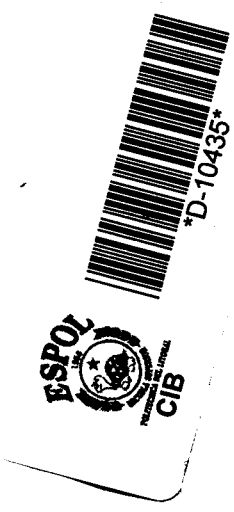


T
623.828
E28
C.2-



ESCUELA SUPERIOR
SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
FACULTAD DE INGENIERIA MARITIMA Y
CIENCIAS DEL MAR



ANALISIS TEORICO EXPERIMENTAL DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES
LOCALES DE EMBARCACIONES MENORES, BASE DE GRUA APG-103

PROYECTO DE GRADO
Previa a la obtención del Título de
INGENIERO NAVAL

PRESENTADA POR
CESAR EGAS GUERA- ENRIQUE A. ALCIVAR

GUAYAQUIL - ECUADOR

1991

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. José R. Marín
Director del Proyecto
de Grado, por su ayuda
y colaboración para
la realización de este
trabajo.

MEMORIA

A DIOS

A LA MEMORIA DE
NUESTROS PADRES

A NUESTRAS FAMILIAS

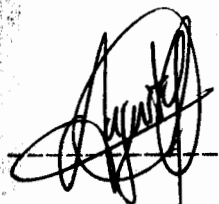
D E C L A R A C I O N E X P R E S A

" La responsabilidad de los hechos, ideas y doctrinas expuestas en este Proyecto de Grado, nos corresponden exclusivamente; y, el patrimonio intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

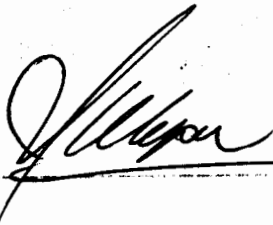
(Reglamento de Tópico de Graduación)



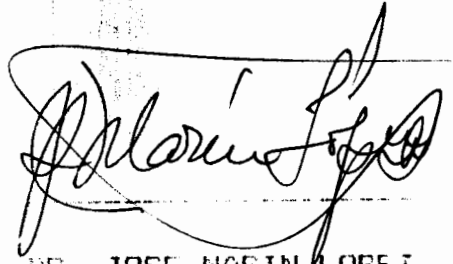
ENRIQUE A. ALCIVAR C.



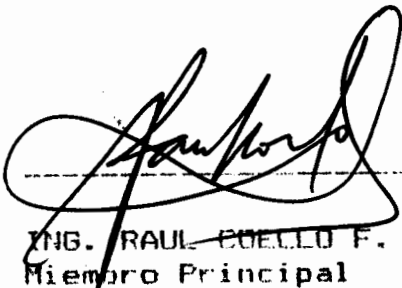
CESAR A. EGAS G.



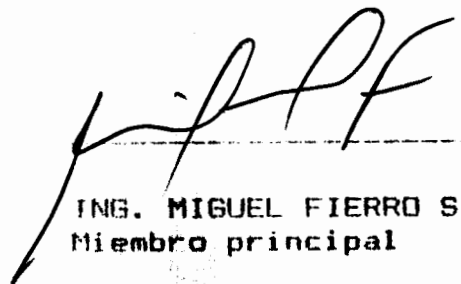
ING. NESTOR ALEJANDRO U.
Sub-Decano de la Facultad
INGENIERIA MARITIMA



DR. JOSE MARIN LOPEZ
Director del Proyecto
de Grado



ING. RAUL COELLO F.
Miembro Principal



ING. MIGUEL FIERRO S.
Miembro principal

RESUMEN

La presente tesis de tipo teórico experimental, estudia las deformaciones producidas por la acción de pesos en un modelo de base de grúa de una barcaza. Para medir las deformaciones unitarias se utilizarán extensómetros de resistencia eléctrica.

El primer capítulo describe las partes que componen la base de grúa de la embarcación, y la forma de modelización de la misma. La base analizada fue modelada como una viga empotrada, con una fuerza axial y un momento concentrado en el extremo. Se presenta un análisis teórico resumido de la forma como se evalúan las deformaciones unitarias en un elemento estructural sometido a cargas axiales y momento de flexión.

En el segundo capítulo se presentan las dimensiones del modelo y la forma como fue construido. Se señala la ubicación de los extensómetros en el modelo, para luego describir la forma como se realizaron las pruebas experimentales. Se presentan aquí las mediciones obtenidas en el trabajo realizado.

En el tercer capítulo se muestra la forma como se realizaron los cálculos para obtener la fuerza axial y momento flexionante sobre el modelo. Se empleó el primer método de Simpson para realizar las integraciones requeridas. Los valores de fuerza axial y momento externo obtenidos se compararon con los valores de carga y carga*brazo, siguiendo el modelo asumido. Los resultados fueron razonablemente cercanos a los esperados, mostrando la bondad del modelo empleado.

En el cuarto capítulo se describe una falla que se produjo en el modelo durante las pruebas: en la zona sometida a esfuerzos de tensión, las escuadras que unen la brida con la cubierta se despegaron. Además se desarrolló un análisis dimensional del problema para determinar la carga que soportaría el prototipo que corresponde al peso aplicado al modelo que produjo la falla.



BIBLIOTECA



BIBLIOTECA

INDICE GENERAL

RESUMEN.....	v
INDICE GENERAL.....	VII
INDICE DE FIGURAS.....	IX
INTRODUCCION.....	1
 <u>CAPITULO 1</u>	
 MODELIZACION DE LA BASE GRUA	
1.1 Descripción de la base de grúa.....	5
1.2 Modelo analítico de la base de grúa.....	7
1.3 Evaluación de las deformaciones unitarias.....	9
 <u>CAPITULO 2</u>	
 PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL	
2.1 Construcción del modelo.....	12
2.2 Ubicación de extensómetros.....	16
2.3 Descripción de las pruebas.....	23
2.4 Resultados experimentales.....	25

CAPITULO 3

ANALISIS DE LOS RESULTADOS EXPERIMENTALES

3.1 Integración pra obtener la Fuerza Axial..... 27

3.2 Integración para obtener el Momento..... 31

3.3 Análisis de resultados experimentales..... 36

CAPITULO 4

FALLA ESTRUCTURAL DEL MODELO

4.1 Descripción de la falla..... 47

4.2 Análisis dimensional del problema.....48

4.3 Discusión..... 52

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 54

APENDICES 58

BIBLIOGRAFIA 89

INDICE DE FIGURAS

Fig. 1.1	Perfil General de la Barcaza Farera	4
Fig. 1.2	Estructurales Base de Grúa APG 103 (ASTINAVE)	6
Fig. 1.3	Modelización de la Base	8
Fig. 2.1	Detalle estructural del modelo de la base de grúa	13
Fig. 2.2	Refuerzos estructurales del modelo	15
Fig. 2.3	Extensómetro	17
Fig. 2.4	Ubicación de extensómetros	17
Fig. 2.5	Equipos e instalación	19
Fig. 2.6	Grúa y base del modelo	21
Fig. 2.7	Adaptador cuarto de puente - Dummys	22
Fig. 3.1	Area de adhesión	29
Fig. 3.2	Brazo para momento	29
Fig. 3.3	Diagrama de deformaciones	29

Fig. 3.4 Diagrama de cargas vs. intervalo de distancia para la posición 0° 40-41

Fig. 3.5 Diagrama de cargas vs. intervalo de distancia para la posición 22.5° 42-43

Fig. 3.6 Diagrama de cargas vs. intervalo de distancia para la posición 45° 44-45

Fig. 3.7 Diagrama de carga vs. intervalo de distancia para 0° , 22.5° , 45° , para el peso de 10 Kg. 46



BIBLIOTECA



BIBLIOTECA

APENDICES

Fig. a.1	Viga elástica sometida a flexión	59
Fig. a.2	Viga elástica cargada axialmente	59
Fig. a.3	Probeta de acrílico	63
Fig. b.1	Integraciones de Fuerza axial y Momento para la posición 0°	65-72
Fig. b.2	Integraciones de Fuerza axial y Momento para la posición 22.5°	78-80
Fig. b.3	Integraciones de Fuerza axial y Momento para la posición 45°	81-88

INTRODUCCION

En toda construcción naval, se debe definir el tamaño físico de las diferentes partes que componen la estructura. A estas partes se las dimensiona adecuadamente para que resistan cargas reales (estáticas y dinámicas) ó probables que se les aplique. Es así que el fondo, cubierta, costados, cuadernas, baos, base de maquinaria principal y auxiliar etc., deben ser lo suficientemente resistentes para que no se flexionen o pandeen en exceso cuando estén bajo la acción de las cargas.

En el caso de estructuras complejas sería necesario desarrollar un análisis tridimensional para estar seguros que el diseño cumple con las especificaciones para el cual va a ser construido. Es en esta situación que ayuda el análisis experimental con modelos. Se puede comprobar la validez de asunciones que simplifiquen los cálculos, ó la ubicación de puntos débiles en la estructura analizada.

El presente trabajo es de tipo teórico - experimental, estudia las deformaciones provocadas por la acción de varios pesos que provocarán cargas axiales y momentos sobre una base de grúa. Se modela dicha base como una viga empotrada en el fondo, soportando una fuerza axial y un

momento concentrado en el extremo. Empleando las mediciones de deformación unitaria del modelo se tratará de determinar la bondad del modelo asumido.

Las deformaciones provocadas por la acción de pesos que actúan sobre el modelo será analizado en el presente trabajo, con la ayuda de extensómetros de resistencia eléctrica.

CAPITULO 1

MODELIZACION DE LA BASE DE GRUA

La barcaza en la cual se va a instalar la base de grúa que es analizada en el presente trabajo, está siendo remodelada actualmente por los Astilleros Navales Ecuatorianos (ASTINAVE) para Autoridad Portuaria de Guayaquil, y será utilizada para la colocación de boyas, véase figura 1.1.

Las características principales de las embarcación son:

Eslora total.....	28.45 m.
Eslora entre perpendiculares.....	26.00 m.
Manga moldeada.....	9.14 m.
Puntal moldeado.....	2.13 m.
Calado moldeado hasta L.A.D.....	1.25 m.
Desplazamiento en agua salada.....	256.4 Ton.
Capacidad máxima de la grúa	50.0 Ton.

P E R F I L

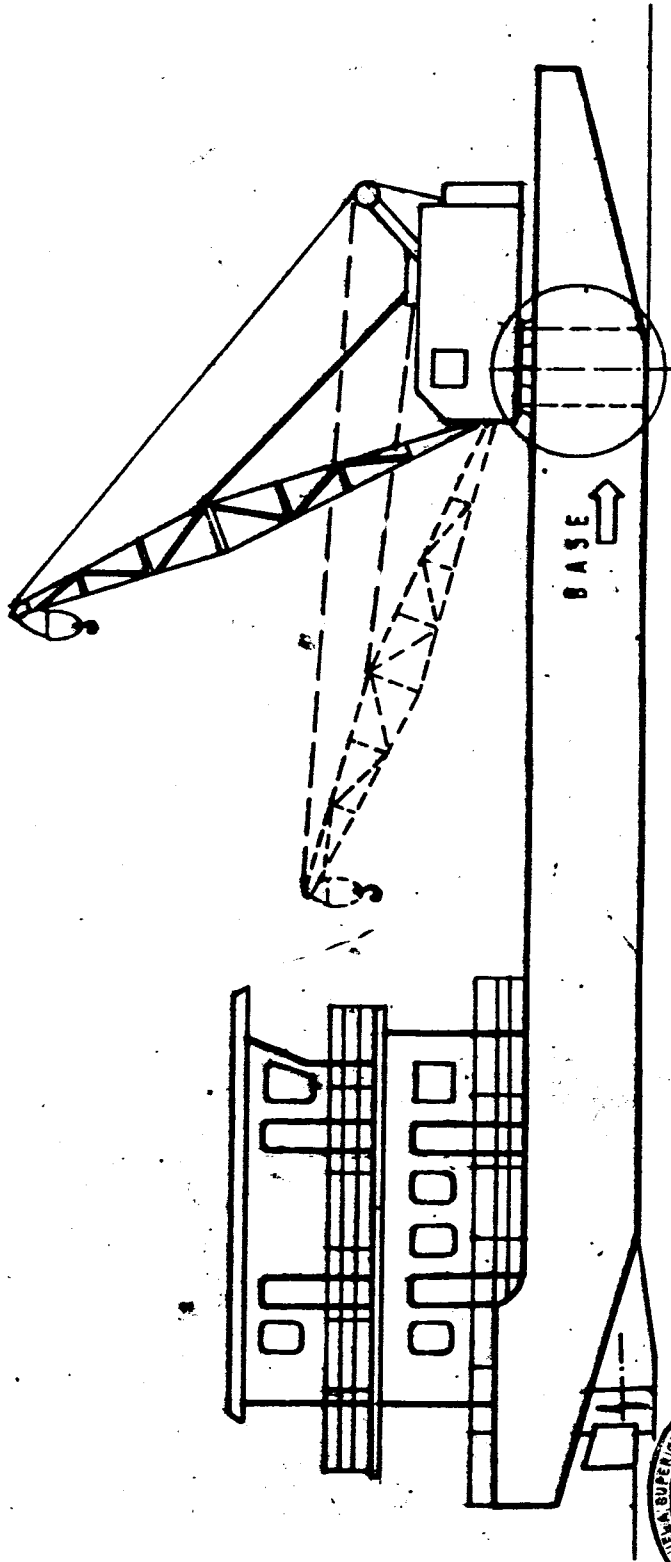


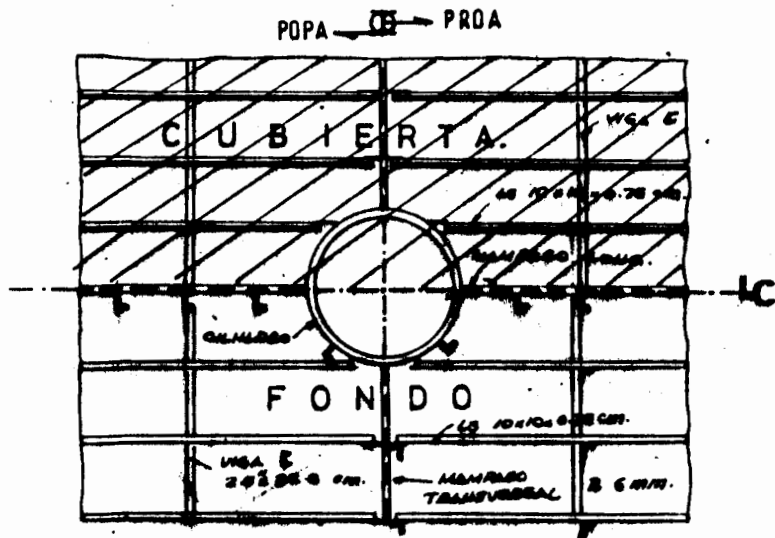
FIG. 1.1 PERFIL GENERAL DE BARCAZA FARERA



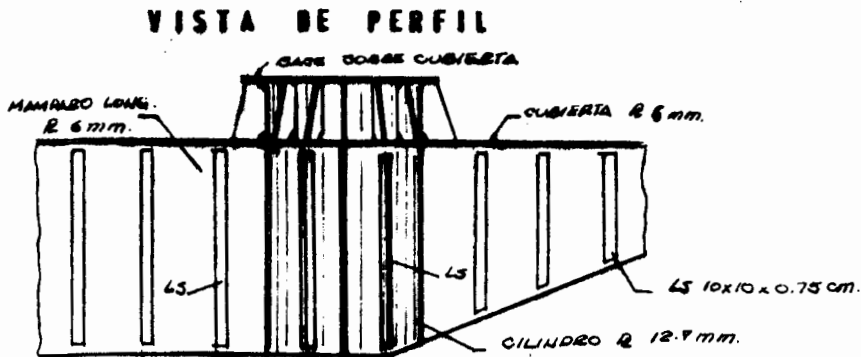
BIBLIOTECA

1.1. Descripción de la base de grúa.

El presente trabajo estudia en forma analítico-experimental las deformaciones producidas por las cargas a las que está sometida la base de una grúa. Esta base está compuesta de un cilindro de acero de 1.27 cm. de espesor, empotrada en el fondo y cubierta, y reforzado por ángulos de 10x10x0.75 cm. ubicados a 45° del mamparo transversal y longitudinal. El espesor de la plancha de los mamparos es de 6 mm. y son reforzados con ángulos de 10x10x0.75 cm. espaciados a 61 cm. Interiormente el cilindro está reforzado en su base por dos platinas de 5x0.6 cm. En la parte superior del cilindro de la base se encuentra una brida, reforzada por escuadras de 1.27 cm. de espesor, espaciadas a 30°. Esta brida servirá para conectar a la brida de la grúa que tiene una capacidad aproximada de 50 toneladas de levantamiento, ver figura 1.2.



VISTA EN PLANTA



VISTA DE PERFIL

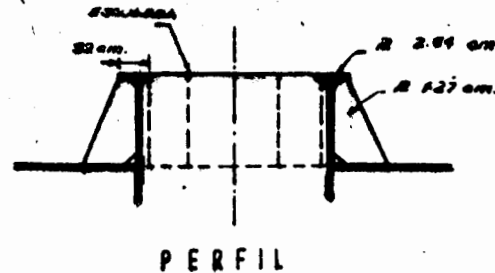
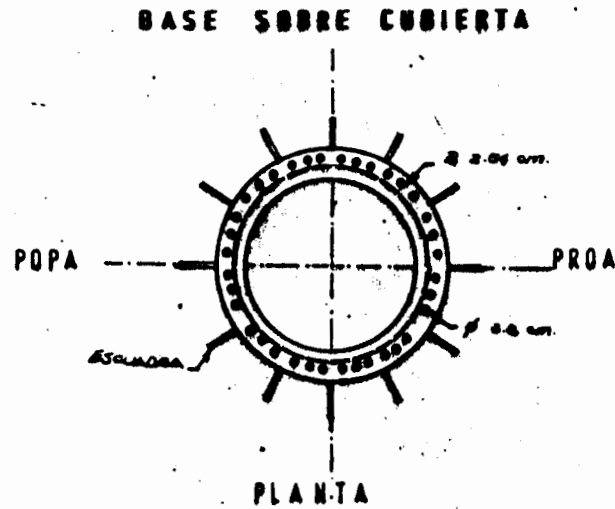


FIG. 1.2 ESTRUCTURALES BASE DE GRUA **APG 103** (ASTINAVE)

1.2 Modelo analítico de la base de grúa

La estructura analizada se va a modelar como una columna empotrada sometida a carga axial y momento flector, ver figura 1.3. Tenemos entonces :

$$M_{to} = W_1 B_1 - W_m B_m \quad (1.1)$$

$$W = W_1 + W_m \quad (1.2)$$

donde: W_1 = peso de levantamiento

W_m = peso de grúa

B_1 = distancia desde el centro de gravedad del peso de levantamiento al centro del

cilindro

B_m = distancia desde el centro de gravedad del peso propio de la grúa al centro del cilindro.

Además se debe considerar que el buque en el mar está constantemente sometido a fuerzas (olas, viento, corriente, etc.) que tratan de alterar su equilibrio. Dicho desequilibrio hace que se generen esfuerzos

GRUA - BASE

MODELO
ANALITICO

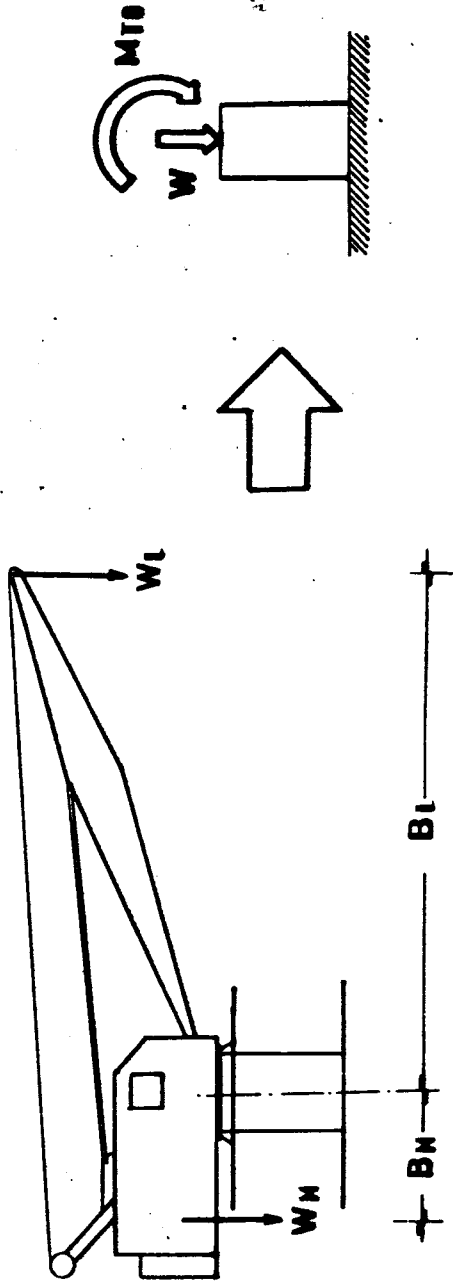


FIG. 1.3 MODELIZACION DE LA BASE

debido a la inercia de la embarcación. Todo esto hará aumentar o disminuir la acción de las cargas estáticas sobre la base del cilindro, dependiendo del tipo de movimiento a que está sometido el buque; se consideran como más importantes los de levantamiento, balanceo y cabeceo, referencia [1].

1.3 Evaluación de las deformaciones unitarias

Los esfuerzos no pueden medirse experimentalmente, pero si podemos medir experimentalmente la deformación unitaria. Por consiguiente si se sabe que relación hay entre el esfuerzo y la deformación unitaria, es posible calcular el estado de esfuerzo en un punto, después de medir el estado de deformación.

Como ya se explicó anteriormente, la base de la grúa va a ser modelada como una viga empotrada soportando una carga axial y un momento concentrado en el extremo. En una viga, los esfuerzos de tensión ó compresión en un punto perpendicular a la sección transversal considerada, originada por cargas axiales

y de flexión combinadas está dado por, referencia [9]:

$$\bar{\sigma}_x = \frac{P}{A} + \frac{M y}{I} \quad (1.3)$$

donde: σ_x = esfuerzo axial

P = carga axial

I = Momento rectangular de inercia de la
sección transversal

y = distancia desde el eje neutro al punto

donde se evalúa la deformación.

A = Área de la sección transversal

Considerando que el material es linealmente elástico, el esfuerzo será proporcional a la deformación, y se tiene, referencia [9]:

$$\bar{\sigma}_x = \bar{\epsilon} E \quad (1.4)$$

donde: ϵ = Deformación unitaria

E = Módulo de elasticidad del material

Reemplazando en la ecuación (1.3) el esfuerzo, se

tiene para la deformación unitaria:

$$\epsilon = \frac{P}{A E} + \frac{M y}{E I} \quad (1.5)$$

El primer término de esta expresión representa la deformación que se produce debido a la acción de cargas axiales, mientras que el segundo término representa la deformación unitaria debido a flexión.

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

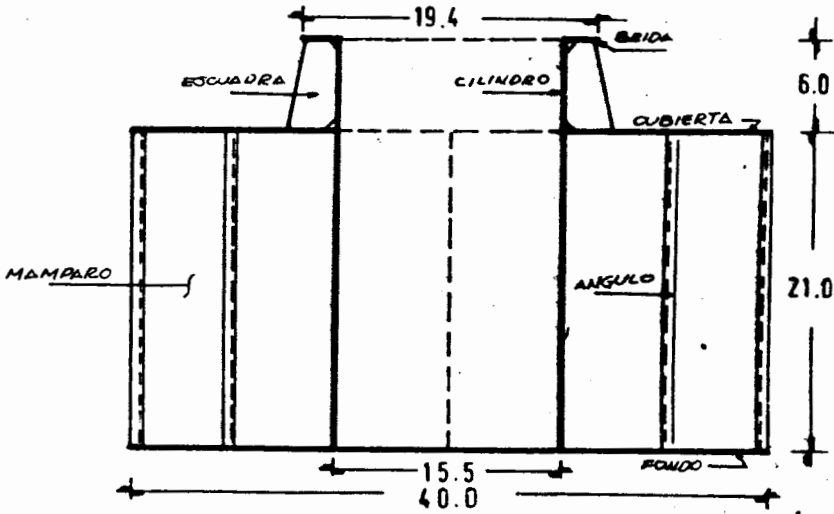
2.1 Construcción del modelo

Para seleccionar el material con que se construyó el modelo se ha considerado, costo, facilidad de trabajo, acabado, seleccionándose como material de trabajo al acrílico (plancha de 4mm. de espesor debido a las limitaciones de presupuesto).

Tal como se indica en la figura 2.1, el modelo está compuesto por dos elementos unidos por bridas de acople entre la base principal y la grúa que levanta las cargas.

La base se compone de un cilindro principal reforzado con ángulos de 1x1 cm. a 45° del mamparo transversal y longitudinal. Este cilindro tiene un diámetro de 15.5 cm. y fue rolado bajo la acción de agua caliente a 100°C y unido con resina (utilizado en trabajos de fibra de vidrio). Una vez colocado y centrado sobre el fondo compuesto por una plancha de acrílico de 40x42 cm., se procedió a ubicar correctamente los cuatro mamparos (dos longitudinales y dos

VISTA PERFIL



VISTA PLANTA

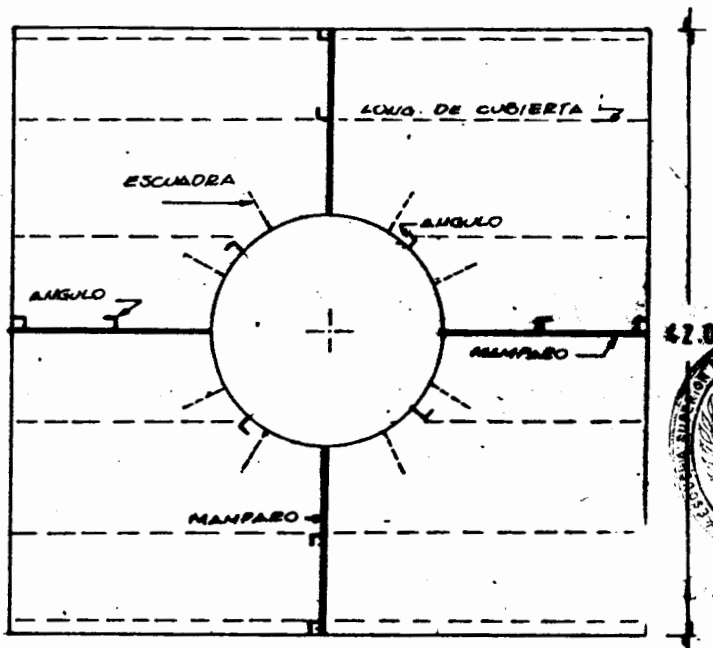


FIG. 2.1 DETALLE ESTRUCTURAL DEL MODELO DE BASE DE GRUA

transversales) a 90° cada uno con respecto al eje neutro del cilindro. Estos mamparos se encuentran reforzados por ángulos de 1x1 cm. a una distancia de 6.1 cm. del extremo de unión mamparo-cilindro, figura 2.2. Luego se procedió a colocar la cubierta principal con un agujero circular, lo que permitió ubicarla en posición correcta y descansa adecuadamente sobre los mamparos. Esta cubierta está también reforzada por longitudinales de 1x1 cm. y unidos a los refuerzos de los mamparos y del cilindro por escuadras de 2x2 cm.

Una vez ubicados y pegados los estructurales de fondo y cubierta, el borde del cilindro finalmente quedó a una distancia de 6 cm. sobre la cubierta, y con la ayuda de escuadras trapezoidales fue fijada la brida de acople del cilindro con la cubierta principal.

Dado que la grúa puede operar con el brazo extendido en diferentes posiciones con respecto a la línea de cruja, la grúa fue construida para ser ubicada a diferentes intervalos de 22.5° ; se logra de ésta forma analizar las deformaciones en zonas donde el cilindro está ó no reforzado. Tal como indica la figura 1.3 la

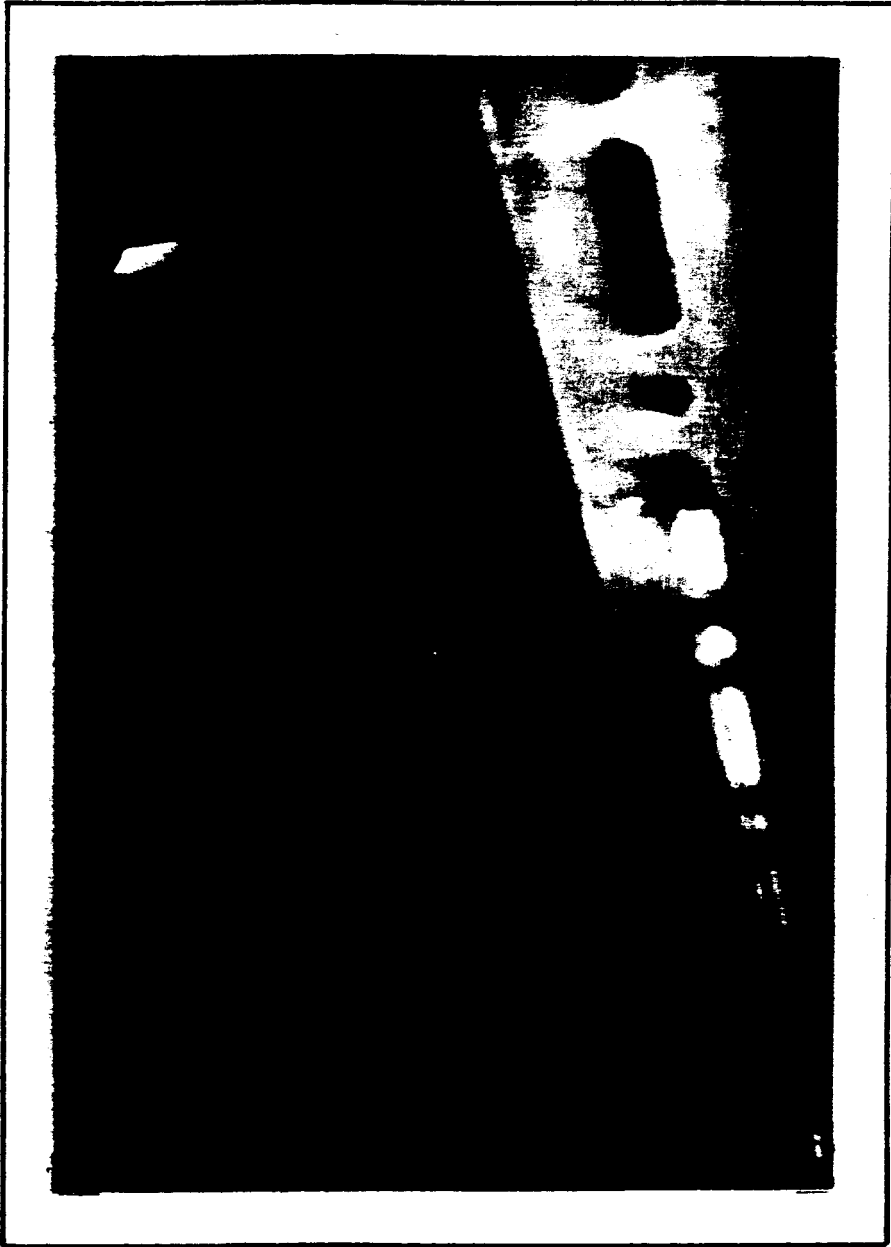


FIG. 2.2 REFUERZOS ESTRUCTURALES DEL MODELO

grúa tiene un brazo de izamiento de 67 cm. de longitud a partir de la pared frontal de la misma. Adicionalmente este brazo es sostenido por tres cables ó vientos, que sirven para sostener la grúa en la posición de izamiento más crítica. Las zonas donde se apoyan los vientos y orejas de articulación del brazo, están reforzadas interiormente por puntales y escuadras de acrílico. Finalmente el modelo fue fijado a una base metálica construida de ángulos aligerados de 1½ x 1½ pulgadas.

2.2. Ubicación de los extensómetros

Para medir las deformaciones unitarias se utilizaron extensómetros de resistencia eléctrica, pegados al objeto de prueba de tal manera que la deformación de éste se transmite directamente al conductor, sin resbalamiento relativo entre ellos. En la figura 2.3 se muestra esquemáticamente el extensómetro formada por un alambre fino de aleación pegada a un papel cubierto por un cojín de fieltro.

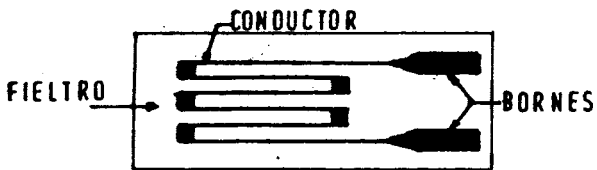


FIG. 23 EXTENSOMETRO

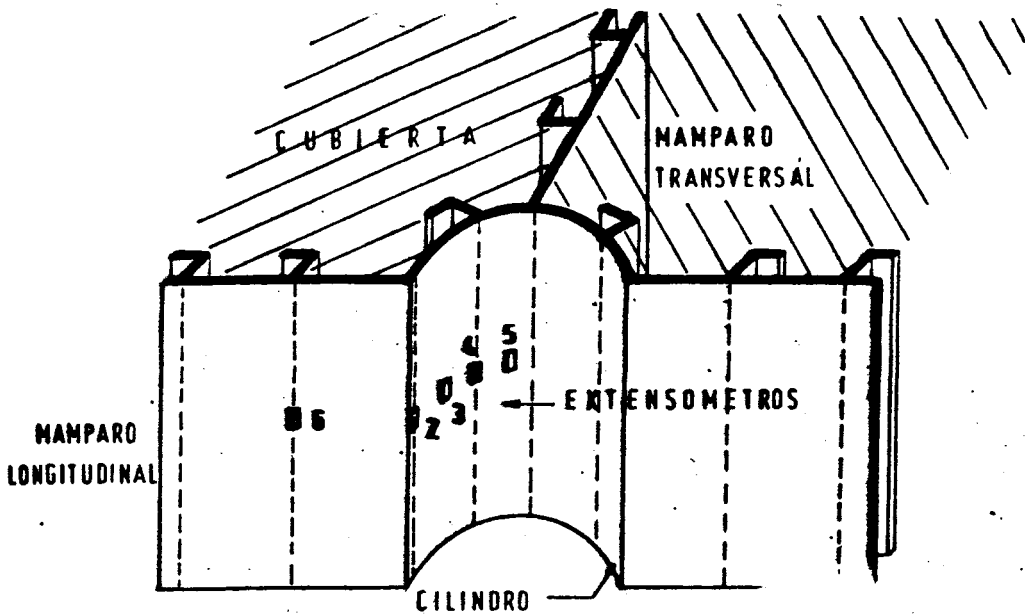


FIG. 24 UBICACION DE EXTENSOMETROS

Tenemos que la deformación unitaria estará dada por, referencia [13].

$$\epsilon = \frac{\Delta R}{R} \left(\frac{1}{FM} \right)$$

donde: FM = Factor de medidor ("Gage factor, GF") dado por el fabricante (2.04)

R = Resistencia del extensómetro (120 Ω)

ΔR = Cambio de resistencia

Basándose en el puente de Wheatstone se pueden transformar las variaciones que la resistencia experimenta cuando se deforma, en una diferencia de potencial eléctrico, referencia [13]. El valor de ϵ lo da directamente el sensor de deformaciones ("Multipoint strain System", marca Bruel & Kjaer, modelos 1526-1544), el mismo que se encuentra en el laboratorio de la FIMCM, figura 2.5.

Para posteriores explicaciones, se ha llamado zona I a aquella comprendida desde un diámetro perpendicular al brazo de la grúa, hacia el peso de levantamiento y zona II la que está ubicada atrás de la zona I. Los extensómetros fueron ubicados de la siguiente manera:

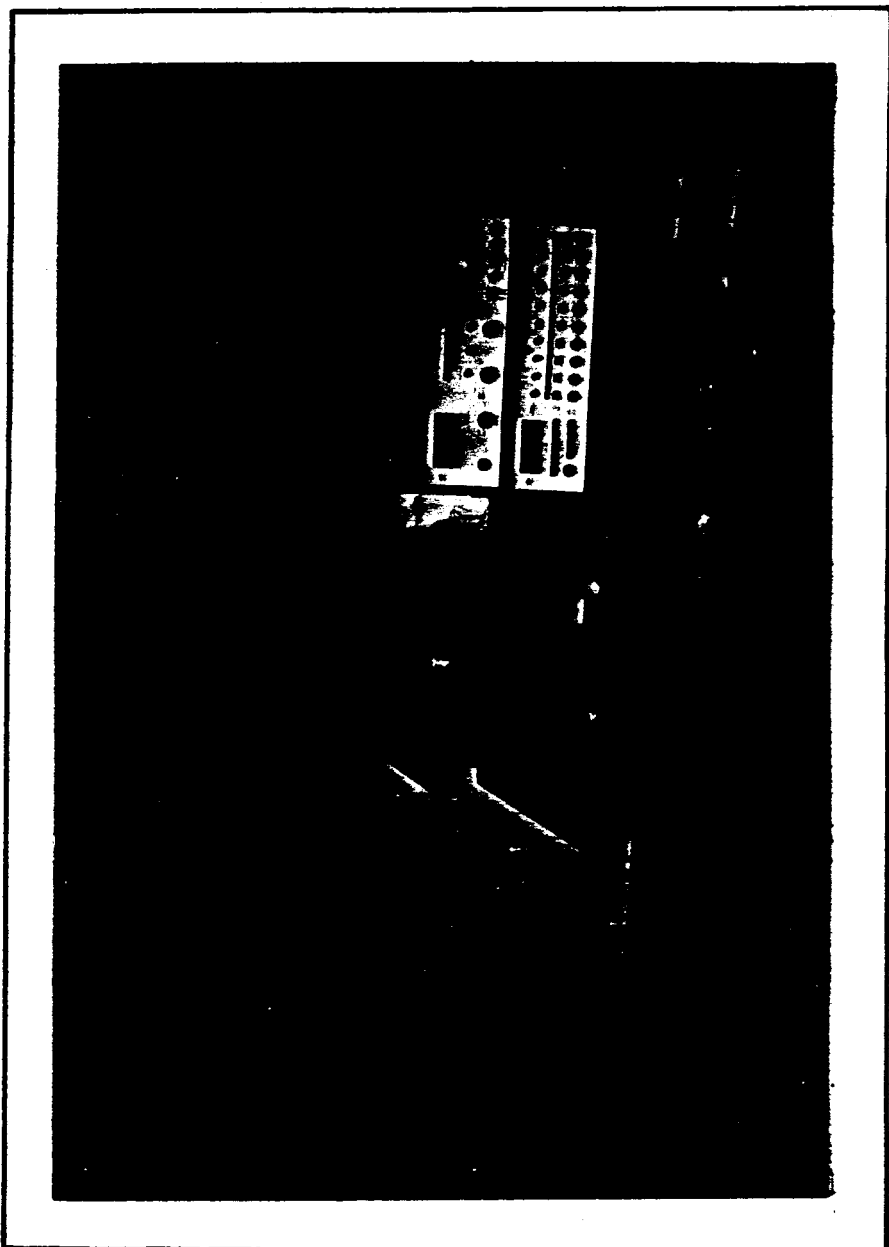


FIG. 2.5 EQUIPOS E INSTALACION

extensómetro 2 en la unión cilindro-mamparo frontal, extensómetro 3 en el cilindro a 22.5° del mamparo, extensómetro 4 cilindro-refuerzo, extensómetro 5 en el cilindro a 67.5° del mamparo frontal, en la misma zona pero en el lado derecho se ubicó el extensómetro 1. En la figura 2.4 se muestra la ubicación de los mismos.

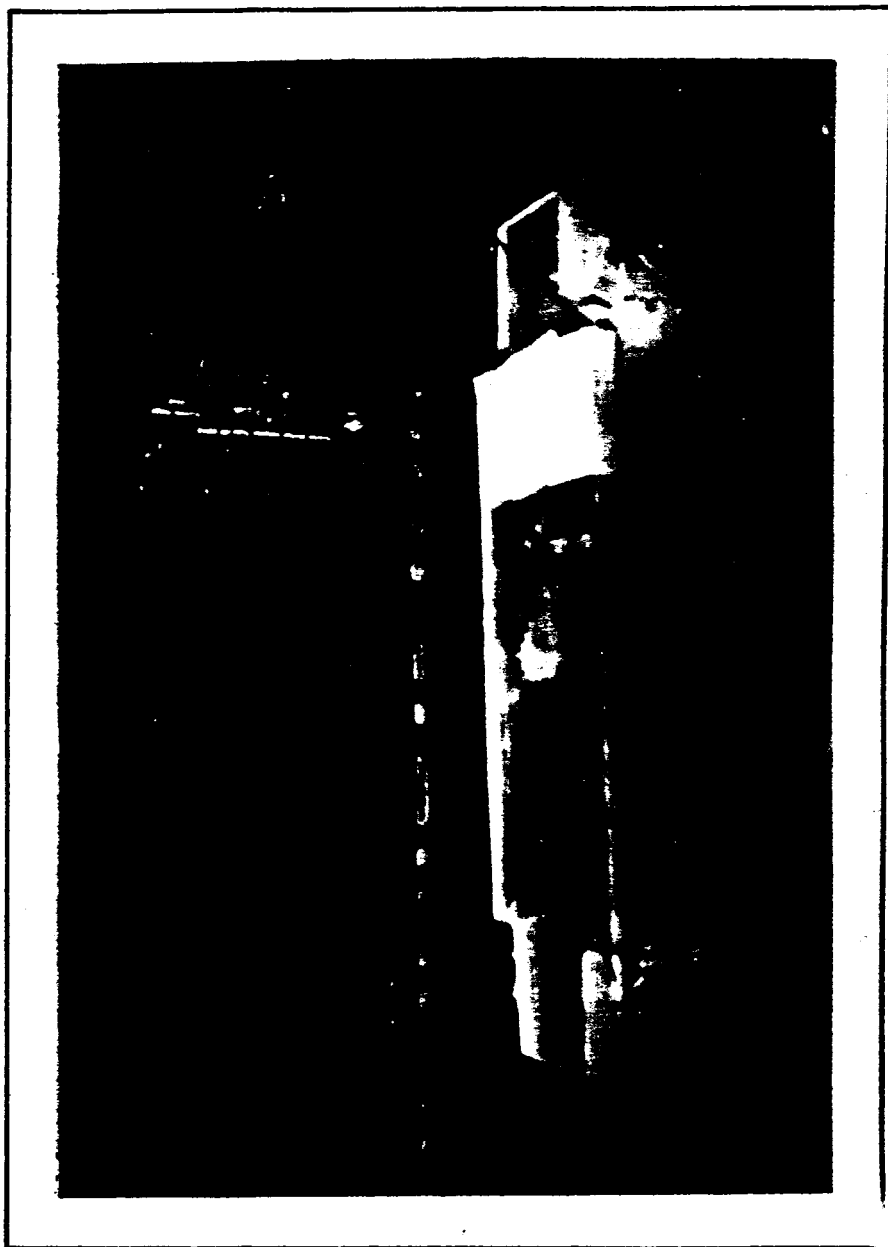
Para instalar todo el equipo de prueba fue necesario usar resistencias de 120 ohmios, para usarlos como "Dummy gauges", referencia [13]. Estas no serán afectadas por las deformaciones producidas, porque están fuera del objeto de prueba; esto es para formar el "cuarto de puente" y serán conectados con los extensómetros 1 y 6. Los extensómetros 3 y 5 se conectan con dos extensómetros que están pegados a una barra prismática de acrílico sin deformación. Para los extensómetros 2 y 4 se utilizaron dos adaptadores de cuarto puente "Dummy Gage" tipo ZR-0014. Hubiese sido más sencillo utilizar adaptadores para todos los extensómetros, pero el equipo no lo tiene; todas estas instalaciones se pueden ver en la figura 2.7.

Los extensómetros fueron pegados con sus hilos



FIG. 26 A Y BASE DEL MODELO





G. 2.7 ADAPTADOR CUARTO DE PUENTE - DUMMYS

paralelos a la dirección en que se quieren conocer las deformaciones, esto es, en dirección vertical. Los conductores fueron soldados con estaño y conectados al analizador.

2.3. Descripción de las pruebas

Para tomar las medidas de las deformaciones en la base de la grúa se procedió de la siguiente manera:

- 1- El brazo de la grúa es colocado a 0° ; esto es paralelo a la línea de crujía.
- 2- Se encera el analizador de deformaciones.
- 3- Se coloca un peso de 19.5 Kg. en la parte interior atrás de la grúa; que vendría a ser el peso propio de la grúa; luego se toma la lectura de la deformación unitaria para cada extensómetro.
- 4- Luego se procede a colocar los pesos de levantamiento en el brazo de la grúa de 7 Kg., 8Kg. y 10 Kg., y se obtienen las lecturas de las deformaciones para cada extensómetro, provocadas por estos pesos individualmente.
- 5- Se procedió luego a registrar las lecturas de las

deformaciones girando la grúa a 22.5° y a 45° siguiendo los mismos pasos anteriores.

Para obtener las deformaciones en la parte derecha de la zona I se ha considerado simétrica la estructura. Para la zona II fue necesario girar la grúa 180° y así obtener las deformaciones que se producen en la parte de atrás de la base de grúa.

Para registrar las mediciones obtenidas de deformaciones es necesario tener las siguientes precauciones:

- 1- Al colocar los pesos en el modelo, se lo debe hacer despacio para no tener esfuerzos por impacto.
- 2- Es necesario que las conexiones de los extensómetros con el objeto de prueba y el analizador no se estén moviendo, porque esto producirá lecturas falsas.
- 3- Además para tomar las lecturas se deberá esperar a que se estabilice el indicador de las lecturas en el equipo.
- 4- También se deberá realizar las pruebas en el momento en que la temperatura del ambiente sea el

adecuado para no tener efectos por temperatura.
ésto es sin aire acondicionado en el laboratorio.

2.4. Resultados experimentales.

Los valores obtenidos de las deformaciones son presentadas en la tabla I para la zona I y para la zona II en la tabla II. Se incluye también los valores de deformación unitaria residual que se leían una vez que la carga se había retirado de la estructura.

Z O N A I		Z O N A II					
POSICION	EXTEN	ε _{p.m.}	ε _{7 kg.}	ε _{8 kg.}	ε _{10 kg.}	ε _{res.}	
0°	1	+39	-25	-44	-72	+40	
	2	+29	-21	-32	-54	+23	
	3	+21	-21	-31	-49	+21	
	4	+20	-28	-38	-55	+14	
	5	+17	-23	-31	-41	+10	
	6	+8	-39	-51	-75	+5	
22.5°	1	+41	-36	-41	-52	+39	
	2	+58	-17	-24	-39	+35	
	3	+26	-14	-21	-37	+20	
	4	+31	-18	-28	-48	+26	
	5	+27	-16	-25	-43	+23	
	6	+40	-43	-55	-72	+32	
45°	1	+16	-25	-23	-13	+15	
	2	+24	-17	-21	-34	+22	
	3	+39	-12	-19	-39	+36	
	4	+66	-26	-40	-73	+61	
	5	+63	-21	-34	-65	+61	
	6	+68	-30	-32	-52	+75	

T A B L A I T A B L A II

CAPITULO III

ANALISIS DE LOS RESULTADOS EXPERIMENTALES

3.1. Integración para obtener la fuerza axial

Con los valores de las deformaciones producidas por la colocación de los pesos de levantamiento en la grúa, que se presentan la tabla I y II, se puede obtener el esfuerzo local al que se encuentra sometida la estructura. Asumiendo que el material cumple la ley de Hooke, tenemos que el esfuerzo es proporcional a la deformación, ecuación (1.4):

$$\sigma_x = E \epsilon_x$$

El valor del módulo de elasticidad del acrílico ha sido obtenido experimentalmente, el cual lo podemos ver en el apéndice de este trabajo y se ha tomado un valor promedio de:

$$E = 3.00E04 \text{ Kg/cm}^2$$

El valor de la deformación unitaria obtenida en el sensor viene dada en μ pul/pul. Multiplicando este valor por $10E-06$ obtenemos la deformación unitaria.

La carga por unidad de longitud se obtiene multiplicando el esfuerzo por el espesor del acrílico (0.4 cm.). Si integramos la fuerza por unidad de longitud por medio del método de Simpson, podemos obtener la fuerza total sobre la zona I y II; la zona I es la mitad del cilindro hacia proa de la embarcación y la zona II es la otra mitad del cilindro hacia popa de la embarcación como se muestra en la figura 2.4. Estas zonas van a estar sometidas a esfuerzos de tensión y compresión por las cargas aplicadas en el modelo. La ecuación para este cálculo viene dado por:

$$F = \int \sigma_x dA \quad (3.1)$$

donde: dA = diferencial de área

$$dA = r \cdot d\phi \cdot t$$

r = Radio del cilindro

$d\phi$ = diferencial de arco

t = espesor de la plancha

Ver figura (3.1).

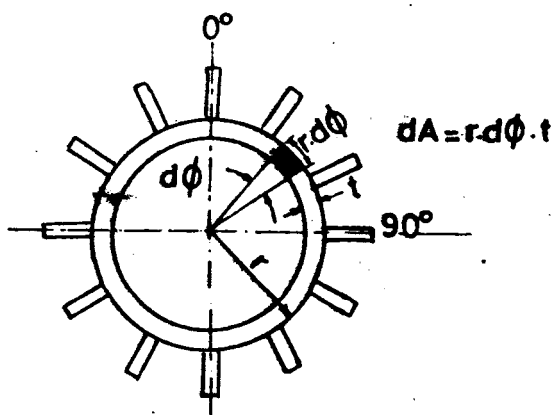


FIG. 3.1 AREA DE ADHESIÓN

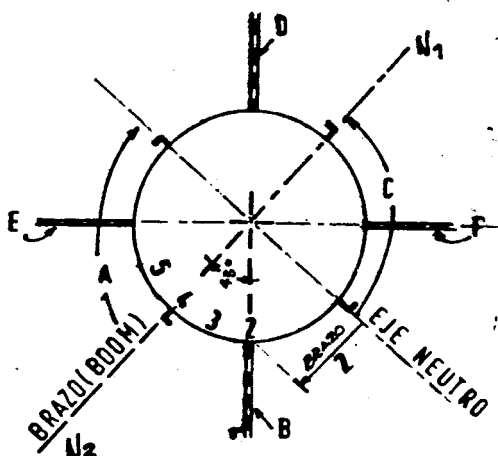


FIG. 3.2 BRAZO PARA MOMENTO

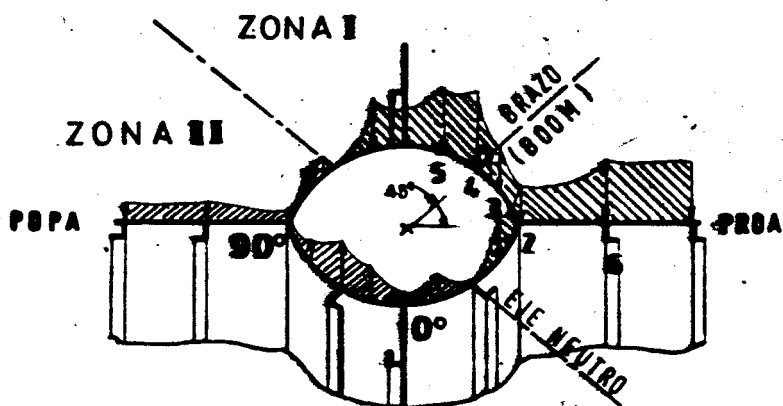


FIG. 3.3 DIAGRAMA DE DEFORMACIONES

Entonces la fuerza total en el cilindro será:

$$F = \int t \sigma_x r d\phi \quad (3.2)$$

Para las cargas sobre los refuerzos tenemos:

$$F_i = \sigma_i A_r \quad (3.3)$$

donde: A_r = Area del refuerzo

F_i = Carga aplicada en los refuerzos

σ_i = Esfuerzo calculado sobre los extensómetros

$i = 0, 4, 6, 8, 10, 90^\circ$, para la zona I

$i = 4', 6', 8', 10', 180^\circ, 360^\circ$, para la zona II

Carga sobre el cilindro para las zonas I y II

$$F_j = 2 \sum_i (\sigma_i / 3) r \quad (3.4)$$

donde: $j = A$ para la zona I

$j = C$ para la zona II

r = radio del cilindro

\sum_i = Sumatoria de las fuerzas en el cilindro,

ver figura (b.1.1).

Carga sobre los mamparos en la zonas I y II

$$F_k = 1/3 \sum_{z} \delta s \quad (3.5)$$

donde: $k = B, E$, para la zona I

$k = D, F$, para la zona II

δs = intervalo de integración

\sum_{z} = Sumatoria de las fuerzas en el mamparo, ver figura (b.1.1).

Fuerza total obtenida experimentalmente:

$$F = F_{\text{zona I}} + F_{\text{zona II}} \quad (3.6)$$

$$F = (F_1 + F_2 + F_k)_{\text{zona I}} + (F_1 + F_2 + F_k)_{\text{zona II}} \quad (3.7)$$

3.2. Integración para obtener el momento de flexión.

El momento de flexión total se lo obtiene multiplicando las fuerzas encontradas sobre el cilindro, mamparos y refuerzos por la distancia al eje neutro de

la sección. Se debe tomar en cuenta que la distancia al eje neutro varía para las posiciones $0^\circ, 22.5^\circ, 45^\circ$, del brazo de la grúa, como se muestra en la figura 3.2 y en las tablas de cálculos.

El momento de flexión es :

$$M = \int \sigma_x z \, dA \quad (3.8)$$

donde: z = Brazo ó distancia desde la carga aplicada al eje neutro de la sección.

Se aplica igualmente el método de Simpson para obtener el momento de flexión actuante sobre el cilindro de la base grúa.

$$M_1 = 2 \sum_{\phi} (1/3) R \delta\phi \quad (3.9)$$

se tiene que : $i = A$ zona I

$i = C$ zona II

R = Radio del cilindro

$\delta\phi$ = diferencial de arco

\sum_{ϕ} = Sumatoria de los momentos con

respecto al eje neutro de las

cargas sobre el cilindro, ver

figura

(b.1.1).

Para los mamparos será igual a:

$$M_j = 1/3 \sum \delta s \quad (3.10)$$

entonces: $j = B, E$, para la zona I

$j = D, F$ para la zona II

δs = diferencial de distancia en el mamparo

\sum = sumatoria de los momentos provocados por las cargas sobre el mamparo, ver figura (b.1.1).

El momento de flexión provocado por las fuerzas actuante en los refuerzos es:

$$M_k = \sigma_x A_r \text{ Brazo} \quad (3.11)$$

Se tiene que : $k = 0^\circ, 4, 6, 8, 10, 90^\circ$, para la zona I

$k = 4', 6', 8', 10', 180^\circ, 360^\circ$, para la zona II.

Brazo = Distancia desde el eje neutro al extensómetro, ver figura 3.2.

El momento de flexión total será:

$$M_{to} = (M_1 + M_2 + M_k)_{zona I} + (M_1 + M_2 + M_k)_{zona II} \quad (3.12)$$

El momento estático provocado por el propio peso de la grúa y el peso de levantamiento ecuación (1.1) nos servirá para comparar con el momento experimental calculado por medio de la ecuación (3.12).

Debido a la falta de extensómetros en el modelo se ha asumido para los cálculos lo siguiente:

Posición 0°:

- a) En el punto 0° deformación igual al 6, 6' igual a 180° ver figura 3.2.
- b) Para el punto 7,8,90°, 7', 8'360°, deformación igual a cero, por estar en el eje neutro.
- c) Simetría del modelo, deformaciones iguales en el lado izquierdo y derecho, tanto como para la zona I y II.

Posición 22.5° :

- a) Para el punto 7 de la figura b.1, la deformación se obtiene del dibujo de las cargas locales vs. intervalo de distancia y es igual a la mitad del valor obtenido para 2 en 45° . Para 7' igual al de 2' en 45° , obteniéndose esto de los gráficos de carga vs. intervalo (s).
- b) En el punto 8 igual a 90° y éste igual a la mitad del 6 en 45° , para 8' igual 360° y éste igual al 6' en 45° .

Posición 45° :

- a) Para el punto 7 deformación igual a la obtenida por el extensómetro 2, 7' igual al de 2' por simetría.
- b) En el punto 8 igual al 6 igual al de 90° , 8' igual al 6' y éste igual al de 360° .
- c) El valor de la deformación en 11' igual al del 1 por simetría.

3.3 Analisis de los resultados experimentales.

La tabla III resume los resultados y se encuentra que, la fuerza total sobre el cilindro determinada experimentalmente, es bastante cercana al de la carga total aplicada sobre el modelo; este comentario se refiere a las posiciones del brazo de la grúa de 0° , 22.5° y 45° . La diferencia que se nota entre los momentos, se debe probablemente que la distribución de esfuerzos no sea iguales en la simetría que se ha asumido en el modelo para la realización de los cálculos. Debido a que cuando se roló el cilindro empleando agua caliente, este no quedó completamente circular.

Se puede observar en las figuras (3.4.1 a 3.6.2) de la cargas vs. intervalo de distancia, que para 0 Kg. de carga de levantamiento, la zona I provee resultados positivos de deformaciones. Esto se debe a que la zona I del modelo se encuentra sometida solamente a esfuerzos de tensión debido solamente al peso propio de la grúa; la zona II está soportando esfuerzos de compresión, tal como se esperaba. Al combinar las dos cargas, peso de levantamiento más peso propio de la

POSICION	CARGA KG.	MTO KG.-CM.	F TOTAL KG.	M TOTAL KG.-CM.
	19.50	434.70	27.20	383.60
	26.50	99.87	28.89	50.77
0°	27.50	176.12	24.08	132.19
	29.50	327.70	30.77	236.30
	19.50	434.70	26.15	605.40
	26.50	99.87	24.10	117.10
22.5°	27.50	176.12	23.20	131.70
	29.50	327.70	25.90	259.00
	19.50	434.70	16.40	839.00
45°	26.50	99.87	28.50	38.06
	27.50	176.12	29.60	84.10
	29.50	327.70	34.90	267.30

T A B L A III

grúa, existirán esfuerzos de tensión y compresión combinadas en las dos zonas como se muestra en la figura 3.3. También se puede observar que para 10 kg. los esfuerzos de compresión son más altos y esto sucederá mientras más se aumenta el peso de levantamiento.

La figura 3.4.1 para la posición 0° (brazo apuntando en dirección de la línea de cruzaja), muestra que los valores pico de las deformaciones se encuentran en la zona donde están ubicados los extensómetros 2 y 4 (zona I), igual sucede en los puntos 2' y 4' (zona II), ver figura 3.4.2; esto es en el refuerzo del cilindro y unión mamparo-refuerzo, respectivamente. Esto es contrario a lo que se esperaba, la zona de menor rigidez, (extensómetro 3) debió deformarse una mayor cantidad. Es posible que el extensómetro 3 no se haya adherido completamente, y esto explique lo observado.

A medida que se gira el brazo de la grúa las respuestas a las cargas aumentan en el sentido en que gira la misma. Para la posición con máxima respuesta inicial, la deformación comenzará a descender, véase

las figuras 3.4.1 a 3.6.2.

Las figuras 3.4 a 3.7 presentan las deformaciones que se han producido debido a las cargas aplicadas. Indican las zonas en que mayores deformaciones se producen; esto es posible gracias a la ayuda de los extensómetros de resistencia eléctrica. Este trabajo se dificulta si se lo hace analíticamente, por la complejidad misma del modelo.



BIBLIOTECA

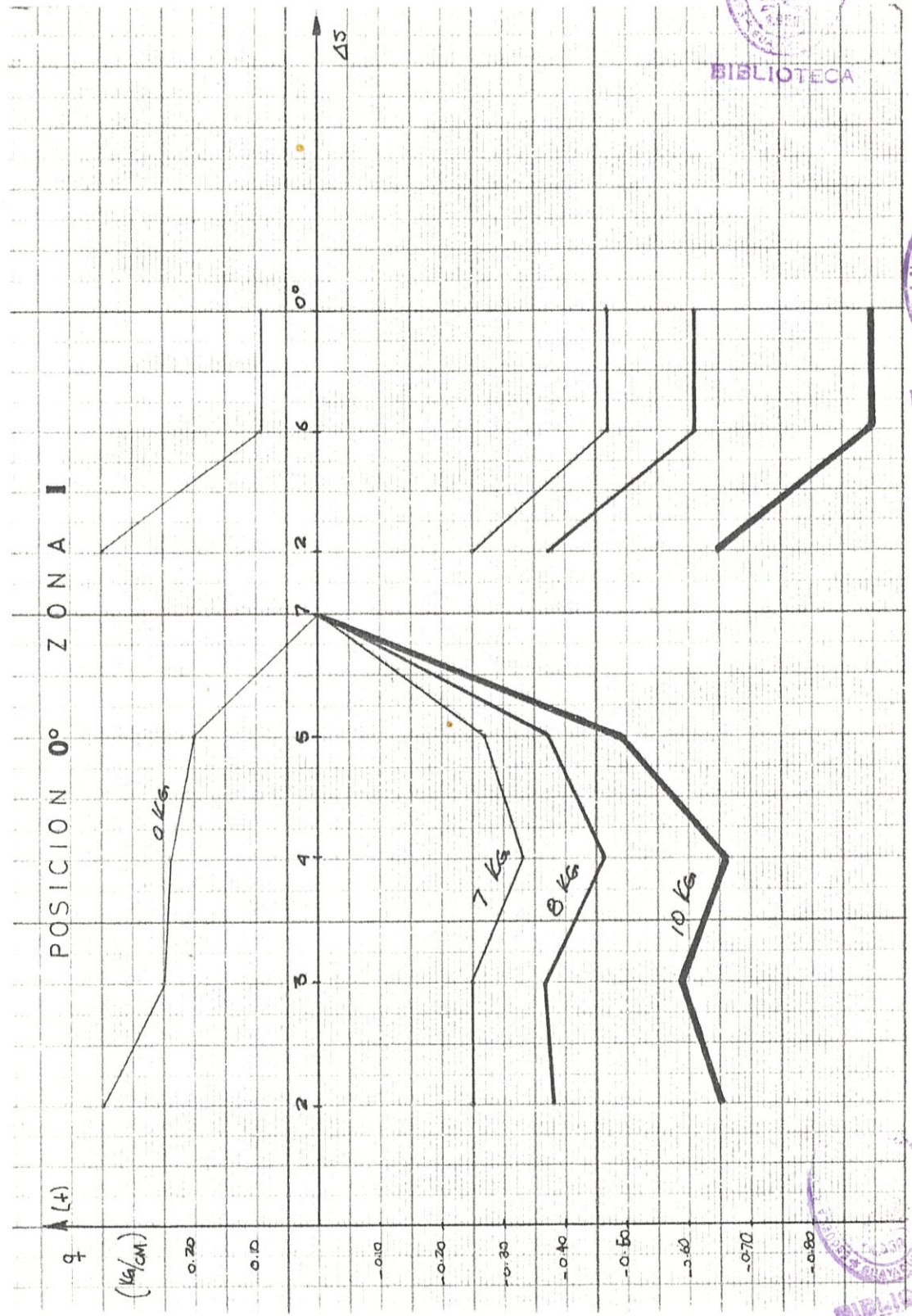


FIG. 3.7.1



40

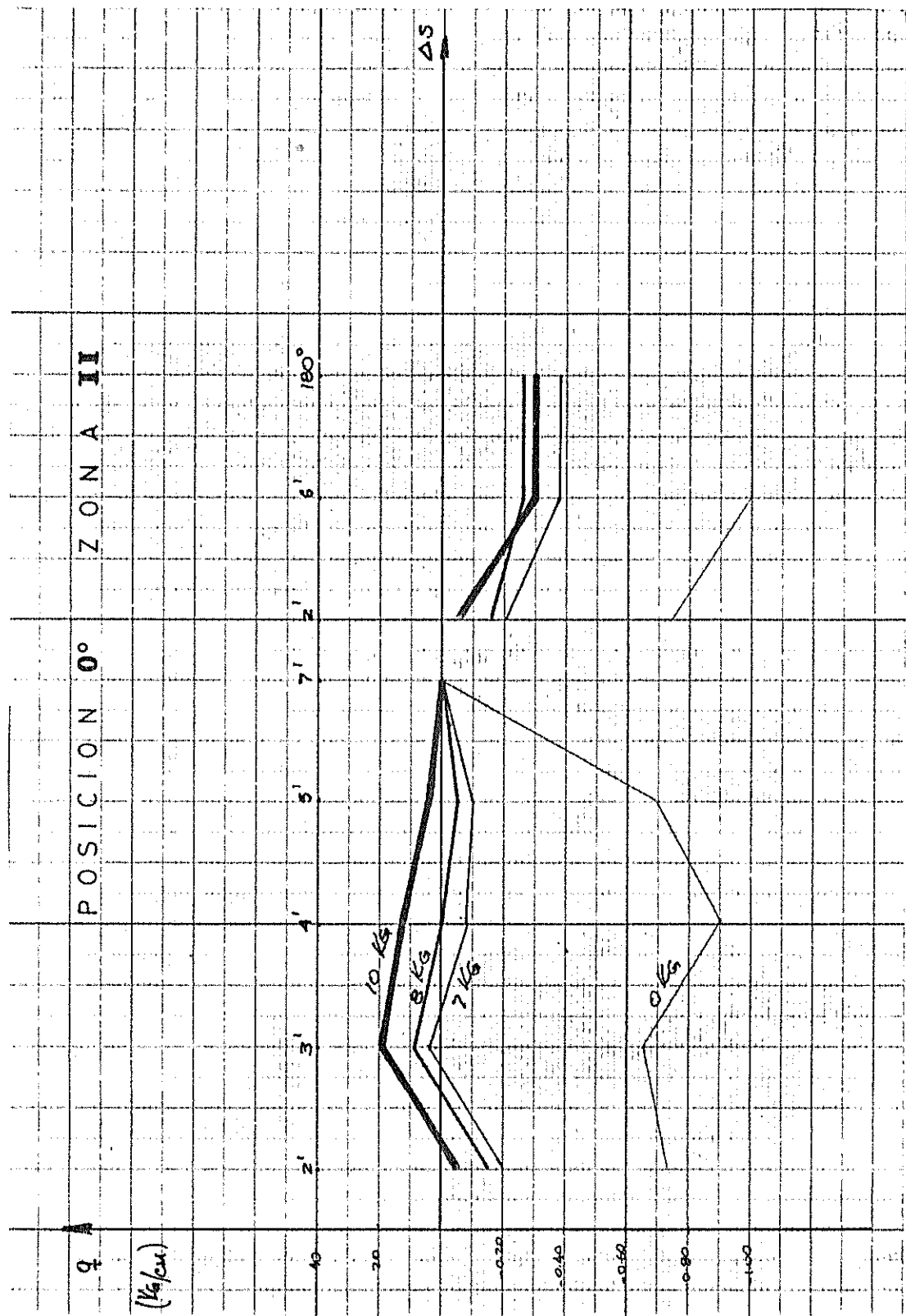


FIG 372

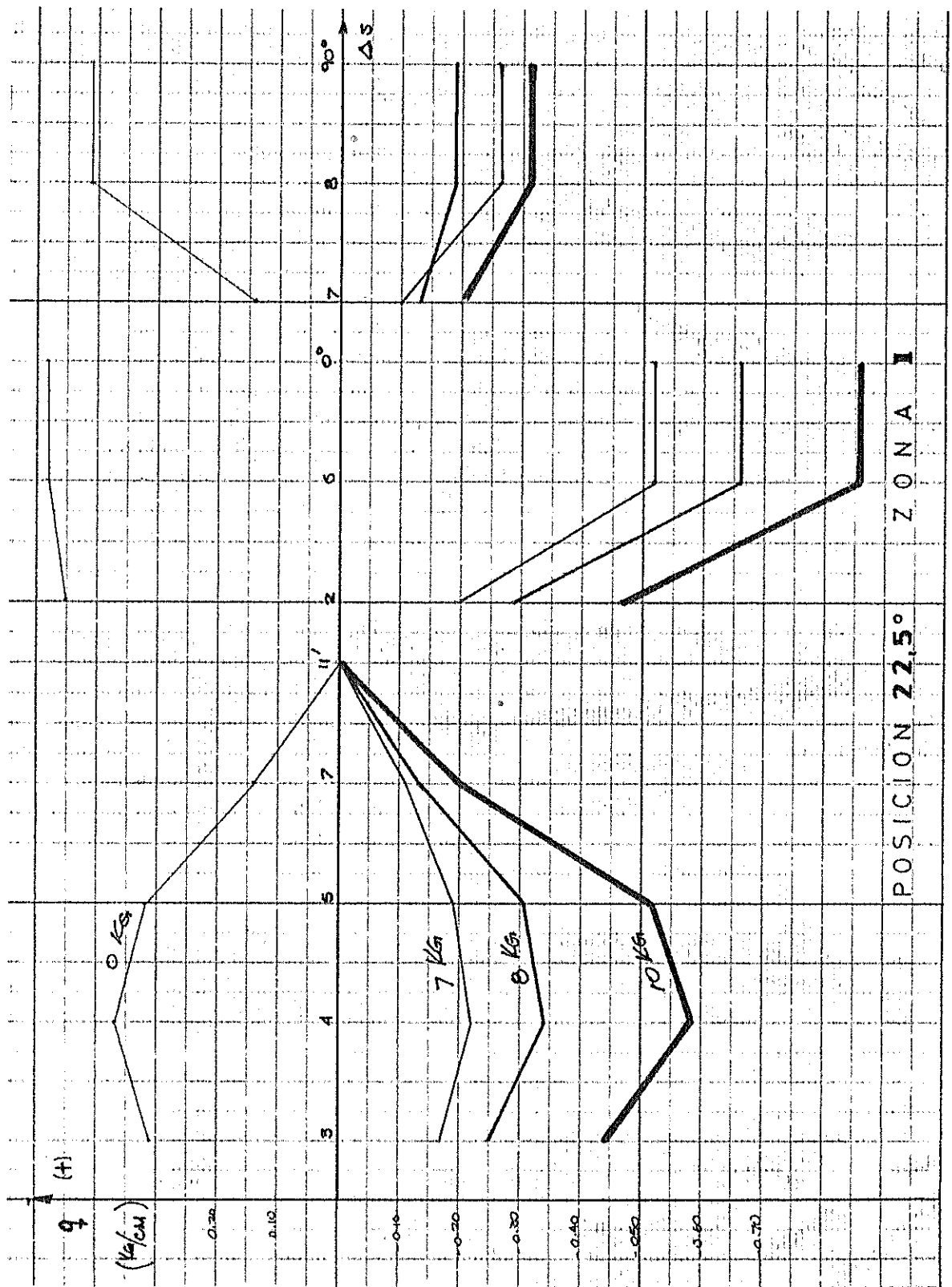
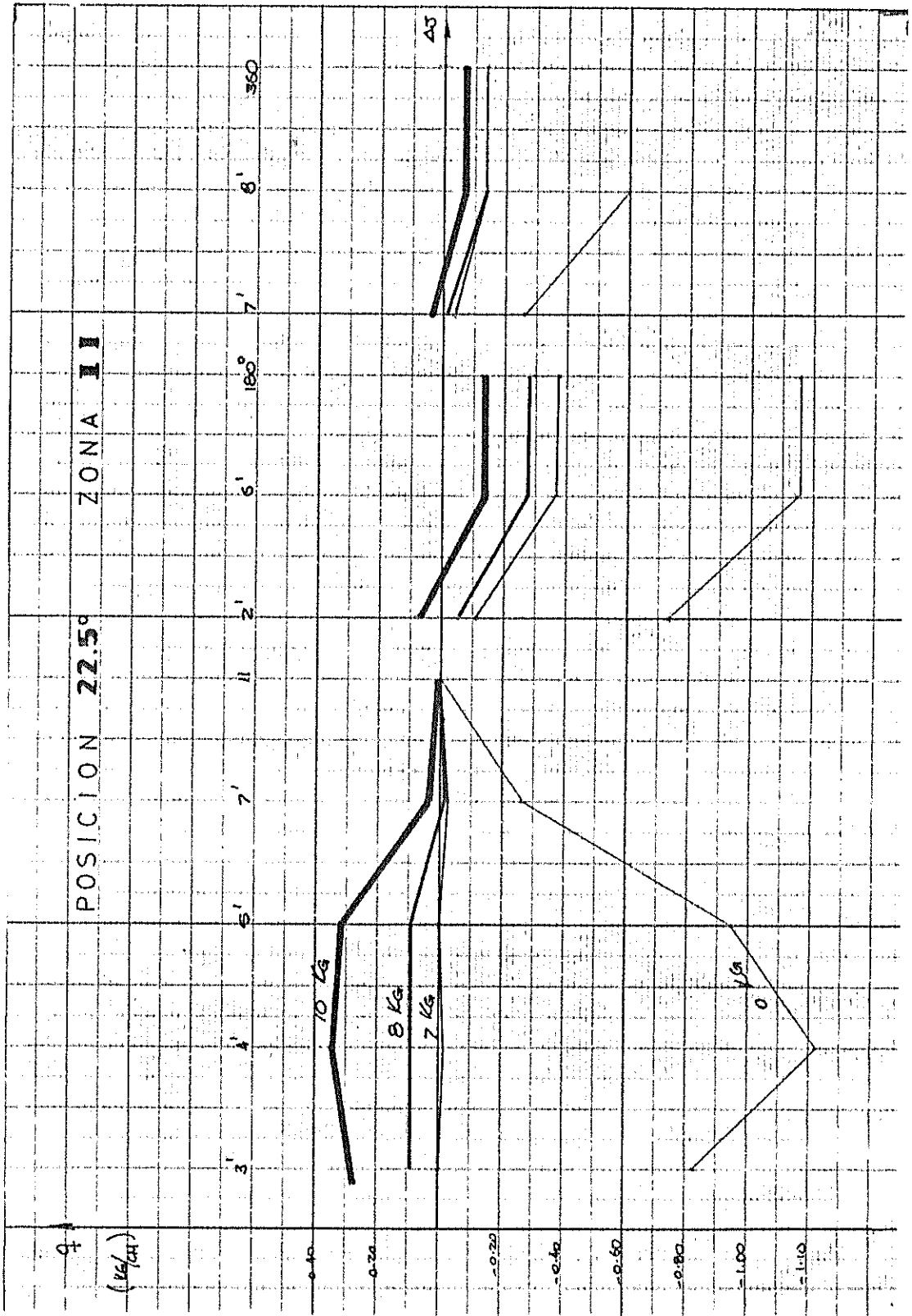
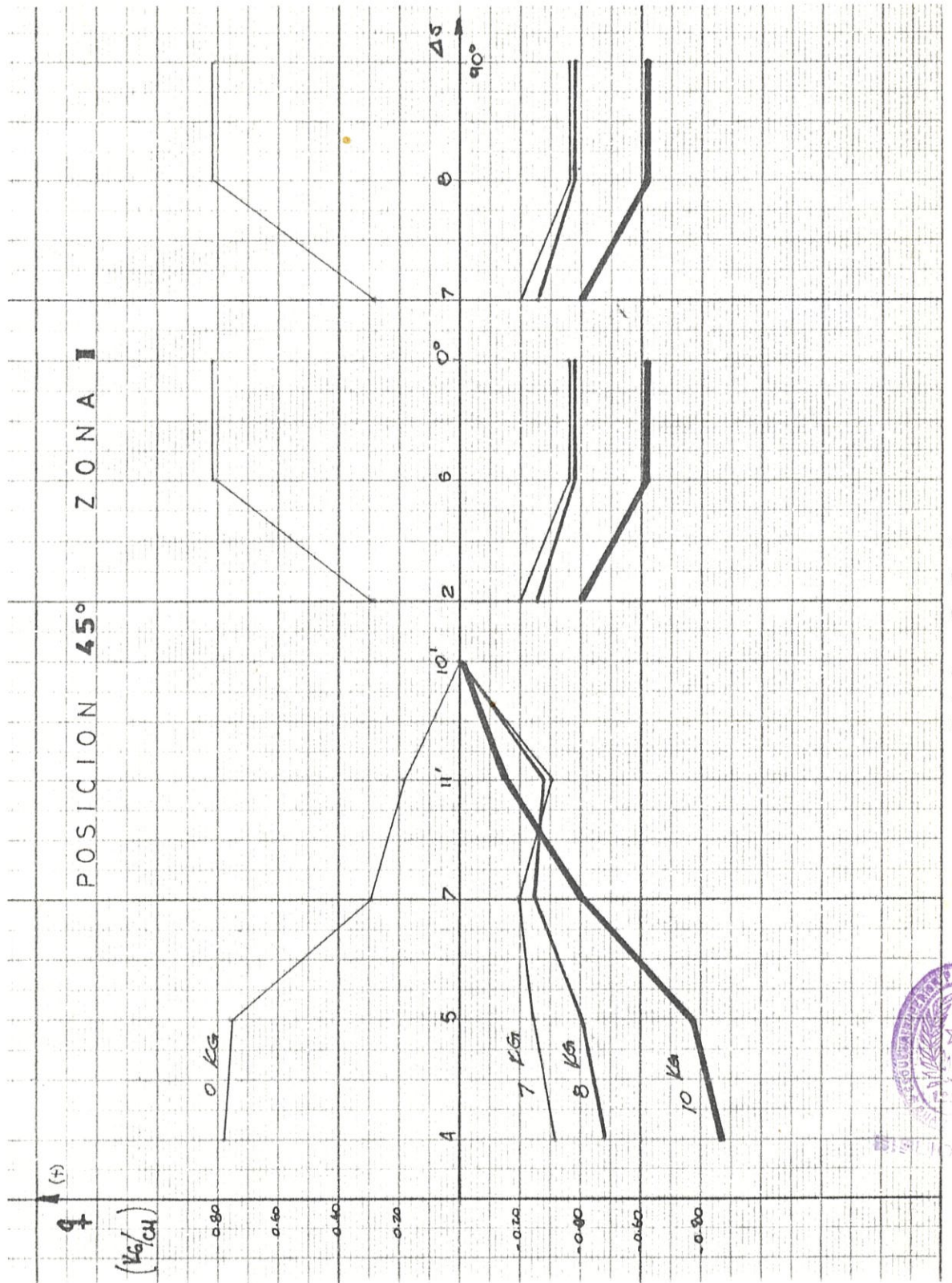


FIG 3 K 1





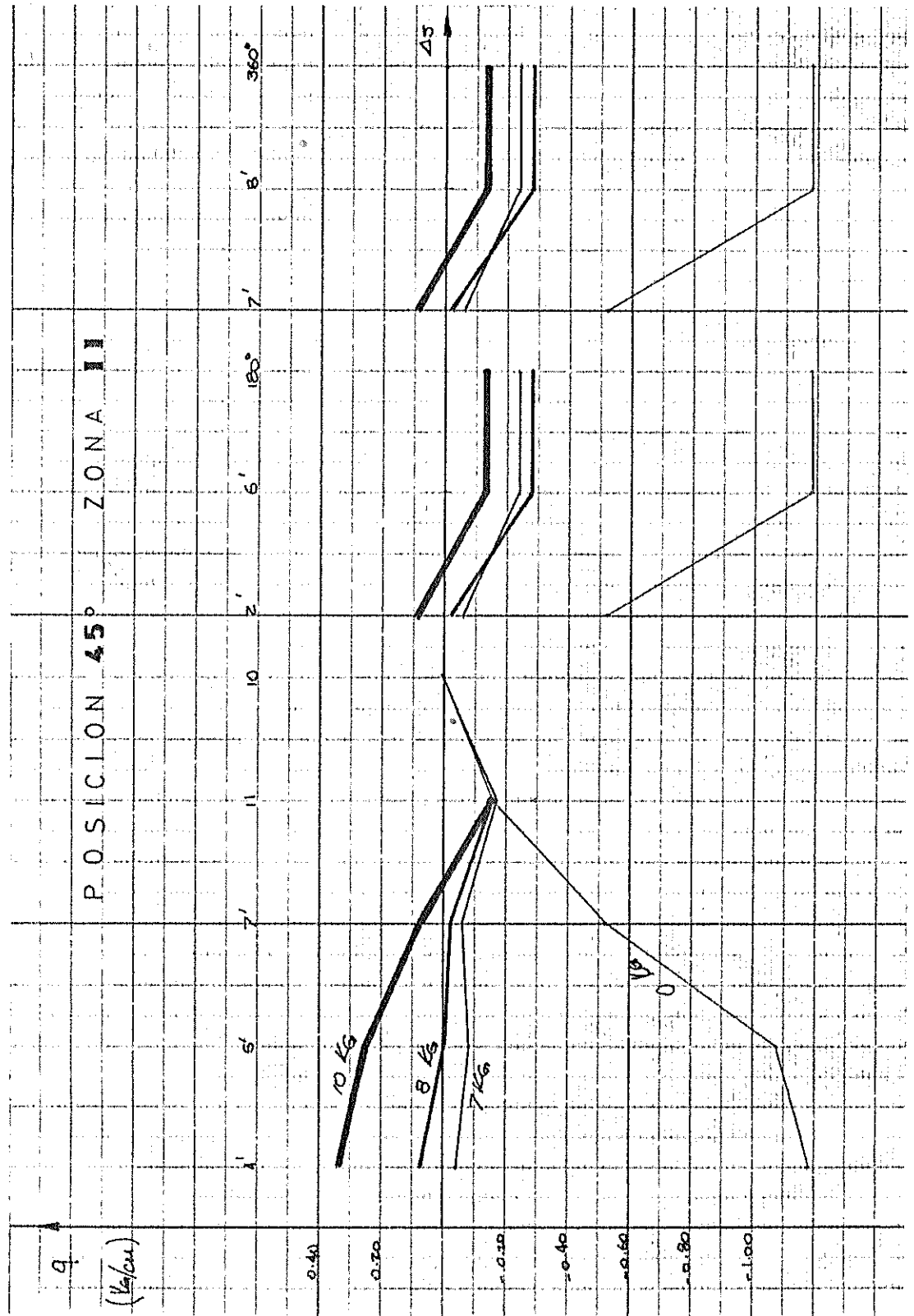
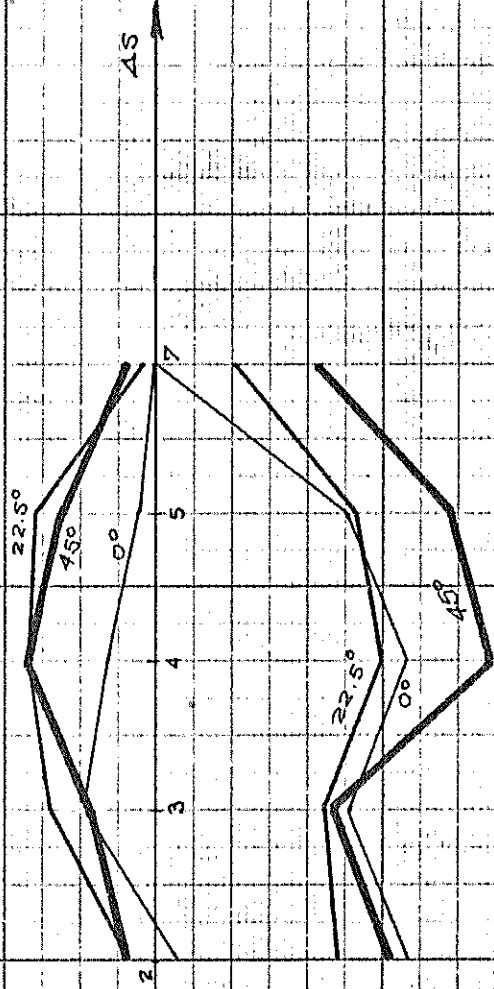


FIG 362

q
 (kg/cm)

VARIACION DE LA CARGA/LOCA RESPECTO DE LA POSICION
 DEL BRAZO DE LA GRUA.

ZONA II



ZONA I

$W_M = 19.50 \text{ kg.}$ $W_L = 10 \text{ kg.}$

CAPITULO IV

FALLA ESTRUCTURAL DEL MODELO

4.1. Descripción de la falla

La base grúa fue sometida a la acción de diferentes cargas, esto es de 7Kg., 8Kg., 10 Kg. y 15 Kg. Bajo estas cargas el cilindro base está sometido a la acción de esfuerzos de tensión y compresión concentrados en el área de adhesión. Tal como indica la construcción de la brida de base, el área conformada por las escuadras trapezoidales y el cilindro principal son las únicas que contribuyen a la adhesión de la brida. Así que cuando se sensó las deformaciones para la carga de 15 kg., la estructura comenzó a desprenderse desde la zona II hacia la zona I, llegando a fallar en su totalidad cuando llegamos a censar en la posición de 45° .

El desprendimiento comenzó como se puede observar en los puntos marcados como N1 y N2 en la figura 3.2,

es decir, en la parte de adhesión entre las escuadras y la brida de acople. Continuado luego por la unión entre el extremo del cilindro y la brida de acople, esto es, la zona II que está soportando esfuerzos de tensión debido al peso de 15 Kg de levantamiento.

4.2. Análisis dimensional del problema

Para poder determinar el peso que debe levantar la grúa del modelo y comparar con el peso real que levanta la grúa de la barcaza se ha realizado un análisis dimensional. La aplicación del análisis involucra una ecuación de la forma:

$$x_n = \phi (x_1, x_2, x_3, \dots, x_{n-1}) \quad (4.1)$$

x_1 's: son productos adimensionales.

Tenemos que en el caso de una viga empotrada con carga axial y momento flector :

Número de variables es 5: $L, \delta, E, F, M,$

Número de Parámetros es 2: $F, L,$ luego:

Número de productos adimensionales: 3; esto es de

acuerdo al teorema Pi de Buckingham, ver referencia [13].

Por inspección los productos $\bar{\pi}$ pueden formarse como sigue :

$$\bar{\pi}_1 = \delta/L \quad \bar{\pi}_2 = E L^2/P \quad \bar{\pi}_3 = M/P L$$

donde: δ = Deformación

L = longitud

E = Módulo de elasticidad del material

P = Fuerza axial

M = Momento aplicado en el extremo

Denotando con mayúsculas las variables correspondientes a la barcaza real, y con minúsculas aquellas correspondientes al modelo; igualando $\bar{\pi}_2$ para prototipo y modelo se obtiene:

$$P/E L^2 = p/e l^2 \quad (4.2)$$

luego:

$$p = \frac{P e l^2}{E L^2} \quad (4.3)$$

Igualando δ_s para el prototipo y modelo se obtiene:

$$\frac{M}{P L} = \frac{m}{p l} \quad (4.4)$$

$$m = M \frac{p l}{P L} \quad (4.5)$$

donde: m = Momento aplicado en el extremo del modelo.

Considérese la ecuación (4.3) con una carga real de 100 toneladas, dato proporcionado por ASTINAVE (peso propio de la grúa más el peso máximo de levantamiento). Considerando además el modelo construido a escala 1:10, y tomando los valores del módulo de Young del acero y acrílico como $2.11E06$ y $3.0E4$ Kg./cm², respectivamente, la carga máxima que se debería aplicar al modelo será entonces:

$$p = 14.22 \text{ Kg.}$$

Aplicando la fórmula (1.1) el momento aplicado sobre la grúa real es:

$$M = 50 \text{ ton} * 8 \text{ m} - 50 \text{ ton} * 2 \text{ m}$$

$$M = 300 \text{ ton-m}$$

Considerando la ecuación (4.5) tenemos para el momento sobre el modelo de la base de grúa:

$$p = 14.22 \text{ Kg}$$

$$l = 0.27 \text{ m}$$

$$L = 2.6 \text{ m}$$

$$M = 300 \frac{14.22 (0.27)}{100 (2.7)} = 426 \text{ Kg-cm}$$

Pero para aplicar la carga de 14.22 Kg. y poder comparar, deberíamos tener similaridad geométrica, esto es, todas las partes del modelo deberían ser construidas a escala. Pero esto no pudo llevarse a la práctica por que los espesores de las planchas del modelo difieren de los de la base grúa real. Aplicando el factor de escala mencionado anteriormente, el espesor de la plancha del cilindro de la barcaza es de 1.27 cm., y el de los mamparos es de 6 mm., en cambio en el modelo todas las partes fueron construidas con plancha de 4 mm.; esto es debido a limitaciones de presupuesto como se ha explicado anteriormente.

El valor del momento durante la prueba en que falló el modelo era de 713 Kg-cm. Este valor es 1.7 veces más

que el momento de diseño que debería aplicarse al modelo.



BIBLIOTECA

4.3. Discusión

En el presente subcapítulo se procederá a analizar el porqué se produjo la falla en el modelo de la base de la grúa. Antes es necesario mencionar que la adhesión de la brida al cilindro por intermedio de la resina no se ha determinado experimentalmente para poder comparar con la soldadura que corresponde a la unión real de los elementos en estudio. En todo caso se puede decir sencillamente que la adhesión es "bastante resistente".

Se piensa que la estructura no ha fallado debido a que el esfuerzo excedió a la resistencia de fluencia del material. Los valores obtenidos para los esfuerzos que soporta el modelo son bastante pequeños con relación al esfuerzo de fluencia del acrílico que es de 520Kg/cm^2 tomado de referencia [9]. Por lo tanto la falla se debe mas bien a que el área de unión de estos elementos estructurales (escuadras-brida) no es

lo suficientemente grande como para resistir al momento flexionante, provocado por el peso de levantamiento.

Es importante anotar, que luego de la aparición de la falla descrita en éste capítulo, la empresa que está remodelando la barcaza, está revisando el diseño de la base grda. Especificamente se está revisando si el área provista por los cordones de soldadura que unen la brida con la cubierta proveen suficiente adhesión.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se ha analizado en forma teórico-experimental una base de grúa para una barcaza. Se realizaron pruebas de tipo experimental para determinar las deformaciones que se producen por la acción de cargas colocadas en el interior de la grúa (peso propio de la grúa) y los pesos en el brazo de levantamiento. A partir de estas pruebas experimentales se desarrollaron cálculos de integración, y se llegó a las siguientes conclusiones:

Los valores obtenidos para las deformaciones por intermedio de los extensómetros se han considerado como razonables, comparando las cargas internas con las externas que producen dichas deformaciones. La integración de las fuerzas axiales produjo mejor correlación con la carga aplicada sobre el modelo, que los momentos. Tal como muestra la tabla III, las cargas y momentos externos se aproximan en general a los resultados de la integración de cargas y momentos internos. Esto permite considerar al modelo analítico propuesto como razonable.

El modelo experimental incluye una cuaderna hacia proa y

popa del cilindro de la base de la grda. Y lateralmente incluye tres longitudinales a cada banda. Probablemente si se hubiera construido el modelo incluyendo más cuadernas y longitudinales, la distribución de esfuerzos hubiera sido alterada. No se espera una gran alteración a la distribución de esfuerzos medida. La contribución de elementos alejados de la base es cada vez más pequeña.

Con la ayuda de extensómetros se puede localizar las posiciones de mayor deformación que se produzcan por la aplicación de cargas sobre el modelo; estos puntos corresponderán a los de máximo esfuerzo en el prototipo. La falla que se produjo en el modelo, aunque no se haya tenido similitud geométrica entre el modelo y prototipo, ha permitido identificar puntos de alto esfuerzo.

Una de las formas de localizar los puntos de máximo esfuerzo es someter al modelo a cargas externas y observar las fallas por pandeo o por alcanzar límites elásticos del material. Estas posiciones significarán los puntos de máximo esfuerzo en el prototipo. No se pudo llegar en este caso a determinar experimentalmente la carga crítica para que ocurra pandeo en el cilindro, debido a la necesidad de aplicar cargas excesivamente grandes. Esto es el resultado

de que el modelo es demasiado pequeño.

Debido a la falta de extensómetros hubo que realizar algunas simplificaciones, como considerar en los puntos donde no había sensor, iguales deformaciones a los del punto que coincidía por simetría de la sección. Un mayor número de extensómetros podría haber indicado el grado de simetría de la estructura, y además habría dado seguridad de resultados en caso de falla de algún sensor.

Se ha considerado hacer las siguientes recomendaciones respecto de futuras pruebas con este tipo de medidores:

Los extensómetros ("Strain-gauges") deben seleccionarse con cuidado, y es preciso seguir las recomendaciones que de el fabricante. La superficie en la cual va a aplicarse el medidor de deformación debe estar completamente limpia, debe usarse cemento adecuado y el extensómetro debe recubrirse para protegerlo contra las condiciones del ambiente (humedad y temperatura). Los medidores son sensitivos tanto a la temperatura y a la deformación, y medirá el efecto combinado.

El experimentador debe determinar los arreglos más

prácticos para el problema que tenga en estudio y no verse en la necesidad de repetir muchas veces las pruebas. Se recomienda en lo posible construir el modelo lo más grande posible para así llegar a obtener deformaciones más grandes; se evita de esta manera obtener errores de lectura por deformaciones demasiado pequeñas. Se recomienda que luego de retirar las cargas al modelo y antes de tomar nuevas lecturas, esperar algún tiempo para que el modelo recupere la forma original.

Para determinar las propiedades del material se deben realizar pruebas con probetas adecuadas (obedeciendo las normas existentes para el efecto). De esta forma el valor que se obtenga podrá ser considerado aceptable.

Para complementar este tipo de pruebas es necesario aplicar otros métodos de análisis a la estructura. Se puede emplear el método de Elementos Finitos.

Finalmente, lo adecuado sería que el experimentador disponga de una buena cantidad de ensayos, bajo las mismas condiciones de carga y a las mismas condiciones ambientales. De esta forma se podrá comprobar resultados y evitar que estos varíen de un día para otro.

A P E N D I C E A

DETERMINACION EXPERIMENTAL DE LAS PROPIEDADES DEL ACRILICO

i) Determinación del Módulo de elasticidad y del coeficiente de Poisson empleando una viga elástica sometida a flexión.

Con la ayuda de dos extensómetros colocados en el sentido longitudinal y transversal sobre la barra y el medidor de deformaciones, se determinó los valores de las deformaciones provocadas por la acción de diferentes pesos colocados en la mitad de la barra. Las dimensiones de la barra y la forma en que se ha colocado los extensómetros se pueden observar en la figura (a.1). Conociendo el esfuerzo para una viga elástica sometida a flexión y siendo éste proporcional al módulo de elasticidad tenemos:

$$E = \frac{M y}{I \epsilon_y} \quad (a-1)$$

donde, para una sección rectangular el momento de inercia

$$I = \frac{b h^3}{12} \quad (a-2)$$

Además el coeficiente de Poisson viene dado en el caso de esfuerzo unidireccional como:

$$\mu = - \frac{\epsilon_x}{\epsilon_y} \quad (a.3)$$

donde: ϵ_x = Deformación en el sentido transversal

ϵ_y = Deformación en el sentido longitudinal

μ = Relación de Poisson

El momento en el punto medio para una viga simplemente soportada con una carga en la mitad es $PL/4$. Resumiendo los valores obtenidos experimental y analíticamente son:

TABLA V

P(Kg.)	ϵ_y	ϵ_x	μ	$M=PL/4$	$E(K/cm^2)$
0.5	-87	275	0.316	5.81	26556
1.0	-154	510	0.390	11.6	28590
1.5	-261	684	0.301	17.4	31975
2.0	-379	934	0.400	23.2	31222
2.5	-451	1071	0.420	29.1	34153

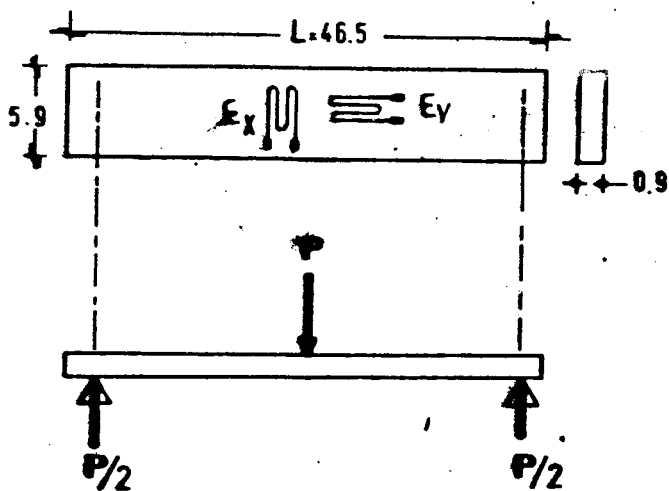


FIG. a.1 VIGA ELASTICA SOMETIDA A FLEXION

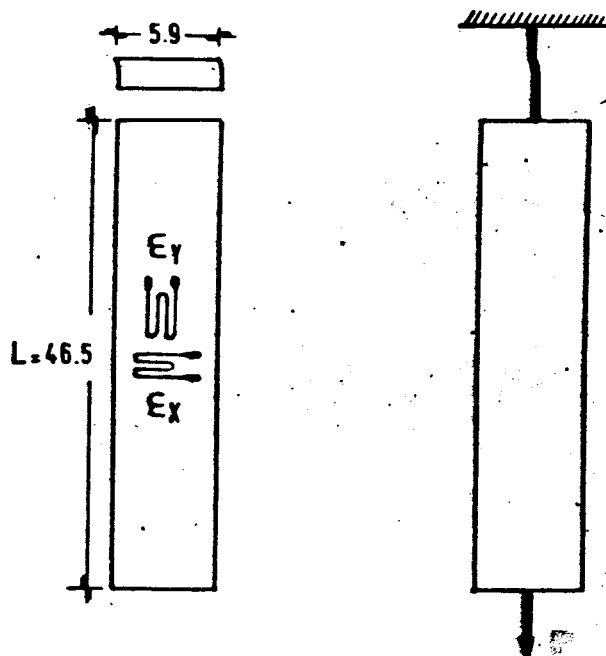


FIG. a.2 VIGA ELASTICA CARGADA AXIALMENTE

ii) Determinación experimental del módulo de elasticidad y del coeficiente de Poisson empleando una viga elástica sometida a cargas axiales.

Para obtener el módulo de elasticidad del acrílico consideremos la misma barra de acrílico, pero sometida a diferentes cargas axiales, figura (a.2). De acuerdo con la definición de esfuerzo tenemos que :

$$E = \sigma / \epsilon$$

$$\sigma = P / A$$

$$A = 5.31 \text{ cm}^2$$

El coeficiente de Poisson se calcula empleando la relación anterior descrita en la ecuación (a.3).

Resumiendo los cálculos, en la siguiente tabla se presenta el módulo de Young y la relación de Poisson

para el acrílico obtenidos experimentalmente :

TABLA VI

P(Kg)	ϵ_y	ϵ_x	σ_y	E	μ
10	-55	-5	1.88	34240	-0.091
20	-88	+11	3.77	42800	0.125
27	-116	+22	5.1	43834	0.190
30	-129	+94	5.65	43796	0.720

El valor de μ según la referencia [6] fluctúa entre 0.25 y 0.35, pudiendo llegar hasta 0.5 para el caucho. De los resultados obtenidos podemos concluir que los valores más razonables para el módulo de elasticidad del acrílico son los obtenidos para la viga sometida a flexión, porque los valores de la deformación unitaria son mayores. De la Tabla V se obtiene el valor promedio de este material, $E = 3.0E04 \text{ Kg/cm}^2$.

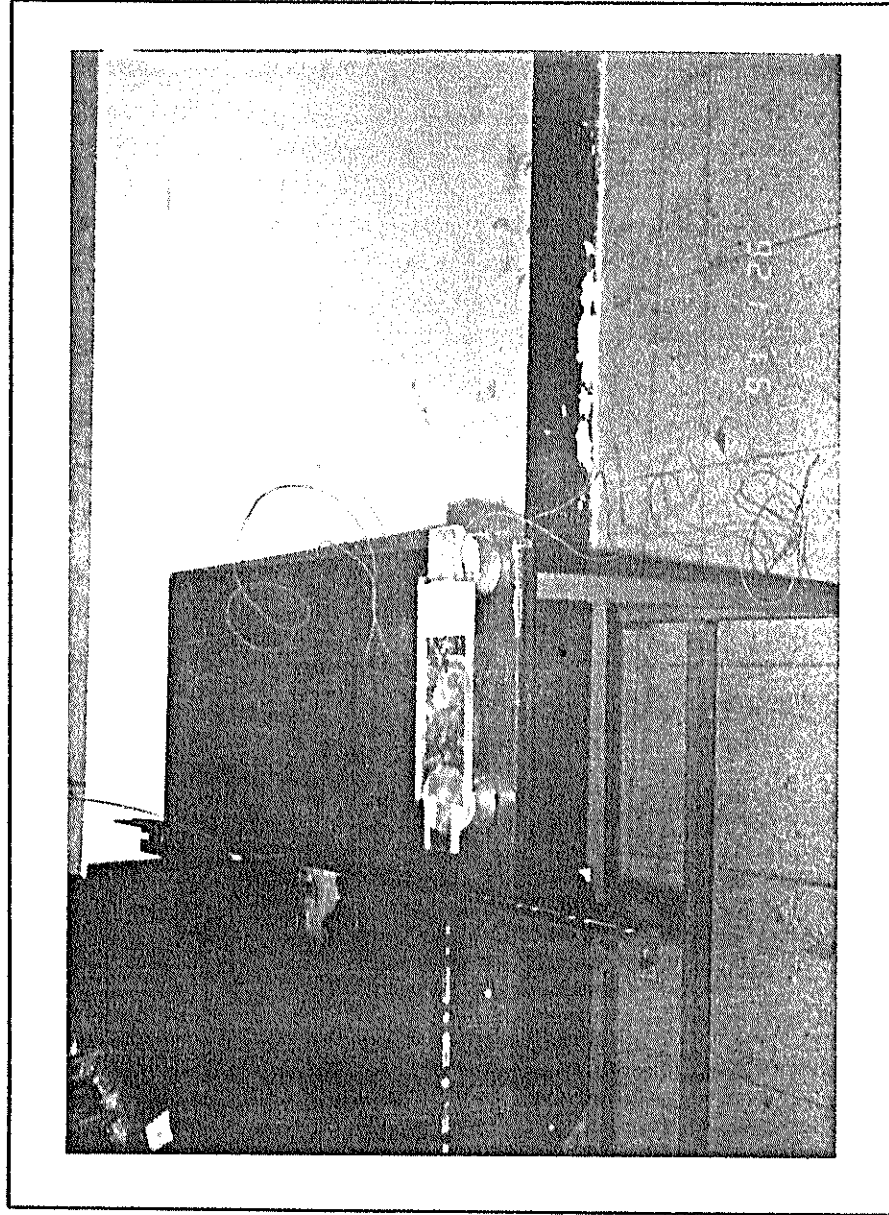


FIG. a.3 PROBETA DE ACRILICO

APENDICE B

INTEGRACION PARA CALCULAR LA FUERZA AXIAL Y MOMENTO FLECTOR

Con los datos obtenidos experimentalmente y que se muestran en las tablas I y II del capítulo II, se procedió a elaborar las siguientes tablas para calcular la Fuerza axial y el Momento aplicado sobre la base. En estos cálculos se incluyen los esfuerzos sobre los mamparos transversales y longitudinales, además del cilindro. Se consideraron las zonas I y II en el cálculo, y el proceso se desarrolló para 7 Kg., 8 Kg. y 10 Kg. de carga. Se repitió este proceso para todas las posiciones del brazo de la grúa, 0° , 22.5° , y 45° . En el proceso de integración se usó el primer método de Simpson. A continuación se presentan las tablas que resumen los procesos mencionados.

Z O N A I

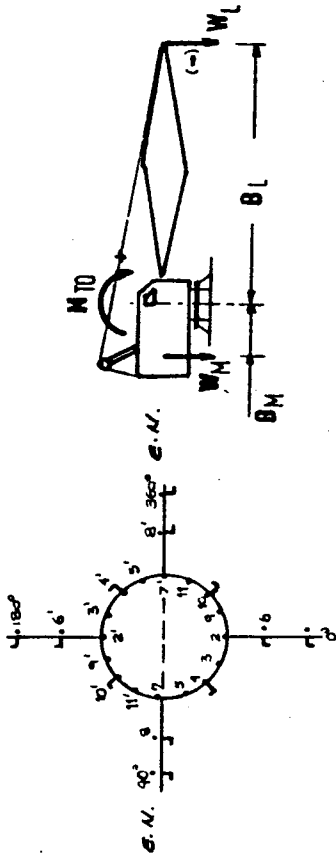
POSICION: 0° $W_M = 19.5 \text{ KG.}$ $W_L = 0 \text{ KG.}$

EXT.	E	\bar{X}	Q	f s	f(F_{20})	brazo	f(M ₁₀)
2	29	0.67	0.348	1	0.348	7.5	2.61
3	21	0.63	0.262	4	1.010	6.9	6.97
4	20	0.60	0.240	2	0.48	5.5	2.644
5	17	0.51	0.204	4	0.816	2.9	2.366
7	0	0	0	1	0	0	0
				$\Sigma_1 = 2.654$	$\Sigma_3 = 14.49$		
2	29	0.67	0.348	1	0.348	7.5	2.61
6	8	0.24	0.096	4	0.384	13.8	5.328
0°	8	0.24	0.096	1	0.096	20	1.92
				$\Sigma_2 = 0.828$	$\Sigma_4 = 9.848$		
7	0						
8	0						
90°	0						
				$\Sigma_5 = 0$	$\Sigma_6 = 0$		

CARGA AXIAL: $W = W_L + W_M = 19.5 \text{ KG.}$

MOMENTO FLECTOR: $M_{10} = W_L \cdot B_L + W_M \cdot B_M$

$M_{10} = -434.7 \text{ KG.-CM.}$



MOMENTOS :

$M_A = 2029 \Sigma_3 = 29.40 \text{ KG.-CM.}$

$M_B = 2.04 \Sigma_4 = 20.11 \text{ KG.-CM.}$

$M_E = 2.04 \Sigma_6 = 0 \text{ KG.-CM.}$

$M_4 = F_4(5.5) = 2.644 \text{ KG.-CM.}$

$M_6 = F_6(13.8) = 2.664 \text{ KG.-CM.}$

$M_8 = F_8(0) = 0 \text{ KG.-CM.}$

$M_{10} = F_{10}(5.3) = 2.644 \text{ KG.-CM.}$

$M_{90} = F_{90}(13.8) = 2.664 \text{ KG.-CM.}$

$M_{90} = F_{90}(0) = 0 \text{ KG.-CM.}$

$M_{ZONA I} = 59.93 \text{ KG.-CM.}$

CARGAS :

$F_A = 2029 \Sigma_1 = 0.38 \text{ KG.}$

$F_B = 2.04 \Sigma_2 = 1.69 \text{ KG.}$

$F_E = 2.04 \Sigma_5 = 0 \text{ KG.}$

$F_6 = \sqrt{6} A_r = F_{90} = 0.192 \text{ KG.}$

$F_4 = \sqrt{4} A_r = 0.48 \text{ KG.}$

$F_{10} = \sqrt{10} A_r = 0.48 \text{ KG.}$

$F_8 = \sqrt{8} A_r = F_{90} = 0 \text{ KG.}$

$F_{ZONA I} = 8.41 \text{ KG.}$



BIBLIOTECA

FIG. b. 1.1

Z O N A II

POSICION: σ $W_M=19.5$ KG. $W_L = 0$ KG.

EXT.	E E.05	σX	q	f_s	$f(F_{Z0})$	brazo	$f(M_{T0})$
2'	-62	1.86	0.744	1	0.744	-7.5	5.68
3'	-56	1.65	0.66	4	2.64	-6.9	18.22
4'	-76	2.28	0.912	2	1.824	-5.8	9.67
5'	-59	1.77	0.708	4	2.832	-2.9	8.21
7'	0	0	0	1	0	0	0
				$\Sigma 1 =$	-8.04	$\Sigma 3 =$	41.68
2'	-62	1.86	0.744	1	0.744	-7.5	5.68
6'	-83	2.49	0.996	4	3.984	-13.8	56.28
180°	-83	2.49	0.996	1	0.996	-20	19.92
				$\Sigma 2 =$	-5.724	$\Sigma 4 =$	80.78
7'	0						
8'	0						
360°	0						
				$\Sigma 5 =$	0	$\Sigma 6 =$	0

CARGAS :

$$F_C = 2.029 \Sigma 1 = -16.31 \text{ KG.}$$

$$F_D = 2.04 \Sigma 2 = -11.68 \text{ KG.}$$

$$F_F = 2.04 \Sigma 5 = 0 \text{ KG.}$$

$$F_4' = \sigma 4 \cdot A_T = -1.824 \text{ KG.}$$

$$F_6' = \sigma 5 \cdot A_T = -1.992 \text{ KG.}$$

$$F_8' = \sigma 8 \cdot A_T = 0 \text{ KG.}$$

$$F_{10}' = \sigma 10 A_T = -1.824 \text{ KG.}$$

$$F_{180} = F_6' = -1.992 \text{ KG.}$$

$$F_{360} = F_8' = 0 \text{ KG.}$$

$$F_{ZONA II} = -33.62 \text{ KG.}$$

MOMENTOS :

$$M_C = 2.029 \Sigma 3 = 84.67 \text{ KG.-CM.}$$

$$M_D = 2.04 \Sigma 4 = 168.79 \text{ KG.-CM.}$$

$$M_F = 2.04 \Sigma 6 = 0 \text{ KG.-CM.}$$

$$M_4' = F_4'(-5.3) = 9.667 \text{ KG.-CM.}$$

$$M_6' = F_6'(-13.8) = 27.49 \text{ KG.-CM.}$$

$$M_8' = F_8'(0) = 0 \text{ KG.-CM.}$$

$$M_{10}' = F_{10}'(-5.3) = 9.667 \text{ KG.-CM.}$$

$$M_{180} = F_{180}'(-13.8) = 27.49 \text{ KG.-CM.}$$

$$M_{360} = F_{360}'(0) = 0 \text{ KG.-CM.}$$

$$M_{ZONA II} = 323.67 \text{ KG.-CM.}$$

FUERZA TOTAL

$$F = F_i + F_j + F_k$$

$$F = -27.2 \text{ KG}$$

MOMENTO TOTAL

$$M = M_i + M_j + M_k$$

$$M = 383.6 \text{ KG.-CM.}$$

Z O N A I

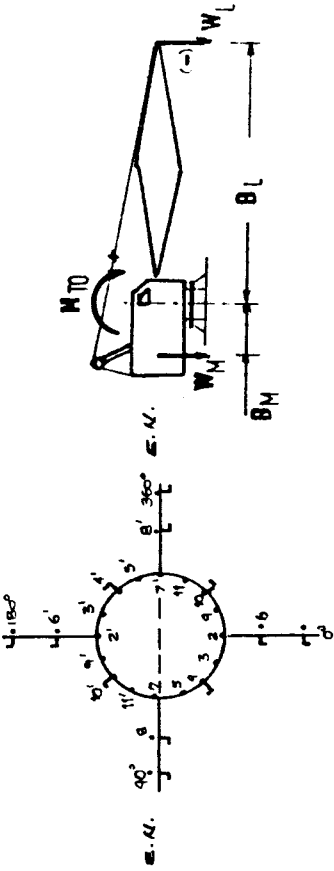
POSICION: 0° $W_M = 19.5$ KG. $W_L = 7$ KG.

EXT. E-06	Σ	σ_x	q	f _s	f(F ₂₀)	brato	f(M ₁₀)
2	-21	0.63	0.202	1	-0.262	7.5	-1.89
3	-21	0.63	0.262	4	-1.008	6.9	-6.95
4	-28	0.84	0.336	2	-0.672	5.8	-3.56
5	-28	0.69	0.276	4	-1.104	2.9	-3.20
7	0	0	0	1	0	0	0
				$\Sigma_1 =$	-3.086	$\Sigma_3 =$	-15.60
2	-21	0.63	0.252	1	-0.262	7.5	-1.89
6	-34	1.17	0.468	4	-1.872	13.8	-26.97
0°	-34	1.17	0.468	1	-0.468	20	-9.36
				$\Sigma_2 =$	-2.892	$\Sigma_4 =$	-37.22
7	0						
8	0						
90°	0						
				$\Sigma_5 =$	0	$\Sigma_6 =$	0

CARGA AXIAL: $W = W_L + W_M = 26.5$ KG.

MOMENTO FLECTOR: $M_{10} = W_L \cdot B_L - W_M \cdot B_M$

$M_{10} = 99.87$ KG-CM.



MOMENTOS :

- $M_A = 2029 \Sigma_3 = -31.65$ KG-CM.
- $M_B = 2.04 \Sigma_4 = -75.94$ KG-CM.
- $M_E = 2.04 \Sigma_6 = 0$ KG-CM.
- $M_4 = F_4(5.3) = -3.65$ KG-CM.
- $M_6 = F_6(13.8) = -12.97$ KG-CM.
- $M_8 = F_8(0) = 0$ KG-CM.
- $M_{10} = F_{10}(5.3) = -3.65$ KG-CM.
- $M_{90} = F_{90}(13.8) = -12.97$ KG-CM.
- $M_{90} = F_{90}(0) = 0$ KG-CM.

M ZONA I = -140.63 KG-CM.

CARGAS :

- $F_A = 2029 \Sigma_1 = -6.16$ KG.
- $F_B = 2.04 \Sigma_2 = -6.28$ KG.
- $F_E = 2.04 \Sigma_5 = 0$ KG.
- $F_6 = \sqrt{6} A_r = F_{90} = -0.94$ KG.
- $F_4 = \sqrt{4} A_r = -0.67$ KG.
- $F_{10} = \sqrt{10} A_r = -0.67$ KG.
- $F_8 = \sqrt{8} A_r = F_{90} = 0$ KG.

F ZONA I = -14.66 KG.

FIG. B.1.3

Z O N A II

POSICION: 0° W_M=19.5 KG W₂ = 7 KG.

EXT.	ε	ε 06	σx	q	f _s	f(F _{Zn})	brazo	f(M ₁₀)
2'	-17	0.51	0.20	1	-0.20	-7.5	1.53	
3'	3	0.09	0.096	4	0.144	-6.9	-0.99	
4'	-6	0.16	0.072	2	-0.144	-5.3	0.76	
5'	-8	0.24	0.096	4	-0.384	-2.9	1.11	
7'	0	0	0	1	0	0		
					Σ1 = -0.584	Σ3 = 2.41		
2'	-17	0.51	0.20	1	-0.20	-7.5	1.53	
6'	-32	0.96	0.384	4	-1.536	-13.8	21.31	
180°	-32	0.96	0.384	1	-0.384	-20	7.68	
					Σ2 = -2.12	Σ4 = 30.62		
7'	0							
8'	0							
360°	0							
					Σ5 = 0	Σ6 = 0		

CARGAS:

$F_C = 2.029 \sum 1 = -1.18$ KG.

$F_D = 2.04 \sum 2 = -4.32$ KG.

$F_F = 2.04 \sum 5 = 0$ KG.

$F_4' = \sqrt{4} \cdot A_T = -0.144$ KG.

$F_6' = \sqrt{5} \cdot A_T = -0.768$ KG.

$F_8' = \sqrt{8} \cdot A_T = 0$ KG.

$F_{10}' = \sqrt{10} A_T = -0.144$ KG.

$F_{180} = F_6' = -0.768$ KG.

$F_{360} = F_8' = 0$ KG.

ZONA II = -14.23 KG.

MOMENTOS:

$M_C = 2.029 \sum 3 = 4.89$ KG-CM.

$M_D = 2.04 \sum 4 = 62.26$ KG-CM.

$M_F = 2.04 \sum 6 = 0$ KG-CM.

$M_4' = F_4'(-6.3) = 0.76$ KG-CM.

$M_6' = F_6'(-13.8) = 10.59$ KG-CM.

$M_8' = F_8'(0) = 0$ KG-CM.

$M_{10}' = F_{10}'(-5.3) = 0.76$ KG-CM.

$M_{180} = F_{180}'(-13.8) = 10.59$ KG-CM.

$M_{360} = F_{360}'(0) = 0$ KG-CM.

ZONA II = 89.86 KG-CM

FUERZA TOTAL

$F = F_i + F_j + F_k$

$F = -23.99$ KG

MOMENTO TOTAL

$M = M_j + M_k$

$M = -50.77$ KG-CM.

FIG. b.1.4

Z O N A I

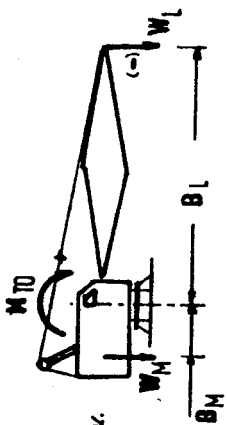
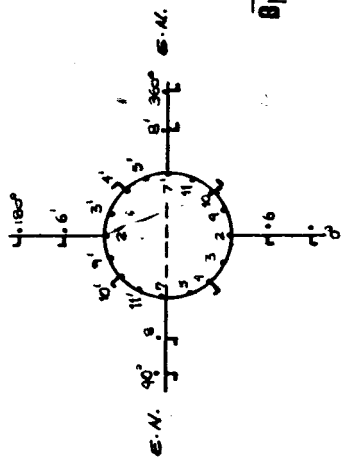
POSICION: \circ $W_M = 19.5$ KG. $W_L = 8$ KG.

EXT.	ξ E-06	σ_x	q	f s	f (F_{20})	brazo	f (M_{20})
Z	-32	0.96	0.384	1	-0.384	7.5	-2.88
3	-81	0.98	0.372	4	-1.49	6.9	-10.29
4	-38	1.14	0.46	2	-0.912	5.3	-4.83
5	-31	0.93	0.372	4	-1.49	2.9	-4.31
7	0	0	0	1	0	0	0
				$\Sigma_1 =$	-4.276	$\Sigma_3 =$	-22.30
Z	-32	0.96	0.384	1	-0.384	7.5	-2.88
6	-51	1.53	0.61	4	-2.45	13.8	-33.97
\circ	-51	1.53	0.61	1	-0.61	20	-12.2
				$\Sigma_2 =$	-3.444	$\Sigma_4 =$	-49.05
7	0						
8	0						
90°	0						
				$\Sigma_5 =$	0	$\Sigma_6 =$	0

CARGA AXIAL: $W = W_L + W_M = 27.5$ KG.

MOMENTO FLECTOR: $M_{20} = W_L \theta_L - W_M \theta_M$

$M_{20} = 176.72$ KG-CM.



CARGAS :

- $F_A = 2.029 \Sigma_1 = -8.68$ KG.
- $F_B = 2.04 \Sigma_2 = -7.03$ KG.
- $F_E = 2.04 \Sigma_5 = 0$ KG.
- $F_6 = \sqrt{6} A_r = F_{60} = -1.224$ KG.
- $F_4 = \sqrt{4} A_r = -0.912$ KG.
- $F_{10} = \sqrt{10} A_r = -0.912$ KG.
- $F_8 = \sqrt{8} A_r = F_{90} = 0$ KG.

MOMENTOS :

- $M_A = 2.029 \Sigma_3 = -43.25$ KG-CM.
- $M_B = 2.04 \Sigma_4 = -100.06$ KG-CM.
- $M_E = 2.04 \Sigma_6 = 0$ KG-CM.
- $M_4 = F_4(5.3) = -4.83$ KG-CM.
- $M_6 = F_6(13.8) = -16.89$ KG-CM.
- $M_8 = F_8(0) = 0$ KG-CM.
- $M_{10} = F_{10}(5.3) = -4.83$ KG-CM.
- $M_{90} = F_{90}(0) = -16.89$ KG-CM.
- $M_{900} = F_{900}(0) = 0$ KG-CM.

$F_{ZONA I} = -19.98$ KG.

$M_{ZONA I} = -188.75$ KG-CM.

FIG. b.1.5

Z O N A II

POSICION: 0° $W_M = 19.5 \text{ KG}$, $W_L = 8 \text{ KG}$.

EXT.	\sum E.06	$\bar{O}X$	q	f _s	f(F _{Z0})	brazo	f(M _{T0})
2'	-13	0.39	0.16	1	-0.16	-7.5	1.17
3'	7	0.21	0.084	4	0.34	-6.9	-2.32
4'	0	0	0	2	0	-6.5	0
6'	-4	0.12	0.05	4	-0.192	-2.9	0.557
7'	0	0	0	1	0	0	0
				$\sum 1 =$	-0.012	$\sum 3 =$	-0.593
2'	-13	0.39	0.16	1	-0.16	-7.5	1.20
6'	-22	0.66	0.264	4	-1.06	-13.8	14.65
180°	-22	0.66	0.264	1	-0.26	-20	5.28
				$\sum 2 =$	-1.48	$\sum 4 =$	21.13
7'	0						
8'	0						
360°	0						
				$\sum 5 =$	0	$\sum 6 =$	0

CARGAS :

$F_C = 2.029 \sum 1 = -0.024 \text{ KG}$
 $F_D = 2.04 \sum 2 = -3.02 \text{ KG}$
 $F_F = 2.04 \sum 5 = 0 \text{ KG}$
 $F_4' = \sqrt{4} \cdot A_T = 0 \text{ KG}$
 $F_6' = \sqrt{5} \cdot A_T = -0.53 \text{ KG}$
 $F_8' = \sqrt{8} \cdot A_T = 0 \text{ KG}$
 $F_{10}' = \sqrt{10} A_T = 0 \text{ KG}$
 $F_{180} = F_6' = -0.53 \text{ KG}$
 $F_{360} = F_8' = 0 \text{ KG}$

MOMENTOS :

$M_C = 2.029 \sum 3 = -1.20 \text{ KG-CM}$
 $M_D = 2.04 \sum 4 = 43.10 \text{ KG-CM}$
 $M_F = 2.04 \sum 6 = 0 \text{ KG-CM}$
 $M_4' = F_4'(-5.3) = 0 \text{ KG-CM}$
 $M_6' = F_6'(-13.8) = 7.83 \text{ KG-CM}$
 $M_8' = F_8'(0) = 0 \text{ KG-CM}$
 $M_{10}' = F_{10}'(-5.3) = 0 \text{ KG-CM}$
 $M_{180} = F_{180}'(-13.8) = 7.83 \text{ KG-CM}$
 $M_{360} = F_{360}'(0) = 0 \text{ KG-CM}$

$F_{ZONA II} = -4.10 \text{ KG}$

$M_{ZONA II} = 56.66 \text{ KG-CM}$

FUERZA TOTAL

$F = F_i + F_j + F_k$

$F = -24.08 \text{ KG}$

MOMENTO TOTAL

$M = M_i + M_j + M_k$

$M = -132.19 \text{ KG-CM}$

FIG. b.1.6

Z O N A I

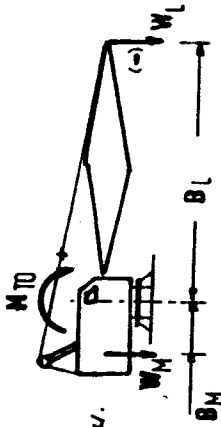
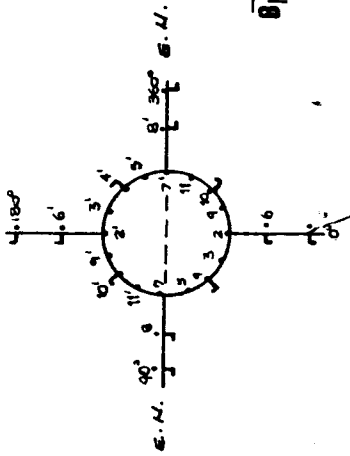
POSICION: 0° $W_M = 19.5$ KG. $W_L = 10$ KG.

EXT.	ε	σx	q	fs	f(F ₂₀)	brazo	f(M ₁₀)
2	-54	1.62	0.648	1	-0.648	7.5	-4.86
3	-49	1.47	0.588	4	-2.35	6.9	-16.21
4	-55	1.65	0.66	2	-1.32	5.3	-6.996
5	-41	1.23	0.492	4	-1.968	2.9	-5.71
7	0	0	0	1	0	0	0
$\Sigma_1 = -6.286$							$\Sigma_3 = -33.78$
2	-54	1.62	0.648	1	-0.648	7.5	-4.86
6	-75	2.25	0.90	4	-3.60	13.8	-49.95
0°	-75	2.25	0.90	1	-0.90	20	-18.0
$\Sigma_2 = -5.148$							$\Sigma_4 = -72.81$
7	0						
8	0						
90°	0						
$\Sigma_5 = 0$							$\Sigma_6 = 0$

CARGA AXIAL: $W = W_L + W_M = 29.5$ KG.

MOMENTO FLECTOR: $M_{10} = W_L B_L - W_M B_M$

$M_{10} = 327.7$ KG-CM.



MOMENTOS :

$M_A = 2029 \Sigma_3 = -68.64$ KG-CM.

$M_B = 2.04 \Sigma_4 = -148.53$ KG-CM.

$M_E = 2.04 \Sigma_6 = 0$ KG-CM.

$M_4 = F_4(6.3) = -6.99$ KG-CM.

$M_6 = F_6(23.8) = -24.84$ KG-CM.

$M_8 = F_8(0) = 0$ KG-CM.

$M_{10} = F_{10}(5.3) = -6.99$ KG-CM.

$M_{90} = F_{90}(23.8) = -24.84$ KG-CM.

$M_{90} = F_{90}(0) = 0$ KG-CM.

$M_{ZONA I} = -280.73$ KG-CM.

CARGAS :

$F_A = 2029 \Sigma_1 = -12.75$ KG.

$F_B = 2.04 \Sigma_2 = -10.60$ KG.

$F_E = 2.04 \Sigma_5 = 0$ KG.

$F_6 = \sqrt{6} A_r = F_{60} = -1.80$ KG.

$F_4 = \sqrt{4} A_r = -1.32$ KG.

$F_{10} = \sqrt{10} A_r = -1.32$ KG.

$F_8 = \sqrt{8} A_r = F_{90} = 0$ KG.

$F_{ZONA I} = -29.49$ KG.

FIG. B.1.7

Z O N A II

POSICION: 0° $W_N=19.5$ KG. $W_L = 70$ KG.

EXT.	ϵ E 06	σx	q	f _s	f(F _{Z0})	brazo	f(M ₀)
2'	-4	0.12	0.048	1	-0.048	-7.5	0.36
3'	16	0.48	0.192	4	0.768	-6.9	-5.292
4'	11	0.33	0.132	2	0.264	-5.3	-1.599
5'	4	0.12	0.05	4	0.192	-2.9	-0.557
7'	0	0	0	1	0	0	0
				$\Sigma 1 =$	1.176	$\Sigma 3 =$	-6.89
2'	-4	0.12	0.05	1	-0.05	-7.5	0.36
6'	-24	0.72	0.29	4	-1.15	-13.8	15.98
180°	-24	0.72	0.29	1	-0.29	-20	5.8
				$\Sigma 2 =$	-1.49	$\Sigma 4 =$	22.14
7'	0						
8'	0						
360°	0						
				$\Sigma 5 =$	0	$\Sigma 6 =$	0

CARGAS :

$$F_C = 2.029 \Sigma 1 = 2.39 \text{ KG.}$$

$$F_D = 2.04 \Sigma 2 = -3.04 \text{ KG.}$$

$$F_E = 2.04 \Sigma 5 = 0 \text{ KG.}$$

$$F_4' = \sqrt{4} \cdot A_T = 0.264 \text{ KG.}$$

$$F_6' = \sqrt{6} \cdot A_T = -0.68 \text{ KG.}$$

$$F_8' = \sqrt{8} \cdot A_T = 0 \text{ KG.}$$

$$F_{10}' = \sqrt{10} A_T = 0.264 \text{ KG.}$$

$$F_{180} = F_6' = -0.68 \text{ KG.}$$

$$F_{360} = F_8' = 0 \text{ KG.}$$

$$F_{ZONA II} = -1.28 \text{ KG.}$$

MOMENTOS :

$$M_C = 2.029 \Sigma 3 = -13.98 \text{ KG-CM.}$$

$$M_D = 2.04 \Sigma 4 = 45.16 \text{ KG-CM.}$$

$$M_E = 2.04 \Sigma 6 = 0 \text{ KG-CM.}$$

$$M_4' = F_4'(-5.3) = -1.399 \text{ KG-CM.}$$

$$M_6' = F_6'(-13.8) = 8.004 \text{ KG-CM.}$$

$$M_8' = F_8'(0) = 0 \text{ KG-CM.}$$

$$M_{10}' = F_{10}'(-5.3) = -1.399 \text{ KG-CM.}$$

$$M_{180} = F_{180}(-13.8) = 8.004 \text{ KG-CM.}$$

$$M_{360} = F_{360}(0) = 0 \text{ KG-CM.}$$

$$M_{ZONA II} = 44.39 \text{ KG-CM}$$

FUERZA TOTAL

$$F = F_i + F_j + F_k$$

$$F = -30.97 \text{ KG}$$

MOMENTO TOTAL

$$M = M_i + M_j + M_k$$

$$M = -236.3 \text{ KG-CM.}$$

FIG. B:1.8

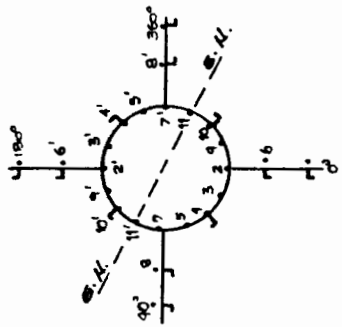
POSICION: 22.5° W_M = 19.5 KG. W_L = 0 KG.

EXT. E-06	Σ	σ _x	q	f _s	f(F ₇₀)	brazo	f(M ₁₀)
3	20	0.78	0.312	1	0.312	7.5	2.34
4	31	0.93	0.372	4	1.49	6.9	10.27
5	27	0.81	0.324	2	0.648	5.3	3.43
7	12	0.36	0.144	4	0.576	2.9	1.67
11	0	0	0	1	0	0	0
				Σ1 = 3.026	Σ3 = 17.71		
2	38	1.14	0.456	1	0.456	7.0	3.192
6	40	1.20	0.480	4	1.92	12.8	24.67
0°	40	1.20	0.480	1	0.48	18.4	8.83
				Σ2 = 2.866	Σ4 = 36.59		
7	12	0.36	0.144	1	0.144	2.9	0.4176
8	34	1.02	0.41	4	1.63	5.4	8.81
90°	34	1.02	0.41	1	0.41	7.8	3.20
				Σ5 = 2.18	Σ6 = 12.43		

CARGA AXIAL: W = W_L + W_M = 19.5 KG.

MOMENTO FLECTOR: M₁₀ = W_L · B_L - W_M · B_M

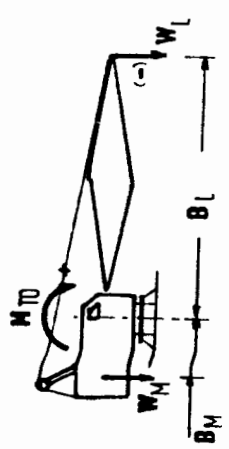
M₁₀ = -484.7 KG-CM.



CARGAS:

- F_A = 2.029 Σ 1 = 6.159 KG.
- F_B = 2.04 Σ 2 = 5.88 KG.
- F_E = 2.04 Σ 5 = 4.45 KG.
- F₆ = √6 A_r = F_{0°} = 0.96 KG.
- F₄ = √4 A_r = 0.74 KG.
- F₁₀ = √10 A_r = 0.288 KG.
- F₈ = √8 A_r = F_{90°} = 0.816 KG.

F_{ZONA I} = 21.0 KG.



MOMENTOS:

- M_A = 2.029 Σ 3 = 35.93 KG-CM.
- M_B = 2.04 Σ 4 = 74.64 KG-CM.
- M_E = 2.04 Σ 6 = 25.26 KG-CM.
- M₄ = F₄ (6.9) = 5.106 KG-CM.
- M₆ = F₆ (12.8) = 12.288 KG-CM.
- M₈ = F₈ (5.4) = 4.73 KG-CM.
- M₁₀ = F₁₀ (2.9) = 0.835 KG-CM.
- M_{0°} = F_{0°} (18.4) = 17.66 KG-CM.
- M_{90°} = F_{90°} (7.8) = 6.36 KG-CM.

M_{ZONA I} = 182.91 KG-CM.

FIG. b.2.1

Z O N A II

POSICION: 22.5° W_M=19.5 KG. W_L = 0 KG.

EXT.	ε	ε 06	σ _x	q	f _s	f(F ₂₀)	brazo	f(M ₁₀)
3'	-09	2.07	0.828	1	-0.828	-7.5	6.21	
4'	-101	3.09	1.212	4	-4.85	-6.9	33.45	
5'	-79	2.37	0.948	2	-1.896	-5.3	10.04	
7'	-21	0.64	0.258	4	-1.03	-2.9	2.99	
11	0	0	0	1	0	0	0	
							Σ ₁ = -8.60	Σ ₂ = 52.69
2'	-61	1.83	0.782	1	-0.722	-7.0	5.12	
6'	-95	2.88	1.150	4	-4.61	-12.8	68.98	
180°	-93	2.88	1.150	1	-1.16	-18.4	21.16	
							Σ ₂ = -6.48	Σ ₄ = 85.8
7'	-21	0.64	0.25	1	-0.26	-2.9	0.75	
8'	-49	1.48	0.59	4	-2.37	-5.4	12.88	
360°	-49	1.48	0.59	1	-0.59	-7.8	4.60	
							Σ ₅ = -3.23	Σ ₆ = 18.18

CARGAS :

$$F_C = 2.029 \sum 1 = -17.45 \text{ KG.}$$

$$F_D = 2.04 \sum 2 = -13.22 \text{ KG.}$$

$$F_F = 2.04 \sum 5 = -6.57 \text{ KG.}$$

$$F_4' = \sqrt{4} \cdot A_1 = -2.424 \text{ KG.}$$

$$F_6' = \sqrt{6} \cdot A_1 = -2.804 \text{ KG.}$$

$$F_8' = \sqrt{8} \cdot A_1 = -1.184 \text{ KG.}$$

$$F_{10}' = \sqrt{10} A_1 = -0.512 \text{ KG.}$$

$$F_{180} = F_6' = -2.30 \text{ KG.}$$

$$F_{360} = F_8' = -1.184 \text{ KG.}$$

$$F_{\text{ZONA II}} = -47.15 \text{ KG.}$$

MOMENTOS :

$$M_C = 2.029 \sum 3 = 106.9 \text{ KG.-CM.}$$

$$M_D = 2.04 \sum 4 = 173.9 \text{ KG.-CM.}$$

$$M_F = 2.04 \sum 6 = 37.09 \text{ KG.-CM.}$$

$$M_4' = F_4'(-0.9) = 16.72 \text{ KG.-CM.}$$

$$M_6' = F_6'(-1.28) = 29.44 \text{ KG.-CM.}$$

$$M_8' = F_8'(-5.4) = 6.40 \text{ KG.-CM.}$$

$$M_{10}' = F_{10}'(-2.9) = 1.485 \text{ KG.-CM.}$$

$$M_{180} = F_{180}(-18.4) = 42.3 \text{ KG.-CM.}$$

$$M_{360} = F_{360}(-7.8) = 9.23 \text{ KG.-CM.}$$

$$M_{\text{ZONA II}} = 423.51 \text{ KG.-CM.}$$

FUERZA TOTAL

$$F = F_i + F_j + F_k$$

$$F = -26.5 \text{ KG}$$

MOMENTO TOTAL

$$M = M_i + M_j + M_k$$

$$M = 606.4 \text{ KG.-CM.}$$

FIG. b.2.2

Z O N A I

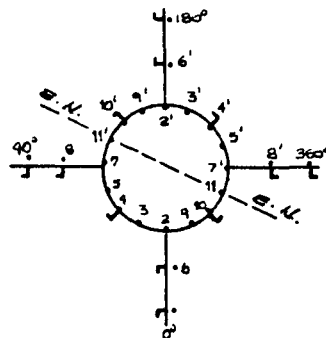
POSICION: 22.5° $W_M = 19.5$ KG. $W_L = 7$ KG.

EXT.	ϵ E-06	σ_x	q	f _s	f(F ₂₀)	brazo	f(M ₁₀)
3	-14	0.42	0.168	1	-0.168	7.5	-1.26
4	-18	0.54	0.216	4	-0.864	6.9	-5.96
5	-16	0.48	0.192	2	-0.384	5.3	-2.03
7	-9	0.27	0.11	4	-0.432	2.9	-1.25
11'	0	0	0	1	0	0	0
				$\Sigma_1 = -1.848$	$\Sigma_3 = -10.5$		
2	-17	0.61	0.204	1	-0.204	7.0	-1.4
6	-43	1.29	0.52	4	-2.08	12.8	-26.6
10	-43	1.29	0.52	1	-0.52	18.4	-9.57
				$\Sigma_2 = -2.80$	$\Sigma_4 = -37.6$		
7	-8.5	0.255	0.102	1	-0.102	2.9	-0.296
8	-21.5	0.645	0.26	4	-1.03	5.4	-5.57
90°	-21.5	0.645	0.26	1	-0.26	7.8	-2.03
				$\Sigma_5 = -1.392$	$\Sigma_6 = -7.896$		

CARGA AXIAL: $W = W_L + W_M = 26.5$ KG.

MOMENTO FLECTOR: $M_{T0} = W_L B_L - W_M B_M$

$M_{T0} = 99.8$ KG-CM.



CARGAS :

$$F_A = 2.029 \Sigma_1 = -3.75 \text{ KG.}$$

$$F_B = 2.04 \Sigma_2 = -5.71 \text{ KG.}$$

$$F_E = 2.04 \Sigma_5 = -2.84 \text{ KG.}$$

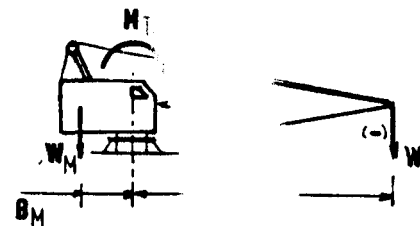
$$F_6 = \sqrt{6} A_r = F_{90} = 1.03 \text{ KG.}$$

$$F_4 = \sqrt{4} A_r = -0.43 \text{ KG.}$$

$$F_{10} = \sqrt{10} A_r = -0.204 \text{ KG.}$$

$$F_8 = \sqrt{8} A_r = F_{90} = -0.516 \text{ KG.}$$

$$F_{ZONA I} = -16.08 \text{ KG.}$$



MOMENTOS :

$$M_A = 2.029 \Sigma_3 = -21.30 \text{ KG-CM.}$$

$$M_B = 2.04 \Sigma_4 = -76.70 \text{ KG-CM.}$$

$$M_E = 2.04 \Sigma_6 = -15.11 \text{ KG-CM.}$$

$$M_4 = F_4(6.9) = -2.967 \text{ KG-CM.}$$

$$M_6 = F_6(12.8) = -13.18 \text{ KG-CM.}$$

$$M_8 = F_8(5.4) = -2.808 \text{ KG-CM.}$$

$$M_{10} = F_{10}(2.9) = -0.592 \text{ KG-CM.}$$

$$M_{90} = F_{90}(18.4) = -18.952 \text{ KG-CM.}$$

$$M_{90} = F_{90}(7.8) = -4.026 \text{ KG-CM.}$$

$$M_{ZONA I} = -106.63 \text{ KG-CM.}$$

FIG. b.2.3

Z O N A II

POSICION: $z = 6^\circ$ $W_M = 19.5$ KG. $W_L = 7$ KG.

EXT.	Σ E O B	$\bar{O}X$	q	fs	f(F _{Z0})	brazo	f(M ₁₀)
3'	0	0	0	1	0	-7.5	0
4'	-1	0.03	0.012	4	-0.05	-6.9	0.33
5'	0	0	0	2	0	-5.3	0
7'	-2.5	0.07	0.028	4	-0.11	-2.9	0.325
11	0	0	0	1	0	0	0
				$\Sigma_1 =$	-0.16	$\Sigma_3 =$	0.65
2'	-9	0.27	0.11	1	-0.11	-7.0	0.76
6'	-31	0.93	0.37	4	-1.49	-12.8	19.05
180°	-31	0.93	0.37	1	-0.37	-18.4	6.81
				$\Sigma_2 =$	-1.97	$\Sigma_4 =$	26.62
7'	-2.5	0.07	0.03	1	-0.03	-2.9	0.09
8'	-12	0.36	0.144	4	-0.58	-5.4	3.11
360°	-12	0.36	0.144	1	-0.14	-7.8	1.09
				$\Sigma_5 =$	-0.75	$\Sigma_6 =$	4.29

CARGAS:
 $F_C = 2.029 \Sigma_1 = -0.325$ KG.
 $F_D = 2.04 \Sigma_2 = -4.02$ KG.
 $F_F = 2.04 \Sigma_5 = -1.53$ KG.
 $F_4' = \sqrt{4} \cdot A_T = -0.024$ KG.
 $F_6' = \sqrt{6} \cdot A_T = -0.744$ KG.
 $F_8' = \sqrt{8} \cdot A_T = -0.288$ KG.
 $F_{10}' = \sqrt{10} A_T = -0.056$ KG.
 $F_{180} = F_6' = -0.744$ KG.
 $F_{360} = F_8' = -0.288$ KG.
ZONA II = -8.012 KG.

MOMENTOS:
 $M_C = 2.029 \Sigma_3 = 1.32$ KG.-CM.
 $M_D = 2.04 \Sigma_4 = 54.30$ KG.-CM.
 $M_F = 2.04 \Sigma_6 = 8.75$ KG.-CM.
 $M_4' = F_4'(-6.9) = 0.166$ KG.-CM.
 $M_6' = F_6'(-12.8) = 9.62$ KG.-CM.
 $M_8' = F_8'(-12.8) = 1.555$ KG.-CM.
 $M_{10}' = F_{10}'(-2.9) = 0.162$ KG.-CM.
 $M_{180} = F_{180}(-18.4) = 13.62$ KG.-CM.
 $M_{360} = F_{360}(-7.8) = 2.26$ KG.-CM.
M ZONA II = 91.66 KG.-CM.

FUERZA TOTAL
 $F = F_j + F_j + F_k$
 $F = -24.1$ KG

MOMENTO TOTAL
 $M = M_j + M_j + M_k$
 $M = -117.7$ KG.-CM.

FIG. D.2.4

Z O N A I

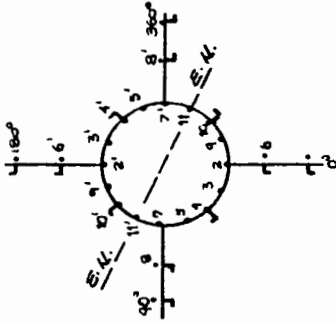
POSICION: 22.5° $W_M = 19.5$ KG. $W_L = 8$ KG.

EXT.	ξ E-06	σ_X	q	f _s	f(F_{20})	brazo	f(M_{10})
3	-21	0.63	0.25	1	-0.25	7.5	-1.89
4	-28	0.84	0.34	4	-1.34	6.9	-9.27
5	-25	0.75	0.30	2	-0.60	5.3	-3.18
7	10.5	0.31	0.13	4	-0.60	2.9	-1.46
11'	0	0	0	1	0	0	0
				$\Sigma_1 =$	-2.64	$\Sigma_3 =$	-15.80
2	-24	0.72	0.24	1	-0.24	7.0	-2.03
6	-55	1.65	0.66	4	-2.64	12.8	-36.8
0°	-55	1.65	0.66	1	-0.66	18.4	-12.14
				$\Sigma_2 =$	-3.59	$\Sigma_4 =$	-47.94
7	-10.5	0.31	0.13	1	-0.13	2.9	-0.36
8	-16	0.48	0.19	4	-0.77	5.4	-4.15
90°	-16	0.48	0.19	1	-0.19	7.8	-1.48
				$\Sigma_5 =$	-1.09	$\Sigma_6 =$	-5.99

CARGA AXIAL: $W = W_L \cdot W_M = 27.5$ KG.

MOMENTO FLECTOR: $M_{10} = W_L \cdot B_L - W_M \cdot B_M$

$M_{10} = 176.12$ KG.-CM.



CARGAS :

$$F_A = 2.029 \Sigma_1 = -5.46 \text{ KG.}$$

$$F_B = 2.04 \Sigma_2 = -7.82 \text{ KG.}$$

$$F_E = 2.04 \Sigma_5 = -2.22 \text{ KG.}$$

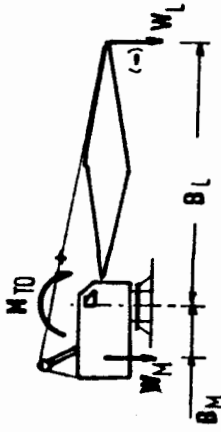
$$F_6 = \sqrt{6} A_r = F_{90} = -1.32 \text{ KG.}$$

$$F_4 = \sqrt{4} A_r = -0.67 \text{ KG.}$$

$$F_{10} = \sqrt{10} A_r = -0.26 \text{ KG.}$$

$$F_8 = \sqrt{8} A_r = F_{90} = -0.38 \text{ KG.}$$

$$F_{ZONA I} = -19.32 \text{ KG.}$$



MOMENTOS :

$$M_A = 2.029 \Sigma_3 = -32.06 \text{ KG.-CM.}$$

$$M_B = 2.04 \Sigma_4 = -97.8 \text{ KG.-CM.}$$

$$M_E = 2.04 \Sigma_6 = -12.22 \text{ KG.-CM.}$$

$$M_4 = F_4(6.9) = -4.62 \text{ KG.-CM.}$$

$$M_6 = F_6(12.8) = -16.9 \text{ KG.-CM.}$$

$$M_8 = F_8(5.4) = -2.05 \text{ KG.-CM.}$$

$$M_{10} = F_{10}(2.9) = -0.72 \text{ KG.-CM.}$$

$$M_{90} = F_{90}(18.4) = -24.29 \text{ KG.-CM.}$$

$$M_{90} = F_{90}(7.8) = -2.96 \text{ KG.-CM.}$$

$$M_{ZONA I} = -193.63 \text{ KG.-CM.}$$

FIG. D.2.5

Z O N A II

POSICION: 22.5° $W_M=19.5$ KG. $W_L = 6$ KG.

EXT. E06	E	\sqrt{x}	q	fs	f(Fz0)	brazo	f(Mt0)
3'	8	0.24	0.096	1	0.096	-7.5	-0.72
4'	8	0.24	0.096	4	0.384	-6.9	-2.65
5'	8	0.24	0.096	2	0.192	-5.3	-1.02
7'	7	0.03	0.012	4	-0.05	-2.9	0.145
11	0	0	0	1	0	0	0
				$\Sigma 1 =$	0.622	$\Sigma 3 =$	-4.246
2'	-4	0.12	0.05	1	-0.05	-7.0	0.34
6'	-23	0.69	0.28	4	-1.10	-72.8	14.10
80°	-23	0.69	0.28	1	-0.28	-18.4	5/5
				$\Sigma 2 =$	-1.53	$\Sigma 4 =$	19.69
7'	-1	0.03	0.012	1	-0.012	-2.9	0.03
8'	-11.5	0.34	0.14	4	-0.55	-5.4	2.98
360°	-11.5	0.34	0.14	1	-0.14	-7.8	1.04
				$\Sigma 5 =$	-0.70	$\Sigma 6 =$	4.10

CARGAS :

$$F_C = 2.029 \Sigma 1 = 1.26 \text{ KG.}$$

$$F_D = 2.04 \Sigma 2 = -3.12 \text{ KG.}$$

$$F_E = 2.04 \Sigma 5 = -1.14 \text{ KG.}$$

$$F_4' = \sqrt{4} \cdot A_1 = +0.192 \text{ KG.}$$

$$F_6' = \sqrt{6} \cdot A_1 = -0.55 \text{ KG.}$$

$$F_8' = \sqrt{8} \cdot A_1 = -0.272 \text{ KG.}$$

$$F_{10}' = \sqrt{10} A_1 = -0.024 \text{ KG.}$$

$$F_{180} = F_6' = -0.55 \text{ KG.}$$

$$F_{360} = F_8' = -0.27 \text{ KG.}$$

$$F_{ZONA II} = -3.9 \text{ KG.}$$

MOMENTOS :

$$M_C = 2.029 \Sigma 3 = -8.61 \text{ KG-CM.}$$

$$M_D = 2.04 \Sigma 4 = 39.97 \text{ KG-CM.}$$

$$M_E = 2.04 \Sigma 6 = 8.36 \text{ KG-CM.}$$

$$M_4' = F_4'(-6.9) = 1.32 \text{ KG-CM.}$$

$$M_6' = F_6'(-12.8) = 7.04 \text{ KG-CM.}$$

$$M_8' = F_8'(-6.4) = 1.47 \text{ KG-CM.}$$

$$M_{10}' = F_{10}'(-2.9) = 0.069 \text{ KG-CM.}$$

$$M_{180} = F_{180}'(-18.4) = 10.12 \text{ KG-CM.}$$

$$M_{360} = F_{360}'(-7.8) = 2.11 \text{ KG-CM.}$$

$$M_{ZONA II} = 61.85 \text{ KG-CM}$$

FUERZA TOTAL

$$F = F_i + F_j + F_k$$

$$F = -23.2 \text{ KG}$$

MOMENTO TOTAL

$$M = M_i + M_j + M_k$$

$$M = -131.7 \text{ KG-CM.}$$

FIG. B.2.6

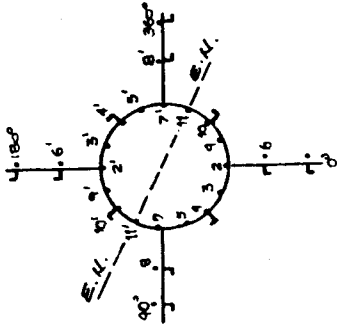
Z O N A I

POSICION: 22.5° W_M = 19.5 KG. W_L = 10 KG.

EXT. E-06	E	σ _x	q	f _s	f(F ₂₀)	brazo	f(M ₁₀)
3	-37	1.10	0.44	1	-0.47	7.5	-3.5
4	-48	1.44	0.58	4	-2.52	6.9	-16.0
5	-43	1.29	0.52	2	-1.03	5.3	-5.47
7	-17	0.51	0.20	4	-0.82	2.9	-2.37
11'	0	0	0	1	0	0	0
				Σ ₁ =	-4.64	Σ ₃ =	-27.10
2	-39	1.17	0.47	1	-0.47	7.0	-3.27
6	-72	2.16	0.86	4	-3.46	12.8	-44.24
0°	-72	2.16	0.86	1	-0.86	18.4	-15.22
				Σ ₂ =	-4.79	Σ ₄ =	-63.38
7	-17	0.51	0.20	1	-0.20	2.9	-0.59
8	-26	0.78	0.31	4	-1.26	8.4	-6.74
90°	-26	0.78	0.31	1	-0.31	7.8	-2.42
				Σ ₅ =	-1.76	Σ ₆ =	-9.75

CARGA AXIAL: W = W_L + W_M = 29.5 KG.

MOMENTO REACCION EN BUENOS AIRES - WM_{BM}



CARGAS :

$$F_A = 2.029 \Sigma_1 = -9.41 \text{ KG.}$$

$$F_B = 2.04 \Sigma_2 = -9.77 \text{ KG.}$$

$$F_C = 2.04 \Sigma_5 = -3.59 \text{ KG.}$$

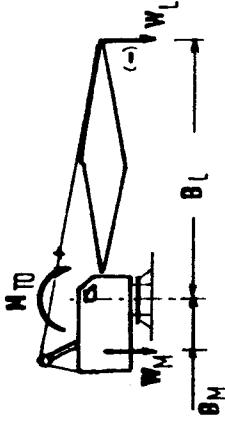
$$F_G = \sqrt{6} \text{ Ar} = F_{10} = -1.73 \text{ KG.}$$

$$F_4 = \sqrt{4} \text{ Ar} = -1.15 \text{ KG.}$$

$$F_{10} = \sqrt{10} \text{ Ar} = -0.41 \text{ KG.}$$

$$F_8 = \sqrt{8} \text{ Ar} = F_{90} = -0.62 \text{ KG.}$$

$$F_{\text{ZONA I}} = -29.03 \text{ KG.}$$



MOMENTOS :

$$M_A = 2.029 \Sigma_3 = -54.98 \text{ KG-CM.}$$

$$M_B = 2.04 \Sigma_4 = -120.19 \text{ KG-CM.}$$

$$M_E = 2.04 \Sigma_6 = -19.90 \text{ KG-CM.}$$

$$M_4 = F_4 (6.9) = -7.93 \text{ KG-CM.}$$

$$M_6 = F_6 (12.8) = -22.14 \text{ KG-CM.}$$

$$M_8 = F_8 (8.4) = -3.55 \text{ KG-CM.}$$

$$M_{10} = F_{10} (2.9) = -1.19 \text{ KG-CM.}$$

$$M_{90} = F_{90} (7.8) = -3.183 \text{ KG-CM.}$$

$$M_{90} = F_{90} (7.8) = -4.84 \text{ KG-CM.}$$

$$M_{\text{ZONA I}} = -266.33 \text{ KG-CM.}$$

FIG. D.2.7



Z O N A II

POSICION: 22.6° WM=19.5 KG. WL = 10 KG.

EXT.	Σ E 06	σx	q	fs	f(Fz0)	brazo	f(Mt0)
3'	25	0.69	0.28	1	0.28	-7.6	-2.07
4'	28	0.84	0.34	4	1.34	-6.9	-9.27
5'	27	0.81	0.32	2	0.65	-5.3	-3.45
7'	35	0.10	0.04	4	0.16	-2.9	-0.46
11	0	0	0	1	0	0	0
				$\Sigma 1 = 2.43$	$\Sigma 3 = -15.25$		
2'	7	0.21	0.08	1	0.08	-7.0	-0.59
6'	-11	0.33	0.13	4	-0.53	-12.8	6.76
180°	-11	0.33	0.13	1	-0.13	-18.4	2.39
				$\Sigma 2 = -0.68$	$\Sigma 4 = 8.66$		
7'	35	0.10	0.04	1	0.04	-2.9	-0.12
8'	-6	0.18	0.07	4	-0.28	-5.4	1.55
360°	-6	0.18	0.07	1	-0.07	-7.8	0.56
				$\Sigma 5 = -0.31$	$\Sigma 6 = 1.976$		

MOMENTOS :

$F_C = 2.029 \Sigma 1 = 4.93$ KG. $M_C = 2.029 \Sigma 3 = -30.90$ KG.-CM.
 $F_D = 2.04 \Sigma 2 = -1.18$ KG. $M_D = 2.04 \Sigma 4 = 17.46$ KG.-CM.
 $F_F = 2.04 \Sigma 5 = -0.63$ KG. $M_F = 2.04 \Sigma 6 = 4.03$ KG.-CM.
 $F_4' = \sqrt{4} \cdot A_T = 0.07$ KG. $M_4' = F_4'(-6.9) = -4.62$ KG.-CM.
 $F_6' = \sqrt{6} \cdot A_T = -0.26$ KG. $M_6' = F_6'(-12.8) = 3.34$ KG.-CM.
 $F_8' = \sqrt{8} \cdot A_T = -0.14$ KG. $M_8' = F_8'(-5.4) = 0.76$ KG.-CM.
 $F_{10}' = \sqrt{10} A_T = 0.08$ KG. $M_{10}' = F_{10}'(-2.9) = -0.23$ KG.-CM.
 $F_{180} = F_6' = 0.264$ KG. $M_{180} = F_{180}(-18.4) = 4.86$ KG.-CM.
 $F_{360} = F_8' = 0.144$ KG. $M_{360} = F_{360}(-7.8) = 1.12$ KG.-CM.

FZONA II = 3.062 KG. MZONA II = -2.68 KG.-CM

FUERZA TOTAL

$F = F_i + F_j + F_k$

$F = -26.9$ KG

MOMENTO TOTAL

$M = M_i + M_j + M_k$

$M = -26.9$ KG.-CM.

Z O N A I

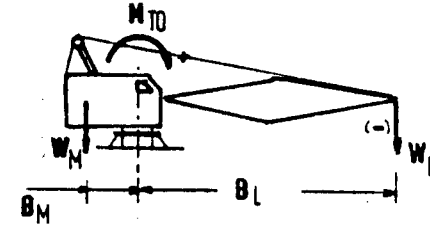
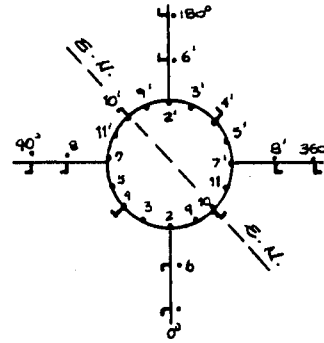
POSICION: 45° $W_M = 19.5$ KG. $W_L = 0$ KG.

EXT.	E-06	σ_x	q	f _s	f(F _{Z0})	brazo	f(M _{to})
4	66	1.98	0.79	1	0.79	7.5	5.94
5	63	1.89	0.76	4	3.02	6.9	20.86
7	24	0.72	0.29	2	0.58	5.3	3.05
11'	16	0.48	0.19	4	0.77	2.9	2.23
10'	0	0	0	1	0	0	0
				$\Sigma_1 = 5.16$	$\Sigma_3 = 32.08$		
2	24	0.72	0.29	1	0.29	5.3	1.54
6	68	2.04	0.82	4	3.26	9.9	32.31
0°	68	2.04	0.82	1	0.82	14.2	11.64
				$\Sigma_2 = 4.37$	$\Sigma_4 = 46.49$		
7	24	0.72	0.29	1	0.29	5.3	1.54
8	68	2.04	0.82	4	3.26	9.9	32.31
90°	68	2.04	0.82	1	0.82	14.2	11.64
				$\Sigma_5 = 4.37$	$\Sigma_6 = 46.49$		

CARGA AXIAL: $W = W_L + W_M = 19.5$ KG.

MOMENTO FLECTOR: $M_{TO} = W_L \cdot \theta_L - W_M \cdot \theta_M$

$M_{TO} = -433$ KG-CM.



CARGAS :

$$F_A = 2.029 \Sigma_1 = 10.47 \text{ KG.}$$

$$F_B = 2.04 \Sigma_2 = 8.91 \text{ KG.}$$

$$F_E = 2.04 \Sigma_5 = 8.91 \text{ KG.}$$

$$F_6 = \sqrt{6} A r = F_{0^\circ} = 1.63 \text{ KG.}$$

$$F_4 = \sqrt{4} A r = 1.58 \text{ KG.}$$

$$F_{10} = \sqrt{10} A r = 0 \text{ KG.}$$

$$F_8 = \sqrt{8} A r = F_{90^\circ} = 1.63 \text{ KG.}$$

MOMENTOS :

$$M_A = 2.029 \Sigma_3 = 65.1 \text{ KG-CM.}$$

$$M_B = 2.04 \Sigma_4 = 92.8 \text{ KG-CM.}$$

$$M_E = 2.04 \Sigma_6 = 92.8 \text{ KG-CM.}$$

$$M_4 = F_4 (7.5) = 11.85 \text{ KG-CM.}$$

$$M_6 = F_6 (9.9) = 16.14 \text{ KG-CM.}$$

$$M_8 = F_8 (9.9) = 16.14 \text{ KG-CM.}$$

$$M_{10} = F_{10} (0) = 0 \text{ KG-CM.}$$

$$M_{0^\circ} = F_{0^\circ} (14.2) = 23.15 \text{ KG-CM.}$$

$$M_{90^\circ} = F_{90^\circ} (14.2) = 23.15 \text{ KG-CM.}$$

FZONA I = 36.40 KG.

MZONA I = 341.13 KG-CM.

FIG. b.3.1

Z O N A II

POSICION: 45° $W_M = 19.5$ KG. $W_L = 0$ KG.

EXT.	E E 06	$\bar{\sigma}_x$	q	fs	f(Fz)	brazo	f(Mt ₀)
4'	-99	2.97	1.19	1	-1.19	-7.5	8.91
6'	-90	2.70	1.08	4	-4.32	-6.9	29.81
7'	-43	1.29	0.52	2	-1.03	-5.3	5.47
11	-13	0.39	0.16	4	-0.64	-2.9	1.856
10	0	0	0	1	0	0	0
				$\Sigma_1 =$	-7.18	$\Sigma_3 =$	46.05
2'	-43	1.29	0.52	1	-0.52	-5.3	2.73
6'	-99	2.97	1.19	4	-4.75	-9.9	47.04
180°	-99	2.97	1.19	1	-1.19	-14.2	16.9
				$\Sigma_2 =$	-6.46	$\Sigma_4 =$	66.67
7'	-43	1.29	0.52	1	-0.52	-5.3	2.73
8'	-99	2.97	1.19	4	-4.75	-9.9	47.04
360°	-99	2.95	1.19	1	-1.19	-14.2	16.9
				$\Sigma_5 =$	-6.46	$\Sigma_6 =$	66.67

CARGAS :

$$F_C = 2.029 \Sigma_1 = 14.57 \text{ KG.}$$

$$F_D = 2.04 \Sigma_2 = -13.18 \text{ KG.}$$

$$F_F = 2.04 \Sigma_5 = -13.18 \text{ KG.}$$

$$F_4' = \sigma_4 \cdot A_T = -2.38 \text{ KG.}$$

$$F_6' = \sigma_6 \cdot A_T = -2.38 \text{ KG.}$$

$$F_8' = \sigma_8 \cdot A_T = -2.38 \text{ KG.}$$

$$F_{10}' = \sigma_{10} A_T = 0 \text{ KG.}$$

$$F_{180} = F_6' = -2.38 \text{ KG.}$$

$$F_{360} = F_8' = -2.38 \text{ KG.}$$

$$F_{ZONA II} = -52.88 \text{ KG.}$$

FUERZA TOTAL

$$F = F_i + F_j + F_k$$

$$F = -16.4 \text{ KG}$$

MOMENTOS :

$$M_C = 2.029 \Sigma_3 = 93.43 \text{ KG-CM.}$$

$$M_D = 2.04 \Sigma_4 = 136 \text{ KG-CM.}$$

$$M_F = 2.04 \Sigma_6 = 136 \text{ KG-CM.}$$

$$M_4' = F_4'(-7.5) = 17.85 \text{ KG-CM.}$$

$$M_6' = F_6'(-9.9) = 23.56 \text{ KG-CM.}$$

$$M_8' = F_8'(-9.9) = 23.6 \text{ KG-CM.}$$

$$M_{10}' = F_{10}'(0) = 0 \text{ KG-CM.}$$

$$M_{180} = F_{180}(-14.2) = 33.8 \text{ KG-CM.}$$

$$M_{360} = F_{360}(-14.2) = 33.8 \text{ KG-CM.}$$

$$M_{ZONA II} = 498 \text{ KG-CM.}$$

MOMENTO TOTAL

$$M = M_i + M_j + M_k$$

$$M = 839 \text{ KG-CM.}$$

FIG. D.3.2

Z O N A I

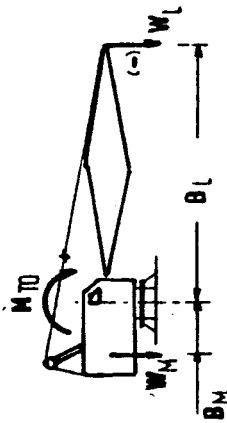
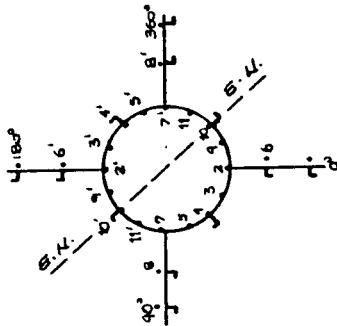
POSICION: 45° $W_M = 19.5$ KG. $W_L = 7$ KG.

EXT.	ϵ $\epsilon-06$	\sqrt{x}	q	f s	f (F_{20})	brazo	f (M_{10})
4	-26	0.78	0.812	1	-0.312	7.5	-2.34
6	-21	0.63	0.252	4	-1.008	6.9	-6.95
7	-17	0.51	0.204	2	-0.41	5.3	-2.16
11'	-25	0.75	0.80	4	-1.20	2.9	-3.48
10'	0	0	0	1	0	0	0
				$\Sigma 1 = -2.93$	$\Sigma 3 = -14.93$		
2	-17	0.51	0.204	1	-0.204	6.3	-1.08
6	-30	0.90	0.36	4	-1.44	9.9	-14.26
0°	-30	0.90	0.36	1	-0.36	14.2	-5.11
				$\Sigma 2 = -2.004$	$\Sigma 4 = -20.45$		
7	-17	0.51	0.204	1	-0.204	5.3	-1.08
8	-30	0.90	0.36	4	-1.44	9.9	-14.26
90°	-80	0.90	0.36	1	-0.36	14.2	-5.11
				$\Sigma 5 = -2.004$	$\Sigma 6 = -20.45$		

CARGA AXIAL: $W = W_L + W_M = 26.5$ KG.

MOMENTO FLECTOR: $M_{10} = W_L B_L - W_M B_M$

$M_{10} = 99.8$ KG-CM.



MOMENTOS :

$M_A = 2.029 \Sigma 3 = -30.29$ KG-CM.

$M_B = 2.04 \Sigma 4 = -41.72$ KG-CM.

$M_E = 2.04 \Sigma 6 = -41.72$ KG-CM.

$M_4 = F_4 (7.5) = -4.68$ KG-CM.

$M_6 = F_6 (9.9) = -7.13$ KG-CM.

$M_8 = F_8 (9.9) = -7.13$ KG-CM.

$M_{10} = F_{10} (0) = 0$ KG-CM.

$M_{90} = F_{90} (14.2) = -10.22$ KG-CM.

$M_{90} = F_{90} (14.2) = -10.22$ KG-CM.

M ZONA I = -153.11 KG-CM.

CARGAS :

$F_A = 2.029 \Sigma 1 = -5.94$ KG.

$F_B = 2.04 \Sigma 2 = -4.10$ KG.

$F_E = 2.04 \Sigma 5 = -4.10$ KG.

$F_6 = \sqrt{6} A_r = F_{10} = -0.72$ KG.

$F_4 = \sqrt{4} A_r = -0.62$ KG.

$F_{10} = \sqrt{10} A_r = 0$ KG.

$F_8 = \sqrt{8} A_r = F_{90} = -0.72$ KG.

F ZONA I = -17.62 KG.

FIG. b.3.3

Z O N A II

POSICION: 45° $W_M=19.5$ KG. $W_L = 7$ KG.

EXT.	ϵ E.06	\sqrt{x}	q	fs	f(Fz)	brazo	f(M ₁₀)
4'	-3	0.09	0.04	1	-0.04	-76	0.3
5'	-7	0.21	0.08	4	-0.836	-6.9	2.32
7'	-5	0.15	0.06	2	-0.12	-5.3	0.64
11	-14	0.42	0.17	4	-0.67	-2.9	1.94
10	0	0	0	1	0	0	0
				$\Sigma 1 =$	-1.17	$\Sigma 3 =$	5.20
2'	-5	0.15	0.06	1	-0.06	-5.3	3.18
6'	-24	0.72	0.238	4	-1.152	-9.9	11.4
180°	-24	0.72	0.238	1	-0.288	-14.2	4.1
				$\Sigma 2 =$	-1.60	$\Sigma 4 =$	18.7
7'	-5	0.15	0.06	1	-0.06	-5.3	3.18
8'	-24	0.72	0.238	4	-1.152	-9.9	11.4
360°	-24	0.72	0.238	1	-0.288	-14.2	4.1
				$\Sigma 5 =$	-1.60	$\Sigma 6 =$	18.7

CARGAS :

$$F_C = 2.029 \Sigma 1 = -2.57 \text{ KG.}$$

$$F_D = 2.04 \Sigma 2 = -3.06 \text{ KG.}$$

$$F_E = 2.04 \Sigma 5 = -3.06 \text{ KG.}$$

$$F_4' = \sqrt{4} \cdot A_1 = -0.072 \text{ KG.}$$

$$F_6' = \sqrt{6} \cdot A_1 = -0.576 \text{ KG.}$$

$$F_8' = \sqrt{8} \cdot A_1 = -0.576 \text{ KG.}$$

$$F_{10}' = \sqrt{10} A_1 = 0 \text{ KG.}$$

$$F_{180} = F_6' = -0.576 \text{ KG.}$$

$$F_{360} = F_8' = -0.576 \text{ KG.}$$

$$F_{ZONA II} = -10.87 \text{ KG.}$$

MOMENTOS :

$$M_C = 2.029 \Sigma 3 = 10.55 \text{ KG.-CM.}$$

$$M_D = 2.04 \Sigma 4 = 38.10 \text{ KG.-CM.}$$

$$M_E = 2.04 \Sigma 6 = 38.10 \text{ KG.-CM.}$$

$$M_4' = F_4'(-7.5) = 0.64 \text{ KG.-CM.}$$

$$M_6' = F_6'(-9.9) = 5.70 \text{ KG.-CM.}$$

$$M_8' = F_8'(-9.9) = 5.70 \text{ KG.-CM.}$$

$$M_{10}' = F_{10}'(0) = 0 \text{ KG.-CM.}$$

$$M_{180} = F_{180}(-14.2) = 8.18 \text{ KG.-CM.}$$

$$M_{360} = F_{360}(-14.2) = 8.18 \text{ KG.-CM.}$$

$$M_{ZONA II} = 115.02 \text{ KG.-CM.}$$

FUERZA TOTAL

$$F = F_j + F_j + f_k$$

$$F = -28.5 \text{ KG}$$

MOMENTO TOTAL

$$M = M_j + M_j + M_k$$

$$M = -38.06 \text{ KG.-CM.}$$

Z O N A I

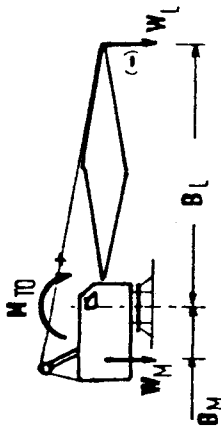
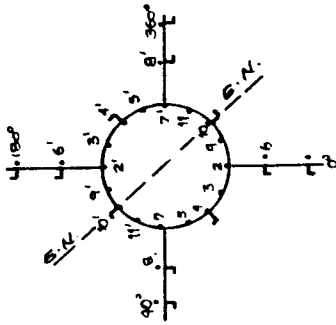
POSICION: 45° $W_M = 19.5 \text{ KG. } W_L = 8 \text{ KG.}$

EXT.	E	σ_x	Q	fs	f(F_{20})	brazo	f(M_{10})
4	-40	1.20	0.48	1	-0.48	7.5	-3.6
5	-34	1.02	0.41	4	-1.63	6.9	-11.26
7	-21	0.63	0.25	2	-0.60	5.3	-2.67
11'	-23	0.69	0.28	4	-1.10	2.9	-3.20
10'	0	0	0	1	0	0	0
				$\Sigma 1 =$	-3.71	$\Sigma 3 =$	-20.73
2	-21	0.63	0.25	1	-0.25	5.3	-1.325
6	-32	0.96	0.38	4	-1.64	9.9	-15.21
0'	-32	0.96	0.38	1	-0.38	14.2	-5.396
				$\Sigma 2 =$	-2.17	$\Sigma 4 =$	-21.93
7	-21	0.63	0.25	1	-0.25	5.3	-1.325
8	-32	0.96	0.38	4	-1.54	9.9	-15.21
90	-32	0.96	0.38	1	-0.38	14.2	-5.396
				$\Sigma 5 =$	-2.17	$\Sigma 6 =$	-21.93

CARGA AXIAL: $W = W_L + W_M = 27.5 \text{ KG.}$

MOMENTO FLECTOR: $M_{10} = W_L \cdot 8L - W_M \cdot 8M$

$M_{10} = 176.1 \text{ KG.-CM.}$



MOMENTOS :

$$M_A = 2.029 \Sigma 3 = -42.10 \text{ KG.-CM.}$$

$$M_B = 2.04 \Sigma 4 = -44.7 \text{ KG.-CM.}$$

$$M_E = 2.04 \Sigma 6 = -44.7 \text{ KG.-CM.}$$

$$M_4 = F_4(+7.5) = -7.2 \text{ KG.-CM.}$$

$$M_6 = F_6(9.9) = -7.62 \text{ KG.-CM.}$$

$$M_8 = F_8(9.9) = -7.62 \text{ KG.-CM.}$$

$$M_{10} = F_{10}(0) = 0 \text{ KG.-CM.}$$

$$M_{0'} = F_{0'}(14.2) = -10.93 \text{ KG.-CM.}$$

$$M_{90'} = F_{90'}(14.2) = -10.93 \text{ KG.-CM.}$$

$$M \text{ ZONA I} = -175.9 \text{ KG.-CM.}$$

CARGAS :

$$F_A = 2.029 \Sigma 1 = -7.52 \text{ KG.}$$

$$F_B = 2.04 \Sigma 2 = -4.43 \text{ KG.}$$

$$F_E = 2.04 \Sigma 5 = -4.43 \text{ KG.}$$

$$F_4 = \sqrt{6} A_r = F_{0'} = -0.77 \text{ KG.}$$

$$F_6 = \sqrt{4} A_r = -0.96 \text{ KG.}$$

$$F_{10} = \sqrt{10} A_r = 0 \text{ KG.}$$

$$F_8 = \sqrt{8} A_r = F_{90'} = -0.77 \text{ KG.}$$

$$F \text{ ZONA I} = -20.41 \text{ KG.}$$

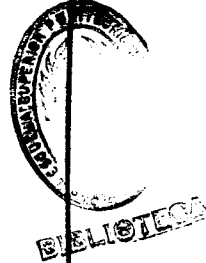


FIG. D.3.5

Z O N A II

POSICION: 45° WM=19.5 KG. WL = 8 KG.

EXT.	E	EOB	OX	q	fs	f(Fzo)	brazo	f(Mto)
4'	6	0.18	0.072	1	0.072	-7.5	-0.94	
5'	0	0	0	4	0	-6.9	0	
7'	-2	0.06	0.024	2	-0.05	-5.3	0.254	
11	-13	0.39	0.16	4	-0.62	-2.9	18/	
10	0	0	0	1	0	0	0	
					Σ1 = -0.598	Σ3 = 1.52		
2'	-2	0.06	0.024	1	-0.024	-5.3	0.13	
6'	-23	0.69	0.28	4	-1.10	-9.9	10.93	
180°	-23	0.69	0.28	1	-0.28	-14.2	3.92	
					Σ2 = -1.40	Σ4 = 14.98		
7'	-2	0.06	0.024	1	-0.024	-5.3	0.13	
8'	-23	0.69	0.28	4	-1.10	-9.9	10.93	
360	-23	0.69	0.28	1	-0.28	-14.2	3.92	
					Σ5 = -1.40	Σ6 = 14.98		

CARGAS :

$F_C = 2.029 \Sigma_1 = -1.21$ KG.
 $F_D = 2.04 \Sigma_2 = -2.86$ KG.
 $F_E = 2.04 \Sigma_3 = -2.86$ KG.
 $F_4' = \sqrt{4} \cdot A_T = -0.144$ KG.
 $F_6' = \sqrt{6} \cdot A_T = -0.55$ KG.
 $F_8' = \sqrt{8} \cdot A_T = -0.65$ KG.
 $F_{10}' = \sqrt{10} A_T = 0$ KG.
 $F_{180} = F_6' = -0.55$ KG.
 $F_{360} = F_8' = -0.65$ KG.

MOMENTOS :

$M_C = 2.029 \Sigma_3 = 3.08$ KG.-CM.
 $M_D = 2.04 \Sigma_4 = 30.56$ KG.-CM.
 $M_E = 2.04 \Sigma_6 = 30.56$ KG.-CM.
 $M_4' = F_4'(-7.5) = 1.08$ KG.-CM.
 $M_6' = F_6'(-9.9) = 5.44$ KG.-CM.
 $M_8' = F_8'(-9.9) = 5.44$ KG.-CM.
 $M_{10}' = F_{10}'(0) = 0$ KG.-CM.
 $M_{180} = F_{180}(-14.2) = 7.81$ KG.-CM.
 $M_{360} = F_{360}(-14.2) = 7.81$ KG.-CM.

F_ZONA II = -9.266 KG. M_ZONA II = 91.78 KG.-CM.

FUERZA TOTAL

F = F_i + F_j + F_k

F = -29.6 KG

MOMENTO TOTAL

M = M_i + M_j + M_k

M = -84.1 KG.-CM.

FIG. b.3.6

Z O N A I

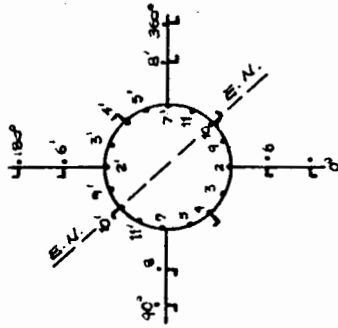
POSICION: 45° $W_M = 19.5$ KG. $W_L = \infty$ KG.

EXT.	ξ $\xi - 06$	σ_X	q	f _s	f(F_{20})	brazo	f(M_{10})
4	-73	2.19	0.88	1	-0.88	7.5	-6.57
5	-65	1.95	0.78	4	-3.12	6.9	-21.53
7	-34	1.02	0.41	2	-0.82	5.3	-4.32
11'	-13	0.39	0.16	4	-0.62	2.9	-1.81
10'	0	0	0	1	0	0	0
				$\Sigma_1 =$	-6.44	$\Sigma_3 =$	-34.23
2	-34	1.02	0.41	1	-0.41	5.3	-2.16
6	-52	1.56	0.62	4	-2.5	9.9	-24.77
03	-52	1.56	0.62	1	-0.62	14.2	-8.8
				$\Sigma_2 =$	-3.53	$\Sigma_4 =$	-35.67
7	-34	1.02	0.41	1	-0.41	5.3	-2.16
8	-52	1.56	0.62	4	-2.5	9.9	-24.77
903	-52	1.56	0.62	1	-0.62	14.2	-8.8
				$\Sigma_5 =$	-3.53	$\Sigma_6 =$	-35.67

CARGA AXIAL: $W = W_L + W_M = 29.5$ KG.

MOMENTO FLECTOR: $M_{10} = W_L \cdot \theta_L - W_M \cdot \theta_M$

$M_{10} = 327.7$ KG-CM.



CARGAS :

$$F_A = 2.029 \Sigma_1 = -11.04 \text{ KG.}$$

$$F_B = 2.04 \Sigma_2 = -7.20 \text{ KG.}$$

$$F_E = 2.04 \Sigma_5 = -7.20 \text{ KG.}$$

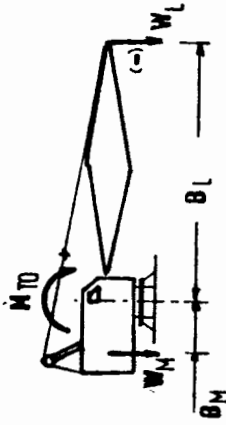
$$F_6 = \sqrt{6} A_r = F_{90} = -1.25 \text{ KG.}$$

$$F_4 = \sqrt{4} A_r = -1.762 \text{ KG.}$$

$$F_{10} = \sqrt{10} A_r = 0 \text{ KG.}$$

$$F_8 = \sqrt{8} A_r = F_{90} = -1.25 \text{ KG.}$$

$$F_{ZONA I} = -32.19 \text{ KG.}$$



MOMENTOS :

$$M_A = 2.029 \Sigma_3 = -59.45 \text{ KG-CM.}$$

$$M_B = 2.04 \Sigma_4 = -72.77 \text{ KG-CM.}$$

$$M_E = 2.04 \Sigma_6 = -72.77 \text{ KG-CM.}$$

$$M_4 = F_4 (7.5) = -13.14 \text{ KG-CM.}$$

$$M_6 = F_6 (9.9) = -12.77 \text{ KG-CM.}$$

$$M_8 = F_8 (9.9) = -12.37 \text{ KG-CM.}$$

$$M_{10} = F_{10} (0) = 0 \text{ KG-CM.}$$

$$M_{90} = F_{90} (14.2) = -17.75 \text{ KG-CM.}$$

$$M_{90} = F_{90} (14.2) = -17.75 \text{ KG-CM.}$$

$$M_{ZONA I} = -288.76 \text{ KG-CM.}$$

Z O N A II

POSICION: 45° $W_M=19.5$ KG. $W_L=10$ KG.

EXT.	E-06	\sqrt{x}	q	fs	f(F ₂₀)	brazo	f(M ₁₀)
4'	28	0.84	0.34	1	0.34	-7.5	-2.32
6'	21	0.63	0.26	4	1.01	-6.9	-6.95
7'	7	0.21	0.08	2	0.17	-5.3	-0.89
11	-14	3.75	0.17	4	-0.68	-2.9	1.97
10	0	0	0	1	0	0	0
				$\Sigma 1 =$	0.84	$\Sigma 3 =$	-8.39
2'	7	0.21	0.08	1	0.08	-6.3	-0.44
6'	-12	0.36	0.14	4	-0.58	-9.9	6.70
100P	-12	0.36	0.14	1	-0.14	-14.2	1.99
				$\Sigma 2 =$	-0.64	$\Sigma 4 =$	7.25
7'	7	0.21	0.08	1	0.09	-6.3	-0.44
8'	-12	0.36	0.14	4	-0.58	-9.9	5.70
360°	-12	0.36	0.14	1	-0.14	-14.2	1.99
				$\Sigma 5 =$	-0.64	$\Sigma 6 =$	7.25

CARGAS :

$F_C = 2.029 \Sigma 1 = 1.70$ KG.

$F_D = 2.04 \Sigma 2 = -1.30$ KG.

$F_E = 2.04 \Sigma 5 = -1.30$ KG.

$F_4' = \sqrt{4} \cdot A_T = -0.672$ KG.

$F_6' = \sqrt{6} \cdot A_T = -0.29$ KG.

$F_8' = \sqrt{8} \cdot A_T = -0.29$ KG.

$F_{10}' = \sqrt{10} A_T = 0$ KG.

$F_{180^\circ} = F_6' = -0.29$ KG.

$F_{360^\circ} = F_8' = -0.29$ KG.

$F_{ZONA II} = -2.73$ KG.

MOMENTOS :

$M_C = 2.029 \Sigma 3 = -17.02$ KG.-CM.

$M_D = 2.04 \Sigma 4 = +14.79$ KG.-CM.

$M_E = 2.04 \Sigma 6 = 14.79$ KG.-CM.

$M_4' = F_4'(-7.5) = -5.04$ KG.-CM.

$M_6' = F_6'(-9.9) = 2.87$ KG.-CM.

$M_8' = F_8'(-9.9) = 2.87$ KG.-CM.

$M_{10}' = F_{10}'(0) = 0$ KG.-CM.

$M_{180^\circ} = F_{180^\circ}(-14.2) = 4.12$ KG.-CM.

$M_{360^\circ} = F_{360^\circ}(-14.2) = 4.12$ KG.-CM.

$M_{ZONA II} = 2.15$ KG.-CM.

FUERZA TOTAL

$F = F_j + F_j + F_k$

$F = 34.9$ KG

MOMENTO TOTAL

$M = M_j + M_j + M_k$

$M = 267.3$ KG.-CM.

FIG. b. 3.8

BIBLIOGRAFIA

1. BHATTACHARYYA, R. Dynamics de Marine Vehicles, 1972.
2. MARTIN DOMINGUEZ, Cálculo de Estructuras de Buques, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales, Madrid, Agosto, 1969, 29, 46 p.
3. MONCAYO, L.R., Instrumentación y pruebas de componentes estructurales de una prensa mecánica de simple efecto de cinco ton., Proyecto de grado, Facultad de Ingeniería Mecánica, ESPOL, 1989.
4. MUCKLE, W., Strength of Ships' Structures, Arnold, London, 1967, 156-163 p.
5. NORRIS, H.C., Análisis elemental de estructuras, impreso por ESPOL, 1988.
6. ORTIZ, L.B., Resistencia de Materiales, Madrid, 1980.

7. POPOV, E.P., Introducción a la Mecánica de Sólidos, Editorial Limusa, 1976, 99, 135-137, 234.
8. SCHAUM, Teoría y Problemas de Diseño de Máquinas, McGraw-Hill, Colombia, 1974, 6-9 p.
9. SCHURING, D.J., Scale Models In Engineering, Pergamon Internacional Library, 1977, Capítulo 2, 34, 35 p.
10. SHIGLEY, J.E Diseño de Ingeniería Mecánica, Impreso por ESPOL, 1988, 43, 55, 201, p.
11. TIMOSHENKO, S. Resistencia de Materiales, Espasa Calpe, S.A., Madrid, 1978
12. ZOLLER, J.C., Dispositivo para la calibración de palanca de torsión, Implementación de adquisición automática de datos por computadora, Proyecto de grado, Facultad de Ingeniería Mecánica, ESPOL, 1989.
13. URQUIZO Guillermo, Apuntes del seminario, Análisis Experimental de deformaciones, Facultad de Ingeniería Mecánica, ESPOL.

14. VAUGHAN JOHN, Application of B & K Equipment to Strain Measurements, 1975, 18,54 p.