Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE INGENIERIA



Análisis y Balanceo de Mecanismos de Acción Reciprocante



MENICO, D. F.

21

1979



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 esta 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

INTRO	DUCC	CION.	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	1
CAPIT	ULO	1.	ESTUDIO DINAMICO DE UN MECANISMO PISTON -	
			BIELA - MANIVELA	4
	1	. 1	Aceleraciones en el sistema	5
	1.1	.1	Aceleración de la articulación biela - ma-	
			nivela	5
	1.1	. 2	Aceleración del pistón	6
	1	. 2	Equivalente dinámico del sistema	9
	1.2	.1	Masas equivalentes	9
	1	. 3	Fuerzas en el mecanismo pistón - biela -	
			manivela	13
	1.3	.1	Determinación de las fuerzas	13
	1.3	. 2	Diagrama polar	18
	1	.4	Determinación de momentos	19
	1.4	. 1	Obtención del momento de inercia	19
	1.4	. 2	Determinación de momentos debidos a fuer-	
			zas rotatorias	23
	1.4	. 3	Determinación de los momentos debidos a -	
			fuerzas reciprocantes	34
CAPI	TULO	11.	BALANCED DEL MOTOR RECIPROCANTE DE UN SOLO	

CILINDRO..... 40

		• • •
CAPITULO III.	PLANTEAMIENTO MATEMATICO PARA EL BALANCEO	
	OPT1MO	51
3.1	Solución al desbalanceo de los sistemas -	
	monocilindricos	51
3.1.1	Identificación de parámetros y variables.	53
3.1.2	Identificación de datos de entrada	55
3.1.3	Planteamiento de ecuaciones	56
3.2	Solución al desbalanceo de los sistemas -	
an an tha an	multicilindricos	58
3.2.1	Identificación de parámetros y variables.	59
3.2.2	Identificación de datos de entrada	60
3.2.3	Planteamiento de ecuaciones	60
CAPITULO IV.	PROGRAMA "BALANCE"	62
4.1.1	Descripción del lenguaje "APL"	62
4.1.2	Diagrama de flujo del sistema para motor	
	en línea	63
4.1.3	Algoritmo	71
4.1.4	Ejemplos, graficas obtenidas y propuestas	
	de balanceo	78
4.2.1	Descripción de las modificaciones para el	
	sistema en "V"	111
4,2,2	Diagrama de flujo del sistema para motor	
	en "V"	113

INTRODUCCION.

Tema de actualidad, dada la importancia del uso racional de los energéticos, es la optimización de los sistemas de conversión de energía. Entre ellos, ocupando un primer plano, se encuentran los motores de combustión interna, que a su vez podemos dividir en dos grandes grupos: los sistemas con un mecanismo básico de pistón - biela - manivela y las turbinas de gas.

El presente trabajo se ocupará de los motores citados en pr<u>i</u> mer término, es decir de los sistemas con pistón - biela manivela. Este tipo de motores los podemos encontrar desde pequeñas versiones aplicados a vehículos automotrices o a m<u>o</u> tocicletas, hasta grandes motores en embarcaciones marinas y aéreas.

Uno de los temas de mayor importancia en el diseño de motores es la aplicación del estudio de las fuerzas inerciales en el balanceo de ellos. Así también muchas máquinas tienen partes con movimientos reciprocantes similares al del pistón de un motor, o movimiento rotativo como el de un cigueñal. Si las partes en movimiento no se encuentran balanceadas, o tienen un movimiento variable, o estan sujetas a aceleraciones y fuerzas inerciales, se producirá una vibración en la máquina. la cual se transmitirá a sus apoyos. Tales vibraciones, pa<u>r</u> ticularmente si llegan a ocurrir al operarse la máquina a a<u>l</u> ta velocidad producirán ruido y desgaste por demás excesivo que acortarán la vida útil del equipo y reducirán su eficie<u>n</u> cia. Aún más, si llega a coincidir el periodo de vibración de la máquina con el periodo natural de vibración de los s<u>o</u> portes, la perturbación puede ser peligrosa. Visto de esta manera, el propósito de balancear un sistema es el de minimizar los efectos de la vibración.

Para obtener un resultado satisfactorio deberán efectuarse dos consideraciones básicas: el balanceo estático y el balanceo dinámico.

El balanceo estático se presenta cuando las las partes se encuentran en equilibrio entre ellas al no existir un movimiento no importando la posición en que las partes estén lo calizadas. Un sistema se encuentra en equilibrio dinámico cuando las fuerzas de inercia y los pares provocados por las masas en movimiento se encuentran en equilibrio entre ellos.

La mayor parte de este trabajo se enfocará al estudio de b<u>a</u> lanceo de motores, pero los métodos y principios involucrados son fundamentales y pueden ser aplicados a maquinária de

-2-

cualquier tipo.

Las fuerzas entre partes componentes de un motor en movimien to pueden ser analizadas en dos grandes grupos principales. Las fuerzas debidas al fluido de trabajo y las fuerzas deb<u>i</u> das a las aceleraciones de las partes. Las primeras se clasifican como fuerzas estáticas y su efecto sobre la máquina depende de la forma en que dicho fluido transmite o recibe energía del sistema en cuestión. Las fuerzas debidas a la aceleración son las fuerzas de inercia y pueden combinarse en una fuerza, en un par o en ambos, y causar vibración del sistema.

- 3 -

Este trabajo intenta proponer un método aplicable a sistemas computarizados, mediante el cual se obtenga el óptimo bala<u>n</u> ceo de una máquina dadas sus características, como son sus dimensiones de biela, manivela, pistón, número de cilindros, etc. Así como también el cálculo de las fuerzas inerciales y sus respectivos momentos de desbalanceo. CAPITULO I.

ESTUDIO DINAMICO DE UN MECANISMO PISTON - BIELA - MANIVELA.

En el presente capítulo se llevará a cabo un análisis de -aceleraciones en el sistema pistón - biela - manivela. Dicho análisis pretende determinar además las fuerzas provocadas por las aceleraciones de las diversas partes componentes del sistema y que lo afectan provocándole solicitaciones mecán<u>i</u> cas.

Con objeto de simplificar el análisis, este se efectúa a través de sistemas dinamicamente equivalentes, la determin<u>a</u> ción de este tipo de sistemas se incluirá dentro del estudio en cuestión.

También serán determinados los momentos y fuerzas mencionados en el primer párrafo.

Un mecanismo pistón - biela - manivela es un sistema consi<u>s</u> tente de 4 barras articuladas, en la forma mostrada en la s<u>i</u> guiente Figura:



Fig. 1.1

Los centros instantáneos de rotación (cir) son mostrados en la figura 1.2



1.1 ACELERACIONES EN EL SISTEMA.

1.1.1 ACELERACION DE LA ARTICULACION BIELA - MANIVELA.

Las aceleraciones en los cir(2,1) y (1,4) son nulas, ya que el punto 2 es fijo y el punto 4 se encuentra en el infinito, debido al movimiento del pistón, que es rectilineo, la aceleración de la articulación (2,3) se obtiene de la siguiente

forma:



donde el radio r es el módulo del vector \mathbf{J} r = $|\mathbf{P}|$ \overline{P} puede expresarse de la siguiente forma polar: $\overline{P} = r e^{i\theta}$ derivando el vector \overline{P} se obtiene su velocidad: $\overline{P} = \overline{v} = i w r e^{i\theta}$ donde w = $\overset{0}{\theta}$ volviendo a derivar se obtiene la aceleración del vector \overline{P} : $\overline{P} = \overset{\cdot}{\overline{v}} = \overline{a} = i^2 w^2 r e^{i\theta} + i0Cr e^{i\theta}$ ya que $i^2 = -1$ $\overline{a} = -w^2 r e^{i\theta} + i0Cr e^{i\theta}$ donde $\overline{C} = \hat{w} = aceleración angular.$

La ecuación anterior comprende tanto a la aceleración angular como a la tangencial.

 $\bar{a}_{t} = 100 r e^{10}$ $\bar{a}_{n} = u^{2} r e^{10}$

En donde el producto escalar \bar{a}_t $\bar{a}_n = 0$ ya que son vectores perpendiculares al multiplicar en a_t a e¹⁰ por 1.

1.1.2 ACELERACION DEL PISTON.

La aceleración en la articulación (3,4) se obtiene a continuación: Sea el sistema mostrado en la figura siguiente:



en donde r = longitud de la manivela y l = longitud de la biela.

De la figura anterior se obtiene: r sen $\theta = 1$ sen θ ecuación 1 x = r cos $\theta + 1$ cos θ ecuación 2 de aqui que: sen $\theta = \frac{r}{T}$ sen θ dado que: sen² θ + cos² θ = 1 cos $\theta = \sqrt{1 - (\frac{r}{T})^2}$ sen² 2 θ utilizando la serie de Taylor ($1 \pm B$)^{1/2} = $1 \pm \frac{B^2}{2} - \frac{B^4}{2.4} \pm \frac{3}{2.4.6} = \frac{3.5}{2.4.6.8} \pm \cdots$ y sustituyendo en la ecuación 2 se obtiene: $\tilde{x} = r \cos \theta + 1 (1 - \frac{1}{2} (\frac{r}{T})^2 \sin^2 \theta - \frac{1}{2.4} (\frac{r}{T})^4 \sin^4 \theta \cdots)$

Pero el tercer término de la serie es un número muy pequeño

-7-

en la mayor parte de los casos, ya que tanto el sen⁴ Θ como el coeficiente son números menores a la unidad que al mult<u>i</u> plicarse se reducen aún más. El coeficiente es pequeño ya que por razones de construcción 5 r ⁴ l ⁴ 8 r y el cocie<u>n</u> te r al elevarse a la cuarta potencia se reduce a una cant<u>i</u> dad despreciable, quedando la ecuación como sigue:

$$\ddot{x} = r \cos \theta + 1 \left(1 - \frac{1}{2} \left(\frac{r}{T} \right)^{2} \sin^{2} \theta \right)$$

teniendose una simplificación que produce un error no significativo.

Diferenciando la ecuación anterior en 2 ocasiones se obtiene la aceleración . $\dot{\bar{x}} = \bar{v} = -r w \ sen \ \theta = \frac{1}{2} \frac{r^2}{T} w \ 2(sen \ \theta \ cos \ \theta)$ $\bar{v} = -w \ r \ sen \ \theta = \frac{1}{2} \frac{r^2}{T} w \ sen \ 2 \ \theta$ $\dot{\bar{v}} = \bar{a} = -w^2 \ r \ cos \ \theta = 0 \ r \ sen \ \theta = -\frac{r^2 w^2 cos \ 2 \ \theta = -\frac{r^2 coc \ sen \ 2 \ \theta}{2T}$ $\bar{a} = -w^2 \ r \ (\ cos \ \theta + r \ cos \ 2 \ \theta \) = 0 \ cr \ (\ w \ sen \ 2 \ \theta + \ sen \ \theta \)$ para w = cte. se tiene que $0 \ cc = 0$ $\bar{a}_p = -w^2 \ r \ (\ cos \ \theta + r \ cos \ 2 \ \theta \)$ donde a_p es la aceleración en la articulación (3,4) y por lo tanto,es la aceleración del pistón. En la siguiente gráfica se muestran las dos partes de la ecuación y la superposición de ellas nos da la curva de la ecuación completa.





1.2 EQUIVALENTE DINAMICO DEL SISTEMA

1.2.1 MASAS EQUIVALENTES

Cualquier barra rígida en un plano de movimiento, teniendo

-9-

una masa "M" y un momento de inercia "I", puede ser represe<u>n</u> tado por un sistema de dos masas puntuales tales que, la ine<u>r</u> cia de las dos masas sea cinéticamente equivalente a la ine<u>r</u> cia de la barra. Este principio será utilizado para simplif<u>i</u> car el estudio del sistema pistón - biela - manivela, cambia<u>n</u> do la masa de la biela por dos masas puntuales localizadas en la articulación con la manivela y en la articulación con el pistón. A continuación se describe el método para llevar a cabo esto.



Fig. 1.5

La figura 1.5 muestra una biela típica para la cual el peso, el centro de gravedad y el momento de inercia son dados. L<u>c</u> calizando arbitrariamente una de las masas equivalentes en la articulación "b" y otra en la articulación "a" se tendrán que determinar las magnitudes de estas masas.

Ya que es necesario que la suma de las masas sea igual a la masa de la biela, se tiene que: $M_a + M_b = M$ ecuación 1

También deberá cumplirse con que el centro de masa de las dos masas puntuales este en el centro de masa de la biela. $M_a l_a - M_b l_b = 0$ ecuación 2

Resolviendo las ecuaciones 1 y 2 para M_a y M_b se obtiene que

$$M_{a} = M T_{b} / (T_{a} + T_{b})$$

H= H 1_/(1_ + 1_)

Obtenidas M_a y M_b se utilizará el mismo sistema para todo el mecanismo de pistón - biela - manivela, de la siguiente fo<u>r</u>



Fig. 1.6

-11-

donde:

$$\begin{split} H_f &= masa fija \\ H_r &= masa rotativa \\ H_o &= masa oscilatoria \\ H_m &= masa de la manivela \\ H_b &= masa de la biela \\ H_p &= masa del pistón \\ H_f & Comprende solamente a una parte de la masa de la mani-vela. \\ H_r & Comprende a la parte restante de la manivela, y parte de de la masa de la biela. \\ H_o & Comprende a la masa restante de la biela y a la masa del pistón. \end{split}$$

-12-

Estas masas equivalentes se determinan de la siguiente forma: $M_f = M_m \left(\frac{r - 1_m}{r} \right)$ $M_r = M_m \left(\frac{1_m}{r} \right) + M_b \left(\frac{1_b}{r} \right)$ $\frac{T_a + T_b}{T_a + T_b}$ 100 Carlos 13-

1.3 FUERZAS EN EL MECANISMO PISTON - BIELA - MANIVELA.

-13-

1.3.1 DETERMINACION DE LAS FUERZAS.

Dada la siguiente figura 1.7



Fig. 1.7

se procederã a analizar las fuerzas ejercidas en cada uno de los tres pernos involucrados en el sistema. Para este efecto se considerarán las masas puntuales M_f , M_r y M_o tratadas con anterioridad.

El análisis de la fuerza en el perno No. 1, sin considerar la presión del gas en la cámara de combustión, ni las fuerzas de fricción y efectos de lubricación del sistema, es como a continuación se describe:

 $F_1 = M_0 \bar{a}_p + M_r (\bar{a}_t + \bar{a}_r)$

donde: a_t = aceleración tangencial a_n = aceleración normal considerando una velocidad angular constante, se tiene que:

 $\mathbf{OC} = \mathbf{0}$ (aceleración angular = 0)

 $a_t = 0$

ya que a_t = CC r

quedando solamente

 $F_1 = M_0 \bar{a}_p + M_r \bar{a}_n$

efectuando un diagrama polar de fuerzas sobre el perno No. 1 se tiene que:



F1g. 1.8

sustituyendo \bar{a}_p por $-w^2$ r (cos θ + r cos 2 θ) y \bar{a}_n por $-w^2$ r (cos θ + i sen θ) se obtiene: F₁ = $-M_0 w^2$ r (cos θ + r cos 2 θ) $-M_r w^2$ r (cos θ + i sen θ) Efectuando los productos se obtienen tres fuerzas constituyentes de la fuerza sobre el perno No. 1 llamadas Frot = fuerza rotatoria, F₁ = fuerza primaria y F₁₁ = fuerza secu<u>n</u> daria. Estas fuerzas se definen de la siguiente forma: $|Frot| = M_r w^2$ r $|F_{11}| = M_0 w^2$ r cos θ $|F_{11}| = M_0 w^2$ r cos 2 θ

Dicho diagrama se obtiene dibujando tres cfrculos concéntr<u>i</u> cos, con radios a escala que definan la magnitud de las fue<u>r</u> zas de la forma siguiente:

1.- El primer circulo con un radio de magnitud $M_p w^2 r$ (fuerza rotativa) 2.- El segundo con un radio de magnitud $M_p w^2 r + M_0 w^2 r$ de forma que la distancia radial medida entre éste y el pr<u>i</u> mer circulo represente a escala la magnitud $M_0 w^2 r$, siendo ésta la magnitud máxima de la fuerza primaria. 3.- El tercero con un radio de magnitud $M_{p} w^{2} r + M_{0} w^{2} r (1 + r)$, de forma que la distancia radial medida entre éste y el segundo circulo represente a escala la magn<u>i</u> tud $M_{0} w^{2} \frac{r^{2}}{T}$, que es el máximo valor que puede alcanzar la fuerza secundaria.

Para obtener el vector que represente la fuerza sobre el perno No. 1 para una posición determinada, se traza con el ángulo dado por la posición de la manivela el segmento dir<u>i</u> gido que representa a la fuerza rotatoria, este segmento va del origen al primer círculo, las fuerzas primaria y secundaria proyectando sobre la horizontal las lineas definidas por los ángulos θ y 2 θ , respectivamente, entre el segundo y el primer círculo para F₁ y entre el tercer y segundo cí<u>r</u> culo para F₁₁. Por último se efectúa la suma de los tres ve<u>c</u> tores obteniendose como resultado la fuerza sobre el perne No. 1.

Para ilustrar el comportamiento de la fuerza que actúa sobre el perno No. 1 se harán a continuación ejemplos de diche fuerza para diferentes posiciones del sistema.



-17-

1.3.2 DIAGRAMA POLAR.

Graficando F_I para todos los valores de Θ , se obtiene el diagrama polar de ésta fuerza, para un ciclo completo del cigueñal, como es mostrado en la figura siguiente:



El análisis de la fuerza en el perno No. 2, sin considerar la presión del gas en la cámara de combustión, ni las fuerzas de fricción y efectos de lubricación del sistema, es similar al análisis efectuado para el perno No. 1, teniendose la siguiente ecuación:

 $F_2 = M_0 \tilde{a}_p + M_r (\tilde{a}_t + \tilde{a}_n)$

-18-

El análisis para la fuerza en el perno No. 3 es también similar al análisis de la fuerza en el perno No. 1, teniendose la ecuación siguiente:

 $F_3 = M_p \tilde{a}_p$

f

1.4 DETERMINACION DE MOMENTOS.

1.4.1 OBTENCION DEL MOMENTO DE INERCIA.

Con la finalidad de obtener los momentos debidos a las fuer zas provocadas por masas rotatorias, a continuación se tratará la determinación del momento de inercia enfocado hacia el mecanismo pistón - biela - manivela.

Aunque existen manuales en los cuales se da el momento de inercia para partes con geometría simple, tales como cilindros, barras, discos, prismas, etc, éstos no incluyen partes con geometría más complejas, como pueden ser bielas o cigu<u>e</u> fiales.

El momento de inercia de partes complejas puede ser obtenido por la combinación de varias formas simples, o si las partes están disponibles, determinarlo experimentalmente. Uno de los métodos experimentales más usuales es el de montar la - parte de tal forma que oscile como un péndulo y observar el periodo de oscilación, el cual es función del momento de inercia de la parte.

La siguiente figura muestra un péndulo suspendido del punto "o", de tal forma que "o" es el eje de rotación alrededor del cual el péndulo oscila desde Θ_1 hasta $-\Theta_1$. El centro de masa "g" se encuentra a una distancia "l_o" del punto "o". Dos fuerzas actuan sobre el péndulo, la fuerza de gravedad "w" y la fuerza resultante en el apoyo. La siguiente ecuación de movimiento puede ser escrita utilizando como centro de m<u>o</u> mentos al punto "o".

€ T = 1 CC

 $-w 1_0 \text{ sen } 0 = 1_0 = 1_0 \frac{d^2 \theta}{d + 2}$

Donde I₀ es el momento de inercia del péndulo alrededor del eje que pasa por el punto "o". El momento T₀ depende de la posición del péndulo con la vertical. El signo negativo de la ecuación anterior indica que el momento es en el sentido opuesto a la acoleración angular "QC". Si se tienen pequeñas oscilaciones, se puede asumir que:

0 - sen 0

con un pequeño error, quedando así la ecuación de movimiento:



$$\frac{d^2 \theta}{d t^2} = -\frac{w \theta}{10} \theta$$

La ecuación anterior es una ecuación diferencial, la cual después de una doble integración, nos da la ecuación relat<u>i</u> va al tiempo "t" y al ángulo 0 $t = \sqrt{I_0 / w I_0^{-1}} \cos^{-1} (0/0_1)$

Las constantes de integración son evaluadas para las siguien tes condiciones: $\omega = \frac{d}{d} = 0, \text{ en } t = 0$ y $\theta = \theta_1, \text{ en } t = 0$

Debido a que el tiempo es medido desde que el péndulo se encuentra en $\Theta = \Theta_1$ hasta que alcanza la posición de $\Theta = 0$, se obtiene que: t = $\sqrt{I_0 / W I_0}$ $\overline{\Pi}$

al sustituir **e** = 0

El periodo **B**del péndulo, o el tiempo para una oscilación completa, es igual a cuatro veces el tiempo dado por la ecu<u>a</u> ción anterior, esto es que:

 $\mathbf{3} = 2\sqrt{1_0 / w l_0}$ TT despejando I, se tiene que: $I_{c} = \frac{B^2}{4\pi^2} \le 0$

g

Obteniendose así el momento de inercia con respecto al eje que pasa por el punto "o", también puede obtenerse el momen to con respecto al eje que pasa por el centro de masa, de la forma siguiente, utilizando el teorema de ejes paralelos.

$$I_{0} = I + M I_{0}^{2}$$

despejando I
$$I = I_{0} - M I_{0}^{2}$$

sustituyendo a I_{0} por $\frac{Z^{2}}{4\pi^{2}} = W I_{0}$ se obtiene
$$I = \frac{Z^{2}}{4\pi^{2}} = W I_{0} - M I_{0}^{2}$$

luego se sustituye a M por w /g, y queda la ecuación final
$$I = \left(\frac{Z^{2}}{4\pi^{2}} - \frac{1}{0}\right) = W I_{0}$$

Así, el momento de inercia puede ser determinado midiendo un gran número de oscilaciones de la parte suspendida. Una biela, por ejemplo, puede sostenerse ya sea del extremo en el que se artícula con el cigueñal o del extremo en que se articula con el pistón. La cantidad dentro del paréntesis se aproxima a cero cuando l_o empieza a crecer. Bajo esta co<u>n</u> dición, se obtiene un resultado más aproximado cuando la -biela se sujeta de la parte más cercana al centro de gravedad.

1.4.2 DETERMINACION DE MOMENTOS DEBIDOS A FUERZAS ROTATORIAS

Observando la siguiente figura, que muestra un rotor rígido consistente de tres masas girando en un plano transversal común, alrededor del eje 0-0,





الأتوالي:

se puede apreciar que una cuarta masa debe agregarse al si<u>s</u> tema para que la suma de las fuerzas inerciales sea igual a cero y se obtenga un balanceo. Teniéndose una velocidad angular constante, la fuerza inercial para cualquier masa "M" es:

 $F = M r w^2$

con una dirección y sentido radialmente hacia afuera. Para que el sistema este balanceado, la suma vectorial de las -fuerzas inerciales del sistema debe ser igual a cero, como lo muestra la siguiente ecuación:

 $\mathbf{\xi}F = \mathbf{\xi}(\mathbf{M}r\mathbf{w}^2) = \mathbf{\xi}(\mathbf{M}r\mathbf{w}^2) = \frac{\mathbf{w}^2}{9} \mathbf{\xi}(\mathbf{W}r) = 0$

€(Wr)=0

Debido a que para todas las masas el término $\frac{w^2}{g}$ es constante, el balanceo se obtiene si la última ecuación es satisf<u>e</u> cha. El término (W r), para cada una de las masas, es un vector en la misma dirección y sentido que el vector de la fuerza inercial. De la figura 1.11, los valores de (W r) para las tres masas conocidas son tabulados y el valor de -(W r) para la cuarta masa tendrá que ser determinado para cumplir la ecuacion de balanceo. Como se muestra en el pol<u>1</u> gono vectorial, la resultante "R" representa el desbalanceo de las tres masas y ésta podrá formarse escogiendo arbitrariamente un valor de W_e o de r_e . Sin usar el contrapeso --($W_e r_e$) la fuerza resultante en el sistema giratorio será igual a $M_e r_e w^2$, la cual causará flexión en el eje y fuerzas sobre los cojinetes. Utilizando el contrapeso, la flexión en el eje y las cargas en los cojinétes se reducirán a un valor mínimo, y así, de esta forma, cualquier número de masas girando en un plano común podrán ser balan-ceadas con una sola masa.

Para el caso de masas giratorias que se encuentren en un plano axial común,como se muestra en la figura 1.12, las fuerzas inerciales son vectores paralelos. Para obtener el



balanceo de este tipo de sistemas, se debe satisfacer la ecuación mencionada anteriormente. Sin embargo, la determin<u>a</u> ción y el balanceo de los momentos de las fuerzas inerciales será requerido. Así pues, para_el balanceo de momentos de las fuerzas de inercia alrededor de un eje normal al plano axial escogido arbitrariamente, la suma de dichos momentos deberá ser igual a cero, como lo indica la siguiente ecuación $\mathbf{x} \mathbf{F}_{\mathbf{a}} = \mathbf{x} \frac{\mathbf{u}}{\mathbf{a}} \mathbf{r} \mathbf{w}^2 \mathbf{a} = \frac{\mathbf{w}^2}{\mathbf{a}} \mathbf{x} \mathbf{w} \mathbf{r} \mathbf{a} = 0$

EWra=0

en donde "a" es el brazo de palanca de cualquier fuerza ine<u>r</u> cial dada.

La magnitud de la fuerza resultante, R, de las tres masas desbalanceadas de la figura anterior, es la suma algebraica y vectorial de los términos (Wr) de las tres masas, debido a que los vectores de las fuerzas inerciales son paralelos. Los valores Wr correspondientes a las masas superiores, son tomados como positivos y el correspondiente a la masa ant<u>e</u> rior, como negativo. La línea de acción de la resultante R se determina a partir del principio de momentos, en el cual estos son tomados con respecto al centro de momentos O. La distancia a_r desde el centro de momentos O, localiza la línea de acción de R. Para el caso particular de esta fi gura, los momentos con sentido contrario a las manecillas del reloj se tomarán como positivos. Para satisfacer nuestras dos ecuaciones de balanceo, la equilibrante (W r)_e es igual, opuesta y colineal a R, como se muestra en la figura. La determinación de R y a_r se muestra a continuación: R = \mathbf{E} (W r) = W₁ r₁ - W₂ r₂ + W₃ r₃ W_e r_e = - R a_r = \mathbf{E} W r a_r = $\frac{W_1 r_1 a_1 - W_2 r_2 a_2 + W_3 r_3 a_3}{W_1 r_1 - W_2 r_2 + W_3 r_3}$

En algunos casos, como se muestra en la figura 1.13







la resultante del sistema de masas a ser balanceado, es un par. La suma de fuerzas se equilibra, sin embargo, debido a

que las fuerzas inerciales no son colineales, se presenta un par de desbalanceo. Para cumplir con los requerimientos que exige el momento de desbalanceo, dos masas adicionales se deberán colocar en el sistema.

En los casos anteriores, el balanceo se ha obtenido determinando el mínimo de masas adicionales, sin embargo, es fre cuente que se utilice un número mayor al mínimo, por ejemplo en la figura 1.12 solamente fue agregada una masa. la cual reduce la vibración a cero y suprime los esfuerzos de los cojinetes del eje, sin embargo, éste sigue estando sometido a un esfuerzo de flexión, el cual en algunos casos puede ser muy severo. En este caso, el balanceo también puede obtener se colocando un contrapeso opuesto a cada masa, con la venta ja de que el esfuerzo en el eje se reduce a cero. Como puede observarse en la figura 1.14. los cigueñales son frecuentemente balanceados colocando contrapesos a cada codo separadamente, para evitar una carga por fricción. La desventaja de este procedimiento es que el peso se ve aumentado considerablemente. Para evitar el peso excesivo, ya que, como se muestra en la figura 1.15. la distribución simétrica de los codos provee el balanceo necesario sin la adición de contra pesos, pero para reducir la flexión en el eje, el uso de co <u> Sinetes intermedios se hace necesario.</u>



El caso más general de distribución de masas giraterias sobre un rotor rígido es aquél en el que las masas radican en varios planos transversales y axiales, como se puede apreciar en la figura 1.16, la resultante R de las tres masas desbalanceadas se obtiene de un polígone. Debido a este, parece





ser que el sistema se balancea con una sola masa, lo cual cumple con la ecuación de suma de fuerzas. Sin embargo, al efectuarse el análisis de momento de balanceo se observa que son requeridas cuando menos dos masas.

En la figura anterior, el plano transversal A-A ha sido escogido arbitrariamente para evaluar los momentos de las fue<u>r</u> zas inerciales, puede observarse que los momentos de varias de las fuerzas se encuentran en diferentes planos axiales y deberá cumplirse con que la suma vectorial de los momentos sea igual a cero. En este caso general, la resultante de los E W r a = 0

momentos se encuentra en el plano axial diferente a la resu<u>l</u> tante R de las fuerzas, debido a esto una sola no balancea ni satisface a las dos ecuaciones.

Como se muestra en esta figura, el polígono vectorial de m<u>o</u> mentos es tomado con respecto al plano transversal A-A. El plano B-B es escogido como el plano transversal en donde una masa de balanceo M_B deberá ser colocada para obtener el balanceo de momentos. También es posible observar en este figura los momentos en la misma dirección y sentido que las fuerzas inerciales, los momentos conocidos (M r a)₂ y --(M r a)₁ son colocados primero y el vector que cierra el
polígono (W r a)_B determina el momento requerido para el balanceo. La dirección de (W r a)_B muestra el plano axial en el cual M_B deberá ser colocada. Como se muestra, la magnitud de la fuerza vectorial (W r)_B es calculada de:

 $\frac{(Wr \bullet)_{B}}{\bullet_{B}} = \frac{(Wr \bullet)_{B}}{\bullet_{B}} \qquad (Wr)_{A} = \frac{(Wr \bullet)_{A}}{\bullet_{A}}$

y colocada en el polígono de fuerzas mostrado para el bala<u>n</u> ceo de ellas, una segunda masa es requerida para cerrar dicho polígono designándola como M_A , y en el polígono como --(W r)_A. (W r)_A y (W r)_B forman la equilibrante R al c<u>o</u> locar M_A en el plano A-A, de tal forma que tenga un momepto igual a cero con respecto al plano en el que se encuentra c<u>o</u> locado el polígono vectorial de momentos, obteniendose de esta forma que:

E(Wr)=0

Se muestran también los planés axiales de las masas de balag ceo determinados a partir de las direcciones de (W r)_A y (W r)_B. Existe etra figura mostrando etre polígone vecterial de momentos, en el cual estes son tenados alrededor del plane B-B para determinar el vector momente (W r b)_A deb<u>i</u> de a la masa M_A en el plane A-A. El vector (W r)_A obtenido de este polígono es el mismo de la solución anterior. Cabe hacer notar que el sentido de (W r b)₂ es negativo ya que M₂ se encuentra en el lado opuesto con relación al plano --B-B y por consiguiente a M₁ y M₃.

En general, cualquier número de masas puede ser balanceado con un mínimo de dos masas colocadas en dos planos arbitrariamente escogidos, tales como A-A y B-B.

En la siguiente figura correspondiente a un motor de ocho c<u>i</u> lindros en línea, se observa que el cigueñal está arreglado de tal forme que el balanceo se obtenga por simetría. Aunque las masas de cada codo (incluyendo a las masas equivalentes a la biela) están en diferentes planos axiales.

-34-

Fig.1.17

1.4.3 DETERMINACION DE LOS MOMENTOS DEBIDOS A FUERZAS RECI-PROCANTES.

Existen en la actualidad métodos analíticos disponibles para la determinación del desbalanceo, o de la fuerza vibrato ria, de una máquina multicilindrica. Dichos métodos nos lle van a expresiones algebráicas simples que dan la magnitud y el sentido del desbalanceo como una función de la posición del cigueñal. Esta posición, en una máquina multicilíndrica



está dada por el ángulo 0₁, el cual corresponde al ángulo del codo del primer cilindro, como se muestra en la figura 1.18.

Fig. 1.18

En máquinas automotrices, el primer cilindro está colocado al frente y θ_1 es medido en el sentido de las manecillas del reloj, cuando el motor se observa desde el frente.

El siguiente análisis se aplica solamente a máquinas en linea, en las cuales los cilindros se encuentran en el mismo lado con respecto al cigueñal. La masa de los pistones y la relación de longitud de manivela entre longitud de biela -- se considera igual para todos los cilindros.

Como se muestra en la figura 1.18, Θ_1 localiza la posición del cigueñal en el ciclo de la máquina, β_2 y β_3 son los ángulos compuestos de los codos dos y tres, medidos respectivamente en el sentido de las manecillas del reloj, a partir del codo número 1. Aunque se muestran solamente tres cilindros en esta figura, cualquier número de ellos puede ser co<u>n</u> siderado. La fuerza inercial F de un cilindro dado en una posición Θ es:

 $F = M r w^2 (\cos \theta + \frac{r}{r} \cos 2 \theta)$

 $F = M r w^2 \cos \theta + M r^2 w^2 \cos 2 \theta$

Los términos del lado derecho en la ecuación anterior son los primeros dos términos de una serie, los restantes son usualmente considerados despreciables. El primer término -(primera armónica) es conocido como fuerza primaria F_p . el segundo (segunda armónica) como la fuerza secundaria -- F_s . As1, $F = F_p + F_s$, en donde: $F_p = M r w^2 cos 0$ y $F_s = M (r_c^2) w^2 cos 2.0$ La sumatoria de las fuerzas inerciales de una máquina mult<u>i</u> cilíndrica es la fuerza vibratoria o fuerza resultante, la cual representa el desbalanceo, como se indica a continuación:

 $S = \mathbf{\xi} \mathbf{F} = \mathbf{\xi} \mathbf{F}_{n} + \mathbf{\xi} \mathbf{F}_{s}$

En algunas máquinas las fuerzas primarias pueden ser balanceadas, aunque las secundarias no. El caso contrario también puede presentarse. El desbalanceo de las fuerzas primarias se desarrolla como sigue:

 $\theta = \theta_1 + \theta$

 $\mathbf{E}\mathbf{F}_{p} = \mathbf{E}\mathbf{N}\mathbf{r}\mathbf{w}^{2}\cos\mathbf{\Theta}$

- Mr w² € cos 0

= $M r w^2 \leq \cos (\theta_1 + \theta)$ = $M r w^2 \leq (\cos \theta_1 \cos \theta - \sin \theta_1 \sin \theta)$

ya que cos Θ_1 y sen Θ_1 son constantes para todos los términos de la sumatoria, pueden excluirse de ella, quedando la ecuación como sigue:

 $\mathbf{E}\mathbf{F}_{\mathbf{p}} = \mathbf{H}\mathbf{r}\mathbf{u}^{2}$ (cos $\mathbf{\theta}_{1} \in \cos \theta$ - sen $\mathbf{\theta}_{1} \in \sin \theta$)

El desbalanceo de las fuerzas secundarias tiene una forma similar:

 $EF_{s} = H r^{2} u^{2} (\cos 2 \theta_{1} E \cos 2 \theta - \sin 2 \theta_{1} E \sin 2 \theta)$

Puede observarse, de las dos últimas ecuaciones, que para cualquier arreglo de los codos en una máquina multicilindr<u>i</u> ca, los ángulos Ø son conocidos y así € cos Ø, € sen Ø, -

 $\leq \cos 2$ β y $\leq \sin 2$ β pueden ser evaluados. Las ecuaci<u>o</u> nes de desbalanceo se vuelven ahora función de θ_1 . Puede o<u>b</u> servarse también, que para obtener un desbalanceo o fuerza vibratoria igual a cero las siguientes sumatorias deben ser iguales a cero:

≤ cos p = 0
≤ sen p = 0
≤ cos 2 p = 0
≤ sen 2 p = 0

Otra variante de la vibración puede ser considerada para una máquina multicilíndrica. Observando el motor de la figura -1.18 desde un lado, se aprecia que la linea de acción de la fuerza vibratoria resultanta en el plano axial, puede no ac tuar sobre la linea de simetría entre los dos apoyos. Más aún, siendo función de 0_1 , provoca una oscilación del motor. La linea de acción de "5" puede ser determinada a partir del principio de momentos, en términos de un momento primario y un momente secundario. Estos son tomados con respecto a un plane de referencia que pasa por el primer cilindro. En la figura 1.18 "a" es la distancia de este plano a la linea de

-38-

acción de la fuerza inercial de cualquier pistón. De esta forma las ecuaciones para los momentos primario y secundario quedan como sigue:

 $C_{p} = \mathbf{E} F_{p} a = M r w^{2} \mathbf{E} a \cos \theta$ = M r w² (cos $\theta_{1} \mathbf{E} a \cos \theta$ - sen $\theta_{1} \mathbf{E} a \sin \theta$) $C_{s} = \mathbf{E} F_{s} a = M r^{2} w^{2} (\cos 2 \theta_{1} \mathbf{E} a \cos 2 \theta - \frac{1}{T} - \frac{1}{T} \cos 2 \theta_{1} \mathbf{E} a \sin 2 \theta$) $C = C_{p} + C_{s}$

La distancia a_R de la linea de acción de la fuerza vibratoria "S" al primer cilindro puede determinarse del momento resultante "C", como sigue:

•R • È

En algunos casos, la fuerza vibratoria "5" es igual a cero, indicando que existe un balanceo de fuerzas inerciales, pero el momento resultante puede ser diferente de cero. En e<u>s</u> te caso, aparece un par "C" en el plano axial entre las pa<u>r</u> tes anterior y posterior del motor.

CAPITULO II.

BALANCEO DEL MOTOR RECIPROCANTE DE UN SOLO CILINDRO.

Como se mostró en el capítulo anterior, la fuerza resul_ tante en la articulación de la manivela con la bancada es de magnitud variable y tiene un ángulo de defasamiento, respecto a la posición de la manivela; excepción hecha de cuando ésta se encuentra en posición O oTTradianes y en -dos posiciones cercanas a TT/2 y 3TT/2. El valor de los án_ gulos sólo se puede definir conociendo las dimensiones del conjunto.

De lo anterior se deriva que la velocidad angular, de la fuerza resultante en el perno mencionado es variable cuan_ do la velocidad angular del motor es constante. Esto impi_ de el cálculo de una masa de balanceo que girando a una v<u>e</u> locidad constante, produzca una fuerza capaz de balancear al sistema.

El efecto mencionado se debe a la masa de acción recipro_ cante. Analizando la figura 2.1, se puede obtener que el centro de masa, entre las dos masas en movimiento, no ti<u>e</u> ne trayectoria circular, sino una trayectoria elíptica co_ mo se muestra en la figura 2.2.

-40-



F1g. 2.2.

.

Se puede emplear un artificio para que el centro de masa coincida con la posición de la masa rotatoria, haciendo uso de un contrapeso sobre una extensión de la biela, éste con_ trarresta al momento de la masa reciprocante sobre el punto que gira, como se muestra en Ja figura 2.3.



Fig. 2.3.

De este modo, ya es posible contrarrestar la fuerza de de<u>s</u> balanceo, con una masa en la posición opuesta al centro de masa, referida al centro de giro, como se muestra en la f<u>i</u> gura 2.4.



Fig. 2.4.

El procedimiento anterior no resulta funcional, desde el punto de vista constructivo del motor, por lo que es nece_ serio hacer un análisis sobre una sola masa de balanceo que se encuentre en la posición de M_B y reduzca al mínimo la fuerza de desbalanceo. En algunos motores sí se emplea el procedimiento anterior, pero sólo como un intento de reducir el efecto de a masa reciprocante, mediante el uso de una biela modificada en su geometría, como la que se muestra en la figura 2,5.

Fig. 2.5.

El balanceo mediante un solo contrapeso es analizado a con tinuación; será supuesta M_B a la distancia r_{MB} : Si la masa de balanceo en M_B es igual a la masa rotatoria, se contrarresta la fuerza rotatoria exclusivamente, redu_ ciendo la fuerza resultante en el perno manivela-bancada. La forma de la fuerza resultante, ahora en la figura 2.7.

En el diagrama polar que representa a la fuerza resultante se redujo el primer círculo concéntrico a un punto, y la ____ fuerza de desbalanceo es igual a la suma de las fuerzas $F_1 \to F_{11}$.



Si la masa de balanceo es igual a la suma de las masas ro_ tatoria y reciprocante ($M_B = M_{ROT} + M_{REC}$), la fuerza de b<u>a</u> lanceo contrarresta en el ángulo O radianes a las fuerzas rotatoria y primaria, quedando sólo la fuerza secundaria como fuerza de desbalanceo, como es mostrado en la figura 2.8.



Fig. 2.8.

Como puede observarse, en la figura anterior se han susti_____ tuido los valores de cos 0 y cos 2 0 por la unidad, para 0 radianes. Para Tradianes sucede lo mismo, ya que su invier

-46-

ten de sentido las fuerzas rotatoria, primaria y de balan_ ceo; pero la fuerza secundaria queda en el mismo sentido. Para la posición de $\Theta = \Pi/2$ (figura 2.9), la fuerza rotato ria es contrarrestada por la parte de la fuerza de balanceo, la parte primaria no existe y la secundaria se ha invertido de sentido.



Fig. 2.9.

La resultante en el apoyo es como se muestra en la figura 2.10.

Con todo lo anterior, el diagrama polar d<mark>e la resultante,</mark> considerando los dos valores de M_R, resulta como el mostr<u>a</u>

-47 -

do en la figura 2.11.



Fig. 2.10







Si se toman los valores de M_B dentro de los siguientes lfm<u>i</u> tes:

MROT & MB & MROT + MREC

El diagrama de la resultante queda como es mostrado en la figura 2.12.

El balanceo éptimo consiste en encontrar valores de M_B que proporcionen el valor promedio cuadrático mínimo de la fue<u>r</u> za de desbalanceo; ya que, como se mostré, cuando la M_B -M_{ROT}, las fuerzas en 1Y se reducen a O, pero las fuerzas en X son considerables. Cuando se toma M_B - M_{BOT} + M_{BEC}, las fuerzas en X son mínimas (valor máximo F_{II}) y las fuerzas en iY, son considerables. Por lo que existe un valor de M_B comprendido entre M_{ROT} y M_{ROT} + M_{REC} que proporciona el balanceo óptimo.

CAPITULO III.

PLANTEAMIENTO MATEMATICO PARA EL BALANCEO OPTIMO.

En esta sección, se encontrará el balanceo óptimo mediante el empleo de métodos numéricos. Se establecen métodos res<u>o</u> lutivos aplicables a sistemas reciprocantes de un solo ci_ lindro y a sistemas multicilíndricos, los correspondientes algoritmos consisten en simular el movimiento de los sist<u>e</u> mas, determinando la forma en que se modifican las solici_ taciones mecánicas que actúan sobre los mismos. De los re_ sultados obtenidos en cada caso, se propone el balanceo ó<u>p</u> timo de las fuerzas o fuerzas y momentos, trátese de un si<u>s</u> temas de un solo cilindro o de uno multicilíndrico.

3.1 SOLUCION AL DESUALANCEO DE LOS SISTEMAS MONOCILINDRI_ COS.

Los sistemas reciprocantes, por construcción, tienen deli_ mitada la geometria de sus componentes. Tal es el caso de un cigueñal, en el que se van a aplicar masas de balanceo, requeridas para la solución óptima del desbalanceo del si<u>s</u> tema; por lo tanto, la única posibilidad para encontrar la solución antes mencionada es variar la masa de balanceo, hasta minimizar las fuerzas que provocan dicho desbalanceo.

-51-

Inicialmente, se procede a la identificación de las varia_ bles y parámetros que son empleados en las ecuaciones que establecen las interrelaciones causa-efecto del sistema. A continuación, se identifican los datos de entrada o valores conocidos en el sistema. Posteriormente, se plantean las <u>e</u> cuaciones. Acto seguido, se enlista el algoritmo computaci<u>o</u> nal que ha sido propuesto como solución óptima.

El programa de computadora consiste en variar el ángulo de posición: del cigueñal, calculando las fuerzas primarias y secundarias para cada punto; se lleva el análisis de O°a 180°. La curva que muestra el desbalanceo de un sistema re ciprocante resulta simétrica respecto al eje horizontal, ya que los valores absolutos de las fuerzas en la primera mitad de un citlo son iguales a los correspondientes de la segunda mitad. Inicialmente, se analiza el sistema con un valor de masa de balanceo igual a O, para determinar las condiciones en que se encuentra. Después, se asigna a la masa de balanceo un valor igual al de la rotatoría, coloca da en un radio igual a de ésta, proporcionándole incremen tos con límite de un valor igual a la suma de las masas ro tatoria y reciprocante, ya que como se mostró en el capítu lo precedente, el valor óptimo de la masa de balanceo está comprendido entre estos valores. Para cada valor de la ma

-52-

sa de balanceo se analizan la fuerzas en medio ciclo, dete<u>r</u> minando para qué valor de dicha masa el área bajo la curva definida por los vectores de fuerza resulta mínima, esto es, para qué valor de la masa mencionada el desbalanceo es mínimo.

3.1.1 IDENTIFICACION DE PARAMETROS Y VARIABLES.

PARAMETRO	VARIABLE	<u>Identificación</u>	<u>Unidades</u>
G		aceleración gravitacional	mts/seg ²
N		rev. por minuto del motor	••••••••
en Roman		radio de giro del centro	mts
		del codo del cigueñal	
ta an an againtí		vel, angular de la maniv <u>e</u>	seg ⁻¹
		1.	
L		distancia entre el centro	mts
		del codo del cigueñal y .	
		el centro del perno del	
		pistón	
PM		peso de la manivela	· Kgs
	MM	masa de la manívela	Kgs,-seg ²
			mts
PB		peso de la biela	Kgs
	-	masa de la biela	Kgs,-seg ²
			mts

PP	peso del pistón	Kgs _f
MP	masa del pistón	Kgs _€ -seg ²
		mts
LM	distancia entre el centro	mts
	de giro de la manivela y	
	su centro de gravedad	
in LA in the second	distancia entre el centro	mts
	del codo y el centro de	
	gravedad de la biela	
n organization of the second	distancia entre el centro	mts
	de gravedad de la biela y	
	ei perno del pistón	
	masa rotativa equivalente	Kgs _f -seg ² mts
MO	masa oscilatoria equivale <u>n</u>	Kg3,-3eg ²
n heine an an an an an an an an Anna an Anna. An an	te te	mts
AP	aceleración del pistón	mts/seg ²
AN	aceleración normal de la	mts/seg ²
	masa rotatoria	
	ángulo que forma el eje de	•
	la manivela con el eje ve <u>r</u>	
 International states 	tical	
FROT	fuerza rotatoria sobre el	KSS, see a
	perno l	. •

-54-

	FI	fuerza primaria sobre e	1 Kgs _f
		perne 1	
	FII	fuerza secundaria sobre	Kgsf
		el perno l	
	MBAL	masa de balanceo del si	s_ Kgs _f -seg ²
		tema	mts
RMBAL		radio de giro de la mas	a mts
		de balanceo	n de la construcción de la constru Construcción de la construcción de l
	MF	masa equivalente fija	Kgs _f -seg ²
			ats
	FRESVEC	fuerza resultante vecto	Kgs _f
		rial sobre el perno l	
	FSUMIII	suma de las fuerzas pri	Kgs _f
		maria y secundaria	•
nga na ang sa San	BETA	ángulo de FRESVEC con o	a an
		eje horizontal	
	FBAL	fuerza de balanceo	Kasy
	•		

3.1.2 IDENTIFICACION DE DATOS DE ENTRADA.

Al emplear el programa mostrado en la sección 4.1.3, para la solución de un sistema, se deberán proporcionar los si_ quientes datos, antes identificados:

- TAN-1 (FROT - FBAL) SEN O (FROT - FBAL) COS & + FSUNITY

HEAL . MR FBAL - MEAL (w²) (RMBAL) FRESVEC - V((FROT - FBAL) COS 0 + SUNIII)² + ((FROT - FBAL)SENO)²

- TAN-1 FROT SEN - FROM TIT

MP = PP/GMR = MM (LM/R) + MB (LB/L)MO = MB (LA/L) + MPMF = MM (R - LM)/R $FROT = (MR) (w^2) (R)$ $FI = (MO) (w^2) (R) COS 0$ FII = (MO) (w^2) (R²) COS 2 0 / L FSUMIII - FI + FII FRESVEC - V(FROT(COS 0) + FSUHIII)²+ (FROT(SEN 0))²

3.1.3 PLANTEAMIENTO DE ECUACIONES.

MM = PM/G

MB = PB/G

N. R. L. PM. PB. PB. PP. LN. LA. LB y RMBAL.

MBAL = MBAL + INCREMENTO DEFINIDO POR LAS CARACTERISTICAS DEL SISTEMA A ANALIZAR

3.2 SOLUCION AL DESBALANCEO DE LOS SISTEMAS MULTICILINDRI-Cos.

En un sistema pistón - biela - manivela constituido por dos o más arreglos se puede encontrar que las fuerzas de inercia se neutralizan o no. Esto depende exclusivamente de la disposición de los codos del cigueñal.

Esta parte del programa analiza las fuerzas primaria y secundaria, así como los pares correspondientes que se generan en un sistema multicilindrico. Propone la solución mediante un par de engranes que, girando a la misma velocidad angular que el sistema, para el caso de fuerza primaria no neutralizada y al doble de ésta para el caso de fuerza secundaria no neutralizada. Este par de engranes se colocan come a continuación se muestra:



Fig. 3.1

Las masas localizadas en los puntos mostrados provocan fue<u>r</u> zas que contrarrestan ya sea a las fuerzas primarias o a las secundarias. Estas fuerzas provocadas tienen cada una dos componentes, una componente horizontal y otra vertical. Las horizontales se neutralizan para cualquier posición del si<u>s</u> tema, quedando solamente las fuerzas verticales que varian harmonicamente en el mismo periodo de la fuerza a contrarre<u>s</u> tar.

3.2.1 IDENTIFICACION DE PARAMETROS Y VARIABLES

AI

PARAMETRO VARIABLE IDENTIFICACION UNIDADES NC número de cilindros que ----- constituyen el sistema. #ingulos de los codos del "

			mts	
•	IBAL 1	masa necesaria para el -	Kgs _q -s	•g ²
	FS	fuerza secundaria.	Kgs	-
	FP	fuerza primaria.	Kgs	
	n han en an	de los demás.		
		primer cilindro a cada uno		
		distancias del centro del	mts	
	•	primer codo.		
		cigueñal medidos desde el		

- 59 -

	radio de giro de la masa	mts
	de balanceo colocada en -	
	los engranes.	•
AN	aceleración normal de las	mts
	masas colocadas en los e <u>n</u>	seg
	granes.	

3.2.2 IDENTIFICACION DE DATOS DE ENTRADA

Se deberán proporcionar los siguientes datos de entrada al sistema:

NC, ØI, AI, REN

REN

3.2.3 PLANTEAMIENTO DE ECUACIONES

xI = COS @I YI = SEN @I $SX = X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_N$ $SY = Y_1 + Y_2 + Y_3 + \dots + Y_N$ $SX - SY = (X_1^2 - Y_1^2) + (X_2^2 - Y_2^2) + (X_3^2 - Y_3^2) + \dots + (X_N^2 - Y_N^2)$ $XY = X_1Y_1 + X_2Y_2 + X_3Y_3 + \dots + X_NY_N$ $AX = A_1X_1 + A_2X_2 + A_3X_3 + \dots + A_NX_N$

$$AY = A_1Y_1 + A_2Y_2 + A_3Y_3 + \dots + A_NY_N$$

$$AXY = A_1X_1Y_1 + A_2X_2Y_2 + A_3X_3Y_3 + \dots + A_NX_NY_N$$

$$FP = MO R w^2 (COS @ SX - SEN @ SY)$$

$$FS = MO \frac{R^2}{L} w^2 (COS 2 @ (SX-SY) - 2 SEN 2 @ XY)$$

$$ASX-SY = A_1(X_1^2 - Y_1^2) + A_2(X_2^2 - Y_2^2) + A_3(X_3^2 - Y_3^2) + \dots + A_N(X_N^2 - Y_N^2)$$

$$CP = MO R w^2 (COS @ AX - SEN @ AY)$$

$$CS = MO \frac{R^2}{L} w^2 (COS 2 @ (ASX-SY) - 2 SEN @ AXY)$$

CAPITULO IV PROGRAMA "BALANCE".

4.1.1 DESCRIPCION DEL LENGUAJE "APL".

"APL" (A Programming Language) es un lenguaje de computación de aplicación técnica cuyas características más importantes son su representación matemática y la forma en que trabaja los arreglos y bases de datos.

El APL utilizado en la programación corre bajo un sistema operativo VM 370 (máquina virtual) que maneja el concepto de tiempo compartido, lo que representa que aunque uno tenga aparentemente uso continuo del procesador central, éste puede atender las necesidades de múltiples usuarios "a la vez", l<u>o</u> grando esto minimizar costos ya que el tiempo real de utilización del computador central se divdide entre los usuarios.

El APL esta diseñado tanto para programación como para consu<u>l</u> ta a través de terminales de teleproceso. Los programas aqui propuestos fueron diseñados mediante una terminal de video -(pantalla) e impresos en una terminal remota de escritura con esfera.

-62-
















17

1. S. 7. 1.



4.1.3 ALGORITHO

VBALANCE[[]]V V BALANCE f1] *** BALANCEO OPTIMO DE MAQUIRAS RECIPROCARTES *** [2] 'EL SISTEMA A BALARCEAR ES UNO CON PISTORES' [3] 'SN LINBA O BN +V+ ? (RRSP= LINBA/SN V)' F43 RESPUESTA+M [5] +(RESPUESTA[1]+*L*)/ETIQ1 [6] BALANCE1 [7] +0 ·[]] ETIQ1: PROPORCIONAR LOS SIGUIENTES DATOS: [9] "NUMERO DE REVOLUCIONES (SIN UNIDADES)" "NOTA: EL PROGRAMA DETERMINA LA MASA OP-" [10] [11] 'TIMA DE BALANCEO INDEPENDIENTRMENTE DEL' [12] **'VALOR DE LA VELOCIDAD ANGULAR. LA CUAL SE'** 'REQUIERE SOLAMENTE PARA OBTENEE UN VALOR' [13] "REAL DE DESBALANCEO EN DICHA VELOCIDAD." [14] [15] **#+**[] [16] "RADIO DE GIRO DE LA NARIVELA (EN METROS)" [17] **R+**[] [10] PESO DE LA MARIVELA (EN KG.) [19] PM+[] [20] *PESO DE LA BIELA (RN KG.)* [21] PB+I [22] *PESO DEL PISTON (RN KG.)* [23] PP+1 "LONGITUD BRIRE EL CEPTRO DE GRAVEDAD DE" [24] *LA MANIVELA Y SU CRNTRO DE GIRO* [25] [26] LM+[] *LONGITUD ENTRE BL CENTRO DE GRAVEDAD* [27] [28] "DE LA BIELA Y EL CENTRO DEL CODO" [29] "DE LA MARIVELA (EN METROS):" [30] LA+T [31] "LONGITUD RYTRE EL CENTRO DE GRAVEDAD DE" LA BIBLA Y EL CENTRO DEL PERRO DEL ' [32] [33] *PISTON (SR METROS):* [34] L3+[] 1351 "RADIO DE GIRO DE LA MASA DE BALAFCEO (EN NETPOS)" [36] RMBAL+ "LONGITUD TOTAL (ENTRE CENTROS) DE LA" [37] [30] * HIRLA (EN METROS):* [39] 641 [40] 0+1.01 [41] MM+PN+C [42] MR+PR+7 [43] MP+PP+0 [44] *EL VALOR DE LA MASA DE LA MANIVELA ES:* [45] MM [46] *SU VALOR DE LA MASA DE LA DIELA ES:*

્ય

-71-

1

1

[47] MB [48] 'EL VALOR DE LA MASA DEL PISTON ES: [49] MP [50] $MR + (MM \times LM + R) + (MS \times LB + L)$ [51] MO + (MB = LA + L) + MP[52] ME+MM=((R-LM)+R) [53] OMEGA+O(N+30) [54] FROT+MR=(OMEGA+2)=R 'EL VALOR DE LA MASA ROTATORIA (MR) ES:" f 55 1 [56] MR [57] 'EL VALOR DE LA MASA OSCILATORIA (MO) ES:" [58] MO [59] 'EL VALOR DE LA MASA PIJA (MP) ES: [60] MF [61] 'EL VALOR DE LA VELOCIDAD ANGULAR (OMEGA) ES: [62] OMEGA [63] "EL VALOR DE LA FUERZA ROTATIVA (FROT) ES: [64] FROT [65] PROPORCIONE EL VALOR DE LOS INCREMENTOS. 1661 'A LA MASA DE BALANCEO (EN U.T.M.)' 1.673 170+1 [60] SW+0 [63] G0712+0 1703 MAT+ 37 3 p0 [71] SUM1+0 [72] TETA+ 5 [73] LABEL3:+(100<TETA+TETA+5)/LABEL4 [74] FI + MO = (ONEGA + 2) = R = (200TETA + 180)[75] FII+(MO+L)=(OMEGA+2)=(R+2)=(200(2=TETA)+180) [76] **PSUNIII+PI+PII** [77] FRESVEC+((((FROT=(2007ETA+180))+FSUMIII)+2)+((FROT= (1007ETA+100))+2))+0.5 [70] +(0.00001<\FRESVEC)/SALTOA [71] FRESVEC+0 [00] SALTOA: BETA1+"30((PROT=(100TETA+180))+((PROT=(200 TETA+100))+(FSUNIII))) [01] +(0.00001<|BETA1)/SALTOR [02] BETA1+0 [83] SALTOP: BETA2+BETA1=180+01 [04] +(37<CONT+CONT+1)/LABEL4 [85] PRESVEC1+PRESVEC+2 [86] SUM1+SUM1+PRESVEC1 [07] COMPAR+(SUN1+37)+0.5 [. .] MATEGOVT1]+ "STALFRESVEG.BETA2 [89] +648563 [90] LABELN: LOS LORES DE LAS FORMEAS MESULTANTES!

-72-

[91] VECTORIALES Y SUS ANGULOS (PARA 180 GRADOS) SON: " [92] MAT [93] OTRO:+(SW=0)/PRIM COMPAR+MEDIA [94] [95] MBAL+MBAL+INC [96] OPTIMA+MBAL-INC [97] +(MBAL>MR+M0)/0 [98] +LOOP [99] PRIM: SW+1 [100] MBAL+MR [101] LOOP: FBAL+MBAL= (OMEGA+2)=RMBAL [102] SUM1+0 [103] CONT+0 [104] TETA+ 5 [105] LABEL1:+(180<TETA+TETA+5)/LABEL2 [106] FI+M0=(OMEGA+2)=R=(200TETA+180) [107] FII+(MO+L)=(OMEGA+2)=(R+2)=(200(2=TETA)+180) [100] PSUMIII+FI+FII [109] PRESVEC+(((((PROT-FBAL)=(200TETA+100))+PSUMIII)+2) +(((FROT-FBAL)=(100TETA+180))+2))+0.5 [110] +(0.00001< | FRESVEC) / SALTOC [111] PRESVEC+0 [112] SALTOC: FRESVEC1+(FRESVEC+2) [113] BETA1+ 30(((FROT-FBAL)=(100TETA+180))+(((FROT-FBAL)=(200TETA+180))+(FSUMIII))) [114] +(0.00001<|BETA1)/SALTOD BETA1+0 [115] [116] SALTOD: BETA 2+BETA1=180+01 [117] +(37<CONT+CONT+1)/LABEL2 [118] SUM1+SUM1+FRESVEC1 [119] NAT[CONT_]+TETA_PRESVEC_BETA2 [120] +LABEL1 [121] LABEL2: LOS VALORES DE LAS FUERZAS RESULTANTES. VECTORIALES Y SUS ANGULOS (PARA 180 * [122] "GRADOS) SON1" [123] 11241 MAT [125] MEDIA+(SUM1+37)+0.5 [126] "EL VALOR DE LA MEDIA CUADPATICA DE LAS PUERZAS" [127] *EN MEDIO CIGLO ES:* [12]] WEDTA f129] +(HEDIASCOMPAR)/OTRO [130] "LA MASA DE BALANCEO OPTIMA PAPA EL RADIO DE" [131] *GIRO SELECCIONADO ES 1* [132] OPTIMA [133] CILINDROS [134] +0

-73-

VCILINDROS[[]]V V CILINDROS [1] "PROPORCIONE EL NUMEPO DE CILINDROS" ſ21 'QUE COMPRENDE EL SISTEMA: [3] NC+I [4] +(NC=1)/CONTINUA [5] 'EL BALANCEO OPTIMO PARA EL SISTEMA' [6] 'DADO ES EL CALCULADO ANTERIORMENTE' [7] +STIQX [8] CONTINUA: PHI+, NCp0 [9] AI+ NCOO [10] PROPORCIONE LA DISPOSICION DE LOS CODOS DEL! [11] CIGUENAL (EN GRADOS, DEJANDO UN ESPACIO ENTRE! [12] 'CIFRAS), CONSIDERANDO CERO GRADOS PARA EL PRI-' [13] MER CODO. "A PARTIR DEL SEGUNDO INCLUSIVE, LA POSICION" f14] [15] "SE TOMARA A PARTIR DEL PRIMER CODO." [16] PHI+[] [17] PROPORCIONE LAS DISTANCIAS ENTRE EL CENTRO DEL' [10] PRIMER CILINDRO (EN METROS_DEJANDO UN ESPACIO' [19] "ENTRE CIFRAS) Y LOS CENTROS DE LOS RESTANTES" [20] AI+D [21] PROPORCIONE LA LONGITUD TOTAL DEL CIGUENAL. [22] 'ENTRE APOYOS (EN METROS): [23] LCIG+[] [24] *PROPORCIONE EL RADIO DE GIRO (PN METROS)* "DE LOS ENGRANES DE BALANCRO: [25] [26] REN+P [27] XI+200(PHI+180) [28] YI+100(PHI+180) [29] SX++/XI [30] +(0,00001<|SX)/SALTO1 [31] SI+0 [32] SALTO1:5Y++/YI +(0.00001<|SY)/SALT02 [33] [34] 57+0 [35] SALTO2: WW+(XI+2)-(YI+2) [36] - SXSY++/ HN 1371 +(0.00001</5x57)/SALTO3 [38] SXSY+0 [39] SALTO3: ASXSY++/(WW=A]) [40] +(0.00001</ASXSY)/SAUTON [41] ASXSY+0 [42] SALTON:XY1+XT=YT [43] XY++/XY1 [44] +(0.00001<(XY)/SALTO5 [45] X7+0 [46] SALTOSIAXY++/(XY1=AT)

1

1. 19 14

[47] +(0.00001<|AXY)/SALTO6 [48] AXY+0 [49] SALTO6: AX++/(AI=XI) +(0.00001<|AX)/SALT07 [50] [51] AX+0[52] SALTO7: AY++/(AI=YI) +(0.00001<|AY)/SALTOB [53] [54] AY+0 [55] SALTO8: MATRIZ+ 36 5 00 [56] TETA+ 10 [57] CONT+0 MAT0+ 36 1 p0.(135)=10 [58] [59] NAT1+ 36 1 00 [60] +(A/SX=SY=0)/LABELA [61] LABELB:+(350<TETA+TETA+10)/LABELC [62] FP+(NO=R=(OMEGA+2))=(((200TETA+180)=SX)-((100TETA+ 180)=SY)) [63] +(0.00001<|PP)/SALT09 [64] PP+0 [65] SALTO9:+(36<CONT+CONT+1)/LABELC 1661 MATICCONT:]+FP [67] +LABELB [60] LABELA: MAT1+ 36 1 p0 [69] LABELC:+(A/SXSY=XY=0)/LABELD TETA+ 10 [70] [71] CONT+0 MAT2+ 36 1 00 [72] [73] LABELE:+(350<TETA+TETA+10)/LABELE [74] FS+((MO+L)=(R+2)=(OMEGA+2))=((SXSY=(200(2=TETA+100)))-((2=XY)=(100(2=TETA+180)))) [75] +(0.00001<|FS)/SALTO10 [76] **FS+0** [77] SALTO10:+(36<CONT+CONT+1)/LABELE [78] MAT2[CONT:]+F5 [79] +LABELE [80] LABELD: MAT2+ 36 1 00 [81] LABELF:+(A/AX=AY=0)/LABELG [02] TETA+ 10 [83] CONT+0 1841 MAT3+ 36 1 00 [05] LARELH:+(350<TETA+TETA+10)/LABELT CP+(MORR*(OMEGA+2))*((AX*(2007ETA+180))+(AY*(100 [06] TETA+180))) +(0,00001<|CP)/SALT011 1 87 1 f 00 1 CP+0 [89] SALTO: 11+(36<CONT+CONT+1)/LAPELT

[90] MAT3[CONT;]+CP [91] +LABELI! [92] LABELG: MAT3+ 36 1 00 [93] LABELI: +(A/ASXSY=AXY=0)/LABELJ 1947 TETA+ 10 [95] CONT+0 [96] MAT4+ 36 1 00 [97] LABELK: +(350< FETA+TETA+10)/LABELL CS+((MO+L)×(R+2)×(OMEGA+2))×((ASXSY×(200(2=TETA+180 [98])))-(2=AXY=(100(2=TETA+180)))) [97] +(0.00001<|SS)/SALT012 [100] CS+0 [101] SALTO12:+(36<CONT+CONT+1)/LABELL [102] MATHECONT:]+CS [103] +LABELK [104] LABELJ: MATH+ 36 1 00 [105] LABELL:MATRIZ+MATO, MAT1, MAT2, MAT3, MAT4 [106] *LOS VALORES CONSECUTIVAMENTE PARA* [107] '360 GRADOS DE LAS EVERZAS PRI-[108] "MARIAS Y SECUNDARIAS Y DE LOS" *MOMENTOS PRIMARIOS Y SECUNDA-* [109] [110] "RIOS SON:" MATRIZ [111] [112] VECTOR+SX.SY.SXSY.XY.AX.AY.ASXSY.AXY [113]+(A/VECTOR=0)/LABELN [114] FP0+((MO=R=(OMEGA+2)=SX)+2)+0.5 [115] PSO+(((MO+L)=(R+2)=(OMEGA+2)=SXSY)+2)+0.5[116] CPO+((MO*R*(OMEGA*2)*AX)*2)*O.5[117]CS0+(((MO+L)=(R+2)=(OMEGA+2)=ASXSY)+2)+0.5 [110] FP1+FP0+2 [119] FS1+FS012 [120] CP1+CP0+LCIG [121] CS1+CS0+LCIG [122] MAX+ 1 4 00 [123] MAX+EP1_FS1_CP1_CS1 [124] MAXIMO+[/MAX [125] +{(!"AXIMO="AX))/LM1_LV2,LO3,LP4 [126] [M1: "BALEP+(PD0)+(2=(OMEGA+2)=REN) [127] "LA MASA DE BALANCEO QUE DEBERA COLOCARSE" [128] *FN BL RADIO SELECCIONADO PARA BALANCEAR* [129] "LAS FUERZAS PRIMARIAS ESI" [130] MBALEP [131] SALTOISI TOTA: USAR UMA VELOCIDAD AMOULAR DE-[132] *ENGPARED IGUAL & DA DEL SISTEMA, ES DE-* [133] SIR. UNA RESACION DE 111." [134] +52228 [135] LN2: MBALES+(ESO) + (8×(OMEGA+2) × PEN) [136] 15A MASA DE 3. ANCED QUE DEBEPA COLOCARCE!

-76-

[137] "RN SU RADIO SELECCIOMADO PARA BALANCEAR" [138] *LAS EUSPEAS SECUNDARIAS ES:* [139] MBALES [140] SAUTO14: "NOTA: USAR UNA VELOCIDAD AMOULAN DT" *ENGRARES IGUAL AL DOBLE DE LA DEL SEC-* F1417 [142] "TEMA, ES DECIP, UNA PELACIOS DE 2:1." [143] +ETTOX [144] LO3:MBALCP+(CP0)+(2=(OMEGA+2)=(PP7+2)) [145] "LA MASA DE BALANCEO QUE DEBERA COLOGANSE" "EN EL RADIO SELECCIORADO PARA BALANCEAR". [146] [147] 'LOS MOMENTOS PRIMARIOS ES: " [148] MRALCP +SALT013 [149] [150] GP4: MBALCS+(CS0)+(8=(OMRGA+2)=(RRN+2)) [151] "LA MASA DE BALANCEO QUE DEBERA COLOCARSE" "EN EL RADIO SELECCIONADO PARA BALANCEAR" [152] f 1531 "LOS MOMENTOS SECUNDARIOS ES:" [154] MBALCS [155] +SALTO14 [156] LABELN: "TL SISTEMA ESTA TOTALMENTE DA-" [157] *LANCRADO Y SOLAMENTE SE DEBERAR APLI-*" [158] "CAR LAS MASAS CORRESPONDIENTES AL NA-" [159] "LANCED POR CILITARO." [160] ETIQX: DESBA CORRER EL PROGRAMA PARA! [161] *OTRO SISTEMA ? (SI/90)* **[162]** NURVO [163] +(TUENO[1]=*#*)/0 BALANCE T164] +2 [165] [166] +0

-77-

4.1.4. EJEMPLOS, GRAFICAS OBTENIDAS Y PROPUESTAS DE BALANCEO

A continuación se dá una breve descripción de los sistemas utilizados para demostrar el funcionamiento del programa de optimización del balanceo.

Sistema No. 1.- Motor de 4 cilindros en linea, con un despl<u>a</u> zamiento de 1600 cm³. Debido a que este tipo de motor funci<u>o</u> na a muy alta velocidad angular se escogió una de 4500 rpm, con el objeto solamente de conocer los valores reales a una velocidad determinada, siendo ésta también un valor aproxim<u>a</u> do de funcionamiento. Su aplicación más usual es en automóviles pequeños del tipo europeo.

Sistema No. 2.- Motor de 2 cilindres en linea, con un despl<u>a</u> zamiento de 750 cm³. Se seleccioné una velocidad de 6000 rpm ya que su aplicación más usual es en motocicletas deportivas que deparrollan una velocidad muy alta.

Sistema No. 3.- Hotor de 6 cilindros en linea, con un despl<u>a</u> zamiento de 4735 cm³. Siendo un motor de velocidad media, se evalua a una velocidad de 2800 rpm. Este tipo de motor es de los más usuales en automóviles americanos de tamaño mediano.

-77a-

4.1.4 EJEMPLOS, GRAFICAS OBTENIDAS Y PROPUESTAS DE BALANCEO ** BALANCEO OPTIMO DE NAQUINAS RECIPROCANTES ** EL SISTEMA A BALANCEAR ES UNO CON PISTONES EN LINEA O EN +V+ ? (RESP= LINEA/EN V) LINEA PROPORCIONAR LOS SIGUIENTES DATOS: NUMERO DE REVOLUCIONES (SIN UNIDADES) NOTA: EL PROGRAMA DETERMINA LA NASA OP-TINA DE BALANCEO INDEPENDIENTEMENTE DEL VALOR DE LA VELOCIDAD ANGULAR, LA CUAL SE REQUIERE SOLANERTE PARA ORTERER UN VALOR REAL DE DESBALANCEO EN DICHA VELOCIDAD. n: 4500 RADIO DE GIRO DE LA MANIVELA (EN METROS) 0: .0508 PESO DE LA MARIVELA (ER KG.) 11 1.560 PESO DE LA DIELA (EN KG.) 0: . 9355 PESO DEL PISTON (EN KG.) 01 . 4742 LORGITUD ENTRE EL CENTRO DE GRAVEDAD DR LA NABIVELA Y SU CENTRO DE GIRO 0: .035 LONGITUD ENTRE EL CENTRO DE GRAVEDAD DE LA BIELA Y EL CERTRO DEL CODO DE LA NABIVELA (EN NETROS): LONGITUD ENTRE EL CENTRO DE GRAVEDAD DE LA BIELA Y EL CERTRO DEL PERRO DEL PISTOR (BN NETROS): 01 .15164 RADIO DE GIRO DE LA MASA DE BALANCEO (EN METROS) 01 . 0500 LONGITUD TOTAL (ENTRE CENTROS) DE LA BIRLA (EN METROS): P₁

EL VALOR DE LA MASA DE LA MANIVELA ES: 0.15984 EL VALOR DE LA MASA DE LA BIELA ES: 0.095362 EL VALOR DE LA MASA DEL PISTON ES: 0.048338 EL VALOR DE LA MASA ROTATORIA (MR) ES: 0.18243 EL VALOR DE LA MASA OSCILATORIA (MO) ES: 0.071397 BL VALOR DE LA NASA FIJA (MF) ES: 0.049713 EL VALOR DE LA VELOCIDAD ANGULAR (OMEGA) ES; 471.24 EL VALOR DE LA FURRZA ROTATIVA (PROT) ES: 2058 PROPORCIONE EL VALOR DE LOS INCREMENTOS A LA MASA DE BALANCEO (EN U.T.M.) 11: .015

-79-

LOS VALORES	DE LAS	FUERZAS RESULTAN	TES
VECTORIALES	Y SUS A	NGULOS (PAPA 180	GRADOS) SON:
··· · · · · · · · · · · · · · · · · ·	3068	0	
5	3059.2	3.3612	
10	3033.2	6.766	
15	2990.8	10.259	
20	2933.1	13.885	
25	2862	17.692	
30	2779.5	21.728	
35	2688.5	26.043	
40	2592	30.688	
45	2493.4	35.705	
50	2396.5	41.134	
55	2305.3	46,993	
60	2223.4	53.28	
65	2154,6	59,959	
70	2101.5	66.956	
75	2066.3	74.162	
	2049,5	81,442	
85	2050.7	88.656	
90	2068.1	84,323	
95	2099.2	77,592	
100	2140.8	71,212	
105	2189.7	65,206	
110	2242.8	59,568	
115	2297.5	54,272	
120	2351,5	-49,281	
125	2402.9	44,552	
130	2450.5	-40,041	
135	2493.4	35,705	
140	2531.1	31,508	
145 - 145 - C C.	2563.5	27.417	a da antiga da antig
150	2590.6	23,403	
155	2612.6		
160	2629.9	15,524	
165	2642.9	11.627	
170	2651.8	7.7447	
175	2657.1	3,8706	
180	2658.8	0	

°-80

77ADOS) SON: 0 0 1010 0 5 1003.8 0 10 985.43 0 15 955.15 0 20 913.57 0 25 861.46 0 30 799.81 0 35 729.74 0 40 652.52 0 45 569.52 0 55 392 0 60 300.42 0 65 208.89 0 70 118.76 0 75 31.27 0 90 204.58 0 45 31.27 0 90 204.58 0 100 332.1 0 110 432.13 0 120 505 0 1215 531.94 0 133 569.52 0 140 581.47 0 135 598.46 0 160 600.85 0 <th>VECTORIAI</th> <th>LES Y SUS</th> <th>ANGULOS</th> <th>(PARA 180</th>	VECTORIAI	LES Y SUS	ANGULOS	(PARA 180
0 1010 0 5 1003.8 0 10 985.43 0 15 955.15 0 20 113.57 0 25 861.46 0 30 799.81 0 35 729.74 0 40 652.52 0 50 482.19 0 55 392 0 60 300.42 0 65 208.89 0 70 118.76 0 75 31.29 0 60 52.38 0 65 131.27 0 90 204.58 0 95 271.67 0 100 332.1 0 105 385.63 0 110 432.19 0 125 531.34 0 125 531.34 0 130 553.24 0 130 553.24 0 130 553.24 0 135 569.52 0 140 S81.47 0 145 587.8 0 150 595.23 0 155 598.46 0 160 600.14 0 160 600.95 0 175 600.97 0 180 600.95 0 175 600.97 0 180 600.95 0 175 600.98 0 175 600.98 0 175 600.98 0 175 600.98 0 180 600.05 0 175 600.98 0 175 600.98 0 175 600.98 0 175 600.95 0 175	GRADOS) S	son:		
5 1003.8 0 10 985.43 0 15 955.15 0 20 113.57 0 25 861.46 0 30 799.81 0 35 729.74 0 40 652.52 0 45 569.52 0 50 482.19 0 60 300.42 0 65 208.89 0 70 118.76 0 75 31.27 0 90 204.58 0 95 271.67 0 100 32.1 0 105 385.63 0 110 432.19 0 120 505 0 120 55 14.0 130 553.24 0 140 81.47 0 130 553.23 0 155 598.46 0 160 600.44 0 165 600.85 <	0	1010	n	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
10 985.43 0 15 955.15 0 20 913.57 0 25 861.46 0 30 799.81 0 35 729.74 0 40 652.52 0 45 569.52 0 50 482.19 0 55 392 0 60 300.42 0 66 208.89 0 70 118.76 0 70 118.76 0 70 52.38 0 85 131.27 0 90 204.58 0 95 271.67 0 100 332.1 0 105 385.63 0 110 432.13 0 105 385.63 0 110 432.17 0 125 531.94 0 135 569.52 0 140 581.47 0 135 569.52 0 140 595.23 0 155 596.46 0 160 60.14 0 165 600.81 0 170 670.95 0 175 600.89 0 180 600.85 0 180 600.85 0 180 600.85 0 180 600.85 0 180 600.85 0 180 600.85 0	5	1003.8	Ó	
15 955.15 0 20 913.57 0 25 861.46 0 30 799.81 0 35 729.74 0 40 652.52 0 45 569.52 0 50 402.19 0 55 392 0 60 300.42 0 65 208.09 0 70 118.76 0 75 31.27 0 80 52.38 0 90 204.58 0 95 271.67 0 100 32.1 0 105 385.63 0 110 432.13 0 120 505 0 120 505 0 120 505 0 130 553.24 0 130 553.23 0 150 595.23 0 140 501.47 0 160 600.85 0 <td>10</td> <td>985.43</td> <td>0</td> <td></td>	10	985.43	0	
20 913.57 0 25 861.46 0 30 799.81 0 35 729.74 0 40 652.52 0 50 402.19 0 55 392 0 60 300.42 0 65 208.69 0 70 118.76 0 75 31.29 0 80 52.38 0 85 131.27 0 90 204.58 0 100 332.1 0 105 305.63 0 115 471.67 0 125 531.34 0 135 569.52 0 140 581.47 0 135 569.52 0 140 581.47 0 145 593.8 0 150 595.23 0 155 595.46 0 160 600.81 0 175 600.89 0 175 600.89 0 175 600.89 0 180 600.65 0 82 VALOW DE LA MEDIA GUADRATICA DE LAS FURMZAS 53 MADIO CIGLO EG1	15	955.15	ō	(a) A set of the se
25 861,46 0 30 799,81 0 35 729,74 0 40 652,52 0 45 569,52 0 50 482,19 0 55 392 0 60 300,42 0 66 208,89 0 70 118,76 0 75 31,27 0 90 52,38 0 85 131,27 0 90 204,58 0 95 271,67 0 100 332,1 0 105 385,63 0 110 432,19 0 120 505 0 120 505 0 120 505 0 120 505 0 120 505 0 140 581,47 0 135 589,8 0 155 596,46 0 160 600,14 0 165 600,95 0 175 600,97 0 180 600,85 0 75 0	20	913.57	Õ .	
30 799.81 0 35 729.74 0 40 652.52 0 45 569.52 0 50 402.19 0 55 392 0 60 300.42 0 65 208.69 0 70 118.76 0 75 31.27 0 80 52.38 0 85 131.27 0 90 204.58 0 95 271.67 0 105 385.63 0 105 385.63 0 110 432.13 0 120 505 0 120 505 0 1210 531.94 0 135 569.52 0 140 \$91.47 0 135 569.52 0 140 \$91.47 0 155 596.46 0 150 595.23 0 155 596.46	25	861.46	ō	
35 729.74 0 40 652.52 0 45 569.52 0 50 402.19 0 55 392 0 60 300.42 0 65 200.89 0 70 118.76 0 75 31.29 0 80 52.38 0 85 131.27 0 90 204.58 0 95 271.67 0 100 332.1 0 105 385.63 0 110 432.19 0 120 505 0 1210 53.24 0 135 569.52 0 140 581.47 0 135 599.846 0 150 595.23 0 155 598.466 0 160 600.85 0 170 670.95 0 175 600.85 0 180 600.85	30	799.81	0	
40 652.52 0 45 569.52 0 50 482.19 0 55 392 0 60 300.42 0 65 208.89 0 70 118.76 0 75 31.29 0 80 52.38 0 85 131.27 0 90 204.58 0 95 271.67 0 100 332.1 0 105 385.63 0 110 432.13 0 120 505 0 1215 531.34 0 130 553.24 0 130 553.24 0 130 553.23 0 155 598.46 0 160 600.81 0 165 600.81 0 170 670.95 0 175 600.85 0 180 600.85 0 180 600.85	35	729.74	Ö	
45 569.52 0 50 402.19 0 55 392 0 60 300.42 0 65 200.09 0 70 118.76 0 75 31.27 0 80 52.38 0 85 131.27 0 90 204.58 0 95 271.67 0 100 332.1 0 100 332.1 0 115 471.03 0 120 505 0 120 505 0 120 505 0 120 505 0 120 505 0 130 553.24 0 135 569.52 0 140 \$81.47 0 155 \$98.46 0 160 600.81 0 170 630.95 0 175 600.87 0 180 600.85 0 <td>40</td> <td>652,52</td> <td>0</td> <td></td>	40	652,52	0	
50 482.19 0 55 392 0 60 300.42 0 65 208.89 0 70 118.76 0 75 31.27 0 80 52.38 0 85 131.27 0 90 204.58 0 95 271.67 0 100 332.1 0 100 332.1 0 100 332.1 0 105 385.63 0 115 471.83 0 120 505 0 120 505 0 120 505 0 130 553.24 0 130 553.24 0 140 581.47 0 155 596.46 0 160 600.81 0 170 670.95 0 170 670.95 0 170 600.85 0 180 600.85 <td< td=""><td>45</td><td>569.52</td><td>Ō</td><td></td></td<>	45	569.52	Ō	
55 392 0 60 300.42 0 65 208.89 0 70 118.76 0 75 31.27 0 80 52.38 0 85 131.27 0 90 204.58 0 95 271.67 0 100 332.1 0 105 385.63 0 110 432.13 0 120 505 0 120 505 0 125 531.34 0 130 553.24 0 130 553.24 0 140 81.47 0 135 569.52 0 140 81.47 0 150 595.23 0 150 595.23 0 160 600.14 0 165 60.91 0 170 670.95 0 180 600.85 0 180 600.85	50	482.19	0	n an
60 300.42 0 65 208.89 0 70 118.76 0 75 31.27 0 80 52.38 0 85 131.27 0 90 204.58 0 95 271.67 0 100 332.1 0 105 385.63 0 110 432.13 0 115 471.83 0 120 505 0 120 505 0 120 505 0 120 505 0 130 553.24 0 130 553.24 0 135 569.52 0 140 561.47 0 150 595.23 0 150 595.23 0 160 600.14 0 165 600.89 0 165 600.89 0 180 600.89 0 180 600.85	55	392	0	
65 208.89 0 70 118.76 0 75 31.27 0 80 52.38 0 85 131.27 0 90 204.58 0 95 271.67 0 100 332.1 0 105 365.63 0 110 432.13 0 110 432.13 0 120 505 0 120 505 0 120 505 0 120 505 0 130 553.24 0 130 553.24 0 130 553.23 0 140 581.47 0 155 598.46 0 160 600.81 0 165 600.81 0 170 670.95 0 175 600.87 0 180 600.85 0 175 600.85 0 180 600.85	60	300.42	0	
70 118.76 0 75 31.27 0 80 52.38 0 85 131.27 0 90 204.58 0 95 271.67 0 90 332.1 0 100 332.1 0 105 365.63 0 110 432.13 0 120 505 0 120 505 0 120 505 0 130 553.24 0 130 553.24 0 135 569.52 0 140 581.47 0 135 569.52 0 140 581.47 0 155 596.46 0 160 600.14 0 165 600.14 0 165 600.85 0 175 600.85 0 180 600.85 0 180 600.85 0 180 600.85	65	208.89	0	
75 31.27 0 80 52.38 0 95 131.27 0 90 204.58 0 95 271.67 0 100 332.1 0 105 365.63 0 110 432.13 0 120 505 0 120 505 0 120 505 0 130 553.24 0 130 553.24 0 135 569.52 0 140 \$\$1.47 0 145 \$\$9.8 0 150 \$\$5.23 0 155 \$\$6.46 0 160 \$\$0.14 0 165 \$\$00.14 0 165 \$\$00.81 0 170 \$\$0.95 0 175 \$\$00.87 0 180 \$\$00.85 0 \$\$\$2 \$\$0 \$\$75 180 \$\$00.85 0 180 \$\$00.8	70	118,76	0	
80 52.38 0 95 131.27 0 90 204.58 0 95 271.67 0 100 332.1 0 100 332.1 0 105 305.63 0 110 432.13 0 120 505 0 120 505 0 125 531.34 0 130 553.24 0 135 569.52 0 140 \$\$1.47 0 145 \$\$9.8 0 150 \$\$5.23 0 155 \$\$6.46 0 160 \$\$0.14 0 165 \$\$00.14 0 165 \$\$00.81 0 170 \$\$0.95 0 175 \$\$00.87 0 180 \$\$00.85 0 \$\$2 \$\$0.87 0 180 \$\$00.85 0 \$\$2 \$\$2.4 \$\$2.5 \$\$3.5 <t< td=""><td>75</td><td>31.27</td><td>0</td><td></td></t<>	75	31.27	0	
85 131.27 0 90 204.58 0 95 271.67 0 100 332.1 0 105 385.63 0 110 432.13 0 115 471.83 0 120 505 0 125 531.34 0 130 553.24 0 135 569.52 0 140 581.47 0 135 569.52 0 145 589.8 0 150 595.23 0 155 596.46 0 160 600.14 0 165 600.81 0 170 630.95 0 175 600.81 0 180 600.85 0 180 600.85 0 180 600.85 0 180 600.85 0 180 600.85	80	52.38	0	
90 204.58 9 95 271.67 0 100 332.1 0 105 385.63 0 110 432.19 0 115 471.89 0 120 505 0 125 531.34 0 130 553.24 0 135 569.52 0 140 581.47 0 135 569.52 0 140 581.47 0 150 595.23 0 150 595.23 0 155 596.46 0 160 600.14 0 165 600.81 0 170 630.95 0 175 600.87 0 180 600.85 0 180 600.85 0 180 600.85 0 180 600.85 0 180 600.85 0 180 600.85 0 180	85	131.27	0	
95 271.67 0 100 332.1 0 105 385.63 0 110 432.13 0 115 471.83 0 120 505 0 125 531.34 0 130 553.24 0 135 569.52 0 140 581.47 0 135 569.52 0 140 581.47 0 150 595.23 0 155 598.46 0 160 600.14 0 165 600.14 0 166 600.14 0 175 600.81 0 170 630.95 0 175 600.85 0 180 600.85 0 180 600.85 0 181 MEDIO CICLO EG1	90	204.58	0	
100 332.1 0 105 385.63 0 110 432.13 0 115 471.83 0 120 505 0 125 531.34 0 130 553.24 0 135 569.52 0 140 581.47 0 145 589.8 0 150 595.23 0 155 598.46 0 160 600.81 0 170 630.95 0 175 600.81 0 175 600.85 0 8L VALOP DE LA MEDIA GUADPATICA DE LAS FUFTZAS 5N MSDIO GIGLO ES1	95	271.67	0	
105 385.63 0 110 432.13 0 115 471.83 0 120 505 0 120 505 0 120 505 0 120 505 0 120 505 0 130 553.24 0 135 569.52 0 140 581.47 0 145 589.8 0 150 595.23 0 155 598.46 0 160 600.14 0 160 600.81 0 170 630.95 0 175 600.81 0 180 600.85 0 180 600.85 0 180 600.85 0 180 600.85 0 180 600.85 0 180 600.85 0 180 600.81 0 180 600.85 0 180 600.81 <td>100</td> <td>332.1</td> <td>0</td> <td></td>	100	332.1	0	
110 432.13 0 115 471.03 0 120 505 0 125 531.34 0 130 553.24 0 135 569.52 0 140 501.47 0 145 503.8 0 150 595.23 0 155 598.46 0 160 600.14 0 165 600.01 0 175 600.19 0 180 600.05 0 FL VALOP DE LA MEDIA GUADPATICA DE LAS FUFTZAS SN MSDIO GIGLO ES1	105	385,63	0	
115 471.03 0 120 505 0 125 531.94 0 130 553.24 0 135 569.52 0 140 501.47 0 145 509.8 0 150 595.23 0 155 598.46 0 160 600.14 0 165 600.01 0 175 600.95 0 175 600.97 0 180 600.05 0 EL VALOP DE LA MEDIA GUADPATICA DE LAS FUFTZAS SN MSDIO GIGLO ES1	110	432.13	0	
120 505 0 125 531.34 0 130 553.24 0 135 569.52 0 140 581.47 0 145 589.8 0 150 595.23 0 155 598.46 0 160 600.14 0 165 600.81 0 170 600.95 0 175 600.97 0 180 600.85 0 FL VALOP DE LA MEDIA CUADPATICA DE LAS FUPPZAS SN MEDIO CICLO ES1	115	471.83	0	
125 531.34 0 130 553.24 0 135 569.52 0 140 581.47 0 145 589.8 0 150 595.23 0 155 598.46 0 160 600.14 0 165 600.81 0 170 600.95 0 175 600.97 0 180 600.85 0 FL VALOP DE LA MEDIA CUADPATICA DE LAS FUPPZAS SN MEDIO CICLO ES1	120	505	0	
130 553.24 0 135 569.52 0 140 581.47 0 145 589.8 0 150 595.23 0 155 598.46 0 160 600.14 0 165 600.81 0 170 600.95 0 175 600.89 0 180 600.85 0 FL VALOP DE LA MEDIA CUADPATICA DE LAS FUPPZAS SN MEDIO CICLO ES1	125	531,94	0	
135 569.52 0 140 581.47 0 145 589.8 0 150 595.23 0 155 598.46 0 160 600.14 0 165 600.81 0 170 600.95 0 175 600.89 0 180 600.85 0 FL VALOP DE LA MEDIA CUADPATICA DE LAS FUPPZAS SN MEDIO CICLO ES1	130	553.24	0	
140 581.47 0 145 589.8 0 150 595.23 0 155 598.46 0 160 600.14 0 165 600.81 0 170 600.95 0 175 600.89 0 180 600.85 0 FL VALOP DE LA MEDIA CUADPATICA DE LAS FUPPZAS SN MEDIO CICLO ES1	135	\$69,52	0	
145 589.8 0 150 595.23 0 155 598.46 0 160 600.14 0 165 600.81 0 170 600.95 0 175 600.89 0 180 600.85 0 SL VALOP DE LA MEDIA CUADPATICA DE LAS FUPMZAS SN MEDIO CICLO ES1	140	581,47	0	
150 595.23 0 155 598.46 0 160 600.14 0 165 600.81 0 170 600.95 0 175 600.89 0 180 600.85 0 FL VALOP DE LA MEDIA CUADPATICA DE LAS FUPMZAS SN MEDIO CICLO ES1	145	589.8	0	
155 598.46 0 160 600.14 0 165 600.81 0 170 600.95 0 175 600.89 0 180 600.85 0 SL VALOR DE LA MEDIA CUADRATICA DE LAS FURMZAS SN MEDIO CICLO ES1	150	595,23	0	
160 600.14 0 165 600.01 0 170 600.95 0 175 600.97 0 180 600.05 0 SL VALOR DE LA MEDIA CUADRATICA DE LAS FURMZAS SN MEDIO CICLO ES1	155	598,46	0	
165 600.01 0 170 600.95 0 175 600.99 0 180 600.05 0 RL VALOR DE LA MEDIA CUADRATICA DE LAS FURMZAS SN MEDIO CICLO ES1	160	600.14	0	
170 600.95 0 175 600.99 0 180 600.95 0 RL VALOR DE LA MEDIA CUADRATICA DE LAS FURRZAS SN MEDIO CICLO ES1	165	600,81	0	•
175 600.99 0 180 600.95 0 RL VALOR DE LA MEDIA CUADRATICA DE LAS FURRZAS SN MEDIO CICLO ES1	170	670,95	0	
180 600.85 0 RL VALOR DE LA MEDIA CUADRATICA DE LAS FURRZAS SN MEDIO CICLO ES1	175	600,99	0	
- SE VALOP DE LA MEDIA GUADPATICA DE LAS FUPRZAS - SN M3DIO GIGLO EG1	180	600.05	0	
SN MEDIO CICLO EG:	SL VALOR	DE LA MEI	dia guari	PATICA DE LAS EVENZAS
	SN MADIO	CICLO ES	1	

LOS VALORES DE LAS FUERZAS RESULTANTES

LOS VALORES	DE LAS P	UERZAS PESU	LTANTES
VECTORIALES	Y SUS AN	TULOS (PARA	180
GRADOS) SON	2		
0	840.79	· 0	
5	835.39	-1.0116	
10	819.31	2.0553	
15	792.91	3.1663	
20	756.78	-4.386	
25	711.71	5.7669	
30	658.72	7.3796	
35	599.04	9.3243	
40	534.08	11.751	
45	465.51	14.094	
50	395.28	19.143	
55	325.09	25.172	
60	260,87	34,177	
65	205.89	48,147	
70	170,27	69,049	
- 75	163,93	85,625	
80	105,62	63,865	
85	223.02	49.1	
90	265.49	39,595	
95	307,20	33,27	
100	345.55	28,832	
105	378,9	25,555	
110	406,69	23.016	
115	428,74	20,959	
120	445.2	19,210	
125	456.44	17,679	
130	462.99	16,259	
135	485.51	14,894	
140	464.75	13,535	
145	461.51	12.14	
150	456,59	10.679	
155	450,01	9,1275	
160	444.91	7.4744	
165	439,55	5,7183	
170	435.3	3,8706	
175	432.57	1,9538	
100	431.63	0	
	二乙烯 秋天月子春	~~~~~~~~~~~	二四元 乙承偿

LAS PURPAS EN MEDIO CICLO ESI 493.23

LOS VALO	RSS DE LAS EL	UERZAS PRSU	l tant es
VECTORIAL	LES Y SUS AN	GULOS (PARA	180
GRADOS) S	5011:		
0	671.58	0	
5	667.34	2.5333	
10	654.79	5.1493	
15	634,33	7.9371	
20	606.69	10,999	
25	572.88	-14.457	
30	534.23	18.466	
35	492.39	23,218	
40	449.42	28,95	
45	407.81	35,931	
50	370.48	44,409	
55	340.61	54,48	
. 60	321.12	65,883	
65	313.71	77,081	
70	318,03	-89,458	
75	331.71	80,228	
80 -	351.33	71,557	
85	373.51	64,505	
90	395.46	58,847	
95	415.1	54,31	
100	431.04	50,644	
105	442.37	47.644	
110	448,63	45,143	
115	449.7	43,005	
120	445.71	41,116	
125	437.01	39,373	
130	424.16	37,678	
135	407.81	35,931	
140	388.77	34,024	
145	367.94	31,041	
150	346.3	29,251	
155	324.92	26,116	
160	304.74	22.300	
165	207.58	17,733	
170	274.04	12,303	
175	265.39	6.3811	
180	262.42	0	
SL VALOY	DE LA MEDIA	GUADRATICA	DT LAS
CN WEDIO	CICLO ES:		
434,97			

LAS EURAAAS ATIC

LOS VALORES DE LAS FURRZAS RESULTANTES Vectoriales y sus angulos (para 100 grados) son: ń

-			
5	500.08	5.0758	
10	493.44	10.291	
15	483.02	15.784	
20	469.3	21.689	
25	455.12	28.125	
30	440.63	35.173	
35	428.15	42.849	
40	419.5	51.064	
45	416.16	59.604	
50	418.36	68.156	
55	427.83	76.37	أراكيه والمراجع والمرجع والمراجع
60	442.09	R3.989	
65	460.12	89.236	
70	480.17	83.439	
75	500.46	78.462	يحتبه تفعيره الجابية بجابر
80	519.31	74.211	والمعتقد والمعادي محادي المحاد
85	535.3	70.86	
90	547.32	68.051	
95	554.5	65.786	
100	556.28	63.989	
105	552.34	62.593	
110	542.6	61.541	
115	527.16	60.779	
120	506.33	60.257	
125	480.51	59.921	
130	\$50.25	59.738	
135	416.16	59.604	هول بالشيد البري بالبران بالهوا الأبار المراج
140	378.9	59.45	
145	339.10	59.144	
150	297.72	58.691	• =
155	255.3	57.177	
160	212.84	54.661	
165	171.66	49.944	
170	134.07	41.109	
175	104.36	24.931	
180	93.205	0	
EL VALOR	DE LA MEDIA	CUADRATICA	DE LAS EURESAS
SN MEDIO	CICLO ES:		
438.63	·····		
LA MASA	DE BALANCRO	OPTIMA PARA	PL PANTO DE
GIRO SEL	ECCIORADO ES	1	1 17 19 17 1 1 1 12 1
		•	

QUE COMPRENDE EL SISTEMA: **П**: PROPORCIONE LA DISPOSICION DE LOS CODOS DEL CIGUENAL (EN GRADOS, DEJANDO UN ESPACIO ENTRE CIFRAS), CONSIDERANDO CERO GRADOS PARA EL PRI-MER CODO. A PARTIR DEL SEGUNDO INCLUSIVE, LA POSICION SE TOMARA A PARTIR DEL PRIMER'CODO. 0: 0 180 180 0 PROPORCIONE LAS DISTANCIAS ENTRE EL CENTRO DEL PRIMER CILINDRO (EN METROS, DEJANDO UN ESPACIO ENTRE CIFRAS) I LOS CENTROS DE LOS RESTANTES **D**: 0 .19 .38 .57 PROPORCIONE LA LONGITUD TOTAL DEL CIGUENAL ENTRE APOYOS (EN METROS): 0: .81 PROPORCIONE EL RADIO DE GIRO (EN METROS)

DE LOS ENGRANES DE BALANCEO: 11: .1

PROPORCIONE EL NUMERO DE CILINDROS

LOS VALORES CON	SECUTIVAMENTE PARA	
360 GAADOS DE L	AS FUERZAS PRI-	
MANIAS I SECUND	ARIAS Y DE LOS	
RTOS SON.	105 I SECUNDA-	
0 0		039 00
10 0	768 96 0	210 46
20 0	626.86 0	170 KK
30 0	409.16 0	116.61
40.0	142.1 0	40.498
50 0	-142.1 0	40.498
60 0	409.16 0	-116.61
70 0	626.86 0	178.66
80 0	768,96 0	219,15
90 0		233,22
100 0	768.96 0	219,15
110	626.86 0	170,66
120 0	409.16 0	116,61
130 0	147.1 0	40.498
	142.1 0	40,498
	409.18 0	116.61
170 0		178.60
180 0		
190 0		
200 0	626.96 +0	178.66
210 0	409.16 0	116.61
220 0	142.1 0	40.498
230 0	-142.1 0	40.478
240-0	-409.16 0	116.61
250 0	626.86 0	170,66
260 - 260 - Augusta (0. 1	768.96 0	219,15
270 0	010.31 / 0	233,22
280 0	768.96 0	219.15
290 0	626.06 0	178.66
300 0	409.16 0	116,61
310 0	147.1 0	40,490
320 0	147.1 0	40,498
		110,01
LA WASA DE BALA		217,17 1064967
EN EL RADIO ARL	RCCIONADO PARA BAL	
LAS PURREAS SEC	UDDARIAS ESI	
0.0046062		
NOTA: USAR UNA	VELOCIDAD ANGULAN	
ENGRAVES IGUAL	AL DORLE DE LA DEL	515-
TEMA, ES DECIR.		11.
DESEA CORRER EL	1 SOGRAMA PARA	
OTRO SISTEMA 2	() (#0)	and the second second
2 7 P		



ESC: 1 cm. = 400 Kgsf

BALANCE

** BALANCEO OPTIMO DE MAQUINAS RECIPROCANTES ** EL SISTEMA A BALANCEAR ES UNO CON PISTONES EN LINEA O EN +V+ ? (RESP= LINEA/EN V) -LINEA PROPORCIONAR LOS SIGUIENTES DATOS: NUMERO DE REVOLUCIONES (SIN UNIDADES) NOTA: EL PROGRAMA DETERMINA LA MASA OP-TIMA DE BALANCEO INDEPENDIENTEMENTE DEL VALOR DE LA VELOCIDAD ANGULAR. LA CUAL SE REQUIERE SOLAMENTE PARA OBTENER UN VALOR REAL DE DESBALANCEO EN DICHA VELOCIDAD. Π: 6000 RADIO DE GIRO DE LA MANIVELA (EN METROS) **n**: .07891 PESO DE LA MANIVELA (EN KG.) 11: 1.750 PESO DE LA BIELA (EN KG.) 11: 1.2 PESO DEL PISTON (EN KG.) **П**: . 480 LONGITUD ENTRE EL CENTRO DE GRAVEDAD DE LA MANIVELA Y SU CENTRO DE GIRO 11: .045 LONGITUD ENTRE EL CENTRO DE GRAVEDAD DE LA BIELA Y EL CENTRO DEL CODO DE LA MANIVELA (EN METROS): 11 .06 LONGITUD ENTRE EL CENTRO DE GRAVEDAD DE LA BIELA Y EL CENTRO DEL PERNO DEL PISTON (EN METROS): 111 .19 RADIO DE GIRO DE LA MASA DE BALANCEO (EN METROS) .07891 LONGITUD TOTAL (ENTRE CENTROS) DE LA BIELA (EN METROS): Ci

EL VALOR DE LA MASA DE LA MANIVELA ES: 0.17839 EL VALOR DE LA MASA DE LA BIELA ES: 0.12232 EL VALOR DE LA MASA DEL PISTON ES: 0.04893 EL VALOR DE LA MASA ROTATORIA (MR) ES: 0.1947 EL VALOR DE LA MASA OSCILATORIA (MO) ES: 0.078207 3L VALOR DE LA MASA FIJA (MP) ES: 0.076659 EL VALOR DE LA VELOCIDAD ANGULAR (UMEGA) ES: 628.32 EL VALOR DE LA FUERZA ROTATIVA (PROT) ES: 6065.3 PROPORCIONE EL VALOR DE LOS INCREMENTOS A LA MASA DE BALANCEO (EN U.T.M.) **C**:

-89-

LOS VALORES	DP LAS	-FUTRIAS RESULTA	
VECTORIALES	Y SUS 4	ANGULOS (PARA 180	CRADOS) SON:
0	9273.9	, n	
5	3245	3.2779	
10	9159	6.6032	
15	3018.7	10.024	
20	8928.1	13.59	
25	8593.4	17.355	
30	9321.9	21.372	
35	8022.9	25.097	
40	7707	30,388	
45	7386	35,497	
50	7072.8	41.065	
55	6780.7	47.115	
60	6522.7	53.639	
65	6310.5	5 60.586	
70	6153.2	e 67.861	
75	6056.2	2 75.324	
80	6020.4	82.312	
85	6042.2	2 789,94	
90	6113.9	9 52,767	
95	6225.4	76.054	
100	6365.4	69,78	
105	6522.8	63,919	
110	6637.5	5 58,459	
115	6850.9	53,357	
120	7005.6	5 _48.563	
125	7143.5	5 _44.021	
130	7276.5	5 739.682	
135	7386	35,497	the second second second
140	7477.€	5 _31.425	
145	7551.9	9 27,43	
150	7610.2	2 [23,484	
155	7654.5	5 _19.565	
160	7686.8	15,557	
165	7703.2	2 11.749	
* 7 0	7723.7	7 7,8374	
1/5	7731.7	7 - 3,9204	
190	7734.3	3 0	

LOS VALORES DE LAS PUERZAS RESULTANTES Vectoriales y sus argulos (para 100 grados) son:

	v	3200.0	U ·
	5	3187.7	0
	10	3125.2	- 0
	15	3022.4	Ō
	20	2881.5	
	25	2766 2	
	30		 Second states and second states and
	30		
	33	2201.1	
	40	2001.9	
	43	1724.5	0
	50	1434	
	55	1135.6	
	60	834,52	
	65	535,00	 O statistic element officie elements definition
	70	244.44	0
	75	35.444	
		299.87	0
	ÔŚ.	545.54	O
	90	769.8	0
	95	970.66	
	100	1146 0	
	105		
	110		 A second sec second second sec
	110	1979,9	
	170	1604,3	
	175	1667,1	0
	130	1701.3	
	135	1724,5	
	140 -	1734,6	and 🕐 🕐 and a second se
	145	1734,5	
	150	1727.2	0
	155	1715.5	0
	160	1702.1	Ö
	165	1689.1	0
	170	1478.4	Ō
	176	1471.6	ă la construction de la construc
		1444	
		ND IA MORTA	
_		VR VR PSPIA	CURVERTICE DE LAS FUERSAS
		CICTO NO!	
- 1			

000	- TRAVI	TOD DE UND E	JARGRO REDULTANI	53
VEC	TORIAL	LES Y SUS AND	GULOS (PARA 180	
GRA	DOS) S	50N:		
	0	2741.4		
	Š	2722.5	-0 95715	
	10	2666 3		
	46	2000,2		
	20	- 23/3.3 Auna a	2.0332	
	26	2997.0	3.7439	
	23	2290.2	4,9468	
	30	2105.3	6.3717	· . ·
	33	1097.3	8,121	
	40	1671.2	10.354	
	. 43	1432.7	_13,334	
	50	1188,8	_17.525	
	55	948,21	23,000	
	60	724.4	5 _33,96	
	65	542.1	_51.374	
	70	447.1	79,093	
	75	477.6	70.89	
	80	597.4	50.377	
	85	748.6	38.45	
	90	900.5	31.259	
	95	1039.9	26.592	•
	100	1160.0	23,355	
	105	1260.5	20.982	
	110	1338.1	19.157	
	115	1393.9	17.687	
	120	1829.2	16.889	
÷	125	1445.7	16.161	
	130	1	4 3 3 3	
	416	1492 7		and the second second second
	1 4 8	1408		
	6 - C	1979	17.300	
		13/8	11,713	
	134	1343	10.019	
	133	1 307	6.6903	
	100	1273	7,7172	
	103	1743.6	5.5809	
	170	1220,9	3,8107	
	173	1206.6	1,9342	
	100	1201.8	0	
<u>r</u> L	VALOR	DE LA MEDIA	CUADRATICA DE L	AS FUERBAS
	MEDIO	CICLO BS 1		

1.01		IND DI DRD I		י בו כו בי
VSQ	TORIA	LES Y SUS AN	<i>Gulos</i> (para 180)
GRA	1D03) 1	50%:		
	0	2274.1	0	
	5	2258.1	2.0672	
	10	2210.8	-4.2097	
	15	2133.4	6.5101	
	20	2023.6	9,0658	
	25	1899.7	-12	the second second
	30	1751.1	-15.477	
	35	1588.7	19.72	
	40	1419.4	25.039	
	45	1252.2	-31,852	
	50	1098.6	-40.669	
	55	972.37	51.935	and the second secon
	60	888.78	65,595	
	65	858.65		
	70	881.43	85 105	
	75	944.37	72.922	
	80	1029.9	63 337	
	85	1122.5	56 042	
	90	1210.8	50 522	
	95	1287.4	46 316	
	100	1347.8	N3 069	
	105	1389.3	NO 526	
	110	1410.8	30,510	
	115	1412.6	36.437	
	120	1395.7	36 444	
	1 2 5	1361 7		
	130	1917	34,203	
	135	1262 3	33.043	the second s
	1 8 0	1107 6	31.032	
	9 4 6		30,323	
	150	107.3	20,733	
	166	05h 44	20. 903 04 484	
	160		24,734	
	166	007.07 877 94	41,203	
	170	976 AA	11.020	
	176	773.22	12,004	
	1 8 0	799.93	n • 277n	
	VALOR	734447 NE-74 MERTA	U ANDARTAA DP	
でんだが		APALA PR.	CUMPERATION DE	UNG PUERSAU

1375.2

TAC

VALOPES

DE

LOS VALORES DE LAS FUERSAS RESULTANTES VECTORIALES Y SUS AMGULOS (PARA 180 GRADOS) SON:

·	~	100000	v	
	5	1795.3	3,9023	
	10	1761.5	7,9434	
	15	1707.3	12.27	
	20	1636	17.042	
	25	1552.2	22.439	
· .	30	1461.9	20.65	
	35	1372.8	35.852	
	40	1293.5	744,156	
	45	1233	53,509	
	50	1198.8	63,608	
	55	1195.2	73,898	
	60	1221.4	83,72	
	65	1271.8	87.451	
	70	1338,1	79.884	
	75	1411.4	73.61	
	80	1483.6	68,519	
	85	1547.9	64.446	
	90	1599.3	61.228	
	95	1634.1	58.719	
	100	1649.9	56,799	
	105	1645.6	55.373	
	110	1620.0	54.364	
	115	1576.3	53,707	
	120	1513.3	53.346	
	125	1433,5	53.232	
	130	1339,3	53.307	
	135	1233	53,509	
	140	1117.4	53.75	and a start of the st
	145	395,05	53,900	
	150	868,7	53,792	
	155	740.97	53,068	
	160	614,75	. 51.254	
	165	493,82	47.285	
	170	384,68	39,258	
	175	300.06	23,96	
-	100	267.19	0	
<u>7</u> 3.	VALOR	DE LA MEDIA	GUADRATICA DE	GAS EVERZAS
震震	MEDIO	GICLO #51		

LOS VAL	LORES	DE	LAS	FUBRZAS	RESU	LTANI	155
VECTORI	TALES	7 3	5U S	ANGULOS	(PARA	180	
GRADOS) SON:						

· 0	1339.5	0		
. 5	1335.6	7.005	9	
10.	1324.8	19.182		
15	1309.6	21.479		
20	128h	-20 607		
26	1363 4		<i>t</i>	
22		3/, 770		
30	1202.3	40.779		
33	1297	55.75		
40	1329.9	_64,616		
45	1381.7	73.049		
50	1450.6			
55	1532.4			n en
60	1621.6	88.883		1.11
45	1713	81.471		
10	1000 0			
76				
			e e francis de la Co	
	1943.0	78.761		
	1992.3	69.17		
90	2021.5	67.616		
95	2029.7	66.549		
100	2010.1	65.929		
105	1900.5	45.729		
110	1923.9	46.031		
. 115	1888.8			
120				
496				
	1040.0			
	1910,0 ***	70,750		
	1381.7	73,049		
140	1239	75,457		
145	1091.7	79,250		
150	940.85	82.379		
155	790.23			
160	641.49	****		
145	497.67	74.474		
170				
1 7 8				
	230.71	44,373		
	200.3			·
EL VALOR	DR GA MEDIA (SUADRATICA	PS LAS PU	ERSA8
EN MEDIO (CICLO RS1			•
1473.3				
LA MASA DI	R BALANCRO OL	PTIMA PARA I	RI RADIO	Dł
GIRO SELEC	CCIONADO RE	1		'
0.2397		•		

PROPORCIONE EL NUMERO DE CILINDROS QUE COMPRENDE EL SISTEMA 0: 2 PROPORCIONE LA DISPOSICION DE LOS CODOS DEL CIGUENAL (EN GRADOS DEJANDO UN ESPACIO ENTRE CIPRAS), CONSIDERANDO GERO GRADOS PARA EL PRI-MER CODO. A PARTIR DEL SEGUNDO INCLUSIVE, LA POSICION SE TOMARA A PARTIR DEL PRIMER CODO. 0: 0 100 PROPORCIONE LAS DISTANCIAS ENTRE EL CENTRO DEL PRIMER CILINDRO (EN METROS.DEJANDO UN ESPACIO ENTRE CITHAS) I LOS CENTROS DE LOS RESTANTES 0: 0 .1 PROPORCIONR LA LONGITUD TOTAL DEL CIGURNAL ENTRE APOTOS (EN METROS): 01 . 2 PROPORTIONE EL RADIO DE GIRO (RN METROS) DE LOS RAGRANES DE DALANCRO: 0:

LOS VAL	ORES CONSECUT	IVAMENTE PA	RA	
360 GRA	DOS DE LAS EU	ERZAS PRI-		
MARIAS	Y SECUNDARIAS	Y DE LOS		
MOMENTO	S PRIMARIOS Y	SECUNDA -		
RIOS SO	W:		•	
0	0	1539.6	243.88	76.98
10	0	1446.7	240.18	72.337
20	0	1179.4	229.18	58.97
30	· • •	769.8	7211.21	38
40		267.35		13.367
50	0	-267.35	156.77	-13.367
60	ů.	769.8	121 MM	-14
70	ō	-1179.8	83.413	-68 87
80	ŏ	-1	- H2 35	-72 997
90	Ŏ.	1539.6		-74
100	ă la c	1446.7	NO 18	-73 317
110	ň.	-1170.4	** ***	-64 47
120	0	-756 8	434 04	- 34,9/
130		-347 36	164 79	
180		247.33	130,//	13,307
150		207.JU 748.4	. 140.03	13,387
150	Š	/03.0	211.21	38,49
170	U		229,10	50,97
	U O	1448./	240,10	72,337
100	U	1337.0	243.48	76,98
190		1440.7	240.10	72,337
200	U O	1179.4	229,10	50,97
210	. 0	769.0	211,21	38,49
220	0	267.35	186,83	13.367
230	0	267.35	156.77	_13,367
240	0	769.6	121.94	_30,49
250	0	1179.4	83,413	_50,97
280	0	1446.7	42,35	72.337
270	0	1539,6	_ 0	_76.98
280	. 0	-1446.7	_42,35	72,337
290	0	-1179.4		_50,97
300	0	_769.#	121,94	_38,49
310	0	247,35	156,77	-13,367
320	0	267,35	106,03	13,367
230	0	769,9	211,21	38,49
340	0	1179.4	229,18	58,97
350	0	2446.7	240,10	72,937
LA NASA	DE BALANCRO	QUE DRAFRA	COLOCARSE	
EN EL A	ADIO SELECCIO	NADO PARA B	ALANCBAR	
LOS MOM	ERTOS PRIMARI	08 851		
0.03088				
NOTA: U	SAR UNA VELOC	IDAD ANGULA	R DE	
ENGRANE	S IGUAL A LA	DRL SISTRMA	. ES DR-	
CIR, UN	A RELACION DE	1:1.		
DESEA C	ORRER EL PROG	RAMA PARA		
OTRO SI	STRMA ? (SI/N	0)		
SI				

-97-

BALAYCE ** BALANCEO OPTIMO DE MAQUINAS RECIPROCANTES ** EL SISTEMA A BALANCEAP ES UNO COM PISTOMES EN LINEA O EN +V+ ? (RESP= LINEA/EN V) LINEA PROPORCIONAR LOS SIGUIENTES DATOS: NUMERO DE REVOLUCIONES (SIN UNIDADES) ROTA: EL PROGRAMA DETERMINA LA MASA OP-TIMA DE BALANCEO INDEPENDIENTEMENTE DEL VALOR DE LA VELOCIDAD ANGULAR, LA CUAL SE REQUIERE SOLAMENTE PARA OBTENER UN VALOR REAL DE DESBALANCEO EN DICHA VELOCIDAD. **D**: 2800 RADIO DE GIRO DE LA MANIVELA (EN METROS) .06985 PESO DE LA MANIVELA (N KG.) **C**: 2.156 PESO DE LA BIELA (EN KG.) Π: 1.307 PESO DEL PISTON (SN KG.) **Ü**: . 699 LONGITUD ENTRE EL CRETRO DE GRAVEDAD DE LA MANIVELA Y SU CENTRO DE GIRO .066675 LONGITUD ENTRE EL CENTRO DE GRAVEDAD DE LA BIELA Y EL CENTRO DEL CODO DE LA MANIVELA (EN METROS): .067564 LONGITUD ENTRE EL CENTRO DE GRAVEDAD DE LA BIELA Y EL CENTRO DEL PERNO DEL PISTON (SN METROS): 01 .211836 RADIO DE GIPO DE LA NASA DE BALANCRO (EN METROS) 11 .06985 LONGITUD TOTAL (ENTRE CENTROS) DE LA BIELA (EN METROS): "1

EL VALOR DE LA MASA DE LA MANIVELA ES: 0.21978 EL VALOR DE LA MASA DE LA BIELA ES: 0.13323 FL VALOR DE LA MASA DEL PISTON ES: 0.071254 EL VALOR DE LA MASA ROTATORIA (MR) ES: 0.3108 EL VALOR DE LA MASA OSCILATORIA (MO) ES: 0.10347 EL VALOR DE LA NASA FIJA (MP) ES: 0.0099898 EL VALOR DE LA VELOCIDAD ANGULAR (OMEGA) ES: 293.22 EL VALOR DE LA FUERZA ROTATIVA (FROT) ES: 1066.5 PROPORCIONE EL VALOR DE LOS INCREMENTOS A LA MASA DE BALANCEO (EN U.T.M.) 0: .02

-99-

LOS VALORES	DE LAS FU	ERRAS RESULT	ANTES	
VECTORIALES	Y SUS ANG	ULOS (PARA 11	BO GPADOS) S	507
0	2643.2	0		
5	2636.4	3,5376		
10	2616.2	7.1164		
15	2583.2	10,778		
20	2538.4	14,565		
25	2483.2	18,521		
30	2419.4	22,689		
35	2349.2	27,111		
40	2274.9	31,829		
45	2199.2	36,878		1.1
50	2125.1	42.284		
55	2055.5	48.058		
60	1993.2	54,189		
65	1940.9	60.641	n an an an an an Anna an Anna. Anna an Anna an	
70	1900.5	67,35		
75	1873.4	74.223		
80	1860.2	81,155		
35 S	1860.5	88.033		61 - S 1
90	1872.9	85,242		
95	183 5. 8	78.751		
100	1926.0	72.544		· .
105	1963.7	66,646		
110	2004.2	61.058		
115	2046.2	55.762		
120	2087.9	50,73	and the second second	
125	2128	245,929		
130	2165.3	41,324		
135	2139.2	<u> </u>		
140	2223.2	32,561	e e la constante de la constant	÷,
145	2255.1	28,342		
150	2276.9	24,197		
155	2294.7	20,105		
160	2308.8	_16,051		
165	231,9.4	-12.021		
170	2326.8	_8,0071		
175	2331.1	-4,0016		
130	2332.5	0		

LOS VALO	RES DE LAS	FUERZAS	RESULTANTES
VECTORIA	LES Y SUS	ANGULOS	PARA 180
GRADOS) S	50N:		
0	776.73	0	•
5	772.01	õ	
10	757.92	ň	
15	734.75	ŏ	
20	702.91	ă Stat	
25	663.02	ŏ	
30	615.81	ů.	
35	562.14	ň	
40	502.98	0	
45	L10 10	ň ·	
50	170 MM	n i	
55	303 28	ň.	$e^{-i\omega_{\rm e}}$, $e^{-i\omega_{\rm e}}$, $e^{-i\omega_{\rm e}}$, $e^{-i\omega_{\rm e}}$, $E^{-i\omega_{\rm e}}$
60	233 02	ň s	
65	162 75	ň	
70	63 52M	ů l	
75	26 292	ă S	n an
	10 075	0	
	98 829	0	
90	166 16	0	
95	207 14	0	
100	263 88	ŏ	
105	205.00	0	
110	277.30		
116	331.33		in the state of the second state of the
120	302.40	0	
125	500.37 MAG 14	0	
	403.34 M36 36	0	
1 16	410.39	0	en en el servici el servici
100	NHG 03	0	
146	445.05 MEE 88	0	
150	453.00 MA	0	
155	463.11	0	
160	464 .94	ň	
165	465.68	ň	
170	445.97	ů.	•
175	466.03	ő	
180	466.0M	ň	
EL VALOR	DE LA MED	TA CUADEA	TTCA DE TAP
EN VEDTO		*** *******	1449 VO UNO

458,99

LAS PUERZAS

LOS VALORES DE LAS FUERZAS RESULTANTES VECTORIALES Y SUS ANGULOS (PARA 180 GRADOS) SON:

	656.62	0	
5 .	652.44	0,91932	
10	639.98	1,8676	
15	619.51	2.8762	
20	591.48	3.9825	
25	556.49	5.2335	
30	515.3	6.6925	
35	468.84	8.4495	
40	418.17	10.639	
45	364.49	13.474	
50	309.24	17,309	
55	254.2	22.77	
60	201.83	31.021	
65	156,18	44,185	e de l'este de la service d
70	124.45	65.077	
75	116,11	87.634	
80	132,15	63,516	
85	162.06	47.589	
90	196.36	37.71	
95	230.21	31.315	
100	261.33	26.912	
105	288.62	23.701	
110	311.61	21,235	
115	330,16	19.25	
120	344.4	17.579	
125	354,58	16.11	
130	361.11	14.761	
135	364.49	13.474	
140	365,28	12,202	and the second sec
145	364.07	10,908	
- 150	361.47	9,5633	
155	359,07	5.1496	
160	354.43	5,6556	
165	351.04	5,0804	
170	348.31	3,4329	
175	346.54	1.731	
180	345,93	0	
SL VALOR	DE LA MEDIA	CUADRATICA D	LAS EVERZAS
SN MEDIO	CICLO ES:		

385,29
LOS VALO	res de las pi	uerzas resul	LTANTES
VECTORIA	LES Y SUS AN	GULOS (PARA	100
GRADOS)	SON:		
0	536,52	0	
- 5	533.12	2.2506	
10	523.02	4.5744	
15	506.55	7.0501	
20	484.21	9.769	
25	456.74	12.842	Charles and the
30	425.1	16.012	
35	390.48	20.662	
40	354.38	25.031	
45	318.59	32.219	
50	285.31	90.163	
55	257.12	49.934	
60	236.7	61.509	
65	226.16	74.29	
70	228.01		
75	234.79	01.21	and the second
60	249.66	71.362	
85	267.6	63.413	
90	286.07	\$7.109	
95	303.21	\$2.112	
100	317.77	48.112	
105	328.96	44.857	
110	336.36	42.151	and the second
115	339.84	39.839	
120	339.47	37.793	
125	335.52	35.907	
130	328.39	34.081	and and a state of the state of the
135	318.59	32.219	
140	306.72	30.226	
145	293.46	20.002	
150	279.55	25.445	
155	265,76	22.450	
160	252.9	18.958	
165	241,70	14.901	
170	233,16	10,306	
175	227.7	5,2756	
180	225,82	0	
RL VALOR	DE LA MEDIA	CUADRATICA	DE CAS FUERSAS
EN MEDIO	CICLO ES:	· · · · · ·	

339.22

VECTORIAL	ES Y SUS AN	GULOS (PARA	180
GRADOS) S			
0	416.41		see to the second
5	414,25	4,3478	
10	407.9	8.8236	
15	397.79	13,559	
20	384.6	10,689	•
25	369.31	24,351	
30	353.17	_30.672	
35	337.63	_37,744	
40	324.28	_45.501	
45	314.63	_54.076	
50	309.07	_62,960	
5 5	310.57	71,076	
60	316.49	_ 80,386	
65	326.73		
70	339.09	84,985	
75	- 354.43	79,109	
80	360.04	74,165	
85	301.05	70.058	
90	392.38	66,678	
95	399.66	63,914	
100	403.13	61,669	
105	402.47	59.857	
110	397.53	58.402	
11 5	300.36	\$7.234	
120	375.13	56.200	
125	358,16	55.498	
130	337.03	\$4.79	
135	314.63	54.076	
140	289.1	\$3.241	والأمير المراجع والمتحاج المتحاج المتحاج المتحاج والمراجع والمتحاج والمتحاج والمتحاج والمتحاج والمتحاج والمتحا
145	261.01	52.13	
150	733.42	50.519	
155	204.67	48.076	
160	176.47	44.293	
165	150.12	38.407	
170	127.12	29.303	
175	111.59	16.345	
100	105.72	0	
BL VALOR	DE LA MEDIA	CUADRATICA	DE LAS EURPRAS
EN MEDIO	CICLO RS:		
111 MA			

LOS VALORES DE LAS FUERZAS RESULTANTES

. .	GIUNIN		IUNDS (PAPP	180	
GR.	ADOS)	SON:			and a second particular
	0	296.3	0		
	5	296.38	8.1219	1997 - 1997 - 1997 - 1997 - 1997 - 1997 - 1997 - 1997 - 1997 - 1997 - 1997 - 1997 - 1997 - 1997 - 1997 - 1997 -	a de la composición de
	10	296.76	16.327		
	15	297.88	24.672		
	20	300.38	713,163		
	25	305.01			
	30	312.49			
	35	323 05			
	M0	337 04			
	46	354 03			
	50	379 60	73,045		
	66	373443	00.191		
	33	334,32	83,971		
		410,13	89,009		
	00	437.28	84.714		
	70	450.97	81.088		
	75	474.3	78.069		na an a
	80	488.48			
	85	498.85	73.618		
	90	504.92	72.081		
	95	506.33	70,949	-	
	100	502.9	73.187		
	105	434,57	59.77		· · · ·
	110	461.43	69.676		
	115	463.69	69.89		
	120	441.65	70.4		
•	125	415.73	71.199		
	130	386,36	72.282		
	135	354,03	73.649		
	140	319.26	75.302		
	145	282.52	77.254		
	150	244.28	79.528		
	155	204.95	82.177		
	160	164.87	85.32		
	165	124.35	89.364		
	170	81.711	95 093		
	175	41.717	-73 00A		
	180	14 301	73.234		
77	VALOR		CHADDATTCA		
다 H 한 H		- PG PA - PRIA.	VURDERIIGE	UT UND	EVERA S
17 7 & F		· · · • · · · · · · · · · · · · · · · ·			
5 V) 7.▲	1 4 6 9 M & C A				
и н С 9	2008 2007	-00-26068959- 10/2/00000	UPILITA PARA	STE MADY	O DE
91 3	89 925 3708	189-193009-116	1		
5.8 e	a / 1410				

LOS VALORES DE LAG EVERZAS RESULTANTE. VECTORIALES Y SUS ANGULOS (PAPA 180 GRADOS) SON: PROFORCIONE EL NUMERO DE CILINDROS QUE COMPRENDE EL SISTEMA: 0: PROPORCIONE LA DISPOSICION DE LOS CODOS DEL CIGUENAL (EN GRADOS, DEJANDO UN ESPACIO ENTRE CIFRAS), CONSIDERANDO CERO GRADOS PARA EL PRI-MER CODO. A PARTIR DEL SEGUNDO INCLUSIVE, LA POSICION SE TOMARA A PARTIR DEL PRIMER CODO. Π: 0 120 240 240 120 0 PROPORCIONE LAS DISTANCIAS ENTRE EL CENTRO DEL PRIMER CILINDRO (EN METROS, DEJANDO UN ESPACIO ENTRE CIFRAS) Y LOS CENTROS DE LOS RESTANTES 0 .10 .36 .54 .72 .90 PROPORCIONE LA LONGITUD TOTAL DEL CIGUENAL ENTRE APOYOS (EN METROS): 11: 1.2 PROPORCIONE EL RADIO DE GIRO (EN METROS) DE LOS ENGRANES DE BALANCEO:

-106-

[]:

.1







4.2.1.- DESCRIPCION DE LAS MODIFICACIONES PARA EL SISTEMA EN "V".

Este sistema esta formado de cilindros, iguales, separados un ángulo determinado. A cada uno de los codos del cigueñal se sujetan dos bielas, correspondiendo una a cada cilindro de cada uno de los bancos.

El análisis de balanceo es similar al correspondiente a motores en linea, con las siguientes excepciones:

1.- La masa rotativa equivalente deberá tener agregada la parte correspondiente a la segunda biela.

2.- Se deberá obtener como fuerza resultante la suma vectorial de las fuerzas de inercia de los dos bancos, así como también deberá calcularse el ángulo y la dirección de esta resultante tomando en cuente ambos bancos.

3.- Se deberá agregar el dato correspondiente al ángulo que forman los dos bancos.

4.- Para el balanceo de fuerzas primarias y secundarias, así como para los momentos primarios y secundarios, se propone utilizar la solución general de los sistemas en linea aplicada a cada uno de los bancos. Esto quiere decir, utilizar como solución general dos trenes de engranes. Es importante hacer notar que el programa desarrollado propone este tipe de solución, agregando una solución específica para el caso de un motor V - 8 con ángulo de 90°. Esta solución se expl<u>i</u> ca en el capítulo No. 5.



























4.2.3 ALGORITMO

-125-

VBALANCE1[[]]V **V** BALANCE1 [1] PROPORCIONAR LOS SIGUIENTES DATOS PARA ESTE! [2] 'SISTEMA EN • V • :' [3] "NUMERO DE REVOLUCIONES (SIN UNIDADES)" [4] 'NOTA: EL PROGRAMA DETERMINA LA NASA OP-' 'TIMA DE BALANCEO INDEPENDIENTEMENTE DEL' [5] VALOR DE LA VELOCIDAD ANGULAR. LA CUAL SE' [6] REQUIERE SOLAMENTE PARA OBTENER UN VALOR [7] [0] "REAL DE DESBALANCEO EN DICHA VELOCIDAD." [9] N+1 [10] 'RADIO DE GIRO DE LA MANIVELA (EN METROS)' [11] R+N [12] "PESO DE LA MANIVELA (EN KG.)" [13] PM+ [14] *PESO DE LA BIFLA (EN KG.)* [15] P8+0 [16] *PESO DEL PISTOR (EN KG.)* [17] PP+1 LONGITUD ENTRE EL CENTRO DE GRAVEDAD DE' [10] [19] 'LA MANIVELA Y SU CENTRO DE GIRO' [20] ZN+∏ [21] "LONGITUD ENTRE EL CENTRO DE GRAVEDAD DE LA" [22] BIELA Y EL CENTRO DEL CODO DE LA MANI-[23] 'VELA (EN METROS): ' [24] LAH [25] *LONGITUD ENTRE EL CENTRO DE GRAVEDAD DE LA* [26] BIRLA Y BL CENTRO DEL PERNO DEL PISTON . [27] *(EN NETROS): ' [20] LB+ "RADIO DE GIRO DE LA MASA DE BALANCEO (EN NETROS)" [29] [30] RMBAL+O []]] *LONGITUD TOTAL (ENTRE CENTROS) DE LA* [32] *BIELA (BN NETROS):* [33] 2+0 [34] *PROPORCIONE EL ANGULO (EN GRADOS)* [35] "ERTRE LOS 2 BARCOS DE PISTONES:" [36] [37] NP+() [30] G+9.81 [39] NM+PM+G [40] MB+PB+G MP+PP+G [41] [42] *FL VALOR DP DA NASA DE LA MARIVELA ES:** [43] MM "EL VALOR DE "A MASA DE LA BIELA ESI" [44] [45] MB [46] *BL VALOR DE LA MABA LL PISTON ES:

[47] MP [48] $MR+(MM \times LM + R) + (2 \times MB \times LB + L)$ [49] $MO + (MB \times LA + L) + MP$ [50] $MF + MM \times ((R - LM) + R)$ [51] OMEGA+O(N+30) [52] FROT+MR×(OMEGA+2)×R [53] 'EL VALOR DE LA MASA ROTATORIA (MR) ES: ' [54] MR 'EL VALOR DE LA MASA OSCILATORIA (NO) ES: ' [55] [56] MO [57] 'EL VALOR DE LA MASA FIJA (ME) IS: ' [58] MF [59] 'EL VALOR DE LA VELOCIDAD ANGULAR (OMEGA) ES: [60] OMEGA [61] "BE VALOR DE LA FUERZA ROTATIVA (FR.T.) ES: " [62] TROT PROPORCIONE EL VALOR DE LOS INCREMENTOS' [63] [64] 'A LA MASA DE BALANCEO (EN U.T.M.)' [65] INC+T [66] SU+0 [67] CONT+0 [68] NAT+ 36 3 00 [69] +LÓ0P1 [70] LOOP1: SUN1+0 [71] TETA+-10 [72] LABRL3:+(350<TRTA+TETA+10)/LABEL4 [73] TETAV+TETA-ARG $PI \rightarrow MO = (OMEGA \rightarrow 2) = R = (200TETA + 100)$ [74] [75] FI2+MO=(OMEGA+2)=0+(20^TETAV+100) [76] FII+(NO+L)=(OMEGA+2)=(R+2)=(200(2=TETA)+100) FII2+(MO+L)=(ONEGA+2)=(R+2)=(200(2=TETAY)+100) [77] [70] FSUNII:+FI+FII [79] **PSUN** : **1**12+**P**12+**P**112 [00] F?ESVEL+((F?OT=(200787A+180) +(FSUNIIE)+(FSUNIIE2=(2004#6+100/0)+2 [01] FRESVEN+((FROT=(1007574+100))+(FSUN_112=(107ANG+100)))02 [02] PRESVEC+(PRESVEL+PRESVEN)+0.5 [03] +(0.00001<|FRESVEC)/SALTOA [[4]] FRESYEC+0 [05] SALTOA: BETH 1+"30((F :07=(1007ETA+180))+(FSUMIT 2=(100 ANG+180)))+((PR(T=(200757A+180))+(PSUMIII)+(FSUMIII2=(200ANG+160)) [06] +(0.00001<| BETA1)/SALTOB [07] BETA1+0 [00] SALTOB: BETA2+BETA1=100+01 +(36<CONT+CONT+1)/LABEL4 ••1 [90] FRESVEC1+FRESVEC+2 [91] SUM1+SUM1+FRESVEC1

```
[92]
      COMPAR+(SUM1+36)+0.5
      MAT[COFT:]+TETA_FRESVEC_BFTA2
[93]
[94]
      +LABEL3
[95] LABEL4 . NP+M
1967
      LOS VALORES DE LAS FUERZAS RESULTANTES.
      VECTORIALES Y SUS APGULOS (PARA 360 GRADOS) SON: "
[97]
[98]
      MAT
[99" OTRO: +(SW=0)/PRTM
[100]
       COMPAR+MEDIA
[101]
       MBAL+MBAL+IRC
[102]
       +(MPAL>MR+2=M0)/0
[103]
       OPTIMA+MBAL-INC
[104]
      +L00P
[105] PR [N: SV+1
[106]
      MBAL+MR
[107] LOOP: PRAL+MBAL×(OMEGA+2)*P"BAL
[108]
       SU<sup>µ</sup>1+0
[109]
       COFT+0
[110]
       TETA+ 10
[111] LABEL1:+(350<TETA+TETA+10)/LABEL2
[112]
       TETAV+PETA-ANG
[113]
       FI+MO=(04FGA+2)=9~(2007ETA+180)
[114]
       FI2+MO=(OMEGF+2)=P=(200TETAV+180)
[115]
       FII+(MO+L)=(OMEGA+2)=(R+2)=(20 \cdot (2+TETA)+180)
[116]
       FII2+(MO+L)=(OMEGA+2'=(R+2)=(200(2=TETAV)+180)
[117]
       FSUMITI+FI+FII
[110]
       FSUMILI2+FI2+FII2
       FRFSVFL+(((From-Fr L)=(200TFTA+180))+(FSUMTTT)+(
[119]
      ESUMITER (20047G+190) +2
       PRESVEN+(((F"OT-FRAL)=(100TETA+180))+(ESUMITI2=(10)
[120]
       "ANG+1+0)) +2
[121]
       FRESVEC+(FR=SVEL+FRESVEM)+0.5
r1227
       +(0.00001<|F=FSVEC)/SALFOC
       PP"SVEC+0
[123]
[124]
       BETA1+0
[125]
       +SA1.#0D
[126] SALTOC: FRESVEC1+(PRESVEC+2)
[127]
       ####A1+"30(((FRO#-FRAL)=(100###A+180) +(FCUHI*I2=(1
       00A#G+180)))+(((FRO#-FRAT)=(20 #F#A+180) +(FSUP*TT
       )+(FSUMTIT2=(200ANG+180)))
[128]
       +{0.0001<(8=TA1)/SALTON
[127]
       BETA1+0
[130] SALTOD: BFT#2+BFT#1#0#01
       +(36<COTT+CONT+1)/1/88712
[131]
[132]
       SUM1+SUM1+FRFSVFC1
[133]
       MATE CONT: ]+IFTA/_FRESVEC_3FE/2
```

[134] +LABEL1 [135] LABEL2:NP+ *LOS VALORES DE LAS EUERZAS RESULTANTES* [136] [137] 'VECTORIALES Y SUS ANGULOS (PARA 360 GRADOS) SON: ' [138] MAT MEDIA+(SUM1+36)+0.5 [139] *EL VALOR DE LA MEDIA CUADRATICA DE LAS PUERZAS! [140] *EN UN CICLO ES: * . [141] [142] MEDIA +(NEDIASCOMPAR)/OTRO [143] [144] "LA MASA DE BALANCEO OPTIMA PARA PE RADIO DE! [145] GIRO SELECCIONADO ES 1º [146] OPTIM CILINDROS1 [147]

[148] +0

V CILINDROS1 [1] NP+M [2] *PROPORCIONE SOLAMENTE EL NUMERO DE* [3 Ĵ 'DE CILINDROS, EN UN BANCO, QUE CON-' *PRENDEN EL SISTEMA EN • V • . ENTEN-* [4] [5] DIENDOSE QUE EL OTRO BANCO TIRNE "L' [6] "NISMO NUMPRO DE CILINDROS:" [7] NC+1 PHI+.NCDO []] [1] AI+. WCDO [10] *PROPORCIONE LA DISPOSICION DE LOS CODOS DEL! [11] "CIGUENAL (EN GRADOS.DEJANDO UN ESPACIO ENTRE" [12] 'CIFRAS), CONSIDERANDO CERO GRADOS PARA EL PRI-' [13] *NET CODO.* "A PARTIR DEL SEGUNDO INCLUSIVE, LA POSICION" [14] [15] *SP TONARA A PARTIR DEL PRIMER CODO. * [16] 28140 PROPORCIONE LAS DISTANCIAS ENTRE EL CENTRO DEL' [17] [10] "PRIMER CILIRDRO (EN METROS_DEJANDO UN ESPACIO" "BFTRE CIFRAS) Y LOS CENTROS DE LOS RESTANTES" [13] [20] A1+D [21] *PROPORCIONE LA LONGITUD TOTAL DEL CIGUPRAL.* [22] *ENTRE APOTOS (EN METROS):* [23] LCI G+C [24] *PROPORCIONE EL RADIO DE GIRO (ER NETROS)* [25] "DE LOS ENGRANES DE BALARCEN O DE LAS MASAS" [26] *BECERTRICAS:* [27] REN [20] XI+200(P#1+180) [29] 77+100(P#1+100) [30] 82++/77 [11] +(0.00001</*8*%)/54 LT01 []2] \$1+0 [33] SALTO1: ST++/TT [34] +(0.00001<|57)/847.702 [35] 87+0 [36] SALTO2: NV+(71+2) -(71+2) [37] SXST++/WW [30] +(0.00001<|*5757)/8417*73 . [39] 8787+0 [40] SALTO3:AST87++/(NV=AI) [41] +(0,00001<|ASTST)/SALTON</p> [42] A8287+0 [43] SALFO4: 271+27=97 [44] ##++/##1 [45] +(0.0001+177)/SALTOS [46] 27+0 [47] SALTOS: ATT.

[47] SALTO5; AYY++/(XY1×A7) [48] +(0.00001<(AXY)/SALTO6 [49] AXY+0 [50] SALTO6: AX++/(AIXXI) [51] +(0.00001< AX)/SALT07 [52] AX+0 [53] SALTO7: AY++/(AT × YT) [54] +(0.00001< AY)/SALTO8 r 55 1 AY+0 [56] VECTOR+SX.SY.SXSY.XY.AX.AY.ASXSY.AXY [57] +(A/VECTOR=0)/28C [58] SALTO8: TFTA+-10 [59] CO #T+0 MAT0+ 36 1 p0.(135)=10 [60] [61] MAT1+ 36 4 00 [62] +(A/(SX.SY)=0)/LABELA [63] LARELR: +(350<TETA+TETA+10)/LABELC [64] TETAV+TETA-ANG [65] **FP+(**M0=P*(OMEGA+2)) =(((200TETA+180)=SX)-((100TETA+ 180)=*SY*)) 2667 +(0.00001</FP)//PX1 [67] PP+0 [00] APX1: FP2+(NO=R=(OMEGA+2))=(((200TETAV+180)=5X)-((100 **TRTAV**+100)#57)) [69] +(0.00001<|FP2)//PX2 1701 PP2+0 [71] APX2: T1+PP+(PP2=(200ARG+180) [72] +(0.00001<171)//PX3 [73] 71+0 [74] APX3: #2+PP2=(10^ANG+100) [75] +(0.000014172)//224 [76] 72+0 [77] APX4: FPRF5+((71+2)+(72+2))+0.5 [70] [79] +(21+0)/SAPELY PPALPA1+ 30(77+71) [00] [01] LABELX: PPADEA+PPADEA1=180001 [#2] +(0.00001<177/5+/)/2 [13] P=A1. P/+0 * ##] A: +84 7.703 [05] LARENZ: PPALEA+0 [16] +S/L709 [#7] LABELT: PPALEA1+"30(\$74000000000000) [...] +LABELX [#9] SALTO91+(36<CORT+CORT+1)/PAPPLC MAT1 [CONT;]+FP, FP2, PPRES, PPALEA [90] [91] +LABELB [92] LABREA: MAT1+ 36 24 ... 0 0 0 [93] LARELCI+(A/(SXSY_XY)+0)/LARELD [94] 7574+10 CO#7+0 [45] [98] 11.72+ 35 4

-130-

-131-

[96] MAT2+ 36 4 00 [97] LABELE:+(350<TETA+TETA+10)/LABELE [98] TETAV+TETA-ANG [99] F5+((M*+L)=(R+2)=(OMEGA+2))=((SXSY=(200(2=TETA+180)))-((2xXY)=(100(2=TETA+180)))) [100] +(0.00001<|75)/2 [101] **FS+0** [102] <u>B</u>.FS2+((MO+L)=(R+2)=(OMEGA+2))=(((SISY=(200(2=TETAY)+180))-((2=XY)=(10^(2=757AV)+180)))) [103] +(0.00001<|PS2)/C [104] **F**52+0 [105] <u>C:</u>T3+F5+(FS2=(200ARG+180)) [106] +(0.00001<|73)/2 [107] 73+0 [108] <u>D:</u> #4+FS2=(100ARG+180) [109] +(0.00001</24)/2 [110] 74+0 [111] E:PSRES+((T3+2)+(T4+2))+0.5 [112] `+(A/(I3,I4)=0)/*LA3PIW* [113] +(?3=0)/LABELY FSALFA1+"30(T4+73) [114] [115] LABELU: FSALFA+FSALFA1=100+01 [116] +(0.00001< | FSALPA)/E [117]**FSALFA+0** [110] *E*:+SALT010 [110] *LADELN*:*PSALFA*+0 [120]+SAL 2010 [121] LABELV: PSALFA1+"30574000000000000 [122]+LANELU [123] SALTO10: +(36<CONT+CONT+1)/LABELP [124] NAT2[CONT;]+F8,F52,F5R85,F8ALFA [125] -LABELE [124] LABERDINAT2+ 36 24 01 0 0 [127] LADBLP: +(A/(AR, /Y) +0)/ LADERG [120] 777A+ 10 [129]CONT+0 NAT3+ 36 4 00 [130] [131] LADELR:+(350<???A+???A+10)/LADELT [132] [133] CP+(NO=R=(OMEGA+2))+((AR+(2005PFA+100))-(AF+(100 THTA+180)) [134] +(0.00001<|CP)/2 [135] CP-0 [138] <u>A</u>ICP2+(**R**0+R=(0PR0A+2))=((AR=(2007P7A7+180)--(AY=(10 •**?*****?**/**?**•**1**0**)**)) [137] +(0.00001<\C??)/# [130] CP2+0 [130] A.75+CP+(CP2+(20^AR4+100))

[140] +(0.00001<10+)/2 [141] 75+0 [142] Z: C6+CP2×(10-200+180) [143] +(0.00001</ff)/J [144] 76+0 [145] J: CP?ES+('T5+2)+(T6+2))+0.5 [146] -+ (A/(T5.T6)=0)/LABELT [147] +(T5=0)/LABELS CPALFA1+ 30(76+75) [148] [149] LABELR: CPALEA+CPALEA1×180+01 [150] +(0.00001</CPALFA)/X [151] CPATEA+0 [152] K: →SALTO11 [153] LABELT:CPALFA+0 [154] +SALTO11 [155] LABFLS: CPALFA1+"30574000000000000 [156] →2 //3 FLR [157] SALTO11:+(36<CONT+CONT+1)/LABBLI [158] MATS[CONT;]+CP, CP2, CPRES, CPALEA [159] +CASPLT [160] LABELG: MAT3+ 36 24 ... 0 0 [161] LABELI:+(A/(ASXSY_AXY)=0)/LABELJ [162] TETA+-10 [163] CONT+0 [164] MAT4+ 36 4 00 [165] LABELK:+(350<TFTA+TETA+10)/LABELL [166] TBTAV+TFTA-A49 CS+((MO+L)=(R+2)=(OMEGA+2) =((ASXSY=(20*(2=TETA+ [167] 100)))-(2=/X/=(100(2=////+100)))) [160] +(0.00001<1C5)/7 [169] C8+0 [170] <u>R</u> C52+((MO+L)=(R+2)=(OMEGA+2) =(((ASR57=(20^(2= TETAV)+180) \- ((2=AXY)=(10^(2=FFTAV)+100)) \\ [171] +(0.00001<|C52)/L [172] C\$2+0 [173] L: T7+CS+(CS2=(20 ARG+180)) [174] -(0.0001</77//M [1 7 5] 27+0 [176] #: 70+C52=(10-ARG0100) [177] +(0.0001<|TR)/<u>r</u> [170] 78+0 [179] #:CSTPS+((77+2)+(70+2) +0.5 [100] -{ ^/**(??.?0`+0)**/*T.ABFLO* [101] [102] C5/2741+ 30(7#477) [103] LANELO: CRARPA+OSALPA1+180+01 11843 +(0.0001<(CSALFA)/0 [105] CSALFA+0 [106] Q:+5/57012 [187] BARELQICSPLEA+0 [100] →8/17012

[189] LABELP: CS.A. DF A1+ 30574000000000000 [190] +L/BFLO [191] SALTO12:+(36<CONT+CONT+1)/LABELL [192] MAT4[CONT;]+CS,CS2,CSRFS,CSALFA [193] +58885K [194] LABELJ: MATH+ 36 24 p' 0 0 0. [195] LABELL:NP+ [196] "LOS VALORES DE LAS EUERZAS PRIMARTAS" "EN CADA BAMCO, SU RESULTANTE Y EL ANGULO" [197] DE ESTA PARA UN CICLO DE 360 GRADOS. SON' [198] [199] *RESPECTIVAMENTE:* +(A/(- MAT1) =36.24)/XXX [200] [201] (V'ATO). (10 3 WAT1) [202] +204 [203] XXX:(#MATO),(MAT1) [204] NP+ [205] LOS VALORES DE LAS FUERZAS SECUNDARIAS. "BN CADA BANCO, SU RESULTANTE Y BL ANGULO" [206] DE ESTA PARA UN CICLO DE 360 GRADOS, SON . [207] [208] *RESPECTIVAMENTE:* [209] +(A/(MAT2)=36,24)/XXX [210] (MATO), (10 3 MAT2) [211] +213 [212] XXZ: (#MATO), (MAT2) [213] NP+M [214] "LOS VALORES DE LOS PARTS PRIMARTOS" [215] "EN CADA MANCO, SU RESULTANTE Y EL " "ANGULO DE ESTA PARA UN CICLO DE 360" [216] [217] 'GRADOS, SOF RESPECTIVAMENTE: . +(A/(0NA23)=\$6,24)/222 [210] [219] (*MATO), (10 3 (NATS) [220] +222 [221] III:(AMATO).(NATS) [222 1 ₩**₽**•¶ [223] "LOS VALORES DE LOS PARES SECUNDARIOS" "BR CARA BANCO, SU RESULTANTE Y EL" [224] "ANGULO DE ESTA PARA UN CICLO DE 360" [225] [226] "GALDOS, SOR RESPECTIVANERIEL" [227] +(^/ (###?4) +36 .24) /222 [220] (WATO) . (10 3 WATO) [229] +231 [230] <u>XX7</u>:(#NAT0).(NAT4) [231] RP-PR +(#Cou)/422 [232] 33] PNI1+ 0 90 270 100 +(*/ PHI#PHI1)/ARM [234] [235] +(AVG#90)/288

-133-

[236] YA QUE EL SISTEMA A BALANCEAR ES DEL! [237] *TIPO * V - 8 * , CON UN ANGULO FNTRE* [238] BANCOS DE 90 GRADOS Y DISPOSICION DEL [239] 'LOS CODOS DEL CIGUENAL DE 0.90.270 Y' [240] *180 GRADOS, PRESENTANDOSE SOLAMENTE * [241] "DESBALANCEO DE PARES PRIMARIOS, SE PRO-" [242] PONE UTILIZAR 2 MASAS EXCENTRICAS CO-LOCADAS UNA ENTET EL APOYO Y EL PRIMERY [243] [244] *CODO, Y LA SEGUNDÀ ENTRE EL ULTIMO CO-" *DO Y EL OTRO APOYO DEL CIGUERAL. * [245] 'ESTA SOLUCION SUSTITUIS A LA DE LOS DOS! [246] [247] **'ENGRANES EN CADA BANCO.'** [248] LEM+(L CIG-(+/(AI+2)))+2 [249] LEN1+(+/(AI+2) +LEN [250] NBALCP+CPRES+((ONEGA+2)= ER=LEN1) [251] 'LA NASA QUE DEBERA COLOCARSE EN CADA" [252] 'EXTRENO (BR U.T.N.) ES' [253] MBALCP [254] +STIGX [255] <u>AB#</u>:+(V/(pM/T1)#36,24)/<u>ZZZ</u> [256] MAX1+0 [257] **+AR**a [250] <u>EEE</u>:MAX1+[MAT1[;] [259] ABG:+(V/(pNAT2)#36,2%)/GGG [260] NAX2+0 [261] →III [262] <u>GGG</u>: MAX2+|MAT2[;1] [263] <u>###</u>:+(V/(pMAT3)#36.24)/<u>ZII</u> [264] MAX3+0 [265] +ddd III:#/ X3+ | NATS[11] [266] [267] [260] NAX4+0 [269] +LLL [270] EEE: ##24+{##74[11] [271] <u>LLL</u>:WARING+([/MAR1+2),([/WAR2+2),([/WAR3+LCIG),([/ NARY LOIA) [272] NARINO1+F /MARIMO +(WAXINO1=WAR* 0) /ARR. ARR. ARE. ARE. [273] [274] ARR: NDALPP+([/MAR1)+[2=(ONEOA+2)=++R) [275] LA MASA DE BALANCEO QUE DEBERA COLOCARSE¹ [276] 'ER BL RADIO SELECCIONADO PARA BALANCEAR' LAS PUBREAS PRINARIAS 881" [277] 2703 MOALPP

[279] SALTO13: 'NOTA: USAR UNA VELOCIDAD ANGULAR DE ENGRAN F5'

[200] 'IGUAL A LA DEL SI**STENA, ES DPCTO, UDA PABA**."

"CTAN DE 1:1." [281] [282] +ETTOX ABE:MRALFS+([/MAX2)+(8×(OMEGA+2)×>FN) [283] LA MASA DE BALANCEO QUE DEBERA COLOCATSE! [284] [285] 'EN EL RADIO SELECCIONADO PARA BALANCEAR' **LAS FUERZAS SECUNDARIAS ES:** [286] MBALES [287] [288] SALTO14: "NOTA: USAR UNA VELOCIDAD ANGULAR DE ENGRAN ES! [289] 'IGUAL AL DOBLE DE LA DEL SYSTEMA, ES DECIE.' [290] 'UNA RELACION DE 2:1.' [291] +ETIOX ABE: MBALCP+([/NAT3)+(2×(OMBGA+2)×(RBN+2)) [292] [293] LA MASA DE BALANCEO QUE DEBERA COLOCARSE' *EN EL RADIO SELECCIONADOOPARA BALANCEAR* [294] [295] "LOS MOMENTOS PRIMARIOS ES: " [296] MBALCP [297] +SALT013 [298] $ABG:MBALCS+(\Gamma/MAX4)+(8\times(OMEGA+2)\times(REN+2))$ LA MASA DE BALANCEO QUE DEBERA COLOCARSE! [299] 'EN EL RADIO SELECCIONADO PARA BALANCEAR' [300] 'LOS MOMENTOS SECUNDARIOS ES: ' [301] [302] MBALCS +SALT014 [303] ABC: 'BL SISTEMA ESTA TOTALMENTE BA-' [304] [305] 'LANCEADO Y SOLAMENTE SE DEBERAN APLI-' [306] 'CAR LAS MASAS CORRESPONDIENTES AL BA-' [307] *LANCED POR CILINDRO.* [308] ETIQXI'DESEA CORRER EL PROGRAMA PARA' 'OTRO SISTEMA ? (SI/NO)' [309] [310] NUEVO [311] +(RUEVO[1]='#')/0 [312] BALANCE [313] +0

[314] +0

4.2.4. EJEMPLOS, GRAFICAS OBTENIDAS Y PROPUESTAS DE BALANCEO

Al igual que en el inciso 4.1.4., se dará una breve descri<u>p</u> ción de los sistemas utilizados para demostrar el funcionamiento del programa para minimizar el desbalanceo en moto-res con una configuración "V".

Sistema No. 1. - Motor de 4 cilindros con un ángulo de 180°, es decir con los pistones opuestos. Tiene un desplazamiento de 1600 cm³. Se seleccionó una velocidad de 4500 rpm. Este tipo de sistema es usual en automóviles pequeños de fabric<u>a</u> ción europea.

Sistema No. 2.- Motor de 8 cilindros en "V" con ángulo de 90°, con un desplazamiento de 6400 cm³. Se utilizó una vel<u>o</u> cidad de 2800 rpm. Este tipo de motor es muy usado en automóviles americanos de gran tamaño. Tiene la particularidad de ser facilmente balanceado, ya que solamente existe desb<u>a</u> lanceo de momentos primarios y estos son de magnitud constante.

PALANCE

** BALANCEO OPTIMO DE MAQUIMAS RECIPEOCARTES ** EL SISTEMA A BALANCEAR PS UTO CON PIETONES RA LIARA O BR +V+ ? (RESP= LIREA/BA V) 29 Y PROPORCIONAR LOS SIGUIENTES DATOS PARA PETE SISTEMA ER + 7 + 1 NUMERO DE REVOLUCIONES (SIN USIDADES) ROTA: PS PROGRAMA DETERMINA DA MASA OP-TIMA DE BALANCEO INDEPENDIENEMENTE DEL VALOR DE LA VELOGIDAD ANGULAR, LA CUAL SE RRQUINTE SOLAMERTE PLEA OPERTER UN VALOR REAL DE DESBALANCEO EN DIGRA VELOGIDAD. **n**₁ 4500 RADIO DE GIRO DE LA MASIVELA (EN MESES) 7: .0508 PESO DE LA MARIVELA (RM RG.) **[]:** 1.560 PESO DE LA BITZA (RH RG.) **7**1 . 9355 PESO DEL PISTOR (RS KG.) 71 . 4742 LONGITUD RACHT RL CHATPO DE CREAPDED ET LA MANIVELA Y SU CENTRO DE GINO 71 .035 LOYGITUD ENTRY BL CEPTRO DE GRAVEDAD DE LA DIRLA Y EL CENTTO DEL COTO DE LA MANT-VRLA (EN METROS): P1 .04836 LORGETUD FUTRE EL CENTRO DE CANEDAD DE LA DIELA I PL CERTER DES FERRO DES PISTOR (RY MPTPOS): 71: . 15164 RADIO DE GIRO DE 11 MASA DE BALARORO (RU HERRED) **P**1 . 0508 SOMGIOUD TOTAL (RMODE CENERCE) OF 11 BISCA (RY MESPAS) 71 . ? PROPORCIONS PL ARCULO (ET COUDAS) RETYP BOR 2 RANCOR DE PISTONERI **P**1

100

RL VALOR DE LA MASA DE LA MANIVELA ES: 0.15984 BL VALOR DE LA NASA DE LA BIELA SSI 0.095362 BL VALOR DE LA MASA DEL PISTON PS: 0.040338 BL VALOR DE LA MASA ROTATORIA (M-) ES: 0.25473 BL VALOR DR LA MACH OSCILATORIA (MO) PS: 0.071397 BL VALOR DP LA MASK PIJA (M.) PS1 0. 49713 BL VALOR DE LA VELOCIDAD AUGULAN (OVEGA) PSI 471.24 RE VALOR DR DA PURREA RETATIVA (PPOT) 851 2073.5 PROPORCIONS NE VALOR DE LOS INCREMPREDE A LA MASA DE BALAPCES (RE U.T. ...) 0:

.015

-138-
LOS VRIAMES	DE 145 FU	TRAAS AFSULTAR	1755
VEGTORIALES	🗶 SUS AMG	ULAS (PARA 360	GRADOS)
0	4484.5	0	
10	4444.	6.4465	and the second
20	4327.1	13.128	
30	4140.9	20,303	
an ang 11 40 - 11 - 1	3900.4	28,266	
50	3627	37,368	
60 s	3349.7	47. 21	
70	3105.5	60.403	a da anti-
● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ●	2935.1	74.F15	•
90	2873.0	9.0	
100	2935.1	74,615	
110	3105.5	60.403	
120	3349.7	47,971	
130	3627	37.368	
140	3900.4	28.266	
150	4140.0	20,303	
16 0 ,	4327.1	13,120	and the second sec
177	84 84 87 84 . 84	-6.4465	
180	4424.5	0	
190	44 44 44 44 . 44	6.4465	
200	4327.1	13.128	
210	4140.9	20,303	
220	3900.4	28,266	
230	3527	37,368	
240	3349.7	47,981	
250	3105.5	60,403	
260	2935.1	74,615	
270	2873.6	90	
280	2935.1	74,615	
290	3105.5	60,403	
300	3349.7	-47,971	
31 0	3627	* 37, 34#	
320	3700.4	28.266	
330	4147.9	20.303	
340	4127.1	11,128	
350	An an an an _a an	T	•.

SAS

VECTORIALES Y SUS ANGULOS (PARA 360 GRADOS) SON: 0 1610.9 0 10 1586.4 0 20 1513.7 0 30 1395 0 40 1234 0 50 1035.4 0 60 005.3 0 70 550.94 0 10 279.72 0 110 550.94 0 130 1035.4 0 140 1234 0 150 1395 0 160 1513.7 0 160 1513.7 0 160 1513.7 0 160 1513.7 0 190 1586.4 0 190 1586.4 0 200 1513.7 0 210 1395 0 220 1513.7 0 230 1035.4 0 240 005.43 0 350 1035.4 0 250 279.72 0 260 279.72 0 270 0 280 279.72 0 290 50.94 0 300 1035.4 0 300 1005.4 0 300 1005.	105 VAL	ORTS DE LAS	FUERZA	S RESUL	TANTES		
0 1610,9 0 10 1586.4 0 20 1513.7 0 30 1395 0 40 1234 0 50 1035.4 0 60 805.3 0 70 550.94 0 80 279.72 0 90 0 0 100 279.72 0 110 550.94 0 120 005.43 0 130 1035.4 0 140 1234 0 150 1395 0 160 1513.7 0 170 1566.4 0 100 1566.4 0 100 1566.4 0 100 1566.4 0 200 1513.7 0 210 1395 0 210 1395 0 210 1395 0 210 1395 0 210 1395 0 210 153.4 0 210 1595 0	VECTORI	ALES Y SUS	ANGULOS	PARA	360 674	DOS	SON
10 1586.4 20 1513.7 30 1395 40 1234 50 1035.4 60 805.3 70 550.94 60 279.72 90 0 100 279.72 90 0 110 550.94 120 005.43 130 1035.4 140 1234 150 1395 160 1513.7 170 1586.4 180 1513.7 170 1586.4 180 1513.7 210 1395 220 1513.7 210 1395 220 153.4 230 005.43 230 005.43 230 005.43 230 005.43 240 005.43 250 550.94 250 550.94 260 279.72 0 270 6 260 279.72 0 270 6 260 279.72 0 270 6 260 279.72 0 270 6 260 279.72 0 270 6 300 005.43 0 300 005.43 0 300 005.43 0 300 1035.4 0 300 1005.4 0 300 1005.4 0 1005.4	0	1610.9	0				
20 1513.7 0 30 1395 0 40 1234 0 50 1035.4 0 60 805.3 0 70 550.94 0 100 279.72 0 110 550.94 0 120 005.43 0 130 1035.4 0 140 1234 0 150 1395 0 160 1513.7 0 160 1513.7 0 160 1513.7 0 170 1586.4 0 200 1513.7 0 210 1395 0 220 1535.4 0 220 1535.4 0 220 1535.4 0 230 005.43 0 230 005.43 0 230 005.43 0 240 005.43 0 250 279.72 0 270 0 270 0 270 0 270 0 270 0 270 0 270 550.94 0 270 0	10	1586.4	0				
30 1395 0 40 1234 0 50 1035.4 0 60 805.3 0 70 550.94 0 80 279.72 0 90 0 0 100 279.72 0 110 550.94 0 120 905.43 0 130 1035.4 0 130 1035.4 0 140 1234 0 150 1395 0 160 1513.7 0 170 1586.4 0 180 1513.7 0 190 1586.4 0 190 1513.7 0 210 1395 0 220 1234 0 230 1035.4 0 230 1035.4 0 230 1035.4 0 230 1035.4 0 310 1035.4 0 330 1395 <td< td=""><td>20</td><td>1513.7</td><td>0</td><td></td><td></td><td></td><td></td></td<>	20	1513.7	0				
40 1234 0 50 1035.4 0 60 805.3 0 70 550.94 0 80 279.72 0 90 0 0 100 279.72 0 110 550.94 0 120 005.43 0 130 1035.4 0 130 1035.4 0 140 1234 0 150 1513.7 0 160 1513.7 0 170 1566.4 0 100 1610.9 0 190 1566.4 0 210 1395 0 210 1395 0 220 1234 0 230 1035.4 0 240 605.43 0 250 1035.4 0 260 279.72 0 270 0 0 300 1305.4 0 310 1305.4 <td< td=""><td>30</td><td>1395</td><td>0</td><td></td><td></td><td></td><td></td></td<>	30	1395	0				
50 1035.4 0 60 805.3 0 70 550.94 0 80 279.72 0 90 0 0 100 279.72 0 110 550.94 0 120 005.43 0 130 1035.4 0 140 1234 0 150 1395 0 160 1513.7 0 170 1566.4 0 190 1566.4 0 190 1566.4 0 190 1513.7 0 210 1395 0 220 1513.7 0 230 1035.4 0 240 05.95 0 250 50.94 0 300 605.43 0 310 1035.4 0 320 1234 0 320 1234 0 320 1395 0 320 1394 <td< td=""><td>40 .</td><td>1234</td><td>0</td><td></td><td></td><td></td><td></td></td<>	40 .	1234	0				
60 805.3 0 70 550.94 0 80 279.72 0 90 0 0 100 279.72 0 110 550.94 0 120 005.43 0 130 1035.4 0 140 1234 0 150 1395 0 160 1513.7 0 170 1586.4 0 180 1595 0 190 1586.4 0 190 1586.4 0 190 1586.4 0 210 1395 0 220 1234 0 230 1035.4 0 240 005.43 0 250 270.72 0 270 0 0 300 1035.4 0 310 1035.4 0 320 1234 0 330 1395 0 340 1513.7 0	50	1035.4	0				
70 550.9% 0 80 279.72 0 90 0 0 110 550.9% 0 110 550.9% 0 120 905.43 0 130 1035.4 0 140 1234 0 150 1395 0 160 1513.7 0 170 1566.4 0 140 153.7 0 170 1566.4 0 180 1513.7 0 190 156.4 0 190 1586.4 0 190 1586.4 0 190 1586.4 0 200 1513.7 0 210 1035.4 0 220 1035.4 0 230 1035.4 0 240 05.43 0 300 1035.4 0 310 1035.4 0 310 1395 0 350 1506.4	60	805. 3	0				
0 279.72 0 90 0 0 100 279.72 0 110 550.94 0 120 005.43 0 130 1035.4 0 140 1234 0 150 1395 0 160 1513.7 0 170 1586.4 0 180 1513.7 0 190 1586.4 0 190 1586.4 0 190 1586.4 0 210 1395 0 220 1513.7 0 210 1395 0 220 1513.7 0 230 1035.4 0 230 1035.4 0 240 605.43 0 250 279.72 0 270 0 0 300 05.43 0 310 1035.4 0 320 1234 0 320 1395 <t< td=""><td>70</td><td>550.94</td><td>0</td><td></td><td></td><td></td><td></td></t<>	70	550.94	0				
90 0 0 100 279.72 0 110 550.94 0 120 005.43 0 130 1035.4 0 140 1234 0 150 1395 0 160 1513.7 0 170 1586.4 0 160 1513.7 0 170 1586.4 0 180 1513.7 0 190 1586.4 0 190 1586.4 0 190 1586.4 0 200 1513.7 0 210 1395 0 220 1234 0 230 1035.4 0 240 05.43 0 250 279.72 0 270 0 0 270 0 0 350 159.4 0 350 159.4 0 350 159.4 0 350 159.4 0	0	279.72	0		· · ·		
100 279.72 0 110 550.94 0 120 005.43 0 130 1035.4 0 140 1234 0 150 1395 0 160 1513.7 0 170 1586.4 0 100 1610.9 0 190 1596.4 0 200 1513.7 0 210 1395 0 220 135.4 0 230 005.43 0 240 005.43 0 250 279.72 0 260 279.72 0 260 279.72 0 260 279.72 0 260 550.94 0 300 005.43 0 310 1035.4 0 300 005.43 0 310 1035.4 0 300 1513.7 0 350 1596.4 0 261 234 0 350 1595 0 350 1596.4 0 271 0 0 272 0 0 275 0 275 0 275 0 275 0 276 0 277 0 270	90	0	0				
110 550,94 0 120 005.43 0 130 1035.4 0 140 1234 0 150 1395 0 160 1513.7 0 100 1610.9 0 100 1506.4 0 200 1513.7 0 210 1395 0 200 05.43 0 200 05.43 0 200 550.94 0 200 279.72 0 200 550.94 0 200 279.72 0 200 550.94 0 200 0.5.43 0 310 1035.4 0 300 0.5.43 0 310 1035.4 0 320 1234 0 310 1035.4 0 320 1234 0 310 1035.4 0 320 1513.7 0 350 1596.4 0 <i>RL VALOP DE LA WEDIA CUADRATICA DE LAS PUEREAS</i> <i>PP UP CICLO F5</i> 1	100	279.72	0				
120 005.43 0 130 1035.4 0 140 1234 0 150 1395 0 160 1513.7 0 170 1566.4 0 100 1510.9 0 100 1506.4 0 200 1513.7 0 210 1395 0 220 1234 0 230 1035.4 0 240 005.43 0 240 005.43 0 240 005.43 0 250 550.94 0 260 279.72 0 270 0 0 200 279.72 0 200 550.94 0 310 1035.4 0 310 1035.4 0 310 1035.4 0 310 1035.4 0 310 1035.4 0 310 1395 0 340 1513.7 0 350 1596.4 0 8L VALOW DE LA WEDI' CUADWATICA DE LAS FUEREAS FF UP CICLO F5:	110	550,94	0				
130 1035.4 0 140 1234 0 150 1395 0 160 1513.7 0 170 1586.4 0 100 1516.4 0 200 1513.7 0 210 1395 0 220 1234 0 230 1035.4 0 240 005.43 0 240 005.43 0 250 279.72 0 260 279.72 0 270 0 200 279.72 0 290 550.94 0 200 05.43 0 310 1035.4 0 320 1234 0 310 1035.4 0 320 1234 0 310 1035.4 0 320 1234 0 310 1513.7 0 320 1513.7 0 320 1513.7 0 320 1513.7 0 320 1513.7 0 320 1513.7 0 320 1506.4 0 320 1513.7 0 320 1513.7 0 320 1513.7 0 320 1505.4 0 320 1513.7 0 320 1505.4 0 320 1513.7 0 320 1505.4 0 320 1513.7 0 320 1505.4 0 320 1513.7 0 320 1505.4 0 320 1505.5	120	805.43	0			, ser a	
140 1234 0 150 1395 0 160 1513.7 0 170 1566.4 0 190 1596.4 0 200 1513.7 0 210 1395 0 220 1234 0 230 005.43 0 260 279.72 0 260 279.72 0 260 279.72 0 260 279.72 0 290 550.94 0 200 005.43 0 310 1035.4 0 310 1035.4 0 310 1035.4 0 310 1035.4 0 310 1513.7 0 310 1513.7 0 310 1513.7 0 310 1513.7 0 310 156.4 0 240 25.1 0 250	130	1035.4	0				
150 1395 0 160 1513.7 0 170 1566.4 0 100 1610.9 0 190 1506.4 0 200 1513.7 0 210 1395 0 220 1234 0 230 1035.4 0 240 005.45 0 250 550.94 0 260 279.72 0 270 0 270 0 270 0 270 550.94 0 300 05.43 0 310 1035.4 0 320 1234 0 320 1234 0 320 1395 0 340 1513.7 0 350 1596.4 0 EL VALOR DE LA MEDIA CUADRATICA DE LAS PUEREAS FR UP CICLO FS:	140	1234	0				
160 1513.7 0 170 1566.4 0 100 1610.9 0 190 1506.4 0 200 1513.7 0 210 1395 0 220 1234 0 230 1035.4 0 240 005.43 0 260 279.72 0 270 0 270 0 270 0 270 550.94 0 300 05.43 0 310 1035.4 0 300 05.43 0 310 1035.4 0 320 1234 0 330 1395 0 340 1513.7 0 350 1596.4 0 EL VALOR DE LA MEDIA CUADRATICA DE LAS PUEREAS FR UP CICLO FS:	150	1395	0		inter produced		
170 1566. • 0 100 1610. • 0 190 1506. • 0 200 1513. 7 0 210 1395 • 220 1234 0 230 1035. • 0 240 005. • 5 250 550. • • 0 260 279. 72 0 270 0 270 0 270 0 270 550. • • 0 200 279. 72 0 290 550. • • 0 200 05. • 5 300 1035. • 0 310 1035. • 0 310 1035. • 0 310 1035. • 0 310 1513. 7 0 350 1596. • 0 EL VALOR DE LA MEDI ¹ CUADRATICA DE LAS PUEREAS FR UP CICLO FS:	160	1513.7	0			in strat	, in a mark
100 1610.9 190 1506.4 200 1513.7 210 1395 220 1234 230 1035.4 240 005.45 250 550.94 260 279.72 270 0 270 0 270 0 270 550.94 300 05.43 310 1035.4 310 1035.4 310 1035.4 310 1035.4 310 1513.7 310 1513.7 310 1595.4 310 1595.4 31	170	1586.4	0				
190 1506.4 200 1513.7 210 1395 0 220 1234 0 230 1035.4 240 005.45 0 250 550.94 0 260 279.72 0 270 0 290 550.94 0 300 05.43 0 310 1035.4 320 1234 0 320 1234 0 320 1513.7 0 350 1596.4 0 RL VALOR DE LA MEDIA CUADRATICA DE LAS PUEREAS FR UP CICLO FS:	100	1610.9	0				
200 1513.7 210 1395 220 1234 230 1035.4 240 005.45 250 550.94 260 279.72 270 0 270 0 270 0 270 550.94 300 279.72 290 550.94 300 005.43 310 1035.4 320 1234 330 1395 340 1513.7 350 1596.4 0 EL VALOR DE LA MEDIA CUADRATICA DE LAS PUEREAS FR UP CICLO FS:	190	1586.4	0				
210 1395 220 1234 230 1035.4 240 005.45 250 550.94 260 279.72 270 0 270 0 270 0 270 550.94 300 279.72 290 550.94 300 005.43 310 1035.4 310 1035.4 310 1035.4 310 1395 340 1513.7 350 1596.4 0 RL VALOR DE LA MEDIA CUADRATICA DE LAS PUEREAS FR UP CICLO FS:	200	1513.7	0				
220 1234 0 230 1035.4 0 240 005.43 0 250 550.94 0 260 279.72 0 270 0 0 200 279.72 0 290 550.94 0 300 005.43 0 310 1035.4 0 320 1234 0 330 1395 0 340 1513.7 0 350 1596.4 0 EL VALOR DE LA MEDIA CUADRATICA DE LAS PUEREAS FR UP CICLO FS:	210	1395	ė				
230 1035.0 200 005.03 250 550.90 260 279.72 270 0 270 0 270 550.90 300 05.03 300 05.03 310 1035.0 310 1035.0 310 1395 0 310 1513.7 350 1596.0 840 1513.7 350 1596.0 840 1513.7 350 1596.0 840 1513.7 350 1596.0 350 15	220	1234	0				
240 005.45 250 550.94 0 260 279.72 0 270 0 270 0 270 550.94 0 300 005.43 0 310 1035.4 0 320 1234 0 330 1395 0 340 1513.7 0 350 1596.4 0 EL VALOR DE LA MEDI ⁴ CUADRATICA DE LAS PUEREAS FR UP CICLO FS:	230	1035.4	0				
250 550.94 0 260 279.72 0 270 0 0 290 550.94 0 300 05.43 0 310 1035.4 0 320 1234 0 330 1395 0 340 1513.7 0 350 1596.4 0 EL VALOR DE LA MEDIA CUADRATICA DE LAS PUEREAS FR UP CICLO FS:	240	805.43	•				
260 279.72 0 270 0 0 200 279.72 0 290 550.94 0 300 005.43 0 310 1035.4 0 320 1234 0 330 1395 0 340 1513.7 0 350 1596.4 0 EL VALOR DE LA MEDIA CUADRATICA DE LAS PUEREAS FR UP CICLO FS:	- 250	\$50,94	0				
270 0 0 200 279.72 0 290 550.94 0 300 005.43 0 310 1035.4 0 320 1234 0 330 1395 0 340 1513.7 0 350 1596.4 0 EL VALOR DE LA MEDIA CUADRATICA DE LAS PUEREAS FR UP CICLO FS:	260	279.72	0				
200 279.72 0 290 550.94 0 300 005.43 0 310 1035.4 0 320 1234 0 330 1395 0 340 1513.7 0 350 1596.4 0 EL VALOR DE LA MEDIA CUADRATICA DE LAS PUEREAS FR UP CICLO FS:	270	0 - 1	0				iyaa (h. 1997). 1997 - Andrea (h. 1997).
290 \$50.94 0 300 005.43 0 310 1035.4 0 320 1234 0 330 1395 0 340 1513.7 0 350 1596.4 0 EL VALOR DE LA MEDIA CUADRATICA DE LAS PUEREAS FR UP CICLO ES:	200	279.72	0				
300 003.43 0 310 1035.4 0 320 1234 0 330 1395 0 340 1513.7 0 350 1596.4 0 250 1596.4 0 250 1596.4 0 250 1596.4 0 250 1596.4 0 250 1596.4 0 250 1596.4 0 250 1596.4 0	290	\$50,94	0				
310 1035.4 0 320 1234 0 330 1395 0 340 1513.7 0 350 1506.4 0 EL VALOR DE LA MEDIA CUADRATICA DE LAS PUEREAS FR UP CICLO ES:	300	005.43	0				
320 1234 0 330 1395 0 340 1513.7 0 350 1506.4 0 250 1506.4 0 250 1506.4 0 250 1506.4 0 250 1506.4 0 250 1506.4 0 250 1506.5 0 250 251 0	310	1035.4	0				
330 1395 0 340 1513.7 0 350 1506.4 0 EL VALOR DE LA MEDIA CUADRATICA DE LAS PUEREAS FR UP CICLO ES:	320	1234	0				
340 1513.7 0 350 1506.4 0 EL VALOR DE LA MEDIA CUADRATICA DE LAS PUERSAS FR UP CICLO ES:	330	1395	0				
BL VALOR DE LA MEDIA CUADRATICA DE LAS PUERSAS FR UP CICLO ES:	340	1513.7	•				
EL TALON DE LA MPDI ¹ cuadratica de las puersas PR up cicbo es:	350	1596.4	0				
FW UP CICLO ES:	EL VALO	T DE LA MPA	DIA CUADA	RATICA	DE LAS	PUPRE.	A 3
	FR UP C	ICBO ES:				~	

LOS VALOPES	DE LIS FU	IERZAS RESULTA.	FTFS
VECTORIALES	Y SUS AMO	73675 (PARA 36)	O GRADOS) SON:
0	1441.6	0	
10	1420	1.1857	le de la companya de
20	:355.3	-2.4463	
30	1251.4	3. 2769	
• • 0	1109.7	5.625	
50	935.69	7.9631	
60	735.56	11.492	
70	518.07	17.974	
80	309.73	33.651	
90	169.21	90	
100	900.73	33.651	
110	518. 7	17.876	
120	735.56	11.497	
130	935.69	7.9633	
140	1109.7	5.625	and the second production of
150	1251.4	3.8769	
160	1355.9	2.446.3	
170	1420	1.1887	
180	1441.6	0	
190	1420	-1.1157	
200	1355.9	7.4463	
210	1251.4	-3.0769	
220	1109.7	°6 428	
230	915.69	7 0639	
260	715.86		
250	518.07	-17 47	
260	300.73	-33 484	
270	169.21		a state and the state of the st
280	300.73	90 gla	
290	S10 07		
300	716.64		
110	016 AG		
320	4408 9	7.9031 6.888	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
110	1781 -	7,7/ 3 8 88	2
340		J. 8789	
350	1420	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	•
PL VALOR DE		1.1057	
2# 1# CTCTC	- L.M. 137 17 1 M.L.M. - 1994 -	GUI STRTIT DE	468 EUST785
	7 J T		

VALOR	PS DF LAS P	URRZAS RESULTAR	?? \$
CRIAL	RS Y SUS AT	CULOS (PARA 360	CRADOS) SCT
0	1272.4	0	
10	1254.5	2.6851	
20	1201.3	5.5293	· · · · ·
30	1114.9	8.7301	$1 \leq 1 \leq n \leq $
	998.71	12.581	e de la composición d La composición de la c
50	858	17.587	
60	700.48	24.734	
70	539.01	36,150	
80	399.00	-56.057	
90	330.43	90	
100	399.00	56.457	
110	\$39.01	36.150	
120	700.48	24.734	
130	050	17.507	
140	990.71	12.501	
150	1110.9	8.7301	
160	1201.3	5.5293	
170	1258.5	2.6851	
100	1272.4	9	
190	1254.5	7 4841	
200	1201.3	-5.5293	
210	1116.9	8 .7301	
220	999.71	-12.601	
230	858	17.587	
240	700.68	- 28 - 738	
250	\$39.01	-34.140	· · · ·
260	397.00		
270	338.63		
200	339.00	56 . n 67	
290	\$39.01	16.150	
300	700.40	24.754	
310	858	17.607	
320	998.71	12.501	
310	1114.9	9.9301	
340	1201.3	5.8284	
350	1254.4	2.8041	
YALOR	DE LA NEDIA	CUARPATICA DE	1.48 87842.48

LOS VALOPES	DE LAS EVE	RZAS PFSULTATI	TS COR
VECTORIALES	Y SUS ANGU	INS (PARA 360	CRADOS) SUNI
0	1103.2	0	
10	1090	4.6387	
20	1051.1		
30	988.55	14.078	
	905.91	21.112	
50	#08.76	28.74	
60	705.37	_38.5 55 //	
70	602.22	51.657	
80	535.38	-69.034	
	507.64	90	
100	535.38	69,034	
110	€38.22	51.657	
120	705.37	38.555	
110	802.75	20.74	
140	905.91	21.112	a an
150		14.878	
160	1051.1	9.5077	•
170	1090	4.6387	
180	1103.2	0	· · · · ·
190	1090	-4,6387	
200	1051.1	9.5077	
210	944.55	- 14.878	
220	905.91	21.112	
230	808.76	-28.74	
240	705.37	-38.555	
260	608.22	-51,657	
260	535.38	-64.034	
270	507.64	-90	
280	535.30	69.034	
290	A08.22	51.657	
300	705.37	78.555	
110	802.75	28.74	
120	905.71	21.112	
110	928.55	14.878	•
140	1051.1	7,5077	
350	1000	4,6387	
R. VALOR I	DE LA MEDIA	CUPDRATICA DE	LAS FUFR 7AS
	10 FS1		
	·····		

VECTORIALES Y SUS ARCULOS (PARA 360 TPADOS) 0 933.99 0 10 927.28 7.2819 20 907.68 14.776) 507;
0 933,99 0 10 927.28 7.2819 20 907.68 14.776	
10 927.28 7.2819 20 907.68 14.776	
20 907.EE 14.776	
30 876.81 22.704	
40 837.38 31.303	
50 793.27 40.816	
60 749.46 51.456	
70 711.75 63.332	
80 686.02 76.325	
90 676.26 90	
100 686.02 76.325	
110 711.75 63.332	
120 749.46 51.456	
130 793.27 40.016	
140 837.38 31.303	
150 976.81 22.704	1. dr. 19 - 19 - 19 - 19 - 19 - 19 - 19 - 19
160 907.48 14.776	وريا ومعددات وهدا
170 927.28 7.2819	
100 933,99 0	
190 927.20 7 2019	
200 907.48 14.778	
210 876,81 22,704	
220 837,38 31,303	
230 793,27 40,816	
240 749.46 \$1.456	e francis
250 711,75 63,332	
260 6R6.02 76.325	
270	
200 686.02 78.325	e gade e su tan un
290 711.78 63.332	
300 743.46 51.456	
310 793.27 40.816	
320 837.38 31,303	
330 876.81 22.704	
340 907.68 14,776	
350 927.28 7.2819	
BL VALOR DE LA MEDIA CUAPRATICA DE LAS PUES BE UR CICLO ES:	EAP .

0 744,70 0 10 767.36 11.038 2C 774.73 21.933 30 765.09 32.867 40 799.37 42.97 50 613.47 52.021 60 026.5 62.441 70 036.97 71.709 80 045.74 60.944 90 045.74 60.944 90 045.74 60.944 90 045.74 60.944 110 036.97 71.709 120 626.5 62.441 130 013.47 52.021 140 799.37 42.07 150 765.09 32.567 160 774.73 21.933 170 764.76 11.036 100 764.79 0 190 764.79 21.933 170 765.69 32.567 220 799.37 42.07 230 613.47 52.021 240 25.5 60.944 200 774.73 21.933 210 765.69 72.901 200 774.73 21.935 210 765.69 72.901 200 774.73 72.021 200 99.57 42.07 200 90.57 42.07 200 90.57 42.07 200 90.50 90.50 90.50 200 90.50 90.50 90.50 90.50 200 90.50 90.50 90.50 90.50 200 90.50 9	VECTORIALES	T SUS	ANGULOS (DADA 36	7280 0 690005	1 60
10 767.36 11.038 20 774.73 21.933 30 765.69 32.867 40 799.37 42.97 50 613.47 52.921 60 926.5 62.441 70 936.97 71.709 80 946.07 90 100 946.07 90 100 945.74 60.944 90 946.07 90 100 945.74 60.944 91 95.97 71.709 120 926.5 62.441 130 913.47 52.021 140 799.37 42.07 150 767.36 11.036 160 764.78 11.036 160 764.79 10 190 765.09 32.867 160 774.73 21.933 170 765.09 72.867 200 774.79 21.933 210 765.09 72.867 220 799.37 42.07 230 613.47 52.021 240 926.5 62.441 250 937 42.97 250 613.47 90 92.867 260 93.74 79 21.933 210 765.09 71.709 260 93.74 70.90 260 93.74 70.90 260 93.74 70.90 260 93.75 90 260 94.5 90 260 97.57 90 350 76.97 90 350 76.97 90 350 76.97 90 350 76.97 90 260 97.59 97.59 90 260 97.59 97.59 90 260 97.59	0	764.78	0		• • • • • • • • •	
2C 774.73 21.933 30 765.69 32.567 40 79.37 42.97 50 613.47 52.921 60 926.5 62.441 70 636.97 71.799 80 643.74 70.944 90 90 90 90 93.74 60.944 90 93.74 60.944 90 93.74 60.944 90 93.74 60.944 91 93.74 60.944 91 93.74 60.944 91 93.74 60.944 92 94.77 93.97 93 93.74 60.944 94 93.74 93.97 95 93.97 92.97 95 93.2567 93.93 96 94.73 93.93 97 94.97 93.93 98 613.47 92.97 99 94.97 92.97 90 94.97 92.97 90 94.97<	10	767.36	11.038			
30 785.89 32.867 40 799.37 42.97 50 613.47 52.921 60 926.5 62.441 70 96.97 71.789 60 946.07 90 100 946.07 90 100 946.07 90 100 946.07 90 100 946.07 90 100 946.07 90 100 946.07 90 100 946.07 90 100 946.07 90 100 913.47 92.921 140 799.37 42.07 150 705.09 32.367 160 74.73 11.030 100 76.09 32.367 200 774.73 71.709 210 706.09 32.367 220 790.37 42.07 230 706.97 71.709 240 92.61 92.021 240 92.67 71.709 240 <	20	774.73	21,933	•		
40 799.37 42.07 50 613.47 52.921 60 926.5 -62.441 70 936.97 71.789 80 643.74 60.944 90 90 90 100 644.07 90 100 936.97 71.789 110 936.97 71.789 120 626.6 62.441 130 913.47 92.021 140 74.75 21.93 150 745.99 32.567 150 767.36 11.036 160 744.79 21.933 170 767.36 11.036 180 767.36 12.037 200 74.73 21.933 210 76.60 32.667 220 790.37 42.07 230 76.97 50.93 240 92.67 71.709 250 93.74 92.021 260 92.67 71.709 260 92.67 92.021	30	785.89	32.567	•		
50 013.47 52.021 60 026.5 -62.441 70 036.97 71.700 80 043.74 00.944 90 046.07 90 100 045.74 00.944 110 036.97 71.700 120 026.8 02.441 130 013.47 52.021 140 709.37 02.07 150 765.09 32.567 160 74.73 21.933 170 767.36 11.036 180 744.70 0 190 767.36 11.036 100 767.36 12.037 100 767.36 12.038 200 744.70 0 190 767.36 12.038 210 76.07 12.038 210 76.07 12.037 220 700.37 -2.07 230 026.6 -72.07 240 026.6 -72.07 250 036.07 71.700	40	799.37	42.87			
60 626.5 62.441 70 636.97 71.789 80 643.74 60.944 90 646.07 90 100 645.74 60.944 91 60.647 90 110 656.97 71.789 120 626.6 62.441 130 613.47 52.621 146 799.37 42.97 150 765.69 32.567 160 764.73 21.933 170 767.36 11.036 180 766.69 32.567 190 767.36 11.036 190 767.36 11.036 100 766.69 32.567 200 774.73 21.933 210 766.60 32.667 210 766.67 71.769 210 766.67 71.769 210 766.67 71.769 210 92.67 71.769 210 92.67 71.769 200 92.67 92.61	50	813.47	\$2.921			
70 836.97 71.789 80 843.74 80.944 90 90 100 843.74 60.944 110 836.97 71.709 120 826.97 71.709 120 826.97 71.709 120 826.97 71.709 120 813.47 92.921 140 79.37 42.97 150 705.09 92.567 160 764.73 21.933 170 767.36 11.030 160 764.75 91.933 170 767.36 11.030 180 767.36 11.030 190 767.36 11.030 190 765.09 32.807 200 774.73 21.933 210 766.09 32.01 200 774.73 21.933 210 766.07 90 200 74.75 90.04 200 90.37 90.04 200 90.37 90.04 200 <th>60</th> <th>926.5</th> <th>62.441</th> <th></th> <th></th> <th></th>	60	926.5	62.441			
80 843.74 80.944 90 848.07 90 100 848.07 90 110 836.97 71.789 120 626.5 62.441 130 813.47 82.921 140 799.97 42.07 150 705.09 32.567 160 744.79 0 190 767.36 11.030 140 704.79 21.933 170 767.36 11.030 180 764.79 0 190 767.36 11.030 100 767.36 12.97 210 766.99 32.867 220 799.37 42.07 230 613.07 52.021 240 92.5 62.441 250 93.74 60.944 270 94.07 52.021 280 93.74 60.944 270 94.07 95.021 300 95.97 17.79 310 91.97 92.021 <t< th=""><th>70</th><th>836.97</th><th>71.789</th><th></th><th></th><th></th></t<>	70	836.97	71.789			
00 046.07 90 100 043.74 00.944 110 036.97 71.709 120 026.6 02.441 130 013.47 52.021 140 799.97 42.07 150 767.36 11.036 160 764.79 0 160 764.79 0 190 774.79 21.933 170 767.36 11.036 180 765.09 32.567 180 767.36 11.036 200 774.79 21.933 210 765.09 32.507 220 790.37 42.07 230 613.07 52.021 240 92.5 62.441 250 93.74 60.944 270 046.07 90 280 93.74 60.944 270 046.07 90 280 92.6 62.441 210 92.6 62.441 210 92.6 62.441 9	80	843.74	80.944			
100 043.74 00.944 110 036.97 71.709 120 026.8 02.441 130 013.47 52.021 140 799.37 42.07 150 705.09 32.567 160 774.73 21.933 170 767.36 11.030 180 744.79 0 190 767.36 11.030 180 767.36 11.030 180 767.36 11.030 190 767.36 11.030 190 767.36 11.030 190 767.36 12.07 200 74.73 21.933 210 706.07 12.07 220 790.37 42.07 230 020.8 62.441 210 030.74 00.944 210 030.75 00.944 210 030.75 0.944 210 030.97 1.709 200 040.97 9.09 200 040.97 9.09	90	846.07	90			
110 036.97 71.709 120 026.8 02.441 130 013.47 52.021 140 799.97 42.07 150 705.09 32.567 160 774.73 21.933 170 767.36 11.030 180 767.36 11.030 180 767.36 11.030 180 767.36 11.030 180 767.36 11.030 190 767.36 11.030 190 767.36 12.933 210 766.09 32.867 220 790.37 42.07 230 613.07 52.021 240 626.8 62.441 250 636.97 71.709 260 643.74 60.944 270 646.8 62.441 250 636.97 71.709 360 626.8 62.441 310 613.47 52.021 320 74.93 62.941 310 746.97 62.07	100	843.74	80.944			
120 026.8 02.445 130 013.47 52.021 140 799.37 42.07 150 705.09 32.567 160 704.73 21.933 170 767.36 11.030 100 767.36 11.030 200 774.73 21.933 210 705.09 32.867 220 799.37 42.07 230 013.47 52.021 240 026.8 62.441 250 036.07 71.709 260 045.74 60.944 270 046.07 30 200 036.97 71.709 300 75.00 32.667 300 765.00 32.567 300	110	836.97	71.789			
130 140 799.37 150 705.09 12.507 160 774.73 11.030 100 767.36 11.030 100 767.36 11.030 200 774.73 21.933 210 765.09 32.507 220 790.37 42.07 230 013.47 52.021 240 020.5 02.5 03.07 71.709 260 045.75 00.944 270 046.07 50 200 056.97 71.709 200 056.97 71.709 200 056.07 71.709 200 056.07 71.709 200 056.07 71.709 200 056.07 71.709 200 056.07 71.709 200 056.07 71.709 200 056.07 71.709 200 056.07 71.709 200 056.07 71.709 200 056.07 10.944 200 056.07 200 056.07 200 056.07 200 200 056.07 200 200 056.07 200 200 056.07 200 200 200 056.07 200 200 200 200 200 200 200 2	120	826.5	62.441	a de la composición d		
140 799.37 42.07 150 705.09 32.567 160 774.73 21.933 170 767.36 11.030 140 764.79 0 190 767.36 11.090 200 774.79 21.993 210 765.09 32.867 220 799.37 42.07 230 613.07 52.021 246 626.5 62.441 256 636.07 71.709 266 643.74 60.944 270 646.07 50 200 633.74 60.944 270 646.07 50 200 635.07 71.709 300 626.5 62.441 310 613.47 52.021 310 710.37 42.07 300 710.97 42.07 300 710.97 42.07 300 710.79 21.93 350 710.74 11.030 EL VALOR DE LA MPDIA CUADRATICA DF LAS PUPRSAL	130	013.47	52.821			
150 705.09 32.567 160 774.73 21.933 170 767.36 11.036 100 767.36 11.036 100 767.36 11.036 200 774.73 21.933 210 765.09 32.867 220 790.37 42.07 230 613.07 52.021 246 626.5 62.441 250 636.07 71.709 260 636.07 71.709 260 636.07 70.944 270 646.07 50 200 636.07 71.709 200 636.07 71.709 200 636.07 71.709 200 636.07 71.709 300 709.37 42.07 310 710.37 52.021 320 709.37 42.07 320 709.37 42.07 320 709.37 42.07 320 709.37 42.07 320 709.30 32.567 <	140	799.37	42.87		la esta en la factura de la composición de la composición de la composición de la composición de la composición Composición de la composición de la comp	te sege
160 774.73 21.993 170 767.36 11.038 140 764.79 0 190 767.36 11.098 200 774.79 21.993 210 765.69 32.867 220 799.37 42.67 230 613.47 52.021 246 626.8 62.441 216 636.67 71.709 266 643.74 60.944 270 646.07 50 200 635.07 71.709 300 626.6 62.441 310 613.47 52.021 310 710.37 42.67 300 710.37 42.67 300 710.37 42.67 300 710.37 42.67 300 710.37 42.67 300 710.97 42.67 300 710.79 21.93 310 710.79 21.93 310 710.79 21.93 310 710.79 21.93	150	705.09	32.567			1
170 767.36 11.036 100 764.70 0 190 767.36 11.036 200 774.73 21.933 210 765.00 32.867 220 799.37 42.07 230 015.07 52.021 240 020.8 67.441 250 036.07 71.709 260 043.76 60.944 270 046.07 50 200 036.07 71.709 300 020.6 02.441 310 013.47 50.944 310 013.47 50.944 310 013.47 52.021 320 790.37 42.07 350 700.37 42.07 350 705.00 32.667 350 705.00 705.	160	774.73	21.933			1.11
140 764.78 0 190 767.36 11.030 200 774.73 21.933 210 765.00 32.867 220 790.37 42.07 230 015.47 52.021 240 020.5 62.441 250 036.07 71.700 260 045.74 60.944 270 046.07 50 200 036.07 71.709 300 020.5 02.441 310 013.47 50.944 310 013.47 50.944 310 013.47 50.021 310 710.37 42.07 300 700.37 42.07 300 700.37 42.07 300 700.37 42.07 300 700.37 42.07 300 700.97 42.07 300 700.98 400	170	767.36	11.036			
190 767.36 11.030 200 774.73 21.993 210 765.00 32.867 220 790.37 42.07 230 013.47 52.021 240 020.5 62.441 250 036.07 71.709 260 043.74 60.944 270 046.07 50 200 036.07 75.00 200 036.07 75.00 200 036.07 75.00 310 013.47 52.021 310 710.37 42.07 350 700.37 42.07 350 700.37 42.07 350 705.00 32.667 340 774.73 21.030 EL VALOR DE LA MPDIA CUADRATICA DF LAS PUPRSAL ER UN CIGLO PS.	100	764.78	0			
200 774.73 21.993 210 706.09 32.567 220 799.37 42.07 230 613.47 52.021 240 626.5 62.441 250 636.07 71.709 260 643.74 60.944 270 646.07 90 260 643.74 60.944 270 646.07 90 200 643.74 60.944 270 646.07 90 200 643.74 60.944 270 646.07 90 200 643.74 60.944 270 646.07 90 200 643.74 60.944 200 636.97 71.709 300 626.6 62.441 310 613.47 52.021 320 76.97 62.97 320 76.93 32.97 320 774.73 21.933 350 767.96 11.038 BL VALOR DE LA MPDIA CUADRATICA DF LAS PUPREAL <	190	767.36	-11.030			
210 705.00 32.567 220 799.37 42.07 230 013.47 52.021 240 020.5 62.441 250 030.07 71.709 260 043.74 60.944 270 046.07 50 200 043 74 00.944 200 035.07 71.709 300 026.5 02.441 310 013.47 52.021 320 795.37 42.07 350 705.09 32.667 340 774.73 21.933 350 747 36 11.030 EL VALOR DE LA MPDIA CUADRATICA DP LAS PUPREAL ER UR CIGLO PS.	200	774.73	21.993			
220 799.37 42.07 230 013.47 52.021 240 020.5 62.441 250 030.07 71.709 260 043.74 60.944 270 046.07 50 200 043 74 00.944 200 036.97 71.709 300 026.5 02.441 310 013.47 52.021 320 799.37 42.07 330 795.99 32.67 340 774.73 21.933 350 747 96 11.030 EL VALOR DE LA MPDIA CUADRATICA DE LAS PUPREAL ER UR CIGLO PS.	210	785.09	32.867			
230 013.07 52.021 240 020.5 -02.001 250 030.07 71.709 260 043.70 -00.900 270 040.07 90 200 043.70 -00.900 200 043.70 -00.900 200 043.70 -00.900 200 043.70 -00.900 200 043.70 -00.900 200 043.70 -00.900 200 043.70 -00.900 200 043.70 -00.900 200 043.70 -00.900 200 043.70 -00.900 200 043.70 -00.900 200 043.70 -00.900 310 013.07 52.021 320 705.90 32.807 330 705.90 32.907 350 747.90 11.030 BL VALOR DE LA MPDIA CUADRATICA DE LAS PUPREAL BR UR CIGLO PS1	220	799.37	*42.87			
240 020.5 62.441 250 030.07 71.709 260 043.74 60.944 270 040.07 90 200 043.74 60.944 200 043.74 60.944 200 043.74 90.944 200 043.74 60.944 200 043.74 60.944 200 043.74 60.944 200 043.74 60.944 200 043.74 60.944 200 043.74 60.944 200 043.75 1.799 300 226.5 62.441 310 613.47 52.921 320 765.69 32.567 330 765.69 32.93 350 747.95 11.038 BL VALOR DE LA MPDIA CUADRATICA DE LAS PUPREAL ER UR CIGLO PS 74.73	230	613.47	-12.021			
260 036.07 71.709 260 043.74 00.944 270 046.07 90 200 043 74 00.944 200 036.07 71.709 300 026.6 02.441 310 013.47 52.021 320 749.37 42.07 330 745.09 32.667 340 774.73 21.933 350 747 96 11.030 EL VALOR DE LA MPDIA CUADRATICA DP LAS PUPREAL ER UR CIGLO PS.	240	026.5	-62.441			
260 443.74 ~60.944 270 046.07 ~90 200 043 74 00.944 200 036.07 71.709 300 026.6 02.441 310 013.47 52.021 320 749.37 42.07 330 765.00 32.667 340 774.73 21.933 350 747 96 11.030 EL VALOR DE LA MPDIA CUADRATICA DE LAS PUPRZAL ER UR CIGLO PS.	250	036.97	71,789			10.5
270 000.07 00 200 003 70 00.000 200 036.07 71.709 300 020.6 02.001 310 013.07 52.021 320 709.37 02.07 330 705.00 32.567 340 774.73 21.933 350 707 96 11.030 EL VALOR DE LA NEDIA CUADRATICA DE LAS PUERZAS ER UR CIGLO PS.	260	943.74	-80.944			
200 003 70 00.000 200 036.07 71.709 300 020.6 02.001 310 013.07 52.021 320 709.37 02.07 330 705.00 32.567 340 774.73 21.933 350 707 96 11.030 EL VALOR DE LA NEDIA CUADRATICA DE LAS PUERZAS ER UR CIGLO PS.	270	846.07	-90			
200 036.07 71.709 300 026.6 02.001 310 013.07 52.021 320 709.37 02.07 330 705.00 32.567 340 774.73 21.933 350 707 96 11.030 EL VALOR DE LA NEDIA CUADRATICA DE LAS PUERZAL ER UR CIGLO PS.	- 2 00 - 44 - 44	843.76				
300 026.5 02.441 310 013.47 52.021 320 709.37 42.07 330 705.00 32.567 340 774.73 21.933 350 747.96 11.030 BL VALOR DE LA NEDIA CUADRATICA DE LAS PUERZAL BR UN CIGLO PS.	200	\$36.97	71.799			i serie i s
310 013.47 52.021 320 700.37 42.07 330 705.00 32.567 340 774.73 21.933 350 767 96 11.030 EL VALOR DE LA NEDIA CUADRATICA DE LAS PUERZAL ER UN CIGLO PS.	300	126.5	42.441			
320 799.37 42.87 330 705.09 32.867 340 774.73 21.933 350 767 36 11.030 BL VALOR DE LA NEDIA CUADRATICA DE LAS PUERSAL ER UN CIGLO PS.	310	813.47	\$2.021			
330 705.00 32.567 340 774.73 21.933 350 767 36 11.030 BL VALOR DE LA NEDIA CUADRATICA DE LAS PUERSAL EN UN CIGLO PS.	320	799.37	42.87			
340 774.73 21.933 350 747 36 11.030 BL VALOR DE LA NEDIA GUADRATICA DE LAS PUERSAL EN UN CIGLO PRI	330	785.89	32.567			
350 767 36 11.038 BL VALOR DE LA NEDIA GUADRATICA DE LAS PUERSAL EN UN CIGLO PRI	340	774.73	21.933			
EL VALOR DE LA NEDIA CUADRATICA DE LAS PUERSAL EN UN CIGLO PR	350	767 56	11.030	•	¢	
	EL VALOR DE	LA NPD PS1	IA CUADRA	tica de	LAS PUP	7 345

886.69

0.1:

HOS VALOFFS	-DE GAS E	UEYZAS RESU	GT#MTFS
VECTORIALES	Y SUE AM	CULOS (PARA	360 GPADOS) SON:
0	595.57	0	
10	612.44	- 16.73	
20	658.63	31.819	
30	723.69	44.545	
40	796.27	55.043	
50	865.86	63.793	
60	928.32	71.29	
70	975.56	77.948	and the second second second
80	1005.2		•
90	1015.3	90	
100	1005.2	84.095	
110	975.SE	77.948	and the second
120	928.32	71.29	
130	866.86	63.793	and a second second Second second
140	796.27	55.043	
150	723.69		
160	658.63	31.819	and the second
170	612.44	16.73	and the second
100	595.57	6	
190	612.44	*14.71	
200	658.63	-31.816	
210	723.49	- TAN. BAR	
220	796.27	-66.043	
230	866.86	-49.703	
240	928.32	-71 96	
250	875 LA	-77	
260	1005.2		
270	1015.5		
280	1005.9		e da servición de la construcción d
290	975.44	77 646	
300	828.32		
310			
320	784.97		
330	723 48		
340		44,343	
310		J1/U1V	
BL VALOR DR	TA MPDTA		
		COPUMATICA	ur les purtes
812.13	671		
LA NASA DP			
GINO EPIPAC	TRURRUNU Tomana me	VETTERA PAPA	FL TADIO DE
	COMPUS ES	Ŧ	•
~			

PROPORCIONE SOLAMENTE EL NUMERO DE DE CILIMDROS, EN UN BANCO, QUE COM-PRENDEN EL SISTEMA EN • V • . PNTEN-DIENDOSE QUE EL OTRO BANCO TIENE EL NISMO NUMERO DE CILINDROS: D:

11

PROPORCIONE LA DISPOSICION DE LOS CODOS DEL C GUENAL (EN GRADOS,DEJARDO UN ESPACIO ENTRE CIERAS), COPSIDERANDO CERO GRADOS PARA EL PRI-NER CODO.

A PARTIR DEL SPGUEDO INCLUSIVE, LA POSICION SE TOMARA A PARTIR DEL PRIMPR CODO.

0 180

2

PROPORCIONE LAS DISTANCIAS PUTTE EX. CENTRO DES. PRIMER CILINDRO (ER MPTROS, DEJANDO UN ESPACIO ENTRE CIPRAS) Y LOS CEPTROS DE LOS RESTANTES DI

0.19

.1

PROPORCIONE DA LORGITUD TOTAL DEL CIGUPPAL ENTRE APOYOS (ET METROS):

3:

.465 **PROPORCIONE EL RADIO DE GIRO (EN METROS) DE LOS ENGRAVES DE BALARGEO O DE 7.45 MASAS BECENTRICAS:** D:

LOS VAL	ORES D	E LAS	FUF92	AS PI	RIMARIAS	
EN CADA	L BANCO	SU !	SULT	ANTE	Y EL AN	GULO
DE ESTA	I PARA	UT CIC	CLO DE	360	GRADOS.	SON
RESPECI	TVAMEN	TE:			. •	
0	0	0	0	. •		
10	0	0	0	· •		
20	0	0	0	•		
30	0	0	0	-		
40	ə .	0	0	-		
50	0	0	0	•		
60	0	0	0	-		
70	0	0	0	•		
80	0	0	0	-		
90	0	0	0	-		
100	. 0	0	0			
110	0	0	0	-		
120	0	0	0	-		
130	0	0	0	•		
140	0	0	0	•		
150	0	0	0	• •		
160	0	0	0	-		
170	0	0	0	-		
180	0	0	0	•		
190	. 0	0	0	-		
200	0	0	0	-		
210	0	0	0	•		
220	0	0	0	•		
230	0	0	0	-		
240	0	0	0	•		
250	0	0	0			
260	0	0	0	-		
270	0	0	0	٠		
280	0	0	0	•		
290	0	0	0	-		
300	0	0	0	•		
310	0	0	0	-		
320	0	0	0	•	•	
330	0	0	0	•	- · ·	
34 0	0	0	0	-		
350	0	0	0	-		

•

405	VALUTES DE	LAS FUFTLES	SECURDARIA	S
en c	'ADA BANCO,	SU RESULTANT	re y er Ang	ULO
DEE	'STA PANA UI	V CICKO DE 34	GRADOS	SON
rrsp	PECTIVAMENTI	P 2		
0	409,156	409.156	.000	.000
10	384,481	384.481	.000	. 0.00
20	313.432	313.432	.000	.0.00
30	204.578	204.578	.000	00
40	71.049	71.049	.000	000
50	71,049	71.049	.000	. 000
6 0	204.578	204,\$78	.000	.000
- 70	_313.432	313.432	.000	. 000
. 80	384.481	384.481	.000	. 000
99	409.156	409.156	.000	. 000
100	384.481	384.481	000	. 000
110		313.432	.000	. 000
120	204.578	204.578	.000	.000
130	71.049	71.049	. 00	. 000
140	71.049	71,049	. ~ 00	.000
150	204.578	204.578	.000	• '00
160	313,432	313.432	.000	.000
170	384,481	384.481	.000	.000
100	409.156	409.156	. 000	. 000
190	384.491	384.481	.000	. 000
200	313.432	313.432	.000	.000
210	204.578	204.\$78	.000	. 000
550	71.049	_71.049	.000	. 000
230	71 049	71 049	.000	. 000
240	204.578	204.578	•.000	.000
250	313.432	_313,432	.000	.000
260		_384.481	.000	. 000
270		1404.15 8	. 000	. 900
200	384.481	_3#4.4#1	.000	. 000
290	313,432	_313,432	. 000	.000
300	204.578	<u>-204.\$78</u>	.000	.000
310	71,049	-11,047	.000	. 000
320	71.049	1.049	. 00	.000
330	204.578	204.578	.000	.000
340	313,432	313,432	.000	.000
350	384.485	384.48±	.000	. 000

los V	ALOPES DE	LOS PAPES 1	PRIKARIOS	
EM CA	DA BANCO.	SU RESULTA	MME Y 91	
ANGUL	O DE ESTA	PARA UM CIO	710 DF 369	
GRADO	S. SOT PTS	PECTIVAMEN	7 7 1	
0	153.031	153.031	306.062	. 000
10	150.706	150.706	301.412	.000
20	143.802	143.802	287.604	.000
30	132.529	132.529	265.057	.000
40	117.228	117.228	234.457	.000
50	98,366	98.366	196.733	.000
60	76.515	76.515	153.031	. 000
70	\$2.340	52.340	104.679	.000
. 80	26.574	26.574	53,147	.000
90	.000	.000	.000	.000
100	26.574	26.574	53.147	. 000
110	52.340	52,340	104,679	.000
120	76.515	76.515	153.031	.000
130	98, 366	0,366	196.733	. 000
140	117.228	117.228	234,457	. 000
150	132.529	132,529	265.057	. 000
160	143.802	143.802	287,604	.000
170	150,706	150.706	301,412	. 000
100	153.031	[153.031	306,062	.000
190	150.706	1150.706	301.412	. 000
200	143. PO2	147.002	287,604	. 000
210	132.529	112.529	265.057	. 000
220	117,228	117.228	234,457	.000
230	97.366	97.366	196,733	.000
240	76 515	76.515	153,031	.000
250	52.340	52,340	104.679	.000
200	26.574	-26.574	53.147	.000
270		.000	.000	.000
260	26.574	26.574	53,147	. 000
297	57.340	52.940	104.479	.000
300	78.515	75.515	153.031	. 000
310	98.305	98, 166	196.733	.000
370		117.778	734,457	.000
330	3 77 . 3 79	132.529	265.057	.000
340	143.707	143.807	287,500	. 100
טבי	190.708	120.106	301,412	., 900

-150-

LOS VA	LORES DE	LOS PARES SEC	UNDARTOS	
EN CAD	A BATCO.	SU PESULTANTE	V #1	
ANGULO	DE ESTA	PARA UN CTCLO	DE 360	
GRADOS	SON AFS	PECTTVANENTE.	DE 300	
0	38.370	38.870	.000	. 0.00
10	36.526	36.526	.000	
20	29.776	29 776	.000	. 000
30	19.435	19.435	.000	. 000
40	6.750	6.750	.000	. 000
50	6.750	6.750	.000	. 000
60	19.435	19.435	.000	. 000
70	29.776	29.776	.000	. 000
80	36.526	36.526	.000	. 000
90	38 870	38,870	.000	. 000
100	36.526	36.526	.000	.000
110	29.776	29,776	000	. 000
120	-19.435	-19,435	.000	. 000
130		6,750	.000	. 00
140	6.750	6.750	.000	.000
150	19,435	19.435	.000	.000
160	29.776	29.776	.000	.000
170	36.526	36,526	.000	.000
180	38.870	38,870	.000	.000
190	36.526	36.526	.000	.000
200	27.775	29.778	.000	.000
210	19.435	19.435	.000	.000
220	6 750	_6.750	.000	.000
530	6,750	-6.750	.000	.000
240	19,435	19,435	7 000	. 000
250	29,776	29,776	,000	.000
260	34,526	36,526	.000	.000
270	38,870	38,870	.000	.000
260	36.526	38, 576	.000	.000
290	29.776	29,776	.000	.000
300	17.435	19.435	.000	.000
310	6,750	6,750	. 00	.000
320	5 750	6.750	• 200	.000
330	37,435	17,435	. 00	.000
340	37,774	29,776	.000	.000
320	30.526	38.526	.000	.000

000

LA MASA DE BALANCEO QUE DEBERA COLOCARSE EN EL RADIO SFLECCIONADO PARA BALANCEAR LOS MOMENTOS PRIMARIOS ES: 0.034456 Nota: USAR UNA VELOCIDAD ANGULAR DE ENGRAMES IGUAL A LA DEL SISTEMA, ES DECIR, UFA RELA-CI N DE 1:1. DESPA CORRER EL PROGRAMA PARA OTRO SISTEMA 7 (SI/NO) SI

BALANCE

** BALANCEO OPTIMO DE MAQUINAS PECIPPOCANTES ** EL SISTEMA A BALANCEAR ES UNO COM PISTONES RN LINEA O BH +V+ ? (RESP= LINEA/EH V) RN 9 PROPORCIONAR LOS SIGUIENTES DATOS PARA ESTE SISTEMA EN + V + : **HUNBRO DE REVOL**UCIONES (SIN UNIDADES) NOTA: EL PROGRAMA DETERMINA LA MASA OP-TIMA DE BALANCEO INDEPENDIENTEMENTE DEL VALOR DE LA VELOCIDAD ANGULAR. LA CUAL SE REQUIERE SOLAMENTE PARA OBTEMER UN VALOR REAL DE DESBALANCEO EN DICHA VELOCIDAD. 11: 2800 RADIO DE GIRO DE LA MANIVELA (EN METROS) .06985 PERO DE LA MANIVELA (EN KG.) **T**o 2.156 PESO DE LA BIELA (EN KG.) **n**1 1.307 PESO DEL PISTON (EN KG.) 11: . 6 9 9 LONGITUD ENTRE BL CENTRO DE GRAVEDAD DE LA MANIVELA Y SU CENTRO DE GIRO 71 . 066675 LONGITUD ENTRE RL CENTRO DE GRAVEDAD DE LA BIRLA Y EL CENTRO DEL CODO DE LA MANI-VELA (EN METROS): 71 .067564 LONGITUD ENTRE EL CENTRO DE GRAVEDAD DE LA RIBLA Y BL CENTRO DEL PERRO DEL PISTOR (EN METROS): 111 .211036 RADIO DE GIRO DE LA MASA DE BALANCEO (EN METROS) 111 .06985 LONGITUD TOTAL (FUTRE CENTROS) DE LA BIRGA (EN METROS): n: . 2794 PROPORCIONE RL AMOULO (EM GRADOS) SYTRE LOS 2 HANCOS DE PISTOVES1 Pi

90

EL VALOR DE LA MASA DE LA MANIVELA ES: 0.21978 EL VALOR DE LA MASA DE LA BIELA ES: 0.13323 RL VALOR DE LA MASA DEL PISTON ES: 0.071254 EL VALOR DE LA MASA ROTATORIA (MR) ES: 0.41181 EL VALOR DE LA MASA OSCILATORIA (MO) ES: 0.10347 EL VALOR DE LA MASA FIJA (MP) ES: 0.0099898 EL VALOR DE LA VELOCIDAD ANGULAR (OMEGA) ES: 293.22 EL VALOR DE LA FUERZA ROTATIVA (PROT) ES: 2473.1 PROPORCIONE BL VALOR DE. LOS INCREMENTOS A LA MASA DE BALANCEO (EN U.T.M.)

-155-

50%:

LOS VALORES	DE CAS FUERZA	S PESULTANS	tes.
VECTORIALES	Y SUS ANGULOS	(PARA 360	GRADOS)
. 0	3253.5	2,7367	
a 10	3217.3	6.987	
.20	3169.3	17,241	
30	3124.7	28.054	
40	3098	39,297	
50	3098	50,703	
60	3124.7	61,946	
70	3169.3	72,759	
00	3217.3	83,013	
90	3253.5	-07,263	
100	3265,7	77.922	
110	3247.8	-60.745	
120	3200,7	-59, 491	
130	3132.8	-49,939	
140	3056,5	*39,930	
150	2988.5	29,455	
160	2942.0	10.615	
1701	2927.0	7,6021	
100	2943.2	3,0255	
190	2980.9	13.252	
200	3027.2	22.000	
210	3067.9	31.902	
220	3091.4	40.704	
230	3091.4	49.296	
240	3067.9	50,010	
250	3027.2	67.112	
260	2988,9	76,748	
270	7943.2	00,974	
280	2927.0	-02.310	
290	2942.0	71,305	
300	2900.5	-60.545	
. 310	3056.5	-10,062	
320	3132,5	-40,061	
330	3200,7	30,509	
340	3247.0	21.255	
350	3265.7	12,070	

LOS VALORES	DE LAS	PREAS SECUL	LTANTES
VECTORIALES	Y SUS AN	IULOS (PARA	360 GRADOS) SON:
0	792.11	-11. 31	
10	758,88	2.8759	
20	709.11	7.5788	
30	658.42	20,726	
40	625.86	36,519	
50	625.86	53,481	
60	650.42	69,274	
70	709.11	82,421	
	758.88	-87.124	
90	792.11	70.69	
100	799.31	71,481	
110	777.17		
120	720,94	[\$7,762	
130	659.4	_49,711	
5 500 - 50 - 5	503.30	39,673	
·· 150	516.07	28.842	
100	•74.22	-11.374	
170	467.52	4.6714	
100	491.25	10,435	
190	\$30,64	20.504	
200	571.01	35,493	
710	602.37	40,145	
220	619.28	•3.519	
730	619,33	46,401	
799	607.37	49.055	
750	571.01	84,507	and a second
760	220.00		
270	491.75	71,565	
200	467.52	85.329	
200	474.77	78.676	n an
300	316.07	63,150	
	303.37	50.327	
320		40.200	
774	720.04	37.730	
797	777.17	73.751	
	747.31	10.519	
	LA MEDIA	CUADRATICA	DR LAS FUEREAS
AM ON CICTO	631	•	
84V.JI			

LOS VALORES	DE LAS FI	UERZAS RESUL	LTANTE	' S	
VECTORIALES	Y SUS ANO	GULOS (PARA	360 G	RADOS	SON:
0	674.75	13.31		· · · · · · · ·	
10	642.35	5.264			
20	592.38	5.0792			
30	540.23	18.673			-
40	506.03	35,693			
50	506,03	54,307			
60	540,23	71.327			
70	592,38	84,921			
80	642.35	84,736			
90	674.75	76,69		1.0.00	
100	680,76	[69,983			
110	657.66	[63,791			
120	608.05	57.32			
130	539,29	49.647			ta da ser de la composición de la compo
140	463.29	239,589			, i statut
150	396.2	25.005			
160	355.93	-0,4732			
170	352.64	9,6201			
100	379.21	24,183			
190	418.55	33,031			
200	456,39	39,524			
210	484.61	42,647			
220	499.4	44,364			
230	499.4	45,636			
240	484.61	47.353			
250	456.39	50,476		a di seconda di second	
260	410.55	\$6,169			an a sur
270	379.21	65,817			
280	357.64	0,30			
290	358.93	81.527			
300	346.3	64,115			
310	463.79	50.411			
320	339.29	40.353			
J 30	808.05	37,68			
J # U	03/.00	26,209			
74L 24174 14		20,017			• • •
	BA MEVIA	CURDERTICA	DF GA	S FUER	7 83
NA NA CICLO	801				· · · · ·

LOS VALORES	DE LAS F	UERZAS PE.	SULTAN	TES		
VECTORIALES	Y SUS AN	GULOS (PA)	PA 360	GR	DOS)	son
0	558.55	16.148				
10	527.43	-8.701				
20	477.32	1.364	4			
30	423.12	15,477			1. A. A.	
40	386.37	34,355	1 a.			
50	386.37	55,645				
60	423.12	74.523				
70	477.32	88,636				
80	527,43	81,299				
90	558,55	73.852				
100	562.88	67,856				
110	538,42	62,409		tan la		e e la compañía. A compañía de la comp
120	488,1	56,661	an tao ang 19. Tao ang 19.	$(1+1) \in \mathbb{Z}$	har et en service de la servic	
130	419,19	49,546				
140	343,18	39,445				
150	276.53	24,099			an an an Anna. Taonachta	an a
160	239.45	2.720	5		an a	
170	242.80	19,178				
180	274.1	34,524				
190	312.47	42.765				
200	345.53	46,195				
210	368,35	46,741		· ·		
220	379,75	45.744			14.5	
230	379.75	44,256				a san é
240	368.35	43,259				
250	345.53	43,805				
260	312.47	47.235				
270	274.1	55.476				
200	242.88	_70.022	1			
290	239.45	_87.279				
300	276.53	_65,901				
.310	343,10	_50,555				
320	419.19	40,454				
220	488,1	_ 33, 339				
340	538,42	27,591				
350	362.08	22,144	.			•
EL VALOR DE En un ciclo	LA MEDIA Es:	CUADRATI	TA DR	LAS	PUBRI	RAS

411,61



LOS VALORES	DE LAS F	UERZAS RESUL		TES	
VECTORIALES	Y SUS ANO	GULOS (PARA	360	GRADOS) SON:
0	444.44	20,459			
10	415.45	-14,02			e de la composición
20	365.53	4,6626	•		
30	308.33	9.8714			
40	267.11	31.82			
50	267.11	58.18			
60	308.33	80.129			
70	365.53	85.337	•		1.1.1
80	415.45	75.98			t i sa na s
90	444.44	69,541			
100	446.17	64,61			
110	41,9.66	60.242			
120	368.27	55,572			
130	299.09	-49,363	1.11		she nga gawar
140	223.08	39,146			
150	157.55	19,604			
160	129,76	13,237		• • • • • •	
170	149.92	42,168			
180	187.91	55,764			
190	221.24	59,851			
200	243.6	58,766			
210	255.69	54,518			
220 🛷	260.52	48.388			
230	260,52	41.612			
240	255.69	35,482		1997 - 1997 - 1998 1997 - 1997 - 1997 - 1997 - 1997 - 1997 - 1997 - 1997 - 1997 - 1997 - 1997 - 1997 - 1997 - 1997 - 1997 - 1997 -	an a
250	243.6	31,234			
260	221.24	30,149			
270	187,91	34.236			
280	149.92	47.832		يستنبذ أجرو	a da ang ang ang ang ang ang ang ang ang an
290	129,76	76.763			
300	157.55	70,396			
310	223.08	50,854			
320	299.09	-40,637			
330	368.27	34,428			
340	419.66	29,758			
350	446.17	25.39			
EL VALOR DE	LA MEDIA	CUADRATIĈA	DR	LAS FUER	245
EN UN CICLO	ES:				• • • •
303 70					

LOS VALORES	DE LAS ES	VERZAS RESU	LTAN	TES		
VECTOPIALES	Y SUS ANO	GULOS (PARA	360	GR	ADOS) SON:	
O	334.56	27.667				
10	309.63	23,105			an a	
20	261.23	15.723				
30	199.87	2.0631				
40	149.2	25.243				
50	149.2	64.757				
60	199.87	87.937				
70	261.23	74.277			e e e e e e e e e e e e e e e e e e e	
80	309.63	66,895				
90	334,56	62.333				
100	331.91	59,099			1. Sec. 1. Sec	
110	301.98	56,377				
120	248.69	53.436				
130	178.33	48.936			an a	
- 140	103.01	38.15				
150	44.977	9,2056				
160	72.059	79.24				
170	121.71	86.626				
180	156.01	84,707				
190	170.6	87.593				
200	167.75	85.4				
210	154.66	73.318				
220	142.78	55.436				
230	142.78	34.564				
240	154.66	16.682			a second a second	
250	167.75	4.5997				
260	170.6	2.4065				
270	156.01	5,2926				
280	121.71	3.3742			and the second second	
290	72.059	10.76				
300	44.977	80.794				
310	103.01	51.P5				
320	178.99	41,064				
330	248.69	36.564				
340	301.98	33.623				
350	331.91	30,901				
EL VALOP DE	LA MEDIA	CUADRATICA	DF	LAS	FILEDTAS	
EN UN CICLO	Est:	and a state of the	4. 5		C CO MATE AND	
200 76						

LOS VALORES DE LAS PUEREAS RESULTANCES Vectoriales y sus angulos (para 360 gradus) son :

		-	
0	234.9	41.402	
10	219.07	40.529	
20	178.11	38,91	
30	110.99	35,080	
40	5.041	17.541	
50	45.041	72.459	
60	1.5.96	54.912	
70	178.11	\$1.09	
80	219.07	49.471	
90	234.9	40.598	
100	213.84	46.06	$ \mathbf{r} = \mathbf{r} + \mathbf{r} $
110	187.4	47.69	n den en en el composition de la compo La composition de la c
120	130.1	-67.37	
130	58. 46	46.761	
140	17.475	50.962	
150	89.871	*****	
160	149.06		
170	189.74	48.613	•
180	205.48	-49.114	
190	195.23	\$0.018	
200	160.6	\$1.757	
210	106.37	\$5.9:3	
220	41.649	74.754	and the second
230	41.049	15.2+6	
240	106.37	34.087	
250	160.6	38.243	
260	175.23	*39. 98ž	i da su
270	275.48	40.000	
200	185.74	_41.1 87	
290	1-3.66	<u>-</u> 41.6/8	
300	09. 871	141.5 50	
310	:7.475	39.032	
320	10 - 34 6	43.254	
330	116.1	42.623	
340	117.4	_42.305	
350	223. CN	741.000	
BE VALOR	DE L' MELL	A CUAD MAT	i ca de las fuerzas
F" UT CI	CLC : :		

VECTOPIALES Y SUS ARGULOS (PARA 360 GRADOS) SOM: 0 165.16 70.146 10 170.19 73.539 20 155.1 80.451 30 127.57 86.275 40 103.19 28.389 60 127.57 86.275 40 103.19 28.389 60 127.57 3.7249 70 155.1 9.5488 80 170.19 16.461 90 165.16 19.852 100 137.48 20.536 110 86.66 16.631 120 29.243 16.464 130 61.345 53.107 140 137.3 41.386 150 207.32 37.642 160 298.26 31.389 190 275.64 27.844 200 228.60 21.935 160 29.246 51.389 210 166.02 9.7249 220 109.4 70.326 240 166.02 9.186	LOS VALORES	DE LAS EL	UPRZAS RESULTANTES
0 165.16 70.146 10 170.19 73.539 20 155.1 00.451 30 127.57 86.275 40 103.19 61.611 50 103.19 20.389 60 127.57 3.7246 70 155.1 79.5400 80 170.19 16.461 90 165.16 19.652 100 137.46 20.536 110 80.86 16.031 120 29.243 16.464 130 61.345 53.107 140 137.3 41.380 150 207.32 37.602 160 261.64 35.776 170 293.33 33.000 160 298.26 31.389 190 275.64 27.644 200 228.66 21.035 210 166.02 9.726 220 109.4 19.672 230 109.4 19.672 230 109.4 19.672 240 166.02 90.279 250 228.66 60.165 260 275.64 60.165 260 275.64 60.165 260 275.64 60.165 260 275.64 60.165 260 275.64 61.12 290 261.64 54.276 300 109.4 19.672 200 109.4 19.672 200 109.4 19.672 200 200.8 70.320 240 166.02 90.279 250 228.60 70.320 250 228.60 70.520 250 261.60 54.270 250 261.200 250 261.200 250 261.200 250 261.200 250	VECTORIALES	Y SUS AR	GULOS (PARA 360 GRADOS) SON:
10 170.19 73.539 20 155.1 00.451 30 127.57 66.275 40 103.19 20.389 60 127.57 3.7249 70 155.1 9.5400 80 170.19 16.461 90 165.16 19.652 100 137.40 70.536 110 6.66 16.031 120 29.243 16.464 130 61.345 53.107 140 137.3 41.300 150 207.32 37.002 160 201.64 35.776 170 293.33 33.00 100 275.64 77.044 200 276.64 77.044 200 276.64 70.320 240 166.02 0.778 250 227.60 60.165 260 275.64 70.320 240 166.02 50.275 250 227.60 50.165 260 275.64 50.165 260 275.64 50.165 260 275.64 50.165 270 209.70 50.611 280 207.92 52.110 310 137.3 40.612 290 261.64 34.226 300 207.92 52.110 310 137.3 40.612 330 20.92 57.110 310 137.4 63.464 <i>FL VALOR DE LA MEDIA CUADRASICA DE LAS PURTRAS</i> <i>EN UN CICLO FS</i> :	0	165.16	70.148
20 155.1 00.051 30 127.57 66.275 40 103.19 20.389 60 127.57 3.7249 70 155.1 9.5488 90 165.16 19.652 100 137.48 20.536 110 00.65.16 19.652 100 137.48 20.536 110 00.65.345 53.107 140 137.3 41.388 150 207.32 37.002 160 261.64 35.774 170 293.33 33.000 180 207.32 37.002 160 275.64 27.044 200 200.66 21.339 190 275.64 27.044 200 220.66 21.335 210 166.02 0.278 220 109.4 70.328 240 166.02 0.278 250 220.66 21.035 260 278.64 52.108 270 29.33 56.112	10	170.19	73.539
30 127.57 86.275 40 103.19 28.389 60 127.57 3.7249 70 155.1 7.5488 80 170.19 16.461 90 165.16 19.852 100 137.48 20.536 110 84.86 16.451 120 29.243 16.464 130 61.345 53.107 140 137.3 41.388 150 207.32 37.402 160 261.64 35.774 170 29.33 33.800 160 296.26 31.389 190 275.64 27.844 200 220.60 21.935 210 166.02 9.7249 220 109.4 19.672 230 109.4 70.322 240 166.02 62.168 250 229.66 50.611 270 29.76 50.611 280 261.64 54.226 300 20.75 52.118 <th>20</th> <th>155.1</th> <th>80.451</th>	20	155.1	80.451
40 103.19 61.611 50 103.19 20.389 60 127.57 3.7249 70 155.1 9.5440 90 165.16 19.052 100 137.48 20.536 110 00.66 16.031 120 29.243 16.464 130 61.345 53.107 140 137.3 41.300 150 207.32 37.40 160 261.64 35.774 170 293.33 33.000 160 290.26 31.309 190 275.64 27.044 200 290.26 31.309 190 275.64 7.044 200 220.66 21.035 210 166.02 0.273 230 109.4 70.326 240 166.02 60.275 250 227.65 6111 200 29.265 611 240 166.02 52.156 270 29.265 611	30	127.57	86.275
50 103,19 20.389 60 127.57 3.7249 70 155.1 -9.5408 90 165.16 19.052 100 137.48 -20.536 110 0.866 16.031 120 29.243 16.464 130 61.345 53.107 140 137.3 -41.308 150 207.32 37.002 160 261.64 -35.77% 170 293.33 -33.000 160 261.64 -37.444 200 298.26 -31.309 190 275.64 -27.844 200 228.66 -21.035 210 166.02 -0.275 230 109.4 19.672 230 109.4 19.672 230 276.64 52.156 240 166.02 -0.275 250 228.26 50.132 260 275.64 52.116 270 292.26 50.611 300 207.32 52.116	40	103.19	61.611
60 127.57 3.7249 70 155.1 -9.5448 80 170.19 16.461 90 165.16 19.852 100 137.48 20.536 110 00.86 16.461 130 61.345 53.107 140 137.3 41.300 150 207.32 37.002 160 290.26 31.309 150 207.32 37.002 160 290.26 31.309 190 275.64 27.044 200 220.68 21.035 210 166.02 0.275 220 109.4 19.672 230 109.4 19.672 230 109.4 19.672 250 220.76 50.611 260 275.64 27.186 270 29.26 50.611 280 220.76 50.611 280 220.75 52.116 300 207.32 52.11 310 137.3 50.612 <th>50</th> <th>103.19</th> <th>20.389</th>	50	103.19	20.389
70 155.1 79.5468 80 170.19 16.461 90 165.16 19.652 100 137.48 70.536 110 80.86 16.831 120 29.243 16.464 130 61.345 53.107 140 137.3 41.386 150 207.32 37.002 160 261.64 35.774 170 293.33 33.000 160 266.27 31.389 160 296.26 31.389 190 275.64 27.844 200 220.68 21.035 210 166.02 70.7249 220 109.4 19.672 230 109.4 19.672 230 20.75.64 27.58 240 166.02 0.275 250 220.68 21.035 250 220.75.64 52.156 260 275.64 52.165 250 227.68 62.155 260 261.64 54.226 <th>60</th> <th>127.57</th> <th>3,7249</th>	60	127.57	3,7249
80 170.19 16.461 90 165.16 19.652 100 137.48 20.536 110 80.86 16.831 120 29.243 16.464 130 61.345 53.107 140 137.3 41.388 150 207.32 37.802 160 261.64 35.774 170 293.33 33.800 180 296.26 31.309 190 275.64 27.844 200 29.26.8 21.335 210 166.02 7.749 220 109.4 19.672 230 109.4 19.672 230 109.4 19.672 230 29.28.6 50.276 240 166.02 60.275 250 228.46 54.165 260 275.64 52.156 270 29.29.6 52.116 300 207.32 52.116 310 137.3 56.613 330 20.29.45 73.536 <th>70</th> <th>155.1</th> <th>79.5408</th>	70	155.1	79.5408
90 165.16 19.852 100 137.48 20.536 110 0.06 16.031 120 29.243 16.464 130 61.345 53.107 140 137.3 41.300 150 207.32 37.002 160 261.64 35.774 170 293.33 33.000 100 298.26 31.309 190 275.64 27.044 200 228.60 71.035 210 166.02 9.7249 220 109.4 19.672 230 109.4 19.672 230 109.4 19.672 230 109.4 19.672 230 109.4 19.672 230 228.60 60.165 260 275.64 62.165 260 275.64 62.155 270 292.26 50.611 280 295.33 56.192 290 261.64 54.226 300 207.32 52.110 310 137.3 40.612 320 61.345 36.693 330 20.245 73.535 340 88.06 73.169 350 137.40 63.464 EL VALOR DE LA MEDIA CUADRASICA DE LAS PUERRAS EN UN CICLO FS: 184.35 LA MASA DE BALANCEO OPTIMA PARA EL PADIC DE GIR: SELPCCIONADO ES 1	1. 80 - 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1.	170.19	16.461 (2010) 2010 2010 2010 2010 2010
100 137.48 20.536 110 00.66 16.031 120 29.243 16.464 130 61.345 53.107 140 137.3 41.308 150 207.32 37.002 160 261.64 35.774 170 293.33 33.000 160 290.26 31.309 160 275.64 27.044 200 276.64 27.044 200 276.64 27.044 200 276.64 27.044 200 276.64 27.044 200 276.64 27.249 220 109.4 19.672 230 109.4 19.672 250 27.64 50.611 260 27.64 50.611 260 27.64 50.611 260 27.64 50.611 260 27.49 50.611 280 20.732 52.116 300 20.732 52.116 310 137.3 50.612	90	165.16	19.052
110 0.06 16.031 120 29.203 16.464 130 61.345 53.107 140 137.3 41.300 150 207.32 37.002 160 261.64 35.774 170 293.33 33.000 100 275.64 27.044 200 220.60 21.335 210 166.02 0.7249 220 109.4 19.672 230 109.4 19.672 230 109.4 19.672 230 109.4 19.672 230 220.60 61.165 240 166.02 0.275 250 224.60 61.165 260 27.64 52.156 270 29.26 56.11 280 20.27.5 52.110 310 137.3 56.12 320 21.345 34.612 320 29.243 73.536 340 80.67.3160 53.464 EF UALOR DE LA MEDIA CUADRASICA DE LAS PUBYRAS	100	137.48	20.536
120 29.243 16.464 130 61.345 53.107 140 137.3 41.300 150 207.32 37.002 160 261.64 35.774 170 293.33 33.000 100 290.26 31.309 100 290.26 31.309 100 290.26 21.038 200 220.60 21.038 210 166.02 0.7249 220 109.4 19.672 230 109.4 19.672 230 109.4 19.672 230 109.4 70.320 240 166.02 0.279 250 220.64 50.279 250 220.76 50.611 260 261.64 54.226 300 207.32 52.110 310 137.3 50.612 320 61.345 36.023 330 20.243 73.536 340 ER.06 73.169 350 137.40 63.464	110	88,86	
130 61.345 53.107 140 137.3 41.300 150 207.32 37.002 160 261.64 35.774 170 293.33 33.000 100 298.26 31.309 100 275.64 27.044 200 228.60 21.035 210 166.02 0.7249 220 109.4 19.672 230 109.4 70.320 240 166.02 00.279 250 228.60 60.105 260 275.64 62.156 260 275.64 62.156 270 298.26 50.611 200 205.33 56.612 200 261.64 54.220 300 207.32 52.110 310 137.3 40.612 320 61.345 36.093 330 20.243 73.536 340 88.08 73.160 350 137.40 63.464 EL VALOR DE LA MEDIA CUADRASICA DE LAS PURTRAS EW UN CICLO PS: 184.35 LA MASA DE SALANCEO OPTIMA PARA EL RADIC DE GIA: S& LECCIONADO ES 1	120	29.243	_16.464
140 137.3 41.300 150 207.32 37.002 160 261.64 35.774 170 293.33 33.000 100 290.26 31.309 100 275.64 27.044 200 220.60 21.035 210 166.02 0.7249 220 109.4 19.672 230 109.4 19.672 230 109.4 70.320 240 166.02 00.275 250 220.60 60.105 260 275.64 62.156 270 290.26 50.611 280 295.33 56.192 290 261.64 54.226 300 207.32 52.110 310 137.3 40.612 320 61.345 36.093 330 29.243 73.536 340 E0.06 73.109 350 137.40 63.464 EL VALOR DE LA MEDIA CUADRASICA DE LAS PUEPERAE EW UN CICLO PS: 164.35 LA MASA DE SALANCEO OPTIMA PARA EL MADIC DE GIR / SH LPCCIONADO ES 1	130	61.345	53.107
150 207.32 37.002 160 261.64 35.774 170 293.33 33.000 100 290.26 31.309 190 275.64 27.044 200 220.66 21.035 210 166.02 0.7249 220 109.4 70.326 230 109.4 70.326 240 166.02 0.275 250 229.66 60.165 260 275.64 62.156 270 296.26 56.611 280 275.64 62.165 270 296.26 56.611 280 275.33 56.192 290 261.64 54.226 300 207.32 52.110 310 137.3 56.093 330 29.243 73.536 340 6.66 73.160 350 137.40 63.464 EW UN CICLO FS1 53.064 EW UN CICLO FS1 184.35 LA MASA DR SALANCEO OPTIMA PARA EL MADIC DR	140	137.3	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~
160 261.64 35.774 170 293.33 33.800 180 238.26 31.389 190 275.64 27.844 200 228.60 21.035 210 166.02 9.7249 220 109.4 19.672 230 109.4 19.672 230 109.4 70.320 240 166.02 00.275 250 228.60 60.165 260 275.64 62.156 270 296.26 60.165 280 227.60 60.165 280 29.26 60.165 290 261.64 54.226 300 207.92 52.110 310 137.3 60.612 330 29.243 73.536 340 67.86 73.169 350 137.40 63.464 EN UN CICLO FS: 1 184.35 24 MASA DE SALANCEO OPTIMA PARA EL PADIC DE GE LA MASA DE SALANCEO OPTIMA PARA EL PADIC DE GE	150	207.32	[37.002
170 293.33 33.000 100 290.26 31.309 190 275.64 27.044 200 220.60 21.035 210 166.02 0.7249 220 109.4 19.672 230 109.4 70.320 240 166.02 00.275 250 220.60 61.165 260 275.64 62.156 270 290.26 50.611 280 293.33 56.192 290 261.64 54.226 300 207.32 52.110 310 137.3 40.612 320 61.345 36.093 330 20.243 73.536 340 EP.06 73.169 350 137.40 63.464 EL VALOR DE LA MEDIA CUADRASICA DE LAS PUPPRAS ER UN CICLO FS: 184.35 LA MASA DE BALANCEO OPTIMA PARA EL MADIC DE GIR: SulPCCIORADO ES 1	160	261.64	35.77
100 298.26 31.309 100 275.64 27.844 200 228.66 21.035 210 166.02 0.7249 220 109.4 19.672 230 109.4 70.326 240 166.02 00.275 250 228.66 60.165 260 275.64 62.156 270 298.26 50.611 280 293.33 56.192 290 261.64 54.226 300 207.32 52.110 310 137.3 56.093 330 20.243 73.536 340 EF.06 73.169 350 137.40 63.464 EL VALOR DE LA MEDIA CUADRASICA DE LAS PUBTRAS EN UN CICLO FS: 184.35 LA MASA DE BALANCEO OFTIMA PARA EL MADIC DE GIR: SulPCCIORADO ES 1	170	293.33	JJ.808
190 275.64 27.844 200 228.68 21.935 210 166.02 9.7249 220 109.4 19.672 230 109.4 70.328 240 166.02 90.275 250 229.68 60.165 260 275.64 60.165 260 275.64 60.165 260 275.64 60.165 260 275.64 60.165 260 275.64 60.165 260 275.64 60.165 260 275.64 60.165 270 296.26 50.611 280 29.333 56.192 290 261.64 54.226 300 207.32 52.110 310 137.3 56.693 320 61.345 56.693 330 29.245 73.536 340 87.96 73.164 350 137.48 63.464 EN UN CICLO FS: 1 184.35 1 1	100	298.26	— [31,309] The global statistical sector (sector)
200 220.60 21.035 210 166.02 0.7249 220 109.4 19.672 230 109.4 70.320 240 166.02 00.275 250 220.460 60.165 260 275.64 60.165 260 275.64 60.165 260 275.64 60.165 260 275.64 60.165 260 275.64 60.165 260 275.64 60.165 260 275.64 60.165 260 275.64 60.165 270 290.261.64 54.226 300 207.32 52.110 310 137.3 60.612 320 61.345 36.003 330 29.243 73.536 340 80.0137.40 63.464 EL VALOR DE LA MEDIA CUADRASICA DE LAS PUERRAS EM UN CICLO FS: 184.35 184.35 LA MASA DE SALANCEO OPTIMA PARA EL MADIC DE GIR GIR: SULPCCIONADO ES: 1	190	275.64	
210 166.02 9.7249 220 109.4 19.672 230 109.4 70.320 240 166.02 90.278 250 229.60 60.165 260 275.64 92.156 270 299.26 50.611 280 293.33 56.192 290 261.64 54.226 300 207.32 52.110 310 137.3 90.612 320 61.345 56.093 330 29.243 73.536 340 EP.06 73.169 350 137.40 69.464 EL VALOR DE LA MEDIA CUADRASICA DE LAS PUEPERAS EN UN CICLO FS: 184.35 LA MASA DE SALANCEO OPTIMA PARA EL MADIC DE GIR: Sú LECCIONADO ES :	200	228,68	· · · [™] 21.035 · · · Associate Parallelese Marsheller
220 109.4 19.672 230 109.4 70.320 240 166.02 00.278 250 229.60 60.105 260 275.64 62.186 270 290.26 50.611 280 261.64 54.226 300 207.32 52.110 310 137.3 56.033 320 61.345 56.033 330 29.243 73.536 340 EP.06 73.160 350 137.40 63.464 EE VALOR DE LA MEDIA CUADRASICA DE LAS PUERRAS EEW UN CICLO FS: 1184.35 LA MASA DE SALANCEO OPTIMA PARA EL MADIC DE GIR: Su LECCIONADO ES : 1	210	166.02	10.7249
230 109.4 70.320 240 166.02 00.270 250 229.60 60.105 260 275.64 62.156 270 290.26 50.611 280 261.64 54.226 300 207.32 52.110 310 137.3 56.003 320 61.345 56.003 330 29.243 73.536 340 EP.06 73.169 350 137.40 63.464 EE VALOR DE LA MEDIA CUADRASICA DE LAS PUERRAS EM UN CICLO FS: 184.35 LA MASA DE SALANCEO OPTIMA PARA EL MADIC DE GIR : Sú LECCIONADO ES : 1	220	109.4	19.672
240 250 250 278.64 60.165 260 278.64 62.186 270 292.26 50.611 280 293.33 56.192 290 261.64 54.226 300 207.32 52.110 310 137.3 40.612 320 61.345 36.093 330 29.243 73.536 340 EF.06 73.166 350 137.40 63.464 EL VALOR DE LA MEDIA CUADRASICA DE LAS PUERERS EN UN CICLO FS: 184.35 LA MASA DE SALANCEO OPTIMA PARA EL MADIC DE GIR: Sú LECCIONADO ES:	230	109.4	70.320
250 227.40 60.105 260 275.60 67.156 270 292.26 50.611 200 293.33 56.192 290 261.60 50.226 300 207.32 52.110 310 137.3 60.612 320 61.305 56.093 330 29.203 73.536 340 EP.06 73.160 350 137.40 69.064 EL VALOR DE LA MEDIA CUADRASICA DE LAS PUEREAS EN UN CICLO FS: 184.35 LA MASA DE SALANCEO OPTIMA PARA EL MADIC DE GIR: Sú LECCIONADO ES :	240	166.02	00.278
260 275.64 67.156 270 292.26 50.611 280 293.33 56.192 290 261.64 54.226 300 207.32 52.110 310 137.3 40.612 320 61.345 56.093 330 29.243 73.536 340 EP.06 73.169 350 137.40 63.464 EL VALOR DE LA MEDIA CUADRASICA DE LAS PUEREAS EN UN CICLO FS: 184.35 LA MASA DE SALANCEO OPTIMA PARA EL MADIC DE GIR: Súlfcionado ES:	250	228.68	
270 292.28 50.611 280 293.33 56.192 290 261.64 54.226 300 207.32 52.110 310 137.3 50.03 320 61.345 56.03 330 29.243 73.536 340 EP.06 73.169 350 137.40 63.464 EL VALOR DE LA MEDIA CUADRASICA DE LAS PUEREAS EN UN CICLO FS: 184.35 LA MASA DE SALANCEO OPTIMA PARA EL MADIC DE GIR: Sú LECCIONADO ES :	260	275.64	[07.156
200 293.33 56.192 290 261.64 54.226 300 207.32 52.110 310 137.3 56.093 320 61.345 56.093 330 29.243 73.536 340 EP.06 73.169 350 137.40 63.464 EL VALOR DE LA MEDIA CUADRASICA DE LAS PUEPERAS EN UN CICLO FS: 184.35 LA MASA DE SALANCEO OPTIMA PARA EL MADIC DE GIR: Súlfccionado ES:	270	236.36	— [\$0.611]
200 261.64 54.226 300 207.32 52.110 310 137.3 44.612 320 61.345 54.003 330 29.243 73.536 340 EP.06 73.169 350 137.40 63.464 EL VALOR DE LA MEDIA CUADRASICA DE LAS PUERRAS EN UN CICLO FS: 184.35 LA MASA DE BALANCEO OPTIMA PARA EL RADIC DE GIR: Súlfccionado ES:	280	293.33	56.192
300 207.32 52.110 310 137.3 50.033 320 61.355 56.033 330 29.253 73.536 340 EP.06 73.169 350 137.40 69.66 EL VALOR DE LA MEDIA CUADRASICA DE LAS PUESRAS EN UN CICLO FS: 104.35 LA MASA DE BALANCEO OPTIMA PARA EL RADIC DE GIR: Sú LECCIONADO ES :	280	261.64	54.22 6
310 137.3 40.612 320 61.345 36.003 330 29.243 73.536 340 EP.06 73.160 350 137.40 63.464 EL VALOR DE LA MEDIA CUADRASICA DE LAS PUEPRAS EN UN CICLO FS: 184.35 LA MASA DE BALANCEO OPTIMA PARA EL MADIC DE GIR: Súlfccionado ES:	300	207.32	52.110
320 61.345 36.003 330 29.243 73.536 340 EP.06 73.169 350 137.40 63.464 EL VALOR DE LA MEDIA CUADRASICA DE LAS PUEPRAS EN UN CICLO PS: 184.35 LA MASA DE BALANCEO OPTIMA PARA EL RADIC DE GIR: Sú LECCIONADO ES :	310	137.3	
330 29.243 73.536 340 EP.06 73.369 350 137.40 63.464 EL VALOR DE LA MEDIA CUADRASICA DE LAS PUEPRAS EN UN CICLO PS: 184.35 LA MASA DE BALANCEO OPTIMA PARA EL RADIC DE GIR: Súlfccionado ES:	320	61,345	36.003
350 137.40 63.464 EL VALOR DE LA MEDIA CUADRASICA DE LAS PUERRAS EN UN CICLO PS: 184.35 LA MASA DE BALANCEO OPTIMA PARA EL RADIC DE GIR: SULPCCIONADO ES :	330	29.243	73.536
STO 137.40 63.464 EL VALOR DE LA MEDIA CUADRASICA DE LAS PUERRAS EN UN CICLO PS: 184.35 LA MASA DE BALANCEO OPTIMA PARA EL RADIC DE GIR: SULPCCIONADO ES :	340		73,169
ER UN CICLO PS: EN UN CICLO PS: 184.35 LA MASA DE BALANCEO OPTIMA PARA EL RADIC DE GIR: Súlfccionado ES :	J3U	137.48	67,464
IN UN CICLO FS: 184.35 LA MASA DE BALANCEO OPTIMA PARA EL RADIC DE GIR: BULPCCIONADO ES :	SE VALUR DE	LA MEDIA	CUPDRACICA DE LAS PURARAS
LA MASA DE BALANCEO OPTIMA PARA EL RADIC DE GIR: BULPCCIONADO ES 1	AN UN CICLO	F51	
GIRGE DE GELARGEO OFTIME PARA EL RADIC DE GIRGE SU LECCIONADO ES 1	189433 14 Maga Pe 4		
A RAAAA	电影 医肌道肌 口名 计	VRLANGEO (DETIMA PARA EL RADIC DE
	₩4 /1.1 300 DECCI 	UNEIO KS	(a) A start of the second s

PROPORCIONE SOLAMENTE EL NUMERO DE DE CILINDROS, EN UN BANCO, QUE CON-PRENDEN EL SISTEMA EN • V • , ENTEN-DIENDOSE QUE EL OTRO BANCO TIENE EL MISMO NUMERO DE CILINDROS: U: • PROPORCIONE LA DISPOSICION DE LOS CODOS DEL CIGUENAL (EN GRADOS,D'JANDO UN ESPACIO ENTRE CIFRAS), GONSIDERANDO CERO GRADOS PARA EL PRI-MER CODO.

A PARTIA DEL SEGUNDO INCLUSIVE, LA POSIGION SE TOMARA A PARTIR DEL PRIMER CODO. U:

0 90 270 180 PROPORCIONF LAS DISTANCIAS ENTRE EL CONTRO DEL PRIMER CILIMDRO (EN METROS, DEJANDO UN ESPACIO ENT E CIFRAS) Y LOS CENTROS DE LOS RESTANTOS D:

0.25.5.75 PROPORCIONE LA LONGITUD TOTAL DEL CIGUERAL ENTRE APOYOS (EN "ETKOS): U1

1.0 PROPOPCIONE EL RADIO DE GIRO (EN METROS) DE LOS PEGRARES DE BALANCEO O DE LAS MASAS Excentricas: D:

LOS VI	LORES D	E LAS	FJERZ	AS P	TMARIAS
BN CAL	DA BANCO	. SU	Résult	ANTE	Y EL ANGULO
DE EST	TA PARA	UN CI	CLO DE	360	GRADOS SON
RESPEC	CTIVANEN	1 78:			
0	0	0	0	•	
10	0	0	0	•	
20	0	0	0	•	
30	0	0	0	•	
40	0	0	0	-	
50	. 0	0	0	•	
60	0	0	0	•	
70	. 0	0	Ö	•	
	0	0	0	-	
90	0	0	0	•	
100	. 0	. 0	0	-	and a start of the second start
110	0	Ō	0	-	
120	0	Ö	Õ	-	and the second second second
130	0	Ö	Ō		
140	. 0	Ō	Ō	•	
150	Õ	Ō	Ő	-	
160	Ō	Ō	Õ	-	
170	ō	ō	õ	-	
180	Ō	Ō	Õ	•	
190	Ō	Ō	ō	•	a second
200	Ō	0	ō	•	
210	ŏ	ō	õ		
220	õ	õ	ŏ	•	
230	ō	ŏ	ō	•	
240	ŏ	ō	ō	-	
250	ō	ŏ		-	
24.0	ŏ	ŏ	0	-	
270	ě	ŏ		-	
280	ŏ	ŏ	ŭ	· -	
290	ŏ	õ	6	-	
300	ă	ō	0	-	
310	ă	ő	ŏ	_	
320	ā	ō		-	
330	ă	ē	ň	-	
34.0	Ā	Å	Ă	-	
350	ŏ		Å	-	
	•	4	¥		a service services and

LOS	VALORES	DE LAS	FUERZ	AS SEC	UMDARIAS	
EN C	CADA BAN	CO. SU	RESULT	ANTE Y	EL ANGU	LO
DE	esta par	A UN CI	CLO DE	360 G	RADOS. S	OM.
RESP	PECTIVAM	ENTE:				
C) 0	0	0			
10) Ō	Õ	Ô.	-	· · · · · ·	
20) Ō	Ō	Õ	-		
30) Ō	ō	ŏ	-		
40		ō	ō	•		
50) Ö	0	Ō	-		
60) 0	Ō	Õ	-		1997 - E. J.
70	Ò	Õ	Ö -	•		
) 0	Ō	Ō	-	•	
)	0	0	-		
100) 0	. 0	Ō	-		
110) 0	Ō	Ō	•	and the second second	1.5
120) (Ō	Ō	-		
130) 0	0	0	•		
140) 0	Ö	Ō	•		
150) 0	0	Ó	•		
160		Ő	Õ	•		
170	0	0	Ō	•		
100) 0	0	Ō	•		
190) 0	0	0	-		
200) (0	0	-		
210) 0	0	0	•		•
220) 0	0	0	•		
230) 0	0	0	-		
240) 0	0	0	•		
250) 0	0	0	-		
260) (0	0	-		
270) 0	0	0	-		
280) 0	0	0	-		
290) 0	0	0	-		
300	0	0	0	•		
310	• •	0	0	-		
320) 0	0	0	-		
330		0	0	-		
340) 0	Ö	Ō	-		
350) Ö	0	0	-		
-			-			

DC V	ATOPEC PE	TAC DADEC	BOTHIB TAC	
	REURES DE . Da Rango	LUS PATES I	PINARIOS	
611 CA Ang 117	DA BANCO.	SU RESULTA	MTE I FL	
	O DE ESTA	PARE UN CI	CLO DE 36C	· · · · ·
S.ADU	S SUN RES	PECTIVA MEN	TFi	
0	466.039	155.346	491.248	18.435
10	431,983	233,913	491.248	28.435
20	384.802	_305.372	491.248	38.435
30	325.928	_367.553	491.248	48.435
40	257.152	_410.566	491.248	58.435
50	-180,562	<u>_</u> 456.061	491.240	68.435
60	98.48 6	481.275	491.248	78.435
70	-13.417	491.065	491.248	
80	72.059	485.934	491.248	81.565
90	155.346	-466.039	491.248	71.569
100	233.913	-431.983	491.248	61.565
110	305.372	384.802	491.248	51.565
120	367.553	325. 20	491.240	41.565
130	418.566	257.152	491.248	31.565
140	456.861	180.562	491.248	21.565
150	481.275	98.486	491.248	11.565
160	491.065	13.417	491.248	1.565
170	485.934	72.059	491.248	8.435
180	466.039	155.346	491.248	10.435
190	431.983	233. 913	491.248	28.43
200	384.802	305.372	491.248	38.435
210	325.928	367.553	491.248	NO. 435
220	257.152	418.566	491.248	60.435
230	180.562	456.461	451.248	60.430
240		MA1 . 275	491.248	78 435
250	13.417	491.045	481 248	
260	72.044	466.61M		
270	-155.344	466.039	NG1 348	-74 44
2.00	211.011	414 141		
290	105.172	184 03		
300	- 1A7. 644		773,879 1844 914	
310		JE 7,760 767 485		
320		180 483		
330				21.303
34.0		786790 68 144		11.501
340			471,340	1.361
334	443,734	72.059	491.248	8.435

LOS VA	Lorfs d	ELOS	PARES	SECU	DARIOS
EN CAD	A BANCO	. SU .	RESULEA	INTE Y	EL.
ANGULO	DE ES1	A PAR	A UN CI	CLOD	F 360
GRADOS	. SOP 3	ESPEC	TIVAMEN	ITE:	
0	0	0	0	-	
10	0	0	0	-	
20	0	0	O	•	
30	0	0	0	-	
40	0	0	0	•	
50	0	0	0	•	
60	0	0	0		
70	0	0	0	· · · · ·	
- 8 0	0	0	0	. • .	
90	0	. 0	0	•	
100	0	0	0	•	
110	0	0	0	•	
120	0	0	0	•	
130	0	0	0	-	
140	Ö	0	0	-	
150	0	0	0	•	
160	0	0	0	•	
170	0	0	0	•	
180	0	0	0	•	
190	0	0	0	•	
200	0	0	0	•	
210	0	0	0	•	
220	0	0	0	•	
230	. 0	0	. •	•	
240	0	0	0	•	
250	0	0	0	•	
260	0	0	0	•	
270	0	0	0	•	
280	0	0	0	•	
290	0	0	0	•	
300	0	0	0		
310	0	0	0	٠	
320	Q	0	0	-	
330	0	0	0		
340	0	0	0		
350	0	0	0		

YA QUE EL SISTEMA A BALANCEAR ES DEL TIPO . V - B . CON UN ANGULO EMTRE BANCOS DE 90 GRADOS Y DISPOSICION DE LOS CODOS DEL CIGUENAL DE 0,90,270 Y 180 GRADOS, PRESENTANDOSE SOLAMENTE DESBALANCEO DE PARES PRIMARIOS, SE PRO-PONE UTILIZAR 2 MASAS EXCENTRICAS CO-LOCADAS UNA ENTRE EL APOYO Y EL PRIMER CODO. Y LA SEGUNDA ENTRE EL ULTINO CO-DO Y EL OTRO APOYO DEL CIGUENAL. ESTA SOLUCION SUSTITUYE A LA DE LOS DOS ENGRANES EN CADA BANCO. LA MASA QUE DEBERA COLOCARSE EN CADA EXTREMO (EN U.T.M.) ES 0.065301 DESEA CORRER EL PROGRAMA PARA OTRO SISTEMA ? (SI/MO)

no



-169-







-170-







-172-






C A P I T U L O V . Analisis de los sistemas mas comunes y propuestas de solucion.

A continuación se efectua un breve análisis de los sistemas para motores en "V" más comunmente utilizados en la actual<u>i</u> dad en la industria automotríz. Así como también las difere<u>n</u> tes opciones a la solución del desbalanceo.

Sistema 1.- Motor de 8 cilindros con un ángulo entre bancos de 90° y disposición de los codos del cigueñal 0°, 90°, 270° y 180°. En este tipo de motor se presenta solamente un desbalanceo de pares primarios, siendo posible balancearlos con el uso de dos juegos de engranes, uno para cada banco, col<u>o</u> cados directamente abajo del cigueñal y siguiendo las lineas de los bancos.

Debido a que solamente los pares primarios estan desbalance<u>a</u> dos y a que el valor de la resultante de éstos es constante, cambiando unicamente de plano efectuando un giro completo para cada revolución del sistema, es posible utilizar otro método de balanceo. Este consiste de dos masas excéntricas con respecto al centro de giro del cigueñal, y colocadas en el mismo plano pero una en la parte superior y la otra en la parte inferior. Un lugar adecuado para colocarlas es, una en

-176-

tre el apoyo del cigueñal y el primer cilindro y la otra e<u>n</u> tre el último cilindro y el otro apoyo. Estas dos masas pr<u>o</u> vocan un momento de la misma magnitud que aquel desbalance<u>a</u> do, cambiando de plano conforme el sístema gira y contrarre<u>s</u> tando el desbalnceo totalmente.

Sistema 2.- Motor de 12 cilindros con cualquier angulo entre bancos y disposición del cigueñal 0°, 120°, 240°, 240°, 120° y 0°. Este tipo de motor se encuentra totalmente balanceado con respecto a las fuerzas y a los pares primarios y secundarios. Este motor es único en su caso, siendo uno de los más perfectamente balanceados que se pueden construir.

Sistema 3.- Motor de 8 cilindros con ángulo de 60°entre ba<u>n</u> cos y disposición del cigueñal 0°, 180°, 180° y 0°. Este m<u>o</u> ter presenta desbalancee de fuerzas y pares secundarios. Sie<u>n</u> do estos últimos los de mayor magnitud pero de valor consta<u>n</u> te. El balanceo puede obtenerse usando engranes, pero también es posible utilizar dos masas excéntricas colocadas en un eje arrastrado por una transmisión de engranes, con una relación de 2:1. Dicho eje deberá soportarse en los mismos apoyos del cigueñal. Al girar éstos al doble de la velocidad del sistema contrarrestan totalmente al par secundario desbalanceado.

-177-

Sistema 4.- Motor de 8 cilindros con un ángulo entre bancos de 90° y una disposición del cigueñal igual a la del sistema No. 3. Aqui se presenta también un desbalanceo de fuerzas y momentos secundarios. La caracterítica del desbalanceo pri<u>n</u> cipal es que las fuerzas y momentos no cambian de plano sino solamente de magnitud y sentido, siendo posible colocar un solo tren de engranes perpendicular a la linea media de los dos bancos. Va sea que se trate de balancear momentos o fuerzas.

Sistema 5.- Motor de 4 cilindros con un ângulo entre bancos de 180° y una disposición de cigueñal 0° y 180°. Este sistema presenta desbalanceo de fuerzas secundarias, pares prim<u>a</u> rios y secundarios. El balanceo solamente se obtiene utilizande dos trenes de engranes opuestos y en el mismo plane de los cilindros, ya sea que se trate de balancear fuerzas o momentos.

Sistema 6.- Motor de 6 cilindros con un ângule de 60°entre bancos y una disposición de cigueñal 0°, 120° y 240°. Se encuentra desbalanceo de pares primarios y secundarios. Estos ultimos son factibles de balancear con el sistema de m<u>a</u> sas excéntricas sobre un eje, sin embargo los momentos primarios solo on factibles de balancear con trenes de engra-

-178-

Sistema 7.- Motor de 6 cilindros con un ángulo de 90°entre bancos y disposición del cigueñal igual a la del sistema -No. 6. También en este sistema nos encontramos con pares primarios y secundarios desbalanceados. Los pares primarios podrán ser balanceados utilizando el sistema de masas exce<u>n</u> tricas montadadas sobre el cigueñal, ya que solamente el pl<u>a</u> no de los momentos es el que cambia, no así la magnitud de ellos.

-179- ·

nes.

BIBLIOGRAFIA

MABIE & ORVIRCK

MECHANISMS & DYNAMICS OF MACHINERY

-180-

MAXWELL

DYNAMICS OF MACHINERY

PHELAN

FUNDAMENTALS OF MECHANICAL DESIGN

....

HAM, CRANE & ROGERS

MECHANICS OF MACHINERY

IVERSON & BERRY

APL USER'S MANUAL