

# UNIVERSIDAD AUTONOMA DE GUADALAJARA

INCORPORADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA



*26 E. Jaram.*

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

MANUAL DE OPERACION, MANTENIMIENTO Y AJUSTES  
DEL GOBERNADOR DE LAS TURBINAS DE LA CENTRAL  
HIDROELECTRICA DE CAÑEVERAL EN HONDURAS C.A."

## TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

**INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

A R E A M E C A N I C A

P R E S E N T A

**RAFAEL ANTONIO VALLADARES MOLINA**

GUADALAJARA, JAL. 1986



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## S U M A R I O

Página

### INTRODUCCION

### CAPITULO I

#### TEORIA DE GOBERNADORES

Sección 1. Generalidades	5
Sección 2. Operación de Generadores en paralelo.	12

### CAPITULO II

#### EL GOBERNADOR TOSHIBA GB 2

Sección 1. Generalidades	24
Sección 2. Operación esquemática del gobernador.	29

### CAPITULO III

#### EL REGULADOR DE PRESION

Sección 1. Generalidades	36
Sección 2. Operación esquemática de Regula_dor.	40
Sección 3. Auxiliares del Goberandor.	58

## CAPITULO IV

## MANTENIMIENTO Y AJUSTES

Sección 1. Generalidades	69
Sección 2. Reparación y ajustes de Gobernador.	90
Sección 3. Repuestos	134
Sección 4. Reportes a presentar	134

CONCLUSIONES	142
--------------	-----

BIBLIOGRAFIA	144
--------------	-----

## I N T R O D U C C I O N

Honduras es un país en vías de desarrollo con una extensión de 112088 km<sup>2</sup> y con una población aproximada de 3 millones de habitantes. Adolece, igual que todos los países -- subdesarrollados, de un sin número de problemas. Entre ellos está la crisis energética; actualmente se tienen que importar de Costa Rica unos 60 MW, a veces durante todo el día; -- debido entre otras cosas a que la demanda ha crecido y la capacidad instalada ha permanecido casi igual durante los últimos 10 años; sumando a esto, nuestra principal fuente de -- energía que es el Lago de Yojoa, se está secando y las fuertes lluvias de antaño no se han vuelto a aparecer.

Con un nivel normal de 636 m.s.n.m., este año de -- 1983, apenas alcanzó los 635.26 m. y a partir de allí con un verano largo encima se tendrá que ahorrar más agua aún y seguir importando de Costa Rica, vía Nicaragua a pesar de la -- situación política, toda la energía hidro que se pueda. Se -- podría generar en el país con diesel y bunker, pero resultaría más costoso, por tanto los racionamientos de energía en la capital y otras ciudades importantes del país a la hora -- pico estarán en los próximos 2 años a la orden del día. Las centrales hidroeléctricas de Cañaveral y Río Lindo forman el grupo energético actual mas importante del país pues repre--

sentan el 85% de la capacidad instalada (109 MW). Están dis-  
puestas en cascada así que la operación de Cañaveral deberá  
ser la más confiable, pues con sus 29 MW consume casi tanta  
agua como todo Río Lindo a plena carga; podemos describir a  
Cañaveral técnicamente de la siguiente manera.

Número de unidades generadoras : 2  
Marca Toshiba  
Tipo de Turbinas: Francis Lentas de eje vertical.  
Altura neta del salto: 145 M.  
Potencia: 15000 KW  
Caudal:  $11.5 \text{ M}^3 / \text{seg.}$   
Velocidad nominal: 514 rpm  
Velocidad de embalamiento: 940 rpm  
Velocidad crítica: 1487 rpm  
Diámetro del distribuidor: 1800 m.m.  
Diámetro de descarga del rodete: 1230 m.m.  
Presión de aceite del Gobernador :  $20 \text{ Kg/cm}^2$   
Capacidad del gobernador 6800 kg-m  
Altura del rodete sobre el nivel del mar: 499 m.

Estas unidades han estado operando desde 1963 en ser-  
vicio continuo y la incidencia de fallas ha sido muy pequeña;  
podría deducirse de esto que el mantenimiento ha sido muy  
bueno, nada más erróneo.

El mantenimiento ha sido apenas desde hace unos cinco o seis años más o menos planificado.

La falta de información y la discontinuación en la producción de varios equipos por parte de los fabricantes -- son dos de los muchos problemas que enfrenta el ingeniero de mantenimiento en estas centrales hidroeléctricas. Muchas horas de trabajo se han derrochado por esa falta de información.

Han sido dedicadas también muchas horas de trabajo -- al estudio de los gobernadores de Cañaveral y Río Lindo, -- pues la necesidad de una guía que nos ayude a ajustarlos y -- darles mantenimiento para un mejor desempeño de los mismos, -- y de las unidades generadoras más grandes del país, se ha -- puesto de manifiesto no una sino varias veces; tiempo atrás, -- cuando el control de la frecuencia en el pequeño sistema interconectado andaba dejando mucho que desear, se llamaba a -- los japoneses de Toshiba para ajustar los gobernadores. E---llos paraban cada máquina durante varios días; esto costaba al país enormes cantidades de dinero sin contar con sus hono--rarios, y lo peor del caso es que la poca información que de--jaban servía de muy poco.

Sin embargo desde 1982 estos delicados ajustes se ha

cen con personal netamente hondureño y en un tiempo mucho menor. Ya se han efectuado 2 ajustes, a la unidad número uno - en octubre de 1982 y a la unidad número 2 en octubre de 1983. Los resultados a pesar de los inconvenientes han sido satisfactorios; así pues aprovechando la experiencia de estos trabajos y alguna bibliografía extra se escribió este trabajo, - que sin pretender cubrir todos los detalles constructivos y complejos análisis de estabilidad, dará una orientación positiva cuando haya necesidad de ajustar los gobernadores de Cañaveral en ocasiones venideras.



**C A P I T U L O I**

**TEORIA DE GOBERNADORES**

## SECCION 1.- GENERALIDADES.

El gobernador de una unidad generadora de energía eléctrica es un dispositivo tal, que controla primordialmente la velocidad y por ende la potencia de la máquina.

Sus funciones principales son:

- 1.- Cuando la unidad arranca, controla la aceleración de la máquina para prevenir una sobrevelocidad. Una vez llegado el momento estabiliza la velocidad a un valor previamente fijado.
- 2.- Cuando la unidad generadora está en operación mantiene la velocidad estrictamente constante por medio de una regulación precisa a pesar de los cambios de carga.
- 3.- También con la unidad en línea el gobernador controla la potencia que deberá desarrollar la máquina, ésta puede ser ajustada, limitada y/o mantenida en un cierto valor.
- 4.- Un cambio brusco de carga como el disparo de un circuito o una línea de transmisión grande, es detectado por el gobernador y en conjunto con el efecto volante de la unidad generadora, mantiene el aumento de velocidad dentro-

de ciertos límites de seguridad además de restablecerla a las condiciones normales de operación lo más rápidamente posible.

¿Como logra el gobernador realizar su función adecuadamente? Bueno, pues controlando el flujo energético con que la unidad está operando, por ejemplo controlando la cantidad de combustible utilizado en una máquina diesel o controlando la cantidad de agua que está siendo alimentada la turbina hidráulica. Concentrémonos en una unidad hidroeléctrica. Según sabemos la potencia desarrollada por la turbina será:

$$\text{Pot} = \frac{nPQHn}{75}$$

donde la potencia estará dada en CV.

"n" es la eficiencia de la turbina (que varía entre 90 y 94% - aproximadamente para condiciones nominales de operación) P es el peso específico del agua igual a 1000 kgf/m<sup>3</sup>. Q es el caudal o gasto de agua en M<sup>3</sup>/seg. Hn es la altura neta del salto actuando sobre el rodete de la turbina, dada en metros. Dado que N, P y Hn permanecen aproximadamente constantes o - que no podemos influenciar de manera alguna en estas variables significativamente, la única variable controlada será - el caudal Q. Para ello dependiendo del tipo de turbina, el gobernador ajustará la posición de uno o varios servomotores

para regular la apertura del distribuidor Fink en una turbina de reacción o la apertura de uno o varios inyectores en una turbina de impulso (Pelton).

Para turbinas Kaplan y Deriaz el gobernador controla además del distribuidor Fink el ángulo de paso de los álabes del rodete manteniendo de esta manera una eficiencia alta y aproximadamente constante entre el 25 y 100% de carga. En las turbinas pelton, dada la longitud de sus tuberías forzadas, si el o los inyectores cerraran muy rápido, en el disparo de una unidad por ejemplo, el golpe de ariete podría dañar la tubería y si el cierre de inyectores se hace lento la turbina alcanzaría velocidades demasiado altas, entonces para evitar esto el gobernador también controla un deflector que corta cada chorro de agua mientras el inyector asume su nueva posición de equilibrio ya sea cerrado o parcialmente abierto.

Sea como fuere la turbina el gobernador deberá tener tales características que cuando ocurra una variación brusca de carga, su respuesta sea la mostrada en la figura 1.1, el tiempo de estabilización TE deberá ser el mínimo posible y corresponde al tiempo que tarda la máquina en retornar al ancho de banda de la frecuencia (velocidad) admisible. Nótese que siempre habrá un error admisible a partir del cual el go

bernador empezará a actuar, de ahí que siempre existirá un -  
compromiso entre la estabilidad de la máquina ante un distur  
bio y el error admisible en frecuencia. Es decir entre más -  
tratemos de minimizar el error (reducir el ancho de banda de  
frecuencia admisible) la tendencia a la inestabilidad se - -  
acenturará.

Hay varias razones por las cuales una unidad genera-  
dora presenta cierta tendencia a oscilar es decir tiende a -  
ser inestable ante un disturbio; entre otras podemos señalar:

- La inercia de las partes giratorias de la máquina.
- La elasticidad torsional del eje de acoplamiento entre la -  
turbina y generador (en unidades de gran porte).
- La inercia del agua en las tuberías forzadas y de descarga-  
de las turbinas.
- El efecto de Torque Síncrono entre generadores en paralelo-  
(sistema interconectado)

La inercia de las partes girantes unida a la elasti-  
cidad torsional del eje de la máquina hacen que el sistema -  
se comporte como 2 grandes masas girantes, unidas por un re-  
sorte; cuando el sistema está en estado estable solo existe  
una diferencia de ángulo entre una masa y otra, y el torque-  
se transmite desde la turbina al generador a través del eje-

representado por el resorte, el cual ha almacenado cierta -- energía; cuando un cambio de carga ocurre por ejemplo una -- disminución de carga, el resorte suelta su energía y el gene-- rador comienza a acelerarse, el gobernador ajusta la canti-- dad de agua necesaria para el nuevo torque y trata de frenar al generador mediante el eje, la inercia de las masas frenan la aceleración que se produciría; pero ocasionan vibraciones torsionales durante el transiente.

La inercia del agua en las tuberías crea golpes de -- ariete positivos y negativos que ocasionan retardos en la -- respuesta del gobernador incrementando de esta manera la -- inestabilidad. El golpe de ariete negativo en el ducto de as-- piración de una turbina Kaplan en un rechazo completo de car-- ga, no sólo puede causar inestabilidad sino la completa des-- trucción del rodete cuando el agua golpee contra las aspas -- durante el transiente, si no se toman las debidas precaucio-- nes durante el proyecto.

El efecto de torque síncrono, se presenta en unida-- des operando en paralelo, es el resultado de la interacción -- entre el campo rotatorio establecido por la conexión del es-- tator del generador a la red (campo síncrono) y el campo DC-- del rotor. Mientras ellos estén en fase ningún torque será -- experimentado por la unidad; pero si el campo DC del rotor -- se adelanta respecto al campo síncrono se experimenta un tor

que que efectúa trabajo, entonces el generador suministra -- energía a la red. En caso de que el campo DC del rotor se -- atrase respecto al campo síncrono el torque se presentará pe ro en sentido opuesto y la unidad tenderá a motorizarse. Así pues existe un torque proporcional al ángulo de desfasamien- to entre el campo DC del rotor y el campo síncrono, tendien- te siempre a reducir este desfasamiento a cero. Este efecto- es parecido al mencionado anteriormente respecto a la iner-- cia de las masas girantes y la elasticidad torsional del eje. La combinación de ambos produce oscilaciones de potencia y - frecuencia entre generadores; este efecto es parecido al de- un péndulo sin fricción suspendido en el aire que oscila a- una frecuencia natural determinada. Como quiera que esto es- indeseable, existe afortunadamente un efecto amortiguador pa recido al que existiría si el péndulo en cuestión fuera sume rido en aceite. De ello se encargan los devanados de amorti- guación en los polos del rotor del generador que tratan siem pre de oponerse a los cambios de ángulo de desfasamiento en- tre campo síncrono y campo DC, absorbiendo energía (converti- da luego en calor) para amortiguar mientras dure el efecto - de penduleo explicado anteriormente.

Por ejemplo, cuando el rotor está girando en fase -- con el campo síncrono y sin oscilaciones, los devanados o ba rras de amortiguación no actúan, si la velocidad instantanea

del rotor hace que se desfasen los campos DC y síncrono por-  
aumentar o disminuir la carga, se induce un voltaje en el de-  
vanado o barra de amortiguación, por el cual circula una co-  
rriente lo cual implica una fuerza que se opone a la oscila-  
ción. Debido a la resistencia y a la corriente circulante --  
por los devanados, la energía de penduleo derivada de la os-  
cilación se transforma en calor; el resultado es el eventual  
regreso a la posición de equilibrio a velocidad síncrona --  
constante.

Recuérdese que todo esto ocurre en un sistema inter-  
conectado únicamente; el efecto de torque síncrono no ocurre  
en un sistema aislado.



## SECCION 2.- OPERACION DE GENERADORES EN PARALELO.

Una de las principales consideraciones en la operación de unidades generadoras en paralelo, es la apropiada división de la carga entre ellas. Esto puede lograrse con una característica especial de los gobernadores llamada "Estatismo" que es el porcentaje de regulación o caída de velocidad-versus carga.

$$\text{Estatismo} = \frac{(\text{Vel. sin carga} - \text{Vel. carga plena})}{\text{Velocidad sin carga}} \cdot 100$$

Quizás una manera más fácil de explicar esto es auxiliándonos con las curvas características de velocidad contra carga de las máquinas en cuestión; teniendo siempre en cuenta que las unidades conectadas en paralelo estarán siempre obligadas a girar a la misma velocidad o a velocidades proporcionales si los generadores tienen diferente número de polos.

Por simplicidad nos referimos a la velocidad síncrona como 100% y al 100% de la carga como la carga plena o nominal de la máquina.

En relación al estatismo hay 2 tipos de gobernadores:

- Isocrónico cuyo estatismo es 0%
- No isocrónico cuyo estatismo es mayor que cero  
(estatismos negativos crean inestabilidad)

GOBERNADOR ISOCRONICO: Este gobernador mantiene la velocidad en un ancho de banda muy estrecho a pesar de los cambios de carga, su comportamiento puede observarse en la figura 1.2. Cada línea horizontal representa un ajuste diferente de velocidad si la máquina es operada aislada. Esta máquina isocrónica es muy sensible a los cambios de carga y velocidad, pudiendo llegar a mantener la variación de frecuencia en un ancho de banda muy estrecho en un rechazo de carga parcial.

GOBERNADOR NO ISOCRONICO: Este gobernador permite una caída de la velocidad conforme aumenta la carga; el estatismo estará determinado por la pendiente en porcentaje de las líneas inclinadas de la figura 1.3 que representa el comportamiento de una máquina no isócrona bajo carga.

Cuando la máquina operando aislada y con un ajuste de velocidad señalado con la letra A en la figura 1.3, tendrá la velocidad nominal a 0% de carga y una velocidad de 96% -- de la nominal a plena carga. Esta caída de 4% representa el-

estatismo o porcentaje de regulación. Si sobrecargamos la máquina, la velocidad tenderá a seguir la misma pendiente pero luego caerá rápidamente.

Supongamos ahora que se limita la máquina a que no pueda tomar más de 50% de carga, el comportamiento será el mismo, excepto que ahora cuando la carga pase del 50% la velocidad caerá rápidamente, y al estar en 50% de carga la caída de velocidad será de 2%.

Pasemos ahora a ver el comportamiento de estas máquinas operando en paralelo, por simplicidad empezaremos con la no isócrona.

Asumamos que el sistema a que está conectada la máquina en cuestión es tan grande que no alterará la frecuencia del mismo. La máquina podrá tener cualquier ajuste de velocidad, pero las rpm a que gira serán siempre las mismas -- (dictadas por la frecuencia del sistema). Ahora a cada cambio del ajuste de velocidad le corresponderá un cambio de carga. Siempre en referencia a la figura 1.5, nótese que si el ajuste de velocidad es el marcado con la letra A, la máquina girará a velocidad síncrona y una vez en línea, de incrementarse el ajuste de velocidad a B, no habrá cambio en la velocidad sino en la carga, la máquina desarrollará el 50% de su poten-

cia normal.

Un incremento posterior hasta C hará que la unidad - alcance la potencia nominal.

Si el estatismo es de 4% como está indicado en la fi gura y el generador es desconectado de la red. bruscamente - cuando está llevando el 50% de la carga, la velocidad subirá después del transiente, un 2%. Si estaba llevando toda la -- carga (Ajuste de velocidad C) después del transiente la velo cidad será 104% (4% más alta que la síncrona). La red eléc-- trica a que está conectada nuestra máquina se estará compor-- tando como una máquina isócrona; independientemente de los - cambios de carga, la frecuencia permanecerá constante.

Ahora bien una máquina isócrona puede operar adecua-- damente estando aislada, es decir ella sola supliendo toda - la energía que la red necesita; o bien en un sistema inter-- conectado si es tan grande que pueda absorber todos los cam-- bios de carga que se produzcan en la red. sin sobrecargarse. De otra manera causará gran inestabilidad en el sistema.

Si dos máquinas no isócronas idénticas, teniendo el-- mismo estatismo son interconectadas para alimentar una red - en la cual estas máquinas son la única fuente de energía, la frecuencia del sistema estará determinada por:

- Los ajustes de velocidad en los gobernadores.
- el estatismo de cada una
- la carga total del sistema.

Debe recordarse que las velocidades deberán ser iguales aunque los ajustes de velocidad no lo sean; lo que variará será la distribución de la carga en cada máquina.

Refiriéndonos a la figura 1.4 podemos decir que si tenemos 2 máquinas (máquina 1 y máquina 2) operando en paralelo con el mismo estatismo y un ajuste de velocidad A, si la carga que lleva cada una es el 50% de su capacidad, la frecuencia del sistema o velocidad del grupo será  $f_1$ .

Si ahora dejamos la máquina 1 con un ajuste de velocidad A y la máquina 2 cambie a B, la máquina 1 llevará el 25% de su carga nominal y la máquina 2 el 75%, la frecuencia del sistema será  $f_2$ .; nótese que la carga total de la red sigue siendo el 100%

Si la carga aumentara al 150% la máquina 1 (Ajuste de velocidad A) llevará el 50% de su potencia nominal y la máquina 2 estará a plena carga; la frecuencia será  $f_1$ .

Por tanto en estas condiciones la capacidad del gru-

po será de 150% en vez de 200% ( o sea el doble de la potencia de cada máquina) y para alcanzar ese 200% habrá que manipular el ajuste de velocidad de la máquina 1 para llevarlo - hasta B; esto en caso de que la carga aumentase hasta el 200% y para no sobrecargar la maquina 2.

Bajo las mismas condiciones de estatismo y ajustes - de velocidad anteriores, que pasaría si reducimos la carga - total de la red al 50%? bueno, toda la carga la llevaría la - unidad 2 (ajuste B) y la unidad 1 estaría rotando en vacío - con una frecuencia  $f_3$ .

Por tanto para una distribución equitativa entre estas máquinas los ajustes de velocidad deberán ser iguales -- y deberán manipularse para que la frecuencia del voltaje generado sea la deseada.

Nótese que mientras el operador de la central no toque los ajustes de velocidad de estas máquinas, en un cambio de carga la repartición de ésta se hace automáticamente con las variaciones de frecuencia antes mencionadas; el operador deberá entonces manipular los ajustes de velocidad para que la frecuencia sea la correcta. (Esto sólo se aplica para el caso presentado, es decir la máquina 1 y 2 son las únicas -- que suministran la energía que la red demanda).

Si el estatismo de las máquinas no fuera el mismo, como en la figura 1.5, una distribución poco equitativa de la carga se experimentaría.

Por ejemplo, llamemos máquina A a la que tiene un ajuste de velocidad A y máquina B a la que tiene un ajuste B. El estatismo de la máquina A es el doble que el de B. A la frecuencia  $f_1$  en estas condiciones cada máquina llevará el 50% de su carga nominal; si la carga total fuera aumentada al 150% la unidad A tomaría el 66.67% de su carga nominal y la unidad B tomaría el resto, es decir 83.33%, la frecuencia del sistema sería  $f_2$ .

Un reajuste del nivel de velocidad de A hasta A' dividiría equitativamente la carga con una frecuencia  $f_3$ .

Matemáticamente podemos probar esto de la manera siguiente:

De la gráfica de la figura 1.5 podemos decir que la ecuación de velocidad de cada máquina es:

Para máquina A  $S_A = a - ax$

Para máquina B  $S_B = b - by$

Siendo a y b los estadísticos de las máquinas A y B --  
respectivamente.

"x" será la carga que esté tomando A

"y" será la carga que esté tomando B

Sabemos que cuando las 2 máquinas tienen el 50% de --  
carga la velocidad es  $f_1$  así que

$$f_1 = q - 50a \text{ y además } f_1 = p - 50b$$

pero  $a=2b$ , esto implica que  $f_1 = q - 100b$

de ahí que los interceptos "p y q" serán:

$$p = f_1 + 50b \quad \text{y} \quad q = f_1 + 50a \text{ es decir } q = f_1 + 100b$$

entonces las ecuaciones de velocidad quedarían

$$S_A = f_1 + 100b - 2bx \quad S_B = f_1 + 50b - by$$

Estas velocidades deberán ser iguales por estar en un  
sistema interconectado; de modo que

$$S_A = S_B$$

$$f_1 + 100b - 2bx = f_1 + 50b - by$$

Simplificando y agrupando términos convenientemente

$$100 - 2X = 50 - y$$



que se convierte en la ecuación de carga que necesitamos.

Si la carga se incrementó al 150% y sabiendo que :

-la máquina A tomará la carga X

- la máquina B tomará la carga  $Y=150-X$

entonces

$$100 - 2X = 50 - (150 - X)$$

$$- 3X = -200$$

$$X = 66.67\% \quad y = 150 - 66.67$$

$$y = 83.33\%$$

La carga de A será 66.67%

La carga de B será 83.33%

Para lograr una distribución equitativa de carga cada máquina debería tomar 75% de su carga nominal, esto se logra subiendo el nivel de velocidad de la máquina A a  $f_3$ , que puede calcularse en función de las condiciones originales de estatismo y ajuste de velocidad anteriores.

Es decir, basándonos en la máquina B que no sufrió modificaciones tendríamos

$$f_3 = p - by$$

Substituyendo la carga  $f_3 = p - 75b$

Substituyendo el intercepto  $p \quad f_3 = f_1 + 50b - 75b$

$$f_3 = f_1 - 25b$$

Veamos que sucede con una máquina isocrónica A en paralelo con una B que tiene un estatismo mayor que cero.

La máquina A mantendrá la frecuencia constante desde cero a plena carga, así que será ella la que compense los -- cambios de carga del sistema.

La máquina B permanecerá con la misma carga siempre y para variar ésta será necesario manipular el ajuste de velocidad. Por ejemplo refiriéndonos a la figura 1.6, con los ajustes mostrados ahí, cada máquina llevará el 50% de la carga nominal; si la carga aumenta al 150%, la máquina -- iso--crónica A tomará todo el cambio de carga y estará a plena potencia mientras que la máquina -- B permanecerá con el 50% - de su carga nominal.

Solo un incremento mayor del 150% haría que esta unidad B tomara más carga ya que entonces la frecuencia bajaría por sobrecarga en la isocrónica. (Esto si no se manipula el ajuste de velocidad de la máquina B).

De igual manera si la carga se reduce al 50%, la úni

ca máquina cargada sería B y la A estaría rotando en vacío,- de modo que una carga en el sistema menor del 50% con los -- ajustes mostrados en la figura 1.6 motorizaría la máquina -- isocrónica.

Por supuesto existen protecciones para que esto no - suceda, como al relevador de potencia inversa que saca de lí nea la máquina en caso de que el operador deje que ocurra es te fenómeno.

Lo que el operador debería de hacer es ajustar la ve locidad de la máquina B de modo que la máquina isócrona tome la mitad de la carga que el sistema esté demandando.

En realidad en un sistema interconectado grande to-- das las máquinas deberían tener un cierto grado de estatismo y ninguna máquina ser isócrona pues su potencia no sería representativa en el sistema y ella trataría de absorber todos los cambios de carga del mismo, pudiendo causar inestabilidad, pues al no poder corregir todo el cambio de carga la frecuen cia variaría, las otras máquinas tenderían a corregir; pero la isócrona al ser más rápida, corregiría nuevamente y así - el ciclo se repetiría, pudiendo en algún caso, causar colapso- del sistema.

Todo el sistema respecto a cada máquina se comporta-

como una isócrona en paralelo con una no isócrona, igual que la representada en la figura 1.6 excepto por la potencia a desarrollar.

Todas las consideraciones anteriores son válidas para régimen de estado estable; pero el buen desempeño de un gobernador se determina por su comportamiento en estado transiente.

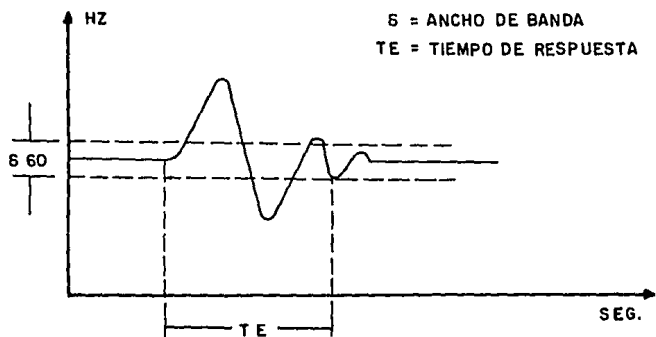


FIG. 1.1 RESPUESTA DE UN GOBERNADOR A UN CAMBIO BRUSCO DE CARGA.

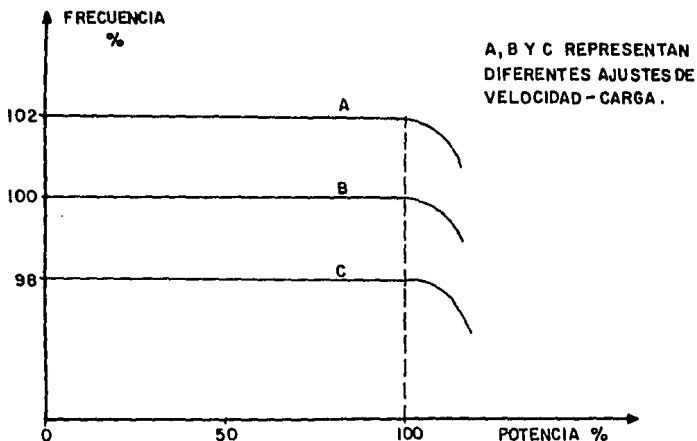


FIG. 1.2 CURVAS DE COMPORTAMIENTO DE UN GOBERNADOR ISOCRONICO EN ESTADO ESTABLE .

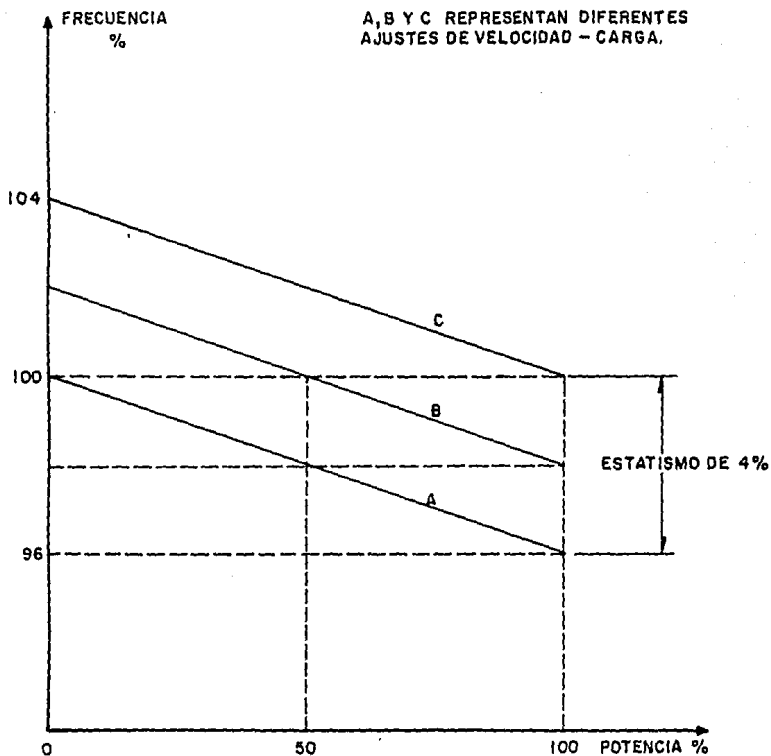


FIG. 1.3 CURVAS DE COMPORTAMIENTO DE UN GOBERNADOR NO ISOCRONICO EN ESTADO ESTABLE .

NOTAS: f1- FRECUENCIA A LA CUAL AMBAS MAQUINAS CON AJUSTE DE VELOCIDAD - CARGA A ESTAN LLEVANDO EL 50% DE SU CARGA NOMINAL. FRECUENCIA A LA CUAL LA MAQUINA 2 CON AJUSTE DE VELOCIDAD B ESTA LLEVANDO SU CARGA COMPLETA.

f2- FRECUENCIA A LA CUAL LA MAQUINA 1 ESTA LLEVANDO EL 25% DE SU CARGA NOMINAL Y LA MAQUINA 2 EL 75% .

f3- REDUCCION DE LA CARGA TOTAL DEL SISTEMA AL 50% DE LA CARGA DE UNA SOLA MAQUINA.

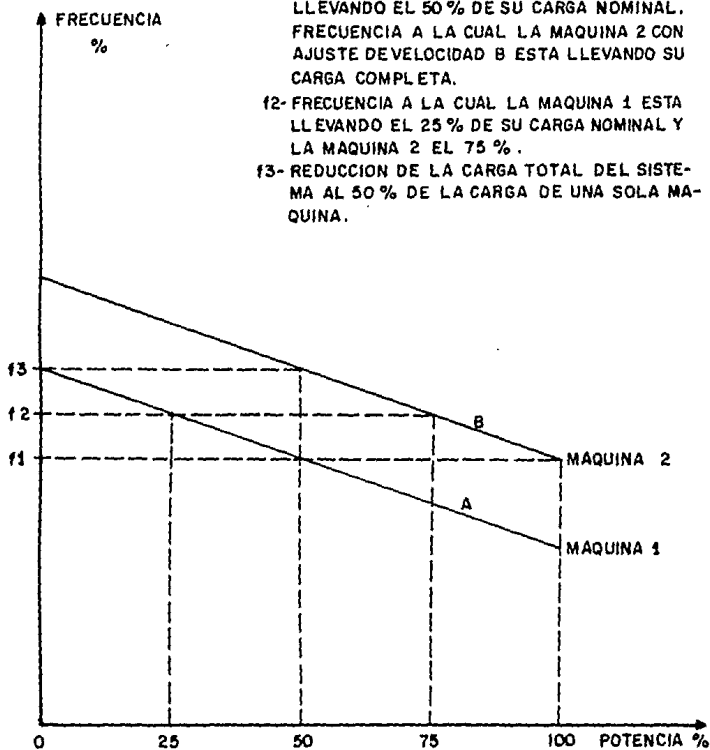


FIG. 1.4 - DISTRIBUCION DE LA CARGA ENTRE 2 MAQUINAS NO ISOCRONAS OPERANDO EN PARALELO CON IGUAL ESTADISTIMO Y EN ESTADO ESTABLE.

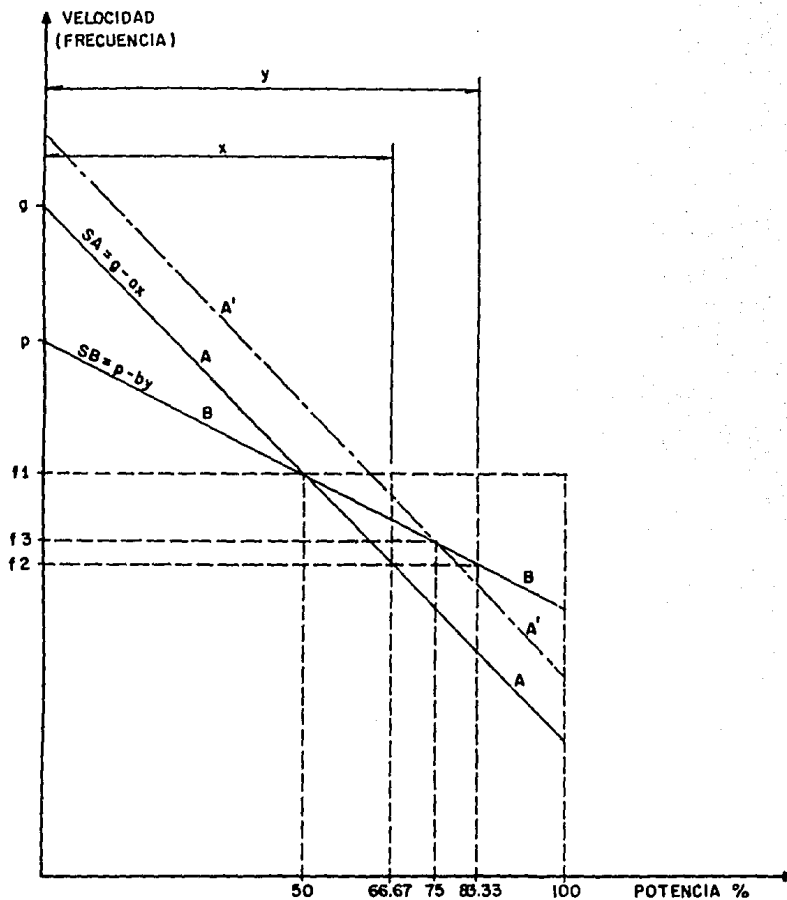


FIG. 1.5 DISTRIBUCION DE LA CARGA ENTRE 2 MAQUINAS NO ISOCRONICAS CON DIFERENTE ESTADISTMO Y EN ESTADO ESTABLE.



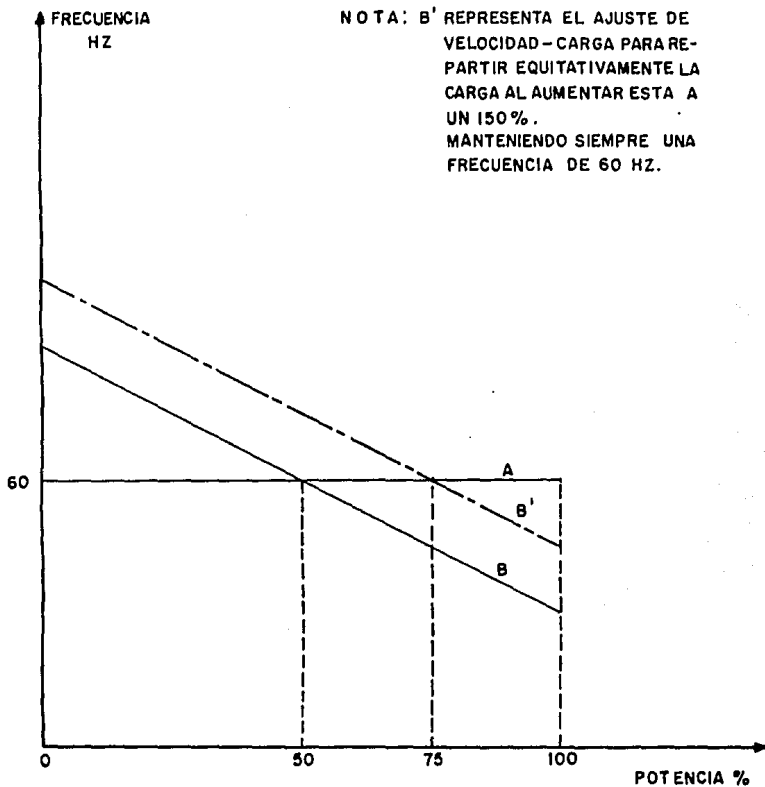


FIG. 1.6 DISTRIBUCION DE LA CARGA ENTRE UNA MAQUINA ISOCRONA Y UNA NO ISOCRONA.

C A P I T U L O   I I

EL GOBERNADOR TOSHIBA G32

## SECCION 1.- GENERALIDADES.

El gobernador Toshiba mostrado en la figura 2.0 tiene dos sistemas de control, una para los álabes del distribuidor Fink y otro para el regulador de presión. En este capítulo se explicará el funcionamiento del mecanismo de control para el distribuidor y en el siguiente se contemplará el regulador de presión.

Para darnos una idea general de la operación del gobernador Toshiba usaremos el diagrama de bloques de la figura 2.1. La columna de la izquierda corresponde al control del distribuidor que será explicado a continuación.

1.- GENERADOR DE IMANES PERMANENTES PMG: Es el sensor primario de la velocidad de la máquina, este generador está acoplado rígidamente al generador principal así que girando al unísono con la máquina, transforma las rpm de ésta, en una señal eléctrica manejable. Sus características principales son:

Potencia	200VA	Frecuencia	$25.7H_z$	$\cos\phi = 0.85$
Voltaje	110VY	Velocidad	514 rpm	Aislamiento tipo A
Corriente	1.05A	Fases	3	

Dado que su campo de excitación es constante, a velocidad constante su frecuencia y su voltaje generado será constante. Una pequeña alteración en la velocidad de la máquina - y lo que más se alterará será la frecuencia del voltaje trifásico generado.

- 2.- EL MOTOR DEL GOBERNADOR: La señal del PMG es aplicada al motor del gobernador que mueve el regulador centrífugo de velocidad. Ahora la señal eléctrica del PMG es convertida a una señal de movimiento rotatorio proporcional al giro, sus características son:

Potencia 20W    No. de fases 3

Velocidad 514 rpm    Voltaje 110v.

No. de polos: 6    Frecuencia: 25,7 ciclos por segundo.

- 3.- EL REGULADOR CENTRIFUGO DE VELOCIDAD:

El motor del gobernador girará siempre a una velocidad - proporcional a la de la máquina y mueve el regulador centrífugo de velocidad que es del tipo Watt. El movimiento rotatorio es convertido en un movimiento de traslación - proporcional a la velocidad de giro, este movimiento de traslación axial de la varilla de salida del regulador - es transferido por medio de palancas flotantes al sistema hidráulico del gobernador.

#### 4.- VALVULA PILOTO DEL DISTRIBUIDOR FINK:

Las palancas flotantes transfieren la señal del regulador centrífugo, al carrete de la válvula piloto que -- transforma la señal de desplazamiento, en una señal hidráulica dirigida a un sistema de amplificación de potencia.

- 5.- VALVULA DISTRIBUIDORA: Esta válvula consta de un sistema amplificador de potencia, el cual amplifica la fuerza del regulador centrífugo aplicada a la válvula piloto, para poder mover el carrete de la válvula distribuidora; esta deberá enviar el aceite a presión y en cantidad suficiente, al lado correcto del servomotor del distribuidor Fink, ya sea al lado de apertura o al lado de cierre. Además, la válvula distribuidora envía una señal mecánica de retroalimentación de su posición a la válvula piloto para que ésta ponga siempre la válvula distribuidora en la posición de equilibrio.

#### 6.- EL SERVOMOTOR DEL DISTRIBUIDOR FINK:

A fin de controlar la velocidad y potencia de una -- unidad generadora, el servomotor abre o cierra los álabes del distribuidor Fink según se lo ordene la válvula distribuidora.

7.- EL DISTRIBUIDOR FINK Y EL TURBOGENERADOR: El ciclo se cierra para una retroalimentación de la velocidad. El distribuidor Fink dejará pasar más o menos agua para que el turbogenerador nos entregue la potencia requerida. Como la velocidad deberá ser constante en 514 rpm, el generador de imanes permanentes modificará su señal de salida en caso de que esta velocidad se altere. Se establece así el ciclo de retroalimentación final.

8.- DISPOSITIVO DE AMORTIGUACION - COMPENSACION:

Para evitar perjudiciales oscilaciones del sermotor en un cambio brusco de carga, y por medio de una serie de palancas de restauración, se establece un lazo de retroalimentación entre el sermotor y la válvula piloto -- por medio de un mecanismo compensador - amortiguador llamado dashpot de control, el cual establece un estatismo-transitorio para el gobernador.

9.- MECANISMO DE LIMITE DE CARGA:

En caso de que se requiera que la unidad no entregue más de un cierto porcentaje de su potencia nominal, es posible limitarla mediante un dispositivo que bloquea la válvula piloto cuando la carga de la unidad llega a ese límite.

10.- EL MECANISMO DE ESTATISMO PERMANENTE:

Como ya se vió este mecanismo sirve para repartir la carga entre generadores durante el régimen estable y su señal de salida es aplicada al carrete de la válvula piloto mediante las palancas flotantes. Nótese que esta división de carga se hace automáticamente.

11.- EL MECANISMO DE AJUSTE DE VELOCIDAD - CARGA.

Cuando la máquina está girando fuera de línea, este mecanismo sirve para ajustar la velocidad a la velocidad síncrona y una vez en línea sirve para tomar o rechazar carga manualmente.

12.- EL REGULADOR DE PRESION:

En caso de un súbito rechazo de carga en la unidad generadora, por el efecto de golpe de ariete, se crea una sobrepresión en la coraza espiral de la turbina, pudiendo dañarla. Para evitarlo el regulador de presión abre una válvula, llamada válvula Bunguer, aliviando así el exceso de agua en la coraza y por ende la sobrepresión; después de cierto tiempo comienza a cerrarla y restablecer las condiciones normales de operación.

Hay 2 maneras de operar la válvula Bunguer, como alivio de presión o como desviador sincrónico de agua.

Como desviador sincrónico puede operarse mediante el uso del dispositivo de transferencia explicado en el siguiente capítulo, para poder "pasar agua", que serviría para generar energía, al canal de desfogue sin que se modifique la velocidad de la máquina, de ahí el nombre del término "Desviador Sincrono" Este mecanismo es capaz de mantener la relación correcta entre la apertura de álabes del distribuidor y la válvula Bunguer como se verá en el siguiente capítulo.

En el plano de la figura 2.0 se muestran las partes constitutivas más importantes del gobernador.

Si nos referimos ahora a las figuras 2.2, 2.3, 2.4, y 2.5 podremos explicarnos más fácilmente el funcionamiento del gobernador excluyendo el regulador de presión. Pero antes que nada cabe mencionar que el operador selecciona el límite de carga, el estatismo y eventualmente la potencia que desarrollará la unidad generadora.

## SECCION 2. OPERACION ESQUEMATICA DEL GOBERNADOR TOSHIBA GB-2

Veamos la figura 2.2.:



Asumiendo que la turbina y el motor del gobernador y por tanto el regulador centrífugo están girando a velocidad normal, las pesas o péndulos del regulador ocupan una posición determinada respecto a la vertical en su trayectoria -- circular.

El mecanismo de compensación - amortiguación, que - en adelante llamaremos dashpot, mantiene sus 2 pistones cen-  
trados.

El carrete de la válvula piloto, el pistón de con-  
trol y amplificación de potencia y el carrete de la válvula-  
distribuidora estan centrados, de modo pues que el aceite en  
las 2 cámaras del servomotor está atrapado y este último no  
puede moverse. El límite de carga está ajustado a 90% y la -  
posición del sermotor permanece estable en 50%.

Veamos ahora la figura 2.3: Si de repente la carga de la --  
turbina disminuyera, la velocidad de la máquina aumentaría -  
puesto que está recibiendo mucha agua; el motor del goberna-  
dor aumentaría su velocidad inmediatamente y obligaría a las  
pesas del regulador centrífugo a apartarse de su posición de  
equilibrio en dirección hacia afuera, haciendo que la vari-  
lla de salida, las palancas flotantes superior e inferior y-  
carrete de la válvula piloto bajen.

El aceite a una presión de  $20 \text{ kg/cm}^2$  en el area P1 - es admitido al área B lo que causa que el pistón de control y amplificación y el carrete de la válvula distribuidora se muevan hacia abajo.

Veamos la figura 2.4:

Al moverse el carrete de la válvula distribuidora hacia abajo, el brazo restaurador de la válvula piloto mueve - el buje de la misma hacia abajo en contra de la acción de un resorte, hasta que los puertos en el buje sean cubiertas por el carrete de la válvula piloto.

Veamos la figura 2.5

Así que el servomotor había comenzado a cerrar el distribuidor, el mecanismo de retroalimentación, representado - aquí por un cable, poleas y contrapesos, por simplicidad (en realidad es un sistema de varillas) tira de la terminal iz--quierda de la manivela del dashpot; cuyo pistón grande se --mueve hacia arriba, tirando del pistón pequeño hacia abajo - por efecto de la succión.

Este último tira de la terminal izquierda de la palanca flotante superior hacia abajo; y usando como pivote la --varilla de salida del regulador centrífugo, levanta, median-

te la varilla conectora, la palanca flotante inferior; la --  
cual, a su vez, levante el carreta de la válvula piloto. El  
aceite a presión es entonces admitido desde el puerto P1, al  
área A; el pistón de control y amplificación comienza a le--  
vantar y recentrar el carrete de la válvula piloto.

Veamos la figura 2.6.

El brazo restaurador de la válvula piloto, permite --  
que el resorte de la válvula force al buje hacia arriba has--  
ta que sus puertos sean sellados por el carrete parando la ca--  
rrera del pistón de control amplificación y válvula distri--  
buidora exactamente en la posición central, cortando así el  
flujo de aceite presurizado al servomotor.

Todas las partes ahora han regresado a sus posiciones  
normales, excepto el pistón pequeño del dashpot, la palanca-  
flotante superior y las pesas del regulador centrífugo con -  
su varila de salida. El pistón grande del dashpot y el ser-  
vomotor del distribuidor fink han asumido sus nuevas posicio-  
nes de equilibrio.

Veamos la figura 2.7

Si la válvula de aguja del dashpot está ajustada co--  
rrectamente, el pistón pequeño regresará a su posición nor--  
mal debido al resorte a él asociado y a la transferencia de-

aceite de una cámara a otra a una velocidad proporcional a la que la unidad generadora y el regulador centrífugo, consecuentemente, regresan a lo normal.

El movimiento hacia arriba del pistón pequeño del dashpot, levanta la terminal izquierda de la palanca flotante superior, pivotando en la varilla conectora de las palancas flotantes. Este movimiento ascendente del pistón pequeño concuerda con el de la varilla de salida del regulador centrífugo en el momento en que la máquina y las pesas del regulador regresan a lo normal. Así que, como la varilla conectora de las palancas flotantes no fue movida, el carrete de la válvula piloto permanecerá centrado y no habrán posteriores movimientos del servomotor.

En caso de que la carga de la unidad fuera incrementada de súbito, las operaciones se repetirán pero de sentido opuesto, la velocidad de la unidad bajaría, el carrete de la válvula piloto sería levantado, lo cual provocaría que la válvula distribuidora se levantara permitiendo al servomotor abrir los álabes, etc., etc.

Nótese que el estatismo está ajustado a cero por ciento, mientras los álabes se mueven, ya sea para abrir o cerrar y como la esferita pivote del mecanismo, está justo en el

centro de giro del brazo operador, no se transmite ningún movimiento a la palanca flotante inferior que pueda modificar la posición neutral de la válvula piloto, por eso la máquina en un sistema aislado mantiene la velocidad a pesar de los cambios de carga.

En caso de que el estatismo fuera mayor, digamos 4%, conforme se mueven los álabes, y como ahora la esferita pivote está fuera del centro de giro, un movimiento proporcional del distribuidor se observará en la palanca flotante inferior, lo que causará que la posición de la válvula piloto se desplace también proporcionalmente, causando que a plena carga y en un sistema aislado la velocidad caiga un 4%. En el caso de un sistema interconectado, lo que variaría sería la distribución de la carga entre todas las máquinas absorbiendo el cambio efectuado de potencia en la red eléctrica.

Es de hacer notar que el ajuste de velocidad carga no fué tocado por el operador, y la distribución de carga entre los generadores se hizo automáticamente.

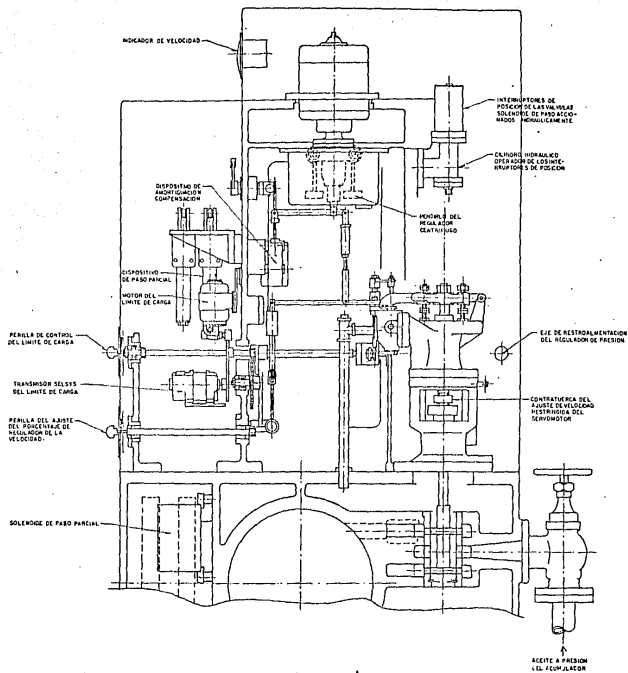
El efecto del mecanismo de ajuste de velocidad - carga sobre la velocidad o carga (según la unidad esté en línea o no) es el mismo que el del estatismo en cuanto a la válvula piloto se refiere, con la diferencia que el estatismo cam-

bía constantemente la posición de ésta conforme los álabes - se mueven y el ajuste de velocidad- carga solamente reposi-- ciona, cuando el operador lo desea, el carrete de la válvula piloto para efectuar los cambios de carga de la manera des-- crita en el capítulo I; o bien ajustar la velocidad de sin-- cronismo antes de poner en línea la unidad.



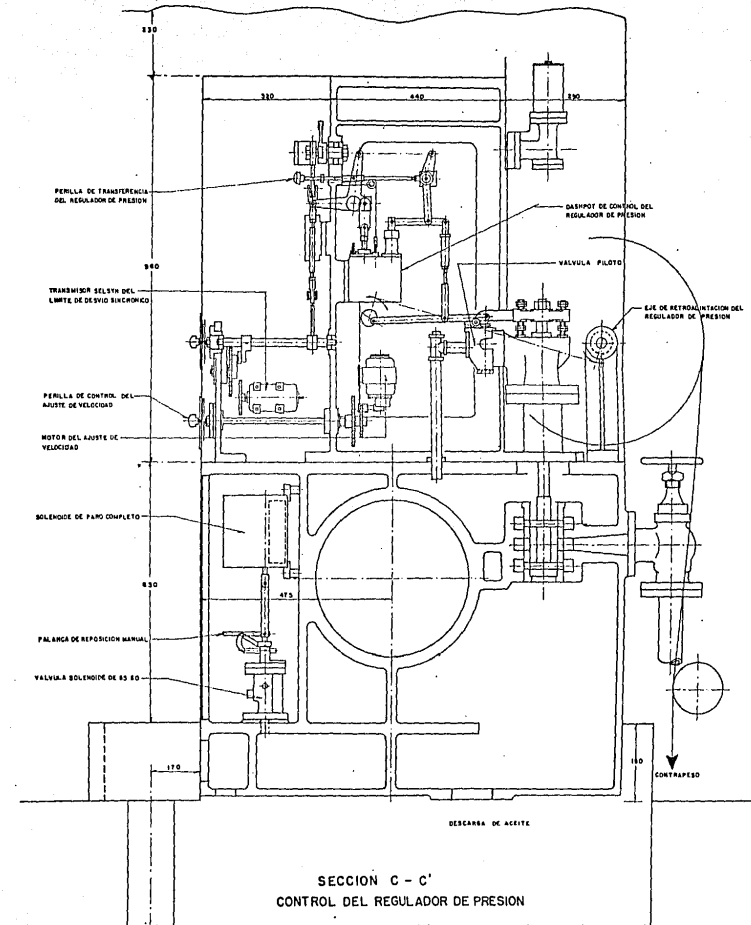






CORTE B-B'

CONTROL DEL SERVOMOTOR DE ALABES





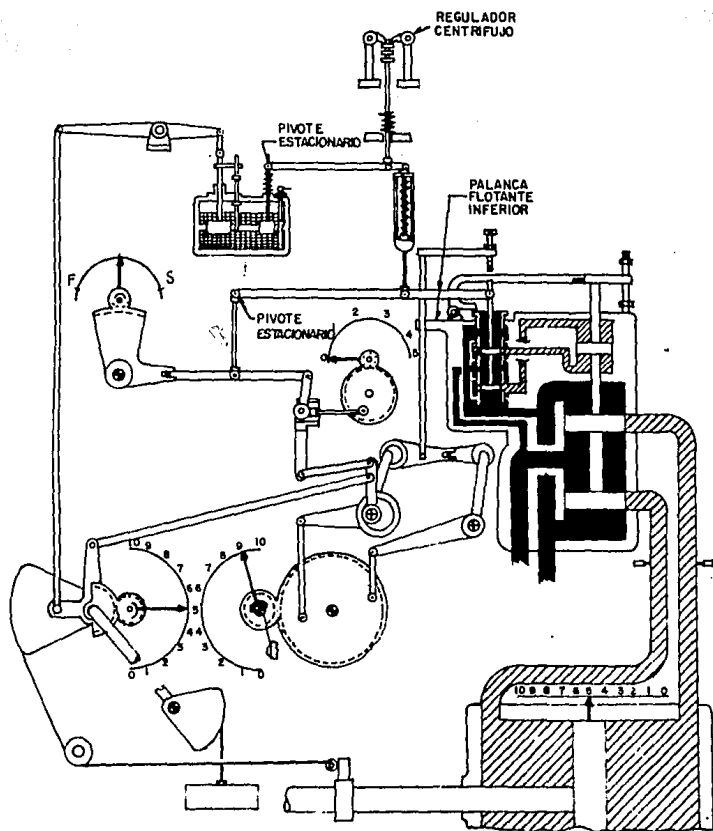


FIG. 2.2



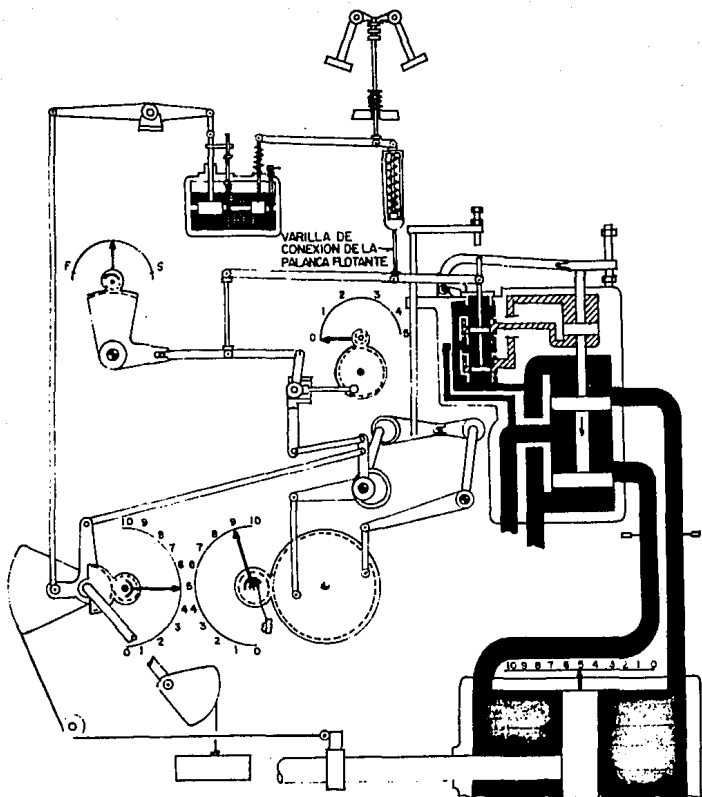


FIG. 2.4

- PRESION DE ACEITE
- ACEITE HACIA EL DRENAJE O SUMIDERO
- ACEITE DE COMPENSACION
- ACEITE ATRAPADO

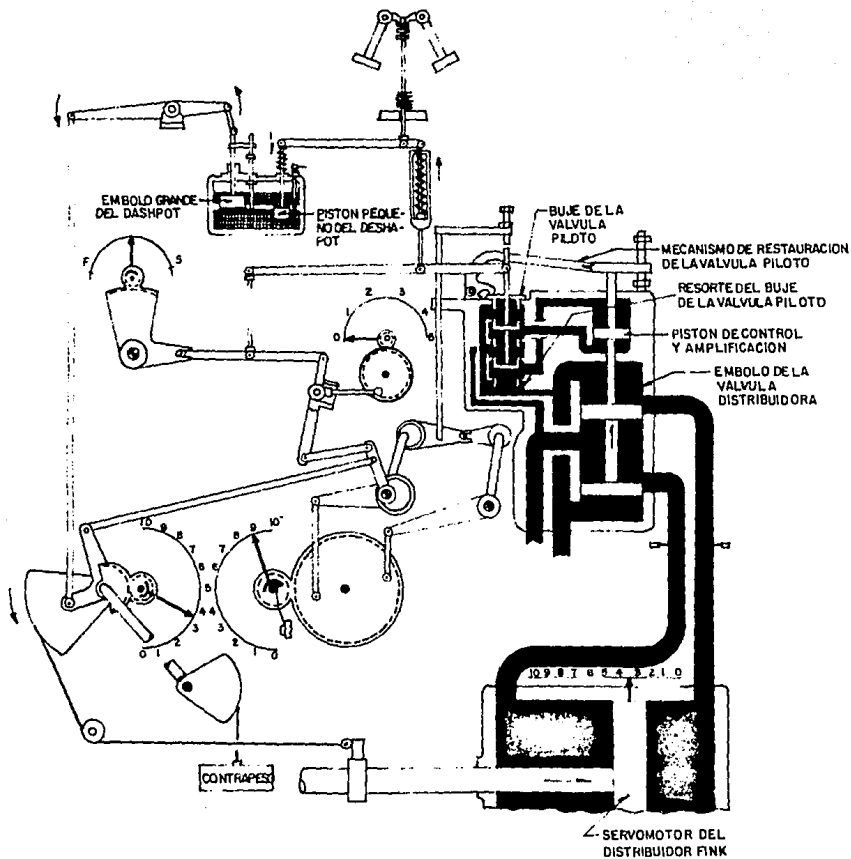


FIG. 2.5

- PRESION DE ACEITE
- ACEITE HACIA EL DRENAJE O SUMIDERO
- ACEITE DE COMPENSACION
- ACEITE ATRAPADO

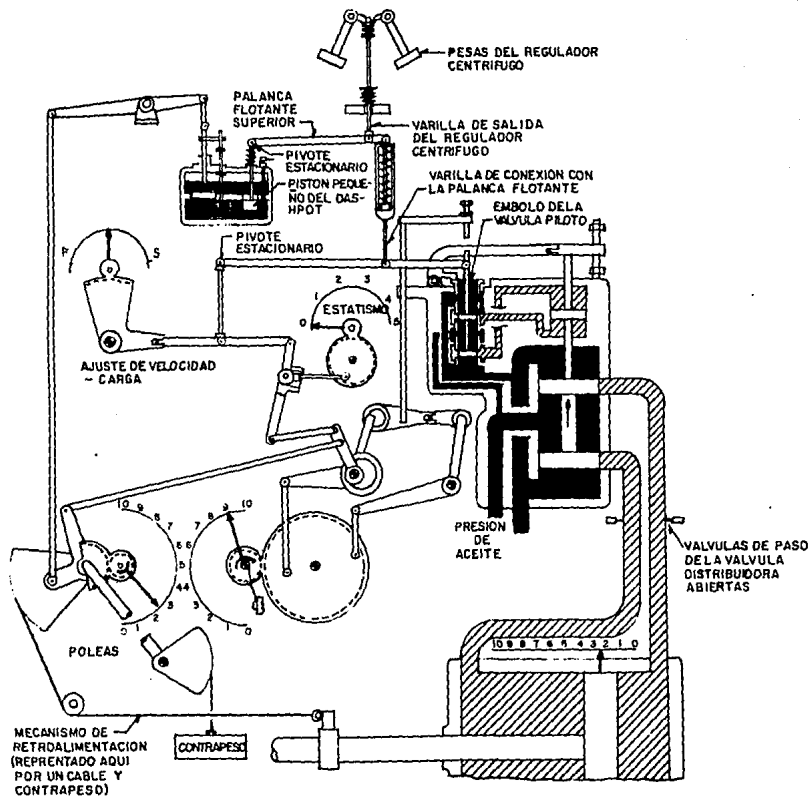


FIG. 2.6



- PRESION DE ACEITE
- ACEITE HACIA EL DRENAJE O SUMIDERO
- ACEITE DE COMPENSACION
- ACEITE ATRAPADO

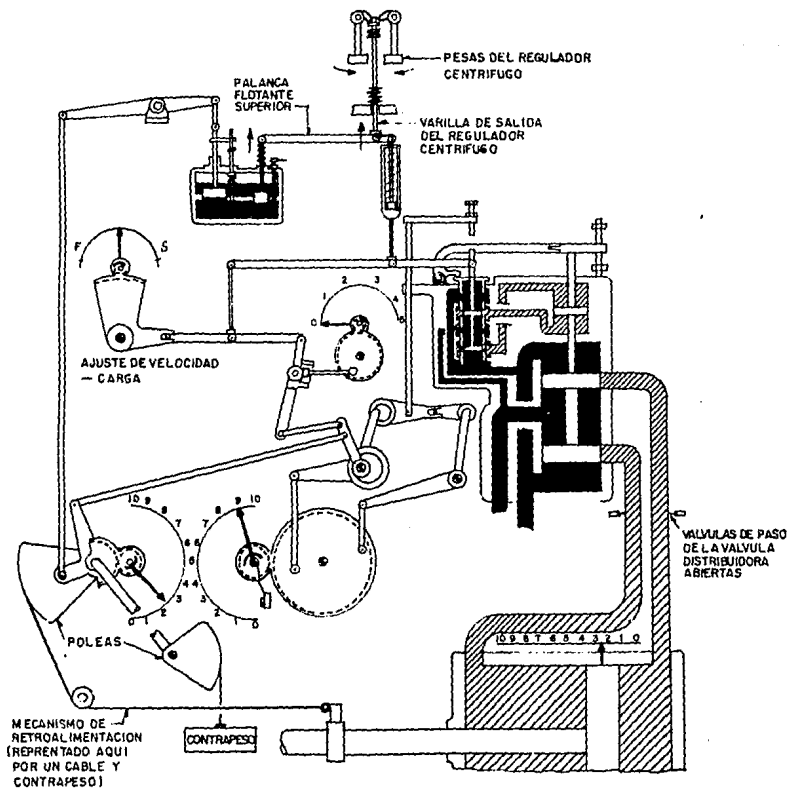


FIG. 2.7

C A P I T U L O    I I I

EL REGULADOR DE PRESION

## SECCION 1.- GENERALIDADES.

El cubículo del gobernador mostrado en el plano de la figura 2.0, contiene además del servomotor que acciona el distribuidor Fink y los dispositivos de control de éste, un sistema que regula la presión en el caracol de la turbina, y por ende en la tubería forzada, cuando ocurre un súbito cambio de carga. También si se desea puede controlar el caudal descargado por la unidad generadora, manteniéndolo constante independientemente de la demanda de energía.

Así pues, el regulador de presión puede operar de 2- modos: Como regulador o alivio de presión propiamente dicho- y como desvío síncrono. Estos dos modos de operación son se- leccionables desde el panel de control principal de la uni- dad o desde el cubículo del gobernador, mediante un disposi- tivo de transferencia.

Operando como alivio de presión, el sistema mantiene los cambios de presión en la carcasa espiral de la turbina -- dentro de los límites de seguridad; aún cuando en un rechazo de carga completa el servomotor cierre los álabes del dis- tribuidor en 8 segundos, la valvula del regulador de presión o válvula Bunguer se irá abriendo automáticamente conforme - los álabes se cierran para desalojar el exceso de agua y amgr

tiguar un poco el golpe de ariete, después irá cerrando poco a poco.

Como desvío síncrono, la unidad podrá operar normalmente al mismo tiempo que la válvula Bunguer permanece abierta, con el objeto de pasar una mayor cantidad de agua que la que se necesita para generar una potencia determinada.

Esto se hace en Cañaverál muy raras veces. Solamente cuando por algún problema el generador o la turbina no pueden desarrollar toda su potencia y se hace necesario toda el agua para abastecer a la central de Río Lindo, que como ya se ha dicho está dispuesta en cascada con relación a Cañaverál.

En otros lugares se usa el desvío síncrono para abastecer de agua suficiente a sistemas de riego, o mantener un nivel aguas abajo que no afecte la navegación mientras la demanda de energía varía.

Puede ajustarse la descarga de agua de la unidad generadora (descarga de la turbina más descarga de la válvula Bunguer) a un valor determinado. Por ejemplo si se necesitan, independientemente de la demanda de energía,  $18 \text{ m}^3/\text{seg}$  de agua en el desfogue o canal de fuga, podríamos ajustar -- las dos unidades de Cañaverál al 80% de desvío síncrono; es-

to hace que conforme la demanda de energía aumente y la turbina necesite más agua- la válvula Bunguer se va cerrando de manera que la descarga de cada unidad será de  $9 \text{ m}^3/\text{seg.}$  y viceversa, si la demanda disminuye, la válvula Bunguer se irá abriendo para mantener el caudal.

Esto será explicado detalladamente más adelante.

En la figura 2.1 podemos ver un diagrama de bloques en el que podemos distinguir los siguientes mecanismos o dispositivos, además de su interrelación:

1.- Un Limitador de la Velocidad de Traslación del servomotor del Distribuidor Fink:

Sirve en el caso en que el regulador de presión falla y no logra abrir la válvula Bunguer en un súbito rechazo de carga. Al restringir la velocidad de cierre de los álabes, los posibles riesgos de daños a la carcasa espiral de la turbina o a la tubería forzada, se ven disminuidos grandemente.

Este dispositivo consiste en un dashpot de control, un sistema de émbolos y pistones de control de carrera de la válvula distribuidora del servomotor de álabes.

2.- Un Dashpot de control del regulador de presión.

Que con un dispositivo de transferencia nos permite seleccionar el modo de operación de alivio de presión o desvío síncrono.

3.- Un Limitador del Desvío Síncrono.

Para ajustar la descarga de la unidad (la suma de -- las descargas de la turbina y la válvula Bunguer) a cual quier valor hasta la descarga máxima de la turbina.

4.- Una válvula piloto del regulador de presión.

La cual es operada mediante el dashpot de control -- del regulador de presión y sus palancas asociadas.

Esta válvula controla la válvula distribuidora del -- regulador de presión de igual manera que la del control del distribuidor Fink explicada en el capítulo II.

5.- Una válvula distribuidora del Regulador de Presión

La cual opera hidráulicamente los 2 servomotores de la válvula Bunguer.

6.- La válvula Bunguer:

La cual permite el flujo de agua necesario durante - los modos de operación de alivio de presión y desvío sín crono.

- 7.- Un mecanismo de retroalimentación. Consistente en cable- de acero, poleas y contrapesos para transmitir el movi-- miento de la válvula Bunguer a la válvula piloto y al -- dispositivo Limitador de velocidad del distribuidor Fink.

SECCION 2.- OPERACION DE LOS DIFERENTES DISPOSITIVOS

Operación del Dispositivo de Transferencia.

Hemos hablado de 2 modos de operación del Regulador- cualquiera de ellos puede ser seleccionado por el operador - de la planta mediante el uso del dispositivo de transferen-- cia; ubicado en la parte frontal del cubículo del gobernador. En la figura 3.1 se muestran el brazo de transferencia con - la esferita deslizante, la válvula de transferencia en el -- dashpot de control, la perilla de transferencia con el indi- cador y sus varillas de enlace.

La perilla de transferencia puede ser girada a la iz

quiera para opear el regulador "ahorrando agua" como alivio de presión. Si se gira hacia la derecha, el regulador estará operando como desvío sincrónico.

Durante la operación como Alivio de Presión, la esfera deslizante estará concéntrica con el brazo de transferencia, (ver fig. 3.1.) de manera pues que no habrá movimiento de la válvula piloto debido al movimiento de este brazo - cuando los álabes del distribuidor Fink se muevan, ya sea para abrir o para cerrar.

La válvula de transferencia en el dashpot de control está cerrada para un control directo del pistón pequeño debido al movimiento de los álabes.

De esta manera, la terminal inferior de la varilla de acoplamiento actúa como pivote para la palanca flotante superior del regulador de presión.

Durante la operación de desvío sincrónico, la esfera deslizante está fuera del centro del brazo de transferencia, y el movimiento de la varilla de acoplamiento opera la válvula piloto por medio de la palanca flotante superior. La válvula de transferencia está abierta para mantener el pistón pequeño del dashpot de control siempre en una posición neutral, esto con el fin de proveer un punto fijo en el cual



pivote la palanca flotante superior.

Operación del Dashpot de Control del Regulador de Presión.

Este es un dispositivo usado para operar el regulador de presión como una válvula de alivio. El pistón grande del dashpot está mecánicamente conectado con el servomotor del distribuidor Fink y puede moverse al unísono con él, una distancia proporcional.

El movimiento del pistón grande es hidráulicamente -- transmitido al pequeño, el cual se mueve, lógicamente en dirección opuesta.

Una vez que el pistón pequeño se ha movido, debido - al movimiento del pistón grande, el tiempo requerido por el resorte para hacerlo regresar a la posición central, depende del ajuste de la válvula de aguja.

Durante la operación de desvío síncrono es necesario dejar libre la transferencia de aceite entre la cámara superior e inferior del dashpot. Por esta razón se dispone de la válvula de transferencia, la cual está provista de un resorte que trata de levantarla en todo momento. Este movimiento hacia arriba es restringido por la palanca de cambio que puede verse en el esquema de la figura 3.2.

## OPERACION ESQUEMATICA DEL MECANISMO DE TRANSFERENCIA.

En la figura 3.2 se presentan 2 cortes esquemáticos del mecanismo de transferencia; sin embargo para ubicarnos - mejor es conveniente ir observando esta figura y la del plano general del gobernador en la fig. 2.0.

CORTE 1: Se muestra la posición de la perilla de transferencia, indicando que el regulador de presión operará como válvula de alivio.

Asumamos que la apertura de los álabes sea del 50% y que la válvula Bunguer está cerrada completamente.

El pistón pequeño del dashpot de control y la válvula piloto del regulador de presión están centrados; si los álabes se cierran rápidamente hasta 20% por ejemplo, debido a un rechazo de carga, el pistón grande del dashpot sube y el pequeño baja una distancia proporcional al movimiento de los álabes.

La terminal izquierda de la palanca flotante superior es levantada, forzando a la palanca flotante inferior y a la válvula piloto hacia arriba; entonces los servomotores de la válvula Bunguer comienzan a abrirla.

Debe estar claro que desde la válvula piloto hasta los servomotores, es un mecanismo hidráulico muy parecido al explicado en el capítulo II. Existe una pequeña diferencia que será explicada más adelante, por el momento no tiene importancia.

Mientras el movimiento de los servomotores se efectúa, el cable de retroalimentación tira de la terminal derecha de la palanca flotante inferior hacia arriba, mediante el eje y palancas asociadas del mecanismo de retroalimentación.

La válvula piloto de esta manera regresa a su posición central cuando la válvula Bunguer ha asumido su nueva posición de 30% de apertura, correspondiente al cierre de los álabes. Con la válvula de aguja ajustada correctamente, el pistón pequeño regresa despacio a su posición normal; el tiempo empleado en ello es el tiempo de cierre de la válvula Bunguer; así el movimiento ascendente del pistón pequeño vacerrando la válvula en el tiempo adecuado de acuerdo al ajuste de la válvula de aguja.

#### CORTE 2:

Notemos que la posición de la perilla de transferencia indica desvío síncrono: asumamos nuevamente que la válvula piloto está centrada y que el límite de desvío sincrónico está ajustado a 50%. El distribuidor permanece inmóvil en 50% de apertura, de modo que la válvula Bunguer está cerrada

completamente.

El pasador superior de la palanca de acoplamiento -- que pivota en la esfera deslizante, ha sido movida hacia -- afuera del centro del brazo de transferencia.

Según el distribuidor se va cerrando hacia el 20% de apertura (ya sea por un rechazo de carga o ajuste efectuado por el operador), el brazo de transferencia girará en el sentido de las manecillas del reloj, la palanca de acoplamiento se moverá hacia arriba, la terminal izquierda de la palanca flotante superior se moverá también hacia arriba una cantidad proporcional correspondiente al movimiento del distribuidor y consecuentemente la válvula piloto será levantada; entonces los servomotores comenzarán a abrir la válvula Bunguer. Igual que antes el cable de retroalimentación hace girar el eje de reposición o restauración; el cual mediante palancas asociadas y pivotando en el punto central de la palanca flotante inferior, empujará el carrete de la válvula piloto hacia abajo regresándola a su posición neutral.

Esto ocasiona que la válvula detenga su carrera en la posición correspondiente a 30% de apertura, manteniéndose en esta posición y también manteniéndose el caudal descargado por la unidad en 50%. (20% por la turbina más 30% por la válvula Bunguer).

La relación entre este dispositivo y el límite de -- desvío sincrónico se explicará a continuación:

#### MECANISMO LIMITADOR DEL DESVIO SINCRONICO.

Este mecanismo de control se muestra en la figura -- 3.3 esquemáticamente. Se usa para operar el eje de control -- del límite de carga visto en el capítulo anterior y el brazo de transferencia del regulador de presión para ajustar la -- descarga de la unidad a un valor determinado siempre que se opere en desvío sincronizado.

Está compuesto por una perilla de control, engranes y palancas, asociadas con el propósito de controlar la válvula piloto del regulador de presión.

En el frente del cubículo del gobernador puede verse un indicador con una aguja de color negro que indica la posi ción de ajuste, es decir la suma de los porcentajes de apertura del distribuidor y válvula Bunguer.

Girando la perilla en sentido horario, los engranes del limitador de desvío sincrónico girarán en sentido opuesto como puede verse en el esquema de la figura 3.3. El eje de control del límite de carga que está sujeto a la tensión

de un resorte en la dirección de apertura de álabes, gira - en dirección de las manecillas del reloj por medio de las -- palancas asociadas al brazo de acoplamiento entre los meca-- nismos de límite de carga y desvío sincronizado.

Cuando el ajuste del límite de desvío sincronizado - es más pequeño que el ajuste de límite de carga, el movimien-- to de los álabes será restringido por el mecanismo de límite de desvío, imponiéndose al control del límite de carga. Al -- mismo tiempo la rotación del eje de control del mecanismo -- limitador de desvío síncrono, mueve la palanca de control -- del mismo. Como la terminal izquierda de esta palanca es con-- trolada por el movimiento del servomotor del distribuidor -- Fink, la terminal derecha se mueve con función de la posi-- ción de este último y el ajuste del límite de desvío síncro-- no. La terminal derecha de esta palanca de control mueve el-- carrete de la válvula piloto del regulador de presión, me-- diante la varilla conectora, el eje de control del regulador de presión, el brazo de transferencia y sus palancas flotantes asociadas.

Si el porcentaje de apertura del distribuidor es el-- mismo que el ajuste de límite de desvío, la varilla conec-- tora de este mecanismo permanece en su posición normal y no ha-- brá movimiento de la válvula piloto.

Cuando el ajuste del límite de desvío sincronizado es mayor que el porcentaje de apertura del distribuidor (los álabes son controlados por el límite de carga o el ajuste de velocidad - carga), la terminal derecha de la palanca de control del límite de desvío se mueve hacia abajo, entonces los servomotores de la válvula Bunguer se mueven. El mecanismo de retroalimentación detiene la carrera de los servomotores en la posición correcta para la apertura de álabes actual y para el ajuste del límite de desvío sincronizado, con el fin de ajustar la descarga de la unidad al porcentaje requerido e indicado por el ajuste del limitador de desvío síncrono.

#### OPERACION ESQUEMATICA DEL MECANISMO LIMITADOR DE DESVIO SINCRONIZADO.

Asumiendo que la perilla de transferencia indica -- "Desvío Sincronizado" y refiriéndonos a la figura 3.3 veremos en los siguientes cortes esquemáticos la operación de este importante mecanismo.

#### CORTE 1

Asumamos que la posición o ajuste del límite de carga es 80% y el límite de desvío síncrono es 50%. Los álabes han sido movidos al 50%. En este caso la terminal derecha de

la palanca de control se encuentra en su posición original. El carrete de la válvula piloto está centrado y el regulador de presión está completamente cerrado.

CORTE 2.

Girando la perilla de control en sentido horario hasta que el indicador de límite de desvío marque 80%, lograremos que el engrane del límite de desvío gire en sentido opuesto; el eje de control del límite de carga girará en sentido horario por medio del brazo de acoplamiento entre los mecanismos limitadores de carga y desvío sincronizado y la varilla de acoplamiento.

Recordar que el eje de control del límite de carga - está sometido a la acción de un resorte que lo obliga a girar en la dirección de apertura.

Si el ajuste de velocidad-carga no es operado para - abrir el distribuidor Fink, los álabes abrirán hasta un 80%. Al mismo tiempo, la varilla de control del límite de desvío-baja, forzando la terminal derecha de la palanca de control-hacia abajo.

El movimiento de los álabes bajará la terminal iz---



quierda y entonces no habrá cambio en la posición de la terminal derecha de la palanca de control, por lo que el regulador de presión permanecerá cerrado y los álabes en 80% de apertura.

CORTE 3. Girando la perilla de control del límite de carga en contra de las manecillas del reloj hasta que indique 50%, los álabes cierran, la terminal izquierda de la palanca de control se levanta por medio de las palancas del mecanismo de retroalimentación del servomotor de álabes; la terminal derecha baja al girar el eje de control del regulador de presión en contra de las manecillas del reloj; esto hace que el brazo de transferencia gire en el mismo sentido y levante la palanca de acoplamiento con el dashpot de control. (El movimiento del pistón grande no se transfiere al pequeño porque la válvula de transferencia está abierta) Entonces la válvula piloto, al ser levantado el carrete, comienza a abrir la válvula Bunguer; cuando esta abre, el eje de retroalimentación que está conectado por cable a los servomotores, gira y vuelve a centrar el carrete de la válvula piloto mediante la palanca flotante inferior. Así la válvula Bunguer abrirá hasta un 30% (Recordar que los álabes fueron cerrados al 50% mediante el límite de carga y el límite de desvío se mantiene en 80% en los cortes 2 y 3).

CORTE 4.

Girando la perilla de control del límite de carga hacia 0% los álabes cerrarán hasta la posición de velocidad nominal sin carga y el regulador de presión abrirá hasta el 80% aproximadamente. Tomar en consideración que como no se movió el ajuste del límite de desvío sincrónico, el punto central de la palanca de control actúa como pivote. Si ahora giramos la perilla de control del límite de desvío hasta que indique 0% el punto pivote mencionado anteriormente se desplazará hacia arriba, levantando la palanca de control que pivotará en su terminal izquierda, esto causará que los servomotores cierren la válvula Bunguer. El tiempo de cierre deberá ser un tanto largo, para ello se ha previsto un tren de engranes en la perilla de control; sin embargo, el operador deberá girar esta perilla despacio, pues el dashpot de control, que en la operación de alivio de presión era el encargado de regular el tiempo de cierre, mediante la válvula de aguja, está fuera de servicio debido a la apertura de la válvula de transferencia. Ver figura 3.2 para una mejor visualización de este último detalle.

DISPOSITIVO LIMITADOR DE LA VELOCIDAD DE LA APERTURA Y CIERRE DEL DISTRIBUIDOR FINK:

Este dispositivo está arreglado de tal manera que puede

da restringir la velocidad de traslación del servomotor del distribuidor en caso de falla del regulador de presión.

Las figuras No. 3.4 y 3.5 nos darán una idea clara de como funciona este dispositivo; que consta de un conjunto de pistones restrictores ensamblados en la válvula distribuidora del distribuidor Fink que limitan la carrera de esta última y un dashpot y un pistón de control. Refiriéndonos a la figura 3.4; la presión de aceite a  $20 \text{ kg/cm}^2$  entra al pistón de control y el aceite es confinado en el área "P" entre los 2 puertos del émbolo.

Cuando el pistón de control se mueve hacia arriba debido al pistón pequeño del dashpot de control, el área bajo el pistón restrictor superior de la válvula distribuidora está abierta hacia el tanque de sumidero del sistema de aceite a presión; permitiendo caer al pistón restrictor. El pistón restrictor inferior es mantenido abajo mediante la presión de aceite. Así las cosas el movimiento hacia abajo de la válvula distribuidora no está limitado por el pistón restrictor superior y los álabes pueden moverse rápidamente en la dirección de cierre.

Si el pistón de control es recentrado el flujo de aceite presurizado es dirigido hacia la parte inferior del

pistón restrictor superior, levantándolo y limitando así la carrera hacia abajo de la válvula distribuidora, lo cual hace que la velocidad de cierre del distribuidor Fink sea restringida.

Al limitar su carrera, se restringe el área de sus puertos por lo que el aceite a presión no fluirá en la misma cantidad al servomotor de álabes; esta diferencia en caudal de aceite hará que la velocidad de cierre de los álabes sea más lenta.

Cuando el émbolo de control es movido hacia abajo, el aceite en la parte de arriba del pistón inferior es drenado a tanque a través de uno de los puertos del émbolo de control; entonces la carrera de la válvula distribuidora no ha sido restringida y los álabes podrán abrir a su velocidad normal. Pero si el émbolo de control es recentrado, el aceite a presión atrapado en la cámara de abajo del pistón superior impedirá que el pistón superior descienda limitando la carrera descendente de la válvula distribuidora, con lo que se logra que la velocidad de cierre sea lenta.

La operación correcta del émbolo de control está a cargo de el dashpot de control del dispositivo limitador; el cual puede verse en la figura 3.5 y su funcionamiento se explica a continuación.

DASHPOT DE CONTROL DEL LIMITADOR DE LA VELOCIDAD DE APERTURA  
Y CIERRE DE ALABES:

Como se dijo antes este dispositivo se usa para operar correctamente el émbolo o pistón de control del limitador de velocidad. La construcción es similar a la del dashpot de compensación amortiguación del que hablamos anteriormente, tanto para el regulador de presión como para el servo motor de álabes; excepto por el pistón de tamaño intermedio.

El pistón grande está conectado mecánicamente con -- los servomotores del regulador de presión, a través del eje, cable y poleas de retroalimentación y se mueve al unísono con ellos una carrera proporcional. El pistón mediano está - conectado directamente a la válvula distribuidora del servomotor de álabes, moviéndose exactamente la misma distancia.

El pistón pequeño, el cual es centrado por un resorte es movido hidráulicamente por los movimientos de los o---tros dos pistones pero en dirección opuesta. Cuando la válvula distribuidora del servomotor de álabes se mueve, el pistón pequeño es movido hidráulicamente por el pistón mediano. Como el pistón de control se mueve por medio de la palanca - de control, pivotando en su extremo izquierdo (ver figura 34) el conjunto de pistones limitadores de la carrera de la vál-

vula distribuidora no restringen dicha carrera. Una vez que el pistón pequeño del dashpot de control se mueve, la fuerza del resorte lo regresará a su posición central en el tiempo requerido, dependiendo del ajuste hecho a la válvula de aguja. El regulador de presión se moverá de acuerdo al movimiento de los álabes como se describió al principio de este capítulo; entonces el pistón pequeño es mantenido fuera de su centro durante el tiempo que el regulador de presión continúa moviéndose a velocidad normal (Recordar que la velocidad de cierre o apertura de álabes se limita al recentrar el pistón pequeño).

Si el movimiento del regulador de presión es detenido, el pistón pequeño rápidamente retornará a la posición central, debido a la acción del resorte. Entonces el tiempo de cierre o apertura de álabes cambiará de un rango rápido a uno más lento.

#### OPERACION ESQUEMATICA DEL LIMITADOR DE VELOCIDAD DEL SERVOMOTOR DE ALABES.

Un diagrama esquemático presentado en cortes se muestra en la figura 3.4 funciona exactamente lo mismo tanto para el modo de alivio de presión como desvío sincrónico. Veamos a continuación los 4 cortes esquemáticos.

CORTE 1. Asumamos que los álabes están abiertos al 50% y que el regulador de presión está completamente cerrado. La válvula piloto, y la distribuidora del servomotor de álabes están centrados, el émbolo de control del Limitador y el pistón pequeño del dashpot de control está también centrado. De esta manera el aceite presurizado fluye hacia los 2 pistones limitadores de la carrera de la válvula distribuidora, - manteniéndolos en sus posiciones extremas. Como se verá más adelante el ajuste del tiempo de apertura o cierre del distribuidor Fink, en su rango rápido (velocidad normal) se hace - con las tuercas y contratueras de los espárragos en el brazo tope de la válvula distribuidora (ver figura 3.4) El rango lento (velocidad restringida) se ajusta variando la distancia entre los pistones y los topes superior e inferior en el buje limitador el cual está enroscado al vástago de la -- válvula distribuidora del servomotor de álabes.

CORTE 2.- Supongamos que en un momento dado, la carga que está llevando la turbina se ve disminuida abruptamente; un movimiento hacia abajo de la válvula piloto del servomotor de álabes causará que la válvula distribuidora baje. - Al mismo tiempo, el pistón mediano que está rígidamente unido al brazo tope de la válvula distribuidora, se mueve hacia abajo, empujando al pistón pequeño hacia arriba; de esta manera el pistón de control es levantado a través de la palanca de control, pivotando en su extremo izquierdo. El aceite-

a presión debajo del pistón superior es drenado a tanque permitiendo que la válvula distribuidora descienda hasta que el brazo tope se apoye en las tuercas y contratuercas de ajuste del rango rápido.

La carrera ascendente estará en este momento limitada, pues la presión de aceite opera sobre la cara superior del pistón inferior; pero no lo estará por mucho tiempo.

CORTE 3 Como los álabes deberán cerrar rápidamente (rango -- rápido) el regulador de presión deberá abrir mediante el sistema de control explicado antes. El eje de retroalimentación rota en contra de las manecillas del reloj por medio del cable unido a los servomotores; entonces mediante la manivela provista a la tercera parte del eje de retroalimentación (ver plano general vista en planta del gobernador en la figura 2.0) el pistón grande del dashpot de control es -- obligado a bajar. Si la válvula de aguja está ajustada co---- rrectamente, este movimiento hacia abajo causará que el pistón pequeño permanezca arriba de su centro. Consecuentemente, los álabes permanecerán cerrando en su rango rápido hasta -- que la apertura necesaria se haya obtenido.

CORTE 4. Cuando los álabes se han cerrado hasta que su apertura es de 20% (el regulador de presión está abierto 30%) asumamos que el regulador de presión, por -- alguna causa falla en su operación. El movimiento del eje de



retroalimentación y el pistón grande se detienen, el pistón-pequeño retorna a su posición central rápidamente debido a la acción del resorte, entonces el émbolo de control es re-centrado. La válvula distribuidora es forzada hacia arriba por el pistón superior cambiando el tiempo de cierre del rango rápido (velocidad no restringida) al rango lento (velocidad de cierre de álabes restringida) Entonces los álabes cerrarán despacio desde el 20% de apertura en adelante.

### SECCION 3.-AUXILIARES DEL GOBERNADOR.

#### 1.- Indicadores de posición y perillas de control.

En la parte frontal del gobernador podemos apreciar los siguientes indicadores y controles:

- a) Tacómetro
- b) Ajuste de velocidad - carga
- c) Ajuste del Estatismo
- d) Límite de carga e indicador de posición de álabes.
- e) Límite de Desvío Sincronizado.

Adicionalmente podemos mencionar que los botones de parada de emergencia y reposicionador, el indicador de carrera del servomotor y el interruptor para el suministro de - -

energía eléctrica están también ubicados en el cubículo del gobernador.

## 2.- Mecanismo de Ajuste de Velocidad y Estatismo.

El ajuste de velocidad es usado para cambiar la velocidad o carga de la máquina según se explicó en el capítulo I, por medio del movimiento de la terminal izquierda de la palanca del cambiador de velocidad. El extremo derecho de la palanca está conectado al mecanismo de ajuste del estatismo.

El operador usa la perilla del ajuste de velocidad para sincronizar el generador a la red, puesto que con ello logra aumentar o disminuir las rpm hasta que éstas hagan que el generador esté en fase con la red y pueda cerrarse el interruptor de unidad; y tal como se explicó en el capítulo I, una vez puesta la máquina en línea, la carga podrá ser tomada aumentando el ajuste de velocidad.

Cuando el ajuste estatismo es puesto en cero (gobernador isocrónico) la esfera deslizante o rótula del mecanismo es concéntrica con el eje de rotación del brazo de control.- Así las cosas, cuando los álabes abran o cierren, la palanca de control del ajuste de velocidad moverá su extremo derecho, esto causará que la válvula piloto no sea movida únicamente

por el regulador centrífugo, y la máquina podrá repartir la carga que estaba llevando, con otras unidades, si está conectado al sistema; u operando aislada modificaría la velocidad de giro siguiendo las curvas de velocidad versus carga, de que se habló en el capítulo I.

Para estudiar el efecto de este mecanismo sobre la válvula piloto referirse a la figuras 2.1 a 2.5.

3.- Motores de Control: El gobernador está provisto de 3 motores para el control remoto del ajuste de velocidad, límite de carga y límite de desvío sincrónico, desde el panel de control general de la planta. Estos motores pueden verse en el plano de la figura número 2.0 cortes AA, BB y CC.

Tienen acoplado un reductor de engranes y un embrague automático para cuando sea necesario operar manualmente.

Es decir al manipular las perillas del cubículo del gobernador, automáticamente se desacopla el motor, pero al operar el motor desde el panel de control el embrague conecta al motor con el mecanismo en cuestión. Sus características principales son las siguientes:

Voltaje: 125 V. DC	Marca Toshiba
Potencia: 20 W	Tipo C G S
Amperaje 0.49 A	No. de polos: 2
Tiempo de operación 10 min.	La nomenclatura usada pa
Relación del reductor 1120/1	ra los Motores es: 65M -
Velocidad 9350rpm	Ajuste de velocidad-car-
Excitación serie doble	ga.
	77M Límite de carga
	77FM Límite de Desvío --
	sincrónico.

Hay varios interruptores de fin de carrera en el circuito eléctrico de los motores, los cuales pueden ser ajustados independientemente manipulando una leva que abre o cierra sus contactos en cualquier punto de ajuste deseado.

4.- Transmisiones tipo Selsyn El gobernador posee 3 transmisores para la indicación remota de la posición de el límite de Desvío Sincrónico: Los receptores son indicadores también Selsyn por supuesto, montados en el panel de control principal de las unidades.

Estos transmisores pueden ser localizados en el plano de la figura 2.0.

cortes AA, BB y CC

Sus características son las siguientes:

Marca: Toshiba

Tipo: A

Forma N-11B

Voltaje 115VAC

Corriente 0.3A

Frecuencia 60 HZ

SU NOMENCLATURA ES COMO SIGUE

GVT Transmisor Indicador apertura de álabes.

GVR Receptor

LLT Transmisor indicador Límite de carga

LLR Receptor

FLT Transmisor indicador Límite de desvío sincronizado

FLR Receptor

### 5.- Interruptores de posición de apertura del servomotor.

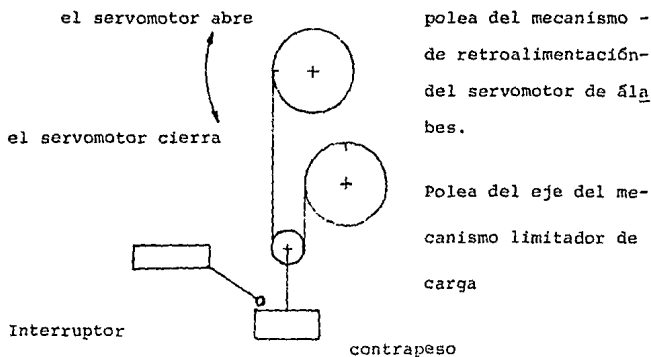
Estos interruptores así como los del Regulador de -- presión son accionados por medio de una leva que a su vez - es movida por un engrane y cremallera conectados mecánicamente al mecanismo de retroalimentación de la posición del servomotor de álabes, que puede verse en el corte AA del plano - de la figura 2.0 en la parte superior izquierda. Estos interruptores son del tipo de contacto de mercurio.

Interruptor	OPERACION
33-a	Cierra desde la apertura de velocidad sin carga (aprox. 8.5%) a cierre completo de álabes. Paro completo de unidad, relevador 5 C.
33 b	Abre al cierre completo de álabes Paro completo, relevadores 5C, 65SD
33 c	Cierra al cierre completo de álabes No permite aplicar los frenos mientras los álabes no estén cerrados completamente.
33 d	Abre al cierre completo de álabes. Permite el restablecimiento del cuadro de alarmas de la unidad.

## 6.- Interruptor de ajuste del límite de carga:

Cuando la posición del servomotor es la máxima que el límite de carga permite, un interruptor abre su contacto impidiendo que el motor de ajuste de velocidad-carga opere para aumentar el nivel de velocidad:

El interruptor 33-e se encarga de esta operación y funciona por medio de un contrapeso que tiene una pequeña polea. El extremo de un cable está fijo a la polea del eje del mecanismo limitador de carga; el contrapeso cuelga del cable cuyo otro extremo está fijo al mecanismo de retroalimentación del servomotor de álabes. Cuando la apertura de álabes es menor que el límite de carga, el contrapeso tira del cable y el interruptor está cerrado. Al igualar la apertura del servomotor al límite de carga, el cable tira del contrapeso y éste abre el interruptor.



DISPOSITIVOS DE PARO DE LA UNIDAD:

Hay dos paros de la unidad a considerar.

Paro Parcial: La unidad generadora es puesta fuera de línea pero queda girando a velocidad normal sin carga. Las condiciones para que esto suceda son las siguientes:

- Falla en el transformador de unidad, Relé 49T
- Temperatura alta en el rotor del generador, Relé 49GX
- Operación del relevador diferencial de barra, Relé 87B
- Sobrevelocidad de 115%, Relé mecánico 12MA

PARO COMPLETO: La unidad generadora es puesta fuera de línea los álabes son cerrados completamente y la -- válvula de guardia se cierra. Las causas pueden ser las siguientes:

- Operación del relevador diferencial del generador 87G
- Operación del relevador diferencial de Unidad 87U
- Operación del relevador detector de tierra en el generador 59G
- Descarga de CO<sub>2</sub> en el generador por el equipo contra incendio, Relé 63C
- Disparo manual de emergencia, botón pulsador ES



Sobrevelocidad de la unidad al 140% de la nominal, Relé mecánico 12-1.

Operación del relevador Buchholz 63B

Alta temperatura en cojinetes guía y de empuje 38GT, 38GUG, 38GLE, 38TGB.

Baja presión de aceite en el tanque de presión 63Q<sub>2</sub>

El mecanismo del gobernador recibe las órdenes eléctricas para efectuar, ya sea un paro completo o parcial mediante las válvulas solenoide de paro 65SD y 65S, la primera es de paro completo y la segunda de paro parcial. La válvula solenoide de paro completo tiene 2 solenoides con sus respectivos interruptores de posición.

Estos interruptores de posición son accionados hidráulicamente, su ubicación puede verse en el corte BB del plano mostrado en la Fig. 2.0

La ubicación de la válvula solenoide puede verse en el corte CC. La válvula solenoide de paro parcial es de un solo solenoide y se repone automáticamente al restablecer las condiciones normales de operación.

Las válvulas de paro, ya sea completo o parcial pue--

den ubicarse en el corte AA y vista en planta de la figura 2.0, estas válvulas accionadas hidráulicamente por las válvulas solenoide, tiran de las varillas de paro para hacer girar el eje de paro en su sentido horario, obligando a cerrar los álabes mediante el mecanismo de límite de carga hasta la posición de velocidad sin carga o cierre completo, dependiendo si se trata de paro parcial o completo respectivamente.

Cuando una o varias de las condiciones para que ocurra un paro completo se presenta al estar operando la unidad generadora, o cuando se pulsa el botón de paro de emergencia, el solenoide de disparo 65--SDT hace que la válvula solenoide drene a tanque el aceite a presión que en operación normal, forzaba hacia arriba la cara inferior del pistón de la válvula de paro completo. El resorte que se apoya en la cara superior del pistón, hace que este baje rápidamente tirando del extremo izquierdo de la palanca de paro completo, su extremo derecho tira de la varilla que hace girar el eje de paro. Mientras tanto, algo similar sucede con el cilindro hidráulico operador de los interruptores de posición de las válvulas de paro, el interruptor cambia de posición para permitir el restablecimiento del sistema.

Cuando se reestablecen las condiciones normales, es necesario reponer la válvula de doble solenoide 65SD pulsando

do el botón que para tal fin está ubicado en el frente del cubículo del gobernador. Con ello se logra energizar el solenoide 65SDR, el cual enclava la válvula solenoide en la posición normal, así el aceite a presión regresa a la válvula de paro y al cilindro hidráulico operador de los interruptores de posición, restableciendo las posiciones normales de operación; es decir el extremo izquierdo de la palanca de paro levantado y el interruptor en la posición listo para un paro de emergencia.

La operación de la válvula de simple solenoide para el paro parcial es similar excepto que no tiene interruptores de posición y que no cierra los álabes completamente, -- pues la varilla de paro está ajustada para que mediante el límite de carga, el servomotor cierre los álabes hasta una apertura de 27 a 30 mm, lo cual corresponde a la posición de velocidad normal sin carga.

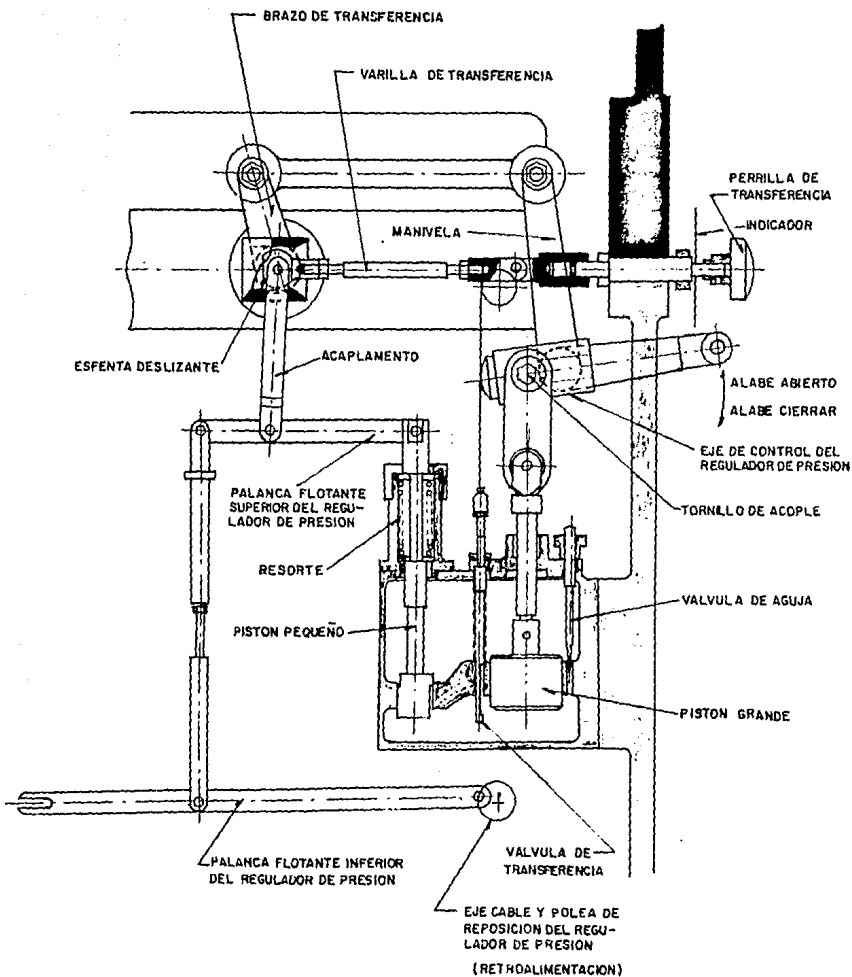


FIG. 3.1

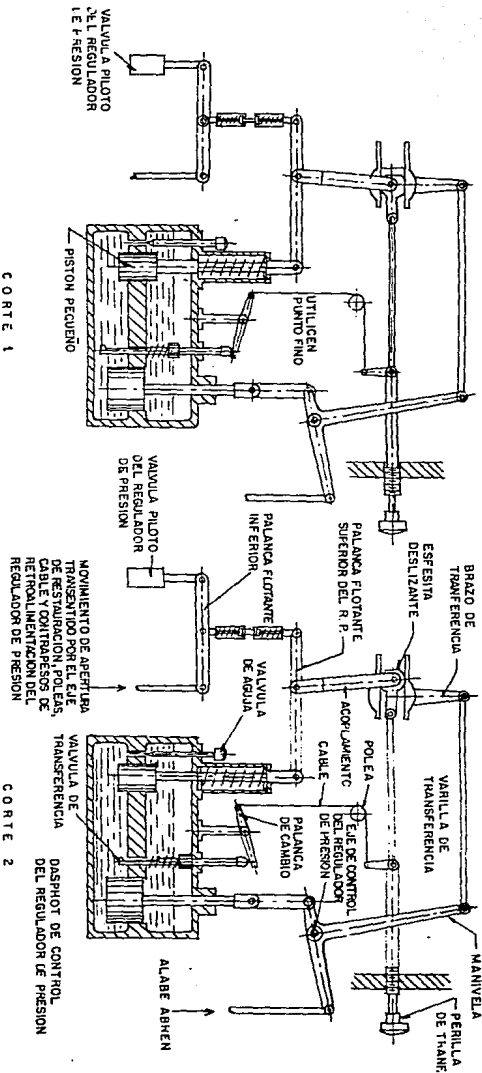
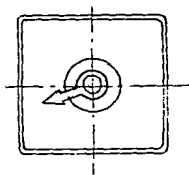
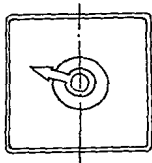


FIG. 3.2



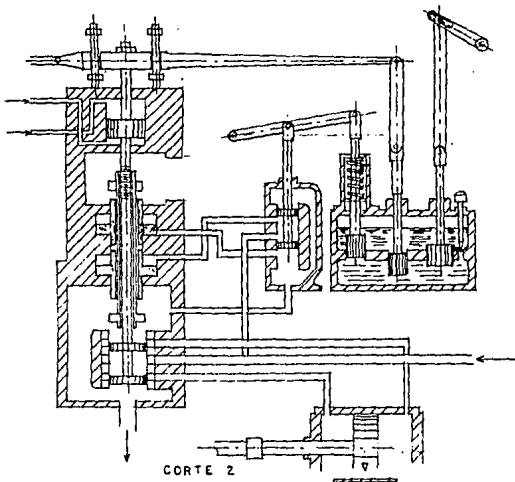
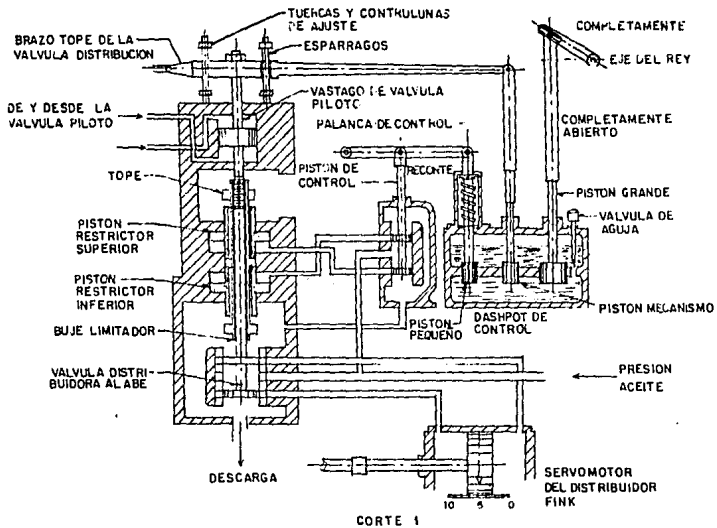
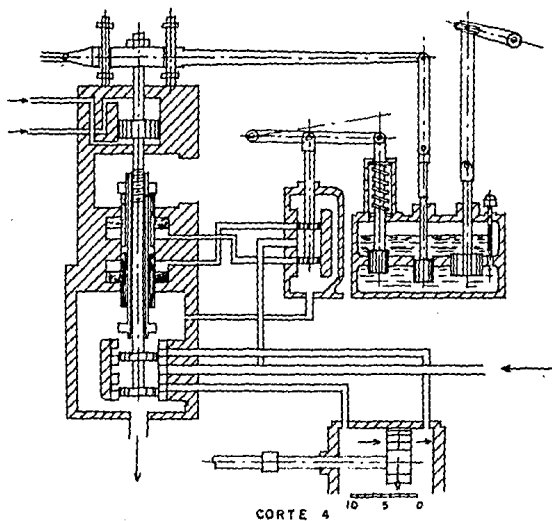
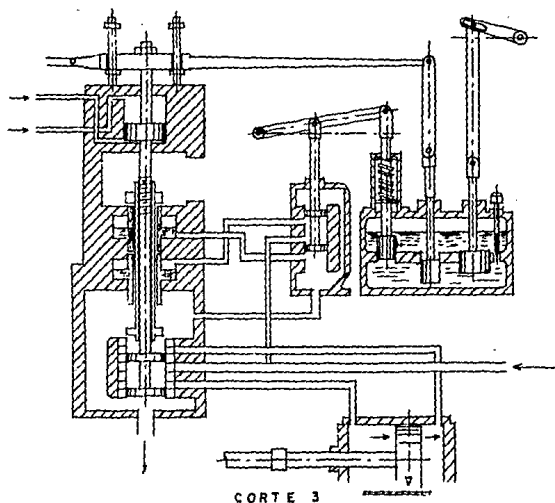


FIG. 3.4-A



CORTE 4



CORTE 3

FIG. 3.4- B



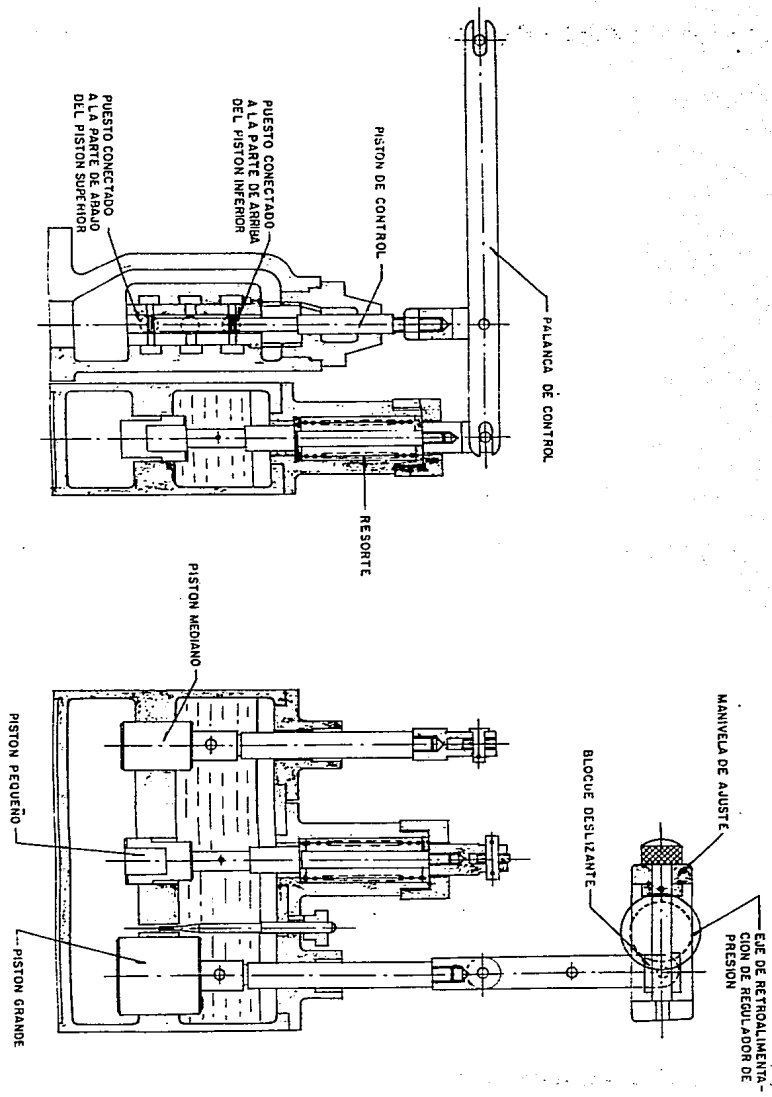


FIG. 3. 5

C A P I T U L O   I V

MANTENIMIENTO, INSPECCION Y AJUSTES AL GOBERNADOR  
DE LAS UNIDADES GENERADORAS DE CAÑAVERAL.

MANTENIMIENTO, INSPECCION Y AJUSTES AL GOBERNADOR  
DE LAS UNIDADES GENERADORAS DE CAÑAVERAL.

SECCION 1.

Cada año, el Programa General de Mantenimiento de -- las Unidades de Cañaveral, contempla una inspección al gobernador. Estas inspecciones sólo tienen la finalidad de determinar el momento oportuno para hacer un mantenimiento de partes gastadas de todos los dispositivos que están sujetos a - deterioro por el uso continuo. Así se pretenden intervenir - los dispositivos siguientes:

- a) Regulador centífugo y palancas de acoplamiento asociadas.
- b) Válvula piloto para control del Distribuidor Fink
- c) Válvula piloto para control del Regulador de Presión
- d) Válvulas distribuidoras del Regulador de Presión y del - Distribuidor.
- e) Dashpot de compensación del Distribuidor Fink
- f) Dashpot de control para el Regulador de Presión
- g) Dashpot de control para el dispositivo limitador de velocidad de apertura y cierre del Distribuidor Fink.
- h) Válvulas de paro parcial y paro completo (65 SD y 65 SNL)
- j) Transmisores-Receptores Selsyn para indicadores remotos-  
de posición y limite de álabes, y límite de desvío sincrónico.

- k) Motores de control
- l) Motor del gobernador
- m) Interruptores de fin de carrera
- n) Sello de la válvula del Regulador de Presión
- ñ) Servomotores del Regulador de Presión y Distribuidor - -  
Fink

Este último mantenimiento será ejecutado muy ocasionalmente, pues el desarmar el sermotor del distribuidor para mantenimiento implica un trabajo de mantenimiento de por lo menos 2 días, debiéndose coordinar esto con el Departamento de Despacho de carga, quien deberá proporcionar las fechas - en que este mantenimiento pudiera ser posible, dado el alto índice de sollicitación de carga a que se ven sometidas las - unidades de Cañaverál durante las 24 horas del día.

Así las cosas, una revisión o inspección al gobernador cada año nos permitirá 3 situaciones posibles:

- 1.- Que el gobernador se encuentre en funcionamiento aceptable de acuerdo a cierto patrón.
- 2.- Que el funcionamiento del gobernador caiga fuera de las normas establecidas de tal manera que el desgaste de sus partes constitutivas pueda ser contrareestado con ajustes de compensación.

- 3.- Que el funcionamiento del gobernador sea tan inestable - que necesite un mantenimiento completo.

Normalmente las 2 situaciones mencionadas primero -- son las que se presentan. - Desde el punto de vista de confiabilidad del sistema interconectado y tomando en cuenta la parte económica, hemos determinado permitir un sólo ajuste - al gobernador antes de un mantenimiento completo, además se deberá monitorear su funcionamiento cada 3 meses para determinar si es factible o no que siga operando hasta el siguiente período de mantenimiento contemplado en el programa general. Llegado este período se efectuará este mantenimiento interviniendo todos los dispositivos mencionados antes. Nótese que la inspección se hace 15 días antes del período de mantenimiento programado, para poder planificar correctamente deser éste necesario.

La inspección anual comprende las actividades si---- guientes:

- Verificaciones con la unidad en línea
- Verificaciones con la unidad fuera de línea, pero a velocidad normal.
- Verificaciones con la unidad completamente parada.

El tiempo estimado es de 24 horas como máximo y el personal que interviene en estas inspecciones es el siguiente:

Por parte del Departamento de Mantenimiento:

- 1 Ingeniero Supervisor de mantenimiento
- 1 Mecánico categoría A
- 1 Electricista categoría B

Por parte del Departamento de Operación

- 1 Supervisor de Operación
- el operador de la central y
- el maquinista de la central

#### 1.1 Verificaciones con la Unidad en línea:

##### 1.1. Condiciones necesarias

- a) Coordinar con el Departamento de Despacho de carga que de ser posible Honduras esté fuera del sistema interconectado. Esto con el fin de reducir el tamaño del sistema y -- que la unidad en prueba sea más significativa para éste. (Esto solamente para la primera parte de la prueba). Dadas las condiciones del sistema actual, en que Cañaveral es solicitado al máximo durante la mayor parte del día, - esta condición será un poco difícil de satisfacer; sin em

bargo si se solicita unos días antes y se programa para un ~~sábado~~ o domingo entre las 22:30 y las 03:30 hrs., no debería existir ningún problema. Despacho deberá estar enterado que la unidad en prueba será la reguladora de frecuencia.

- b) El regulador de Presión deberá estar en el modo Alivio de Presión.
- c) El límite de Desvío Sincronizado en 100%
- d) El ajuste de velocidad en cero.
- e) El porcentaje de regulación de velocidad o estatismo en cero.
- f) El límite de carga en 100%
- g) El servicio propio de la planta deberá estar conectado a la unidad en prueba.
- h) De preferencia el embalse de regulación de la planta Río Lindo deberá estar lo más alto posible (482.50 m.s.n.m.) Esto con el fin de que esta central opere lo más eficientemente posible a plena carga de ser necesario. Coordinar esto con Despacho pues serán ellos los que decidan la carga de Río Lindo durante la prueba.- Es de hacer notar que Río Lindo y Cañaveral están en cascada.
- i) Todas las condiciones para la operación normal de la unidad deberán ser por supuesto satisfechas.

1.1.2 Puntos a verificar: - Desviación de la frecuencia con

las variaciones de carga en el sistema.

-Operación del Regulador de Presión en un rechazo de carga.

1.13 Instrumentos y herramientas: Frecuencímetro capaz de leer variaciones de 0.1 Hz preferiblemente de voltaje de alimentación a 110V.

-Herramientas comunes de electricista y una extensión de 6m.

-Multímetro

-2 radios portátiles.

1.1.4 Instrucciones: A.- Desviación de la frecuencia con cambios de carga en el sistema.

A1- Cuando Despacho avise que la interconexión está abierta y que podemos proceder, se pondrá la máquina en prueba de acuerdo con Despacho por supuesto- al 50% de carga.

A2- Siempre en comunicación por radio con el operador de la planta, llevar el ajuste de velocidad a cero y el límite de carga a 100% -cuidado-, si el dispositivo de ajuste de velocidad no está en cero, sino un porcentaje - -



arriba de cero (aunque el puntero marque) al llevar el límite de carga a 100%, la máquina tenderá a tomar carga (Cañaveral siempre opera con gobernador bloqueado, esto será explicado más adelante) Por el contrario si está abajo de cero tenderá a rechazar carga. Así que es necesario buscar por tanteo ese punto cero.

- A3- Llevar el ajuste del estatismo a cero % para que la unidad en prueba sea la que controle frecuencia, pues las otras centrales de Honduras tendrán estatismos entre 5- y 7%.
- A4- Conectar el frecuencímetro al tomacorriente más cercano para determinar la frecuencia de la red. Regístrese este dato para el reporte.
- A5- Por medio del radio portátil ordenar al operador de la central que rechace carga con la unidad que no está en prueba a razón de 1MW cada...5 seg. aproximadamente. -- Anotar la variación de la frecuencia para el reporte. - Cada megavatio rechazado deberá ser absorbido sin ninguna dificultad por la unidad en prueba. Repetir de ser necesario esta prueba. Hacer lo mismo con aceptación de carga por parte de la unidad que no está siendo objeto de verificaciones.

A6- Si estas pruebas resultaran satisfactorias se observará el comportamiento del gobernador desde el punto de vista de la habilidad para recuperarse de un disturbio. Para ello se rechazarán de manera abrupta 5 MW de común acuerdo con Despacho. Utilizando la máquina que no está en prueba hacer que la otra lleve 5 MW (para fines de estabilidad un rechazo del 30% es suficiente), seguidamente disparar el interruptor de unidad y tomar nota de la desviación inicial de la frecuencia (servicio propio conectado a la unidad en prueba y el regulador de voltaje automático en funcionamiento correcto).

Si después de 6 oscilaciones el gobernador no restablece la frecuencia a un ancho de banda de 0.4 Hz ( $60 \pm 0.2$  Hz) disparar de emergencia la unidad y transferir el servicio propio a la otra máquina. (Sólo en caso de que las oscilaciones no se amortigüen con la suficiente rapidez. Si se nota que las oscilaciones aumentan, no esperar a 6 oscilaciones, disparar la unidad inmediatamente). Anotar las observaciones necesarias para el reporte.

De cualquier forma, tomar el tiempo de restauración de frecuencia y la desviación de ésta una vez transcurrido el transiente.

B- Operación del Regulador de Presión: Será una revisión de su funcionamiento en general, que se puede efectuar simultá-

neamente con la toma de desviación de frecuencia si se dispone de personal suficiente. Como la válvula Bunguer o mejor dicho el Regulador de Presión está operando en el modo "Alivio de Presión", debemos verificar que la presión en el caracol no aumente demasiado. Con rechazo de carga de 30% la presión no debería subir más de 10%; así que una persona deberá registrar los aumentos y decrementos de presión y comunicarlos por radio al supervisor de mantenimiento. Este incremento de presión deberá aparecer en el reporte.

Las pruebas con la unidad en línea han concluido con esto, así que se deberá avisar a Despacho para que cierre la interconexión. Para ello deberá sincronizar con Nicaragua y ordenará a Río Lindo, Cañaverál ó Míspero modificar la frecuencia de nuestro sistema, (esto depende de las preferencias de cada despachador de carga y de las potencias desarrolladas en ese instante por cada central). Si el gobernador en prueba demuestra estar en condiciones satisfactorias de operación y Despacho ordena que sea cañaverál quien regule la frecuencia, el estatismo deberá ser mantenido en cero, caso contrario deberá ajustarse a 2% en el momento en que el sistema esté más estable. Una vez cerrada la interconexión, se deberá avisar a Despacho que la unidad saldrá de línea para el siguiente período de pruebas. De ahí en adelante Despacho no podrá contar con la máquina hasta el fin de la inspección.

1.2 Verificaciones con la Unidad fuera de línea a velocidad-Nominal.

1.2.1 Condiciones a satisfacer:

- a) Estatismo en cero
- b) Indicador del ajuste de velocidad en cero
- c) Regulador de voltaje en automático (máquina exci-  
tada).
- d) Servicio propio conectado a la unidad en prueba.
- e) Límite de carga en 15%

1.2 Verificaciones con la Unidad fuera de línea a velocidad nominal.

1.2.2 Puntos a verificar:

- a) Variación de la frecuencia
- b) Posición de servomotor a velocidad nominal sin  
carga.
- c) Oscilaciones del servomotor y tiempo de restau-  
ración después de una perturbación.
- d) Vibración del regulador centrífugo de velocidad.

1.2.3 Instrumentos a usar:

- a) Frecuencímetro
- b) Micrómetro de carátula con base magnética
- c) Cronómetro

1.2.4 Instrucciones:

- a) Variación de la frecuencia: Con el ajuste de velocidad en cero, la frecuencia debería ser  $60 \pm 0.2$  Hz; recordar que el generador está supliendo únicamente la carga de la central (servicio propio), así que este dato puede ser tomado directamente del frecuencímetro.
  
- b) Posición del servomotor a velocidad nominal sin carga. El servomotor tiene una escala donde puede leerse directamente su posición en mm. Dependiendo de la eficiencia de la máquina y de la altura ó nivel del embalse (Bocatoma), el servomotor alcanzará una posición de  $25 \pm 2$  mm. Regístrese este dato para el reporte.
  
- c) Oscilaciones del servomotor y tiempo de restauración  
Con el límite de carga en 15% provocar una perturbación empujando el carrete de la válvula piloto hacia arriba por un instante. El servomotor deberá oscilar de 1 a 3 veces máximo. Tomar el tiempo que

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

tarda el gobernador en restablecer la frecuencia al ancho de banda establecido de 0.4 Hz ( $60 \pm 0.2$  Hz) - a partir del instante en que fué provocada la perturbación. Los ajustes finales deberán dar el mínimo tiempo de restauración.

d) Vibración del Regulador centrífugo de velocidad

Montar un micrómetro de carátula con base magnética en el cubículo del gobernador de tal manera que su sensor se apoye en la palanca flotante superior, justo abajo del punto de acoplamiento de ésta con el regulador centrífugo, asegurándose que el micrometro sea dispuesto de forma vertical. Tomar la lectura de vibración de pico a pico, ésta deberá ser menor que 0.7 mm. Anotar la lectura encontrada. Una vez hecho esto, transferir el servicio propio a la unidad que no está en prueba y ordenar el operador que pare la máquina para efectuar el siguiente grupo de pruebas. Desconectar el frecuencímetro.

1.3 Verificaciones con la unidad completamente parada

1.2.1 Condiciones a satisfacer:

- a) Válvula de guardia cerrada y enclavada
- b) Servicio propio transferido a la unidad que está en servicio.
- c) Presión y nivel de aceite en el tanque de presión normales.

- d) Modo de operación del regulador de presión: "Alivio de Presión"
- e) Límite de carga en - 10%
- f) Ajuste de velocidad en cero
- g) Estatismo en cero
- h) Turbina desaguada. (sin agua en la caja espiral)
- i) Nadie deberá estar cerca del distribuidor Fink
- j) Tarjetas de seguridad en los mandos o perillas de -- control).

#### 1.3.2. Exactitud de los indicadores:

- A.- Indicador de apertura del servomotor del distribuidor Fink:
  - Local, en el gabinete del gobernador
  - Remoto, en la sala de control
- B.- Indicador del límite de carga:
  - Local
  - Remoto
- C.- Indicador del límite de desvfo sincrónico:
  - Local
  - Remoto

#### 1.3.2.2 Tiempo de operación de servomotores:

- A- Servomotor del distribuidor Fink: Rango rapido  
Rango lento
- B- Servomotores del Regulador de Presión

#### 1.3.2.3. Carrera de apertura y cierre de las válvulas - distribuidoras:

- Distribuidor Fink
- Regulador de Presión

1.3.2.4 Tiempo de operación de los motores de control:

- A.- Límite de carga
- B.- Ajuste de velocidad
- C.- Límite de desvío sincrónico

1.3.2.5 Operación de los interruptores de fin de carrera

1.3.3. Instrumentos y Herramientas

- 3 cronómetros
- 1 multímetro AC, DC
- 1 Juego de herramientas comunes para electricista
- 1 pie de rey (vernier)

1.3.4 Instrucciones:

1.3.4.1 Exactitud de indicadores:

A. Posición del servomotor del distribuidor Fink:

Hay 2 indicadores de posición del servomotor locales y un remoto. Los indicadores locales son: Uno montado directamente en el servomotor, el cual servirá de referencia. Este - en muy excepcionales ocasiones se desajusta y para corregir - esto es necesario desarmar el servomotor y ajustar los tornillos tope como puede verse en la figura 2.0. El otro indicador está en el gabinete del actuador. Estando los álabes completamente cerrados, el indicador (aguja negra) deberá marcar cero. Anotar la lectura encontrada y pedir por radio la lectu



ra del indicador remoto al operador. Anotar también este dato. Poner el ajuste de velocidad en +5 (fast), llevar rápidamente el límite de carga a 100% y verificar que cuando el -- servomotor llegue a 300 mm de carrera el indicador acuse 100% de apertura. Otra vez pedir por radio la lectura del indicador remoto y anotar los resultados obtenidos.

Llevar mediante el límite de carga el servomotor a 150-mm de apertura. Los indicadores de posición deberán acusar -- 50%, tomar los datos y registrarlos.

#### B. Posición del indicador de límite de carga

Seguir el mismo procedimiento que para el indicador de posición, sólo que ahora las lecturas serán tomadas a partir de la posición de la aguja roja. (Es usual que el límite de carga y la posición del servomotor se instalen en el mismo dispositivo de medición).

#### C. Indicador de desvío sincrónico:

Estando los álabes completamente cerrados, llevar el límite de desvío sincrónico a cero por ciento. Pedir por radio la lectura del indicador remoto. El indicador de posición de los servomotores del regulador de presión deberá es-

tar indicando cero . Igual que antes este indicador nos servirá de referencia, en caso de que no indique cero anotar ésto en observaciones, pues es posible de que algo este impidiendo que el regulador cierre, ó la carrera de los servomotores no es idéntica. De ser así deberá ser corregido después .

Transferir ahora el modo de operación del regulador a Desvío Sincrónico. Verificar que los servomotores no se muevan. Llevar el límite de desvío sincrónico a un porcentaje tal que los servomotores abran el regulador de presión -- 87.5 mm. La lectura del indicador tanto local como remoto deberá ser de 50%. Anotar los resultados, de la misma manera -- abrir completamente el regulador y verificar la lectura de los indicadores registrando los datos obtenidos. Llevar el límite de desvío a cero por ciento y transferir el modo de operación a alivio de presión. Llevar ahora el límite a 100%.

#### 1.3.2.2. Tiempo de Operación de los servomotores:

##### A.- Distribuidor Fink, Rango Rápido:

Esta verificación puede efectuarse al mismo tiempo -- que las de los indicadores de posición para ahorrar tiempo y movimientos.

Estando los álabes cerrados completamente y el ajus-

te de velocidad en +5, al llevar el límite de carga a 100% - se abrirán en el rango rápido de velocidad. Tomar el tiempo - que tardan los álabes en abrir completamente.

Llevar rápidamente el límite de carga a cero por ... ciento y tomar el tiempo que tarda el servomotor en cerrar - por completo el distribuidor. En este momento debe aprovecharse para tomar el tiempo de apertura y cierre del regulador - de presión.

#### Distribuidor Fink Rango Lento:

Con los álabes cerrados completamente y el modo de - operación del regulador de presión, tirar hacia arriba del - pistón de control del mecanismo limitador de velocidad de -- traslación del servomotor.

Con esto se pretende simular una falla del regulador de presión.

Abrir los álabes mediante el límite de carga de -- igual manera que antes, siempre manteniendo hacia arriba el - pistón de control del mecanismo limitador.

Tomar el tiempo de apertura del servomotor y regis-- trarlo.

Para el tiempo de cierre repetir los pasos anteriores de manera análoga (empujando hacia abajo el pistón de control y llevando a cero el límite de carga).

B. Servomotores del Regulador de Presión:

El regulador de presión abre cuando los álabes se cierran y después es vuelto a cerrar transcurrido un cierto tiempo determinado por el dashpot de control del Regulador de Presión. Así pues aprovechando los movimientos de apertura y cierre del servomotor del distribuidor se deberán tomar los tiempos de apertura y cierre del regulador de presión con 2 cronómetros; uno registrará el tiempo de apertura y el otro el cierre. Esto ahorrará tiempo y movimientos, pero deberá hacerse con cuidado y sincronizadamente.

Desde el instante en que el límite de carga es llevado a cero para tomar el tiempo de cierre del servomotor, se deberá tomar el tiempo de apertura del regulador de presión. También deberá verificarse que estos tiempos coincidan lo más posible. Una vez que el regulador comience a cerrar automáticamente, el tercer cronómetro deberá registrar el tiempo que transcurra hasta la obturación completa de la válvula del regulador de presión. Todos estos datos deberán aparecer en el reporte.

1.3.2.3 Carrera de apertura y cierre de las válvulas distribuidoras.

- A.- Distribuidor Pink: La distancia entre la tuerca de ajuste superior y el brazo tope de la válvula distribuidora en los espárragos de la misma, es la carrera de apertura; análogamente la distancia entre el brazo tope y la tuerca de ajuste inferior en el mismo espárrago representa la carrera de cierre. Estas medidas pueden tomarse fácilmente con el pie de rey o vernier. (Recordar que en estado estable la válvula distribuidora asume la posición -- neutral automáticamente). Anotar resultados.
- B.- Regulador de Presión: El mismo criterio es adoptado para la válvula distribuidora del regulador de presión, -- excepto que estando en el modo de alivio de presión es -- posible que la válvula en estado estable, se encuentre -- abajo de su posición neutral para mantener siempre una -- presión en el lado de cierre del servomecanismo y evitar, que debido a fugas, el agua logre abrir la válvula del regulador. Así pues, para hacer esta medición exacta llevar el límite de desvío sincrónico a cero, transferir el modo de operación a desvío sincronizado y luego abrir el regulador de presión, llevando el límite de desvío a 50%. De esta manera aseguramos que la válvula distribuidora -- quede centrada; pudiendo entonces hacer la lectura.

#### 1.3.2.4 Tiempo de operación de los motores de control:

Tomar el tiempo de operación de cada motor de control, diferenciar los tiempos en un sentido y otro de giro pues es posible ajustar los dos al mismo tiempo y cada uno independientemente. Anotar la lectura registrada en el cronómetro para el reporte. Se deberá aprovechar la oportunidad para observar el conmutador y escobillas de cada motor, anotando las observaciones necesarias para planificar en base a ellas el mantenimiento a efectuar en los motores.

#### 12.2.5 Operación de los interruptores de fin de carrera:

Estos interruptores son operados por levas, contrapesos o presiones hidráulicas y están sujetos a desajuste por el uso. Así pues se revisará la operación de cada uno, ejecutando las operaciones necesarias para que ellos actúen, verificando su condición o estado actual:

<u>Interruptor</u>	<u>Operación</u>	<u>Función</u>
65SD-T	abre	Disparo de la unidad (paro completo)
33-a	cierra	Impide que la máquina se motorice dando disparo al 5C desde la velocidad nominal sin carga a álabes cerrados.
33b	abre	Cuando los álabes están cerrados completamente.

- |     |        |  |
|-----|--------|--|
| 33c | Cierra | Bloqueo de frenos mientras los álabes no estén completamente cerrados.   |
| 33d | abre   | Alarma. álabes completamente cerrados.   |
| 33e | abre   | Cuando la posición de álabes ha llegado al límite establecido - impidiendo tomar carga con el ajuste de velocidad. |

## SECCION 2

Reparación y ajustes al gobernador

Para efectuar una intervención mayor al gobernador, excluyendo el recambio de partes de los servomotores, es necesario satisfacer varias condiciones, tanto de tipo administrativo como técnico.

2.1 Condiciones a satisfacer:

- a) La orden de trabajo deberá estar en manos del jefe de cuadrilla de mantenimiento con todas las informaciones necesarias por lo menos una semana antes de verificarse la intervención al gobernador. Se deberá adjuntar una copia del reporte de inspección hecha 15 días antes.
- b) El Departamento de Despacho de Carga deberá estar enterado del mantenimiento a efectuar con una semana de anticipación y confirmado 3 días antes. Despacho proporcionará entonces el No. de orden de despeje de la unidad correspondiente.
- c) El personal que realizará el trabajo deberá ser reunido uno o dos días antes para explicar el procedimiento a seguir y aclarar las dudas que surjan.
- d) Los materiales, herramientas y equipo, así como los -



repuestos probables a usar deberán estar en la bodega de casa de máquinas un día antes de efectuarse la intervención.

- e) La lista de repuestos debió haber sido pasada a Almacén inmediatamente después de la inspección previa, y su existencia deberá ser garantizada por el jefe de Almacén.
- f) El personal necesario deberá estar presente en casa de máquinas el día y la hora señalados por la orden de trabajo.
- g) La unidad generadora deberá estar completamente detenida. La válvula de guardia cerrada y enclavada.
- h) Se deberán poner tarjetas de seguridad en los controles de la máquina y por seguridad las cuchillas asociadas a la unidad, abiertas. (51U)
- i) La válvula manual de desvío fuertemente cerrada.
- j) La turbina deberá ser desaguada completamente.
- k) Las compuertas del desfogue de la turbina y de la descarga del regulador de presión deberán estar cerradas herméticamente.
- l) Las válvulas de vaciado del tubo troncocónico de aspiración de la turbina deberán abrirse para drenar el agua que pueda entrar, tanto por la válvula de guardia como por las compuertas, directamente al sumidero de la central.
- m) Las bombas de achique del sumidero y de ser necesario

el eductor deberán estar funcionando.

- n) Las válvulas de paso en la tubería de alimentación -- de aceite al gobernador provenientes del tanque de -- presión deberán estar cerradas, igual que las del tanque mismo.
- o) La presión de aceite en el gobernador deberá llevarse a cero, tirando y empujando de la válvula piloto 10 - veces.
- p) La alimentación eléctrica del gobernador, tanto AC como DC deberá ser disparada.

## 2.2 Personal necesario y tiempo empleado.

- Ingeniero supervisor de mantenimiento mecánico responsable de la operación.
- 1 Mecánico categoría A
- 1 Mecánico categoría C
- 1 Electricista categoría B

Ocasionalmente en algunas fases de la intervención se ocupará al jefe de cuadrilla, 2 mecánicos, el operador de la planta y el maquinista. Nótese que no es necesario, ni conveniente que trabaje mucha gente en el gobernador. El jefe de cuadrilla puede encargarse de otros mantenimientos a la unidad generadora, como cambio de enfriadores de aire del alternador, limpieza del sistema excitación, etc.

El tiempo estimado es de 12 horas, lo cual corresponde a la duración promedio del resto de mantenimientos programados.

### 2.3 Herramientas e Instrumentos:

- 2.3.1 Herramientas: Jgo. de llaves españolas abiertas de 6 a 26 mm.
- Jgo. de llaves coronas de 6 a 26 mm.
- Jgo. de llaves Allen de 1 a 10 mm.
- Jgo. de cubos de 6 a 26 mm.
- Jgo. de desatornilladores planos.
- Jgo. de desatornilladores Phillips
- 2 Llaves inglesas de 250 mm.
- 2 Llaves inglesas de 800 mm.
- 1 tijera
- 1 Jgo. de sacabocados de 3 a 10 mm.
- 1 Jgo. de pinzas para extracción de seguros.
- 1 Martillo de bola de 0.25 kg.
- 1 Lámpara de mano hermética (capaz de sumergirse en agua).
- 4 radios portátiles a plena carga.
- 1 cargador de baterías para radios portátiles.
- 4 tenazas para mecánicos.
- 1 Jgo. completo de herramientas para electricista.

1 tecla de 1 tonelada.

- 2.3.2 Instrumentos:
- 1 micrómetro de carátula con base magnética.
  - 1 regla graduada de 200 mm. de longitud
  - 1 pie de rey
  - 1 Jgo. de lánas para medir espesores
  - 1 Cámara fotográfica con equipo profesional.
  - 1 multímetro AC-DC
  - 1 megger de 1000V
  - 1 frecuencímetro de precisión.

2.4 Materiales a emplear:

- 0.5 Kg. de grasa Texaco Marfack No. 2.
- 1.0 lts. de aceite Shell Tellus 15
- 2.0 lts. de aceite Regal PC
- 4.0 lts. de Kerossene
- 2.0 lts. de solvente NF-1000 ó sustituto
- 1 lata aerosol de contac cleaner o unichem para limpiar contactos.
- 2 tubos de permatex secado rápido
- 3.0 kg. de estopa
- 10.0 m. de manta limpia
- 1 extensión eléctrica de 6 m. de longitud.
- 2 pliegos de lija No. 400

- 2 pliegos de lija No. 600
- 1 piedra esmeril de grano extremadamente fino.
- 1.0 M<sup>2</sup> de empaque Garlock de 1.5 mm. de espesor.
- 1 lata de pomada esmeril fina
- 1 cuerda de 13 mm. de grosor por 10 m. de longitud.
- 1 lt. de pintura minio rojo anticorrosiva y 1 brocha de 76 mm.

2.5 Repuestos probables a emplear: Véase la lista de partes-  
enumerada en la Sección 3.

2.6 Instrucciones: En la Sección 1 de este capítulo se enumeraron las partes del gobernador que serán intervenidas, - algunas de ellas serán desarmadas cuidadosamente efectuándose una limpieza general y una inspección minuciosa en función de criterios previamente establecidos. Otras por carecer de estos criterios de decisión, se desarmarán para su inspección, tomando fotografías de las partes gastadas para tener una referencia la próxima vez que se desarme. Esto con el fin de adquirir la experiencia que nos falta y poder en el futuro establecer los criterios de decisión. Fotografías y reportes pasarán a formar parte de la ficha histórica del gobernador.

2.6.1 Regulador Centrifugo de Velocidad y Palancas de Acoplamiento asociadas.

Siempre en cada intervención al gobernador será preciso desmontar y desarmar por completo el regulador, dado que es necesario revisar el desgaste de todos los pivotes y de la pista del vibrador. Se procederá de la manera siguiente:

- a) Desacoplar la palanca flotante superior del regulador centrifugo.
- b) Retirar el pivote o pasador de conexión entre el dashpot - de compensación y la palanca flotante superior.
- c) Desacoplar la palanca flotante inferior del carrete de la válvula piloto y de la varilla conectora de los mecanismos de ajuste de velocidad y estatismo.
- d) Retirar todo el conjunto de palancas flotantes del cubiculo del goberandor.
- e) Retirar la cubierta de plástico del regulador centrifugo - y desacoplar éste del motor del gobernador; llevarlo a la mesa de trabajo para desarmar. Para desarmar el regulador siganse las siguientes instrucciones:

- a) Retirar los resortes laterales que sujetan los péndulos, teniendo cuidado de no alterar el número de espiras efectivos de cada resorte. Otro cuidado que hay que tener al quitar los pivotes de cada péndulo es sujetar éstos para que el resorte del vibrador no lo expulse violentamente hacia afuera.
- b) Una vez hecho esto es fácil retirar parte por parte -- del vibrador para inspeccionar los puntos siguientes:
- desgaste en la pista del vibrador,
  - juego de los bujes de la varilla de salida del regulador,
  - desgaste de los bloques deslizantes y sus pivotes,
  - desgaste de la balinera del vibrador,
  - desgaste de las balineras de los 2 péndulos,
  - desgaste de la varilla de salida.

La pista de rodadura de los balines que sirven de cojinete axial, tiene unos surcos marcados casi radialmente para -- producir la vibración necesaria. Si la pista muestra una línea de desgaste claramente visible y las lecturas de vibración del péndulo registradas son bajas, será necesario cambiar el -- vibrador completo.

Se deberá medir el juego de la varilla de salida del -- regulador en los bujes de fijación. Este juego no deberá ser mayor que 0.1 mm, caso contrario cambiar los bujes.

El desgaste de los bloques deslizantes tiene gran efecto en el desempeño del regulador. El agujero central para alojamiento del pivote deberá ser revisado en busca de deformación; cambiar tanto el pivote como el bloque en caso de duda. Todas las chavetas de seguridad deberán ser cambiadas. Revisar también la balinera de bolas del vibrador haciéndola girar con la mano, primero rápidamente y después lentamente. No deberá notarse perturbación alguna en el movimiento. Esta balinera es sellada, en caso de duda respecto a su estado mejor es cambiarla. Lo mismo puede decirse respecto a las balineras de los péndulos.

El desgaste de la varilla de salida deberá comprobarse con los bujes de bronce nuevos, el juego no debe ser mayor que 0.1 mm. Cambiar la varilla de ser necesario. Téngase en cuenta el desgaste en el agujero del pivote conector con la palanca flotante superior; normalmente no presenta desgaste, pero es necesario asegurarse de ello. Cambiar la chaveta de seguridad del pivote.

Todas las observaciones que se hagan deberán anotarse en el reporte en su lugar correspondiente, de ser necesario se incluirán fotografías. Todas las piezas que sean sustituidas deberán ser empacadas en bolsas de plástico con viñetas donde aparecerá el nombre de la pieza, el No. de parte, la fecha de recambio y la firma del supervisor de mantenimiento igual que-



en el reporte.

Para armar y montar el regulador centrífugo procédase en orden inverso, con la diferencia de que cada pieza deberá -- estar limpia y prelubricada antes del montaje. Para el vibrador se utilizarán 10 gr. de grasa Marfack No. 2; una excesiva - cantidad amortiguaría el efecto vibratorio de éste.

El número de arandelas usadas en los resortes latera-- les del regulador centrífugo no deberá ser alterado por ningún motivo, ya que este es un ajuste de fábrica que no estamos en capacidad de hacer. Antes de montar el regulador, verificar - que el agujero central del eje del motor del gobernador no es-- té obstruido, pues sirve para alimentar con unas gotas de aceite cada día al vibrador; manteniendo de esta manera la grasa - suave.

En cuanto a las palancas flotantes se deberán revisar-- los agujeros de los pivotes y los pasadores, en caso de un jue go excesivo cambiar tanto el pivote como las palancas. En to-- do caso una lubricación de estos pivotes antes de armar se ha-- ce necesario. No debería volverse a montar este conjunto mien-- tras no se le haya dado mantenimiento a la válvula piloto y -- dashpot de compensación.

2.6.2 Válvulas piloto del Distribuidor Fink y  
Regulador de presión.

Estas dos válvulas son de idéntica construcción, por lo tanto los procedimientos serán válidos para ambas. No es necesario ni conveniente retirar la válvula piloto del cubículo del gobernador, así que para inspeccionarla síganse los pasos que a continuación se enuncian:

- Quitar el tapón inferior de la válvula para retirar con cuidado el resorte restaurador del buje de la válvula.
- Retirar el brazo tope del límite de carga sin tocar la tuerca de ajuste.
- Retirar la tuerca del pivote restaurador de la válvula piloto en el brazo restaurador y anotar la posición de éste.
- Retirar el pivote del brazo restaurador fijo al soporte de la varilla del limitador de carga.
- Retirar el brazo restaurador haciéndolo girar unos 30° y luego tirando con cuidado de él, para separarlo del brazo tope la válvula distribuidora y su palanca de conexión.
- Quitar el soporte de la varilla limitadora de carga.

- Retirar el carrete y el buje de la válvula piloto con cuidado. Se procederá ahora a la inspección y recambio de piezas gastadas de la válvula, teniendo en cuenta los puntos siguientes:
- a) Desgaste en el carrete de la válvula: Observar los dos anillos del carrete en busca de rayones o deterioro. De ser necesario pulir con pomada esmeril fina, asentándolo en el buje de la válvula.
  - b) Desgaste en el buje de la válvula piloto: Observar las superficies interior y exterior del mismo. Esta pieza es de acero inoxidable extremadamente duro, así que normalmente no presenta desgaste ni rayones, de ser necesario deberá asentarse junto con la carcasa de la válvula. De ser necesario cambiar el buje, éste debe entrar con facilidad en la carcasa y con una película de aceite en su superficie externa debe deslizarse, libremente a velocidad constante. Si un buje nuevo no hace esto, deberá asentarse con pomada esmeril hasta conseguirlo. Sólo en caso de extrema necesidad deberá cambiarse la carcasa por una nueva, ya que esto significa modificar las guías fijadoras de ésta a la válvula distribuidora y para esto se requiere desmontar ambas, lo cual llevaría más tiempo que el estipulado.
  - c) Desgaste en el cuerpo de la válvula piloto: Deberán revi-

sarse los puertos en busca de rayones o desgaste excesivo, lo cual rara vez acontece. En todo caso un asentamiento con el buje será suficiente para eliminar estos defectos.

Normalmente la carcasa no se desmonta de la válvula -- distribuidora porque se facilita de esta manera el montaje y - desmontaje de sus partes. En caso de retirarla habrá que cambiar los anillos "O", que evitan fugas de aceite entre las 2 - válvulas. Para armar la válvula piloto se procede en sentido- inverso que al desarmar, con la diferencia de que antes de meter el buje de la misma es necesario introducir el resorte y - poner el tapón inferior de la carcasa de la válvula. La longi- tud del resorte deberá ser comparada con la de uno nuevo. Nor- malmente la constante del resorte no se modifica, dada la ro-- bustez con que éste fue construido. Todas las piezas antes de su montaje deberán estar limpias y prelubricadas con aceite Re- gal PC. Todas las chavetas de seguridad deberán cambiarse.

### 2.6.3 Dashpots de Control y Compensación:

Con excepción del dashpot del mecanismo limitador de - velocidad de traslación del servomotor del distribuidor, todos los dashpots son de idéntica construcción y los procedimientos de desarme y ajuste, así como los criterios para recambio de - piezas son válidas para todos. Para desmontar el dashpot del- cubículo es necesario quitar los pasadores de las terminales -

de acoplamiento de los 2 pistones, retirar los tornillos de sujeción al cubículo y en el caso del dashpot del regulador de presión, quitar también el cable que acciona la válvula de transferencia.

Una vez en el banco de trabajo antes de desarmar cada dashpot es necesario efectuar pruebas de rendimiento de cada uno. Si su comportamiento está de acuerdo a una curva dada, el dashpot no debería ser desarmado; por el contrario si se se para mucho de la curva de comportamiento especificada, el dashpot deberá ser sometido a una inspección completa y a un posible cambio de piezas gastadas o una sustitución completa del mismo si lo amerita.

Las curvas de comportamiento de cada dashpot nuevo son presentadas en las figuras 4.1, 4.2 y 4.3. Para efectuar las pruebas de cada dashpot siganse los pasos que a continuación se mencionan:

1. Determinar la carrera máxima ascendente del pistón pequeño del dashpot desde su posición neutral y calcular el 63% de esta distancia.
2. Tomar nota de la apertura de la válvula de aguja en mm. y empujando rápidamente el pistón grande del dashpot hacia abajo hasta su tope, manteniéndolo así.

3. Cuando el pistón pequeño llegue a su altura máxima, y usando el cronómetro y la regla graduada tomar el tiempo que necesita el pistón en recorrer el 63% de esa altura máxima alcanzada y calculada anteriormente.
4. Repetir este procedimiento para varias aperturas de la válvula de aguja y tabular los datos para compararlos con los de las figuras 4.1, 4.2 y 4.3 , según se trate de los dashpots del distribuidor fink, regulador de presión o limitador de velocidad de traslación del servomotor. La curva aproximada de comportamiento de cada dashpot deberá anexarse al reporte.

Nótese que este tiempo que se está registrando es la constante de tiempo del dashpot para cada apertura de la válvula de aguja; los cuales no deberfan apartarse del 10% de su valor obtenido en las curvas antes mencionadas. Este será el criterio que decidirá si se debe o no sustituir el dashpot. (Es preferible para ganar tiempo, sustituirlo y después reparar el que se ha cambiado).

Al desarmar un dashpot deben tenerse en cuenta los siguientes puntos:

- No confundir las válvulas de aguja de cada dashpot, pues son diferentes: la válvula del dashpot del distribuidor ter

mina en una punta fina, y la del regulador de presión termina en un cilindro de radio 1 mm. aproximadamente.

- Desgastes en los agujeros de los pasadores en los terminales de acoplamiento deben ser evitados.
- Observar por deterioro la balinera del acoplamiento del pistón grande (únicamente en los dashpots del distribuidor y regulador de presión).
- Observar el desgaste en cada pistón y carcasa del dashpot, - de presentarse desgaste será necesario asentar los pistones con pomada esmeril fina.
- No alterar el número de espiras efectivas del resorte del pistón pequeño.
- Verificar el cierre hermético de la válvula de transferencia, si ésta no cierra bien, la curva característica del dashpot se alterará notablemente.

Al volver a armar el dashpot, asegúrense de que no se alteró ninguna de las condiciones mencionadas anteriormente, - se deberá entonces repetir los ensayos de comportamiento para desechar o aceptar el dispositivo teniéndolo rotulado y disponible para otra ocasión.

Algo muy importante respecto a los dashpots que no hay que pasar por alto es el aceite, siempre que se desarme uno para reparación el aceite deberá cambiarse, y retiradas a la casa cualquier goma o partículas metálicas depositadas en el fondo.

El procedimiento de montaje es el inverso al utilizarlo al desmontar.

#### 2.6.4 Válvulas de Paro Completo y Parcial:

Estas válvulas sólo requieren una limpieza e inspección de su cilindro operador. Como no están en continua operación su desgaste es mínimo; sin embargo si necesitan intervención no se tendrá ningún problema si se desarman con cuidado. Siendo unos dispositivos con grandes compromisos para el bienestar de la unidad, ya que son unidades de protección, al menor indicio de fuga de aceite entre una cámara y otra deberán ser substituidos los anillos "O" que hacen el cierre hermético.

#### 2.6.5 Válvulas Solenoide de Paro Parcial y Completo:

Bajo las mismas condiciones de trabajo de las válvulas de paro, éstas válvulas rara vez requieren más mantenimiento que una limpieza completa. Dado que los japoneses de Toshiba no venden piezas de repuesto, sino sólo válvulas completas - -



igual que el almacén las suministra, en caso de fallar alguna-  
su reemplazo se hace evidente.

#### 2.6.6 Válvulas Distribuidoras del Regulador de Presión y del Distribuidor Fink.

Ocasionalmente igual que los servomotores es necesario  
inspeccionarlas; sin embargo el desempeño de la válvula distri-  
buidora viene caracterizada por la curva de comportamiento mos-  
trada en las figuras: 4.4 y 4.5

Como una intervención a estos dispositivos sería dema-  
siado caro por el tiempo que demoraría, la decisión de reali-  
zar o no un mantenimiento completo deberá estar basado en un -  
criterio lo más objetivo posible, por eso el comparar el desem-  
peño actual de cada válvula con el de las figuras 4.4 y 4.5 se  
hace necesario.

#### 2.6.7 Motores DC de control del Gobernador.

Los motores de control del ajuste de velocidad, límite  
de desvío sincrónico y límite de carga deberán ser desmontados  
y revisados completamente. Todas las partículas de carbón pro-  
venientes de las escobillas deberán ser retiradas usando - - -  
NF-1000 o Unichem y sus cojinetes deberán ser lubricados con -  
grasa Marfack No. 2 antes de armar.

### 2.6.8 Interruptores de fin de carrera.

En función de los resultados obtenidos en la inspección previa (15 días antes) se ajustarán los interruptores que lo ameriten. Todas sus borneras deberán ser revisadas por contactos flojos o corroídos reparando lo necesario.

### 2.6.9 Sello de la válvula del Regulador de Presión.

El asiento de la válvula del regulador deberá ser revisado por posible cavitación, daños o falta de ajuste. Para --ello es necesario tomar varias precauciones:

- Asegurarse de que las compuertas del tubo de aspiración o desfogue de la turbina y del ducto de salida de la válvula del regulador de presión estén cerradas.
- Asegurarse de que las válvulas de vaciado del tubo aspirador de la turbina estén abiertas comunicando éste con el sumidero de la central y verificar que las bombas de achique estén trabajando.
- Comprobar que la carcasa espiral y el tubo aspirador estén vacíos, abriendo las válvulas de paso de 1/2" provistas alrededor de la válvula de guardia para este efecto. Cuando estas válvulas dejen pasar agua significa que la carcasa -

espiral está llena de agua. Una vez que deje de salir agua - por ellas, la carcasa espiral estará vacía y el tubo aspirador podrá estar lleno dependiendo del tiempo que han estado funcionando las bombas de achique y las válvulas que comunican con el sumidero estén abiertas.

- Comprobar que todos los dispositivos hidráulicos del gobernador hayan sido propiamente instalados para restablecer la presión de aceite. Por supuesto el límite de carga deberá estar abajo de cero.
- Abrir la válvula del regulador de presión para drenar el agua acumulada entre la compuerta del tubo de salida y la válvula misma (el agua pasará al tubo aspirador de la turbina y de ahí al sumidero) Mantenerla abierta.
- Abrir ahora la escotilla que da al ducto de descarga de la válvula, introducirse por ella e inspeccionar el asiento cónico por daños, cavitación, picaduras, golpes, etc.- Tomar fotografías de los daños encontrados.
- Cerrar la válvula del regulador, ¡Cuidado, el agua comenzará a subir más o menos rápido dependiendo de la hermeticidad de la compuerta! y con un calibrador de laines tratar de introducir entre el asiento y el sello una lana - de 0.15 mm. o menos. No deberá ser posible en ningún pun-

to alrededor de toda la circunferencia del sello. De lo contrario será necesario ajustar los brazos de los servomotores para eliminar este defecto. Si el nivel de agua en el recinto de la válvula se vuelve intolerable, bastará con abrir el regulador de presión para que descienda rápidamente.

- Una vez hecho esto, cerrar la escotilla cambiando el empaque y utilizando un poco de permatex. La escotilla es pasada, así que será necesario tanto para abrirla como para cerrarla la ayuda de un tecla, sobre todo para abirla, ya que aparte del peso, estará pegada. Retocar la pintura anticorrosiva de ser necesario.
- Comprobar el apriete de las contratuercas en los brazos de los servomotores.
- Revisar por fugas de aceite o agua en tuberías y prensaestopas de los servomotores y lubricar el sistema por medio de la bomba manual ubicada en la fosa misma de los servomotores.

### 2.6.10 Motor del Gobernador.

Será necesario hacer una prueba de resistencia de aislamiento a los devanados del estator y calcular su índice de polarización:

1. Desconectar las 3 fases del motor separándolas lo suficiente para que no hagan tierra accidentalmente.
2. Cortocircuitar 2 de las fases y conectar la restante a la terminal de prueba del Megguer. Aterrizar sólidamente la otra punta del megguer y seleccionar el modo de 500V.
3. Poner a funcionar el dispositivo y tomar lecturas de resistencia a los intervalos de tiempo de 30 segundos, 1 minuto y 10 minutos.
4. Desconectar el megguer una vez que haya sido descargado -- convenientemente.
5. Después poner a tierra por unos 10 minutos el estator del motor.
6. El índice de polarización se calculará de la siguiente manera:

I.P. =  $\frac{\text{Lectura a los } 60''}{\text{Lectura a los } 30''}$  que deberá ser mayor que 2

I.P. =  $\frac{\text{Lectura a los } 10'}{\text{Lectura a los } 60''}$  que deberá ser mayor que 2.5

Este método ha sido bastante cuestionado y discutido, pero siempre da una idea de la condición del estator. En caso de lecturas bajas de resistencia, verificar si el gotero de aceite en la parte superior del motor está apuntando al centro del eje, que como ya se dijo, es hueco y no debe estar obstruido.

La contaminación del devanado con aceite reduce la resistencia de aislamiento y puede dar problemas graves en caso de que el motor se quemara. De ser necesario un secado de los devanados del estator, se deberá desmontar y desarmar el motor, limpiando bien con NF-1000 o sustituto adecuado y meterlo a un horno para secado.

## 2.7 Ajustes al Gobernador.

### 2.7.1 Ajustes preliminares

#### 2.7.1.1. Condiciones a satisfacer.

- Presión de aceite en el gobernador a  $20 \pm 1$  bar.
- Suministro de 125VDC restablecido
- Suministro de 120 VAC restablecido
- Válvula de guardia cerrada y enclavada.
- Ajuste de velocidad en +5

- Estatismo en cero
- Nadie debe estar cerca del distribuidor fink
- Regulador de presión en el modo alivio de presión
- Límite de desvío sincrónico en 100%
- Límite de carga abajo de cero.

Se darán a continuación las instrucciones para hacerlos ajustes necesarios. Los procedimientos para las verificaciones fueron dados en la Sección 1.3 (verificaciones con la unidad completamente detenida).

#### 2.7.1.2 Ajuste del indicador de posición del servomotor del distribuidor fink.

Los álabes deberán ser operados desde la posición completamente cerrado a la posición completamente abiertos (0--300 mm del servomotor) Para ajustar es necesario manipular el perno de regulación de la varilla de retroalimentación en la figura 4.6, de manera que un movimiento hacia afuera de este perno en la ranura reduce la lectura en el indicador y viceversa. Estando los álabes completamente cerrados, esto se puede ver directamente en el indicador de carátula a cero & basta con posicionar correctamente el piñón y engranarlo en la posición correcta con la rueda dentada .

Llevar ahora los álabes a 100% de apertura mediante la perilla del límite de carga. Verificar que tanto la aguja roja del indicador de carátula ( límite de carga) como la -- aguja negra (posición de álabes) estén en 100%, cuando el in

dicador sobre el servomotor registre 300 mm, de apertura. Si la aguja negra no llega a sobrepasar la indicación de 100%, manipular el tornillo de ajuste como se indicó antes. El límite de carga no es necesario ajustar, ya que por construcción él puede pasar de 100% y los álabes no podrán abrir más. Sin embargo el 50% de carga si es necesario ajustarlo. Llevar el límite de carga a 50% y verificar que el indicador del servomotor registre 150 mm; de no ser así se puede ajustar mediante el tornillo de regulación en la terminal del mecanismo limitador de carga que presiona el carrete de la válvula piloto.

Haciendo que el tornillo empuje más el carrete hacia abajo, los álabes cierran, y si se le permite subir, ya que el ajuste de velocidad está en + 5, los álabes abren. Regular la posición de 50% de carga y asegurar la contra-tuerca del tornillo de ajuste.

Llevar el límite de carga a 0%, el servomotor deberá cerrar los álabes hasta  $27 \pm 3$  mm, de no ser así se tendrá que ajustar la velocidad sincrónica después, por el momento no importa. Llevar ahora los álabes a cero por ciento de apertura y verificar condiciones de ajuste.

### 2.7.1.3 Ajuste de la carrera de los servomotores del Regulador de Presión.

La carrera de los servomotores del regulador debe coincidir con la del servomotor del distribuidor (la carrera



máxima de los servomotores es de 200 mm, pero durante la erección de la máquina en 1963 fue ajustada o más bien limitada por el fabricante a 175 mm). Para que el regulador abra por completo cuando los álabes cierran, debe ajustarse la posición del pasador en la ranura del brazo restaurador en el eje de retroalimentación, justo en el extremo opuesto a la polea comandada por el cable y contrapesos de retroalimentación.

Un movimiento del pasador hacia afuera de la ranura del brazo restaurador decrece la carrera del regulador distribuidor fink. Si este ajuste fuera inadecuado podría intentarse también cambiando la carrera de la varilla de transferencia y modificando así la distancia de la esferita deslizante fuera del centro. (Ver figura 3.1) Nótese que este ajuste no debe hacerse con la perilla de transferencia en desvío sincronizado, pues de otro modo serían necesarias sucesivas operaciones del distribuidor para constatar la apertura completa del regulador de presión.

#### 2.7.1.4 Ajuste de los Transmisores - Receptores Selsyn.

Estos dispositivos sirven para enviar la posición de álabes, límite de carga y desvío sincrónico al tablero de control principal en la sala de operadores.

Usando el radio portátil verificar con el operador de la planta las indicaciones de cada dispositivo. Para ajustar, sólo es necesario aflojar el tornillo prisionero del eje en el transmisor y girar éste hasta que el operador indique que la

posición de la aguja en el receptor coincida con la posición - que se está determinando. Por ejemplo para el indicador del - límite de desvfo sincronizado, si éste está al 100%, el receptor deberá estar en 100% también; y en este momento el operador avisará por radio para volver a ajustar el prisionero.

Como la indicación es lineal no hay posibilidad de - error, sin embargo es recomendable revisar las posiciones 0,50 y 100% de lectura.

#### 2.7.1.5 Ajuste del tiempo de operación del servomotor del distribuidor fink.

El tiempo de apertura y cierre de álabes puede ser - ajustado independientemente, limitando la carrera de la válvula distribuidora; con ésto se consigue limitar el área efectiva de los puertos por los que pasará una cantidad determinada de aceite a presión. Así a mayor área efectiva, la cantidad - de aceite por unidad de tiempo que admitirá el servomotor será mayor y éste se moverá más rápidamente, reduciendo así el tiempo de operación. Análogamente, a menor área efectiva se aumenta el tiempo de operación del servomotor.

Como ya se vio antes, hay dos rangos de velocidad: uno normal o rápido y otro lento, éste último es controlado por el limitador de velocidad de traslación del servomotor del distri

buidor fink.

Para ajustar el rango rápido de apertura del distribuidor, regular las tuercas y contratuercas superiores en los espárragos de la válvula distribuidora, de manera que la distancia entre el brazo tope y las tuercas de ajuste sea la apropiada para el tiempo especificado, aumentando la distancia se reduce el tiempo y viceversa.

El rango rápido de cierre se ajusta de igual manera, - sólo que se deberán manipular las tuercas inferiores.

Es necesario asegurarse de que al abrir o cerrar los álabes, el brazo tope choque contra las 2 tuercas de ajuste al mismo tiempo, y que las contratuercas eviten posibles desajustes en operación, de esta manera se evita que el vástago de la válvula distribuidora sufra esfuerzos perjudiciales de flexión.

Para ajustar el rango lento de apertura, es necesario tirar hacia arriba y mantener así el pistón de control del limitador de velocidad, con esto se logra que el pistón restrictor inferior limite la carrera ascendente de la válvula distribuidora. Levantar el carrete de la válvula piloto y medir el tiempo que tarda en ir de 0 a 100%; si no es especificado, hay que aflojar las contratuercas superiores y girar el buje tope que está roscado al vástago de la válvula distribuidora, hasta

que la distancia entre el buje tope y el pistón restrictor sea la suficiente para permitir abrir los álabes en el tiempo especificado. Ver figura 3.4. Una vez conseguido ésto, apretar la contratuerca. Para ajustar el rango lento de cierre, empujar el pistón de control del limitador hacia abajo, así, el pistón restrictor superior limitará el recorrido descendente de la válvula distribuidora. Si el tiempo de cierre lento no se ajusta a las especificaciones es necesario regular la distancia entre el tope superior y el pistón restrictor superior. Asegurar las contratuercas para evitar posteriores desajustes.

#### 2.7.1.6 Ajuste del tiempo de operación del Regulador de Presión.

Para el regulador de presión sólo puede ajustarse el rango rápido de apertura de igual manera que para el distribuidor fink. El cierre lento del regulador es controlado por el grado de apertura de la válvula de aguja del dashpot de control del regulador de presión; abriendo más la válvula se disminuye el tiempo de cierre y viceversa. Ver figura 3.1

Para más detalles véase el Item 2.7.1.9 Ajustes del dashpot de control del Regulador de Presión.

### 2.7.1.7 Ajuste del tiempo de operación de los motores de control.

Los motores de control son de corriente continua: tipo, serie y su velocidad puede ajustarse independientemente tanto en un sentido de giro como en el otro, o ambos al mismo tiempo. Como quiera que el reductor de velocidad determina a groso modo el tiempo de operación, un ajuste fino puede obtenerse manipulando el valor de las resistencias conectadas en su circuito para tal efecto. Ver fig. 4.7.

Una resistencia variable R1 está insertada en paralelo al circuito de armadura y otras 2 resistencias variables R2 y R3 en los circuitos de devanados de campo que determinan el sentido de giro del motor. Si se incrementa el valor de la resistencia R1, se disminuye el tiempo de operación y viceversa.

Incrementando el valor de R2 y R3 se incrementará el tiempo de operación individualmente en un sentido de giro o en otro.

### 2.7.1.8 Ajuste de los Interruptores de fin de carrera.

Estos interruptores son accionados en su mayoría por levallas, por lo que sólo basta con aflojar el prisionero de la leva y girar ésta hasta que opere el interruptor cuando la con

dición para el cual fue suministrado esté satisfecha, luego se reapretará el prisionero; sin embargo esto no es fácil, - ya que un ligero movimiento de la leva hace que el interruptor opere, así que un poco de paciencia y sucesivas verificaciones y reajustes serán necesarios antes de terminar.

Solamente el interruptor de fin de curso 33-e es operado por contrapeso. Cuando la abertura del distribuidor es - igual a la del límite de carga, un contrapeso mostrado de la figura de la página 64, opera el microinterruptor, bloqueando el circuito del motor de ajuste de velocidad-carga en el sentido de subir (incrementar carga).

En caso de desajuste modificar la longitud del cable-hasta conseguir que el interruptor opere bajo las condiciones antes expuestas.

#### 2.7.1.9 Ajuste del Dashpot de control del Regulador de Presión.

Estando en el modo alivio de presión, cuando el pasador de la bieleta del pistón grande del dashpot coincide con el centro de giro del brazo de ajuste del dashpot de control-mostrado en el figura 3.1, un movimiento de los álabes no sería seguido por un movimiento del regulador de presión, así - que es necesario mover hacia afuera ese pasador mediante la - perilla de ajuste una cierta distancia, de manera que el regulador ope-

re debidamente. Para determinar esa distancia podemos hacer -  
lo siguiente:

1. Cambiar el modo de operación a alivio de presión.
2. Abrir los álabes al 100% (el regulador debe permanecer cerrado).
3. Cerrar la válvula de aguja del dashpot de control del regulador completamente.
4. Llevar los álabes a 0% de apertura para desplazar el pistón pequeño del dashpot de su posición neutral.
5. Así que el pistón pequeño descendió y el regulador comenzó a abrir, verificar que llegue hasta el tope, de no ser así ajustar el pasador de la bieleta del pistón grande hasta que el regulador abra totalmente.
6. Medir la distancia que recorrió el pistón pequeño del dashpot desde su posición original, deberá ser de 9.5 mm. aproximadamente, ahora ajustar la válvula de aguja para que el tiempo de cierre sea el especificado (36 seg), y concuerde con el regreso del pistón pequeño a su posición central. La posición del pasador de la bieleta requiere ahora un nuevo ajuste pues al haber abierto la válvula de aguja, el pistón pequeño no alcanzará los 9.5 mm. y el regulador de presión no abrirá completamente.
7. Abrir los álabes de nuevo para cerrar el regulador de presión por completo y nuevamente cerrar el distribuidor para abrir el regulador que probablemente no abra por completo;

ajustar entonces la posición del pasador de la bieleta retirándolo aún más del centro de giro hasta que el regulador abra por completo. Verificar tanto apertura completa como tiempo de operación.

2.7.1.10 Ajuste del Dashpot del mecanismo limitador de la velocidad de traslación del servomotor del distribuidor.

El pistón pequeño de este dashpot tiene cortes en sus lados, diseñados de tal manera que limitan su carrera tanto como sea posible. Ver fig. 3.5 Es deseable que este pistón tenga un movimiento pequeño para que el pistón de control regule los pistones restrictores de la carrera de la válvula distribuidora; debemos recordar que mientras el pistón pequeño permanece fuera de su centro se estará operando los álabes en el rango rápido.

Así las cosas del ajuste de la válvula de aguja del dashpot tendrá 2 objetivos: -dejar transferir el aceite de la cámara inferior a la superior del dashpot (o viceversa) en cantidad y tiempo suficiente como para permitir un rápido retorno del pistón pequeño en caso de falla del regulador de presión (el pistón grande no se mueve) Otro objetivo: En caso de operación correcta del regulador de presión no dejar transferir tanto aceite, para que con el movimiento del pistón grande y -



mediano, el pistón pequeño permanezca fuera de centro.

Se procederá de la siguiente manera:

- Poner el pasador de bieleta del dashpot de control del limitador en el centro del eje de retroalimentación del regulador de presión para simular una falla de éste.
- Cerrar la válvula de aguja lo suficiente para que cuando la válvula distribuidora del distribuidor fink descienda al unísono con el pistón mediano y llegue hasta el tope, el pistón pequeño al mismo tiempo recentre el pistón de control y obligue a los álabes a cerrar su rango lento.
- Mover hacia afuera del centro de giro el pasador de la bieleta, de manera que cuando el regulador abra y el eje de retroalimentación gire, el pistón grande del dashpot de control se mueva hacia abajo y mantenga el pistón pequeño fuera de su centro durante todo el tiempo que el regulador de presión y los álabes se muevan en su rango lento.

#### 2.7.1.11 Ajuste de la posición neutral de la válvula piloto del regulador de presión.

Cuando el regulador de presión está operando en el modo desvío sincronizado, la válvula piloto deberá estar centra-

da tanto para apertura como para cierre completo del regulador. La palanca de control del límite de desvío deberá estar horizontal cuando los álabes y el límite de desvío sincrónico están al 50%.

Cuando el mecanismo limitador de desvío sincronizado - mueve el distribuidor fink (es decir cuando el límite de desvío es igual a la apertura de álabes y éste es reducido), la terminal derecha de la palanca de control del límite de desvío sube: ver fig. 3.3 corte 1) y al cerrar los álabes deberá quedar de nuevo horizontal. Esto se puede ajustar moviendo el pivote del brazo limitador hacia adentro o afuera de la ranura - mostrado en la fig. 3.3. Cuando los álabes están abiertos 50% y el límite de desvío está en 50% también, es preciso que tanto la palanca de control como la parte deslizante del brazo de transferencia mostrado en las figuras 3.1 estén horizontales. Para ajustar la horizontalidad del bloque deslizante es necesario modificar la longitud de la varilla conectora entre la terminal derecha de la palanca de control y el brazo de control - del regulador de presión (Véase figs. 3.1 y 3.3). Si se acorta la varilla conectora se rotará el brazo de transferencia en sentido horario y viceversa. Ahora bien, para centrar el carrete de la válvula piloto se deberá ajustar la longitud de la varilla conectora entre las palancas flotantes del regulador - fig. 3.1-, por supuesto para la operación en el modo alivio de presión, la válvula piloto deberá estar al centro o abajo del-

centro; de no ser así la longitud de la varilla conectora deberá variarse de nuevo.

Es de hacer notar que Cañaveral siempre opera en el modo Alivio de Presión, por lo que no es muy importante que la válvula piloto esté centrada, mejor si está abajo de centro; sin embargo los otros ajustes enunciados antes si deberán ser hechos.

#### 2.7.1.12 Ajuste de las varillas de las válvulas de paro parcial y completo.

La longitud de las varillas debe ser tal que permitan la carrera completa del servomotor del distribuidor y a la vez lo suficientemente cortas para tirar del brazo de disparo en el eje de control de límite de carga, haciéndolo girar un ángulo tal que cierre completamente al distribuidor (paro completo) o hasta la apertura de velocidad nominal sin carga (paro parcial). Para ajustar esta longitud basta mover las tuercas y contratuercas de los extremos de las varillas de tal modo que al operar la válvula de paro asociada a cada varilla, el eje de control de límite de carga lleve a cero la apertura de álabes o a la posición de apertura a velocidad nominal sin carga. (Esto puede notarse en el tornillo tope del límite de carga -- operando sobre el carrete de la válvula piloto y en el indicador de posición del servomotor que dará cero mm. para paro com

pleto y 27 mm para paro parcial).

Una vez concluidos estos ajustes y verificaciones se procederá a arrancar la unidad para los ajustes a velocidad nominal fuera de línea.

Si todas las piezas clave del regulador, válvulas piloto, palancas flotantes, dashpots, etc, fueron cambiadas una buena regulación puede obtenerse si los ajustes preliminares del gobernador son los mostrados en la Sección 4 (ajuste normal).

## 2.7.2 Ajustes con la unidad fuera de línea a velocidad nominal.

### 2.7.2.1 Condiciones necesarias

- a) Estatismo en cero
- b) Ajuste de velocidad en cero
- c) Límite de carga abajo de cero
- d) Modo de operación en alivio de presión.
- e) Todas las condiciones normales de operación de la unidad deberán ser satisfechas.

### 2.7.2.2 Ajuste de la velocidad nominal.

Utilizando la perilla de límite de carga, llevar lentamente la velocidad de la unidad cerca de la velocidad nominal. (Esta operación deberá ser hecha desde el cubículo del goberna

dor y no desde el panel de control , pues en caso de emergen--  
cia se podrá actuar más rápido).

Llevando el límite de carga a un 5%, por ejemplo pue--  
den ocurrir 2 casos:

- a) que la velocidad de la máquina sea menor que la no  
minal (514 rpm).
- b) que la velocidad de la máquina sea mayor que la no  
minal.

Y es posible que aumente más, al abrir más el límite -  
de carga. En el primer caso, verificando que no se produzcan  
oscilaciones del servomotor, acortar la longitud de la varilla  
conectora de las 2 palancas flotantes hasta que el tacómetro -  
indique 514 rpm. En caso de presentarse oscilaciones será ne-  
cesario ajustar la compensación (apertura de la válvula de agu  
ja del dashpot) antes de ajustar la velocidad. Esto no debió-  
ocurrir si se hicieron los ajustes preliminares correctos y --  
membretados como nominales en el reporte, (ver Sección 4) en -  
caso de una reparación completa del gobernador.

En el caso de que la velocidad de la máquina sea mayor  
de 514 rpm, alargar la varilla conectora para ajustar la velo-  
cidad de rotación. No modificar el tornillo de ajuste del lí-  
mite de carga, pues ya fue regulado en los ajustes prelimina--  
res.

Si el ajuste de la velocidad nominal fue ejecutado correctamente, el límite de carga puede ser llevado a 100% y la velocidad podrá mantenerse en 514 rpm. (ajuste de velocidad - en cero), sin embargo este ajuste con el tacómetro es una aproximación; es necesario utilizar un frecuencímetro para hacer las correcciones más finas.

1. Ordenar al operador que excite la máquina y ponga a funcionar el regulador automático del voltaje.
2. Transferir a la unidad en prueba el servicio propio.
3. Conectar el frecuencímetro y efectuar un ajuste fino de la velocidad en función de la frecuencia generada. Nótese -- que la variación de la frecuencia no debería ser mayor de 0,2 Hz.

#### 2.7.2.3 Ajustes de compensación.

Aunque el gobernador parezca operar satisfactoriamente es posible que no esté ajustado para dar una óptima regulación. Los ajustes finales de compensación serán efectuados antes de poner la máquina en producción. Si un cambio en la velocidad de la máquina ocurre, el gobernador comienza a mover los álabes y el dashpot detendrá la carrera del servomotor en la posición correcta respecto al cambio de frecuencia. De otra manera los álabes continuarían moviéndose produciendo a su vez oscilaciones y una acentuada inestabilidad. (Efecto Hunting).

Si los álabes tienden a ultrapasar la posición correcta será necesario mover el ajuste de compensación hacia la posición máxima 10 y viceversa. Si los álabes son detenidos en la posición correcta, entonces es necesario compensar por el regreso de la velocidad a lo normal. Este ajuste se efectuará por medio de la válvula de aguja del dashpot; la cual con una apertura correcta permitirá un número máximo de 3 oscilaciones de frecuencia, después de un disturbio, y antes de regresar a la velocidad nominal. (más exactamente al ancho de banda de -- frecuencia de estado estable en el menor tiempo posible).

De disponer de tiempo suficiente se debería seguir -- siempre el método de optimización que a continuación se expone, sin embargo dadas las limitaciones de tiempo con que se trabaja en Cañaveral y ya que regulación de frecuencia es raro en -- Cañaveral, se aceptan como buenas las condiciones de regula -- ción, las de un gobernador con piezas nuevas y ajustadas como normal o estandar en la Sección 4.

#### Optimización de los ajustes de compensación:

En caso de que las verificaciones preliminares a la -- unidad sugieran un ajuste al gobernador sin una intervención -- mayor, será necesario efectuar una optimización de los ajustes como sigue:

1. Para un ajuste inicial, poner la relación de restauración de la válvula en 25:1.
2. La varilla conectora de las palancas flotantes en el agujero más cercano al acople con el regulador centrífugo.
3. El ajuste de compensación en 4.
4. La válvula de aguja del dashpot con una apertura de 0,5 -- vueltas. (Naturalmente para esto la unidad deberá estar de tenida).
5. Arrancar con cuidado la unidad y poner el límite de carga en 5% para evitar oscilaciones muy pronunciadas.
6. Cerrar la válvula de aguja del dashpot 1/8 de vuelta y esperar unos segundos para observar los resultados. Continuar cerrando la válvula hasta que la oscilación de frecuencia sea  $\pm 0,2$  Hz.
7. Si la unidad no se estabiliza con una apertura de la válvula de aguja de 1/8 de vuelta, abrirla de nuevo a 1/2 vuelta y avanzar el ajuste de compensación a 6. Repetir el -- procedimiento hasta encontrar la estabilización ( $\pm 0,2$  Hz) En caso de no conseguir estabilidad será necesario mover - la varilla conectora de las palancas flotantes al agujero-



exterior (más alejado del regulador centrífugo) de la palanca flotante superior. Desgraciadamente es necesario de tenerla otra vez. Hay que recordar que cada vez que separe la máquina, el servicio propio debe ser transferido. El procedimiento deberá repetirse hasta encontrar estabilidad.

8. Una vez conseguido ésto, se deberá subir el límite a 15% - (límite de carga) y manualmente levantar el carrete de la válvula piloto para producir una perturbación. Hacer entonces un registro de los ajustes actuales del gobernador y las variaciones de frecuencia, así como el tiempo requerido para volver al ancho de banda de frecuencia de estado estable.
9. Ahora cambiar el ajuste de restauración de la válvula piloto a 30:1, repitiendo los mismos ajustes en el dashpot y - límite de carga. Anotar los mismos datos que antes.
10. Continuar esta rutina hasta tener un registro con las diferentes combinaciones de ajustes y sus resultados. Usando estos datos convenientemente pueden seleccionarse los ajustes que den la menor desviación de frecuencia y la mayor - habilidad de restauración. Si aún con esto los resultados son insatisfactorios, será necesario buscar una inusual -- condición eléctrica, mecánica o hidráulica externa al go--

bernador, la cual será responsable de la inestabilidad. A continuación se expone un cuadro que ayudará a esclarecer la rutina de optimización de los ajustes de compensación.

Abreviaturas usadas:

ARVP	Ajuste de restauración de la válvula piloto.
VC1	Posición de la varilla conectora en el agujero interno de la palanca flotante superior (más cerca del regulador centrífugo).
VC2	Idem, pero en agujero externo.
ACD	Ajuste de compensación del dashpot.
AVAD	Apertura de la válvula de aguja del dashpot.
DF	Desviación de la frecuencia $60 \pm X$ Hz
TE	Tiempo de estabilización en segundos

Si después de analizar los resultados de esta tabla se llega a la conclusión de que la desviación máxima de frecuencia es de 0,2 Hz y el tiempo de restauración, es mínimo obtenido y registrado en el cuadro sombreado, los ajustes para óptima regulación serán:

VC1	Varilla conectora entre palancas flotantes en el agujero interno. (Por ejemplo; podría haber sido en VC2 también).
ARVP	Ajuste de restauración de válvula piloto 30:1.

vc	1																							
ARVP	25						30						35						40					
ACU	4	5	6	4	5	6	4	5	6	4	5	6	4	5	6	4	5	6						
AVAD	DF	TE	DF	TE	DF	TE	DF	TE	DF	TE	DF	TE	DF	TE	DF	TE	DF	TE						
1/2																								
3/8																								
1/4																								
1/8																								

TABLA DE OPTIMIZACION

- ACD     Ajuste de compensación del dashpot en 6  
AVAD    Ajuste de la válvula de aguja 3/8 de apertura.

Este cuadro de registros deberá pasar junto con los comentarios y observaciones a la ficha histórica de la máquina y para completar el reporte deberán tomarse los datos pedidos -- por éste, que pueden verse en la Sección 4.

Después de que resultados satisfactorios sean obteni-- dos con la unidad fuera de línea y a velocidad nominal, deberá ser conectada a la red y observar su comportamiento bajo carga; entonces una verificación de las condiciones de operación con la unidad de línea deberá efectuarse (Véase Sección 1.1 y Sección 4 para determinar los datos a obtener).

Según la compañía norteamericana Woodward, en general-- si la máquina se encarga de la supervisión de carga o control-- de frecuencia, (lo cual no es caso de Cañaverál) es necesaria-- menos compensación que la obtenida con los ajustes mencionados antes; para reducir esta compensación se ha provisto al dash-- pot de una válvula de desvío auxilair controlada por un brazo-- accionado por el pistón grande; sin embargo a pesar de lo men-- cionado por Woodward, no hemos notado ninguna ventaja en utili-- zar esta válvula o no, así que siempre es dejada fuera de ser-- vicio.

## SECCION 3.-

Repuestos

Referirse al catálogo TOSHIBA - 1751908

## SECCION 4.-

Reportes a presentar:

Como es costumbre, después de cada trabajo efectuado - se hace un reporte detallado de las actividades desarrolladas, los problemas encontrados . observaciones y recomendaciones -- pertinentes. Una copia de este reporte es añadida a la ficha-histórica de la máquina en el lugar correspondiente.

A continuación se presenta un modelo de este reporte - correspondiente a las Inspecciones e intervenciones al gobernador.

Empresa Nacional de Energía Eléctrica ENEE  
 División del Sistema de Generación Interconectado DSGI  
 Departamento de Mantenimiento - Area Cañaveral-Río Lindo ACRL

Reporte de inspecciones y reparaciones del Gobernador efectuadas a las Unidades de Cañaveral:

ACRL No. _____	Unidad No. _____
Fecha: _____	Orden de Trabajo No. _____
Supervisión: _____	Orden de despeje No. _____
	Fecha de Intervención _____
	Fecha de inspección _____

I. Verificaciones con la unidad en línea:

Item	Puntos a verificar	Normal	Lect.obte nida.
1	Frecuencia del sistema antes de prueba	60+0,1Hz	
2	Frecuencia rechazando carga a razón de 0,2 MW/seg.	60+0,1Hz	
3	Frecuencia tomando carga a razón de 0,2MW/seg.	60+0,1Hz	
4	Desviación de frecuencia en paro parcial de 5 MW		
5	No. de oscilaciones de frec. en paro parcial de 5 MW	3	
6	Tiempo de restauración de frecuencia a 60+0,2Hz		
7	Presión en la carcasa espiral antes del paro parcial	14.0+1.5 bar	
8	Máxima presión alcanzada -- después del paro parcial	15.5+1.5 bar	

II. Verificaciones con la unidad fuera de línea a velocidad nominal.

1.-	Desviación de la frecuencia	$60 \pm 0,2 \text{ Hz}$
2.-	Apertura del servomotor	$26 \pm 2 \text{ mm}$
3.-	Número de oscilaciones después de un disturbio.	3
4.-	Vibración del péndulo del Regulador Centrifugo.	$0,5 \pm 0,2 \text{ mm}$

III. Verificaciones con la unidad completamente detenida.

Item	Puntos a verificar	Normal	Lect. Obt.
1	Indicador de posición del servomotor con álabes completamente cerrados.	0.0	mm
2	Indicador de posición en el cubículo del gobernador.	$0\% \pm 1\%$	
3	Idem, pero en el panel de control.	$0\% \pm 1\%$	
4	Indicador de límite de carga en el cubículo del gobernador.	$-10\% \pm 1\%$	
5	Idem, pero en el panel de control.	$-10\% \pm 1\%$	
6	Indicador de posición de servomotores del regulador de presión.	0.0	mm
7	Indicador de posición del límite de desvfo sincrónico en el cubículo del gobernador	$100\% \pm 5\%$	$-0\%$

Item	Puntos a verificar	Normal Lect.Obt.
8	Idem, pero en el panel de control	100%+5% -0%
9	Posición indicada a la mitad de la <u>ca</u> rretera del servomotor (150 mm).	50%+1%
10	Idem, pero en el panel de control.	50%+1%
11	Posición del límite de carga a la mi- tad de la carrera del servomotor.	50%+1%
12	Posición en el panel de control.	50%+1%
13	Indicador de posición del servomotor a plena apertura de álabes.	300.0 mm.
14	Indicador de posición con álabes <u>com</u> pletamente abiertos en el cubículo del gobernador.	100%+1%
15	Idem, pero en el panel de control.	100%+1%
16	Indicador de límite de carga en el cubículo del gobernador.	100%+1%
17	Idem, en el panel de control.	100%+1%
18	Posición del servomotor a cero carga (usando límite de carga).	25+2 mm.
19	Indicador de posición del servomotor a cero carga en el cubículo del go- bernador.	9+1%
20	Idem en el panel de control	9+1%
21	Tiempo de apertura completa de ála- bes.	16+1 seg.



Item	Puntos a verificar	Normal Lect.	Obt.
22	Tiempo de cierre completo de álabes.	8+1	seg.
23	Carrera completa del regulador de presión mientras los álabes cierran completamente.	175	mm.
24	Tiempo de apertura del regulador.	7+1	seg.
25	Tiempo de cierre del regulador de presión.	41+2	seg.
26	Tiempo de operación del motor de ajuste de velocidad en el sentido de incrementar la carga, desde -15 a +5.	30	seg.
27	Idem para decrementar la carga, desde +5 a -15.	30	seg.
28	Tiempo de operación del motor de límite de carga de -10 a 100%.	15	seg.
29	Idem desde 100 a 10%	15	seg.
30	Tiempo de operación del motor del límite de desvío sincrónico desde 0 a 100%	15	seg.
31	Idem desde 100 a 0%	15	seg.
32	Tiempo de apertura del servomotor en rango lento desde 0 a 300 mm.	19+1	seg.
33	Apertura de la válvula de aguja del dashpot de control del distribuidor fink (en caso de inspección no con-- testar).	1/8	vuelta

Item	Puntos a verificar	Normal Lect.Obt.
34	Ajuste de compensación del dashpot.	5:1
35	Ajuste de la palanca de restauración de la válvula piloto del distribuidor fink.	35:1
36	Apertura de la válvula distribuidora.	$4.2 \pm 0.1$ mm.
37	Cierre de la válvula distribuidora.	$6.2 \pm 0.1$ mm.
38	Apertura de la válvula distribuidora en rango lento.	$4.0 \pm 0.1$ mm.
39	Cierre de la válvula distribuidora en rango lento.	$4.8 \pm 0.1$ mm.
40	Apertura de la válvula de aguja del dashpot del regulador de presión (en caso de inspección no contestar).	3/8 a 1/2 vueltas.
41	Ajuste de restauración de la válvula piloto del regulador de presión.	mínimo
42	Apertura de la válvula distribuidora del regulador de presión (en alivio de presión).	$3.0 \pm 0.1$ mm.
43	Cierre de la válvula distribuidora del regulador de presión (en alivio de presión).	0.0 mm.
44	Apertura de la válvula de aguja del dashpot de control del limitador de traslación del distribuidor.	3/8 vueltas (3 seg)
45	Condición de operación del limit	

Item	Puntos a verificar	Normal Lect.Obt.
	switch 65 SD	Cierra en condiciones de paro completo.
46	Interruptor 33a	Cierra a y abajo de velocidad sin carga.
47	Interruptor 33b	Abre con álabes completamente cerrados.
48	Interruptor 33c	Cierra con álabes cerrados.
49	Interruptor 33d	Abre con álabes cerrados.
50	Interruptor 33e	Abre cuando la apertura de álabes es igual al límite de carga.
51	Interruptor 33H	Opera cuando el regulador de presión está abierto.
52	Interruptor 65 SE	Interruptor de disparo de emergencia (Emergency shut down switch).
53	Resistencia de aislamiento del motor del gobernador.	1 MΩ

IV.- Partes de respuestos utilizadas, comentarios y observaciones.

- 1.- Regulador centrífugo
- 2.- Válvula piloto del distribuidor y regulador de presión.
- 3.- Palancas flotantes.
- 4.- Dashpots de control del distribuidor y regulador de presión.
- 5.- Dashpot de control del limitador de velocidades de traslación del servomotor del distribuidor fink.

- 6.- Pistón de control del mecanismo limitador.
- 7.- Motores de control.
- 8.- Otros.

Observaciones y comentarios: Deberán anotarse aquí todas aquellas observaciones y recomendaciones necesarias referentes a cada parte del gobernador, el tiempo consumido, los responsables del trabajo y las conclusiones, sin dejar a un -- lado los problemas que se susciten, imprevistos, etc. y como se pudieron haber evitado.

## CONCLUSIONES

A pesar de lo complejo que pueda parecer en un principio, el gobernador Toshiba GB2 es un dispositivo relativamente sencillo, compacto y fácil de ajustar. Siguiendo la rutina de optimización expuesta en el capítulo IV podrán obtenerse buenos resultados al ajustar alguno de estos gobernadores. Así pues en el futuro no será necesaria mano de obra extranjera, extremadamente costosa para intervenir el gobernador de las unidades de Cañaveral, sino que personal netamente hondureño podrá efectuar los ajustes necesarios tan bien o mejor que los mismos japoneses; siempre y cuando se tomen los cuidados necesarios.

Por otra parte estando Cañaveral ligado a un sistema interconectado que tiende a crecer con el tiempo los estatismos de las máquinas deberían llevarse a 5% para una distribución más equitativa de las cargas. Operar el gobernador sólidamente bloqueado es un error que el Departamento de Despacho y los operadores mismos no quieren aceptar, pero este error es consecuencia de que en todo el sistema interconectado no ha habido nadie que se interese en estudiar el grado de estatismo que más conviene adoptar para las centrales. Mientras el Departamento de Despacho de carga no comprenda como funcio

CURVA CARACTERISTICA DE LA CONSTANTE DE TIEMPO DEL DASHPOT DE CONTROL DEL GOBERNADOR

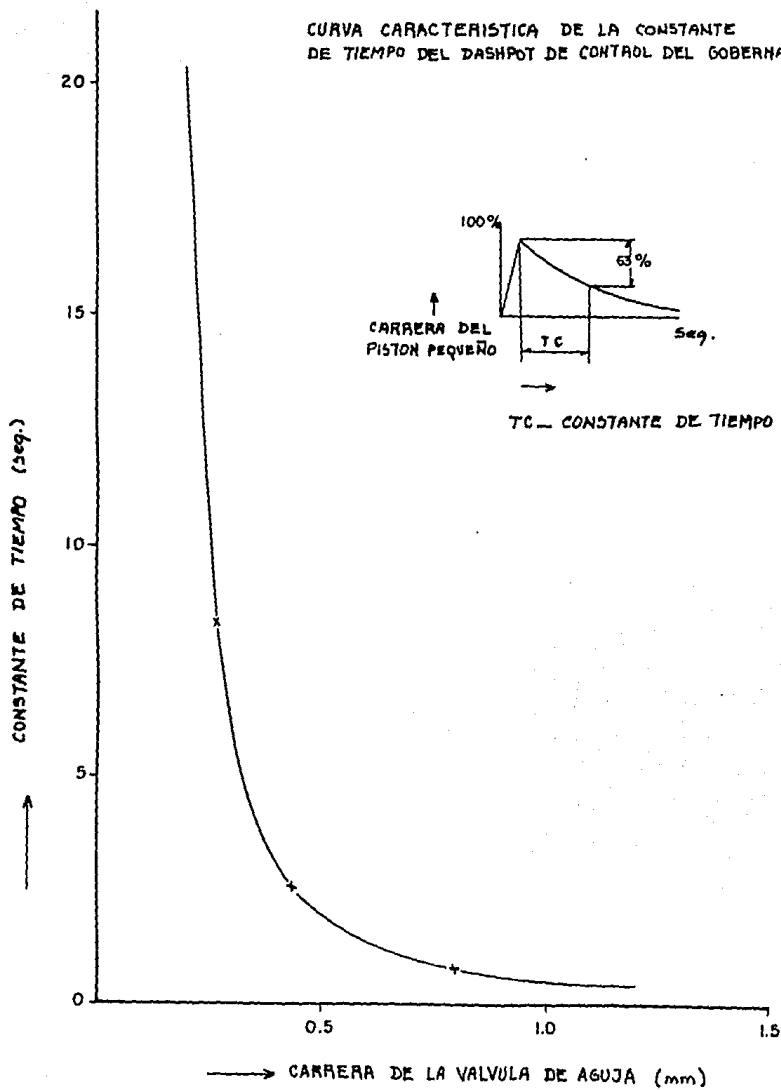


FIG. 4.1

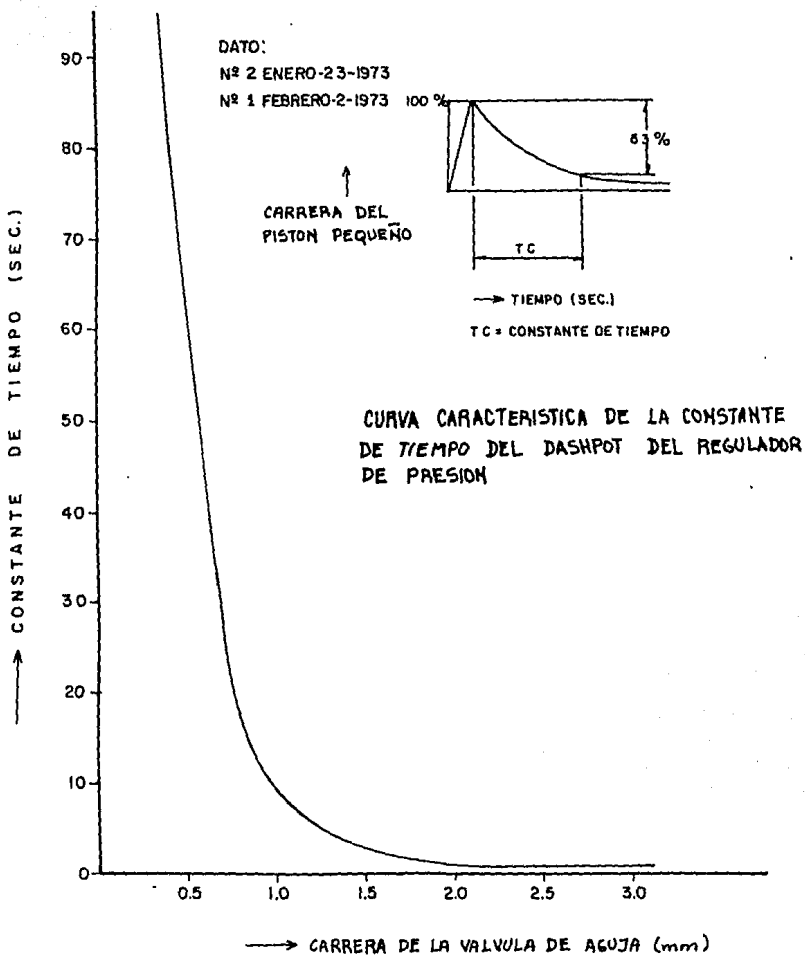


FIG. 4.2

CURVA CARACTERISTICA DE LA CONSTANTE DE TIEMPO DEL DASHPOT DEL LIMITADOR DE VELOCIDAD DE MOVIMIENTO DEL DISTRIBUIDOR FINK

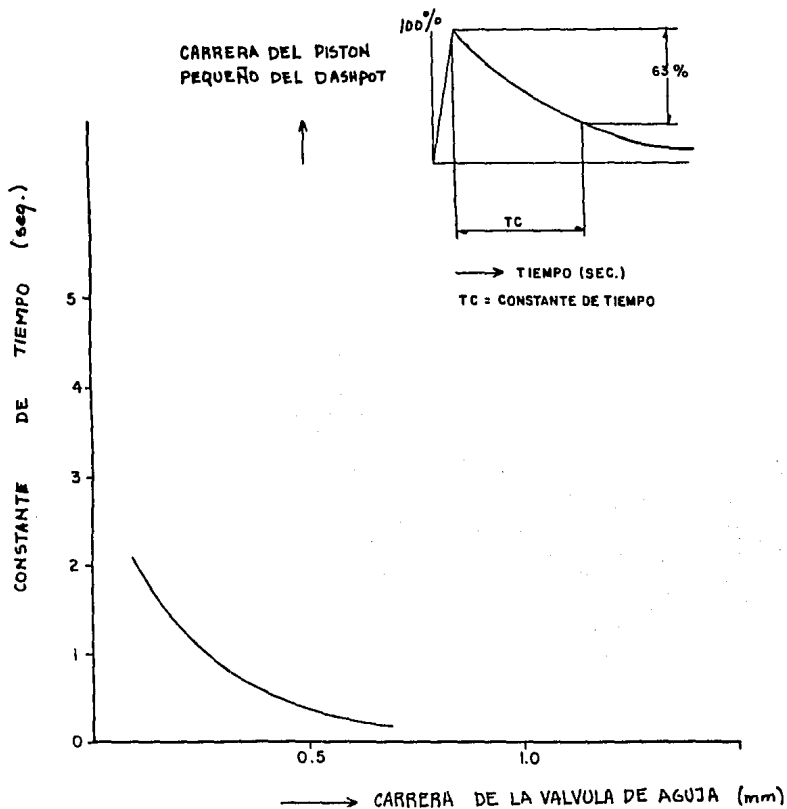


FIG. 4.3



TIEMPO DE OPERACION DEL SERVOMOTOR DEL  
DISTRIBUIDOR FINK - PRESION DE ACEITE 20 kg/cm<sup>2</sup>

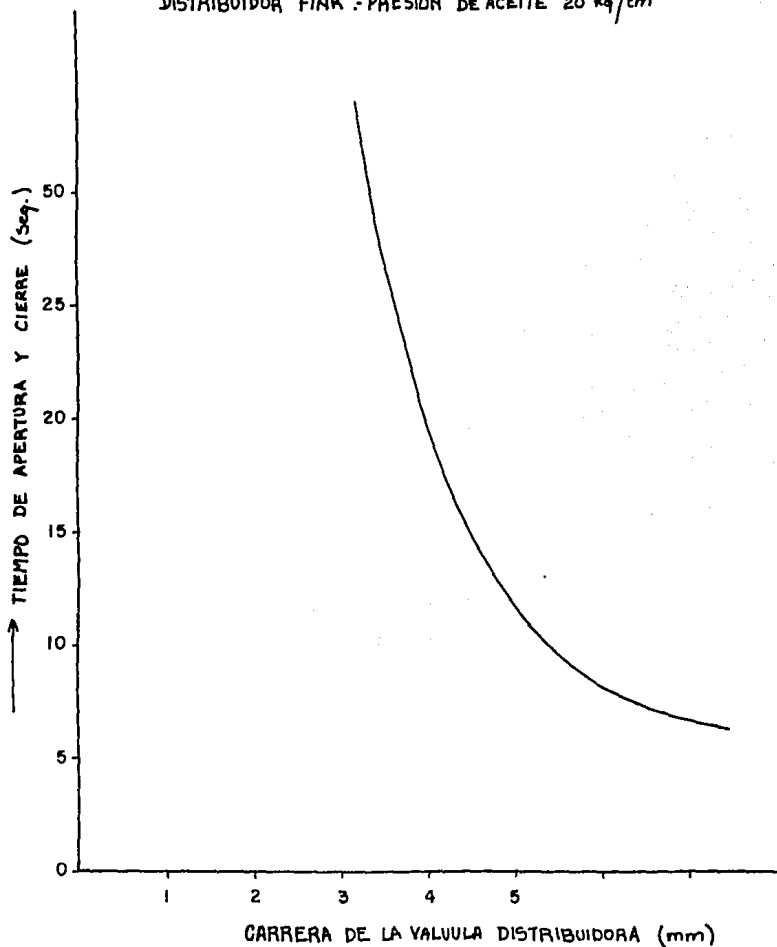


FIG. 4.4

TIEMPO DE OPERACION DE LOS SERVOMOTORES  
DEL REGULADOR DE PRESION

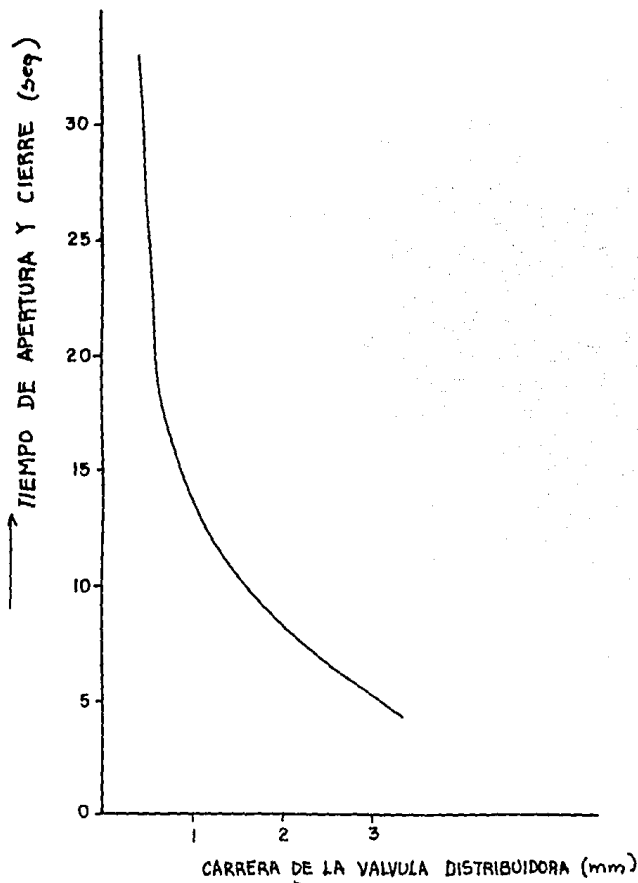


FIG 4.5

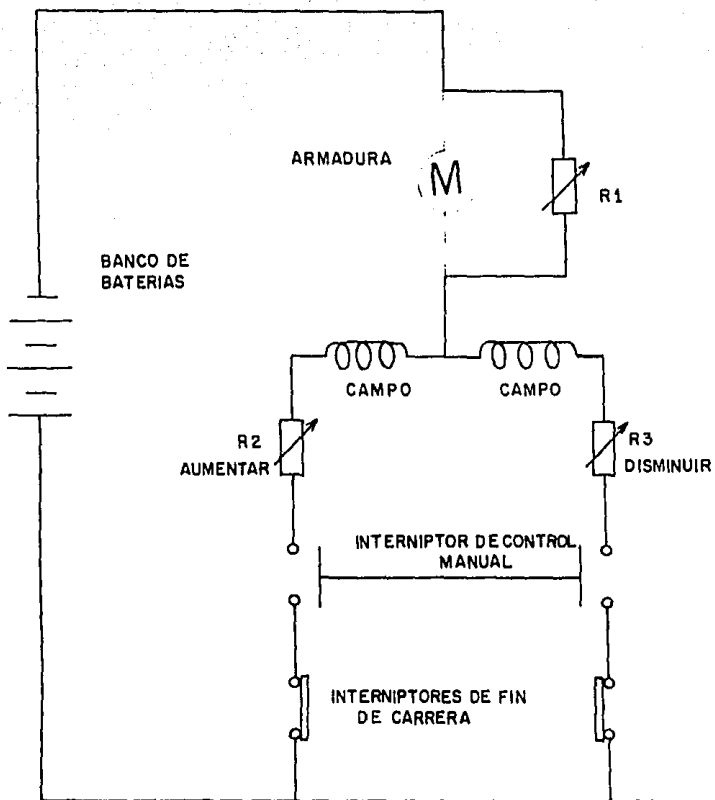


FIG. 4.6 DIAGRAMA ELECTRICO DE LOS MOTORES DE CONTROL DEL GOBERNADOR.

na la distribución de carga respecto al estatismo del sistema, Cañaveral nunca operará con los gobernadores libres, siempre el operador de la planta tendrá que hacer los ajustes necesarios para repartir la carga pudiendo hacerse esto automáticamente.

## B I B L I O G R A F I A

- Boletín Woodward No. E301 editado en 1978
- Boletín Charmilles No. 384 editado en 1980
- Documentación de la ficha histórica de los gobernadores de Cañaverál.
- Información de campo obtenida durante los trabajos realizados en octubre de 1982 y 1983 en las Unidades 1 y 2 de Cañaverál.
- Investigaciones personales con los equipos de repuesto para los gobernadores durante el año de 1983.