



6
2 ej.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN**

SINTESIS DE UN MECANISMO DE CUATRO BARRAS

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A N
JOSE LUIS GARCIA GARCIA
RAFAEL GILBERTO GORDILLO REVERTE**

DIRECTOR DE TESIS

I. M. E. MARCO ANTONIO ALARCON R.

1989

FALLA DE ORIGEN



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.

INDICE

INTRODUCCION	1
--------------------	---

CAPITULO I

"TEORIA SOBRE SINTESIS DE GENERACION DE FUNCIONES"

I.1 SINTESIS DE GENERACION DE FUNCIONES	4
I.2 ESPACIADO OPTIMO DE CHEBISHEV	9
I.3 ECUACION DE FREUDENSTEIN	14
I.4 GENERACION DE $y = f(x)$	19
I.5 GENERACION DE FUNCIONES CON TRES PUNTOS DE PRECISION	23

CAPITULO II

"PROBLEMAS"

II.1 GENERACION DE $y = x^{1.5}$	32
II.2 DISEÑO DE UN DOSIFICADOR AUTOMATICO	52

CONCLUSIONES	81
--------------------	----

NOMENCLATURA

- θ** Posición para ángulo de entrada
- ν** Posición para ángulo de salida
- $\Delta\theta$** Incremento ángulo de entrada
- $\Delta\nu$** Incremento ángulo de salida
- x** Posición de entrada en longitud de arco
- y** Posición de salida en longitud de arco
- Δx** Incremento de posición de entrada en longitud de arco
- Δy** Incremento de posición de salida en longitud de arco
- n** Número de puntos de precisión
- j** Asignación de los puntos de precisión
- Q** Gasto en m^3 /hora
- m** Metros
- f_d** Función deseada
- f_g** Función generada
- E** Error estructural
- s** Desplazamiento de la deslizadera
- H** Altura

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

Este trabajo es una recopilación de conocimientos teóricos sobre la síntesis de generación de funciones y se ha enfocado a dar solución a un problema en el diseño de maquinaria para una fábrica de cal, además de incluir un problema teórico con la finalidad de establecer una relación entre la teoría y la practica

En la actualidad el diseño de máquinas debe adecuarse a las necesidades de un mercado que demanda una mayor producción a un menor costo para lo cual deberán optimarse los recursos. Esto ha traído como consecuencia la automatización de los medios de producción.

El concerto de máquina no puede aislarse del entorno y circunstancias políticas y socio-económicas que inciden y configuran un proceso de producción, distribución y consumo es decir, en la concepción de una máquina influyen los factores aludidos y el ignorar los dará como resultado un diseño erróneo y poco competitivo por exceso de tamaño, precio, falta de estética, funcionamiento peligroso, alto costo de operación o mantenimiento y elevado nivel de ruido, etc.

Esto lleva a entender una máquina como un diseño en el que intervienen dos tipos de factores, unos se pueden definir en el sentido amplio como de naturaleza mecánica (Tecnología) por ejemplo: espacios, velocidades, aceleraciones, fuerzas, rozamientos, temperatura y elasticidad, etc.

Otros de naturaleza no mecánica, por ejemplo: la estética, el estudio de mercados, organización de empresas, etc.

Así pues, una máquina como cualquier otro diseño es un compromiso entre diversos objetivos que hay que tender a satisfacer. Estos objetivos pueden depender como ya se ha dicho, de factores mecánicos y otros no mecánicos.

Cualquier proyecto o diseño de ingeniería puede ser analizado ésto es se puede encontrar la respuesta del mismo a diversas soluciones, en particular el análisis de mecanismos permite aislar por ejemplo: Las características de la función generada por una manivela, la trayectoria descrita por un punto del acoplador o biela, la velocidad de un punto etc., inversamente dadas las exigencias de un diseño, éste será el resultado del modo que cumpla o tienda a cumplir dichos requisitos, ésto es lo que se conoce como síntesis, su importancia estriba en que es, así como se plantea inicialmente el problema del diseño.

CAPITULO I
"TEORIA SOBRE SINTESIS DE GENERACION DE FUNCIONES"

I, 1 SINTESIS DE GENERACION DE FUNCIONES.

Es la síntesis de mecanismos la parte que estudia la coordinación entre las posiciones de entrada de un mecanismo y la respuesta -- que se obtiene de éste o sea, las posiciones de salida, se denomina " Síntesis de Generación de Funciones " .

El problema de la Síntesis de Generación de Funciones, se puede plantear de la siguiente manera. Se desea diseñar un mecanismo - que un intervalo de su movimiento sea capaz de situar las barras de entrada y salida en dos grupos de posiciones, los cuales estarán definidos con anterioridad al diseño, los valores que se designen a las posiciones de éstos grupos son los que definirán la relación funcional entrada-salida, que será generada por el mecanismo.

Como se puede observar, para iniciar el diseño es necesario conocer las condiciones de entrada-salida del mecanismo, ahora bien - los valores obtenidos corresponden a determinadas características del problema de síntesis, por lo cual se plantean dos casos el diseño de un mecanismo.

- 1.- Diseñar un mecanismo que un intervalo de su movimiento, sea - capaz de situar las barras de entrada-salida en dos grupos de posiciones especificadas.
- 2.- Diseñar un mecanismo de tal forma que la función generada por éste o sea la relación funcional entrada-salida, coincida con una función determinada que se desea obtener como respuesta - del mecanismo.

El primer caso será la forma más directa de resolver el problema, ya que los valores de las posiciones de entrada-salida vendrán dados por una tabla o estarán situados dentro de un sistema de coordenadas correspondientes.

Las variables (φ, ψ) nos indican la coordinación de los ángulos que definen las posiciones de las barras de entrada-salida, como se muestra en la figura I.1, en otro caso la posición de las barras de entrada-salida, se pueden relacionar mediante la coordinación de un ángulo y un desplazamiento, para éste caso las variables que se utilizaran son (φ, S) .

φ	ψ
φ_1	ψ_1
φ_2	ψ_2
φ_3	ψ_3
φ_4	ψ_4

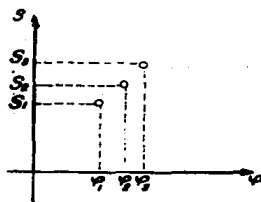


FIG. I.1 ESPECIFICACION DE LAS POSICIONES DE ENTRADA Y SALIDA

Por lo tanto, el problema se reducirá solamente a calcular los parámetros geométricos de un mecanismo, capaz de relacionar éstas posiciones entre sus barras de entrada-salida para el caso de un mecanismo de cuatro barras, los parámetros a encontrar serán las dimensiones de las barras a, b, c y d , que forman el mecanismo como se muestra en la figura I.2

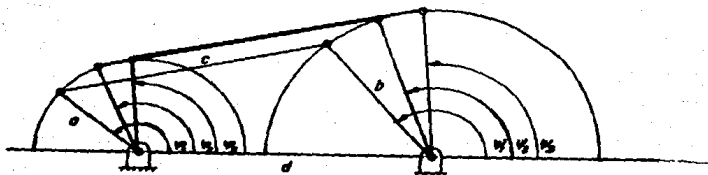


FIG. I.2 BARRAS a, b, c, d DEL MECANISMO

Con relación al segundo caso, las posiciones de las barras, se de terminan a partir de una función $\psi = \psi(\varphi)$ que se desea obtener como respuesta a los valores de entrada para el ángulo (φ) del mecánismo.

En este caso el problema de síntesis consiste en encontrar los va lores de los parámetros geométricos del mecanismo, cuya respuesta represente una curva que pase sobre las posiciones especificadas sobre la función (ψ) que se desea obtener.

En la figura I.3, se observa que la respuesta del mecanismo describe una curva, la cual corresponde a la función generada por el mecanismo y sólo pasa por un número finito de puntos que corresponden a la función deseada, a éstos puntos en que coinciden las funciones se les conoce como puntos de precisión.

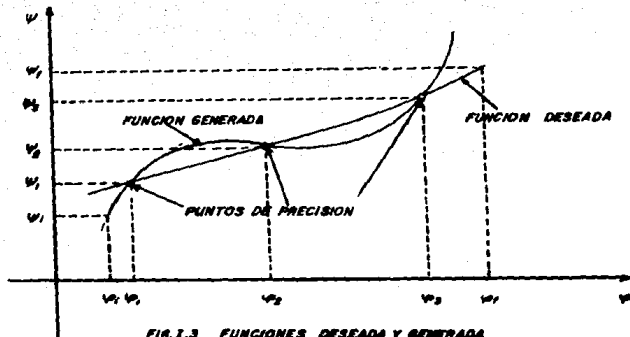


FIG. I.3 FUNCIONES DESEADA Y GENERADA

La observación anterior, se desprende del hecho de que sólo es posible diseñar un mecanismo que coincida en un número finito de puntos entre la función generada por éste y la función que se desea obtener o sea que sólo se obtiene un número determinado de respuestas que coincidan con la función.

Fuera de los puntos de precisión y dentro de un intervalo (φ_1, φ_2) que limita el movimiento del mecanismo para su estudio, existe una diferencia entre la función generada por el mecanismo y la función deseada. Esta diferencia se le conoce como error estructural o función error estructural, como se muestra en la figura I.4.

Como se verá más adelante, el número de puntos de precisión complica la solución del problema conforme éstos se aumentan para resolver un problema de síntesis de generación de funciones con más de tres puntos de precisión es necesario recurrir a los métodos numéricos a la computación.

En la actualidad sólo se ha logrado resolver mecanismos con seis - puntos de precisión con los métodos antes mencionados, lo cual es muy laborioso y de alto costo por su complejidad.

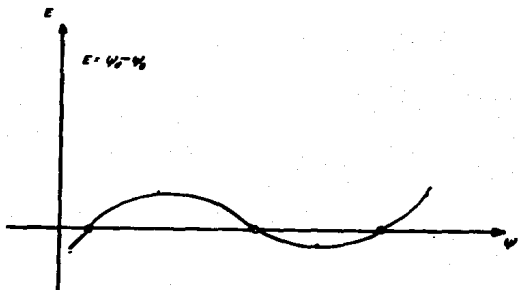


FIG. 1.4 FUNCION ERROR ESTRUCTURAL

I.2 ESPACIADO OPTIMO DE CHEBISHEV.

Como se acaba de ver la función error estructural depende de la función generada y la función deseada, pero para dos funciones -- cualesquiera $\psi_1(\omega)$, $\psi_2(\omega)$ el error estructural dependerá de las posiciones de los puntos de precisión.

Si un problema de síntesis de generación de funciones tiene como-datos el intervalo (ω_1, ω_2) y el número de puntos de precisión dentro de este intervalo, pero no así la distribución de los puntos dentro de éste, es posible reducir el error estructural.

Como se puede observar en la figura I.5, en el intervalo (ω_1, ω_2) la función error estructural presenta los valores E_1, E_2, E_3, E_4, E_5 que corresponden a los máximos y mínimos de dicha función.

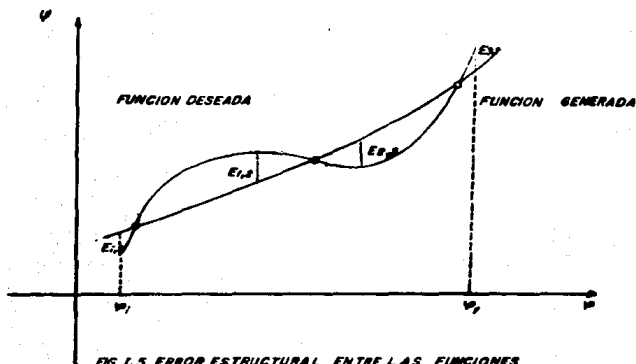


FIG. I.5 ERROR ESTRUCTURAL ENTRE LAS FUNCIONES DESEADA Y GENERADA

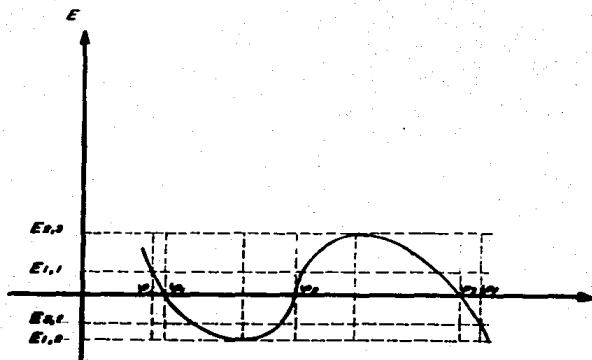


FIG.1.6. FUNCION ERROR ESTRUCTURAL

Como en este problema la distribución de los puntos de precisión no se halla determinada se puede buscar una distribución tal que los valores absolutos máximos de los errores en los extremos y el interior del intervalo sean iguales, es decir: $E_0 = E_{1,1} = E_{2,0} = E_{3,1}$. El máximo valor es un mínimo y el error esta optimizado como se muestra en la figura I.6.

A este espaciado se le conoce como "Espaciado Optimo de Chebyshev", y se fundamenta en el teorema del mismo que dice: Si 'n' parámetros independientes son involucrados en el diseño de un mecanismo capaz de generar una función que se aproxime a una función deseada entonces el mayor valor absoluto del error estructural es minimizado cuando hay 'n' puntos de precisión espa -----

ciados de tal forma que los valores máximos de los 'n+1' errores, entre cada par de puntos adyacentes y terminales, sean numéricamente iguales y con alternancias de signo.

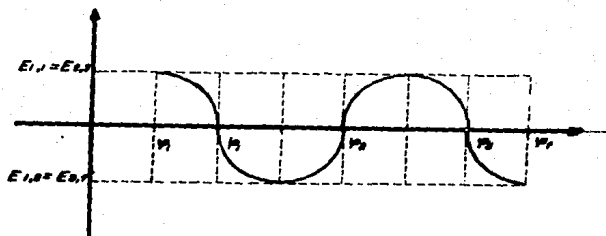


FIG.1.6 FUNCION ERROR ESTRUCTURAL OPTIMIZADO -

Para lograr un espaciado que cumpla con las condiciones antes mencionadas, se utilizan los polinomios de CHEBISHEV.

$$\eta_j = \frac{1}{2} (\eta_i + \eta_{i+1}) - \frac{1}{2} (\eta_i - \eta_{i+1}) \cos \frac{(2j-1)\pi}{2n}$$

Dónde: $j = 1, 2, 3, 4, \dots, n$.

El procedimiento más común que se utiliza para localizar los puntos de precisión y que cumple con la expresión anterior, es el siguiente:

Se dibuja un polígono de $2n$ lados, donde 'n' es el número de puntos de precisión el cual estará circunscrito en una circunferencia cuyo diámetro sea $(\varphi_1 - \varphi_2)$, de tal forma que los lados opuestos del polígono sean perpendiculares al eje horizontal que pasa por el centro de la circunferencia, la proyección de los vértices sobre el eje horizontal representa la distribución de los puntos de precisión en el intervalo (φ_1, φ_2) como lo muestra la figura -- I.7a. De la figura I.7b, se puede comprobar la ecuación que define el polinomio de CHEBISHEV.

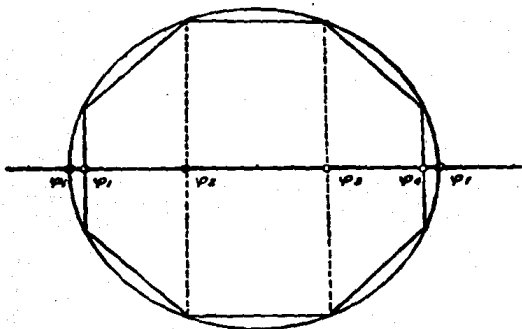


FIG. I.7a DISTRIBUCION DE LOS PUNTOS DE PRECISION

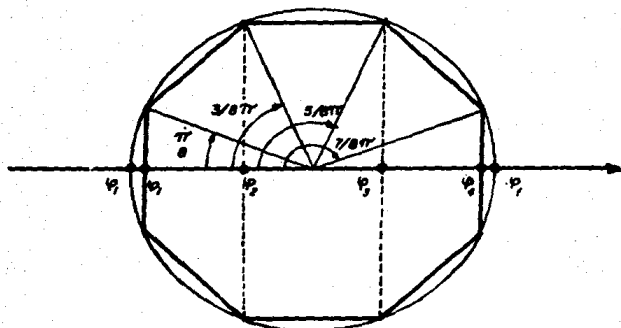


FIG. 17b VALORES DE LOS PUNTOS DE PRECISION

$$x_1 = \frac{1}{2}(x_1 + x_1) - \frac{1}{2}(x_2 - x_1) \cos \frac{\pi}{8}$$

$$x_2 = \frac{1}{2}(x_1 + x_1) - \frac{1}{2}(x_2 - x_1) \cos \frac{3\pi}{8}$$

$$x_3 = \frac{1}{2}(x_1 + x_1) - \frac{1}{2}(x_2 - x_1) \cos \frac{5\pi}{8}$$

$$x_4 = \frac{1}{2}(x_1 + x_1) - \frac{1}{2}(x_2 - x_1) \cos \frac{7\pi}{8}$$

$$x_j = \frac{1}{2}(x_1 + x_1) - \frac{1}{2}(x_2 - x_1) \cos \frac{(2j-1)\pi}{2n}$$

POLINOMIO DE CHEBISHEV

I.2 ECUACION DE FREUDENSTEIN

La solución analítica más común para resolver un problema de síntesis de generación de funciones, se obtiene mediante la ecuación de FREUDENSTEIN, que relaciona los ángulos de las manivelas de un mecanismo de cuatro barras. Se han obtenido soluciones análogas para otros mecanismos como son; el mecanismo de biela-manivela, - mecanismo de cinco barras, el cuadrilátero esférico articulado, - etc.

A continuación se considerará el mecanismo de cuatro barras para deducir la ecuación de FREUDENSTEIN.

Considerese un mecanismo de cuatro barras, como el que se representa en la figura I.8, donde las variables de la función que se desea generar son (ψ, φ) la designación de la variable dependiente o independiente dependerá de la consideración que se haga para definir, cual será la barra de entrada y cual la de salida.

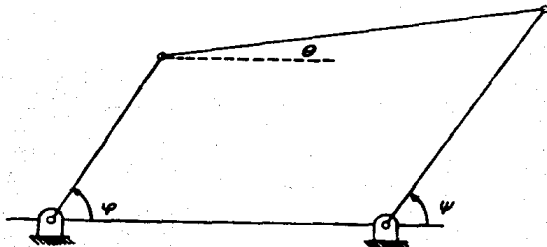


FIG. 8 MECANISMO DE CUATRO BARRAS

Una vez definidas las barras de entrada y salida, se pueden considerar estas como si fuesen vectores y sumarlos como se muestra en la figura 1.9.

En este caso se considerará la barra "a" como el eslabón de entrada y la barra "b" será el de la salida, por lo tanto, se tendrá que eliminar θ , para que la función quede en términos de los ángulos (φ, ψ) solamente, ya que éstas son las variables de la función que se desea generar.

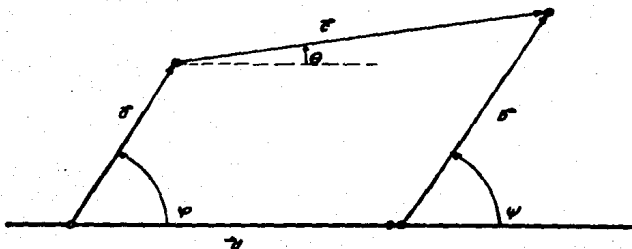


FIG. 1.9 DEFINICION DEL MECANISMO POR VECTORES

Sumando las componentes de los vectores.

$$a \cos \varphi + c \cos \theta = d + b \cos \psi$$

$$a \sin \varphi + c \sin \theta = b \sin \psi$$

Despejando los términos de:

$$c \cos \theta = d + b \cos \psi - a \cos \varphi$$

$$c \operatorname{sen} \theta = + b \operatorname{sen} \psi - a \operatorname{sen} \varphi$$

Elevando al cuadrado.

$$c^2 \cos^2 \theta = d^2 + b^2 \cos^2 \psi + a^2 \cos^2 \varphi + 2db \cos \psi - 2da \cos \varphi - 2b \cos \psi \cdot a \cos \varphi$$

$$c^2 \operatorname{sen}^2 \theta = + b^2 \operatorname{sen}^2 \psi + a^2 \operatorname{sen}^2 \varphi - b \operatorname{sen} \psi \cdot a \operatorname{sen} \varphi$$

Sumando

$$c^2 = b^2 + a^2 + d^2 + 2db \cos \psi - 2da \cos \varphi - 2ba \cos(\psi - \varphi)$$

Dividiendo la expresión entre ' 2 ab ' quedará de la siguiente manera.

$$\frac{d}{a} \cos \psi - \frac{d}{b} \cos \varphi - \frac{d^2 + a^2 + b^2 - c^2}{2ba} \cos(\psi - \varphi)$$

Haciendo la siguiente consideración.

$$K_1 \frac{d}{a} \quad ; \quad K_2 \frac{d}{b} \quad ; \quad K_3 \frac{d^2 + a^2 + b^2 - c^2}{2ba}$$

Finalmente la expresión se puede escribir de la siguiente manera:

$$K_1 \cos \psi - K_2 \cos \varphi + K_3 \cos (\psi - \varphi)$$

ECUACION DE FREUDENSTEIN.

Ahora bien, partiendo de las características de la ecuación de --
FREUDENSTEIN, se pueden hacer ciertas consideraciones que facilitarán la solución de la síntesis de generación de funciones.

Para cualquier solución de K_1 , K_2 , K_3 , la ecuación no se altera si los valores de los ángulos se sustituyen por su diferencia a 360° . Esto equivale a construir el mecanismo de cuatro barras que es -- imagen del dado inicialmente respecto a la barra fija.

Quizá la condición más importante, se obtiene con la eliminación de ψ , debida a la elevación al cuadrado. Esto significa que para los valores encontrados de K_1 , K_2 y K_3 existirán dos valores de ψ por cada valor de φ y viceversa por cada valor de φ existirán dos valores de ψ .

Esto último tendrá como consecuencia que los valores de K_1 , K_2 y K_3 cambien de signo de acuerdo a las modificaciones que se hagan de los valores de ψ y ψ' , permaneciendo los valores de K_1 , K_2 y K_3 siempre constantes.

Para que los valores de K_1 , K_2 y K_3 tengan un sentido físico deberán ser siempre positivos.

A continuación se presentan los posibles casos en que se tengan -- que hacer modificaciones y de que manera se realizan.

$K_1 < 0$	$\psi' = 180 - \psi$
$K_2 < 0$	$\psi' = 180 - \psi$
$K_3 < 0$	$\psi' = 180 - \psi$ ó $\psi' = 180 - \psi$
$K_1 < 0$ y $K_2 < 0$	$\psi' = 180 - \psi$ ó $\psi' = 180 - \psi$
$K_1 < 0$ y $K_3 < 0$	$\psi' = 180 - \psi$
$K_2 < 0$ y $K_3 < 0$	$\psi' = 180 - \psi$
$K_1, K_2, K_3 < 0$	NO HAY SOLUCION

I. 3 GENERACION DE $y = (x)$

Hasta ahora solamente, se ha considerado la relación funcional - entrada-salida en función de los ángulos de entrada y salida y que describen la posición de las barras de entrada y salida, sin embargo, es posible relacionar éstas posiciones en función - de los arcos descritos por dos puntos que correspondan a dichas - barras como se muestra en la figura I.10.

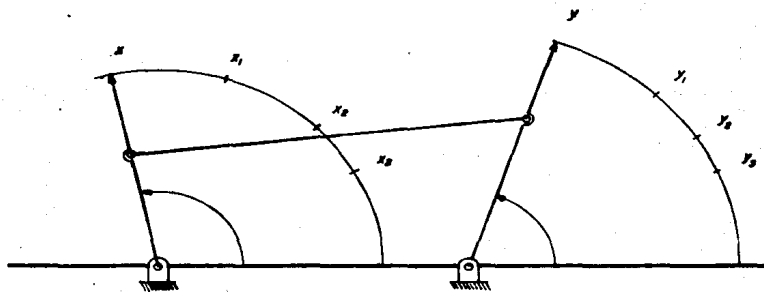


FIG. I.10 RELACION DE POSICIONES EN FUNCION A LOS ARCOS DESCRITOS

Por lo que ahora la función descrita por el mecanismo es $y=f(x)$ - ambas relaciones funcionales $y=f(x)$ y $\psi=\psi(\varphi)$ son análogas. Para hacer el paso de una a otra función, se debe recurrir a los factores de escala que a continuación se explican.

En el inicio de este capítulo, se mencionó que la síntesis de generación de funciones nos permite diseñar un mecanismo capaz de establecer una relación funcional entre las barras de entrada y salida, que coincida en un número finito de puntos con respecto a una función deseada, para lo cual, se deben definir los puntos de precisión dentro de un intervalo.

A éste intervalo se le conoce como rango de ψ, φ "y" y "x", según sea el caso y se representa como $\Delta\psi, \Delta\varphi, \Delta x, \Delta y$, lo cual se muestra en la figura I.11.

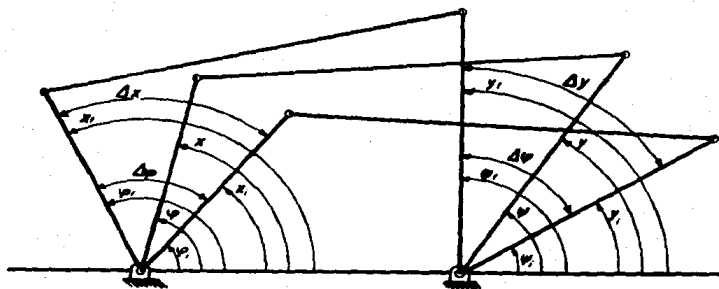


FIG. I. 11 GRAFICA DE LOS INCREMENTOS $\Delta\psi, \Delta\varphi, \Delta x, \Delta y$

Considerando los incrementos $\Delta\psi, \Delta\varphi, \Delta x, \Delta y$ y basándose en la figura I.12, se puede establecer una relación lineal entre x y ψ y entre y y φ , lo cual se puede expresar de la siguiente forma :

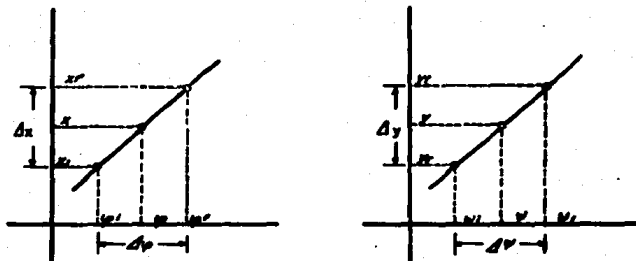


FIG. 1.12 a. RELACION LINEAL ENTRE x Y φ
 b. RELACION LINEAL ENTRE y Y ψ

$$\frac{\Delta \varphi}{\Delta x} = \frac{(\varphi_2 - \varphi_1)}{(x_2 - x_1)} = \frac{(\varphi - \varphi_1)}{(x - x_1)}$$

$$\frac{\Delta \psi}{\Delta y} = \frac{(\psi_2 - \psi_1)}{(y_2 - y_1)} = \frac{(\psi - \psi_1)}{(y - y_1)}$$

A los cocientes $\frac{\Delta \varphi}{\Delta x}$ y $\frac{\Delta \psi}{\Delta y}$ se les conoce como factores de escala y también, se pueden representar de la siguiente manera:

$$K\varphi = \frac{(\varphi_2 - \varphi_1)}{(x_2 - x_1)} \quad ; \quad K\psi = \frac{(\psi_2 - \psi_1)}{(y_2 - y_1)}$$

Por lo tanto el paso de una función de la forma $y=f(x)$ a la forma $\psi = \varphi(\psi)$ se hace mediante las siguientes expresiones:

$$\varphi = \varphi_1 - \frac{\Delta \varphi}{\Delta x} (x - x_1)$$

$$\psi_1 = \psi - \frac{\Delta \psi}{\Delta y} (y - y_1)$$

Para lo cual, se debe conocer $\Delta\psi, \Delta\varphi, x_1, x_2, \varphi_1, \varphi_2$ y teniendo como datos $x_1, x_2, x_3, y_1, y_2, y_3$ obtenidos de la función deseada.

I. 5 GENERACION DE FUNCIONES CON TRES PUNTOS DE PRECISION

Mediante la ecuación de Freudenstein, es posible obtener las di menciones de las barras; a, b, c, y d, en un mecanismo de cuatro ba rras, del cual se pretende obtener tres posiciones específicas.

Entonces partiendo de la ecuación de Freudenstein:

$$K_1 \cos \psi_i - K_2 \cos \varphi_i + K_3 = \cos (\psi_i - \varphi_i)$$

Donde: $i = 1, 2, 3$

Utilizando la regla de Cramer para resolver el sistema de ecua ciones donde las incógnitas son: K_1, K_2, K_3 y como datos se dan las parejas de valores $(\psi_1, \varphi_1), (\psi_2, \varphi_2), (\psi_3, \varphi_3)$.

$$K_1 \cos \psi_1 - K_2 \cos \varphi_1 + K_3 = \cos (\psi_1 - \varphi_1)$$

$$K_1 \cos \psi_2 - K_2 \cos \varphi_2 + K_3 = \cos (\psi_2 - \varphi_2)$$

$$K_1 \cos \psi_3 - K_2 \cos \varphi_3 + K_3 = \cos (\psi_3 - \varphi_3)$$

$$K_3 = \cos (\psi_1 - \varphi_1) \quad K_1 \cos \psi_1 + K_2 \cos \varphi_1$$

$$D = \begin{vmatrix} \cos \psi_1 - \cos \varphi_1 & 1 \\ \cos \psi_2 - \cos \varphi_2 & 1 \\ \cos \psi_3 - \cos \varphi_3 & 1 \end{vmatrix}$$

$$D = \cos \psi_1 (-\cos \psi_2 + \cos \psi_2) + \cos \psi_1 (\cos \psi_2 - \cos \psi_2) - (\cos \psi_2 \cos \psi_2) + \dots$$

$$\dots (\cos \psi_2 \cos \psi_2)$$

$$D = -\cos \psi_1 \cos \psi_2 + \cos \psi_1 \cos \psi_2 + \cos \psi_1 \cos \psi_2 - \cos \psi_1 \cos \psi_2 - \cos \psi_2 \cos \psi_2 + \dots$$

$$\dots \cos \psi_2 \cos \psi_2$$

$$D = (\cos \psi_1 - \cos \psi_2) (\cos \psi_1 - \cos \psi_2) - (\cos \psi_1 - \cos \psi_2) (\cos \psi_1 - \cos \psi_2)$$

$$D_1 = \begin{vmatrix} \cos(\psi_1 - \psi_2) - \cos \psi_2 & 1 \\ \cos(\psi_2 - \psi_2) - \cos \psi_2 & 1 \\ \cos(\psi_2 - \psi_2) - \cos \psi_2 & 1 \end{vmatrix}$$

$$D_1 = \cos(\psi_1 - \psi_2) (-\cos \psi_2 + \cos \psi_2) + \cos \psi_2 (\cos(\psi_2 - \psi_2) - \cos(\psi_2 - \psi_2)) - \dots$$

$$\dots \cos(\psi_2 - \psi_2) - \cos \psi_2 + \cos(\psi_2 - \psi_2) \cos \psi_2$$

$$D_1 = -\cos \psi_2 \cos(\psi_1 - \psi_2) + \cos \psi_2 \cos(\psi_1 - \psi_2) + \cos \psi_2 \cos(\psi_2 - \psi_2) - \dots$$

$$\dots \cos \psi_2 \cos(\psi_2 - \psi_2) - \cos \psi_2 \cos(\psi_2 - \psi_2) + \cos \psi_2 \cos(\psi_2 - \psi_2)$$

$$D_1 = (\cos \psi_1 - \cos \psi_2) (\cos(\psi_1 - \varphi) - \cos(\psi_2 - \varphi)) \dots \dots \dots$$

$$\dots \dots \dots - (\cos \varphi - \cos \varphi) (\cos(\psi - \varphi) - \cos(\psi - \varphi))$$

$$D_2 = \begin{vmatrix} \cos \psi_1 & \cos(\psi_1 - \varphi) & 1 \\ \cos \psi_2 & \cos(\psi_2 - \varphi) & 1 \\ \cos \psi_3 & \cos(\psi_3 - \varphi) & 1 \end{vmatrix}$$

$$D_2 = \cos \psi_1 (\cos(\psi_2 - \varphi) - \cos(\psi_3 - \varphi)) - \cos(\psi_1 - \varphi) (\cos \psi_2 - \cos \psi_3) + \dots \dots$$

$$\dots \dots \cos \psi_2 \cos(\psi_3 - \varphi) - \cos \psi_3 \cos(\psi_2 - \varphi)$$

$$D_2 = \cos \psi_1 \cos(\psi_2 - \varphi) - \cos \psi_1 \cos(\psi_3 - \varphi) - \cos \psi_2 \cos(\psi_1 - \varphi) + \dots \dots \dots$$

$$\dots \dots \cos \psi_2 \cos(\psi_1 - \varphi) + \cos \psi_3 \cos(\psi_3 - \varphi) - \cos \psi_3 \cos(\psi_2 - \varphi)$$

$$D_2 = (\cos \psi_1 - \cos \psi_3) (\cos(\psi_1 - \varphi) - \cos(\psi_2 - \varphi)) - \dots \dots \dots$$

$$\dots \dots \dots (\cos \psi_1 - \cos \psi_2) (\cos(\psi_1 - \varphi) - \cos(\psi_2 - \varphi))$$

$$K_1 = \frac{(\cos \psi_1 - \cos \psi_2) (\cos(\psi_1 - \psi) - \cos(\psi_2 - \psi)) - (\cos \psi_1 \cos \psi_2) (\cos \psi - \cos \psi_2)}{(\cos \psi_1 - \cos \psi_2) (\cos \psi_1 - \cos \psi_2) - (\cos \psi_1 \cos \psi_2) (\cos \psi - \cos \psi_2)}$$

$$\dots \dots \dots \frac{(\cos \psi_1 - \cos \psi_2) (\cos(\psi_1 - \psi) - \cos(\psi_2 - \psi))}{(\cos \psi_1 - \cos \psi_2) (\cos \psi_1 - \cos \psi_2)} = \frac{D_1}{D}$$

$$K_2 = \frac{(\cos \psi_1 \cos \psi_2) (\cos(\psi_1 - \psi) - \cos(\psi_2 - \psi)) - (\cos \psi_1 - \cos \psi_2) (\cos \psi - \cos \psi_2)}{(\cos \psi_1 - \cos \psi_2) (\cos \psi_1 - \cos \psi_2) - (\cos \psi_1 \cos \psi_2) (\cos \psi - \cos \psi_2)}$$

$$\dots \dots \dots \frac{(\cos \psi_1 - \cos \psi_2) (\cos(\psi_1 - \psi) - \cos(\psi_2 - \psi))}{(\cos \psi_1 - \cos \psi_2) (\cos \psi_1 - \cos \psi_2)} = \frac{D_2}{D}$$

Se puede simplificar la solución asumiendo lo siguiente:

- $A_1 = \cos \psi_1 - \cos \psi_2$
- $A_2 = \cos \psi_1 - \cos \psi_2$
- $A_3 = \cos(\psi_1 - \psi) - \cos(\psi_2 - \psi)$
- $A_4 = \cos \psi_1 - \cos \psi_2$
- $A_5 = \cos \psi_1 - \cos \psi_2$
- $A_6 = \cos(\psi_1 - \psi) - \cos(\psi_2 - \psi)$

Siendo los datos:

$$\psi, \psi_1, \psi_2, \psi_1, \psi_2, \psi_2$$

La solución para K_1, K_2, K_3 queda

$$K_1 = \frac{D_1}{D} = \frac{A_1 A_3 - A_2 A_4}{A_1 A_5 - A_2 A_6} ; \quad K_2 = \frac{D_2}{D} = \frac{A_1 A_5 - A_2 A_6}{A_1 A_5 - A_2 A_6}$$

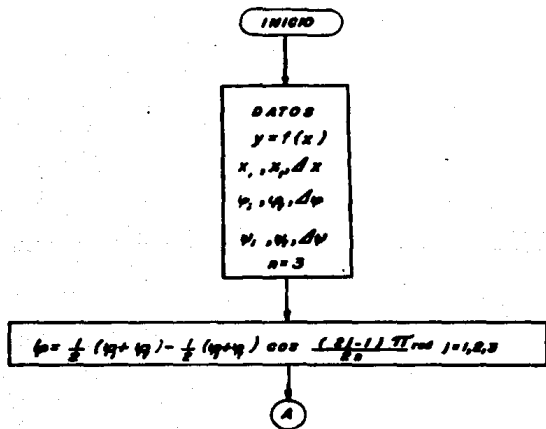
$$K_2 = \cos(\psi_1 - \psi) - K_1 \cos \psi_1 + K_2 \cos \psi_2$$

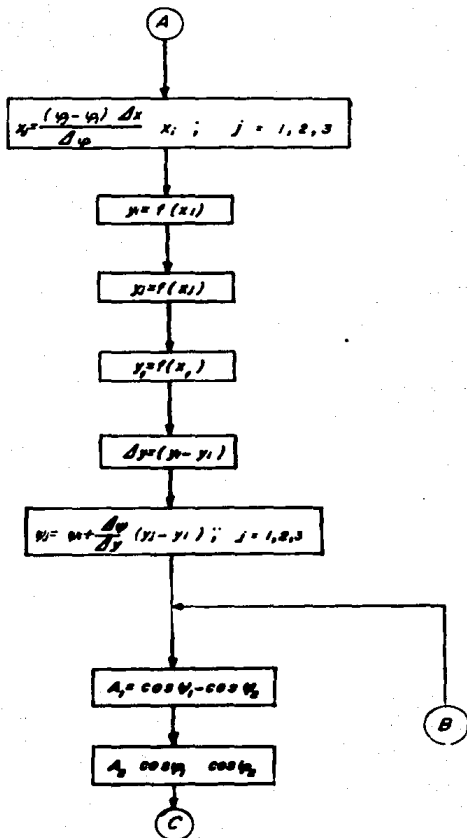
Para háyar los valores de , a , b , c y d , se parte de la siguiente relacion

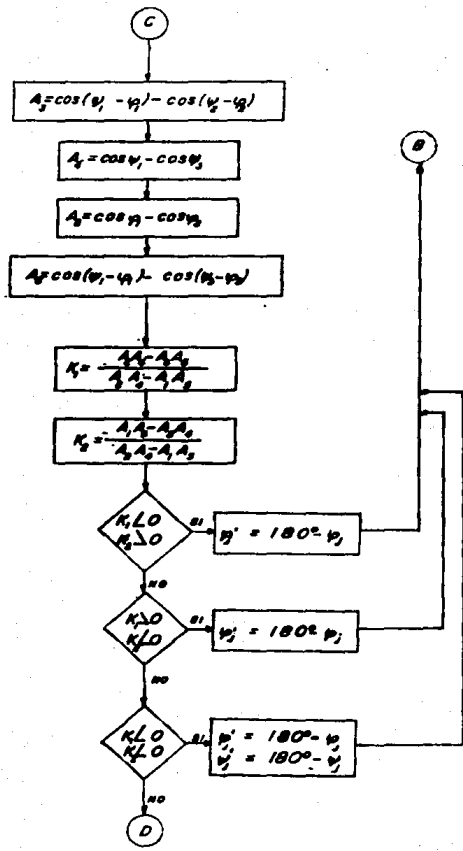
$$K_1 = \frac{d}{a} ; K_2 = \frac{d}{b} ; K_3 = \frac{d^2 + b^2 + a^2 - c^2}{2ab}$$

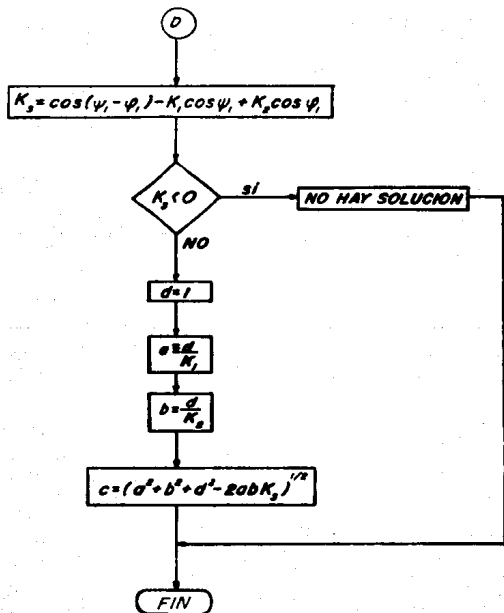
de donde se pueden despejar éstos valores fácilmente. Hay que recordar que, se puede dar un valor arbitrario a una de éstas incógnitas, se acostumbra asignar la unidad para la barra fija 'd'.

En seguida se muestra un diágrama de flujo para el diseño de un mecanismo de cuatro barras con tres puntos de precisión, el cual deberá generar una función de la forma $y = f(x)$.









C A P I T U L O I I

" P R O B L E M A S "

II.1 GENERACION DE $y=x^{1.5}$

Se va a diseñar un mecanismo de cuatro barras capaz de generar la función $y=x^{1.5}$, que cumpla con las siguientes condiciones :

La función generada por el mecanismo, debe coincidir en tres puntos con la función deseada $y=x^{1.5}$, los puntos de precisión, se deben localizar dentro de un intervalo de 90° , para las posiciones de las barras de entrada y salida, el cual estará limitado por 30° y 120° para la barra de entrada y 90° a 180° para la barra de salida.

En el caso de la barra de entrada, cuando ésta se halle en la posición que corresponde a 30° , ésta corresponderá a que el valor de x sea igual a 1 y será el valor inicial. Dentro del intervalo el valor final para x será 4 y corresponderá a la posición de 120° .

D A T O S

$$y = x^{1.5}$$

$$x = 1$$

$$\Delta x = 3$$

$$x = 4$$

$$\theta_1 = 30^\circ$$

$$\Delta \theta = 90^\circ$$

$$\theta_2 = 120^\circ$$

$$\psi_1 = 90^\circ$$

$$\Delta \psi = 90^\circ$$

$$\psi = 180^\circ$$

$$\varphi_2 = \frac{1}{2}(\varphi_1 - \varphi_3) - \frac{1}{2}(\varphi_2 - \varphi_1) \cos \frac{\pi(21-1)}{2n}$$

$$\varphi_1 = 75 - 45 \cos \frac{\pi}{6} = 36.02^\circ$$

$$\varphi_2 = 75 - 45 \cos \frac{2\pi}{6} = 75^\circ$$

$$\varphi_3 = 75 - 45 \cos \frac{3\pi}{6} = 113.97^\circ$$

$$x_1 = \frac{(\varphi_2 - \varphi_1) \Delta x}{\Delta \varphi} + x_1$$

$$x_1 = \frac{(36.02 - 30.00) 3}{30} + 1 = 1.200$$

$$x_2 = \frac{(75.00 - 30.00) 3}{30} + 1 = 2.500$$

$$x_3 = \frac{(113.97 - 30.00) 3}{30} + 1 = 3.799$$

$$y_1 = x_1^{1.5}$$

$$y_1 = 1.200^{1.5} = 1.3145$$

$$y_2 = 2.500^{1.5} = 3.9528$$

$$y_3 = 3.799^{1.5} = 7.4046$$

$$y_4 = 1.000^{1.5} = 1.0000$$

$$y_5 = 4.000^{1.5} = 8.0000$$

$$\Delta y = 7.0000$$

$$\psi_i = \psi_1 \frac{\Delta y}{y_i} (y_i - y_1), \quad i = 1, 2, 3$$

$$\psi_1 = 90 + (12.8571)(1.3145 - 1.0000) = 94.0430^\circ$$

$$\psi_2 = 90 + (12.8571)(3.9528 - 1.0000) = 127.2640^\circ$$

$$\psi_3 = 90 + (12.8571)(7.4046 - 1.0000) = 172.3440^\circ$$

$$A_1 = \cos \psi_1 - \cos \psi_2 = \cos 94.0430 - \cos 127.2640 = 0.54460$$

$$A_2 = \cos \psi_1 - \cos \psi_3 = \cos 94.0430 - \cos 172.3440 = 0.55000$$

$$A_3 = \cos(\psi_1 - \psi_2) - \cos(\psi_2 - \psi_3) = \cos 88.0230 - \cos 82.9640 = -0.07273$$

$$A_4 = \cos \psi_1 - \cos \psi_3 = \cos 94.0430 - \cos 172.3440 = 0.92060$$

$$A_5 = \cos \psi_2 - \cos \psi_3 = \cos 127.2640 - \cos 172.3440 = 1.21075$$

$$A_6 = \cos(\psi_1 - \psi_2) - \cos(\psi_2 - \psi_3) = \cos 88.0230 - \cos 82.9640 = 0.00520$$

$$K_1 = \frac{A_2 A_4 - A_3 A_5}{A_1 A_6 - A_3 A_5} = \frac{0.0209}{-0.1850} = -0.5941$$

$$K_2 = \frac{A_1 A_4 - A_2 A_3}{A_4 A_5 - A_1 A_5} = \frac{0.0698}{-0.1530} = -0.4561$$

$$K_1 = -0.5941$$

$$K_2 = -0.4561$$

$$\psi_1' = 180 - \psi_1$$

$$\psi_2' = 180 - \psi_2$$

$$\psi_1' = 143.98^\circ$$

$$\psi_2' = 85.957^\circ$$

$$\psi_3' = 105.00^\circ$$

$$\psi_4' = 52.036^\circ$$

$$\psi_5' = 66.03^\circ$$

$$\psi_6' = 7.656^\circ$$

$$A_1 = \cos 85.987^\circ - \cos 52.036^\circ = -0.5447$$

$$A_2 = \cos 143.98^\circ - \cos 105.00^\circ = -0.5500$$

$$A_3 = \cos 89.023^\circ - \cos 32.964^\circ = -0.07273$$

$$A_4 = \cos 88.987^\circ - \cos 7.656^\circ = -0.92058$$

$$A_5 = \cos 143.98^\circ - \cos 66.03^\circ = -1.2181$$

$$A_6 = \cos 32.023^\circ - \cos 88.374^\circ = 0.0052$$

$$K_1 = \frac{(-0.5500)(0.0052) - (-0.07273)(-1.2181)}{(-0.5500)(0.92058) - (-0.5447)(-1.2181)} = 0.5941$$

$$K_2 = \frac{(-0.5447)(0.0052) - (-0.07273)(-0.92058)}{(-0.5500)(-0.92058) - (-0.5447)(-1.2181)} = 0.4561$$

$$K_1 = 0.5941 > 0$$

$$K_2 = 0.4561 > 0$$

$$K_3 = \cos(\eta_1 - \eta_2) - K_1 \cos \eta_1 - K_2 \cos \eta_2$$

$$K_3 = \cos - 58.023^\circ (0.5940) \cos 85.957^\circ - (0.4559) \cos 143.98^\circ = 0.1190$$

$$d = 1 \quad a = \frac{d}{K_1} = \frac{1}{0.5941} \quad ; \quad b = \frac{d}{K_2} = \frac{1}{0.4559}$$

$$c = (a^2 b^2 + d^2 - 2abdK_3)^{1/2} = (1.8835^2 + 2.1935^2 - 2(1)(1.8835)(0.1190))^{1/2}$$

$a = 1.6835$	$b = 2.1935$	$c = 2.7869$	$d = 1.0000$
--------------	--------------	--------------	--------------

Con estos valores se demencionó el mecanismo de las figuras II.2a y II.2b, en la primer figura se observa que el mecanismo cumple con los tres puntos de precisión que se determinaron, los cuales a su vez cumplen con la función $y=x^{1.5}$ para sus valores de entrada y salida respectivamente, para ésto se observa que los valores de "x" se hallan a lo largo del arco descrito por el punto A, el cual representa las posiciones de entrada, por consiguiente las posiciones de salida corresponden al punto B y representa los valores de la variable dependiente "y".

En la figura II.2b, se ilustra el mismo mecanismo pero en éste caso se comprueba que esta cumpliendo con las condiciones de angularidad que el problema planteó.

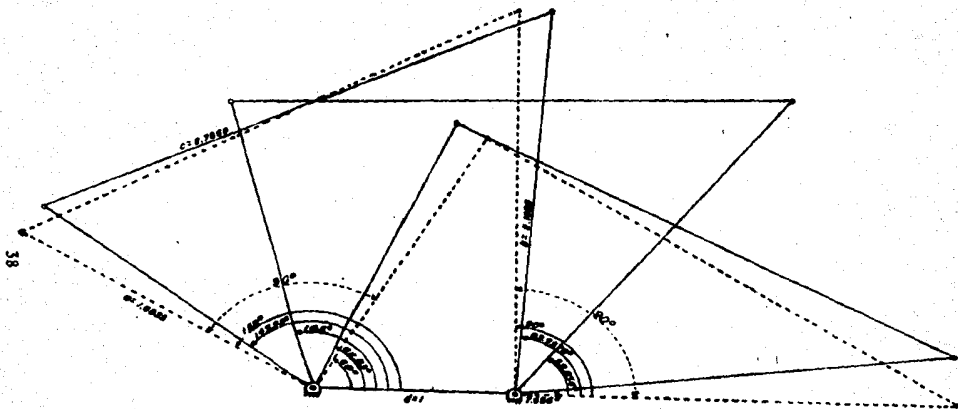


FIG. 122b MECANISMO DE CUATRO BARRAS QUE GENERA $y = x^{1.2}$

Con los valores obtenidos, se puede construir gráficamente el mecanismo como se muestra en las figuras II.2a y II.2b. Ahora bien, es importante saber como se comporta el mecanismo con respecto a la función deseada, va que gráficamente es difícil evaluar la exactitud del mismo, respecto a los puntos de precisión pre-establecidos.

Por lo tanto es necesario conocer los valores generados por el mecanismo dentro del intervalo y compararlos con los valores de función deseada, para esto se deberá establecer una función $f_g(x)$ que cumpla con el mecanismo; dicho de otra manera se puede establecer una relación entre el ángulo ϕ y el ángulo ψ , que se muestran en la figura II.3

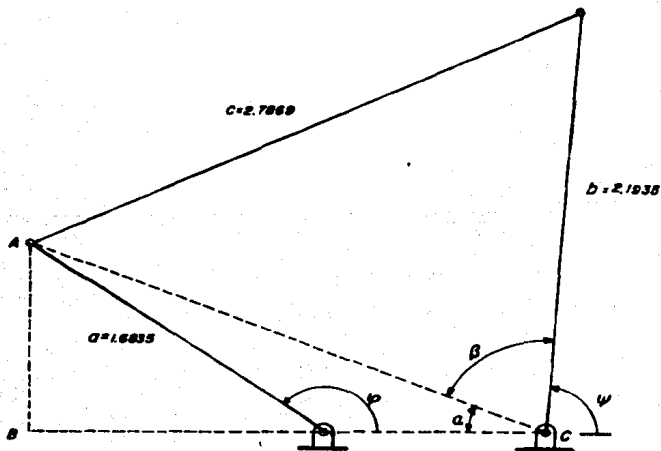


FIG. II.3

Valiéndose de la misma figura es sencillo establecer una relación para los ángulos y obteniéndose de la siguiente expresión.

$$\psi = 180^\circ - (\beta + \alpha)$$

Por lo tanto, el problema se reduce a conocer los valores de los ángulos α y β en función del ángulo de entrada φ , para esto es necesario recurrir al triángulo formado por los puntos A, B y C, del cual se obtienen los siguientes valores:

$$AB = \text{sen } \varphi \cdot 1.6935$$

$$BC = 1 - (1.6935 \cos \varphi)$$

$$CA = ((1.6935 \text{ sen } \varphi)^2 + (1 - (1.6935 \cos \varphi))^2)^{1/2}$$

Con estas ecuaciones se conocen los ángulos α y β en función de φ

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{AB}{BC}$$

$$\beta = \cos^{-1} \frac{CA^2 + b^2 - c^2}{2 \cdot CA \cdot a}$$

Sustituyendo valores

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{1.6935 \text{ sen } \varphi}{1 - (1.6935 \cos \varphi)}$$

$$\beta = \cos^{-1} \frac{(1.6935 \text{ sen } \varphi)^2 + (1 - (1.6935 \cos \varphi))^2 + (2.1935)^2 - (2.7889)^2}{2 \cdot (2.1935) \cdot (1.6935 \text{ sen } \varphi) + (1 - (1.6935 \cos \varphi))}$$

Para poder construir una gráfica de la función error estructural que sea representativa, se darán intervalos de 2° a los valores de ψ .

En el cálculo de éstos valores fue necesario valerse de un programa desarrollado en una calculadora Hewlett Packard 33-E. Esto es debido a lo laborioso del desarrollo y gran número de cálculos en el mismo, se incluye el cálculo de 'X' y 'Y', partiendo de las fórmulas para los factores de escala como a continuación se presentan.

$$x_i = \frac{(x_i - \psi_i) \Delta x}{\Delta \psi} + x_i \quad y_j = \frac{(y_j - \psi_j) \Delta y}{\Delta \psi} + y_j$$

El programa desarrollado, se muestra a continuación lo mismo que las tablas de valores T.II.1 y T.II.2

<u>INSTRUCCION</u>		<u>NUMERO</u>	<u>DISPLAY</u>	
RLC	(0)	01	24	0
	(2)	02		2
	(-)	03		41
STO	(0)	04	23	0
f sen		05	14	7
RLC	(7)	06	24	7
	(x)	07		61
STO	(1)	08	23	1
RLC	(0)	09	24	0
f cos		10	14	8
RCL	(7)	11	24	7

<u>I N S T R U C C I O N</u>	<u>N U M E R O</u>	<u>D I S P L A Y</u>	
	(x)	12	61
	(1)	13	1
x=y		14	21
	(-)	15	41
STO	(2)	16	23 2
RLC	(1)	17	24 1
x=y		18	21
	(-)	19	71
g-tan ⁻¹		20	15 9
STO	(3)	21	23 3
RLC	(1)	22	24 1
g x ²		23	15 0
RCL	(2)	24	24 2
g x ²		25	15 0
	(+)	26	51
STO	(2)	27	23 2
RCL	(7)	28	24 6
g x ²		29	15 0
	(+)	30	51
RCL	(5)	31	24 5
g x ²		32	15 0
	(-)	33	41
ENTER		34	31
RCL	(2)	35	24 2
f		36	14 0
RCL	(6)	37	24 6

<u>I N S T R U C C I O N</u>	<u>N U M E R O</u>	<u>D I S P L A Y</u>
(x)	38	61
(2)	39	2
(x)	40	61
(-)	41	71
g cos ⁻¹	42	15 8
RCL (3)	43	24 3
(+)	44	51
RCL (4)	45	24 4
x=y	46	21
(-)	47	41
R/S	48	74

E N D

A continuación se presentan los valores alimentados al programa.

STO (0) = 152
 STO (4) = 180
 STO (5) = 2.7869
 STO (6) = 2.1935
 STO (7) = 1.6835

F U N C I O N G E N E R A D A

φ	x	y	φ
150.00	1.0000	0.9574	90.5481
148.00	1.0067	1.0747	89.0400
146.00	1.1333	1.1933	85.5147
144.00	1.2000	1.3133	85.9719
143.98	1.2007	1.3145	85.9564
-----	-----	-----	-----
142.00	1.2667	1.4347	84.4116
140.00	1.3333	1.5574	82.8334
138.00	1.4000	1.6815	81.2373
136.00	1.4667	1.8071	79.6229
134.00	1.5333	1.9341	77.9901
132.00	1.6000	2.0626	76.3385
130.00	1.6667	2.1925	74.6679
128.00	1.7333	2.3239	72.9781
126.00	1.8000	2.4569	71.2686
124.00	1.8667	2.5914	69.5392
122.00	1.9333	2.7275	67.7896
120.00	2.0000	2.8652	66.0192
118.00	2.0667	3.0045	64.2277
116.00	2.1333	3.1455	62.4147
114.00	2.2000	3.2882	60.5797
112.00	2.2667	3.4327	58.8413
110.00	2.3333	3.5790	56.8413
108.00	2.4000	3.7271	54.9368

p	x	y	v
106.00	2.4667	3.8772	53.0079
<u>105.00</u>	<u>2.5000</u>	<u>3.9529</u>	<u>52.0341</u>
104.00	2.5333	4.0291	51.0539
102.00	2.6000	4.1831	49.0740
100.00	2.6667	4.3392	47.0674
098.00	2.7333	4.4974	45.0331
096.00	2.8000	4.6579	42.9702
094.00	2.8667	4.8206	40.8777
092.00	2.9333	4.9858	38.7543
090.00	3.0000	5.1534	36.5990
088.00	3.0667	5.3237	34.4102
086.00	3.1333	5.4966	32.1866
084.00	3.2000	5.6724	29.9265
082.00	3.2667	5.8511	27.6283
080.00	3.3333	6.0330	25.2902
078.00	3.4000	6.2181	22.9101
076.00	3.4667	6.4067	20.4858
074.00	3.5333	6.5988	18.0150
072.00	3.6000	6.7948	15.4950
070.00	3.6667	6.9949	12.9232
068.00	3.7333	7.1992	10.2964
<u>066.03</u>	<u>3.7990</u>	<u>7.4048</u>	<u>07.6522</u>
066.00	3.8000	7.4080	07.6115
064.00	3.8667	7.6216	04.8647
062.00	3.9333	7.8404	02.0522
060.00	4.0000	8.0646	00.8302

1.5

FUNCION DESEADA y-x

y	x	y	y
150.00	1.0000	1.0000	90.0000
148.00	1.0067	1.1016	88.6937
146.00	1.1333	1.2065	87.3450
144.00	1.2000	1.3145	85.9654
143.98	1.2007	1.3156	85.9423
-----	-----	-----	-----
142.00	1.2667	1.4256	84.5280
140.00	1.3333	1.5396	83.0623
138.00	1.4000	1.6565	81.5593
136.00	1.4667	1.7762	80.0203
134.00	1.5333	1.8987	78.4453
132.00	1.6000	2.0239	76.8356
130.00	1.6667	2.1517	75.1924
128.00	1.7333	2.2820	73.5171
126.00	1.8000	2.4150	71.8071
124.00	1.8667	2.5504	70.0663
122.00	1.9333	2.6882	68.2946
120.00	2.0000	2.8284	66.4920
118.00	2.0667	2.9710	64.6586
116.00	2.1333	3.1159	62.7956
114.00	2.2000	3.2631	60.9030
112.00	2.2667	3.4126	58.9809
110.00	2.3333	3.5642	57.0317
108.00	2.4000	3.7181	55.0530
106.00	2.4667	3.8741	53.0473
105.00	2.5000	3.9528	52.0354
-----	-----	-----	-----

104.00	2.5333	4.0322	51.0146
102.00	2.6000	4.1924	48.9549
100.00	2.6667	4.3546	46.8694
098.00	2.7333	4.5190	44.7557
096.00	2.8000	4.6853	42.6176
094.00	2.8667	4.8536	40.4537
092.00	2.9333	5.0239	38.2641
090.00	3.0000	5.1962	36.0489
088.00	3.0667	5.3703	33.8104
086.00	3.1333	5.5464	31.5463
084.00	3.2000	5.7243	29.2590
082.00	3.2667	5.9041	26.9473
080.00	3.3333	6.0858	26.6111
078.00	3.4000	6.2693	22.2519
076.00	3.4667	6.4546	19.8694
074.00	3.5333	6.6417	17.4639
072.00	3.6000	6.8305	15.0364
070.00	3.6667	7.0211	12.5859
068.00	3.7333	7.2135	10.1121
066.03	3.7990	7.4046	07.6551
-----	-----	-----	-----
066.00	3.8000	7.4076	07.6166
064.00	3.8667	7.6034	05.0991
062.00	3.9333	7.8008	02.5611
060.00	4.0000	8.0000	00.0000

FUNCION ERROR ESTRUCTURAL

$f_0(x)$	$f_1(x)$	E
1.0000	0.9574	0.0426
1.1016	1.0747	0.0269
1.2065	2.1933	0.0132
1.3145	1.3133	0.0012
1.3156	1.3145	0.0011
-----	-----	-----
1.4256	1.4347	- 0.0091
1.5396	1.5574	- 0.0178
1.6565	1.6815	- 0.0250
1.7762	1.8071	- 0.0309
1.8987	1.9341	- 0.0354
2.0239	2.0626	- 0.0387
2.1517	2.1925	- 0.0408
2.2820	2.3239	- 0.0419
2.4150	2.4569	- 0.0419
2.5504	2.5914	- 0.0410
2.6882	2.7275	- 0.0393
2.8284	2.8652	- 0.0368
2.9710	3.0045	- 0.0335
3.1159	3.1455	- 0.0296
3.2630	3.2882	- 0.0251
3.4126	3.4327	- 0.0201
3.5642	3.5790	- 0.0148
3.7181	3.7271	- 0.0090
3.8741	3.8772	- 0.0031
3.9528	3.9522	- 0.0001
-----	-----	-----

$f_p(R)$	$f_p(R)$	E
4.0322	4.0291	0.0031
4.1924	4.1831	0.0093
4.3546	4.3392	0.0154
4.5190	4.4974	0.0216
4.6853	4.6579	0.0274
4.5836	4.8206	0.0330
5.0239	4.9858	0.0381
5.1962	5.1534	0.0428
5.3703	5.3237	0.0466
5.5464	5.4966	0.0498
5.7243	5.6724	0.0519
5.9041	5.8511	0.0530
6.0858	6.0330	0.0528
6.2693	6.2181	0.0512
6.4546	6.4067	0.0479
6.6417	6.5988	0.0429
6.8305	6.7948	0.0357
7.0211	6.9949	0.0262
7.2135	7.1992	0.0143
7.4046	7.4048	0.0002
-----	-----	-----
7.4076	7.4080	- 0.0004
7.6034	7.6216	- 0.0182
7.8008	7.8404	- 0.0396
8.0000	8.0646	- 0.0646

Una vez conocida la función generada es posible obtener el error estructural E , con el cual se construye la gráfica de la figura II.4 en la que se observa que los valores de los máximos errores estructurales tienden a hacer semejantes y cumplen con las alternancias de signo como se establece en el teorema de espaciado óptimo de Chebishev.

Por lo que se refiere a las condiciones de diseño que plantea -- el problema, se comprobó que fueron satisfechas como lo muestran las figuras II.2a y II.2b.

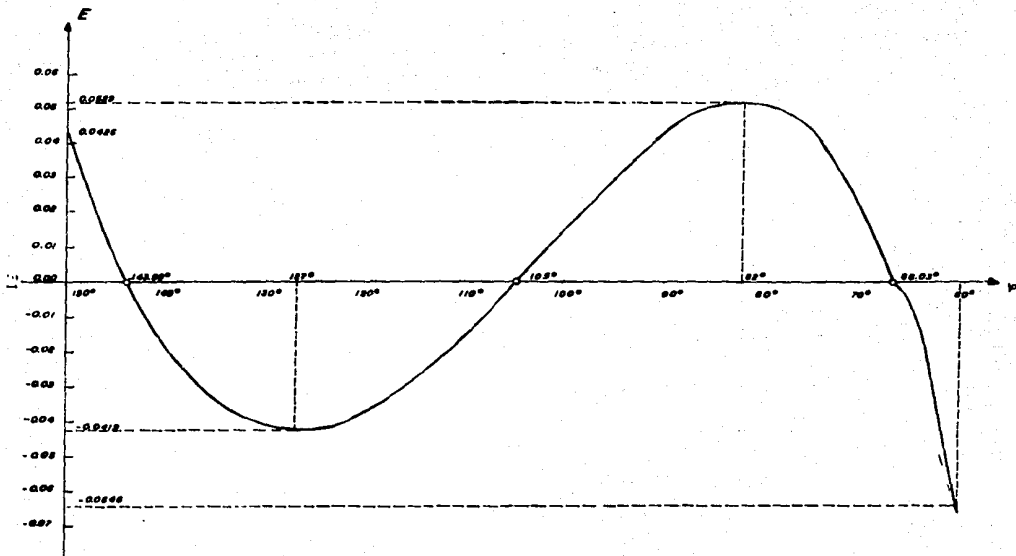


FIG II. 4 FUNCION ERROR ESTRUCTURAL

II.2 DISEÑO DE UN DOSIFICADOR AUTOMÁTICO

En el proceso industrial para la obtención de la cal hidratada (hidróxido de calcio), es importante controlar las proporciones de óxido de calcio (cal viva) y agua que se mezclan. Cuando -- las sustancias entran en contacto se origina una reacción química, de la cual se obtiene la cal hidratada.

En este proceso la cantidad de agua que se incorpora se mantiene constante, por otra parte el volumen de óxido de calcio que se mezcla está en función de su calidad, la que depende del porcentaje de impurezas que contenga. Como estas características varían el producto final también variará en su calidad.

Para controlar la calidad del producto final, se debe dosificar adecuadamente el óxido de calcio. A continuación se presenta una lista de las máquinas más importantes que intervienen en el proceso de hidratación y en seguida un diagrama de flujo como -- se muestra en la figura II.6, que corresponde a las mismas.

- | | |
|---|-----------------------------|
| 1.- Silo de cal viva. | 10.- Elevador de canchales. |
| 2.- Banda transportadora. | 11.- Separador neumático. |
| 3.- Elevador de canchales. | 12.- Ventilador. |
| 4.- Tolva. | 13.- Ciclón. |
| 5.- Alimentador de plato o dosificador. | A.- Depósito de agua. |
| 6.- Pre-hidratador. | B.- Bomba centrífuga. |
| 7.- Hidratadora. | C.- Ventilador. |
| 8.- Tamborón secador. | D.- Ciclón. |
| 9.- Transportador de sin fin. | |

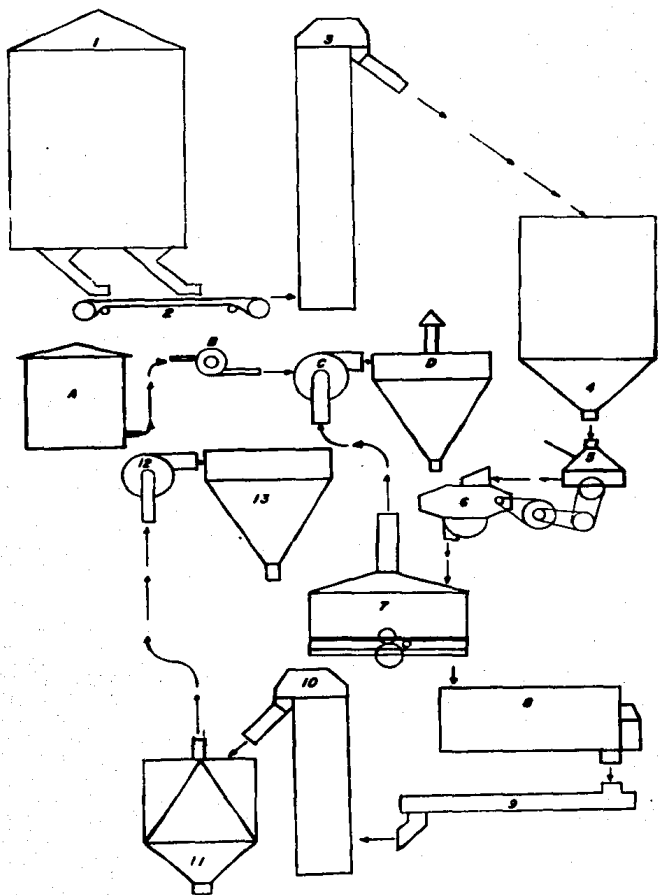


FIG. II. 6 DIAGRAMA DE FLUJO HIDRATACION

El inicio de la hidratación, se lleva a efecto en el pre-hidratador (figura 6 del diagrama), es en esta máquina donde se mezcla el agua y óxido de calcio, el agua se recibe en el ventilador para hidratación de aquí se descarga por gravedad al pre-hidratador el óxido de calcio, se dosifica por medio del alimentador de pláto (figura 5 del diagrama).

El objetivo de éste trabajo es acondicionar el alimentador del pláto o dosificador para que su control sea automático, en la figura II.7, se muestran las partes principales del alimentador.

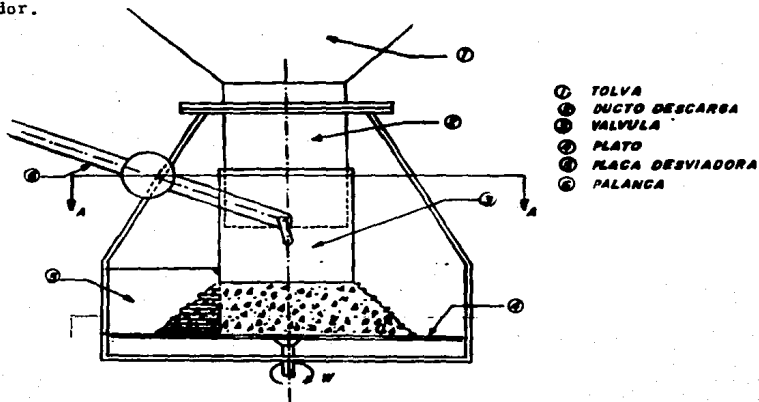


FIG. II.7 ALIMENTADOR DE PLATO

De la figura se observa que cuando la válvula se abre el material forma un cono sobre el plato, cuando éste último gira el material que choca con la placa desviadora, es dirigido al pre-hidratador.

En la siguiente figura II.8, se muestra otra vista del alimentador para complementar la explicación de su funcionamiento.

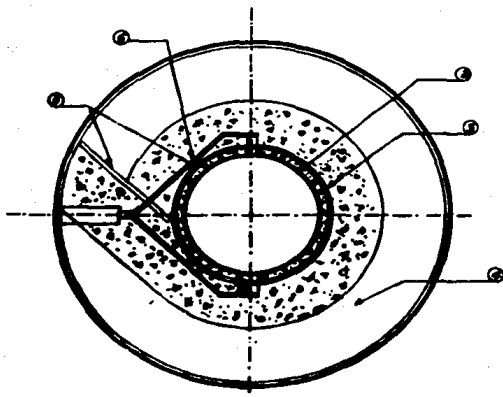


FIG. II.8 VISTA A-A ALIMENTADOR DE PLATO

Como primer paso en la solución del problema, se identificarán los parámetros que intervienen en la variación del volumen de material manejado.

De la figura II.7, el ángulo α corresponde al ángulo de reposo del material, éste estará en función del tamaño de piedra que se éste manejando, se puede observar que si ésta angularidad se varía,

El área de intersección del material con la placa desviadora variará de la misma forma

Otro parámetro que varia el área de intersección del material y la placa desviadora es la altura "H" que indica la abertura de la válvula, ésta se puede variar por medio de una palanca - como se muestra en la figura II.7, por último la velocidad angular ω a la que gira el plato es otro parámetro que interviene en el volumen manejado.

Para simplificar el problema se opta por mantener dos de éstos parámetros constantes y controlar el volumen en función de uno sólo.

Inicialmente se tomará como variable independiente la altura "H" del cono formado, la cual representa la abertura de la válvula.

Como el parámetro a controlar es la cantidad de material incorporado al proceso en un cierto tiempo, esto se puede representar como un gasto.

Para este problema la unidad de volumen que se maneja, será el cono que se forma con la intersección de la placa desviadora, como se muestra en la figura II.9

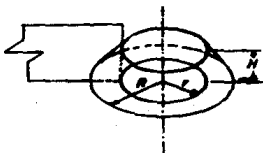


FIG. 9 CONO FORMADO POR EL MATERIAL

De la figura anterior, se obtiene la siguiente ecuación.

$$V = \frac{\pi H^3}{3} (\frac{R^2}{2} + rR) - \pi r^2 H$$

Donde :

H = ALTURA DEL CONO (apertura de la rotación)

$2r$ = DIAMETRO DE LA VALVULA

Para determinar el valor de "R", recurrimos a la figura II.10, que es un corte del cono el triángulo es el área de intersección de la placa y el cono.

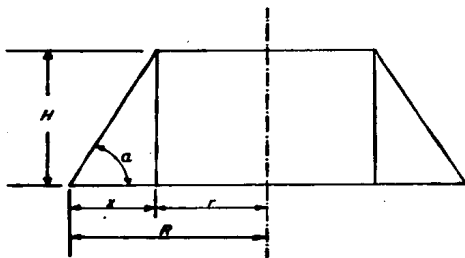


FIG. II.10 CORTE DEL CONO FORMADO POR EL MATERIAL

De éste triángulo se conoce la altura "H" y el ángulo de reposo del material que se está manejando, por lo tanto :

$$R = x + r$$

$$x = \frac{H}{\tan \alpha}$$

$$R = \frac{H}{\tan \alpha} + r$$

Para conocer el gasto sólo falta saber en que tiempo se incorpora éste volumen al proceso, para la cual se hace la siguiente observación.

Si se conoce la velocidad angular a la que gira el plato y ésta es constante el gasto resultará de la multiplicación del volumen por la velocidad angular W , por lo tanto, la ecuación del gasto queda de la siguiente manera :

$$Q = \left[\left(\frac{\pi H}{3} \left(r + \frac{H}{\tan \alpha} \right)^2 + r^2 + \left(r^2 + \frac{H}{\tan \alpha} \right) (r) \right) - \pi r^2 \right] W \quad (60)$$

$$Q = m^3 / \text{hora}$$

Las tablas que se presentan a continuación, son resultado de la ecuación anterior, para calcular éstas, se dividió la altura de la placa desviadora en 30 partes iguales.

TABLA T. II. I

ABERTURA DE LA VALVULA H	GASTOS DE MATERIAL PARA DIFERENTES ANGULOS DE REPOSO m^3 / hora $W = 25 \text{ RPM}$		
H	30°	31°	32°
0.0000	00.0000	00.0000	00.0000
0.0050	00.0314	00.0301	00.0290
0.0101	00.1280	00.1228	00.1179
0.0152	00.2935	00.2814	00.2701
0.0203	00.5317	00.5095	00.4885
0.0254	00.8463	00.8103	00.7765
0.0304	01.2409	01.1873	01.1372
0.0355	01.7193	01.6441	01.5737
0.0406	02.2850	02.1838	02.0891
0.0457	02.9422	02.8101	02.6868
0.0508	03.6941	03.5263	03.3698
<u>0.0558</u>	<u>04.5416</u>	04.3359	04.1412
0.0609	05.4974	05.2422	05.0043

H

0.0660

0.0711

0.0762

0.0812

0.0863

0.0914

0.0965

0.1016

0.1066

0.1117

0.1168

0.1219

0.1270

0.1320

0.1371

0.1422

0.1473

0.1524

30°

06.5562

07.7248

09.0067

10.4058

11.9257

13.5701

15.3428

17.2475

19.2878

21.4675

23.7902

26.2597

28.8797

31.6539

34.5861

37.6798

40.9388

44.3668

31°

06.2487

07.3588

08.5759

09.9035

11.3450

12.9037

14.5832

16.3868

18.3180

20.3802

22.5768

24.9112

27.3768

30.0072

32.7756

35.6956

38.7705

42.0037

32°

05.9623

07.0182

08.1753

09.4367

10.8055

12.2850

13.8783

15.5886

17.4190

19.3727

21.4529

23.6627

26.0053

28.4839

31.1016

33.8615

36.7669

39.8209

N	33°	36°	39°
0.0000	00.0000	00.0000	00.0000
0.0050	00.0278	00.0268	00.0258
0.0101	00.1133	00.1089	00.1048
0.0152	00.2593	00.2492	00.2396
0.0203	00.0468	00.4503	00.4327
0.0254	00.7448	00.7149	00.6866
0.0304	01.0901	01.0457	01.0039
0.0355	01.5076	01.4455	01.3870
0.0406	02.0004	01.9170	01.8384
0.0457	02.5713	02.4628	02.3608
0.0508	03.2233	03.0858	02.9566
0.0558	03.9592	03.7886	03.6283
0.0609	04.7821	04.5739	04.3784
0.0660	05.6949	05.4445	05.2095
0.0711	06.7004	06.4031	06.1241
<u>0.0762</u>	07.8017	07.4523	<u>07.1248</u>
0.0812	09.0016	09.5949	08.2139
0.0863	10.3030	09.8337	09.3941
0.0914	11.7090	11.1712	10.6679
0.0965	13.2224	12.6104	12.0378
0.1016	14.8462	14.1538	13.5063
0.1066	16.5833	15.8041	15.0759
0.1117	18.4360	17.5642	16.7491
0.1168	20.4090	19.4366	18.5286
0.1219	22.5035	21.4242	20.4167
0.1270	24.7231	23.5297	22.4161
0.1320	27.0706	25.7557	24.5291

H

0.1371

0.1422

0.1473

0.1524

33°

29.5489

32.1611

34.9100

37.7985

34°

28.1049

30.5802

33.1842

35.9195

35°

26.7585

29.1066

31.5760

34.1692

N	36°	37°	38°
0.0000	00.0000	00.0000	00.0000
0.0050	00.0248	00.0239	00.0231
0.0101	00.1009	00.09772	00.0936
0.0152	00.2305	00.2219	00.2137
0.0203	00.4161	00.4003	00.3853
0.0254	00.6599	00.6346	00.6105
0.0304	00.9643	00.9268	00.8913
0.0355	01.3317	01.2793	01.2296
0.0406	01.7643	01.6941	01.6277
0.0457	02.2645	02.1735	02.0873
0.0508	02.8347	02.7196	02.6107
0.0558	03.4772	03.3346	03.1997
0.0609	04.1943	04.0207	03.8565
0.0660	04.9885	04.7800	04.5831
0.0711	05.8614	05.6148	05.3814
0.0762	06.8170	06.5271	06.2536
0.0812	07.8561	07.5193	07.2015
0.0863	08.9815	08.5933	08.2273
0.0914	10.1957	09.7516	09.3330
0.0965	11.5008	10.9961	10.5206
0.1016	12.8993	12.3291	11.7921
0.1066	14.3935	13.7527	13.1496
0.1117	15.9858	15.9662	15.5951
0.1219	19.4738	18.5894	17.7580
0.1270	21.3743	20.3975	19.4795
0.1320	23.3821	22.3070	21.2970
0.1371	25.4998	24.3203	23.2127

N

36°

37°

38°

0.1422

27.7295

26.4395

25.2285

0.1473

30.0736

28.6668

27.3464

0.1524

32.5545

31.0042

29.5685

N

0.0000

0.0050

0.00101

0.0152

0.0203

0.0254

0.0304

0.0355

0.0406

0.0457

0.0508

0.0558

0.0609

0.0660

0.0711

0.0762

0.0812

0.0863

0.0914

0.0965

0.1016

0.1066

0.1117

0.1168

0.1219

0.1270

0.1320

0.1371

39°

00.0000

00.0222

00.0902

00.2059

00.3710

00.5876

00.8574

01.1824

01.5645

02.0055

02.5073

03.0719

03.7010

04.3966

05.1606

05.9948

06.9012

07.8815

08.9378

10.0718

11.2855

12.5808

13.9594

15.4234

16.9747

18.6150

20.3962

22.1703

40°

00.0000

00.0215

00.0870

00.1984

00.3574

00.5657

00.8252

01.1375

01.5044

01.9277

02.4092

02.9505

03.5534

04.2198

04.9512

05.7496

06.6167

07.5541

08.5638

09.6473

10.8065

12.0432

13.3590

14.7558

16.2352

17.7992

19.4493

21.1874

N

0.1422

0.1473

0.1524

39°

24.0892

26.1047

28.2197

40°

23.0152

24.9344

26.9469

Regresando al tema de éste trabajo el problema consiste ahora en diseñar un generador de funciones para controlar el gasto. Como se puede observar en la figura II.12, el mecanismo que acciona a la válvula es del tipo biela-manivela deslizadera excéntrica.

Este mecanismo se puede considerar inicialmente como el generador de la función del gasto "Q". Tomando esto en cuenta los valores de entrada del mecanismo serán las posiciones de la barra "r" definidas por el ángulo ψ los valores de salida se refieren a la posición del punto "B" equivalente cada una de estas posiciones a un gasto "Q", por lo tanto la función generada se puede expresar de la siguiente manera.

$$Q = f(\psi)$$

Como este mecanismo ya está dimensionado (figura II.12), los valores del ángulo ψ se pueden conocer, con lo cual se formará una tabla de valores que corresponden a la función anterior, a continuación se presenta un desarrollo para conocer dichos valores valiéndose de la figura II.11.

$$\psi = \psi' + \psi''$$

$$\psi' = 180^\circ - \frac{\theta}{2}$$

$$\psi'' = \cos^{-1} \frac{r^2 + s^2 - l^2}{2rl}$$

$$m = (\theta^2 + s^2)^{1/2}$$

$$\psi = 180^\circ - \frac{\theta}{2} + \cos^{-1} \frac{r^2 + s^2 - l^2}{2rl}$$

$$\theta = 0.184 - N \quad (\text{FIG. II.12})$$

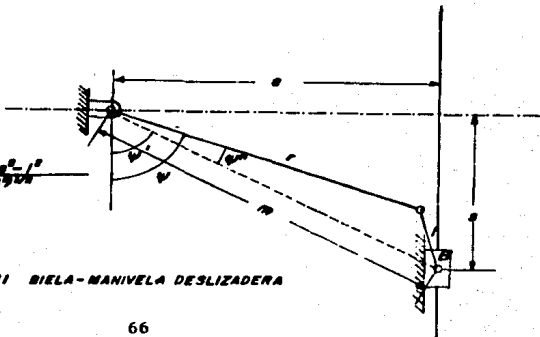


FIG. II.11 BIELA-MANIVELA DESLIZADERA

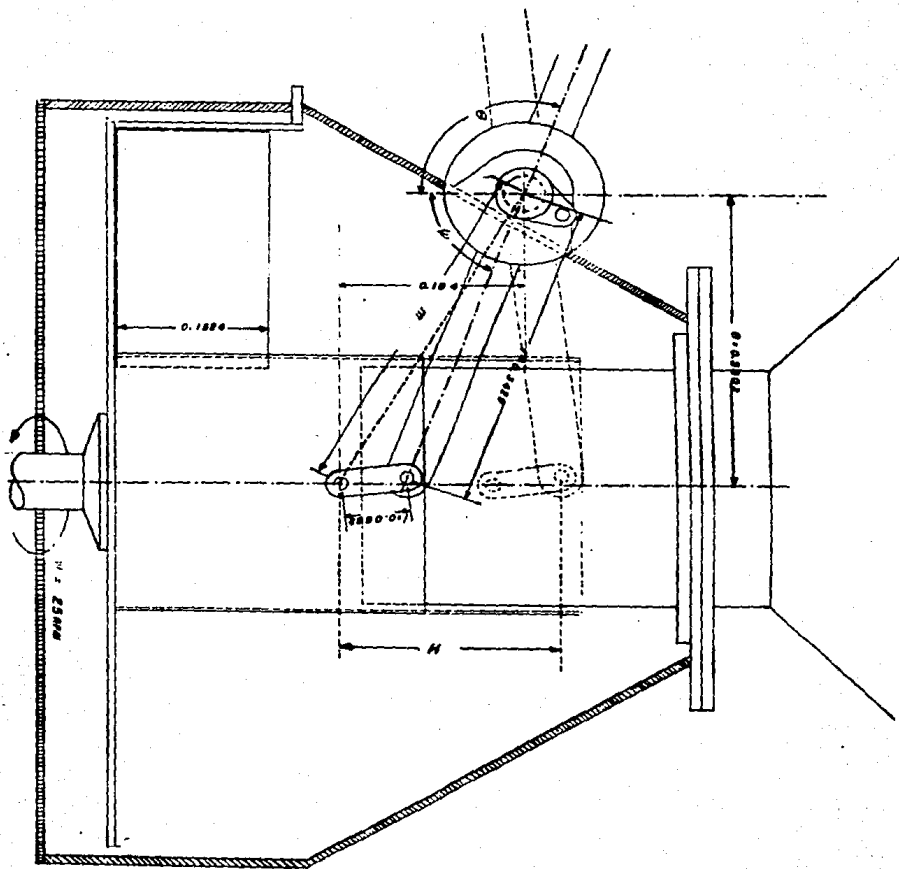


FIG. II.12 ALIMENTADOR DE PLATO

De la función del ángulo ψ obtenida en la figura anterior se hacen los cálculos para obtener una tabla de valores que relacione el desplazamiento de la válvula (punto "M") con la variación del ángulo ψ y la cual se presenta a continuación.

TABLA T. II. 2

H	ψ	θ
0.00000	69.7976	110.2023
0.00508	70.7375	109.2624
0.01016	71.6609	108.3390
0.01524	72.5700	107.4299
0.02032	73.5669	106.5330
0.02540	74.3552	105.6467
0.03048	75.2304	104.7695
0.03556	76.0998	103.9001
0.04064	76.9624	103.0370
0.04572	77.8194	102.1805
0.05080	78.6717	101.3280
<u>0.05588</u>	<u>79.5200</u>	<u>100.4799</u>
0.06096	80.3652	99.6347
0.06604	81.2079	98.7920
0.07112	82.0489	97.9511
<u>0.07620</u>	<u>82.8866</u>	<u>97.1113</u>
0.08128	83.7277	96.2722
0.08636	84.5666	95.4333
0.09144	85.4059	94.5940
<u>0.09652</u>	<u>86.2459</u>	<u>93.7540</u>
0.10160	87.0871	92.9128

H	ψ	θ
0.10668	87.9297	92.0722
0.11176	88.7742	91.2257
0.11684	89.6208	90.3791
0.12196	90.4698	89.5301
0.12700	91.3213	88.6786
0.13208	92.1756	87.8243
0.13716	93.0327	86.9672
0.14224	93.8927	86.1072
0.14732	94.7557	84.2442
0.15240	95.6216	84.3783

Estas tablas representan la función generada por el mecanismo vie-
la manivela deslizadera.

La primera columna representa la abertura de la válvula, esta será
la variable independiente que a su vez corresponde a un gasto "Q"
calculado en las tablas T.II.2 para los mismos valores de H, por
lo tanto es fácil establecer una relación de la forma:

$$Q = f(\psi)$$

valiéndose de las tablas T. II. 1 y T. II. 2

Como ejemplo se marca en las tablas T.II.2 una posición de $\psi = 82.000^\circ$
que corresponde a una altura $H = 0.07620$. En seguida se selecciona -
la columna que corresponda al ángulo de reposo del material que se
esta manejando, para este ejemplo se considero que sea de 35° , el
gasto que corresponde es de $7.1248 \text{ m}^3/\text{hora}$.

Hata el momento solo se ha estudiado la coordinación de las barra de entrada y salida del mecanismo que mueve la valvúla ,y la relación de éstas con el gasto "Q" que maneja el - alimentador de plato,partiendo éste análisis de un mecanismo con dimensiones conocidas.

Para controlar el gasto se plantea a continuación una nueva síntesis de generación funciones, en la cual se tomaran como datos los valores de las tablas T.II.1 y T.II.2 .

La nueva síntesis busca diseñar un mecanismo que en un intervalo de su movimiento, sea capaz de situar las barras de entrada y salida en las posiciones que señalan las tablas - arriba mencionadas, y con las características que a continuación se establecen.

1.- El mecanismo que se debe utilizar es del tipo biela-manivela deslizadera exentrica, que estara acoplado al mecanismo del mismo tipo que mueve la valvúla como se muestra en - la figura II.13 .

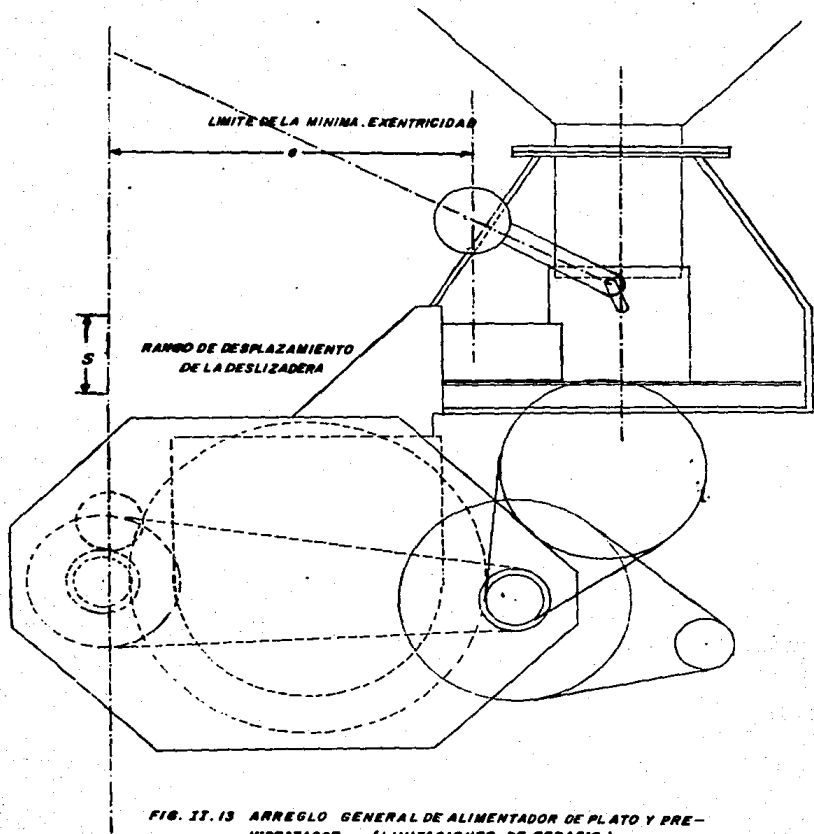
2.- Los valores de entrada seran las posiciones de la barra R determinadas por el ángulo θ , los valores de salida estan determinados por el punto P

3.- El rango de desplazamiento del punto P estara supeditado a las restricciones de espacio que la maquinaria obliga.

4.- La exentricidad de la deslizadera está restringida de - la misma forma por características de la máquina.

Para controlar el gasto se requiere de cierta información, - que indique cual es el gasto de material que el proceso demanda, y lograr así una producción deseada.

Los parámetros que influyen en el gasto de materia requeri-



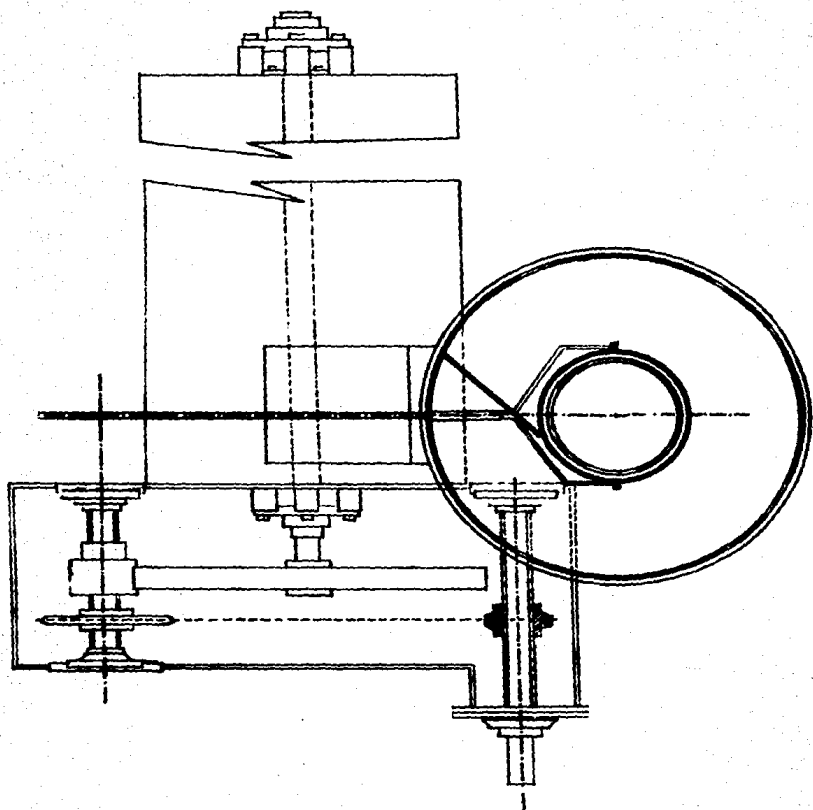


FIG. 51. 14 VISTA DE PLANTA DEL ALIMENTADOR DE PLATO Y PRE-HIDRATADOR

do son: granulometría del material manejado, calidad del mismo (de impurezas), reactividad química y gasto de agua incorporada al proceso.

Por las características en el proceso industrial para la obtención de cal hidratada es muy costoso y difícil controlar éstos parámetros, para saber con precisión el gasto de material a utilizar. Por lo anterior en la solución de esta síntesis de generación de funciones se tomaron como datos las condiciones más adversas y opuestas entre sí para establecer el rango de operación del mecanismo.

Como resultado de experiencias y estudios de laboratorio se pueden tomar como constantes los siguientes datos.

1.- La temperatura ideal en la reacción química de la hidratación es de 105°C

2.- Para la producción que demanda una planta de hidratación con las características de la planta en estudio, el gasto requerido varía de 4.2 m³/hora hasta 10 m³/hora dependiendo de las características físicas y químicas del material.

Con los parámetros anteriores se pueden establecer 3 puntos de precisión, para esto se utilizaron las tablas T.II.1 y T.II.2 y que fueron marcados en las mismas, y que se presentan a continuación.

$\theta_1 = 100.5^\circ$	4.5 m ³ /hora
$\theta_2 = 97.0^\circ$	7.0 m ³ /hora
$\theta_3 = 93.5^\circ$	9.7 m ³ /hora

Los valores presentados corresponden a las posiciones de entrada del mecanismo por diseñar.

Las posiciones de salida se determinaron en función de las limitaciones de espacio mencionadas con anterioridad y que muestran en la figura II.13

$$S_1 = 0.150 \text{ m.}$$

$$S_2 = 0.200 \text{ m.}$$

$$S_3 = 0.250 \text{ m.}$$

La ecuación para resolver la síntesis del mecanismo en estudio es la siguiente

$$K_1 S_1 \cos \theta_1 + K_2 \cos \theta_1 - K_3 = S_1^2$$

Sustituyendo valores se forma el siguiente sistema de ecuaciones.

$$K_1 (0.150) \cos 100.5 + K_2 \cos 100.5 - K_3 = (0.150)^2$$

$$K_1 (0.200) \cos 97.0 + K_2 \cos 97.0 - K_3 = (0.200)^2$$

$$K_1 (0.250) \cos 93.5 + K_2 \cos 93.5 - K_3 = (0.250)^2$$

Solución

$$K_1 = \frac{b_2 d_1 - b_1 d_2}{b_2 d_1 - b_1 d_2}$$

$$K_2 = \frac{b_2 d_1 - b_1 d_2}{b_2 d_1 - b_1 d_2}$$

$$K_3 = S_1 + K_1 S_1 \cos \theta_1 + K_2 \cos \theta_1$$

$$b_1 = S_1 \cos \theta_1 - S_2 \cos \theta_2$$

$$b_2 = \sin \theta_1 - \sin \theta_2$$

$$b_3 = S_1^2 - S_2^2$$

$$b_4 = S_1 \cos \theta_1 - S_2 \cos \theta_2$$

$$b_5 = \sin \theta_1 - \sin \theta_2$$

$$b_6 = S_1^2 - S_2^2$$

$$b_1 = -0.0030$$

$$b_2 = -0.0093$$

$$b_3 = -0.0175$$

$$b_4 = -0.0121$$

$$b_5 = -0.0149$$

$$b_6 = -0.0400$$

$$K_1 = \frac{(-0.0093)(-0.0400) - (-0.0175)(-0.0149)}{(-0.0030)(-0.0121) - (-0.0030)(-0.0149)}$$

$$K_2 = \frac{(-0.0175)(-0.0121) - (-0.0030)(0.0400)}{(-0.0093)(-0.0121) - (-0.0030)(-0.0149)}$$

$$K_1 = 1.6323$$

$$K_2 = 1.3619$$

$$R_0 = (0.15) + 1.6323(0.15) \cos 100.5^\circ + 1.3619 \sin 100.5^\circ$$

$$R_0 = 1.3170$$

$$R = \frac{K_1}{2}$$

$$e = \frac{K_2}{2R}$$

$$L = (e^2 + R^2 - K_2)^{1/2}$$

$R = 0.658$	$e = 0.0343$	$L = 0.8120$
-------------	--------------	--------------

Con los resultados obtenidos se dimensiono el mecanismo de control en la figura II.15 se muestra el arreglo general del dosificador y el mecanismo de control.

Del lado derecho de la figura se puede observar la valvula del dosificador, en este lugar se marcan las posiciones que corresponden a los puntos de presicion y los gastos para uno de estos .

Los gastos a que se hace referencia en la figura. fueron confrontados a resultados obtenidos de pruebas fisicas, comprobandose de esta manera .

Que los valores de las tablas T II.1 son aceptables , ya que las variaciones de esta confrontacion fueron mas o menos 5% promedio. Para que el control del alimentador de plato sea automatico es necesario auxiliarse de otros elementos que en conjunto con los mecanismos diseñados formen un servomecanismo de control automatico . Para el diseño del servomecanismo deben observarse las siguientes condiciones. .

- 1.- El tiempo de llenado del hidratador que recibe la mezcla de agua y cal viva ($\text{Ca}+\text{H}_2\text{O}$) es de 5 minutos.
- 2.- El tiempo de estabilización de la reacción quimica dentro del hidratador es de 10 minutos en el arranque .
- 3.- La temperatura ideal para esta reacción quimica es de $105^\circ\text{C} \pm 1/2^\circ\text{C}$.
- 4.- El tiempo de respuesta de alguna variación en el volumen manejado o la calidad de la cal viva es de 1 a 3 minutos dependiendo de la brusquedad de la variación, ésta se manifestara en variación de la temperatura dentro del hidratador.
- 5.- El gasto de agua es constante.

En la figura II.16 se muestra un diagrama del servomecanismo que-

cumple con las condiciones del proceso y cuya secuencia de funcionamiento se enumera en seguida.

1°.- Se presiona el botón de arranque en la estación de botones(2) mandando una señal al temporizador (3) que mantiene energizada una de las bobinas del arrancador (4) para así accionar el motorreductor (11) el cual girara en el sentido que el mecanismo abra la valvula, este tiempo se determinara en función de las R.P.M. del motorreductor así como el paso de la cuerda del husillo además de la posición inicial de la deslizadera (14). Para el arranque la posición inicial de la deslizadera es de 0.20m. (figura II.15).

2°.- Cuando la deslizadera esta en su posición inicial el temporizador (3) cierra su ciclo mandando una señal al temporizador (10) que corta la alimentación de corriente al arrancador (4) durante - 10 minutos, tiempo que tarda en estabilizarse el proceso.

3°.- Cuando el temporizador (10) termina su ciclo reestablece la corriente al arrancador (4).

4°.- En este punto ya se cumplieron todas las condiciones del arranque, por lo que el termopar (5) entra en operación para lo que cabe mencionar que los interruptores de los límites fueron ajustados - entre 104.5°C y 105.5°C mínimo y máximo respectivamente, cuando alguno de los límites aga contacto manda una señal al temporizador - (6 ó 7) que mantendrá energizada una de las bobinas del arrancador (4) durante un breve tiempo para hacer la corrección cuando el temporizador (6 ó 7) termina su ciclo manda una señal al temporizador (9) para cortar la corriente del arrancador (4) durante 3 minutos.

4°.- Cuando se para el sistema se aprieta el botón de paro de la estación de botones (2) que mantiene energizada la bobina del arrancador (4) para que el reductor accione el mecanismo en el sentido de cerrar la valvula, hasta que la deslizadera (16) topa con un mi-

cro-switch (13) que corta la señal de la bobina de cierre.
5°.- Como último paso cabe mencionar que la alimentación de los elementos de control (temporizadores y termopar) son energizados simultáneamente al arrancar o parar el sistema mediante la estación de botones.

ESTA ES LA BIBLIOTECA DE LA UNAM

- 1.- ACOMETIDA DE CORRIENTE
- 2.- ESTACION DE BOTONES
- 3.- TEMPORIZADOR N/A
- 4.- ARRANCADOR REVERSIBLE
- 5.- TERMOPAR C/INTERRUPTORES
DE LIMITES
- 6.- TEMPORIZADOR N/A
- 7.- TEMPORIZADOR N/A
- 8.- HIDRATADOR
- 9.- TEMPORIZADOR N/C
- 10.- TEMPORIZADOR N/C
- 11.- MOTORREDUCTOR
- 12.- COPLÉ
- 13.- MICRO-SWITCH N/C
- 14.- BUJE ROSCADO
- 15.- HUSILLO
- 16.- BIELA

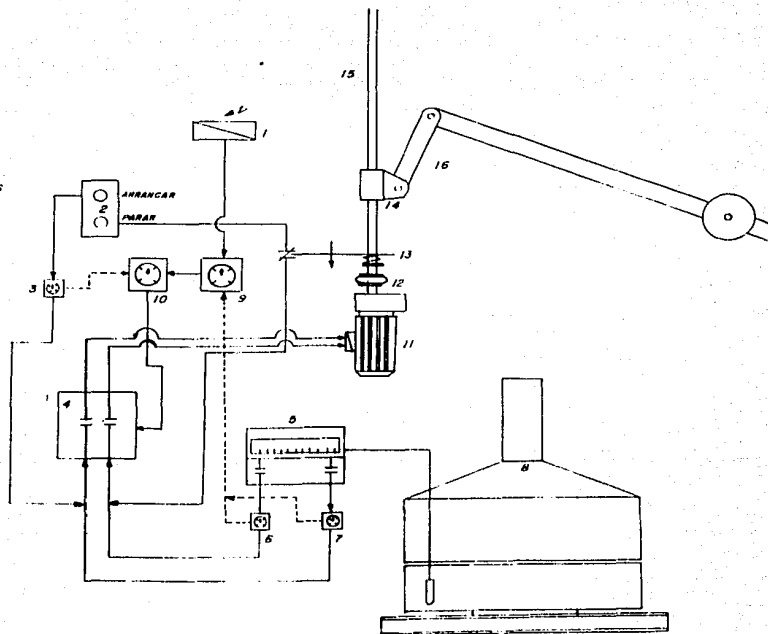


FIG. 11. 16. DIAGRAMA DEL SERVOMECANISMO DE CONTROL AUTOMÁTICO

CONCLUSIONES

Como se planteo en los objetivos de este trabajo, se realizo una reconilación de conocimientos teóricos sobre la síntesis de generación de funciones, los cuales se fueron enfocando progresivamente a una aplicación práctica.

Para esto se selecciono un problema tipo de los libros de texto de síntesis de generación de funciones (generación de $y = x^{1.5}$), el cual se utilizo como un eslabon entre la teoría y la práctica.

En la solución del problema se desarrollo un procedimiento para conocer la función generada por el mecanismo, lo cual resulta de gran ayuda, ya que en muchos problemas de diseño la dificultad no consiste en dimensionar el mecanismo sino que se pretende conocer la función generada a partir de dimensiones ya establecidas para el mismo, y con lo cual se ha ga posible establecer una relación funcional entre los parámetros que se desean controlar .

Por último la solución del problema de diseño para un dosificador automatico enfoca dos formas de plantear una síntesis de generación de funciones, la primera es como se mencio no anteriormente, a partir de un mecanismo dimensionado establecer una relación funcional entre las posiciones de entrada y salida del mismo. Posteriormente se pudieron relacionar éstos parámetros con el gasto que maneja el dosificador.

La segunda parte del problema consiste en controlar el gasto a través de un cervomecanismo y que el funcionamiento del dosificador sea automático.

Por lo anterior se plantea una nueva síntesis de generación de funciones, y en éste caso el problema sera que a partir de los parametros establecidos (gastos conocidos en función de los ángulos y desplazamientos del mecanismo analizado en la primera parte del problema) los cuales representan tres puntos de precisión que debe satisfacer el mecanismo por di señar.

La solución de este problema da por resultado dos mecanismos acoplados de la forma en que se muestra en la figura II. 15, y que a su vez son parte del cervomecanismo ilustrado en el diagrama de la figura II.16 con lo cual se logra la automatización del dosificador.

Con esto se cumplen los objetivos de este trabajo, ya que con la solución del segundo problema se ha contribuido a un proyecto en la planta de Caleras Bertran en Atotonilco de Tula Hgo. , el cual consiste en automatizar el proceso de hidratación de la cal, y para lo cual se han considerado los resultados obtenidos de este trabajo.

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

ANALISIS CINEMATICO DE MECANISMOS
JOSEPH EIJWAR SHIGLEY
Mc. GRAW HILL

MECANISMOS Y DINAMICA DE MAQUINARIAS
HAMILTON H. MABIE - FRED W. OCVIK
LIMUSA

MECHANISMS SYNTHESIS AND ANALYSIS
SONI, A. N.
Mc. GRAW HILL

KINEMATICS AND DYNAMICS OF PLANAR MACHINERY
BURTON PAUL
PRENTICE - HALL

KINEMATIS SYNTESIS OF LINKAGES.
HARTEMBERG, R. S.
Mc. GRAW HILL