,52
Elevador E5	9	16	13,5	15,78%	0,88	0,77	1,55
Transportador de cadena TR22	4	7,5	6,0	20,15%	0,88	0,77	0,69
Elevador E4	11	19,2	16,5	14,22%	0,88	0,77	1,90
Transportador de cadena TR7	2,06	5,3	3,1	41,80%	0,88	0,77	0,36
Transportador de cadena TR8	1,5	5	2,2	55,08%	0,88	0,77	0,26

Anexo 4

Cálculo de las pérdidas de energía en motores eléctricos para cada proceso.

Molienda.

Nombre	Potencia nominal (kW)	Inom. (A)	Iefect. (A)	Sobredimensionamiento $1 - \%C = 1 - \frac{I_{ef\ Real}}{I_{Nom}}$	Eficiencia Nominal del Motor	Eficiencia Real del Motor Calculada	Pérdidas (kW) $P_{érd} = P_{Nom} \times 0,7457 \times (1 - Ef_{Real})$
Molinos 1,2,3 y 4	528	232	100,5	56,68%	0,75	0,68	377,37
Elevador E8	15	25	22,5	10,16%	0,88	0,77	2,59
Elevador E6	11	19,4	16,5	15,10%	0,88	0,77	1,90
Elevador E7	11	22,5	16,5	26,80%	0,88	0,77	1,90
Sinfín 1, 2, 3 y 4	2,2	4,9	3,9	19,74%	0,81	0,78	0,36
Sin fin 4-E8 Molino 1 y 2	3	9,3	4,9	47,53%	0,81	0,71	0,65
Sin fin 2-E6 Molino 3	2,2	5,8	3,7	35,63%	0,81	0,74	0,43
Sin fin 3-E7 Molino 4	2,2	3,4	3,4	0,33%	0,81	0,67	0,54

Anexo 4

Cálculo de las pérdidas de energía en motores eléctricos para cada proceso.

Dosificación y mezcla.

Nombre	Potencia nominal (kW)	Inom. (A)	Iefect. (A)	Sobredimensionamiento $1 - \%C = 1 - \frac{I_{ef\ Real}}{I_{Nom}}$	Eficiencia Nominal del Motor	Eficiencia Real del Motor Calculada	Pérdidas (kW) $P_{érd} = P_{Nom} \times 0.7457 \times 1 - E_{f\ Real} $
Transportador de cadena TR9	11	21	17,2	18,18%	0,88	0,80	1,62
Elevador E9	11	25	17,2	31,27%	0,88	0,80	1,62
Mezcladora	75	120	56,7	52,75%	0,88	0,80	11,07
Transportador de cadena TR10	7	18	10,9	39,25%	0,88	0,80	1,03
Elevador E11	21	36	32,8	8,88%	0,88	0,80	3,10
Criba	19	37	29,7	19,79%	0,88	0,80	2,80
Transportador de cadena TR11	5,3	9,3	8,3	10,98%	0,88	0,80	0,78
Transportador de cadena TR15	3,6	7,3	5,6	22,97%	0,88	0,80	0,53
Transportador de cadena TR7	4	9	6,2	30,58%	0,88	0,80	0,59
Elevador E10	21	36	32,8	8,88%	0,88	0,80	3,10
Transportador de cadena TR16	2,2	4,32	3,4	20,45%	0,88	0,80	0,32

Anexo 4

Cálculo de las pérdidas de energía en motores eléctricos para cada proceso.

Prensado.

Nombre	Potencia nominal (kW)	Inom. (A)	Iefect. (A)	Sobredimensionamiento $1 - \%C = 1 - \frac{I_{ef_{Real}}}{I_{Nom}}$	Eficiencia Nominal del Motor	Eficiencia Real del Motor Calculada	Pérdidas (kW) $Pérd = P_{Nom} \times 0.7457 \times 1 - Ef_{Real} $
Prensa 1 y 2	110	196	185,2	5,51%	0,86	0,83	14,31
Elevadores E12 y E13	7,5	18,9	11,9	37,30%	0,87	0,79	1,16
Transportador de cadena TR13	2,9	5,4	4,5	16,11%	0,88	0,80	0,43
Transportador de cadena TR14	2,9	6,2	4,5	26,94%	0,88	0,80	0,43
Alimentador	3	6,4	5,0	21,42%	0,82	0,75	0,57
Mezclador	15	29,1	25,5	12,52%	0,81	0,74	2,93