

ANALISIS SISMICO-DINAMICO DE PLATAFORMAS MARINAS APOYADAS POR GRAVEDAD

Jorge López Ríos

RESUMEN

Este trabajo versa sobre el análisis sísmico que se le ha aplicado a las plataformas marinas de concreto apoyadas por gravedad, que se pretenden desarrollar para una serie de usos diferentes en la Sonda de Campeche. Con objeto de obtener la primera generación de ellas, de acuerdo a una depuración que se haga de los conceptos estructurales mediante modelos simplificados, como los que se han aplicado para el análisis sísmico cuya descripción y resultados se mencionan en este trabajo.

INTRODUCCION

Hasta la fecha las unicas plataformas instaladas en la Sonda de Campeche son del tipo metálico piloteadas y posiblemente - se debe principalmente a dos razones, la primera la herencia tecnológica tradicional de los Estados Unidos y segunda el suelo marino superficial de la Sonda caracterizado por suelos arcillosos normalmente consolidados con resistencia al esfuerzo cortante excepcionalmente baja (0.5 a 2.5 ton/m²), como para pensar en colocar directamente en ellos una plataforma que trabaje por gravedad como se ha hecho en las arenas superficiales más o menos densas del Mar del Norte en Europa.

Sin embargo es posible resolver el problema de apoyo de las -- plataformas de gravedad, desarrollando una idea de apoyo semi-profundo, hincando en el suelo blando faldones de concreto hasta que estos se apoyen en los estratos resistentes subyacentes que en promedio se encuentran entre los 9 y 15 m., de profundidad a partir del lecho marino. Al decidir poner una plataforma por gravedad, es necesario que esta tenga un peso suficiente, con el cual haga frente a las sollicitaciones principalmente horizontales que provocan momentos de volteo como son oleaje, viento, corrientes y sismo, por lo que es más conveniente que estas plataformas sean de concreto reforzado y presforzado. Esta solución representa una magnífica alternativa a la empleada hasta la fecha de plataformas piloteadas y además implica - el uso de la tecnología del concreto totalmente desarrollada - para obras en tierra en nuestro país. Este trabajo es un resúmen del análisis sísmico que se ha hecho en forma preliminar - para valorar los parámetros mas sensibles que intervienen en - el fenómeno, así como acotar los valores de las fuerzas cortan

Subdirección de Ingeniería de Proyectos de Explotación I.M.P.

tes y momentos de volteo provocados por el sismo mediante modelos simples, ya que de los análisis efectuados para oleaje se puede deducir que las fuerzas que gobiernan el diseño de la plataforma son las provocadas por sismo. Esto parece una conclusión lógica, ya que la oposición de la plataforma al paso del oleaje es mínimo debido a la esbeltez de sus columnas en cambio el peso de todas sus cubiertas provocan durante sismo fuerzas cortantes y momentos de volteo altos, ya que puede interpretarse como analogía de un péndulo invertido.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La diferencia esencial entre el análisis sísmico de una estructura convencional en aire y una estructura sumergida en agua radica en que esta última hay una serie de efectos adicionales que hay que tomar en cuenta: la masa de agua adherida equivalente que hay que considerar para la estructura, un efecto de amortiguamiento debido a las fuerzas de arrastre diferentes de los amortiguamientos histerético del suelo y el estructural, dos excitaciones adicionales en la estructura debidas a las fuerzas de inercia del agua y una fuerza de arrastre provocada por el movimiento relativo entre el líquido y la estructura. Todo esto debe implicar una serie de razonamientos para deducir que fuerzas que puedan valuarse espectralmente deben intervenir para acotar los resultados, ya que no siempre la consideración de las mismas está del lado de la seguridad. Todas las fuerzas de inercia deben tomarse en cuenta esto es la masa adherida a la estructura, las fuerzas de inercia del movimiento del mar durante un sismo, las fuerzas provocadas por el movimiento del suelo y las fuerzas de arrastre ya mencionadas pero es posible simplificar el problema, si para fines prácticos se supone que el movimiento del agua provocado por el sismo no es comparable al de la estructura por lo que bastaría considerar únicamente la fuerza de arrastre que está en función de la velocidad del movimiento del suelo y que de alguna manera es posible valuar espectralmente como se mencionará posteriormente, sin embargo es posible desprestigiar los amortiguamientos, ya que por un lado de alguna manera están ya considerados en los espectros, y por otra si son mayores que los especificados espectralmente los resultados estarán del lado de la seguridad. Bajo esta suposición simplificatoria nuestro modelo quedaría prácticamente igual a una estructural convencional con masa adherida a la estructura y fuerzas debidas al movimiento del suelo y fuerzas de arrastre provocadas en el agua debidas al movimiento de estructura. La consideración para el análisis es dividir el problema en dos partes, una para cada fuerza mencionada y luego efectuar la superposición con el criterio de la raíz cuadrada de suma de cuadrados de cada efecto que se requiera.

CONSIDERACIONES SOBRE EL MODELO MATEMATICO

Los tipos de plataforma propuestos para uso único y multiusos de una dos y cuatro columnas, se muestran en las figuras 1, 2 y 3 y su propuesta de cimentación en las figuras 4 y 5, en -- ellas se puede observar que el cajón de cimentación incluye - el material blando en el cual se va a hincar y que el apoyo - de la plataforma se hace en el estrato de arena de origen cal cáreo con características de rigidez y resistencia apropiadas, para el apoyo necesario por gravedad, estas dos situaciones - se han tomado muy en cuenta para obtener las constantes de re sorte tipo Boussinesq que se propusieron al modelo dinámico - de la plataforma, tanto para deformación horizontal, vertical y cabeceo, así como para la masa que representa la cimentación.

Los modelos empleados para obtener los modos de la estructura se presentan en las figuras correspondientes previo a la pre-- sentación del resultado del análisis en donde se explica a que tipo de plataformas corresponde.

RESULTADOS DEL ANALISIS

De los análisis modales se deduce que no existen problemas de excitación debidas al oleaje de acuerdo a los períodos natura les de las estructuras analizadas. Para sismo los resultados pueden resumirse de la siguiente manera:

1).- En las figuras 6 a 15 se presentan los resultados del -- análisis de una plataforma de una columna en el cual se ha in cluído la participación de los 6 primeros modos para la obten ción de fuerzas cortantes y momentos de volteo.

2).- En las figuras 16 a 26 se muestran los resultados del -- análisis de una plataforma con dos columnas en la cual se han incluido la participación de los primeros siete modos para ob tener cortantes y momentos de volteo y con ella se ha supues to que la cubierta no está unida rigidamente a las columnas.

3).- En las figuras 27 a 37 se presentan los resultados de -- una plataforma con las características del inciso anterior pe ro en la cual se ha supuesto una unión rígida entre la cubier ta y las columnas.

COMENTARIOS GENERALES SOBRE LOS RESULTADOS

- 1.- Las configuraciones modales de las estructuras de acuerdo al modelo propuesto resultan practicamente empotradas en la cimentación y esto es debido probablemente a su gran - masa y a los resortes rígidos que representan al suelo que

como se aclaró anteriormente estos pertenecen a los estratos inferiores donde se apoya la plataforma.

- 2.- En todas las familias de modos de las estructuras analizadas existe uno de ellos que puede ser catalogado como espurio y que tiene un desplazamiento considerable en la base, lo que puede explicarse pensando en que esto sea producto de una viga libre - libre ya que la frecuencia característica del mismo es igual a la frecuencia que tendría un vibrador de la masa de la cimentación y el resorte del grado de libertad horizontal, lo cual ocasiona que en el ensamble general el apoyo horizontal se anule y se tenga el efecto antes mencionado.
- 3.- En el caso de plataformas de dos y cuatro columnas existen una serie de modos simétricos los cuales no dan componentes de sismo debido a que su coeficiente de participación es cero, por lo que si el número de modos contribuyentes al sismo se seleccionan simplemente por una ordenación de frecuencias el resultado del análisis puede no ser suficientemente confiable, ya que quizás sólo se estén incluyendo algunos modos asimétricos.
- 4.- En este análisis simplificado no se incluyó el grado de libertad de rotación de la cubierta, pero al refinarlo se va a efectuar un estudio paramétrico para sensibilizarlo y verificar dentro de que valores este concepto tiene trascendencia en el análisis.

CONCLUSIONES

- 1.- Aunque el análisis sísmico de plataformas de gravedad es complicado es muy conveniente proceder originalmente con modelos muy simples para efectuar un estudio de sensibilidad paramétrico, para obtener un proyecto y partir del mismo para análisis más sofisticados.
- 2.- Se efectuó una comparación entre dos análisis uno tomando en cuenta y otro sin tomar en cuenta la interacción suelo - estructura y la conclusión es que para los espectros con que se cuenta actualmente de la zona de plataformas es importante tomarla en cuenta.
- 3.- Se efectuó un análisis para tratar de acotar la fuerza de arrastre producida por el sismo en la plataforma de acuerdo a las simplificaciones expuestas anteriormente tomando en cuenta la pseudo velocidad del terreno en el espectro y el resultado es que el cortante y momento de volteo producidos por este efecto son bastante importantes y se requiere que se tomen en cuenta en el diseño.

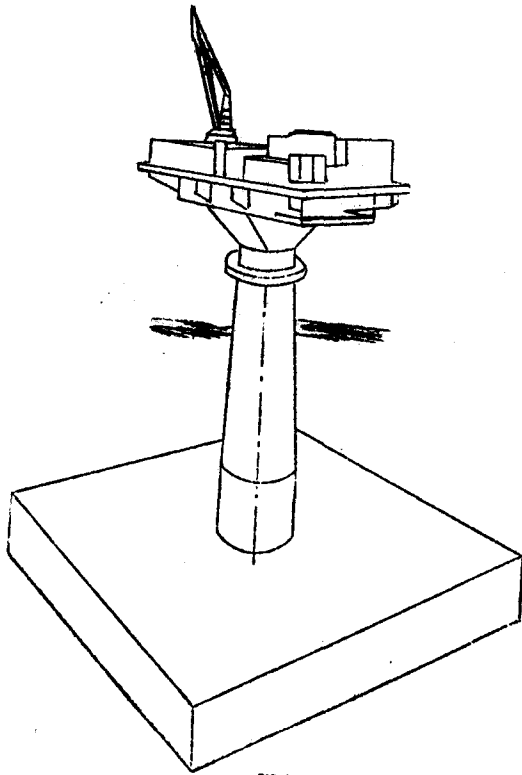


FIG. 1

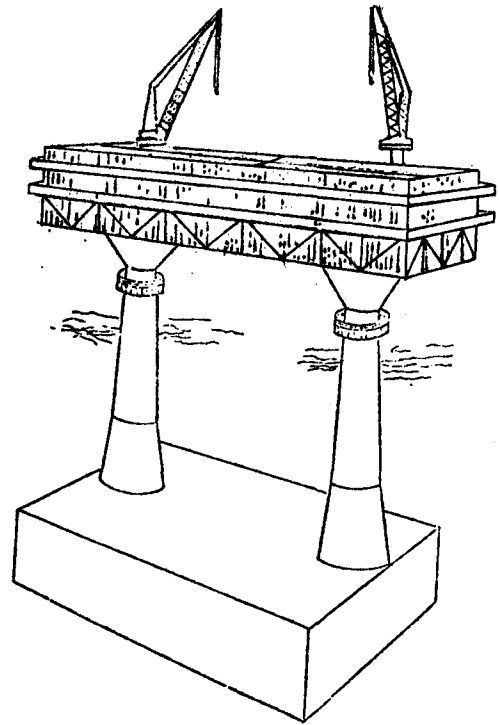


FIG. 2

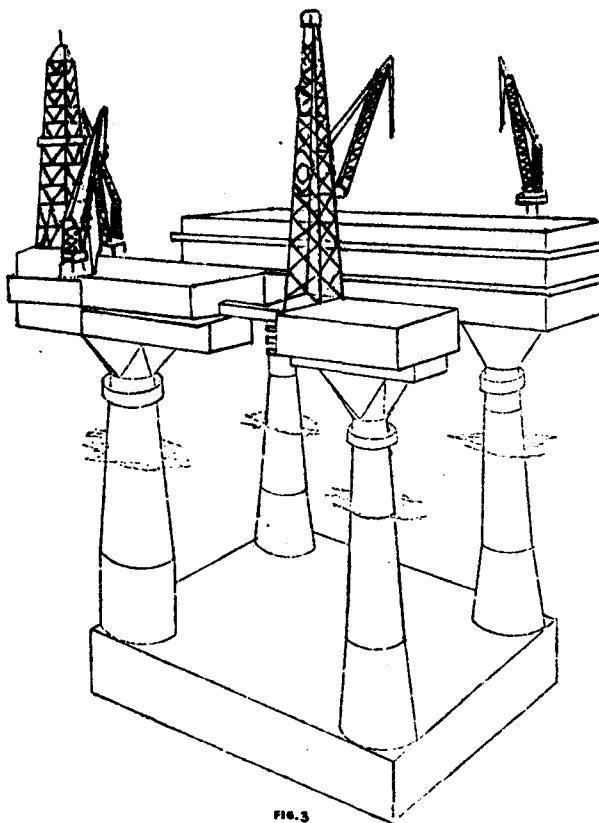


FIG. 3

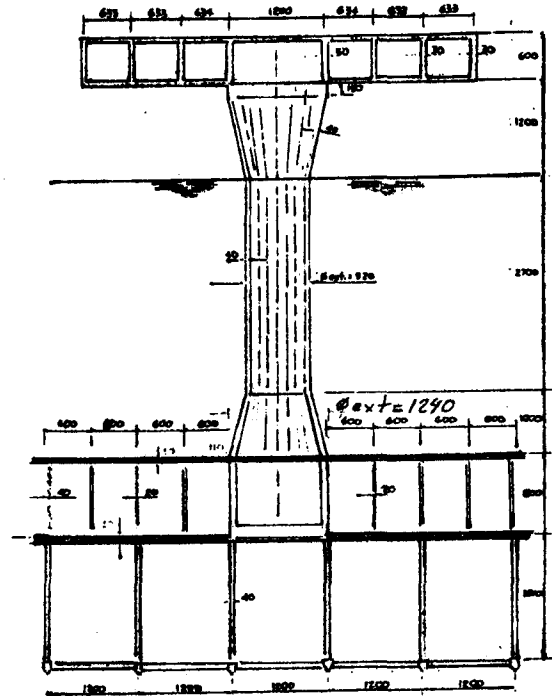


FIG. 4

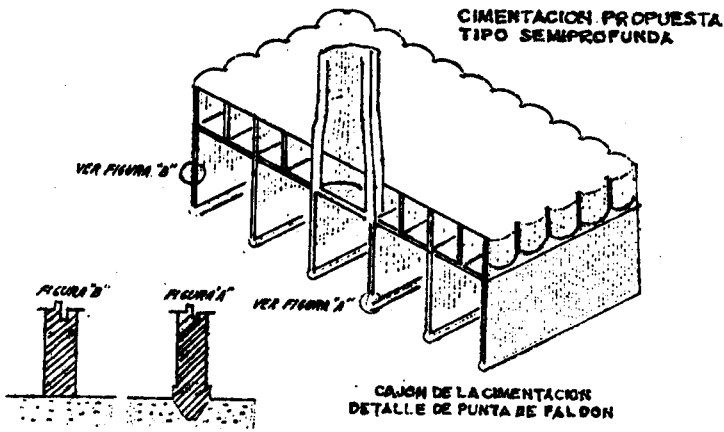
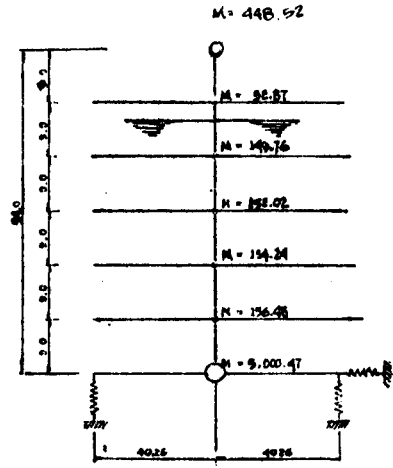
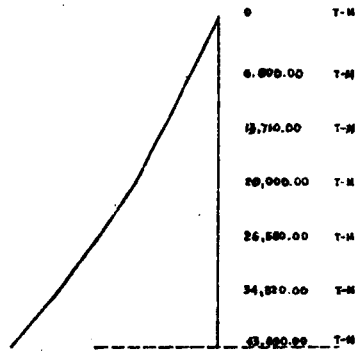


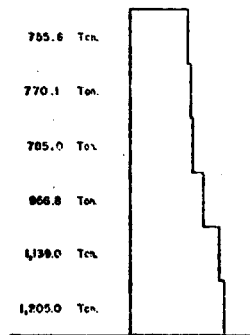
FIG. 5



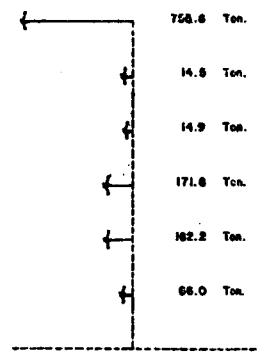
MODELO 1A
PLATAFORMA I COLUMNA
FIG. 6



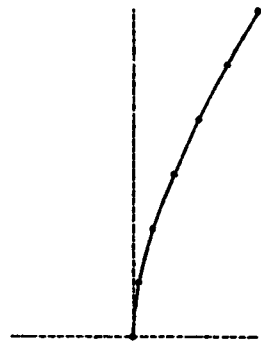
MODELO 1A
MOMENTOS CON ESPECTRO
CAMPO AVAL
FIG. 7



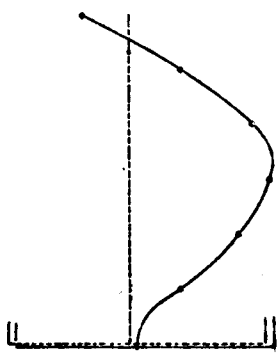
CORTANTES CON ESPECTRO ZONA AKAL
MODELO 1A
FIG. 8



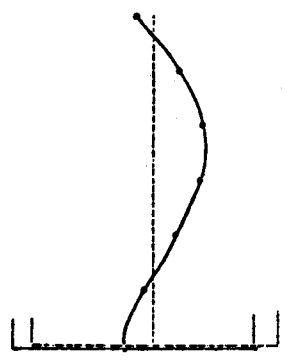
FUENZAS SISMICAS EN MODELO 1A CON EL ESPECTRO DEL CAMPO AKAL
FIG. 9



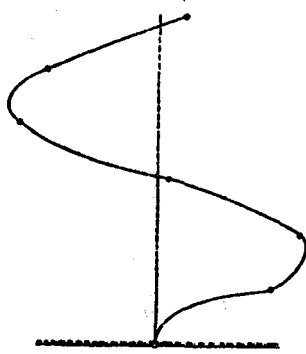
MODELO 1A
MODO # 1 T = 1.178 Seg.
FIG. 10



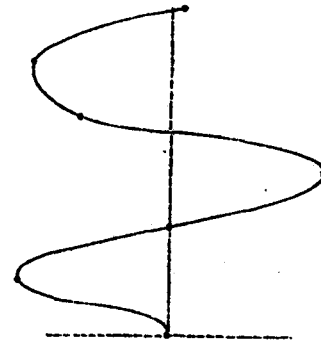
MODELO 1A
MODO # 2 T = 0.190 Seg.
FIG. 11



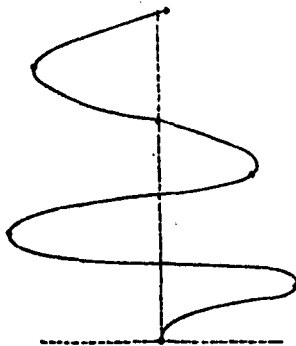
MODELO 1A
MODO # 3 T = 0.1550 Seg.
FIG. 12



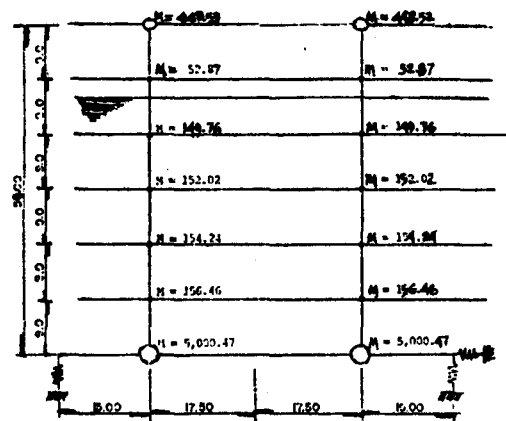
MODELO 1A
 MOD0 / 4 T=0.0736 Seg.
 FIG. 13



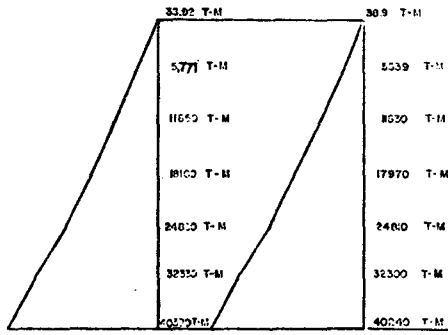
MODELO 1A
 MOD0 / 5 T=0.04256 Seg.
 FIG. 14



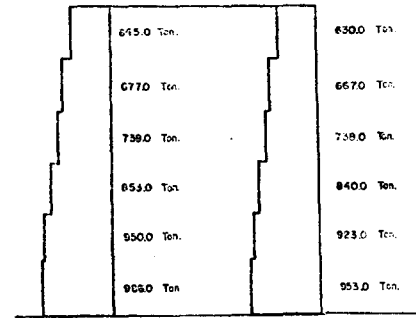
MODELO 1A
 MOD0 / 6 T=0.0365 Seg.
 FIG. 15



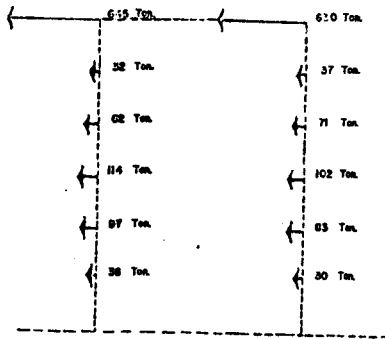
MODELO 2A
 PLATAFORMA DOS COLUMNAS
 FIG. 16



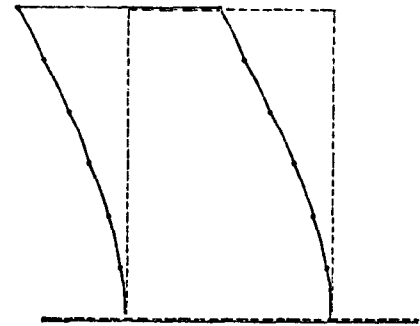
MOMENTOS MODELO 2A
CON ESPECTRO CAMPO AKAL
FIG. 17



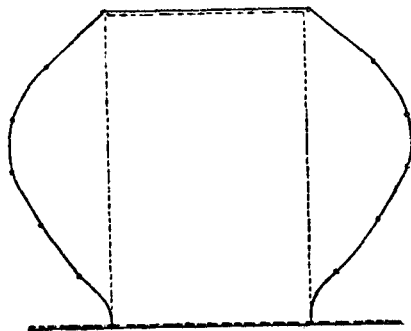
CORTANTES MODELO 2A
CON ESPECTRO CAMPO AKAL
FIG. 18



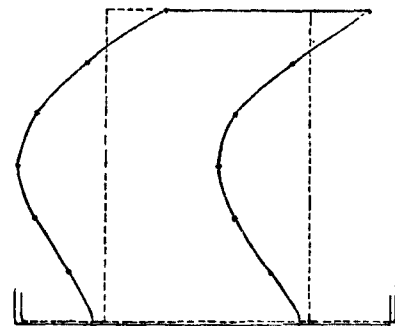
MODELO 2A
FUERZAS SISMICAS CON
ESPECTRO CAMPO AKAL
FIG. 19



MODELO 2A
MODO # 1 T = 0.5031 Seg.
FIG. 20

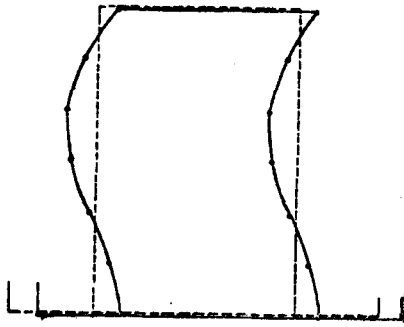


MODELO 2A
MODO # 2 T = 0.1539 Seg.
FIG. 21

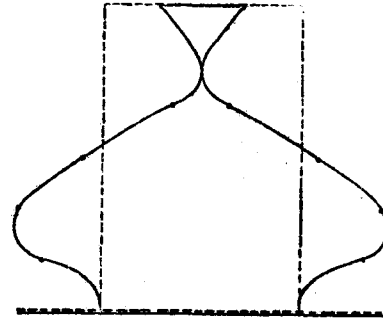


MODELO 2A
MODO # 3 T = 0.1300 Seg.
FIG. 22

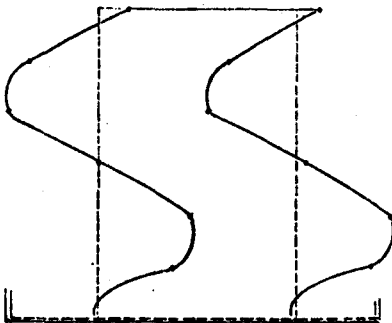
70



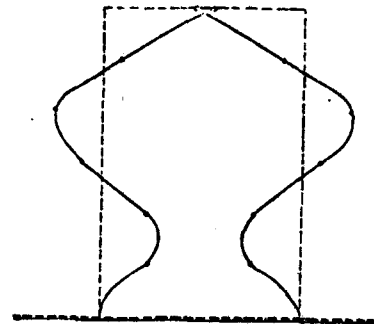
MODELO 2A
 MODO # 4 T = 0.1295 Seg
 FIG. 23



MODELO 2A
 MODO # 5 T = 0.0773 Seg
 FIG. 24



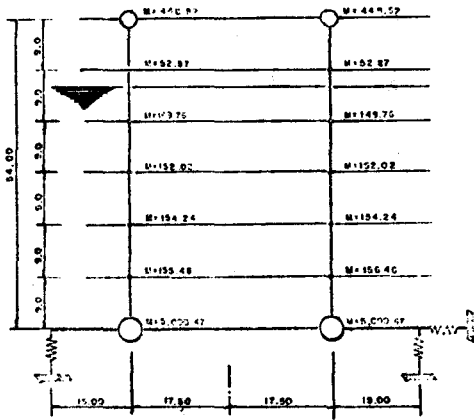
MODELO 2A
 MODO # 6 T = 0.0703 Seg
 FIG. 25



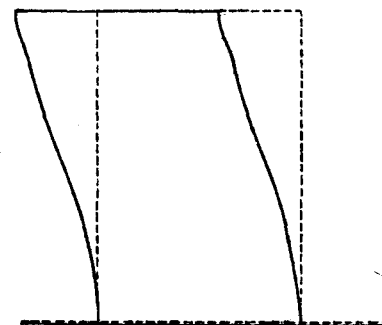
MODELO 2A
 MODO # 7 T = 0.0013 Seg
 FIG. 26

** 35 **

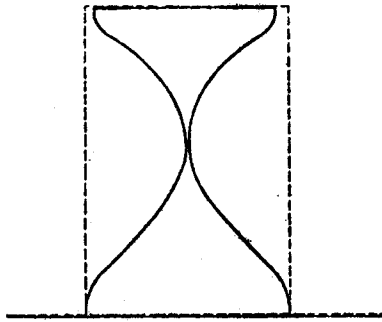
** 36 **



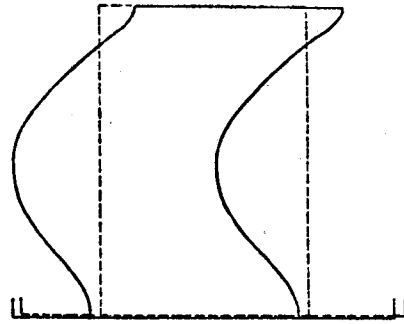
MODELO 2C
 PLATAFORMA DOS COLUMNAS
 FIG. 27



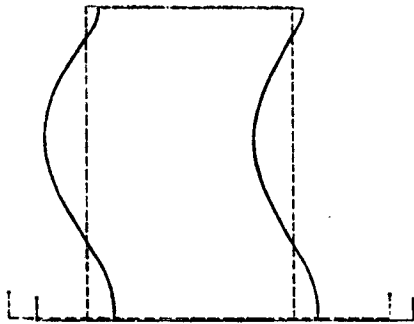
MODELO 2C
 MODO # 1 T = 0.7897 Seg
 FIG. 28



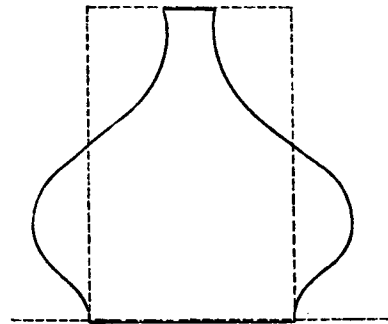
MODELO 2C
MODO # 2 T=0.1816 Seg.
FIG.29



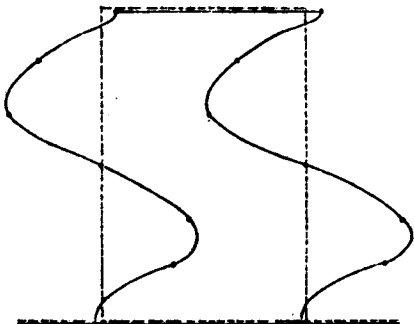
MODELO 2C
MODO # 3 T=0.1630 Seg.
FIG.30



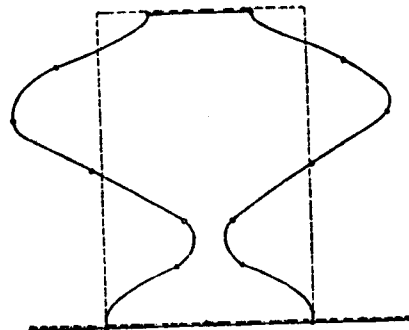
MODELO 2C
MODO # 4 T=0.1202 Seg.
FIG.31



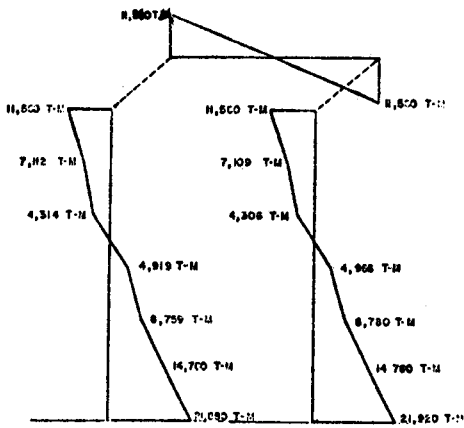
MODELO 2C
MODO # 5 T=0.08422 Seg.
FIG.32



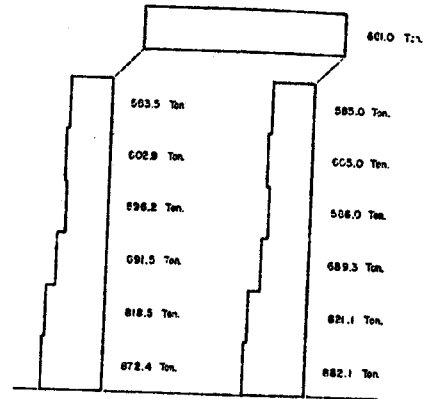
MODELO 2C
MODO # 6 T=0.06634 Seg.
FIG.33



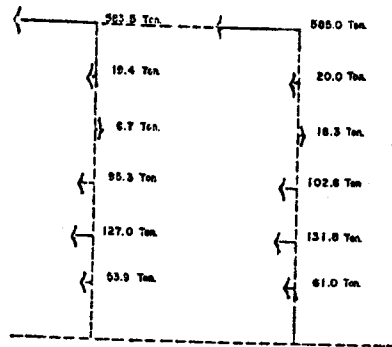
MODELO 2C
MODO # 7 T=0.05722 Seg.
FIG.34



MOMENTOS MODELO 2C
CON ESPECTRO CAMPO AKAL
FIG. 35



CORTANTES MODELO 2C
CON ESPECTRO CAMPO AKAL
FIG. 36



MODELO 2C
FUERZAS SISMICAS CON
ESPECTRO CAMPO AKAL
FIG. 37