4.4.4. Caída de tensión

Esto se presenta como se muestra a continuación

Sea un motor con una intensidad (In) alimentado por un transformador que asegura una tensión constante (E) gracias a un conductor de impedancia (Zc), la caída de tensión en el cable es vectorialmente :

$e_c = Z_c \, In$

De manera que la tensión en los bornes del motor será:

$E\ motor = Et - e_c$

Por otra parte, durante el periodo de arranque:

a) La corriente es muy importante

b) El factor de potencia Cos φ baja alrededor de 0.4

c) El par es proporcional al cuadrado de la tensión.

Nos exponemos a un arranque difícil si el valor de Zc es excesivo. Es necesario calcular las caídas de tensión antes de proceder a una instalación. Se hace un calculo de la siguiente manera:

1. Estudio general

Transformador:	Tensión	Et constante
Cable	: Impedancia	Zc

Motor : Intensidad nominal In (para la tensión Et)

: Intensidad de arranque I_a (para la tensión Et)

: Cos φ para la marcha normal (con In y Et)

Cos φ = 0.4 (en el arranque)

Para marcha normal la impedancia del motor:

Z motor = E motor / In

La impedancia del conjunto, cable y motor, es:

Z c + Z motor = Z c + E motor / In

La corriente que se establecerá en el circuito será, por consiguiente:

I = Et /(Zc + Zmotor)

Finalmente, la caída de tensión en el cable, es:

E_c= Z c I = Zc Et/(Zc + Zmotor)

Y la tensión en los bornes del motor es:

Et – Zc I = Et Zmotor /(Zc + Zmotor)

En el calculo de arranque, por otra parte, El calculo es el mismo, pero la impedancia del motor, es:

$Z_{am} = E_{motor} / I_A$

La nueva tensión en los bornes del motor es:

$E_t Z_{am} / (Z_c + Z_{am})$

Z_{am} puede ser muy inferior a Zm, puesto que I_A esta comprendida entre 6 y 10 In y el Cos φ es pequeño en el arranque. Como consecuencia, el par motor, que es proporcional al cuadrado de la tensión de alimentación, puede ser insuficiente al principio.

En todos los proyectos de instalaciones que se apartan de lo clásico, es conveniente efectuar el calculo completo.

4.5. Conclusiones concernientes a la elección de cables

Los cables son el único material eléctrico del interior cuya elección se deja por completo al encargado de la explotación (o un asesor). Para esto requiere conocer todos los elementos de esta elección y poner en ella todo el cuidado. Ya que una mala elección nos conduciría alterar el insumo por este concepto en perjuicio de la productividad.

4.6 Diagrama unifilar de la mina

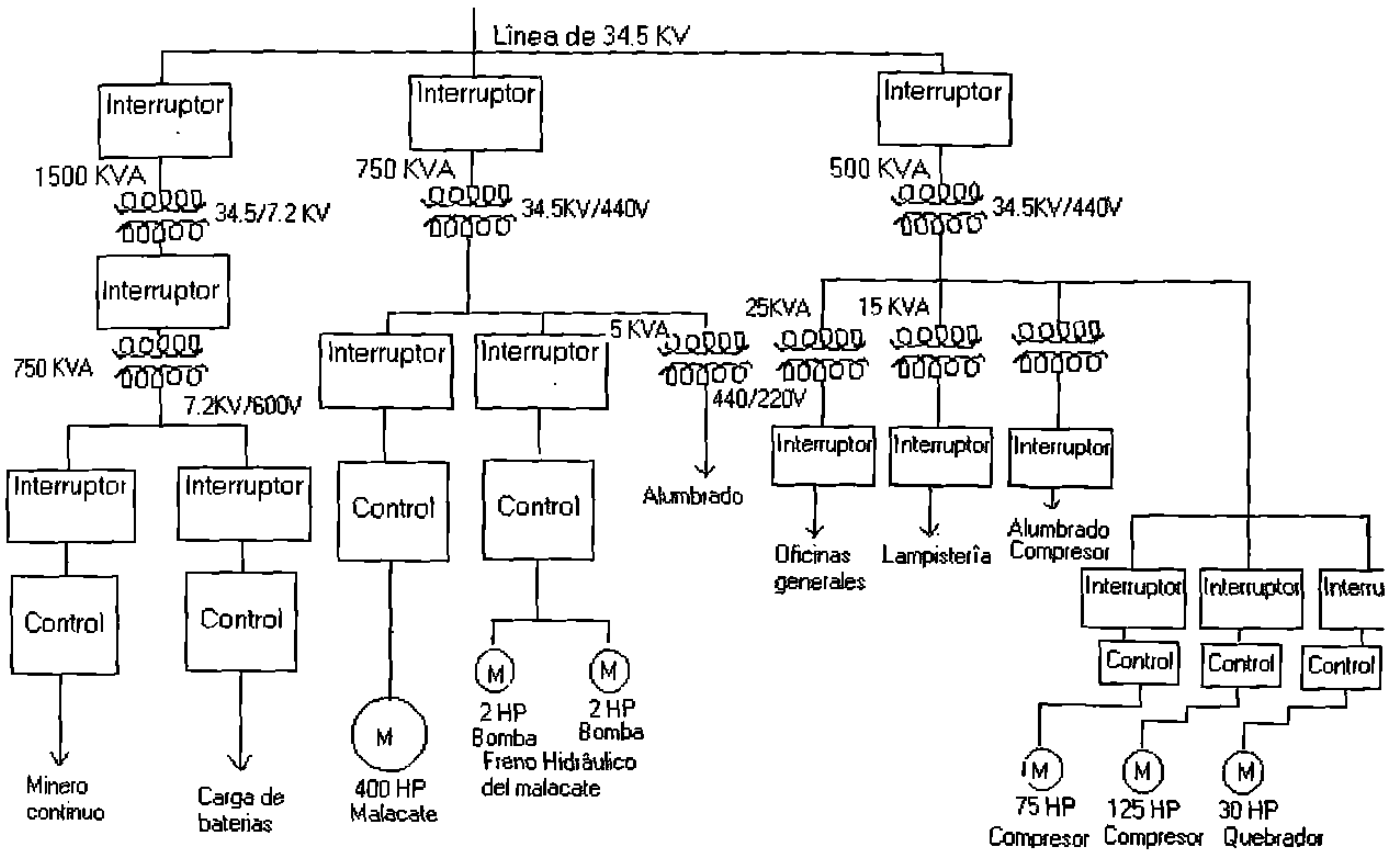


Diagrama unifilar de la mina

Diagrama unifilar de la mina

CAPITULO 5

Aparatos eléctricos en la mina

5.1 Transformadores

Los transformadores constituyen el mejor ejemplo de la evaluación del material eléctrico. Estos aparatos, antes eran pesados, bromosos, Hasta peligrosos, Hoy día ofrece cualidades de seguridad y operación. A continuación algunos tipos de estos aparatos

a) Transformador antideflagrante con relleno liquido

este transformador tenia grandes inconvenientes además de su peso

1) La inflamabilidad del aceite

2) Su inestabilidad. El aceite absorbe humedad que reduce su poder aislante, y también aire, con producción de ácidos que destruyen los aislantes.

b) Transformadores con protección de aislante liquido

Las nuevas normas para la fabricación de material eléctrico que autorizaban la "protección con aislante" han permitido la simplificación de los transformadores. Y conducido a fabricación de aparatos mas ligeros, y los aparatos de aceite han sido durante largo tiempo de empleo casi general.

Se han utilizado transformadores con aislante liquido incombustible (piraleno). Este liquido tiene una densidad de 1.6 lo que lo hace muy pesado y se ha abandonado su uso en provecho de los transformadores de cuarzo.

c) transformadores secos

1.- transformadores en aire

Se exige una carcasa antideflagrante y las distancias entre conductores son muy importantes. Los respiraderos hacen que el aparato sea vulnerable a la humedad. La

refrigeración se consigue por convección o por circulación de aire forzado. Este transformador se desarrollo muy poco.

2.- Transformador de cuarzo

Su carcasa se llena de arena de cuarzo aislante. Sus cualidades son numerosas:

- Su cárter no es antideflagrante, ya que se trata de un material con protección de aislante pulverolento.
- La arena rodea las bobinas, de forma que no es sensible ni a los transportes, ni a los efectos electromagnéticos de cortocircuito en las bobinas.
- La arena impide a un arco aún muy potente inflamar una mezcla de CH4 situada encima del cuarzo, o entre granos del mismo.
- El fenómeno de respiración se encuentra muy reducido por el hecho del pequeño volumen de gas contenido en la carcasa.
- Su gran resistencia a las sobrecargas. Soporta las sobrecargas, muy elevadas que se encuentran en el cuadro siguiente.

Valor de la Sobre carga	Duración de la sobre carga	
	A partir de un Estado frío	Después de Marcha Continua a plena carga
10 %	7 h 30 min.	4 h
20 %	3 h 30 min.	1 h
40 %	2 h 30 min.	15 min.
65 %	13 min.	5 min.
100 %	4 min.	2 min.

Sin embargo, como la arena es mal conductora del calor, la carcasa esta dotada de pantallas metálicas, destinadas a mejorar la refrigeración. Este inconveniente tiene una gran ventaja: La imposibilidad rigurosa de una mezcla entre alta y baja tensión.

d) Transformador en un gas inerte

Se encuentra este transformador dentro de una carcasa soldada y llena de nitrógeno.

5.2. Aparatos de interrupción para baja tensión

5.2.1. Los seccionadores

No tienen poder alguno de corte y no puede maniobrarse mas que en ausencia de corriente. Sirven principalmente para realizar inversiones de corriente. Se les llama seccionadores inversores.

5.2.2. Interruptores manuales

Son seccionadores reforzados que permiten el corte a su intensidad nominal

5.2.3. Los interruptores y los arrancadores

5.2.3.1 Un interruptor de potencia

Es un aparato con un gran poder de corte. Su cierre es manual y se realiza por compresión y enclavamiento de un sistema de resortes. Este enclavamiento puede liberares automáticamente en condiciones preestablecidas, lo que produce, por acción de los resortes, un corte particularmente rápido.

5.2.3.2. En un contactor por el contrario ni el cierre ni la apertura son manuales.

Es la atracción de una bobina electromagnética lo que hace el cierre de los contactos y los mantiene en esa posición. El fin de esa atracción lleva consigo la apertura.

Esta disposición permite el mando a distancia y la instalación de variados sistemas de protección que actúan siempre, en ultimo caso por apertura del circuito de la bobina.

5.2.4. Caja (COFFRET)

Esta formado por el contactor y la caja que lo contiene.

Su construcción debe satisfacer a la norma PNC 63- 680 del 1-5-54 escrita por la unión técnica de electricidad y apunta los detalles y características técnicas de estos aparatos.

5.2.4.1 Los dos compartimentos de la caja

Todo el material eléctrico se encuentra encerrado en una caja antideflagrante de dos compartimentos.

5.2.4.1.1 Compartimento superior

Esta cerrada por una tapa, con tornillos de cabeza especial, embutidos con el fin de evitar que lo abran personas no autorizadas.
En el interior del compartimento se encuentran

* Un interruptor inversor que puede interrumpir con carga nominal
* Un juego de barras trifásicas
* Las llegadas y salidas de todos los cables

En el exterior se distinguen:

- La manija para maniobrar el interruptor- inversor
- varias entradas de cables (las que no se usan se obturan con placas con juntas antideflagrante
- Un amperímetro
- Lamparas indicadoras

Este compartimento superior esta normalmente con tensión y la maniobra del inversor hace que se comuniquen eléctricamente los dos compartimentos.

5.2.4.1.2. Compartimento inferior

Esta cerrada por una puerta de accionamiento rápida que para abrirse es necesario que el interruptor del compartimento superior este abierto, o cuando el compartimento inferior no este energizado (art.13 de las reglas de prescripción C 12300 del U.T.E.).

Todo el material eléctrico del compartimento inferior va montado en un chasis que se saca en conjunto para su mantenimiento y hacer un cambio rápido en caso de existir algún desperfecto.

Inversamente, la colocación en su lugar del chasis establece inmediatamente, por medio de barras de cobre, el contacto eléctrico con el compartimento superior.

5.2.4.2. Esquema eléctrico de la caja

Las funciones de la caja son las siguientes:

- Arranque y parada del motor, ya sea a partir de la caja, o ya sea a partir del motor.
- Protección del motor.
- Protección del cable entre la caja y el motor.

Descripción del funcionamiento.

1. Arranque del motor a partir de la caja.

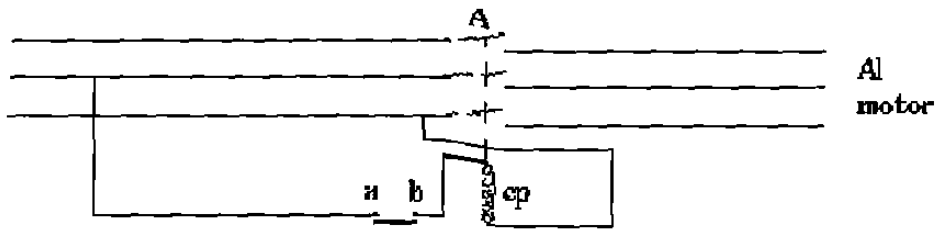


Fig. 5.2 Accionamiento principal

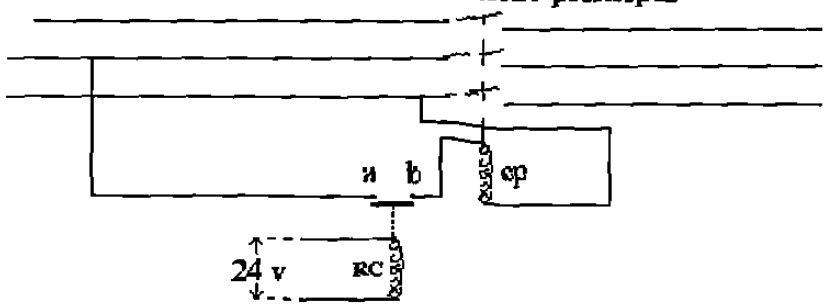


Fig.5.3. Relé de accionamiento

Se trata de cerrar los contactos A que alimentan el motor. Esta operación la realiza la bobina CP (contactor principal), alimentada monofásicamente con 550 V, por el botón de arranque a-b en la fig.5.2.

En la fig.5.3. el cierre manual del contacto a-b a 550 V representa un peligro. Se evita esto obligando a la bobina RC (relé de mando), alimentada con 24 V, a maniobrar el contacto a-b.

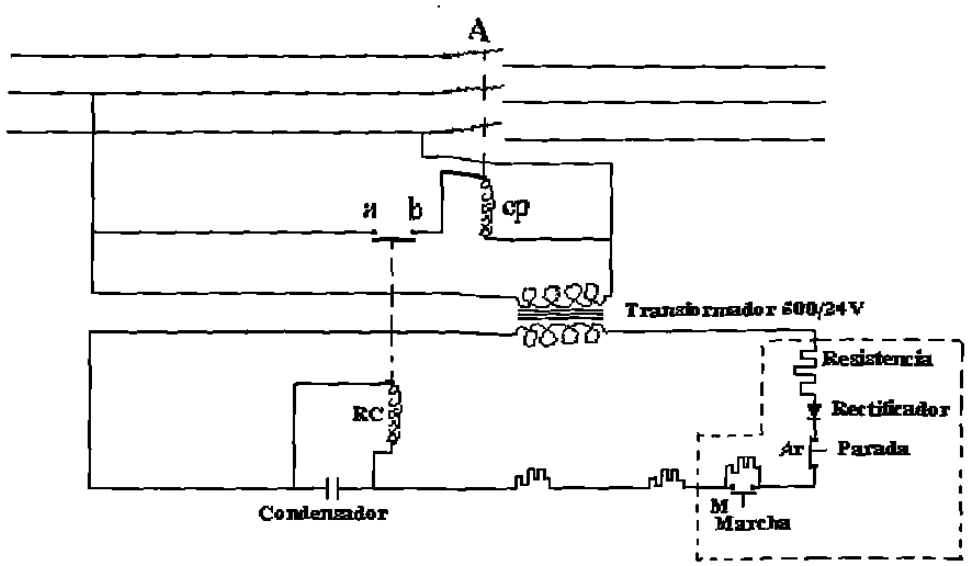


Fig.5.4. Accionamiento del motor

En la fig.5.4 para obtener la tensión de 24 V de C.C., se utiliza un transformador monofásico de 550/24 V y un rectificador (el primario del transformador esta conectado en derivación de dos fases de la llegada de 500 V).

El condensador que se conecta en paralelo con RC, es para evitar vibraciones. El cierre del botón de arranque M lleva consigo la de a-b y después la de A.

Al circuito de la bobina RC se añaden resistencias.

El botón de arranque M, provisto de un resorte, permanece cerrado solo durante el tiempo que se ejerza suficiente presión sobre el. Para evitar que el motor se pare cuando se suelta el botón de arranque, se coloca una resistencia r1 en paralelo con el. Esta resistencia se calcula de manera que la corriente que circula por la bobina RC sea suficiente para mantener el cierre del RC, pero no para provocarlo; esta ultima maniobra se logra por el cierre del botón M.

Para detener el motor, es suficiente añadir al circuito de la bobina RC un botón de parada, que normalmente está cerrado. Su apertura momentánea, cortando la alimentación a RC, produce la de a-b, y después la de A. Generalmente el botón de arranque ,parada ,diodo rectificador, y resistencia se colocan en una misma caja, independiente del coffret, se le llama puesto de mando.

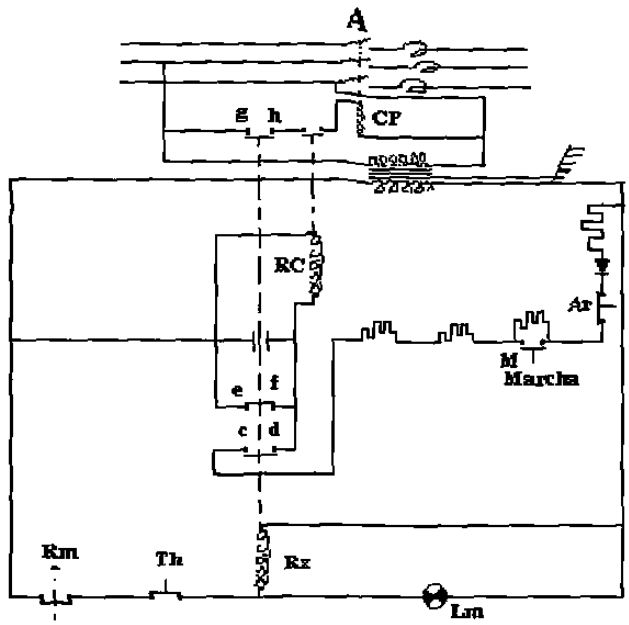


Fig.5.5.protección por relé magnetotermico.

- **Protección del motor**.

En la fig.5.5 se asegura por relés magnetotérmicos Rmt colocados en las tres fases del circuito principal de 550 V. Provocan la apertura de los contactos Th en seguida de un calentamiento de las laminas bimetálicas , así como la apertura de los contactos Rm, por efecto magnético. En estas condiciones la protección del motor se realiza de la forma siguiente:

- **protección de las sobrecargas**:

En la misma fig,5.5 una bobina auxiliar Rx queda sometida a tensión en el momento en que el compartimento inferior de la caja se alimenta; tiene en su circuito los contactos Rm y Th que normalmente están cerrados. La alimentación de Rx lleva consigo; el cierre de c-d, colocado en el circuito de 24 V de RC, la apertura de e-f,
el cierre de g-h, en el circuito de 550 V de CP.

En estas condiciones, el mando del motor se obtiene con los botones M y Ar.

En caso de sobrecarga, el calentamiento de las laminas bimetálicas provoca la apertura de Th, que corta la alimentación de Rx, lo que provoca simultáneamente:

El corte del circuito de 24 V de la bobina RC por el contacto c-d,

El cortocircuitado de esta misma bobina por el contacto e-f,

El corte del circuito de 550 V de la bobina CP por el contacto g-h.

Después del enfriamiento de las laminas bimetálicas, y sin acción manual, Th se cierra.

- **protección de los cortocircuitos**:

Este incidente provoca igualmente el corte del circuito de la bobina Rx por el contacto Rm. Contrariamente a lo que ocurría en el caso precedente, la vuelta a la posición de cierre del contacto Rm, que es de enganche mecánico, no puede realizarse más que manualmente accionado en el interior del coffret. Finalmente, una lámpara Lm indica que la bobina Rx está energizada.

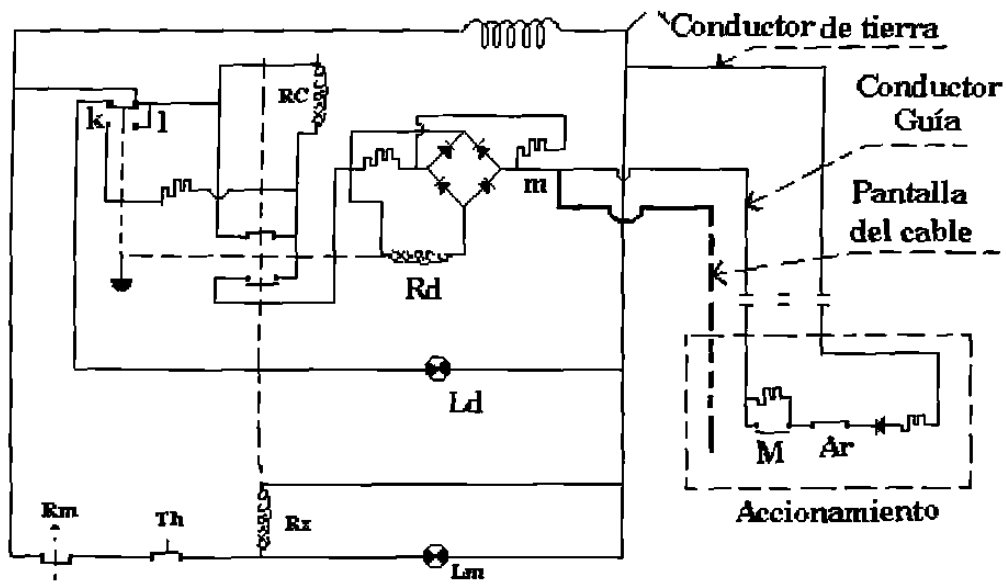
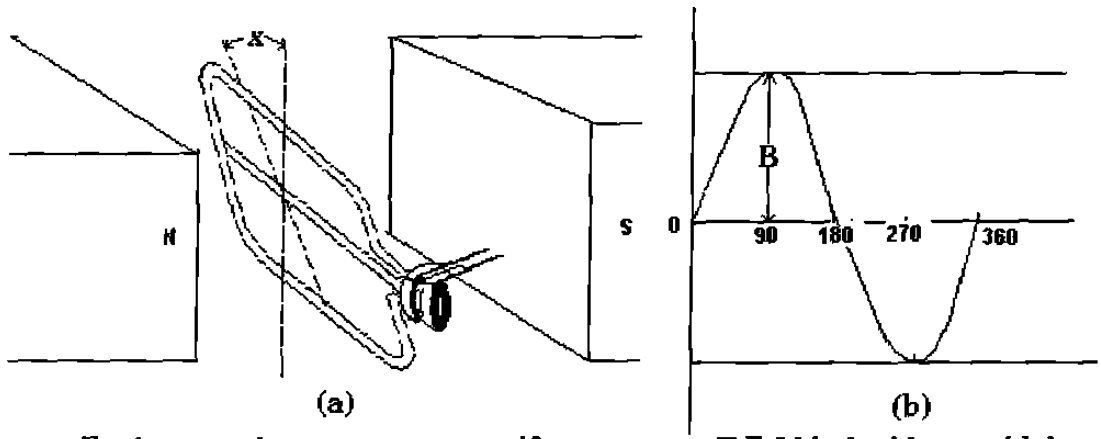


Fig.5.6 Control a distancia y relé de falla

5.3 Motores eléctricos

Esta categoría esta constituida por el motor de corriente continua (C.C) y de corriente alterna (C.A) sincrónicos y asincrónicos. El principio en que se basa el funcionamiento de un motor asincrónico se deriva del principio del campo magnético giratorio, en el motor sincrónico y en el motor de C.C pueden considerarse duales del de los alternadores y las dinamos.



Espira que gira en un campo uniforme **F.E.M inducida senoidal**

Considerando la espira que se encuentra dentro de un campo magnético , si se le aplica una tensión en los extremos (anillos) una corriente circulara en ella y creara un campo, y habrá una interacción entre estos dos campos produciendo un par que hará que la espira gire. Esto es lo que constituye un motor que transforma la Energía Eléctrica recibida en Energía Mecánica.

5.3.1 Motores de corriente continua

Por su construcción y sus características eléctricas un motor de C.C no es muy diferente a una dinamo. La excitación puede ser *independiente*, en serie, Shunt (paralelo) o mixta; como se observa en los diagramas. De la fig.(5.7)

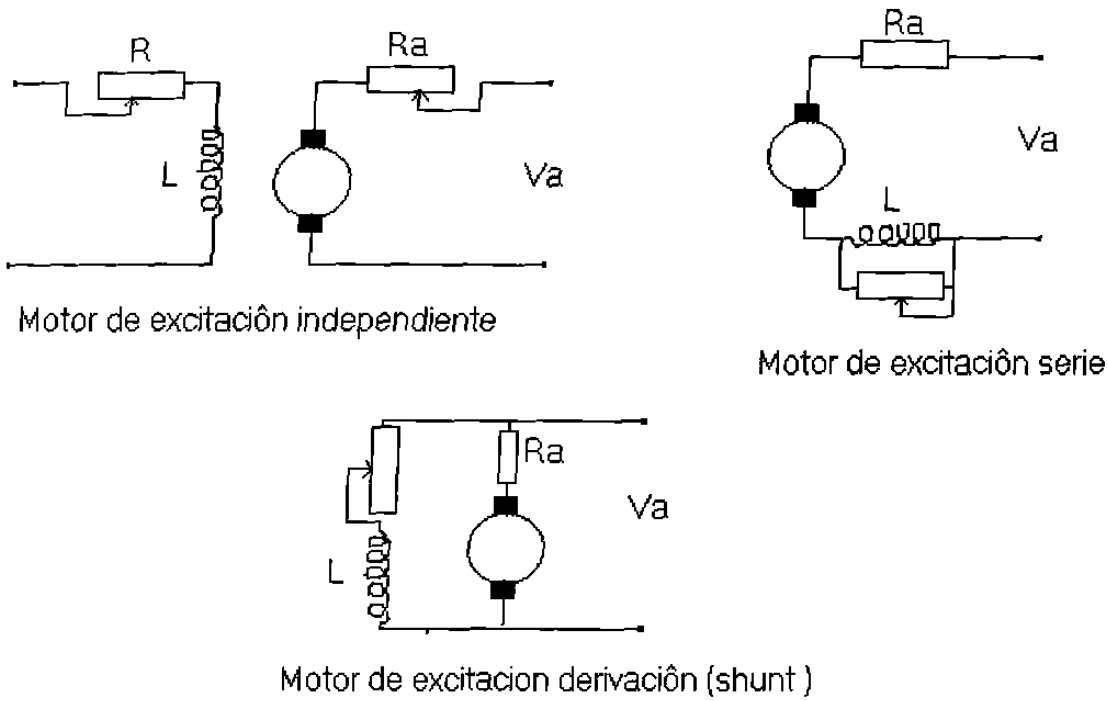


Fig.5.7 Diagrama de los circuitos equivalentes de los motores con excitaciôn *independiente, serie y derivaciôn*

La característica del par electromecánico depende del tipo de excitación empleado como se observa *en la fig.(5.8)*

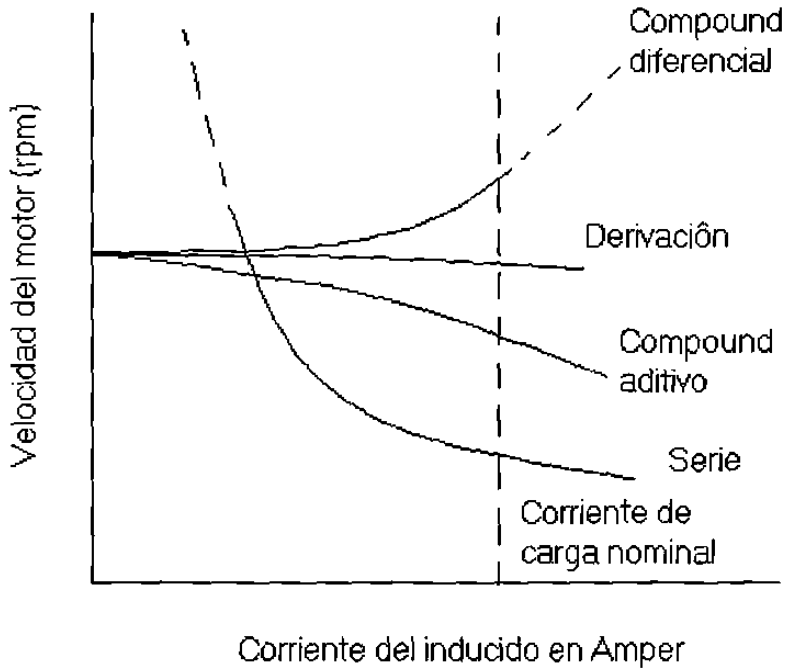


Fig.5.8 Comparacion de las caracteristicas velocidad-carga para una maquina de C.C

En ella se observa que la excitación derivación mantiene casi constante la velocidad cuando varia la carga, lo que resulta ventajoso para ciertas aplicaciones.

Las características son validas para determinados valores de la corriente de excitación y de la tensión de alimentación del circuito principal. La regulación de la característica exterior se efectúa actuando sobre una de estas magnitudes o sobre ambas. El objetivo de la regulación de la característica exterior, es cambiar la velocidad del motor y, por lo tanto, la velocidad del árbol acoplado.

5.3.2 Características de velocidad de los motores de C.C

Para predecir como variara la velocidad de cada uno de los motores existe una ecuación fundamental:

$$S = \frac{V a - Ia Ra}{K\varphi}$$

En la que

S => Velocidad en r.p.m.

Ia => corriente del inducido en amper

Ra => resistencia de inducido en ohm

K => Constante que depende del numero de polos, numero de conductores, numero de ramas del inducido.

φ => Flujo en líneas por polo

Va => tensión aplicada en volts

Para simplificar no se considero la caída de tensión en las escobillas (Carbones)

Para el motor en derivación esta formula puede expresarse:

$$S = k \frac{V a - Ia Ra}{\varphi f} = k \; E/\varphi f$$

Sin tener en cuenta la reacción de inducido el flujo puede considerarse constante. Además ya que la fuerza contraelectromotriz desde vacío hasta plena carga presenta una variación de aproximadamente el 20% (o sea, desde 0.75 Va a plena carga hasta aproximadamente 0.95 Va en vacío) , la velocidad del motor se mantiene constante como lo indica la fig.(5.8).

Para el motor en serie esta ecuación se expresa

$$S = \frac{V a - Ia (Ra + Rs)}{K \varphi}$$

Puesto que el flujo en el entrehierro producido por la excitación serie es proporcional a la corriente del inducido solamente, esta velocidad puede expresarse

$$S = k \frac{V a - Ia (Ra + Rs)}{Ia}$$

Como lo indica la ecuación al tener una corriente de inducido pequeña la velocidad seria muy grande y el motor podría dañarse, por esta razón este tipo de motor se recomienda ser accionado siempre acoplado a una carga.

En general este tipo de motor se equipa con un interruptor centrifugo, que se encuentra normalmente cerrado en la zona de funcionamiento y que se abre a la velocidad de aproximadamente el 150% de la velocidad nominal.

La ecuación básica de la velocidad para el motor compound aditivo se escribe de la siguiente forma.

$$S = k \frac{V a - Ia (Ra + Rs)}{\varphi f + \varphi s} = k \; E/\varphi f + /\varphi s$$

Con esta ecuación el resultado es que la velocidad del motor compound aditivo disminuirá mas rápidamente que la del motor Shunt con la aplicación de carga, como lo indica la fig.5.8.

En la fig.5.9 se muestran las características Par-Carga para una maquina de C.C. determinada

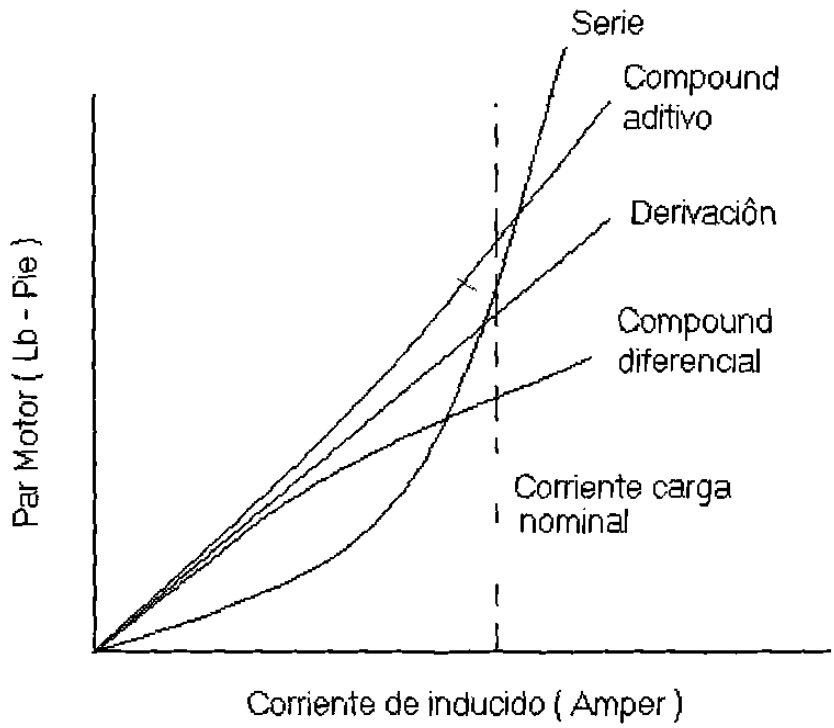


Fig.5.9. comparacion de las caracterisricas Par-Carga para una maquina de C C. determinada

En la fig.5.10. se observa la comparación de la potencia de salida y el par motor así como también la comparación con la velocidad.

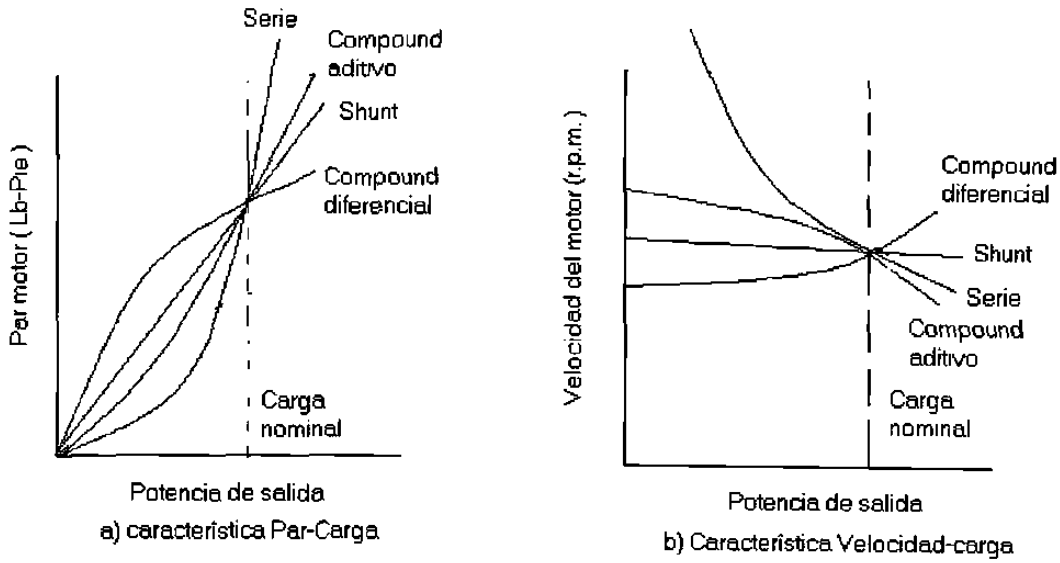


Fig.5.10 Comparaciôn de las características del Par y Velocidad-Carga a la carga nominal

Al tener la expresión que relaciona el par externo, la potencia y la velocidad

HP = T S / 5252

Donde

T => Par en Lb-Pie

S => Velocidad en r.p.m.

Y la ecuación fundamental del par

$T = K\varphi\ Ia$

Donde

φ => Flujo por polo o líneas por polo

Si una maquina de C.C se hace funcionar como generador, es necesario desplazar las escobillas en el mismo sentido de rotación a medida que la carga aumenta; si se ha de accionar como motor, es necesario desplazar las escobillas en sentido contrario al de rotación al aumentar la carga.

5.3.3 Motores de corriente alterna

Cuando una maquina (de C.A o C.C) se conectan en paralelo con unas barras o con otra fuente de fuerza electromotriz, puede actuar como

(1) Generador, si su fuerza electromotriz inducida es mayor que la tensión de barras (y genera potencia Hacia las barras); o como

(2) Motor, si su fuerza electromotriz inducida es menor que la tensión de barras (en cuyo caso recibe potencia de las barras).

La velocidad de un motor sincrono de C.A viene determinada por la frecuencia y el numero de par polos y se escribe.

$$S = \frac{120\,f}{P}$$

Donde

F => Frecuencia de la línea en Hz

P => Numero de polos

Los motores sincronos presentan las siguientes ventajas sobre los motores de inducción (asincronos)

1)Pueden usarse para corregir el factor de potencia además de suministrar Par para accionar cargas.

2) Son de mayor rendimiento cuando funcionan a un F.P unidad

3)Permiten un entrehierro mas grande

1) Pueden resultar menos caros

El motor sincrono no arranca por si mismo, sin un devanado amortiguador.

Debido a la elevada inercia del rotor, el par resultante producido en un segundo es cero, ya que el rotor ha sido, realmente, empujado alternativamente en el sentido de las agujas del reloj y en sentido opuesto, 60 veces en ese segundo, suponiendo una frecuencia de 60 Hz.

Es evidente entonces, que el motor sincrono debe llevarse a una velocidad suficientemente cerca de la velocidad de sincronismo. Los medios para llevarlos a esa velocidad son:

1) Un motor de C.C acoplado

2) El uso de la excitatriz como motor de C.C

3) Un pequeño motor de inducción de por lo menos un par de polos menos que el motor síncrono.

4) El uso de devanados amortiguadores como motor de inducción de jaula de ardilla.

El mas comúnmente usado es como motor de inducción usando los devanados amortiguadores:

1) El devanado de la excitación de C.C es cortocircuitado y se aplica la C.C al estator, llevando al motor a la velocidad en vacío como motor de inducción.

2) Se aplica C.C al devanado de excitación, y la corriente de excitación se regula de manera que se absorba una corriente máxima de la red de C.C.

Su aplicación mas común es donde se requiere velocidad constante. Su par por fase se deriva de la siguiente formula.

HP = T S /5252 despejando T tenemos ; T = 5252 HP/ S

5.3.4 Maquinas de inducción

La maquina de inducción es, una maquina con excitación doble que tiene una tensión de C.A aplicada tanto a su devanado de estator como a su devanado rotorico. La tensión aplicada al rotor es una tensión inducida de frecuencia variable y tensión originada como resultado de la velocidad del rotor respecto a la velocidad de sincronismo, en el rotor se produce el mismo numero de polos de polaridad instantanea opuesta que la existente en el estator.

La frecuencia del rotor puede expresarse como función de la frecuencia del estator y del deslizamiento.

$$Fr = s\,f$$

Donde

Fr => Frecuencia de la tensión y corriente en el rotor en Hz.

S => deslizamiento

F => frecuencia de la línea en Hz

El par de arranque en los motores de jaula de ardilla que no permite variación de la resistencia del rotor viene dada por la ecuación:

$Ts = Kt' \ Vp^2$

$Kt' = Kt \ Rr / Rr^2 + Xir^2$

Donde

Vp => tensión por fase

Rr => resistencia del rotor

Xlr => reactancia a rotor bloqueado

Esta formula establece que el Par es tan solo función del voltaje aplicado al estator.

La relación básica entre la Potencia externa e interna, el Par y la Velocidad del motor es:

HP = T S / 5252 la cual ya Hemos tratado anteriormente se transforma, relacionando la corriente del rotor, deslizamiento, resistencia del rotor, reactancia, velocidad del rotor Sr obtenemos la siguiente ecuación.

T = 7.04 (Pent / S) en Pie-Lb

Donde

Pent => potencia de entrada en el rotor = Ir^2 Rr en Watts/ fase

S => velocidad sincrona = 120 f / P en r.p.m.

Arranque del motor de inducción

El arranque a plena tensión no debe evitares si las líneas son de capacidad suficiente para proporcionar la tensión y corriente nominales requeridas por el rotor de inducción, puesto que este arranque no debe dañar de ninguna manera al motor de inducción.

Cuando las líneas de alimentación son de capacidad limitada en comparación de la corriente de arranque que absorbe un motor de inducción , existe, la posibilidad que, debido a la alta corriente, la caiga de voltaje y la tensión reducida de la línea, el motor que esta arrancando (como otros motores) puede no desarrollar el par suficiente para acelerar la carga y, como resultado, puede absorber corriente excesiva en el estator y en el rotor. El equipo de protección del motor y de la línea pueden, tras un corto tiempo, desconectar el motor, requiriéndose volver a arrancar el motor una vez mas y de nuevo con las perturbaciones en la tensión de la línea. Estas perturbaciones de tensión pueden afectar al equipo electrónico y de alumbrado por lo cual se requiere algún método alternativo de arranque del motor de inducción a fin de limitar la corriente de arranque.

Formas de arranque para acelerar un motor de inducción

1) Arranque por autotransformador a tensión reducida
2) Arranque a tensión reducida por resistencia o reactancia en el primario
3) Arranque Estrella Delta
4) Arranque con devanados divididos
5) Arranque por rotor bobinado
6) Arranque por medios electrónicos

Existen motores de doble jaula que se desarrollo debido a una fuerte demanda de un motor de inducción de construcción simple y de arranque a plena tensión que no produjera perturbaciones inadmisibles de la tensión de línea mejorado. Según la potencia nominal.

A fin de distinguir entre los distintos tipos de motores de inducción disponibles, el NATIONAL ELECTRICAL Manufacttur's Association (NEMA) ha establecido un sistema codificado a base de letras. Estas letras especifican una diferencia en la construcción del rotor ver la fig.5.11.

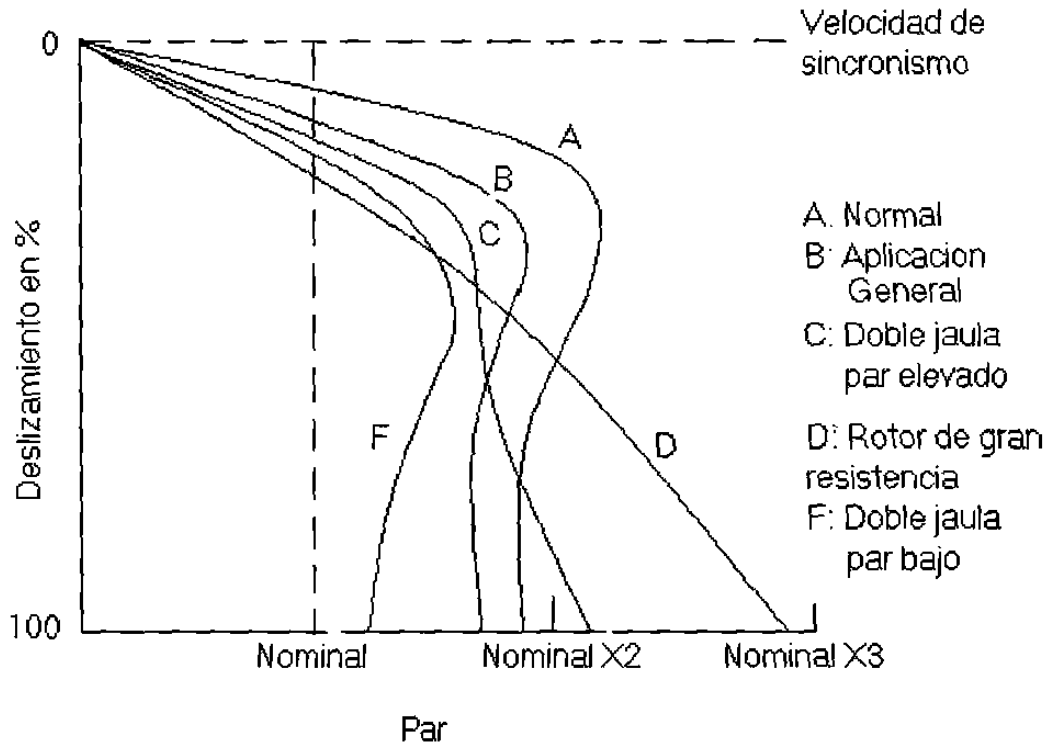


Fig.5.11 Características Par-Deslizamiento de motores de inducciôn

La regulación de los motores de rotor fundido

A diferencia del motor de rotor bobinado, se lleva a cabo por tres diferentes formas:

1) Variando la frecuencia aplicada al estator
2) Variando el numero de polos del estator
3) Reduciendo la tensión aplicada al estator.

El método mas útil es el primero que implica una variación de la frecuencia y la tensión aplicada al estator.

Los métodos 2 y 3 tienen aplicación limitada, ya que tienen inconvenientes. El metodo 2 requiere motores especiales y el 3 no es aplicable a motores polifónicos.

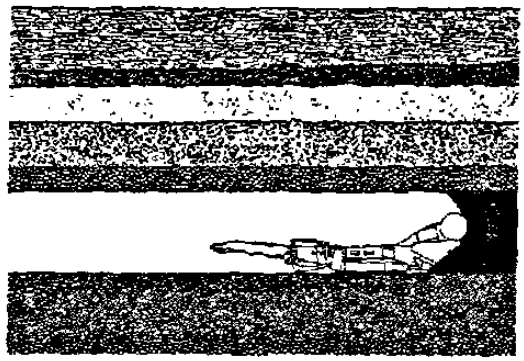
CAPITULO 6

EQUIPO DE EXPLOTACION

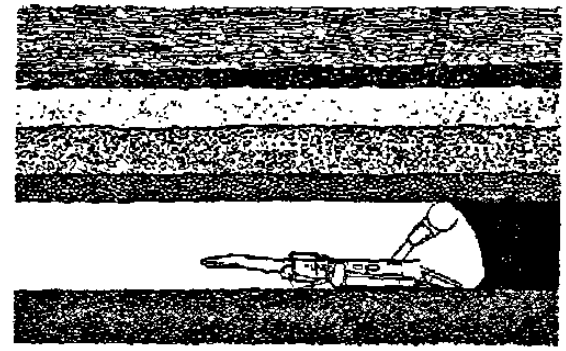
6.1 mineros continuos .

La mina cuenta con tres mineros continuos joy para la producción, dos de los cuales son 12 CM 10 y uno 12 C M 17 . el diseño de la cabeza es sólida. Cada cabeza de corte de la maquina esta comprendida por tres tambores de corte con quebradores de centros localizados entre los tambores; La cabeza de corte del minero 12 C M 10 es energizada por dos motores de corte de 210 HP. A.C. (157 kw) protegidos por embrague , los cuales están montados paralelos a línea de centro del bastidor del brazo y conectados al engranaje de la caja de engranes por flechas de torque internas . los motores de corte en el 12 C M 17 son de 165 HP (123 KW). Todas las maquinas tienen tambores de diámetro de 44 pulgadas (1118 mm). Los anchos de corte de 10' 10'' (3302 mm) con el 12 CM 10 y con el 12 CM 17 , 9' 6" (2896 mm); El 12CM10 incorpora un transportador de 38'' (95mm) de ancho, y el 12 CM 17 uno de 24 '' (610 mm) la altura máxima de corte es de 12' 1'' (3683mm) para los dos tipos de maquinas .

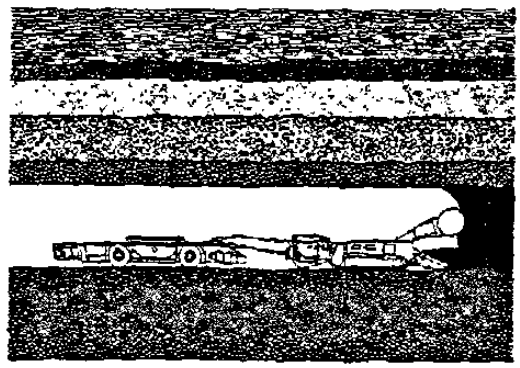
El 12 CM 10 tiene una rampa recolectora que consiste de dos motores de 165 HP A.C. (50kw) que energizan las dos cajas de engranes de los brazos de carga centirfugos . una flecha de base común conecta los centros de giro de recolección para impulsar el transportador de cadena, el 12 CM 17 usa un motor sencillo de rampa de carga de 65 HP (50 kw) para impulsar las cajas de engranes de los brazos de carga.



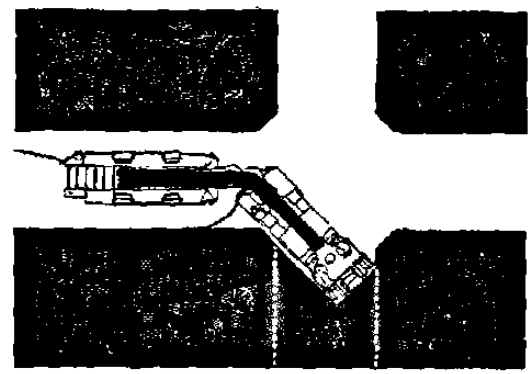
(6.1.a)



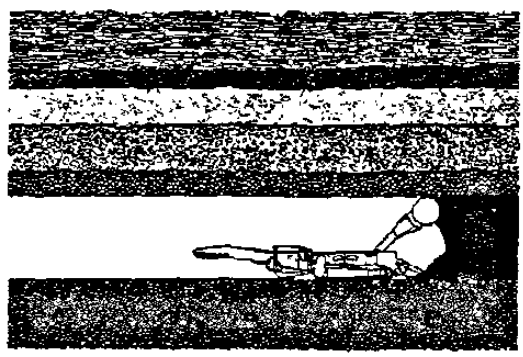
(6.1.b)



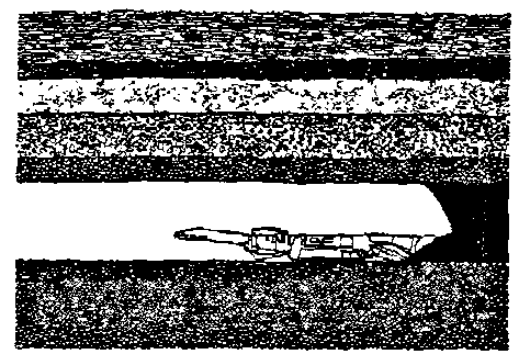
(6.1.c)



(6.1d)



(6.1.e)



(6.1.f)

En el esquema anterior se muestra en la fig. (6.1.a) el minero continuo cortando la frente del manto de carbón, la fig.(6.1.b) muestra el minero cortando la parte superior del manto, la fig.(6.1.c), muestra al minero cargando al carro transportador, la fig.(6.1.d), muestra al minero realizando rebajes para entrar a un nuevo cañón , la fig.(6.1.e) muestra al minero emparejando el manto, la fig.(6.1.f) muestra al minero cortando la parte inferior del manto.

6.2. Carros transportadores

Actualmente se trabaja con 6 carros JOY , de los cuales 3 se colocan en las colas de las bandas para descargar el carbón en ellas. Generalmente dos cañones son los que trabajan dos turnos, y uno se deja para el caso de tener mantenimiento o que sufran algún desperfecto las maquinas. Los carros tienen una capacidad de 6.5 Ton. Y se utilizan para llevar el carbón del minero al carro que se encuentra en la banda. Cada carro lleva integrado un motor de bomba hidráulica de 15 HP, dos motores de conveyor de 75 HP, y un motor de tracción de 15 HP; formando un total de 180 HP por carro transportador en la fig.6.1.c se ve un carro en el que el minero esta descargando el carbón.

Capitulo 7

BANDAS TRANSPORTADORAS

7.1 Introducción

En las bandas transportadoras. Una cabeza motriz tira, por adherencia una banda sin fin. Las dos caras de la banda están soportadas por rodillos a la misma distancia. Generalmente la cara inferior circula vacía, mientras que la superior transporta el mineral. La banda transportadora se ha utilizado durante mucho tiempo en el exterior antes de emplearse en el interior de la mina. es un equipo muy simple que salva pendientes y transporta grandes toneladas. Las posibilidades de las bandas transportadoras son muy variadas: las hay cortas y ligeras, de pocos caballos de potencia, y otras mas potentes.

7.2. Descripción del transportador

7.2.1. Banda

Banda de algodón y de caucho

Las bandas han estado constituidas durante mucho tiempo por varias capas de tela de algodón unidas con goma.

El conjunto se recubría de goma extendida. Con esta forma , la tela soporta la tensión necesaria para tirar de la banda. Por otra parte, el recubrimiento resiste la abrasión y

protege la tela contra la humedad. La tela es de algodón de fibras largas. Consta de hilos en cadena (sentido longitudinal) e hilos de trama (sentido transversal), siendo la resistencia mucho mas elevadas en los primeros, ya que los hilos transversales tienen como fin unir a los longitudinales. las características normales de las bandas de transporte interior han sido las siguientes durante mucho tiempo:

Ancho.....650 a 800 mm
Numero de capas.....3 a 5
Resistencia longitudinal por capa.....65 Kg/cm^2
Resistencia transversal.....28 Kg/cm^2
Espesor de la tela.....1.1 mm
Peso de la tela.....0.8 Kg/m^2

Se ve que las telas poseen una gran resistencia total. Por ejemplo, para una banda de 800 mm y de 5 capas, la resistencia es: 80 x5 x 65 = 26000 Kg. Pero hay que señalar que la tensión debe permanecer muy por debajo de esta resistencia para evitar un alargamiento excesivo de la tela. Por otra parte hay que tener en cuenta la fatiga de las uniones. Ya que la banda esta hecha de elementos unidos entre si y las uniones son puntos débiles. Prácticamente, los coeficientes de seguridad admitidos, para las bandas de varias capas de algodón variaban de 12 a 14. Dicho de otra forma: tomando como media 13 , la banda de 5 capas no podría trabajar mas que con 26000/ 13 =2000 Kg.

a) Evolución de las formas clásicas

En los últimos años, las bandas han experimentado la triple evolucion.

1) Aparición de la tela llamada "cord ".
2) Sustitución del algodón por el naylon
3) Sustitución del caucho por el cloruro de polivinilo (C.P. V.)

1.- Tejidos especiales.

Hemos visto que las bandas de algodón clásicas (de hilos transversales y longitudinales cruzados) pueden soportar grandes tensiones si tienen un numero suficiente de capas (la resistencia a la tracción de una banda de n capas, cada una de resistencia R es siempre inferior en un 10 o 15 % al producto nR). Pero prácticamente, las bandas en el interior no pueden tener mas de 5 capas, ya que entonces son demasiadas rigidas transversalmente y conduce, por otra parte, a diámetros excesivos de los tambores motrices. Es mas, las telas de algodón presentan un inconveniente llamado "abullonamiento" y que previene de la forma senoidal de todos los hilos de la tela. Este abombado tiene por consecuencia un alargamiento muy fuerte de la banda (alargamiento permanente y no elástico). Se desea reducir, a la vez. La rigidez transversal y el abombado y esto ha conducido a la confección de telas especiales.

2.- Nylon

El nylon tiene cualidades mecánicas muy superiores a las de algodón. No se pudre y se adhiere al caucho perfectamente. Tiene, por otra parte, algunos defectos: la banda de nylon es mas blanda, tiene menos "cuerpo". Es muy elástica y cuando esta cargada existe el peligro de que se desplace, formando sobre los tambores de la cabeza motriz una deformación, lo que constituye un accidente desastroso para una banda. Además, el nylon es muy inflamable. Por todas estas razones, los fabricantes estudian la forma de reemplazar el nylon, bien por un hilo de nylon rodeado de una vaina de algodón, bien por tergal.

Con la aparición del nylon, surgió un nuevo tipo de banda, llamado Nylcord, que vuelve a emplear los principios de la tela "cord". Pero en esta vez no hay capas de algodón. La banda es una superposición de capas transversales y capas longitudinales "cord " alternadas. Esta disposición, que permite la unión con grapa, se emplea mucho en el interior. Una banda Nylcord de 3 capas es equivalente a una de algodón de 5 capas. Se adapta con mayor facilidad a los tambores y no se pudre. El alargamiento importante del nylon, molesto con telas de algodón, no lo es con las telas "cord".

3.- Nuevos revestimientos

El revestimiento de una banda tiene varias funciones.

- Protegerla contra los golpes y la humedad.
- Resistir la abrasión.
- Para las bandas del interior, evitar, si no la combustión con llamas, al menos la propagación del incendio.

La sustitución del caucho por el neopreno producto sintético de importación americano, reduce el peligro de propagación de incendio. Pero el neopreno es demasiado caro para ser empleado en gran escala.

En Francia se utiliza una mezcla de caucho natural y de parafina clorada que reduce sensiblemente la combustibilidad, sin suprimirla totalmente. En Inglaterra, el N.C.B. después de importantes accidentes colectivos, provocados por incendios de bandas, exige bandas incombustibles. Los fabricantes ingleses obligados por la necesidad, han reemplazado totalmente el caucho natural por el cloruro de polivinilo (C.P.V.). las bandas con revestimiento de C.P. V.

Tienen las cualidades siguientes:

*precios comparables a los de las bandas de caucho natural.

*resistencia a la abrasión netamente superior.

Tienen, por el contrario, las siguientes desventajas:

- Menor resistencia a los golpes, principalmente en los bordes.

- Resistencia insuficiente a bajas temperaturas, volviéndose frágil la materia plástica en caso de helada.

- Coeficiente de frotamiento menor que el caucho.

Se puede decir que la banda del porvenir deberá estar hecha de una armazón textil sintético y de un revestimiento de C.P.V., a pesar de la dificultad que hay para conseguir la adherencia entre la tela y el revestimiento y a lo que es preciso encontrar solución.

b) Unión de las bandas

Las bandas se introducen en el interior, generalmente, en tramos de 50 o 100 m. Se dificulta introducir bandas mas largas, ya que para 100 m el peso y las magnitudes de los rollos de banda son ya muy grandes.

Para construir un transportador, hay que unir estos diferentes elementos entre si. Siendo las uniones los puntos débiles. Se distinguen dos formas:

- La vulcanización en caliente, que permite obtener el 80 % de la resistencia de la banda.
- El grapado que permite, con un material de calidad y una técnica esmerada, alcanzar el 60 % de la resistencia de la banda.

c) Dimensiones usuales de las bandas

En el interior, las dimensiones mas corrientes son de 36" (914.4 mm). Decimos que la tendencia general es la de adoptar esta anchura de banda.

d) Normalización de la banda

En las minas francesas, la norma M 81- 651 impone para las bandas cierto numero de características. Las cuales podemos enlistar:

- La resistencia a la tracción estática, sentido longitudinal y transversal.
- La resistencia de las uniones (grapado o vulcanizado).
- La flexibilidad (sentido longitudinal y transversal).
- El alargamiento en sentido longitudinal.
- La adherencia de los revestimientos y la adherencia entre capas.
- La calidad de los revestimientos (resistencia a la perforación y al desgarre).
- La resistencia a los choques (flexión y tracción dinámica).
- La incombustibilidad (o mejor dicho, la autoextinción).

En estas condiciones, la norma define tres tipos de bandas, según la resistencia a la ruptura de su armadura en Kg/cm de anchura. Estos son los tipos 315, 400 y 500. La norma fija la correspondencia existente entre estas resistencias y las cargas llamadas de referencia, es decir, que pueden ser aplicadas en marcha normal a las bandas:

25 Kg/cm para el tipo 315 (coeficiente de seguridad 12.6).
32 " " " " 400 (" " " 12.4).
50 " " " " 500 (" " " 10).

e) Conservación de las bandas

La conservación en almacén debe hacerse a temperatura media, en atmósfera no muy seca y sin luz. Los bordes de las bandas van marcados, cada diez metros de forma normalizada. La marca permite distinguir el proveedor, la naturaleza de la banda, el año de fabricación, etc.

Si la banda es muy cara, es necesario vigilarla anotando todos los incidentes que conciernen a cada uno de sus elementos y estableciendo estadísticas comparativas de duración.

7.2.2. Estructura

a) Tipos de transportadores

El 99% de los transportadores son del tipo de "cara superior de trabajo.
La cara superior sirve para el transporte y reposa sobre rodillos dispuestos a intervalos regulares, de 1.25 o 1.50 m .

Los tres rodillos de un grupo están, uno horizontal y los otros inclinados, variando su ángulo de inclinación de 20 a 35^0. La adopción de un ángulo grande aumenta sensiblemente la capacidad de transporte máxima de la cinta, pero tiene el inconveniente de hacerla sufrir, si su ductivilidad es insuficiente, lo que es menos peligroso con cintas de nylon mas flexibles que las de algodón.

El retorno en vacío de la banda se hace bajo los rodillos de transporte. Que se encuentran a intervalos dos veces el intervalo de los superiores. Hay por lo tanto un rodillo inferior por cada dos superiores (grupos de tres).

b) Rodillos

Su eje. Tiene dos entalladuras en sus extremos que le permiten reposar en un saliente de la estructura. El camino de rodadura es un tubo cilíndrico de acero. La unión entre el rodillo y su eje se hace mediante dos cajas en los extremos, cada una de las cuales contiene un rodamiento de bolas y dispositivos de estancamiento. A veces las dos cajas de grasa van unidas mediante un tubo que permite la supresión del dispositivo posterior de estancamiento. La fig.7.1 representa un rodillo de este tipo con junta de laberinto para retener la grasa. En este modelo, una caja de chapa embutida rodea el rodamiento de bolas y la junta. Sobre la caja van dispuestos, por una parte un tubo guía y, por otra, el tubo exterior del rodillo. La junta de estancamiento se mantiene en su sitio mediante un anillo hendido de acero, introducido en una entalladura circular de caja embutida.

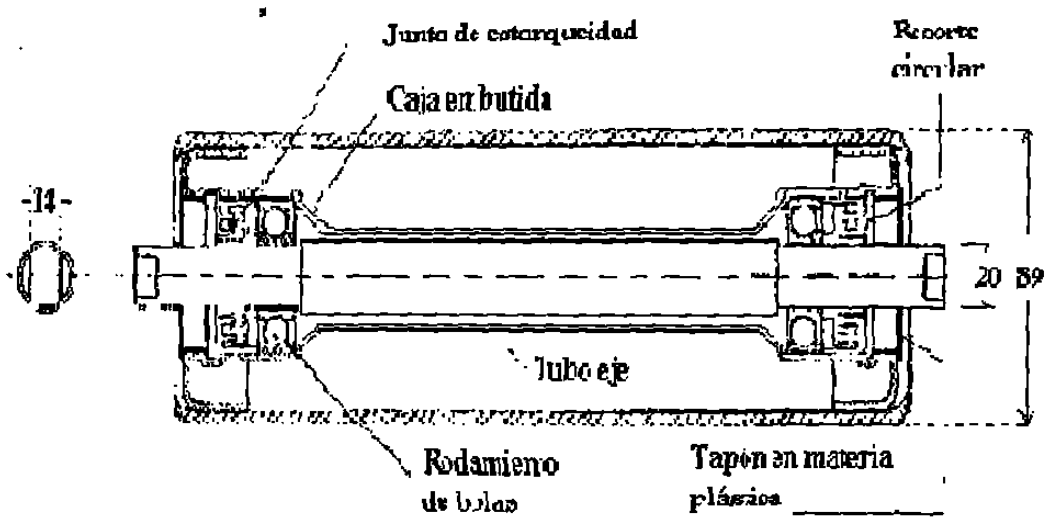


Fig.7.1 Rodillo de transportador

Por ultimo, un tapón de materia plástica aísla la junta de estancamiento del exterior.

Los diámetros de los rodillos normalizados de los transportadores de 1000 a 1400 mm son de 152 mm.

Otras veces, los rodillos llevan engrasadores que permiten, sin desmontarlos, añadir grasa a las cajas. Pero estos aparatos no dan muy buen resultado por lo general. Por otra parte, los rodillos actuales consumen muy poca grasa, y por esto se ha podido suprimir el engrasador. Los rodillos se sacan entonces al exterior, de vez en cuando, para ser revisados y engrasados (muchas fabricas los garantizan para 10000 horas.). Es importante revisar los rodillos y cambiar, después de cada turno, los que estén atascados, para evitar que la banda trabaje en condiciones desfavorables, lo que ocasionaría una destrucción rápida del rodillo. Los rodillos dañados, pueden llegar a ser peligroso y originar incendios, si frotan contra la construcción metálica.

Algunos rodillos americanos son de chapa embutida con rodamientos no recuperables. Aunque la mayoría de los rodillos van lubricados con grasa, Algunas fabricas inglesas los lubrican con aceite.

c) Soporte de los rodillos

Existe una gran variedad de estructuras. Se puede, en principio, distinguir la estructura abierta de la cerrada. Esta, muy empleada antiguamente, llevaba una chapa de recubrimiento que ocultaba por completo la cara inferior y sus rodillos de soporte. Tenía el inconveniente de ocasionar el desgaste de esta cara que frotaba, sin que se viese, sobre las paredes de chapa, pudiendo los rodillos bloquearse sin apercibirse de ello.

La fig,7.2, es por el contrario, ejemplo de estructura abierta Esta hecha con elementos laterales de 2,50 m (largueros de hierro en U). Estos elementos están unidos mediante caballetes espaciados unos 25m y que llevan los rodillos superiores. Los rodillos inferiores reposan sobre soportes fijados directamente a los largueros.

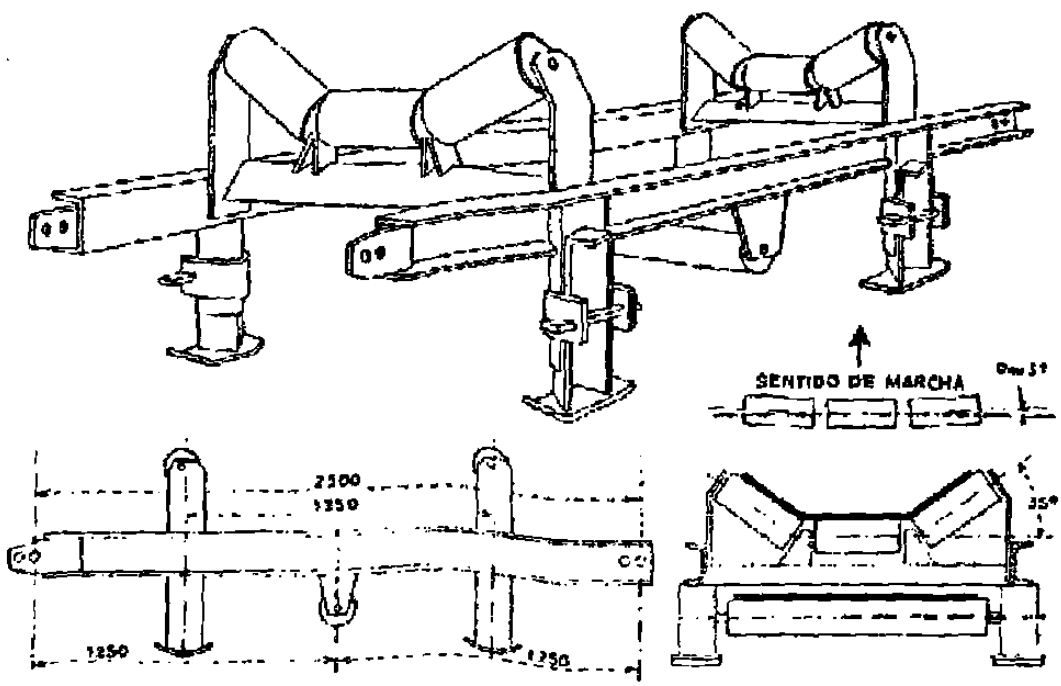


Fig.7.2. estructura del transportador

Todos los modelos llevan pies recambiables, regulables en altura, que permiten colocar la estructura sobre el suelo y regular su alineación. Con frecuencia , sin embargo, la estructura se suspende con la ayuda de cadenas o de cables, lo que facilita su reglaje y la hace independiente del muro. Las estructuras empleadas en la mina son variadas, en el interior la estructura de los rodillos va suspendida en cable , y estos sobre soportes telescópicos. En la banda del inclinado se compone por: Estructura abierta, estructura cerrada y suspendida por cable.

La estructura estandarizada que se describió tiene aun defectos, por lo que se esta estudiando una nueva que conserva muchos puntos comunes con la anterior, pero que satisfaga también las siguientes necesidades:

a) Supresión de aristas vivas en todas las piezas que pueda tomar contacto con la cinta, cuando esta se desplace o cuando cambie de pendiente.

b) Reducción del numero de piezas recambiables.

c) Limitación del ángulo de cambio de pendiente entre elementos sucesivos.

d) Simetría de los largueros con identidad de los caballetes para facilitar el montaje.

e) Supresión del intervalo entre los tres rodillos superiores.

Los transportadores necesitan ser nivelados para evitar que la banda se desplace. Se obtiene, bien mediante pies telescópicos regulables (transportadores sobre el suelo),

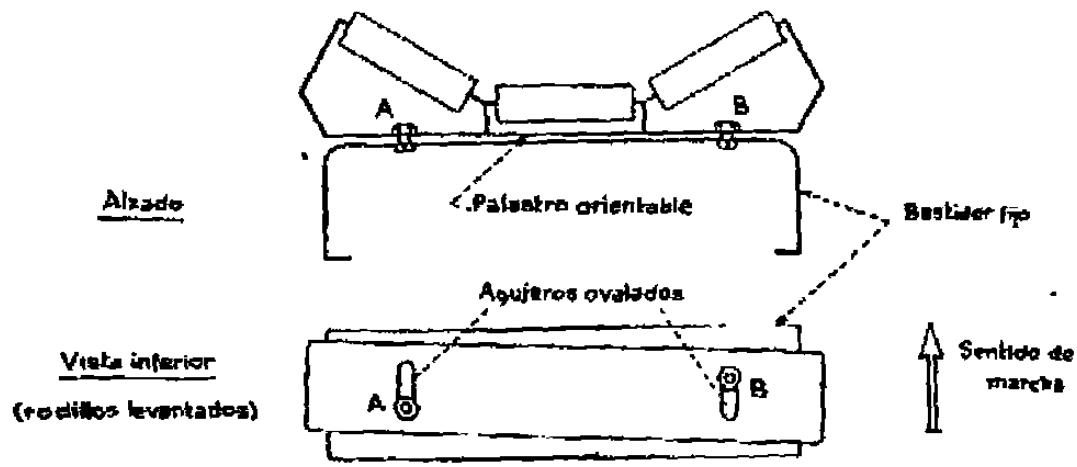


Fig.7.3. nivelación por agujeros ovalados

bien mediante la acción de cadenas o cables de suspensión (transportadores suspendidos), bien inclinando, con la relación al eje de la banda, el plano de los tres

rodillos superiores u el eje de los rodillos inferiores, Se utiliza para esto el dispositivo de agujeros ovalados de la figura 19, que tiende a desplazar hacia la derecha una cinta qu se desviaría a la izquierda.

En el momento de la colocación de un transportador, todos los grupos de rodillos deberían ser reglados. El reglaje será también verificado, y si es preciso, corregido de vez en cuando.

También existen dispositivos autocentradores. Se utilizan sobre todo en transportadores caros, así como transportadores reversibles de los que volveremos a hablar. Se Tendrá, por ejemplo, a intervalos de 15 m tales dispositivos móviles, alrededor de un eje vertical, llevando, además de los tres rodillos normales, otros dos laterales. Cuando los toque la banda, estos harán girar el dispositivo autocentrador en un sentido tal que corregirá la desviación.

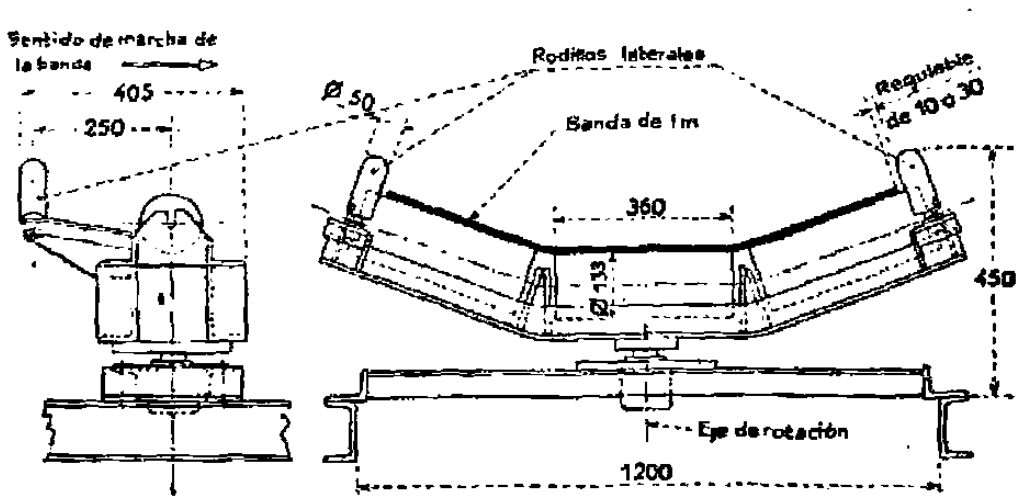


Fig.7.4. conjunto autocentrador

7.2.3. Cabeza motriz

En el transportador, el material se lleva por adherencia. Si la fuerza a trasmitir es F y si T es la tensión de la cara superior, la de la cara inferior será t=T-F .

En lo que respecta a la potencia trasmitida por la cabeza motriz, sera W=FV (En kilogramos por segundo); si V es la velocidad de la banda en metros por segundo). Finalmente, la potencia en caballos sera (FV)/ 75.

La condición de no deslizamiento de la banda es $T/t < e^{f\alpha}$ en la que α es el ángulo de enrrollamiento de la banda sobre el tambor motriz.

7.2.3.1 Limite de la potencia transmitida

Se pueden distinguir dos limites: El limite de resistencia mecánica y el limite de adherencia.

La banda se calcula para trabajar a una tensión máxima determinada (dada por la norma). A esta tensión corresponde, a la velocidad dada, la potencia máxima que la banda puede trasmitir por lo tanto se tendrá :

W max = (Tmax x V)/75

Ejemplo. Considerando la tensión del lado tenso a la que trabaja la banda del inclinado según datos proporcionados en el estudio de tecnibandas 17345.06 Lb =7868 Kg.

Para Tmax = 7868 kg. y V=2.33 mts/seg. Wmax =245 CV = 248.4 HP

7.2.3.2. Limite debido a la adherencia

Las cuestiones de adherencia hacen que la potencia disponible W sea inferior a W máxima y esto es la relación:

$$W/Wmax = T- t/T= 1-t/T=1- e^{-f\alpha},$$

Respecto a la potencia instalada en el transportador del inclinado que es de 460 HP. Y tomando en cuenta una eficiencia de 0.85 en la reducción tendremos Wmax(instalada)= (460)(0.85) =391 HP. Por lo tanto comparando, Wmax(instalada) con Wmax(calculada) =Wmax =Tmax (V)/75 = (7868) (2.33) / 75 = 245 CV equivalente a 248 HP, tenemos una diferencia de 391 – 248 = 143 HP

Como indica la formula es preciso aumentar $f\alpha$, para aumentar W. ¿En que medida puede actuarse sobre f y sobre α?.

f es función de la superficie del tambor y de la humedad :
f=0.2 para un tambor pulido y húmedo
f=0.3 para un tambor pulido y seco
f=0.4 para un tambor pulido seco y recubierto de tela o de caucho.

En lo que respecta a α, tiene por valor 180^0 para un solo tambor motriz, que puede aumentarse mediante el empleo de un tambor de compresión fig.7.5

El valor de α aumenta mas al usar dos tambores motrices.Por lo que se tendría $\alpha = \alpha_1 + \alpha_2$ fig. (7.6), es necesario para que la cara de retorno tome una buena dirección, se precisa, al usar dos tambores motrices, un tercer tambor que sirva de cambio de dirección y que sirva también de inversor.

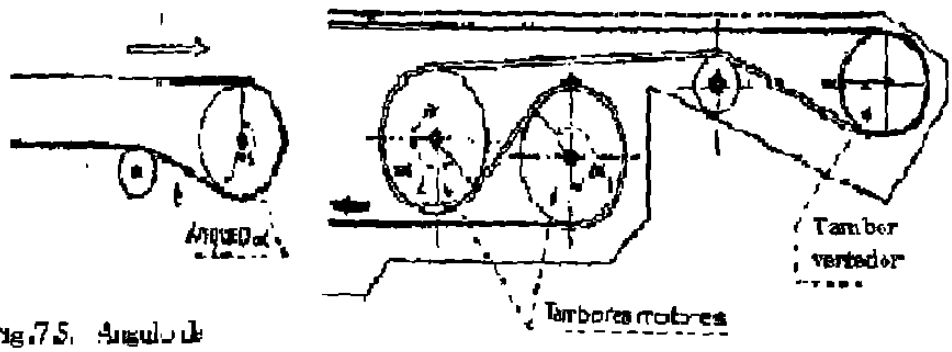


Fig.7.5. Angulo de enrollamiento Fig.7.6. Cabeza de dos tambores

En la cabeza motriz que se ve en la fig. (7.6) además de los dos tambores motrices y del inversor, se tiene un tambor de compresión, lo cual se necesita para asegurar una entrada correcta de la banda en la cabeza motriz.

Para un tambor liso, el calculo muestra que la relación W/Wmax. Pasa de 0.6 a 0.93 cuando el ángulo de enrollamiento pasa de 180^0 (un tambor sin polea de compresión) a 450^0 (algunas cabezas de dos tambores). El interés de las cabezas de dos tambores, es evidente. Se emplean mucho en el interior, donde permiten utilizar al máximo la potencia del motor. En el exterior se puede emplear de la misma manera.

Ya que al usar una cabeza motriz de tambor único conduce a una tensión mas elevada de la cara inferior, lo que lleva a adoptar bandas de mayor resistencia, que resultan mas caras para transmitir una fuerza determinada, estas bandas tienen mayor numero de capas o capas mas resistentes, y exigen tambores de mayor diámetro.

¿Cuál es la velocidad que hay que dar a una banda? Puesto que la potencia a transmitir es W = FxV (en kg/seg.) ,se ve que, para una potencia dada, se fabricara la banda, considerando V con un valor elevado. En efecto, el esfuerzo útil F sera entonces W/V. Sin embargo, la velocidad de la banda es limitada, en particular por cuestiones de adherencia al arrancar.

En el interior la velocidad queda limitada por las normas de seguridad con tendencias a aumentar. En el exterior se adoptan velocidades muy superiores.

7.2.3.3. Realización practica de la cabezas motrices

En el interior, la cabeza motriz de 36". Puede recibir eventualmente, una banda de 30 la fig.7.7 muestra un esquema de la cabeza motriz joy con una potencia de 125 HP accionada por un motor de 1800 RPM colocado en ángulo recto con el sentido de la dirección de la banda y este mediante la acción de un reductor de reenvio con un sprocket en la flecha de salida transmite a una catarina por medio de una cadena,el movimiento a los tambores motrices. Y así tener una velocidad de (100 m/min.)

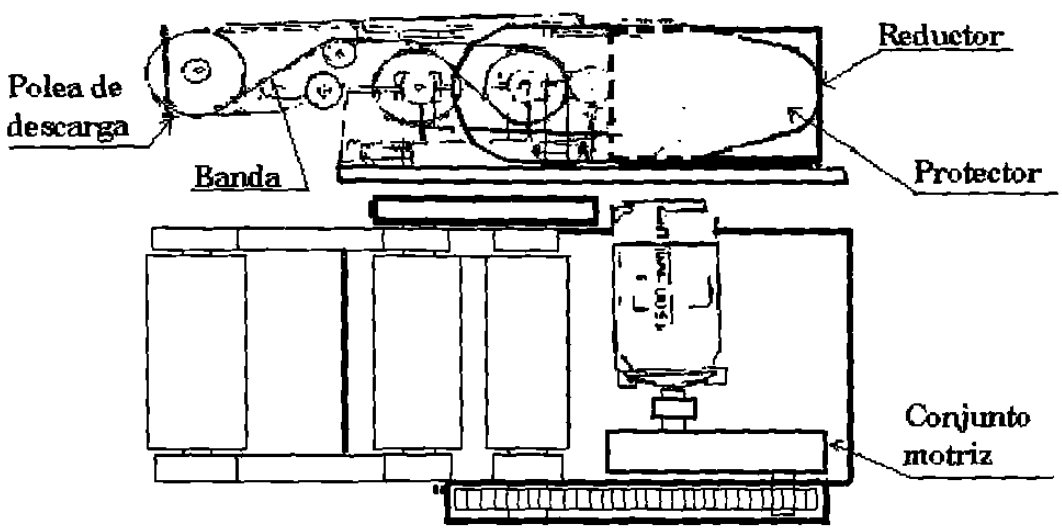


Fig.7.7 Cabeza de banda

7.3. Calculo de transportadores

Si suponemos conocida la sección A del producto (carbón) que se puede depositar sobre el transportador. La capacidad volumétrica será Q = A V en donde V es la velocidad de la banda. Existe un limite superior de velocidad, menor en instalaciones medias y mayor en instalaciones potentes, y muy estable en el exterior.

La máxima velocidad dependerá sobre todo, de la friabilidad del producto y de la forma de carga que se haya podido realizar, y que tendera a evitar la rotura, así como la abrasión al impacto.

Para las bandas normales del interior podemos considerar las cifras siguientes que son extraídas de un documento de régimen interior de las hulleras del norte y del paso de Calis. La capacidad Q de la banda en Ton/ Hr es $Q = K A^2 V\gamma$.

Donde

A es la anchura de la banda en metros

V es la velocidad en mts/seg.

γ es el peso especifico del producto en kg/ m^3 (800 para el carbón, 1400 para tierra de la capa)

K es el coeficiente numérico igual a

0.3 para banda horizontal

0.27 para 5 a 10^0 de pendiente

0.25 para mas de 10^0 de pendiente

7.3.1. Potencia del transportador

La potencia necesaria para el accionamiento de transportadores depende de tres elementos

HP1 potencia necesaria para la marcha en vacío horizontal

HP2 potencia necesaria para el transporte horizontal del material

HP3 potencia necesaria para su elevación

También del espaciado de los rodillos, tipo de accionamiento, etc. El transportador no debe ir mas de prisa de lo que se necesite para transportar la carga con seguridad. Si por una razón cualquiera fuese necesario aumentar la velocidad, debe calcularse la potencia necesaria para la plena capacidad a la velocidad fijada. A continuación se da una tabla con diferentes datos de transportadores de banda.

Datos sobre transportadores de Banda
(Robins Conveying Belt Co.)

Tamaño		Velocidad	Capacidad		Potencia			Banda	
Anchura de la cinta	Tamaño máximo de los trozos	Velocidad máxima obtenible	M^3 /h, Velocidad banda 100m/min	Tons/h Velocidad Banda 100m/min Densidad material 1.6	Constante C para materiales de peso específico		HP por cada volquete móvil	Número mínimo de telas de la banda	Número máximo de telas de la banda
cm	cm	m/min.			0.8	1.6			
30	5	90	43	69	3.17	2.27	0.5	3	4
35	6.5	90	55	88	3.13	2.23	0.5	3	4
40	7.5	90	75	120	3.09	2.19	0.75	4	5
45	10	105	100	160	2.88	2.08	1	4	5
50	12.5	105	135	216	3.37	2.37	1.25	4	6
60	20	120	185	296	3.27	2.34	1.75	4	7
75	30	135	300	480	2.91	2.12	2.5	5	7
90	45	150	425	680	2.7	2.08	3.25	6	8
105	50	165	615	985	2.62	2.02	4.25	6	10
120	60	185	850	1,360	2.48	1.91	5	7	11
135	70	200	1,120	1,800	2.38	1.73	6	7	13
150	75	200	1,380	2,200	2.27	1.58	6.5	8	15

Para transportadores horizontales.

HP1 + HP2 = C T L/ 10000

Para transportadores inclinados.

HP = HP1 + HP2 + HP3

HP =CTL/ 10000 + TH/ 280

Donde

C es una constante dependiente del peso específico

L es la longitud del transportador en metros

T es la carga en ton/ Hr

H es la altura de elevación del material en metros

De la formula anterior podemos despejar T para determinar la capacidad de carga del transportador del inclinado.

T = HP/ [CL/10000+ H/280]

Tomando en cuenta los datos existentes HP =391, C=2.08 , L =583 , H= 160.

T = 391/0.6926 = 564.46 Ton /Hr

Pero considerando la tensión máxima a la que esta sometida la banda , que nos arroja una potencia máxima de trabajo de 248HP , la capacidad seria.

T = 245/0.6926 = 353.73 Ton/ Hr. Que es la capacidad que puede trabajar la banda del inclinado. El excedente de HP es lo podríamos aprovechar para aumentar la productividad de la energía.

Al tener en cuenta el rozamiento de las poleas terminales de transportador y del accionamiento, añádanse los tantos por cientos siguientes, según la longitud del transportador en metros.

LONGITUD	TANTO %
30	20
60	10
150	4
300	2
600	1

los transportadores inclinados para materiales gruesos y medianos mezclados con finos, pueden funcionar en planos inclinados de 18^0 o 19^0, y hasta 20^0 si todos los materiales transportados son finos.

Se puede calcular la resistencia de la banda con la formula siguiente:

RB = HP 4550 / V A

Donde

esfuerzo de tracción por cm de anchura y por tela

' – t) A

V es la velocidad de la banda en mts/min.

A es el ancho de la banda en cm.

El numero de telas se calcula con la formula siguiente:

N = (RB) F/A

Donde

N es el numero de telas.

F = 2 para poleas simples lisas, 1.5 para poleas escalonadas simples, y 1,125 para poleas escalonadas en tandem.

A = 9 kg para tela de 800gr, 11kg para tela de 900 gr, 14 kg para tela de 1 kg, 18 para tela de 1.20 kg.

Estos valores son aproximados y pueden variar en un 10 % según el fabricante de la banda.

7.3.2. Potencia del motor

Se obtiene con la formula siguiente:

P motor = potencia sobre el árbol/ rendimiento del conjunto (motor - reductor).

Pmotor=245/0.85 =288.32 HP

Como el calculo lo indica al usar poleas escalonadas en tandem para aumentar el ángulo de contacto a 450^0 tendríamos que la tensión a la que fuera sometida la banda disminuiría de (17345.06Lb=7868 kg.), 7868/0.6=13113.3Kg. a 7868/0.93= 8460 kg.

Disminuyendo también la resistencia por cm de 13113.3/91.44 = 143.74 kg./cm a 8460/91.44 =92.51 kg/cm, esto favorecería a la conservación de la banda, además al reducir la potencia de 460 a 290 HP repartidos en dos motores nos conduciría a un ahorro de potencia de 170 HP equivalente a 120 KW que nos repercutiría en una disminución de la energía consumida en 529600.32 KW-Hr. Anual y considerando 4176 Hr de trabajo anuales nos repercutiría en un ahorro de Energía de aproximadamente (529600.32) (0.41) = $217136.13

Elección de la banda

De la potencia y de la velocidad resulta el esfuerzo a transmitir, que es F = 75 W/ V, la condición de adherencia obliga a tener: $T/t < e^{f\alpha}$, con T-t = F

Del valor de t depende la elección de la banda. Ejemplo hemos encontrado que es necesaria una potencia de 245.2 CV en el tambor motor que corresponde a 288.47 CV para el motor propiamente dicho. En estas condiciones, la potencia a transmitir viene dada por : FV/75 = 245.2.Si la velocidad escogida es 2.33 m/seg., tendremos: F = 245x 75/ 2.33 =7886.26 kg. Con una cabeza de un solo tambor liso con ángulo de enrrollamiento de 180^0 , la relación: W /Wmax = F / T será de 0.6 (para un tambor liso) en estas condiciones T será igual : 7886.26 /0.6 = 13143.77 kg., si se usa 0.93 (para poleas en tandem 450^0 de contacto) 7886.26 /0.93 = 8479.84 kg.

Si se emplea una banda de 36" (91.44 cm) de ancho, la resistencia por centímetro será 13143.77/ 91.44 = 143.74 kg./cm , 8479.84 /91.44 = 92.73 kg./cm.

Nota: Para una potencia dada, la reducción de velocidad aumenta la tensión y puede obligar a adoptar una banda de mayor resistencia. En los contrapesos se pueden considerar los siguientes alargamientos:

Tejido de cuerda de algodón	1 %. Máximo
Nylon	2 %. Máximo
Metal	de 0.1 a 0.2 %. Máximo

7.3.3. Condición de arranque

Para no cansar las bandas, es preciso que el par de arranque no rebase cierto valor (dependiente de la elasticidad del tejido), que se sitúa entre un 200% (algodón) y un 130% (metal) del par normal. Esta cuestión y la de la corriente(que seria demasiado fuerte con un motor en cortocircuito directamente acoplado) conducen a utilizar, resistencias de arranque las cuales han estado siendo eliminadas con arrancadores por control electrónico y acoplamientos hidráulicos como es el caso de la banda recién instalada en el inclinado de la mina 5 de 980 mts. En un plano inclinado de 16 grados del grupo G.A.N. con 54 pulgadas de ancho , 4 m/seg y una potencia de 2010 HP activos y un motor de 1005 HP de 4160 volts en reserva.

Capitulo 8

EQUIPO DE APOYO

8.1. Ventilador principal

La mina cuenta con dos ventiladores helicoidales marca Jeffrey modelo 8HAU96,uno de los cuales tiene acoplado por medio de una flecha flotante un motor eléctrico de 750 HP, 2300 V, 1180 R.P.M. el otro de la misma forma acoplado a un motor de Diesel , que se utiliza en casos de emergencia o en mantenimientos del ventilador accionado por energía eléctrica, ya que es el que trabaja continuamente.
El máximo consumo de energía de la mina es por este concepto por lo cual es necesario hacer un análisis de los parámetros que intervienen en el rendimiento de la ventilación.

Características:

La curva H = f(Q) de un ventilador (axial) helicoidal es mas favorable donde H es la elevación manométrica, Q es el caudal de aire. El ventilador no tiene un punto de funcionamiento específico, sino un infinidad de puntos de funcionamiento, repartidos sobre una curva característica que al ser insertado este ventilador en el circuito de ventilación, definido por la curva característica y de la forma $H = R\ Q^2$.
Este tipo de ventilador conviene en general para desplazamiento de volúmenes de aire considerables, bajo elevaciones manométricas relativamente pequeñas. Estos ventiladores pueden hoy en día resolver prácticamente todos los problemas de la mina; accionándose directamente por motores asincronos. Cuya regulación puede hacerse de las siguientes formas.

variando la velocidad

- El caudal varia proporcionalmente a la velocidad $Q_2 = Q_1(V_2/V_1)$
- La presión " " al cuadrado de la velocidad $P_2 = P_1 (V_2/V_1)^2$
- La potencia " " al cubo de la velocidad $hp_2 = hp_1(V_2/V_1)^3$
- El rendimiento permanece constante para un orificio equivalente dado

Esta forma de regulación estará indicada para modificar el caudal del aire de la mina de orificio equivalente poco variable.

Existen formas mecánicas para variar la velocidad, pero las eléctricas son mas seguras.

En el caso propio se actúa sobre características aerodinámicas del ventilador, por el cambio de orientación de las paletas que modifica el paso de la hélice. Esto se admite ya que el caudal variara proporcionalmente al paso, mientras permanezca constante la presión.

Esta forma de regulación halla buena aplicación en caso de importantes variaciones del orificio equivalente.

El interés de trabajar lo mas cerca posible del punto de rendimiento máximo es interesante para poder utilizar al máximo las potencias en juego. También es posible poder a lo largo de los años, adaptarse a las variaciones, con frecuencia importantes, de las características de la mina , que son difíciles de prever con 10 o 15 años de anticipación. Podemos considerar una ganancia del 10% en el rendimiento del ventilador de 750 HP que trabaja en forma continua, y para un precio del KW-H de $ 0.41 tendríamos (750) (0.746) (10/100) (24) (365) (0.41) = $200950 por año. Posiblemente , ya se encuentre en el mercado un control electrónico para variar la velocidad del motor y evitarse el movimiento de aspas y que los volúmenes del flujo de aire sean variadas de acuerdo a las exigencias de la mina por medio de este control.

2 para una galería entibada por madera, 0.5 para una galería ormigoneada, 1.3 para una galería con cuadros.

Se ve que se puede actuar sobre la ventilación por la modificación del sostenimiento de una galería, puesto que k depende del revestimiento.

Resistencia R

Se define la resistencia R de un elemento de circuito por $H = R\ Q^2$

Resistividad ρ

Es la relación entre la resistencia y la longitud del circuito.

$\rho = R/l = k\ p/S^3$ en kilomurgues

Orificio equivalente w

El orificio equivalente w de una mina (o abertura) es la sección de un orificio en pared delgada que dejaría pasar bajo la depresión H de la mina el mismo caudal Q.
La velocidad del aire en un orificio en pared delgada, de sección **w** ver la fig.(8.1) dado por la formula.

$V = \sqrt{2gh}$

Donde

.h es la depresión del aire en metros de aire

V la velocidad en m/seg.

Pero un metro de aire equivale aproximadamente a 1.2 mm de agua

por lo que se puede reemplazar h por H/1,2

donde

H esta en mm de agua

Y $V = \sqrt{2gH/1.2}$ que al ser introducida en la formula del flujo

$Q = A\ V$

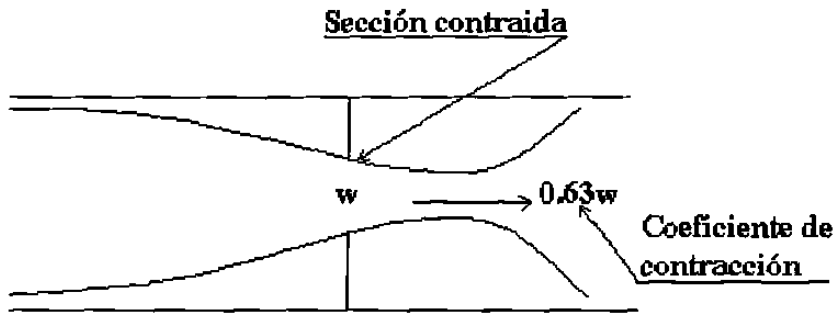


Fig.8.1Orificio en pared delgada

$Q = 0.63\ w\ \sqrt{2gH}/1.2 = 2.63\ w\ \sqrt{H}$ y despejando el orificio equivalente w tenemos

$W = 0.138\ Q/\sqrt{H}$

Donde

Q esta en m^3/seg.

H esta en mm de agua

Valores prácticos de la abertura de una mina

Anteriormente se aceptaba un orificio equivalente de $1m^2$; ahora es con frecuencia de 4 a 6 m^2 en los sitios de gran concentración y gran capacidad.

Curva característica de una mina

De la formula del orificio equivalente la depresión $H = (0.38)^2\ Q^2/w^2 = 0.145\ [Q/w]^2$considerando algunos valores del orificio equivalentes de 1,2,3,4,5 m^2 y un flujo variable desde 0, un máximo tendremos las curvas que se grafican a continuación.

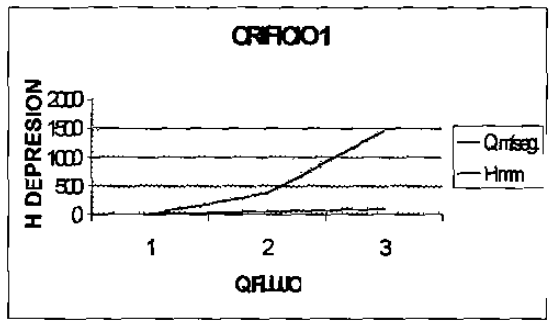
w=1m^2		
Q	[Q/w]^2	H
m^3/seg.		mm
0	0	0
50	250	362
100	10000	1450

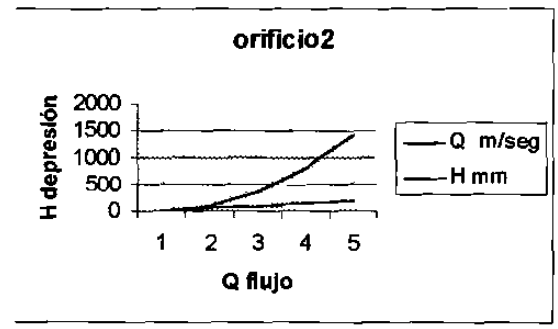
w=2m^2		
Q	[Q/w]^2	H
m^3/seg.		mm
0	0	0
50	625	90.62
100	2500	362
150	5625	815.62
200	10000	1450

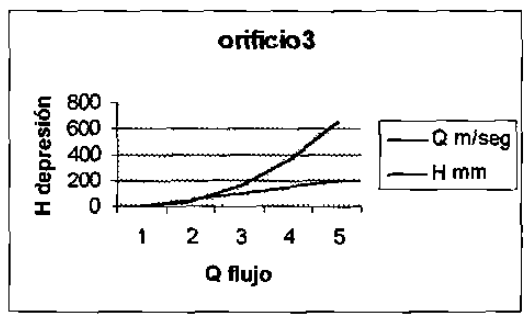
w=3m^2		
Q	[Q/w]^2	H
m^3/seg.		mm
0	0	0
50	277.77	40.27
100	111.11	161
150	2500	362
200	4444.44	644

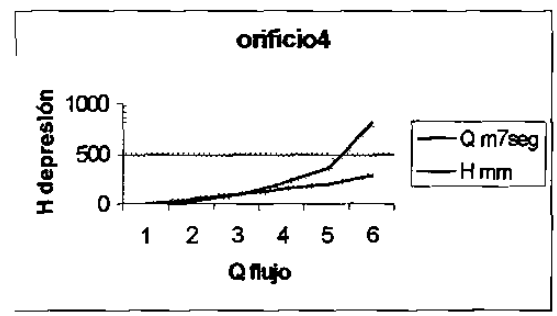
w=4m^2		
Q	[Q/w]^2	H
m^3 /seg		mm
0	0	0
50	156.25	22.65
100	625	90.62
150	1406.25	203.9
200	2500	362
300	5625	815.62

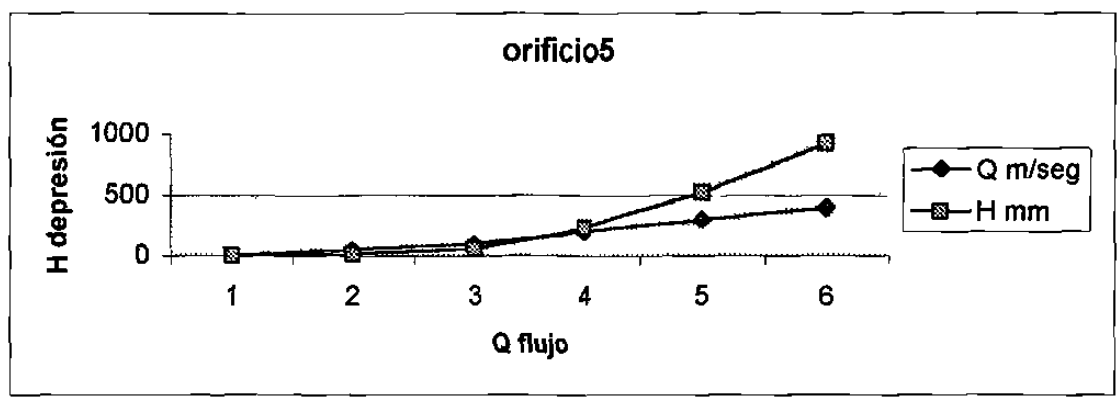
w=5m^2		
Q	[Q/w]^2	H
m^3/seg.		mm
0	0	0
50	100	14.5
100	400	58
200	1600	232
300	3600	522
400	6400	928


ORIFICIO1
H DEPRESION
2000
1500
1000
500
0
1
2
3
QFLUJO
Qm/seg
Hmm


orificio2
H depresión
2000
1500
1000
500
0
1
2
3
4
5
Q flujo
Q m/seg
H mm


orificio3
H depresión
800
600
400
200
0
1
2
3
4
5
Q flujo
Q m/seg
H mm


orificio4
H depresión
1000
500
0
1
2
3
4
5
6
Q flujo
Q m7seg
H mm


orificio5
H depresión
1000
500
0
1
2
3
4
5
6
Q flujo
Q m/seg
H mm

Energía necesaria para el movimiento del aire

Viene Dado por la formula

W = Q H/ 75 (CV)

W = Q H / 74 (HP)

	H					W				
	w					Cv				
Q	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
M^3/seg	$.m^2$	$.m^2$	$.m^2$	$.m^2$	$.m^2$	$.m^2$	$.m^2$	$.m^2$	$.m^2$	$.m^2$
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50	362	90.62	40.27	22.65	14.5	241	60.4	26.8	15	9.66
100	1450	362	161	90.62	58	1933	482.6	214.6	120.8	77.33
150		815.62	362	303.9			1631.2	724	407	
200		1450	644	362	232		3866.7	1706.6	965.3	618.66
250										
300				815.62	522				3262.4	2088
350										
400					928					4949.3

De acuerdo con los indicadores de esta tabla observamos que para un orificio equivalente mayor la depresión disminuye, disminuyendo también la energía para mover el aire.

La disminución de la depresión si analizamos la formula $H = k\ p\ l\ Q^2 / S^2$ puesto que el flujo es el que se requiere para el funcionamiento no podemos hacer mucho en el pero al observar que si aumentamos el denominador S^2 , o si se disminuye la longitud de la galería la depresión disminuye. Los efectos son mas fuertes en la sección ya que esta elevada al cuadrado. por tal motivo se recomienda la revisión de la sección de las galerías para llevar a cabo una amplitud de ellas y así obtener una ventilación mas adecuada y un beneficio en la energía contribuyendo en un incremento de la productividad

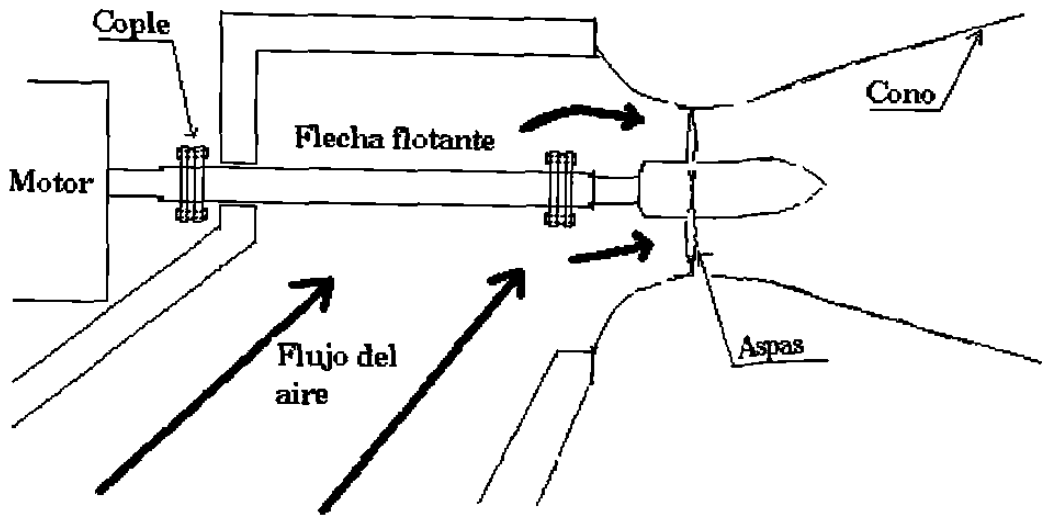


Fig. Abanico principal

8.3 Compresores

La compresión se realiza con el fin de transmitir potencia en el caso de estudio, pero Hay diversos propósitos, entre los cuales estén los siguientes:

1. Alimentación a un proceso de combustión.
2. Transporte y distribución de gas
3. Hacer circular un gas a través de un proceso o sistema, Etc.

Método de compresión

Se utilizan cuatro métodos para comprimir un gas. Dos son de flujo intermitente, y los otros dos de flujo continuo.

Desplazamiento positivo (Flujo intermitente)

Atrapar cantidades consecutivas de gas en una cámara, reducir el volumen (incrementando así la presión) y empujar luego el gas comprimido fuera de la cámara.

Atrapar cantidades consecutivas de gas en un espacio cerrado, trasladarlo sin cambio de volumen a la descarga de un sistema de alta presión y, comprimir el gas por contraflujo del sistema de descarga: finalmente , empujar el gas comprimido fuera de la cámara.

Tipos de compresores

Compresores resiprocantes.- son maquinas en las cuales el elemento que comprime y desplaza el gas es un pistón que efectúa un movimiento resiprocante dentro de un cilindro.

Compresores rotativos de desplazamiento positivo.- son maquinas en las cuales la compresión y el desplazamiento son efectuados por la acción de desplazamiento de elementos que están en rotación.

Compresores de paletas deslizantes.- son maquinas rotativas en las cuales paletas axiales se deslizan radialmente en un rotor excéntrico montado en una carcasa cilíndrica. El gas atrapado entre las paletas es comprimido y desplazado.

Compresores de pistón liquido.- son maquinas rotativas en las cuales agua u otro liquido hace las veces de pistón para comprimir o desplazar el gas que se maneja.

Compresores de lóbulo recto.- son maquinas en las cuales dos impulsores rotativos de lóbulos rectos encajados atrapan el gas y lo trasladan desde la admisión hasta la descarga. En estos no hay compresión interna: el aumento de presión se debe al contraflujo.

Compresores de tornillo o de lóbulos helicoidales.- son maquinas en los cuales dos rotores de forma helicoidal encajados entre si, comprimen y desplazan el gas.

Flujo continuo

Compresores dinámicos.- son maquinas rotativas en las cuales un impulsor en rápida rotación acelera el gas que pasa a través de este; la cabeza de velocidad es convertida en presión . parcialmente en el elemento rotativo y parcialmente en los difusores estacionarios o paletas.

Compresores centrífugos.- son maquinas en las cuales uno o mas impulsores aceleran el gas: la energía cinética adquirida se transforma en presión en un difusor corriente abajo. El flujo es radial.

Compresores axiales.- son maquinas en las cuales el gas se acelera y desacelera por la acción conjunta de paletas móviles montadas sobre un rotor y paletas fijas montadas sobre un estator; este cambio continuo de momentum genera un aumento en la presión . El flujo principal es axial.

Compresores de flujo mixto.- son maquinas con un impulsor que combina características de los tipos centrífugos y axial.

Eyectores.- son aparatos que se valen de un chorro de gas o vapor a alta velocidad para arrastrar hacia su interior al gas que se quiere comprimir: un difusor localizado corriente abajo convierte la velocidad de la mezcla en presión.

Para nuestro estudio hablaremos de los compresores resiprocantes y de los que en la actualidad tienen mucho auge los de tornillo.

Un compresor resiprocante esta compuesto básicamente por un cilindro dentro del cual el gas es comprimido por un pistón que efectúa un movimiento resiprocante en dirección axial. El aumento de presión se consigue mediante una reducción del volumen.

La admisión y la descarga del gas se hacen a través de válvulas automáticas. Las cuales se abren únicamente cuando existe una presión diferencial adecuada a través de la válvula. Las válvulas de admisión se abren cuando la presión en el cilindro es ligeramente menor que la presión de admisión. Las válvulas de descarga se abren cuando la presión en el cilindro esta un poco por encima de la presión de descarga.

Compresor de tornillo rotatorio

Esta maquina es una unidad rotativa de desplazamiento positivo con dos rotores helicoidales (o tornillos rotatorios) que comprimen el gas en las cámaras que se forman entre las caras de los lóbulos helicoidales encajados en la carcasa.

El diagrama de presión volumen (PV) es similar al del compresor resiprocante para el caso en el cual la relación de compresión es igual a la de diseño.

8.4 Bombas

Se trata de maquinas que transforman el trabajo mecánico recibido y lo transmiten al liquido que las atraviesa en forma de energía de posición, de presión o cinética. En el primer caso, el liquido es elevado de un nivel a otro; en el segundo caso, el liquido que sale de la bomba tiene una presión mayor que el de entrada, y en el tercero, el liquido adquiere mayor velocidad, en general transformada, después, en energía de presión.

Las bombas se distinguen normalmente en alternativas y rotativas. Las bombas alternativas se caracterizan por el hecho de que el órgano que transmite la enemiga al liquido se desplaza con un movimiento reciprocante, en tanto que en las bombas rotativas gira alrededor de un eje.

En nuestro caso veremos nada mas las centrifugas. Las cuales están constituidas por tres partes principales: uno móvil y los otros dos fijos. El primero, se denomina rotor, tiene la función de transmitir al liquido determinada energía en forma cinética. De las partes fijas, uno esta en disposición de aspiración y el otro en envío. La misión del primero es dirigir el gasto hacia la entrada del rotor, obligándolo a adquirir la velocidad oportuna para que las perdidas de energía sean mínimas. El segundo, denominado difusor, tiene la misión de transformar la energía cinética del liquido que sale del rotor en energía de presión .

El rotor recibe el gasto axialmente en su parte central y le imprime un movimiento de giro, el cual origina una fuerza centrifuga que modifica el recorrido de la corriente axial en radial. A la salida del rotor la corriente es enviada por el sistema de paletas del difusor, perfilado de manera que presente un área de paso gradualmente creciente para moderar la corriente con las mínimas perdidas, efectuando la transformación de energía cinética en energía de presión. En la salida del difusor la corriente recorre la espiral de envío .

Ecuación fundamental de la bomba.

$$\eta i = N / W$$

En donde

ηi => Es la energía cedida en el rotor por la unidad del peso del liquido en unidades de tiempo en Kg-m /Kg Seg.

W => Masa del liquido en Kg.

El numero característico de revoluciones de la bomba. Es el numero de revoluciones de la bomba que, al absorber la potencia de 1 KW, suministra a la corriente una altura de 1 metro.

Las bombas pueden ser también clasificadas en funciona de su numero característico de revoluciones.

$$\eta c = (n)(\sqrt{N})/(H)(\sqrt[4]{H})$$

Donde

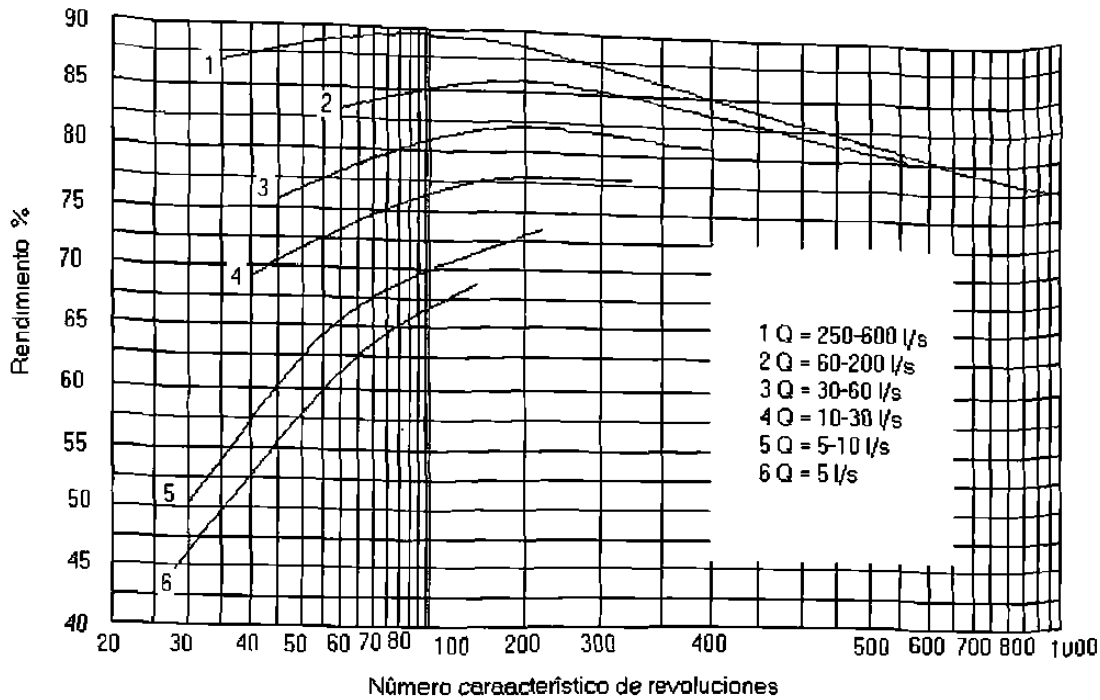
ηc => Numero característico de revoluciones

n => Numero de revoluciones

N => Potencia en KW

H => Salto en metros

Desde el punto de vista del empleo de las bombas son especialmente útiles las denominadas curvas características, es decir, las curvas que representan la evolución de la altura, del rendimiento y de la potencia absorbida por una bomba al variar el gasto, con un numero de revoluciones constante.



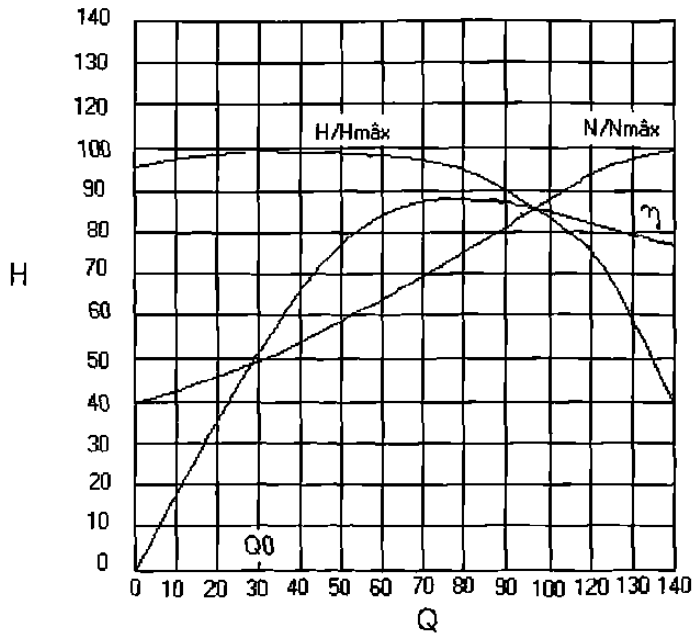


Fig.8 3 Curva característica de una bomba en función del gasto volumêtrico de envô

La curva de rendimiento parte de cero., cuando el gasto es nulo, alcanza un máximo para un gasto algo inferior al del proyecto y desciende para valores superiores del gasto. La curva de la potencia absorbida es siempre creciente y corta al eje H en un punto distinto del origen, ya que cuando el gasto es nulo la bomba absorbe cierta potencia para vencer los rozamientos mecánicos.

Mas importante que este curva es la llamada curva característica altura- gasto, que tiene un desarrollo aproximado al parabólico y presenta un máximo para determinado valor del gasto Qo mayor que cero.

En la practica las bombas centrifugas tienen siempre un máximo débil, poco distante del eje de las H.

Conocida la característica H(Q) de la bomba, el punto de funcionamiento de la maquina se define por las coordenadas en las que aquella se cruza con la correspondiente característica del complejo como lo muestra la fig.8.4. esta se puede calcular sumando a la diferencia de niveles la perdida de carga provocada por las perdidas por rozamiento en las tuberías.

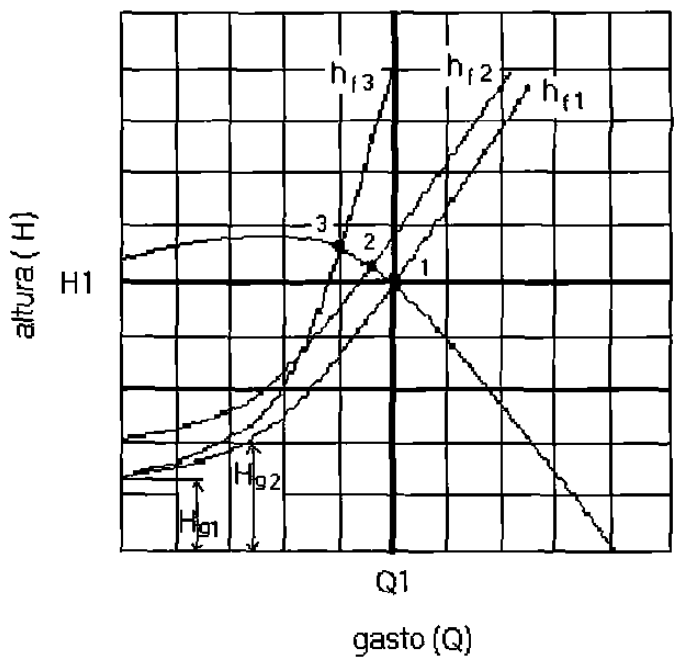


Fig.8.4 obtenciôn del punto de funcionamiento de una bomba

El punto 1 representa las condiciones de funcionamiento normales. Por ejemplo, si la descarga pasase del punto 1 al punto 2, la altura de elevación de la bomba aumentaría de H1 a H2 puesto que la característica del complejo se habría elevado en la cantidad Hg2-Hg1. Las nuevas condiciones de funcionamiento estarían entonces representadas por el punto 2 que corresponderá a un gasto Q2 menor que Q1. Análogamente, si se aumentara la resistencia hidráulica en el sistema de tubos, accionados, por ejemplo, una válvula, la altura de elevación de la bomba también aumentaría, en tanto que disminuiría el gasto al haber aumentado la pendiente de la característica del complejo en estudio.

Otro método de regular el gasto es modificando la velocidad de giro de la maquina lo cual equivale a modificar las características de la bomba, que habrá variado respecto a la curva de origen. En la fig.8.5 se observa este efecto, utilizando estas relaciones se pasa de la curva característica a velocidad n1 a la curva correspondiente a la velocidad n2; el gasto varia en forma proporcional al numero de revoluciones, en tanto que la altura de elevación varia con el cuadrado de n.

Las relaciones para encontrar otro punto de operación son .

$$H2 = H1\ (n1/n2)^2$$

$$Q2 = Q1(n1/n2)$$

En las bombas es útil conocer las curvas de igual rendimiento en la fig.8.5 se observan los diagramas indispensable en la elección del tipo de bomba mejor para instalar.

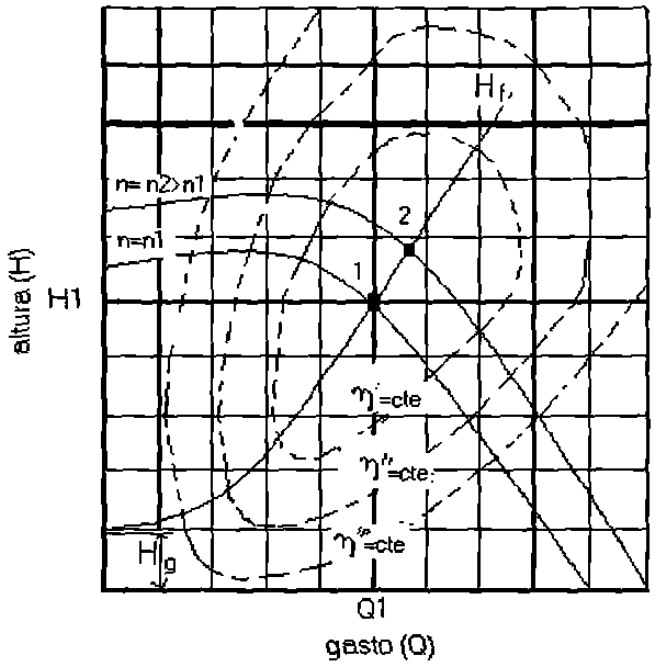


Fig.8.5 Efecto de variaciôn del nûmero de revoluciones de una bomba sobre sus caracteristicas.

Es posible tener doble etapa haciendo un arreglo de dos unidades de compresión en serie. Ocasionalmente las dos etapas están en la misma carcasa comunicadas por conductos internos.

En la mina se encuentran instalados dos compresores resiprocantes un JOY, y un SULLIVAN de 75 HP c/u. Los cuales funcionan un promedio de 22 Hr. por día.

8.5 Telesillas

El equipo de telesillas se utiliza para bajar y subir al personal en turno. Se encuentra instalado en el exterior por el lado del cañón arrastre . funciona a base de un cable sin fin que va desde el exterior hasta la plancha que son las partes donde se encuentran las poleas de tracción y de retorno ; su unidad de potencia cuenta con una unidad Hidráulica SHARF GMBH Que en funcionamiento proporciona una presión de 230 Bar , cuenta con un motor de 120 HP, 440 Volts, 1750 RPM

8.7 Malacate

Este se encuentra constituido por un cilindro de acero en el cual se enrolla el cable de acero que sirve para subir y bajar materiales a la mina, se encuentra ensamblado con una flecha y soportado por unas chumaceras. El mecanismo de tracción lo componen un reductor y un motor de 400 HP ,440 volts. tiene un sistema de frenado por sistema Hidráulico el cual usa dos bombas de 2 HP. Integrado a su control tiene interruptores para alta velocidad y para limitar el desplazamiento del cable hacia arriba.

Capitulo 9

MEDICION Y MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD

9.1. Estrategia

Para mejorar la productividad, es necesario medir el estado de la productividad actual con el fin de tener una base a partir de la cual se puede medir el cambio.

El interés por este cambio es estimular a la empresa, a que revise sus procesos y métodos de producción u operación en la búsqueda de una mayor eficiencia mediante la aplicación de técnicas y equipos mas avanzados, así como la utilización de modernos sistemas operativos y organizacionales, encaminados a reducir el consumo y demanda de la energía eléctrica, para que el país conserve sus recursos energéticos y participe sin desventaja en el ámbito internacional.

En el departamento de mantenimiento eléctrico es necesario que se lleve a cabo un proceso administrativo que conduzca a un buen control de la energía. Para tal efecto es necesario contar con el deseo de mejorar las condiciones ya existentes en lo que respecta al control de la energía considerando las restricciones o limitaciones que se impongan, así como decidir los métodos y procedimientos para llevarlos a cabo. Ya que es necesario reducir al mínimo los despilfarros y la ineficiencia, por lo que es indispensable buscar con mas decisión, técnicas que permitan aumentar la producción con mejoras en los incrementos de energía lo cual incide evidentemente en la productividad.

Lo puramente técnico no basta; hace falta generar las practicas operacionales, actitudes motivación y conocimiento del personal que hagan posible sostener permanentemente los bajos consumos energéticos asociados.

También se pueden obtener ahorros sustanciales a través del rediseño de equipo, mejoras parciales en los mismos y sobre todo a través de cambios en las actitudes y disposición del personal mediante la capacitación, motivación y el establecimiento de mejores practicas operacionales.

El enfoque debe de estar dirigido hacia la eficiencia y productividad en el uso de la energía, mas que en un ahorro indiscriminado, hacia el ahorro económico no solo mejorando el balance energético, sino con miras de mejorar los resultados en el futuro próximo y ser mas competitivos en las economías actuales.

Para llevar a cabo la organización del equipo en esta tarea, es necesario asignar la persona o personas con las habilidades, responsabilidades, a las condiciones de trabajo que somete ocupar dicha tarea.

La empresa deberá de dar un reconocimiento como motivación al ir obteniendo resultados de esta índole. Además debe de proporcionar los medios adecuados para recibir y transmitir información en forma adecuada y necesaria para el control, donde se llevara a cabo la medición, comparación, análisis, y correcciones necesarias de cada parámetro a corregir y controlar.

9.2. Definiciones básicas

Productividad

Es el cociente de dividir las toneladas obtenidas para ser usadas fuera de la mina , entre la energía utilizada para su obtención, dividido este cociente entre otro similar que corresponde al periodo base. Es por lo tanto un índice; no tiene dimensión. El índice de productividad lo podemos escribir como:

1) PATM / RUTM
2) PATB / RUTB
3) PATM/ PATB
4) RUTM/RUTB

Indice de productividad actual = [PATM/ RUTM][100]/[PATB/ RUTB] (X)
Indice de productividad base = [PATM/PATB][100]/[RUTM/RUTB] (Y)

Donde:

PATM = producción agregada, del periodo que se mide
RUTM = recursos utilizados, en el periodo que se mide
PATB = producción agregada, del periodo base
RUTB = recursos utilizados, en el periodo base.

Con la formulación (X), las razones 1) y 2) se calculan partiendo de periodos de distinta duración, sin alterar el significado del calculo de la productividad ni de las razones subordinadas. Con la formulación (Y), todos los datos deben provenir de periodos de igual duración para que las razones subordinadas tengan significados.

9.3 Optimización de la productividad

Definición.

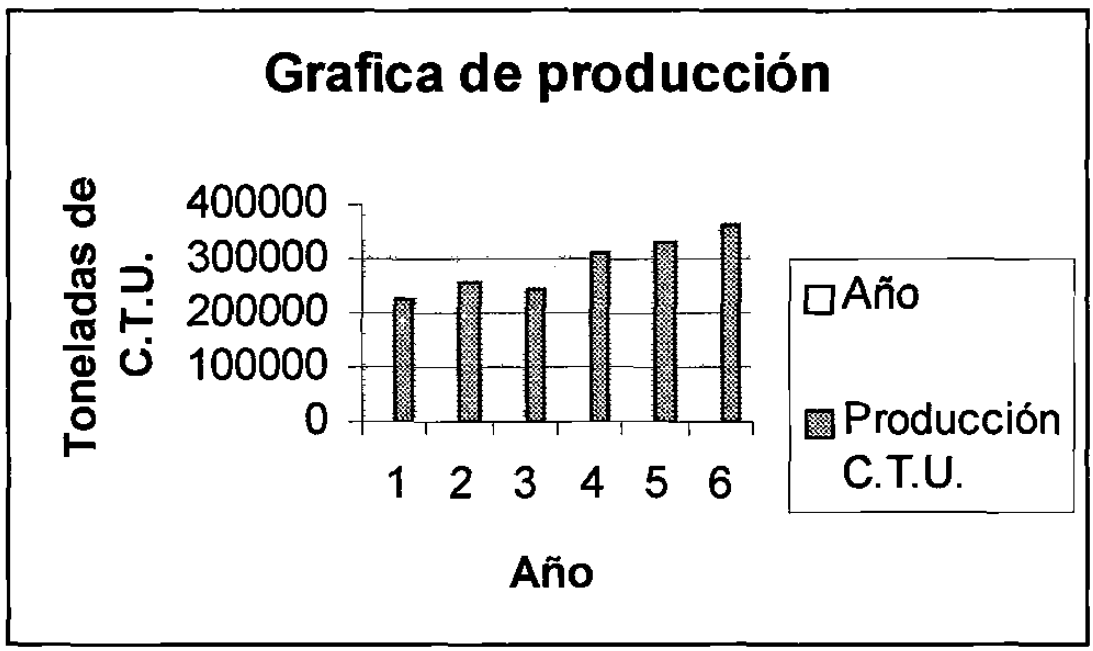
Optimizar.- Es lograr un mínimo o un máximo con respecto a un determinado criterio entre uno o varias personas. Al existir estos criterios, Hay que establecer alguna manera de ponderar el valor relativo de cada criterio. Al elegir un índice de productividad puede ser este la base de la optimización.

Puesto que nuestro análisis se evoca a la clase de " medición de la productividad de la energía" el recurso que se considera es la cantidad de energía consumida en KW.

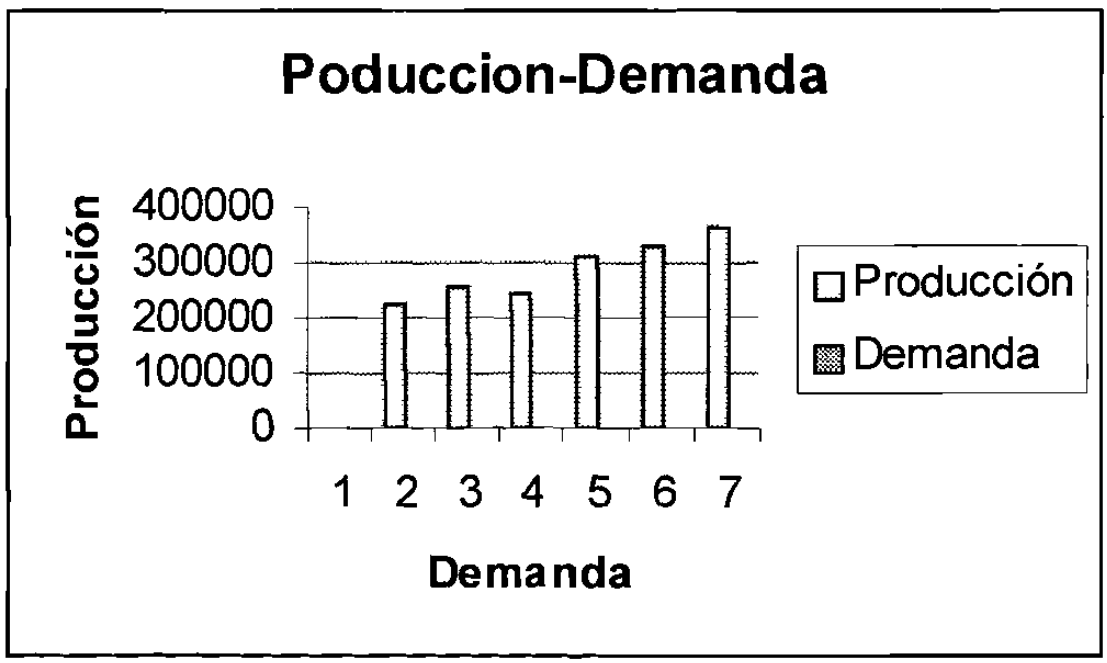
FUENTE DE INFORMACIÓN PARA ESTABLECER LA MEDIDA DE PRODUCTIVIDAD

Año	Producción C.T.U.	Demanda	Consumo KW-H	Precio por KW-H
1993	225979	1046	5,212,633	0.22
1994	253584	1144	5,757,072	0.22
1995	243438	1235	6,004,239	0.27
1996	315139	1396	6,598,552	0.32
1997	330915	1355	6,496,405	0.41
1998	360000	1391	6,496,405	0.43

Año	Producción C.T.U.
1993	225979
1994	253584
1995	243438
1996	315139
1997	330915
1998	360000



Producción C.T.U.	Demanda
225979	1046
253584	1144
243438	1235
315139	1396
330915	1355
360000	1391



Si consideramos el año 1993 como base tendremos el índice de la energía consumida de cada año. Para el año 1993, tenemos: [PATM / RUTM]/[PATB / RUTB]
[225979/5212633]/[225979/5212633 = 4.34/ 4.34 = 1

Para el año 1994 tenemos : PATM / RUTM = 253584/5757972 = 4.40
[PATM / RUTM]/[PATB / RUTB] = 4.40/4.34 = 1.0138
para el año 1995, tenemos: PATM / RUTM =243438/6004239 =4.05
[PATM/ PATB]/[PATB / RUTB] = 4.05/4.34 = 0.9332

Para el año 1996, tenemos : PATM / RUTM = 315139/6598552 = 4.78
[PATM / RUTM]/[PATB / RUTB] = 4.78/4.34 = 1.1014
Para el año 1997, tenemos: PATM / RUTM =330915/6496405 = 5.09
[PATM / RUTM]/[PATB / RUTB] =5.09/4.34 =1.17

Para el año 1998, tenemos : PATM / RUTM = 360000/6496405 = 5
[PATM / RUTM]/[PATB / RUTB] = 5/4.34 = 1.27

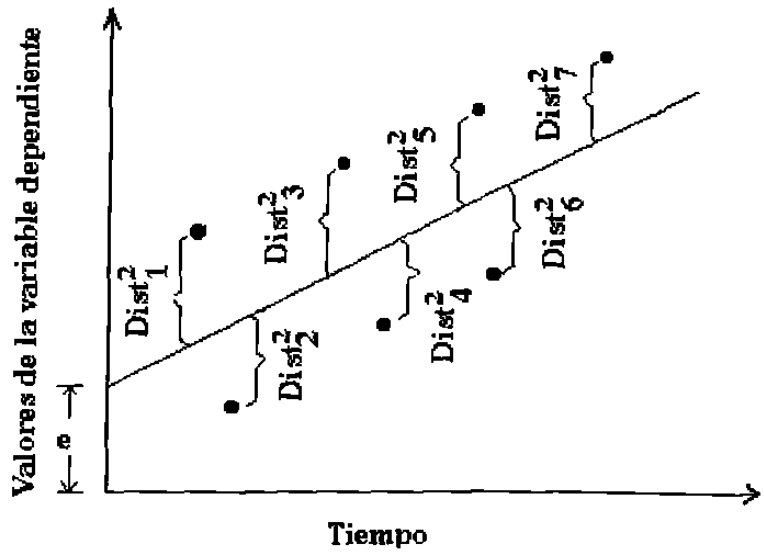
Pronóstico de producción para el año 1999 y 2000 aplicando la proyección con tendencia lineal y el "método de mínimos cuadrados"

Una línea de mínimos cuadrados se describe en términos de su intersección – y (la altura a la que intercepta el eje-y) y su pendiente (el ángulo de la línea). Si se puede calcular la pendiente e intersección – Y , es posible expresar la línea en la siguiente ecuación:

$.Y^q = e + b\,x$

Donde

$.Y^q$ = variable dependiente (Valor calculado de la variable a predecir)
e = intersección con el eje – Y,



b = pendiente de la línea de regresión (o rango de cambio en "Y" para cambios dados de "X")

X = la variable independiente (que en este caso es el tiempo)

Ecuación para encontrar la pendiente de acuerdo a los estadistas:

$$.b = [\sum X Y - n \overline{X}\ \overline{Y}\ ] / [\sum X^2 - n\ \overline{X}^{\,2}]$$

Donde

.b = pendiente de la línea de regresión

$\sum$ = signo de sumatoria

X = valores de la variable independientes

Y = valores de la variable dependientes

$\overline{X}$ = promedio de los valores de las X

$\overline{Y}$ = promedio de los valores de las y

.n = numero de puntos de datos, eventos u observaciones

Se puede calcular la intersección de " e" con Y como sigue

$$.e = \overline{Y} - b\,\overline{X}$$

Datos históricos

Año	Producción C.T.U.
1993	225979
1994	253584
1995	243438
1996	315139
1997	330915
1998	360000

Año	Periodo X^2	Producción C.T.U.(Y)	X^2	X Y
1993	1	225979	1	225979
1994	2	253584	4	507168
1995	3	243438	9	730315
1996	4	315139	16	1260556
1997	5	330915	25	1654575
1998	6	360000	36	2160000
	$\sum X^2$ = 21	$\sum Y$ =1729055	$\sum X^2$ =91	$\sum X Y$ =6538593

$\bar{X} = \sum X / n = 21 / 6 = 3.5$, $\bar{Y} = \sum Y / n = 1729055 / 6 = 288175.83$

$.b = [\sum X Y - n \bar{X} \bar{Y}] / [\sum X^2 - n \bar{X}^2]$

$.b = 6538593 - (6)(3.5)(288175.83) / 91 - (6)(3.5)^2 = 486900.57 / 17.5$
$=27822.89$

$.e = \bar{Y} - b \bar{X}$

$.e = 288175.83 - (27822.89)(3.5)$

$.e = 190795.71$

Donde al sustituir valores en :

$.Y^q = e + b x$

$.Y^q = 190795.71 + 27822.89 X$

por lo tanto para el año de 1999 tendremos un pronostico de producción de:

$.Y^q = 190795.71 + 27822.89 (7)$

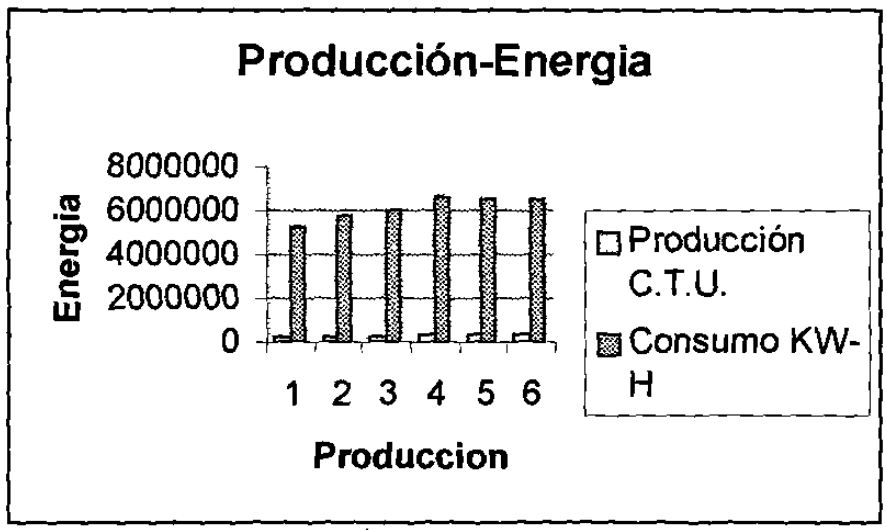
$.Y^q = 385555.946$

Para el año 2000 tendremos

$.Y^q = 190795.71 + 27822.89 (8)$

$.Y^q = 413378.83$

Año	Producción C.T.U.	Consumo KW-H
1993	225979	5,212,633
1994	253584	5,757,072
1995	243438	6,004,239
1996	315139	6,598,552
1997	330915	6,496,405
1998	360000	6,496,405



En 1988 se considero el mismo consumo de energía que en 1997 ya que en este año se llego a la máxima resistencia de la galería por llegar a los limites de explotación al sur y el orificio equivalente ha incrementado su sección disminuyendo la depresión y la energía :El excedente se debe al consumo debido a la instalación de la planta lavadora.

Considerando un aumento de la productividad de 10% en la energía tendremos un consumo de [6496405-(64964059 (0.10)] = 5846765 con lo que repercutirá en el índice para el año 1999. PATM / RUTM = 385556/5846765 = 6.6
[PATM / RUTM]/[PATB / RUTB] = 6.6/4.34 = 1.51

Considerando un aumento de la productividad de 10% en la energía tendremos un consumo [5846765- (5846765) (0.10)] = 5262088 con lo que repercutirá en el índice, para el año 2000. PATM / RUTM = 413378/5262088 = 7.8
[PATM / RUTM]/[PATB / RUTB] = 7.8/4.34 = 1.81

Correlacionando el costo por KW-H de 1993 a 1998 para pronosticar el costo de la energía del año1999 y 2000

Año	Periodo X	Consumo KW-H	X^2	X Y
1993	1	5,212,633	1	0.22
1994	2	5,757,072	4	0.44
1995	3	6,004,239	9	0.81
1996	4	6,598,552	16	1.28
1997	5	6,496,405	25	2
1998	6	6,496,405	35	2.58
	$\sum X = 21$	$\sum Y = 1.87$	$\sum X^2 = 91$	$\sum X Y = 7.33$

$\bar{X} = \sum X / n = 21 / 6 = 3.5$ $\bar{Y} = \sum Y / n = 1.87 / 6 = 0.3116$

$.b = [\sum X Y - n \bar{X} \bar{Y}] / [\sum X^2 - n \bar{X}^2]$

$.b = [7.33 - (6)(3.5)(0.3116)] / (91 - (6)(3.5)^2 = 0.785 / 17.5 = 0..44$

$$.e = \overline{Y} - b\overline{X}$$

$$.e = 0.3116 - (0.044)(3.5)$$

$$.e = 0.1576$$

Sustituyendo en.

$$.\ Y^q = e + b\,x$$

$$Y^q = 0.1576 + (0.044)\,X$$

Para el año de 1999 tendremos

$$Y^q = 0.1576 + (0.044)(7) = 0.465$$

Para el año 2000.

$$Y^q = 0.1576 + (0.044)(8) = 0.50$$

Cuando se estudia una parte de la empresa, la suboptimizaciôn es peligrosa y se debe de evitar, por tal motivo debemos considerar algunas limitaciones como son, el porcentaje de servicio que se debe de proporcionar, la oportunidad y la calidad de los servicios.

Objetivo de la empresa

Satisfacer el compromiso adquirido con su propia planta lavadora , con C.F.E. , y con la sociedad

Listado para alcanzar los objetivos

1.- Estadística de las lectura del consumo eléctrico mensual o anual en KWH

2.- Estadística de demanda máxima promedio mensual registrada en KW.

3.- Estadística del Factor de potencia

4.- Estadística de producción mensual y anual (Ton/mes , Ton/año)

5.- Estadística del Indice energético en KW/Ton.

6.- Analizar en detalle para conocer donde y como se esta utilizando la energía eléctrica y así localizar las áreas en donde existe desperdicio y por lo tanto áreas potenciales de ahorro.

7.- capacitar interna o externamente al personal en el área de ahorro de energia eléctrica.

8.-Analizar los parámetros que se utilizan para inspeccionar y cuantificar los resultados de las medidas de ahorro y la metodología utilizada.

9.- Analizar la tecnología nueva que se puede adaptar para reducir el consumo y demanda de energía.

10.- Examinar los indicadores numéricos utilizados para determinar la efectividad de las medidas de ahorro de energia.

11.- Con que equipo de medición se cuenta, así como sus características, precisión, frecuencia de calibración.

12.- Establecer un sistema integral de medición permanente de los consumos y demandas de energía eléctrica.

13.- Adoptar nuevos diseños de instalaciones que permitan optimizar el uso de la energía.

14.- sustituir equipos y aparatos ineficientes por otros de mayor eficiencia.

15.- Administrar la demanda de energía eléctrica.

16.- Contar con formatos de información para el seguimiento y control de las medidas de ahorro de energia eléctrica.

Norma referente al año base

Consumo normal de la Energía

Utilización del equipo

Requisito del índice de productividad

Método para determinar el consumo de Energía con base cero partiendo de los pronósticos de producción.

Correlación

Formas para determinar los índices de productividad a intervalos seleccionados

Interpretación de gráficas para comparar pronósticos con lo real a intervalos seleccionados

Interpretación de tablas con datos referente al consumo de la Energía y los índices de productividad

Año	Producción CTU	Consumo KW-H	Precio por KW-H	Productividad De la energía	Costo de Energía por Ton. extraida	Kw-h/ton.
1993	225979	5,212,633	0.22	0.043	5.074	23.06
1994	253584	5757072	0.22	0.044	4.994	22.70
1995	243438	6004239	0.27	0.041	6.658	24.66
1996	315139	6598552	0.32	0.048	6.697	20.93
1997	330915	6496405	0.41	0.051	8.048	19.63
1998	320860	6496405	0.43	0.050	9.56	22.23
1999	385556	5846765	0.46	0.066	6.97	15.15
2000	413379	5262088	0.50	0.078	6.36	12.72

9.4 Análisis de la unidad de trabajo

La unidad de trabajo. Es una Cantidad de trabajo, o el resultado de una cantidad de trabajo, considerada convenientemente como un entero cuando se examina el trabajo desde un punto de vista cuantitativo.

Convenientemente = Base útil para

1.- Aplicar otras técnicas de la Ingeniería industrial.

2.- Apoyar esencialmente los aspectos de los presupuestos relacionados con el personal.

3.- Establecer el costo de la tonelada por unidad de Energía.

4.- Planear y asignar el trabajo.

5.- Revisar continuamente los pronósticos de cargas de trabajo y utilización actual equipos, personal y otros auxiliares.

6.- comparar constantemente los resultados con los planes.

7.- medir la productividad de la Energía.

Estructura de la unidad de trabajo

Tipo de servicio. Auxiliar de la producción

Area de la misión

Mantenimiento

Finalidad(resultados que se buscan)
Pretensión (naturaleza de los resultados)

Aumento de la productividad total, incrementando la productividad de la Energía.

Dimensiones (como se cuantifican los resultados)

Porcentaje de la Energía consumida con respecto a un periodo base.
Disminución de los costos de la Energía por tonelada extraída.

Metas

Incremento en un 10% de la productividad de la Energía en el año 2000

Limitaciones

No alterar la producción programada

Libertades

Asignación del personal mas idóneo
Poder subcontratar cursos de capacitación

LISTADO DE EQUIPO EXISTENTE CON SU CAPACIDAD

Cantidad	Descripción del equipo	Capacidad en HP	
2	Minero continuo Joy 12CM 10	535	
	Minero continuo Joy 12CM 17	605	
2	Banda transportadora del inclinado	230	
1	Banda transportadora N^0 2 de plancha a cañón 27	125	
1	Banda transportadora N^0 3 del crucero 27 al crucero 40	125	
1	Banda transportadora N^0 4 del crucero 40 al crucero 69	125	
1	Banda transportadora N^0 5 segunda sección cañón banda al crucero 82	125	
1	Banda transportadora N^0 6 cañón 8 oriente	125	
1	Banda transportadora N^0 8 cañón 6	125	
1	Banda transportadora N^0 7 cañón 9 oriente	125	
1	Banda transportadora N^0 8 cono apilador	30	
1	Banda transportadora N^0 1 cargado de camiones	40	
1	Quebrador	30	
1	Malacate	400	
1	Compresor Joy	75	
1	Compresor	75	
1	Telesillas	120	
1	Ventilador principal	750	
3	Ventilador auxiliar	25	

Cantidad	Descripción de equipo	Capacidad en HP	
6	Carros mineros Joy		
1	bomba	15	
2	conveyor	75	
1	tracción	15	
	total	(6) (180)= 1080	

PONDERACIÓN DE LA ENERGÍA DEL AÑO 1997 Y 1998

(HP) (KW/HP) (Eficiencia o peso) (Hr de trabajo por día) (promedio de días trabajados al año) = energía anual/equipo

Ventilador principal

(825) (0.746) (0.50) (24) (365) = 2695671.0KW-Hr

Bandas y Quebrador

(1365) (0.746) (0.40) (12) (313) = 1529878.9 KW-Hr

Minero continuo y Carros transportadores

(1140)(0.746) (0.30)(12) (313) = 958275.8 KW-Hr

Compresor y bombas

(250) (0.746) (0.48) (22) (365) = 718845.6 KW-Hr

Malacate y telesillas

(520) (0.746) (0.33) (8) (313) = 320546.0 KW-Hr

Otros

(100) (0.74 6) (0.5) (20) (365) = 273188.5 KW-Hr

Total ----------

6496405 KW-Hr

CONCLUCIONES Y RECOMENDACIONES

Productividad "el producto dividido por el insumo" (TON/KWH) el objetivo
es su mejoramiento y compararla con los resultados propios, o con otras empresas
Abatir costos es el resultado de la aplicación de métodos, estándares de tiempo equitativo y una motivación laboral con modernos sistemas de retribución. El incremento de la productividad se logra con estos factores dentro de una empresa, ya sea manufacturera, industrial, o de servicio.

El análisis del factor divisor que en este caso es la **energía** en cada uno de los equipos que integran el proceso nos da como resultado un incremento de la productividad.

La introducción de nuevos métodos de producción considerando la utilización de la energía, nos conduce a un balance energético, y a un ahorro económico con perspectivas de mejorar los resultados en el futuro, y ser más competitivos en las economías actuales.
La alta productividad y las salidas de alta calidad requieren insumos de alta calidad, los factores principales son:

Los recursos humanos, La tecnología, La inversión del capital, y La reglamentación por parte del gobierno.

La optimización de la productividad se logra estableciendo un índice como base de la optimización lo cual requiere de una fuente de información para establecer la medida de la productividad tanto de años anteriores, actuales, así como pronósticos de años posteriores tomando en consideración datos históricos y aplicar algún método estadístico(en nuestro caso mínimos cuadrados).

GLOSARIO

Alma.- Parte central de un conductor

Amortización.- operación mediante la cual se distribuye el costo del capital fijo entre cada uno de los periodos que componen su vida económica

Antideflagrante.- Que no propaga la flama

Correlación.- Grado de dependencia estadística que existe entre dos conjuntos de variables

Depreciación.- Perdida del valor a través del tiempo

Energía,- Capacidad de un sistema para realizar un trabajo

Grisuosa.- Mezcla explosiva de metano y aire que se desprende en las minas de carbón

Kilomurgues Unidad de medida de la resistencia opuesta por las galerías en circuitos de ventilación en minas

Osciloscopio.- Aparato usado para ver el comportamiento de las ondas en los circuitos eléctricos y electrónicos

Reciprocante.- Responder a una acción con otra semejante

Rendimiento,- Relación entre el valor de la magnitud cedida y el de la magnitud absorbida

Resonancia.- Fenómeno que se presenta cuando la reactancia inductiva iguala a la reactancia capacitiva en un circuito eléctrico

Senoidal .- Forma de onda de la corriente alterna

Solenoide.- Circuito formado por un conductor arrollado en hélice

Tandem Colocación de poleas motrices para dar mas contacto y proporcionar mayor potencia a una banda

Tiristor.- SCR rectificador controlado de silicio

AUTOBIOGRAFIA

ING. VALENTIN ZAVALA BERNAL

El autor de la presente tesis, titulada "productividad de la Energía en minas de Carbón", aspira a obtener el grado de Maestro en Ciencia de la Administración en la Especialidad de Producción y Calidad, nace el 25 de enero de 1956 en Cloete Coahuila, su nombre, Valentín Zavala Bernal, hijo de Agapito Zavala Salazar (+) y la Sra. Ciria Bernal Campirano(+), estudia la carrera de Ingeniero Mecánico Electricista con Especialidad en Electricidad y Electrónica en la Escuela de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Autónoma de Coahuila, de 1981 a 1982; labora en la empresa General de Telecomunicaciones Electrónicas, S. A. como proyectista, de 1983 a 1984 como supervisor de Mantenimiento Eléctrico y Electrónico en la empresa A.H.M.S.A, de 1985 a 1991 como supervisor, jefe y Subgerente de Mantenimiento Mecánico y Eléctrico toma diferentes cursos para aplicación laboral como son Desarrollo de habilidades del supervisor, Administración de Mantenimiento, Aspectos Básicos de Productividad, Medición y Diagnostico de Productividad. Como persona Física Ha dado servicio de Instalaciones Eléctricas a diferentes empresas mineras y maquiladoras, como son Fluorita de México, G.T.E., T.P.P., Carbonífera de San Patricio, I.M.M.S.A.

De1988 a la fecha, es catedrático de 17 horas en la Escuela de Minería y Metalurgia de la Universidad Autónoma de Coahuila.

BIBLIOGRAFIA

- Maquinas Eléctricas y Transformadores, Irving L Kosow Segunda Edición Prentice Hall. 1989

- Biblioteca del Ingeniero Industrial, Gabriel Salvendy, Volumen 1,Editorial Limusa S.A. de C.V. 1990

- V. Vidal, Explotación de Minas, Ediciones Omega S.A.

- Walpole, Probabilidad y Estadística, Ed Mc Graw Hill, 1997

- Manual del Ingeniero Electricista, Tomo 1 1997

- R. Rosenberg , Reparación de Motores Eléctricos, Tomo 1 y 2

- Información obtenida a través de Folletos de C.F.E., Fideicomiso para el Ahorro de la Energia Eléctrica(FIDE)Año5 Num.22 Ene-Mar. 1997, Año7 Num.29 Oct-Dic.1998