



17  
29

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO**

FACULTAD DE INGENIERIA

"INTERACCION SUELO ESTRUCTURA ESTATICA,  
UN PROBLEMA DE APLICACION".

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

**I N G E N I E R O C I V I L**

P R E S E N T A :

**J U A N A R C O S O N O F R E**



MEXICO, D. F.

1997

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA  
DIRECCION  
60-1-022/96

Señor  
**JUAN ARCOS ONOFRE**  
Presente.

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor ING. HECTOR SANGINES GARCIA, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de INGENIERO CIVIL.


**"INTERACCION SUELO ESTRUCTURA ESTATICA, UN PROBLEMA DE APLICACION"**

- I. INTRODUCCION
- II. INTERACCION SUELO ESTRUCTURA ESTATICA
- III. DESARROLLO DE UN PROGRAMA EN "TURBO PASCAL"
- IV. PROBLEMA DE APLICACION (VIVIENDA DE 2 NIVELES)
- IV. CONCLUSIONES

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
Cd. Universitario, a 26 de febrero de 1996.  
EL DIRECTOR.



ING. JOSÉ MANUEL COVARRUBIAS SOLIS

JMCS/GMP\*nlh

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

Con profundo cariño  
para MI MADRE Y HERMANO  
que con cuidado y sacrificio  
supieron darme una carrera

FOR SU COLABORACION DOY GRACIAS A LAS SIGUIENTES PERSONAS:

ING. HECTOR SANGINES GARCIA

ISAAC LIMA CASTILLO

RICARDO SANCHEZ CASTILLO

**INTERACCION ESTATICA SUELO-ESTRUCTURA**  
**UN PROBLEMA DE APLICACION**

## Indice

Pág.

### *Introducción.*

<b>Capítulo I.</b> -Interacción Suelo Estructura Estática.....	1
1.1.-Descripción del problema .....	1
1.2.-Teoría general .....	4
<b>Capítulo II.</b> -Desarrollo de un programa en "Turbo Pascal" .....	18
2.1.-Generalidades del lenguaje .....	18
2.2.-Elaboración del programa .....	21
<b>Capítulo III.</b> -Problema de aplicación (Vivienda de 2 niveles).....	41
3.1.-Consideraciones preliminares .....	41
3.2.-Interacción Suelo-Estructura.....	43
3.3.-Ingreso de datos.....	43
3.4.-Listado de resultados.....	44
<b>Capítulo IV.</b> -Conclusiones.....	45

## **Introducción**

Las estructuras de cimentación se pueden definir como elementos estructurales que tienen la función de transmitir el peso total de la estructura al terreno donde se va a cimentar, o también llamado terreno de cimentación, con el fin de no sobrepasar la capacidad de carga admisible del suelo, así como evitar que se den hundimientos totales o diferenciales cuyo valor afecte la seguridad y funcionamiento tanto en la subestructura como la superestructura.

Dependiendo de las características y propiedades del subsuelo, así como las de la obra en cuestión y sus requerimientos, los principales tipos de cimentación son: zapatas aisladas, zapatas continuas, losas de cimentación, cimentaciones compensadas con pilotes de fricción, cimentaciones con pilotes de punta y pilas de cimentación.

Para el cálculo y diseño de estas estructuras existen diferentes métodos basados en hipótesis que van desde considerar que la cimentación es infinitamente flexible y que la reacción del terreno sobre ésta es uniforme, hasta el tomar en cuenta la rigidez de la cimentación en conjunto con la estructura, así como la compatibilidad de deformaciones entre la subestructura y el suelo de apoyo, con el consecuente cambio en la reacción que esto implica.

A causa de las cargas que una estructura de cimentación transmite al suelo de apoyo se originan desplazamientos totales y diferenciales en su contacto, debiendo ser estos últimos, iguales en la subestructura que los desplazamientos que aparecen en la

superficie de apoyo de la cimentación, de tal suerte que tanto la subestructura, como las cargas que está transmite en el contacto cimentación-terreno de apoyo, quedan sujetas a la misma configuración que las reacciones inducidas en el suelo.

Se trata entonces de encontrar a un sistema de reacciones que actúen simultáneamente en la estructura de cimentación y en la masa de suelo, produciendo la misma configuración de desplazamientos entre ellos.

Al procedimiento de establecer las expresiones de compatibilidad para el cálculo de los esfuerzos de contacto se le designa Interacción Suelo-Estructura (Zeevaert, 1980).

De los diferentes métodos de interacción estática suelo-estructura que se han desarrollado, la mayoría de ellos trata el problema en forma bidimensional, siendo que las estructuras son tridimensionales. Uno de los objetivos de este trabajo es el de utilizar un método de análisis tridimensional de interacción que permite obtener tanto las reacciones del terreno, como los asentamientos y los elementos mecánicos en cualquier punto que se desee de la estructura, tomando en cuenta el efecto tridimensional, la rigidez de toda la estructura y todos los estratos del subsuelo.

Deméneghi (1979, 1983, 1985), propuso un método de interacción estática suelo-estructura en el que las reacciones del terreno son consideradas como un sistema de cargas sobre la estructura, de igual magnitud y de sentido contrario a las cargas que la cimentación transmite al suelo. Durante el proceso de análisis, estas cargas son manejadas como incógnitas. El análisis estructural se lleva a cabo empleando el método de rigideces, pero como no se conocen las reacciones del suelo, las ecuaciones faltantes las



proporciona el análisis de hundimientos del terreno de cimentación, en el que se obtienen las deformaciones del suelo en función de las cargas sobre el mismo. En esta etapa se utiliza el concepto de valores de influencia de Zeevaert (1980). Al sustituir las deformaciones del suelo en las ecuaciones obtenidas a través del método de rigideces, el problema se resuelve en forma directa. Otras de las ventajas que ofrece este método son que se realiza un análisis tridimensional con relativa sencillez, que permite tomar en cuenta la rigidez de toda la estructura y que se puede programar en una computadora que es otro de los objetivos de este trabajo.

En resumen se puede decir que para la realización de este trabajo se utilizará el método de análisis tridimensional de interacción estática suelo-estructura propuesto por Deméneghi (1983, 1992), que toma en cuenta toda la estructura y todos los estratos del subsuelo.

## **Capítulo I.-Interacción suelo-estructura**

**1.1.-Descripción del problema**

La cimentación de estructuras sobre suelos de mediana a alta compresibilidad plantea el problema de determinar los hundimientos totales y diferenciales, así como los elementos mecánicos (momento flexionante, fuerza cortante, y fuerza normal), tanto en la subestructura como en la superestructura, ocasionados por los hundimientos del terreno de cimentación. Estos valores dependen por un lado de la compresibilidad del subsuelo y por otro de la rigidez de la estructura. Tomando en cuenta que con frecuencia en los análisis estructurales se considera a la estructura empotrada o articulada en su cimentación, o si se trata de una losa de apoyo se supone una presión de contacto uniforme, o que el cálculo de hundimientos del terreno de cimentación se realiza considerando la estructura de cimentación totalmente flexible, lo cual suele distar bastante de la realidad, se ve clara la necesidad de usar métodos que tomen en cuenta los efectos de los hundimientos y que, al mismo tiempo, permitan calcular los valores de estos últimos.

Por lo tanto, el propósito de la interacción estática suelo-estructura es llevar a cabo un análisis estructural tomando en cuenta el efecto de la rigidez del terreno de cimentación. La interacción suelo-estructura proporciona los diagramas de hundimientos diferenciales y de reacción del terreno de cimentación, lo que a su vez permite determinar los diagramas de momento flexionante y fuerza cortante en la estructura de cimentación, considerando la influencia de la rigidez del suelo de

cimentación, lo que conduce a un diseño racional de dicha estructura.

Algunos procedimientos de interacción consideran también el efecto de la superestructura, con lo que se conoce además el efecto de la rigidez del terreno en los elementos mecánicos de toda la estructura.

Las características de alta compresibilidad de los sedimentos del subsuelo de la Ciudad de México ha dado lugar a que se desarrollen un buen número de métodos de interacción suelo-estructura.

Cabe considerar que no en todas las cimentaciones surge el problema de considerar la rigidez del suelo. Por ejemplo, para niveles de carga medianas y suelos muy rígidos, los hundimientos del suelo son muy pequeños y no se requiere tomarlos en cuenta en el análisis estructural. En el diseño estructural de zapatas de dimensiones usuales, la diferencia entre una reacción uniforme y la reacción real son muy pequeñas y queda cubierta por los factores de seguridad empleados para el diseño estructural. En consecuencia, la interacción se aplica sobre todo a estructuras cimentadas sobre suelos de mediana a alta compresibilidad, en las que los asentamientos diferenciales tienen importancia en el comportamiento de dichas estructuras.

Uno de los métodos de interacción es el que propone el Ing. Deméneghi (1979, 1983, 1985), el cual considera a las reacciones del terreno como un sistema de cargas sobre la estructura, manejándolas durante el proceso de análisis como incógnitas.

El análisis estructural se lleva a cabo empleando el método de rigideces, pero el problema no se puede resolver en esta etapa porque sobran incógnitas, ya que se están agregando al vector de cargas, las reacciones del suelo, que no se conocen.

### 1.2.-Teoría general

Método de análisis tridimensional de interacción estática suelo-estructura.

Se han desarrollado hasta la fecha técnicas de interacción estática suelo-estructura bastante útiles la mayoría de ellas; sin embargo, muchos de estos métodos están elaborados para aplicarse únicamente en dos dimensiones, de manera que el análisis de una estructura se realiza en el plano, lo cual hace que se pierda la visualización del fenómeno tridimensional. Se puede intentar hacer el análisis en dos direcciones ortogonales y superponer los efectos, para representar el fenómeno tridimensional, pero aun así el procedimiento es aproximado, y además no es posible conocer los elementos mecánicos en las vigas intermedias de la estructura de cimentación. Por lo tanto, es necesario desarrollar procedimientos que tomen en cuenta el efecto tridimensional en la interacción suelo-estructura.

La técnica de interacción que propone (Demeneghi 1983) consiste en considerar las reacciones del terreno de cimentación como cargas sobre la estructura, manejándolas como incógnitas.

Este método está basado en la teoría de elasticidad tanto para el análisis del suelo, como para el de la estructura.

La distribución de esfuerzos en la masa del suelo se realiza para áreas rectangulares uniformemente cargadas.

El análisis de deformaciones en el suelo se lleva a cabo por medio de la matriz de flexibilidades del mismo.

La estructura se analiza por medio del método de las rigideces. Para poder obtener los elementos mecánicos en cualquier punto de la estructura, así como las reacciones del terreno sobre la cimentación y los asentamientos al centro de las losas o en cualquier otro punto de la subestructura que se desee, basta con considerar una barra virtual con rigidez equivalente a la del elemento que se quiere analizar.

Esta técnica de interacción consiste en:

1.-Considerar como cargas sobre la estructura a las reacciones del terreno de cimentación, manejando dichas reacciones como incógnitas.

2.-Calcular los hundimientos del suelo en función de las cargas que actúan sobre él. Por la tercera ley de Newton que dice que a toda acción corresponde una reacción de igual intensidad y de sentido contrario.

3.-Una vez que se tienen planteadas los sistemas anteriores se procede a establecer la compatibilidad de deformaciones entre estructura y suelo igualando los desplazamientos entre ambos medios, resolviéndose así el problema al obtener los hundimientos del suelo y las reacciones sobre la estructura.

4.-Como el análisis estructural fue previamente realizado se pueden determinar los giros, desplazamientos en los nudos de la estructura, y con éstos, los elementos mecánicos en toda ella, incluyendo a la estructura de cimentación.

#### Análisis estructural

Para fines de interacción es conveniente utilizar el método de rigideces del análisis estructural, en el que la ecuación de equilibrio de una estructura está dada por:

$$k\delta + P_e + P_c = 0 \quad (1)$$

donde

$K$ =matriz de rigideces de la estructura

$\delta$  = vector de desplazamientos

$P_e$ =vector de cargas de empotramiento

$P_c$ =vector de cargas concentradas

La matriz de rigideces de la estructura se puede obtener mediante la suma de las matrices de rigidez de todas y cada una de las barras que forman la estructura.

Estas matrices de rigidez dependen de las condiciones de apoyo de las barras, por lo que para los fines que competen a este procedimiento se analizarán las siguientes condiciones de apoyo:

a) Barra con una articulación a la derecha y un apoyo continuo a la izquierda.



b) Barra con articulación a la izquierda y un apoyo continuo a la derecha.

c) Barra con dos apoyos continuos.

Los vectores de empotramiento en las vigas de la estructura de cimentación se determinan considerando dos cargas repartidas para cada barra, una que actúa desde uno de los extremos de la barra hasta su mitad y otra actuando desde la mitad de la barra hasta el otro de sus extremos (figs. 2, 3 y 4).

La convención de signos utilizada es la siguiente: los giros se consideran positivos en sentido antihorario y los desplazamientos lineales son positivos si van hacia abajo en una barra horizontal (o hacia la izquierda en una barra vertical). Los momentos flexionantes son positivos en sentido horario y las fuerzas cortantes son positivas si van hacia arriba en barra horizontal (o hacia la derecha en barra vertical), figs. 1, 2, 3 y 4.

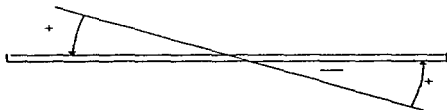
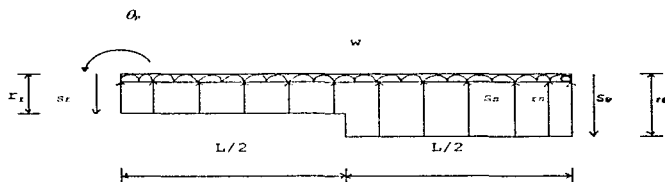
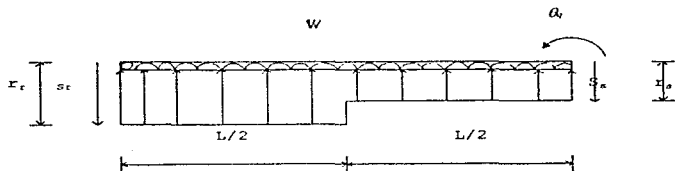


Fig. 1 Giro Positivo

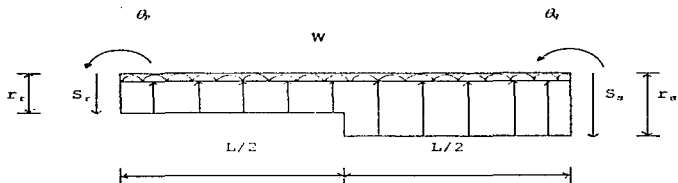
Barra con articulación a la derecha y apoyo continuo a la izquierda (fig. 2)



Barra con articulación a la izquierda y un apoyo continuo a la derecha (fig. 3)



Barra con dos apoyos continuos (fig. 4)



a) Barra con articulación a la derecha y apoyo continuo a la izquierda (fig. 2)

La matriz de rigidez está dada por:

$$K_{\alpha} = \begin{bmatrix} \theta_{\alpha} & \delta_{\alpha} & \delta_{\alpha} \\ 3EI/L & -3EI/L^2 & +3EI/L^2 \\ -3EI/L^2 & 3EI/L & -3EI/L \\ +3EI/L^2 & -3EI/L & 3EI/L \end{bmatrix} \quad (2)$$

El vector de cargas de empotramiento vale:

$$P_{em} = \begin{bmatrix} wL^2/8 - (9/128)L^2r_r - (7/128)L^2r_s \\ -5wL/8 + (57/128)Lr_r + (23/128)Lr_s \\ -3wL/8 + (7/128)Lr_r + (41/128)Lr_s \end{bmatrix} \quad (3)$$

b) Barra con articulación a la izquierda y un apoyo continuo a la derecha (fig. 3)

La matriz de rigidez está dada por:

$$K_{ab} = \begin{bmatrix} 0_{a_1} & \delta_{a_2} & \delta_{a_3} \\ 3EI/L & -3EI/L^2 & 3EI/L^2 \\ -3EI/L^2 & 3EI/L^3 & -3EI/L^3 \\ 3EI/L^2 & -3EI/L^3 & 3EI/L^3 \end{bmatrix} \quad (4)$$

El vector de cargas de empotramiento vale:

$$P_{em} = \begin{bmatrix} -wL^2/8 + (7/128)L^2r_r + (7/128)L^2r_s \\ -3wL/8 + (41/128)Lr_r + (7/128)Lr_s \\ -5wL/8 + (23/128)Lr_r + (57/128)Lr_s \end{bmatrix} \quad (5)$$

c) Barra con dos apoyos continuos (fig. 4)

La matriz de rigidez está dada por:

$$K_m = \begin{bmatrix} 0_p & 0_n & \delta_s & \delta_n \\ 4EI/L & 2EI/L & -6EI/L^2 & 6EI/L^2 \\ 2EI/L & 4EI/L & -6EI/L^2 & 6EI/L^2 \\ -6EI/L^2 & -6EI/L^2 & 12EI/L^3 & -12EI/L^3 \\ 6EI/L^2 & 6EI/L^2 & -12EI/L^3 & 12EI/L^3 \end{bmatrix} \quad (6)$$

El vector de cargas de empotramiento vale:

$$P_{em} = \begin{bmatrix} wL^2/12 - (11/192)L^2r_s - (5/192)L^2r_n \\ -wL^2/12 + (5/192)L^2r_s + (11/192)L^2r_n \\ -wL/2 + (13/32)Lr_s + (3/32)Lr_n \\ -wL/2 + (3/32)Lr_s + (13/32)Lr_n \end{bmatrix} \quad (7)$$

Estas son las matrices de rigidez y los vectores de empotramiento de cada una de las barras según sus condiciones de apoyo. Para obtener la matriz de rigideces de toda la estructura ( $k$ ), es necesario sumar las matrices de rigidez ( $K_m$ ) de todas las barras. De igual manera el vector de cargas de empotramiento de toda la estructura ( $P_e$ ), se obtiene sumando los vectores de cargas de empotramiento ( $P_{em}$ ) de todas las barras. La determinación del vector de cargas concentradas ( $P_c$ ), se logra asignando a cada grado de libertad la carga concentrada que actúa sobre él. Finalmente, el análisis de toda la estructura se realiza satisfaciendo la ec. 1.

Deformaciones del terreno de cimentación

Las deformaciones que se presentan en el terreno de cimentación dependen de las cargas que la estructura transmite al terreno de apoyo, mismas que por la tercera ley de Newton son iguales en magnitud y de sentido contrario a las reacciones del suelo sobre la estructura. Por este motivo, los asentamientos del terreno se pueden calcular en función de estas cargas. Llamando  $r_k$  a una reacción linealmente repartida que actúa sobre la superficie (fig. 5), la presión vertical vale  $r_k l_k / a_k$ , donde  $l_k$  y  $a_k$  son la longitud y el área en las que actúa la carga, respectivamente.

La deformación del estrato de espesor  $H_{ij}$ , debida a la carga  $r_k$  es:

$$\delta_{ij} = (M_i)_{ij} H_{ij} (\sigma_i)_{ij} \dots \dots \dots (8)$$

pero

$$(\sigma_i)_{ij} = I_{ij} r_k / a_k \dots \dots \dots (9)$$

$I_{ijk}$  = es el valor de influencia, el cual está dado por el esfuerzo normal vertical en el punto  $ij$ , producido por una presión unitaria actuando en el área  $a_k$ .

$(M_z)_{ij}$  = es el módulo lineal de deformación, el cual se define como el cociente de la deformación vertical del estrato, entre el esfuerzo normal vertical que la ocasiona.

Por lo tanto se puede escribir

$$\delta_{ik} = (M_z)_{ij} H_{ij} I_{0j} r_k / a_i \quad (10)$$

La deformación del estrato, debida a todas las cargas vale:

$$\delta_i = (M_z)_{ij} H_{ij} \sum_{k=1}^{n_r} I_{0j} r_k / a_i \quad (11)$$

donde

$n_r$  = número total de cargas  $r_k$ .

Por último, el asentamiento bajo el punto y se calcula con:

$$\delta = \sum_{j=1}^{n_e} I (M_z)_{ij} H_{ij} \sum_{k=1}^{n_r} I_{0j} r_k / a_i \quad (12)$$

donde

$n_e$  = número total de estratos.

Así, la ec. 12 proporciona los hundimientos del terreno en función de las cargas  $r_k$ .

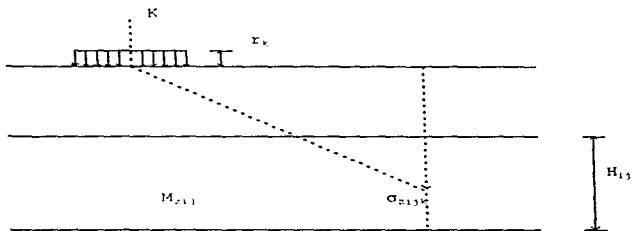


Fig.5 Reacción linealmente repartida

Compatibilidad de deformaciones

Debido a que el suelo no se despegaba de la subestructura, se puede establecer la compatibilidad de deformaciones entre la cimentación y el terreno de apoyo, lo que significa que los desplazamientos de la subestructura son iguales a los del terreno en el contacto entre ambos.

Analicamente la compatibilidad de deformaciones se establece al sustituir los valores dados por la ec. 12 en la ec. 1. Como los desplazamientos lineales están determinados en función de las reacciones, se forma un sistema de ecuaciones cuyas incógnitas son los giros en los nudos y las reacciones del terreno. Este sistema tiene el mismo número de incógnitas que de ecuaciones, por lo que su solución es única y de ella se obtienen los valores de los giros



en los nudos, así como en las reacciones del suelo de cimentación, sin necesidad de llevar a cabo iteraciones.

Una vez conocidas dichas reacciones, se pueden determinar los hundimientos del terreno de apoyo, a través de la ec. 12.

Elementos mecánicos

Con los resultados obtenidos en el inciso anterior a través del análisis de interacción estática suelo-estructura, se pueden hallar los elementos mecánicos sobre los diferentes grados de libertad de la estructura. Dichos elementos mecánicos de barra sobre nudo, que transmite la barra al grado de libertad correspondiente, se calculan con las siguientes expresiones:

a) Barra con articulación a la derecha y un apoyo continuo a la izquierda.

$$M_r = wL^2/8 - (9/128)L^2r_s - (7/128)L^2r_c + (3EI/L)\theta_c - (3EI/L^2)\delta_c + (3EI/L^2)\delta_s \dots (13)$$

$$V_r = -5wL/8 + (57/128)Lr_s + (23/128)Lr_c - (3EI/L^2)\theta_c + (3EI/L^3)\delta_c - (3EI/L^3)\delta_s \quad (14)$$

$$V_s = -3wL/8 + (7/128)Lr_s + (41/128)Lr_c + (3EI/L^2)\theta_c - (3EI/L^3)\delta_c + (3EI/L^3)\delta_s \quad (15)$$

b) Barra con articulación a la izquierda y un apoyo continuo a la derecha.

$$M_s = -wL^2/8 + (7/128)L^2r_s + (9/128)L^2r_c + (3EI/L)\theta_c - (3EI/L^2)\delta_c + (3EI/L^2)\delta_s \dots (16)$$

$$V_r = -3wL/8 + (41/128)Lr_s + (7/128)Lr_c - (3EI/L^2)\theta_c + (3EI/L^3)\delta_c - (3EI/L^3)\delta_s \quad (17)$$

$$V_s = -5wL/8 + (23/128)Lr_s + (57/128)Lr_c + (3EI/L^2)\theta_c - (3EI/L^3)\delta_c + (3EI/L^3)\delta_s \quad (18)$$

c) Barra con dos apoyos continuos.

$$M_p = wL^2 / 12 - (11 / 192)l^2 r_r - (5 / 192)l^2 r_s + (4EI / L)\theta_p + (2EI / L)\theta_s - (6EI / L^2)\delta + (6EI / L^2)\delta \quad (19)$$

$$M_s = -wL^2 / 12 + (5 / 192)l^2 r_r + (11 / 192)l^2 r_s + (2EI / L)\theta_p + (4EI / L)\theta_s - (6EI / L^2)\delta + (6EI / L^2)\delta \quad (20)$$

$$V_r = -wL / 2 + (13 / 32)l r_r + (3 / 32)l r_s - (6EI / L^2)\theta_p - (6EI / L^2)\theta_s + (12EI / L^2)\delta - (12EI / L^2)\delta \quad (21)$$

$$V_s = -wL / 2 + (3 / 32)l r_r + (13 / 32)l r_s + (6EI / L^2)\theta_p + (6EI / L^2)\theta_s - (12EI / L^2)\delta + (12EI / L^2)\delta \quad (22)$$

d) Barra en la superestructura.

Como las reacciones del terreno no actúan sobre las barras de la superestructura, las ecuaciones para obtener los elementos mecánicos en aquellas quedan:

$$M_p = wL^2 / 12 + (4EI / L)\theta_p + (2EI / L)\theta_s - (6EI / L^2)\delta + (6EI / L^2)\delta \quad (23)$$

$$M_s = -wL^2 / 12 + (2EI / L)\theta_p + (4EI / L)\theta_s - (6EI / L^2)\delta + (6EI / L^2)\delta \quad (24)$$

$$V_r = -wL / 2 - (6EI / L^2)\theta_p - (6EI / L^2)\theta_s + (12EI / L^2)\delta - (12EI / L^2)\delta \quad (25)$$

$$V_s = -wL / 2 + (6EI / L^2)\theta_p + (6EI / L^2)\theta_s - (12EI / L^2)\delta + (12EI / L^2)\delta \quad (26)$$

## **Capítulo II.-Desarrollo de un programa en "Turbo Pascal"**

## 2.1.-Generalidades del lenguaje.

El lenguaje de programación Pascal es un lenguaje de alto nivel y propósito general (es aplicable a un gran número de aplicaciones diversas) desarrollado por el profesor suizo Niklaus Wirth como un lenguaje para enseñar la programación de modo (con un método) disciplinado sistemático. Para realizar este lenguaje, Wirth trató de eliminar las inconsistencias de otros lenguajes de programación existentes en su época, y que sirviera como se ha comentado para enseñar las técnicas de programación a sus alumnos.

Una versión preliminar del lenguaje apareció en 1968 y el primer compilador totalmente completo apareció a finales de 1970 (en 1971, según algunos historiadores informáticos). Desde entonces muchos compiladores han sido construidos y están disponibles para diferentes máquinas. Durante muchos años, el libro Pascal User Manual and Report, publicado por Wirth y Kathleen Jensen en 1974, ha servido de facto como estándar de todas las versiones.

Las diferentes versiones ofrecían interpretaciones ligeramente diferentes que impedían la compatibilidad entre ellas. Por estas razones, diferentes proyectos se iniciaron para producir una definición estándar del lenguaje y culminaron en dos estándares: uno de la International Standards Organization (ISO) en 1982 y otro por un comité conjunto del American National Standards Institute (ANSI) y del Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). Estas dos versiones o definiciones se conocen como ISO

Pascal y ANSI/IEEE Pascal, y difieren en algunos aspectos no especialmente significativos. Sin embargo, dos versiones no estándar se han popularizado considerablemente: UCSD (construida por Regents of the University of California) y Turbo Pascal (marca registrada de Borland International, Inc.). de ellas, Turbo Pascal es sin duda la versión reina y ha sido la que ha contribuido en gran medida a la popularización del lenguaje Pascal, incluso a nivel de enseñanza superior.

#### TURBO PASCAL

En 1983, la firma Borland International lanzó al mercado un compilador de Pascal denominado Turbo Pascal (Versión 1.0) por el notable y reducido precio de \$49.95 (dólares USA), y a modo experimental. La versión fue un éxito ya que no solamente funcionaba, sino que compilaba y corría (ejecutaba) los programas más rápido que cualquier compilador de Pascal existente en el mercado.

La razón fundamental del éxito inicial de Turbo Pascal, no sólo residía en su bajo precio, sino que ofrecía al mismo tiempo un entorno de programación (editor/compilador) y numerosas utilidades inexistentes en otras versiones de Pascal, como gráficos, colores, gestor de archivos, etc. La versión 1.0 prácticamente tuvo una corta vida y pronto aparecieron las versiones 2.0 y 3.0, esencialmente esta última se popularizó notablemente y ha sido

el primero o el segundo lenguaje de muchos profesionales actuales. No contento con el éxito, Borland lanzó a finales de 1987 la versión 4.0, la cual conservaba todas las peculiaridades de 3.0 con la que era compatible, pero ofrecía un entorno de programación más potente y en líneas generales mejoraba considerablemente el producto. Sin embargo, Borland, siguió perfeccionando su compilador, y en 1988 lanzó la versión 5.0, durante el año 1989 la versión 5.5, que sigue las nuevas filosofías del campo de la programación: programación orientada a objetos, y que a decir de los grandes del mundo informático es la programación del futuro. En el año 1991 comenzó a comercializar la versión 6.0 y a finales del año de 1992 la versión 7.0, que ha consolidado la orientación a objetos, una biblioteca de objetos denominada Turbo Visión y nuevas propiedades del lenguaje Pascal extraídas fundamentalmente de los lenguajes Modula-2 y C.

Turbo Pascal es sin lugar a dudas una herramienta de programación potente, fácil de utilizar e idónea para el aprendizaje de profesionales o aficionados a la programación, ya que ha añadido a todas las ventajas de Pascal reseñadas anteriormente las propias del entorno de programación aquí citadas y las que no se mencionaron por no tratarse del tema en sí.

## 2.2.-Elaboración del programa.

Las ideas fundamentales fueron tomadas del programa llamado "ISEMCCVL" que sirve para análisis tridimensionales de interacción estática suelo-estructura con el método de cálculo (Deméneghi, 1992), expuesto anteriormente.

Es aplicable a estructuras formadas a base de barras ortogonales.

Dicho programa está desarrollado en lenguaje FORTRAN y por comodidad las variables contenidas en él son las que se usaron también en este trabajo y son las siguientes:

AH(J) = espesor del estrato j.

AIN(I)=momento de inercia de la barra i.

AINF(I,J,K)=valor de influencia bajo el punto i, a la mitad del estrato j, debido a una carga unitaria aplicada k.

AKR=elementos de las matrices de rigidez de las barras según sus condiciones de apoyo.

ALO(I)=longitud de la barra i.

ALR(I)=longitud de la reacción  $r_i$  correspondiente al nudo i.

AMZ(I,J)=módulo lineal de deformación del estrato j bajo el punto i.

ARI(I)=área de la reacción correspondiente al nudo i.

D(I)=desplazamiento del nudo i.

DR(I)=grado de libertad correspondiente al desplazamiento  $\delta_i$  de la barra i.



DS(I)=grado de libertad correspondiente al desplazamiento  $\delta_s$  de la barra i.

E(I)=módulo de elasticidad de la barra i.

FLE=elementos de la matriz de flexibilidades del suelo.

N=número de nudos en la reticula de cimentación.

NAI(I)=número de áreas internas en el nudo i.

NBC=número donde terminan las barras centrales de la cimentación.

NBCSE=número donde terminan las barras continuas de la superestructura.

NBBER=número donde terminan las barras de la cimentación articuladas a la izquierda.

NE=numero de estratos.

NG=número de grados de libertad.

NBIZQ=número donde terminan las barras de la cimentación articuladas a la izquierda.

P(I)=carga o momento concentrado en el grado de libertad i.

TP(I)=grado de libertad correspondiente al giro  $\theta_p$  de la barra i.

TQ(I)=grado de libertad correspondiente al giro  $\theta_q$  de la barra i.

VE,CR=elementos de los vectores de cargas de empotramiento de las barras según sus condiciones de apoyo.

W(I)=carga linealmente repartida sobre la barra i.

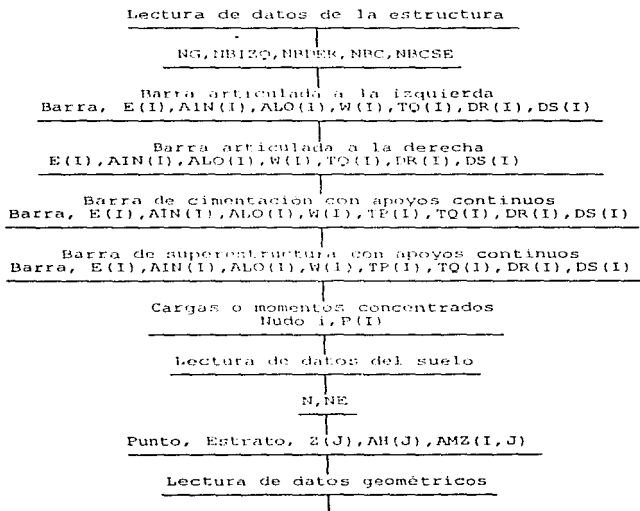
XF(I),YF(I)=coordenadas finales X e Y del área interna del nudo i.

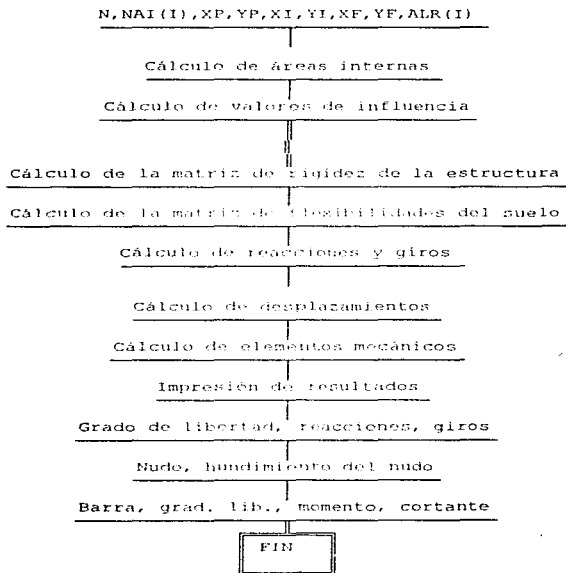
XI(I),YI(I)=coordenadas iniciales X e Y del área interna del nudo i.

XP(I),YP(I)=coordenadas X e Y del nudo i.

$Z(J)$  = profundidad a la mitad del estrato  $j$ .

El programa está estructurado a base de procedimientos en el orden que se muestra a continuación:





A continuación se presenta el listado del programa hecho en "Turbo Pascal", listando únicamente el cuerpo principal de dicha estructura.

```

Program Tesis;
Uses
  Crt, Graph;
Const
  Quin = 500;
  Cuat = 4;
  Ccua = 140
  Ccue = 50
Type
  Unidil = array [1..Quin] of Real;
  Unidi2 = array [1..Quin] of Integer;
  Bidim1 = array [1..Quin, 1..Cuat] of Real;
  Bidim2 = array [1..Quin, 1..Cuat] of Real;
  Tridim = array [1..Ccua, 1..Ccue] of Real;
Var
  N, NG, NBIZQ, NBDER, NBC, NBCSE, NCSE : Integer;
  E, AIN, ALO, W, P, VE, XF, YP : Unidil;
  AH, A, ALR, B, D, Z, Coef, reacc, giro : Unidi1;
  TP, TQ, DR, DS, NAI : Unidi2;
  AKR, CR, CR1, AMZ, V, ELE, MOM : Bidim1;
  X1, XF, Y1, YF, ARI : Bidim2;
  AINF : Tridim;
  NE, Ncol : Integer;
  Error : Boolean;

```

\*\*Lee condiciones generales\*\*

```

Procedure LecGen(Var NG, N, NE, NBIZQ, NBDER, NBC,
  NCSE, NBCSE: Integer);
Begin
  Clrscr;
  Writeln('Numero de grados de libertad?..');
  write('NG=');
  Readln(NG);
  writeln('Numero de nudos de la reticula?..');
  write('N=');
  readln(N);
  writeln('Numero de estratos del subsuelo?..');
  write('NE=');
  readln(NE);
  writeln('Numero donde terminan las barras a
  la izquierda?..');

```

```

write('NBIZO=');
Readln(NBIZO);
writeln('Numero donde terminan las barras a
      la derecha?..');
write('NBDER=');
readln(NBDER);
writeln('Numero donde terminan las barras
      centrales?..');
write('NBC=');
Readln(NBC);
writeln('Numero donde terminan las columnas?..');
write('NCSE=');
readln(NCSE);
writeln('Numero donde terminan las barras de
      la superestructura?..');
write('NBCSE=');
readln(NBCSE);
end;

**Lee las propiedades de las barras**

procedure Prop_Barra (ng,nbizq,nbder,nbc,ncse,
                    nbcse: Integer;
                    Var E,AIN,AO,W : Unid1;
                    TP,TQ,DR,DS : Unid2);

Var
  I: Integer;
Begin
  Clrscr;
  for I:=1 to NBIZO do
    begin
      writeln('Modulo de elasticidad de la
            barra ',i,' ');
      write('E (T/m2)=');
      readln(E[i]);
      writeln('Momento de inercia de la barra?');
      write('I(m4)=');
      readln(AI[i]);
      writeln('Longitud de la barra?');
      write('L(m)=');
      readln(AO[i]);
      writeln('Carga linealmente repartida sobre
            la barra?');
      write('w(T/m)=');
      readln(w[i]);
      writeln('Grado de libertad correspondiente
            al giro de la barra?');
      write('TQ=');
      readln(TQ[i]);
      writeln('Grado de libertad correspondiente
            al desplazamiento?');
      write('DR=');
      readln(DR[i]);
      writeln('Grado de libertad correspondiente
            al desplazamiento?');
      write('DS=');
    end;
  end;

```

```

    readln(DS[i]);
end;
for i:=(NBIZQ+1) to NBDER do
begin
    writeln('Modulo de elasticidad de
            la barra ',i,' ?');
    write('E(T/m2)=');
    readln(E[i]);
    writeln('Momento de inercia de la barra?');
    write('I(m4)=');
    readln(AIN[i]);
    writeln('Longitud de la barra?');
    write('L(m)=');
    readln(ALO[i]);
    writeln('Carga linealmente repartida
            sobre la barra?');
    write('w(T/m3)=');
    readln(w[i]);
    writeln('Grado de libertad correspondiente
            al giro de la barra?');
    write('TP=');
    readln(TP[i]);
    writeln('Grado de libertad correspondiente
            al desplazamiento?');
    write('DR=');
    readln(DR[i]);
    writeln('Grado de libertad correspondiente
            al desplazamiento?');
    write('DS=');
    readln(DS[i]);
end;
for i:=(NBDER+1) to NRC do
begin
    writeln('Modulo de elasticidad de
            la barra ',i,' ?');
    write('E(T/m2) ');
    readln(E[i]);
    writeln('Momento de inercia de la barra?');
    write('I(m4) ');
    readln(AIN[i]);
    writeln('Longitud de la barra?');
    write('L(m)=');
    readln(ALO[i]);
    writeln('Carga linealmente repartida
            sobre la barra?');
    write('w(T/m) ');
    readln(w[i]);
    writeln('Grado de libertad correspondiente
            al giro de la barra?');
    write('TP=');
    readln(TP[i]);
    writeln('Grado de libertad correspondiente
            al giro de la barra?');
    write('TO=');
    readln(TO[i]);
    writeln('Grado de libertad correspondiente

```

```

        al desplazamiento?');
write('DR=');
readln(DR[i]);
writeln('Grado de libertad correspondiente
al desplazamiento?');
write('DS=');
readln(DS[i]);
end;
for I:=(NBC+1) to NCSE do
begin
writeln('Modulo de elasticidad de
la barra ',i,' ?');
write('E(T/m2)=');
readln(E[i]);
writeln('Momento de inercia de la barra?');
write('I(m4) =');
readln(AIN[i]);
writeln('Longitud de la barra?');
write('L(m)=');
readln(ALO[i]);
writeln('Carga linealmente repartida
sobre la barra?');
write('w(T/m)=');
readln(w[i]);
writeln('Grado de libertad correspondiente
al giro de la barra?');
write('TP=');
readln(TP[i]);
writeln('Grado de libertad correspondiente
al giro de la barra?');
write('TQ=');
readln(TQ[i]);
end;
for I:=(NCSE+1) to NBCSE do
begin
writeln('Modulo de elasticidad de
la barra ',i,' ?');
write('E(T/m2)=');
readln(E[i]);
writeln('Momento de inercia de la barra?');
write('I(m4)=');
readln(AIN[i]);
writeln('Longitud de la barra?');
write('L(m)=');
readln(ALO[i]);
writeln('Carga linealmente repartida
sobre la barra?');
write('w(T/m)=');
readln(w[i]);
writeln('Grado de libertad correspondiente
al giro de la barra?');
write('TP=');
readln(TP[i]);
writeln('Grado de libertad correspondiente
al giro de la barra?');
write('TQ=');

```

```

        readln(TO[i]);
        writeln('Grado de libertad correspondiente
                al desplazamiento?');
        write('DR=');
        readln(DR[i]);
        writeln('Grado de libertad correspondiente
                al desplazamiento?');
        write('DS=');
        readln(DS[i]);
    end;
end;

**Pide vector de cargas concentradas y cargas de empotra**

procedure Vec_Cargas (NG: Integer;
                    Var P : Unidil);
Var
    I : Integer;
Begin
    Clrscr;
    for I:=1 to NG do
        Begin
            writeln('Para el grado de libertad ',I,'
                    la carga concentrada es?');
            write('P(I) o M(Tm)=');
            readln(P[i]);
        end;
    end;
end;

**Lectura de datos del suelo**

procedure Lec_Suel (N,NE: Integer;
                    Var NAI : Unidil2;
                    Var XP,YP,A : Unidil;
                    Var XI,YI,XF,YF,ARI : Bidim2);
Var
    KI,I,NA: Integer;
    Sum : Real;
begin
    Clrscr;
    for I:=1 to N do
        begin
            writeln('Numero de areas internas en
                    el nudo ',I,' ?');
            write('NAI=');
            readln(NAI[i]);
        end;
    end;
    for I:=1 to N do
        begin
            Sum:=0;
            NA := NAI[i];
            for KI:=1 to NA do
                begin
                    writeln('Coordenada en X del nudo
                            ',I,' ?');

```



```

write('X(m)=');
readln(XP[i]);
writeln('Coordenada en Y del nudo
',i,'?');
write('YP(m)=');
readln(YP[i]);
writeln('Coordenada inicial del area
interna del nudo?');
write('XI(m)=');
readln(XI[i,k1]);
writeln('Coordenada inicial del area
interna del nudo?');
write('YI(m)=');
readln(YI[i,k1]);
writeln('Coordenada final del area
interna del nudo?');
write('XF(m)=');
readln(XF[i,k1]);
writeln('Coordenada final del area
interna del nudo?');
write('YF(m)=');
readln(YF[i,k1]);
AR1(i,k1):=(XF[i,k1]-XI[i,k1])*
(YF[i,k1]-YI[i,k1]);
Sum:=Sum+AR1[i,k1];
end;
end;
A[i]:=Sum;
end;

**Lee del suelo:Profundidad,espesor,Modulo de deform**

procedure Pun_Est_Prof(N,NE:Integer;
Var Z,AH,ALR : Unidil;
Var AMZ : Bidiml);
Var
I,J : Integer;
Begin
For J:=1 to NE do
begin
for I:=1 to N do
begin
write('Modulo lineal de deformacion
del estrato ',J);
writeln(' bajo el punto ',i);
write('AMZ(m2/T)=');
readln(AMZ[i,J]);
end;
writeln('Profundidad a la mitad del
estrato ',i,'?');
write('Z(m) ');
readln(Z[i]);
writeln('Espesor del estrato ',j,'?');
write('AH(m)=');
readln(AH[j]);
end;
end;

```

```

for I:=1 to N do
  Begin
    write('Longitud de la reaccion ri
           correspondiente al nudo ',i,' ?');
    write('LR(m)=');
    readln(ALR[i]);
  end;
end;

(**valor de influencia bajo punto i, a mitad
estrato ), con carga en k**)

procedure Roussinesq(N,NE : Integer;
                     NAI : Unid12;
                     XP,YP: Unid11;
                     XI,YI,XP,YF : Bidim2;
                     Var AINE : Tridim);
Var
  K,I,J,EI,NA : Integer;
  SIGZI,SIGZII,SIGZIII,SIGZIV : Real;
  ZI,YI,XI,Sum : Real;

function SIGZ (XI,YI,ZI:Real) : Real;
Var
  R:Real;
Begin
  R:=sqrt((sqr(XI)+sqr(YI)+sqr(ZI)));
  SIGZ:=(1/(2*PI))*((1.1*(sqr(XI)+sqr(ZI))+1/
    (sqr(YI)+sqr(ZI)))*XI*YI*ZI/
    R+ArcTan(XI*YI/(ZI*R)));
end;
Begin
  for I:=1 to N do
    begin
      for J:=1 to NE do
        begin
          ZI:=Z[j];
          for K:=1 to N do
            begin
              Sum:=0;
              NA:=NAI[i];
              for KI:=1 to NA do
                begin
                  XI:=XP[i]-XI[K,KI];
                  YI:=YP[i]-YI[K,KI];
                  SIGZI:=SIGZ(XI,YI,ZI);
                  XI:=XP[i]-XP[K,KI];
                  SIGZII:=SIGZ(XI,YI,ZI);
                  XI:=XP[i]-XI[K,KI];
                  YI:=YP[i]-YP[K,KI];
                  SIGZIII:=SIGZ(XI,YI,ZI);
                  XI:=XP[i]-XF[K,KI];
                  SIGZIV:=SIGZ(XI,YI,ZI);
                SUM:=SUM+Abs((SigZI-SigZII-SigZIII+SigZIV));
              end;
            end;
          end;
        end;
      end;
    end;
  end;

```

```

                                AINF[i,j,k]:=Sum;
                                end;
                                end;
                                end;
                                end;
**Obtiene las matrices de rigideces
de cada barra segun su apoyo**
procedure Mat_Estruc (TP,TO,DR,DS : Unid12;
                     NBIZQ,NBDER : Integer;
                     NRC,NCSE,NBCSE : Integer;
                     E,A1N,A1O,W : Unid11;
                     Var
                     AKR,CR : Bidim1;
                     VE : Unid11);
Var
I,J,K,L,M : Integer;
A1,A2,A3,w1 : Real;
AL1,AL2,AL3 : Real;
Begin
  For M:=1 to Nbizq do
    begin
      i:=TQ[M];
      k:=DR[M];
      l:=DS[M];
      A1:=3*E[m]*Ain[m]/Alo[m];
      A2:=3*E[m]*Ain[m]/(Sqr(Alo[m]));
      A3:=3*E[m]*Ain[m]/(Sqr(Alo[m])*Alo[m]);
      AKR[i,i]:=AKR[i,i]+A1;
      AKR[i,k]:=AKR[i,k]-A2;
      AKR[i,l]:=AKR[i,l]+A2;
      AKR[k,k]:=AKR[k,k]+A3;
      AKR[k,l]:=AKR[k,l]-A3;
      AKR[l,l]:=AKR[l,l]+A3;
      AKR[k,i]:=AKR[i,k];
      AKR[l,i]:=AKR[i,l];
      AKR[i,k]:=AKR[k,i];
      Ve[i]:=Ve[i]-(w[m]*Sqr(Alo[m]))/8;
      Ve[k]:=Ve[k]-3*w[m]*Alo[m]/8;
      Ve[l]:=Ve[l]-5*w[m]*Alo[m]/8;
      A11:=Alo[m];
      A12:=Sqr(A11);
      Cr[i,k]:=Cr[i,k]+(7/128)*A12;
      Cr[i,l]:=Cr[i,l]+(9/128)*A12;
      Cr[k,k]:=Cr[k,k]+(31/128)*A12;
      Cr[k,l]:=Cr[k,l]+(7/128)*A12;
      Cr[l,k]:=Cr[l,k]+(23/128)*A12;
      Cr[l,l]:=Cr[l,l]+(57/128)*A12;
    end;
  for M:=(Nbizq+1) to Nbder do
    begin
      i:=TP[M];
      k:=DR[M];
      l:=DS[M];
      A1:=3*E[m]*Ain[m]/Alo[m];

```

```

A2:=3*E[m]*Ain[m]/(Sqr(Alo[m]));
A3:=3*E[m]*Ain[m]/(Sqr(Alo[m])*Alo[m]);
Akr[1,1]:=Akr[1,1]+A1;
Akr[1,k]:=Akr[1,k]-A2;
Akr[1,1]:=Akr[1,1]+A2;
Akr[k,k]:=Akr[k,k]+A3;
Akr[k,1]:=Akr[k,1]-A3;
Akr[1,1]:=Akr[1,1]+A3;
Akr[k,1]:=Akr[k,1];
Akr[1,1]:=Akr[1,1];
Akr[1,k]:=Akr[k,1];
Ve[1]:=Ve[1]+w[m]*(Sqr(Alo[m]))/8;
Ve[k]:=Ve[k]-3*w[m]*Alo[m]/8;
Ve[1]:=Ve[1]-3*w[m]*Alo[m]/8;
A11:=Alo[m];
A12:=Sqr(A11);
Cr[1,k]:=Cr[1,k]-(9/128)*A12;
Cr[1,1]:=Cr[1,1]-(7/128)*A12;
Cr[k,k]:=Cr[k,k]+(57/128)*A11;
Cr[k,1]:=Cr[k,1]+(24/128)*A11;
Cr[1,k]:=Cr[1,k]+(77/128)*A11;
Cr[1,1]:=Cr[1,1]+(41/128)*A11;
end;
for M:=(Nbsdr+1) to Nbs do
begin
i:=TP[M];
j:=TO[m];
k:=PR[M];
l:=DS[M];
A11:=Alo[m];
A12:=Sqr(A11);
A13:=A11*A12;
w1:=w[m];
A1:=4*E[m]*Ain[m]/A11;
A2:=6*E[m]*Ain[m]/A12;
A3:=12*E[m]*Ain[m]/A13;
Akr[1,1]:=Akr[1,1]+A1;
Akr[1,1]:=Akr[1,1]-A1/2;
Akr[1,k]:=Akr[1,k]-A2;
Akr[1,1]:=Akr[1,1]+A2;
Akr[k,k]:=Akr[k,k]+A3;
Akr[k,1]:=Akr[k,1]-A3;
Akr[1,1]:=Akr[1,1]+A3;
Akr[1,1]:=Akr[1,1];
Akr[k,1]:=Akr[k,1];
Akr[1,1]:=Akr[1,1];
Akr[k,1]:=Akr[k,1];
Akr[1,1]:=Akr[1,1];
Akr[1,k]:=Akr[k,1];
Ve[1]:=Ve[1]+w1*A12/12;
Ve[1]:=Ve[1]-w1*A12/12;
Ve[k]:=Ve[k]-w1*A11/2;
Ve[1]:=Ve[1]-w1*A1/2;

```

```

Cr[i, k]:=Cr[i, k]-(11/192)*A12;
Cr[i, l]:=Cr[i, l]-(5/192)*A12;
Cr[j, k]:=Cr[j, k]-(5/192)*A12;
Cr[j, l]:=Cr[j, l]-(11/192)*A12;
Cr[k, k]:=Cr[k, k]-(13/32)*A11;
Cr[k, l]:=Cr[k, l]-(3/32)*A11;
Cr[l, k]:=Cr[l, k]-(3/32)*A11;
Cr[l, l]:=Cr[l, l]-(13/32)*A11;
end;
for M:=(Nbc+1) to Nbcse do
begin
i:=TF[m];
j:=TO[m];
A11:=Alo[m];
w1:=w[m];
A1:=2*E[m]*Ain[m]/A11;
A2:=4*E[m]*Ain[m]/A11;
Akr[i, i]:=Akr[i, i]*A2;
Akr[i, j]:=Akr[i, j]*A1;
Akr[j, j]:=Akr[j, j]*A2;
Akr[j, i]:=Akr[i, j];
Ve[i] :=Ve[i]*w1*A12/12;
Ve[j] :=-Ve[j]*w1*A12/12;
end;
for M:=(Ncse+1) to Nbcse do
begin
i:=TF[M];
j:=TO[m];
k:=DR[M];
l:=DS[M];
A11:=Alo[m];
A12:=Sqr(A11);
A13:=A11*A12;
w1:=w[m];
A1:=4*E[m]*Ain[m]/A11;
A2:=6*E[m]*Ain[m]/A12;
A3:=12*E[m]*Ain[m]/A13;
Akr[i, i]:=Akr[i, i]*A1;
Akr[i, j]:=Akr[i, j]*A1/2;
Akr[i, k]:=Akr[i, k]*A2;
Akr[i, l]:=Akr[i, l]*A2;
Akr[j, j]:=Akr[j, j]*A1;
Akr[j, k]:=Akr[j, k]*A2;
Akr[j, l]:=Akr[j, l]*A2;
Akr[k, k]:=Akr[k, k]*A3;
Akr[k, l]:=Akr[k, l]*A3;
Akr[l, l]:=Akr[l, l]*A3;
Akr[j, i]:=Akr[i, j];
Akr[k, i]:=Akr[i, k];
Akr[l, i]:=Akr[i, l];
Akr[k, j]:=Akr[j, k];
Akr[l, j]:=Akr[j, l];
Akr[l, k]:=Akr[k, l];
Ve[i]:=Ve[i]*w1*A12/12;
Ve[j]:=Ve[j]*w1*A12/12;
Ve[k]:=Ve[k]*w1*A11/2;

```

```

      Ve[1]:=Ve[1]-w1*Al1/2;
end;
end;
**Obtiene la matriz de flexibilidad del suelo**
procedure fle_Suelo(N,NG
                   VE,P,AlR,A,AH
                   AMZ,CR,AKR
                   AINF
                   Var
                   FLE
                   Var
                   K
                   : Integer;
                   : Unidil;
                   : Bidim1;
                   : Tridim;
                   : Bidim1;
                   : Unidil);
Var
K,K1,I,J,N1 : Integer;
Sum          : Real;
Begin
CR1:=CR;
For I:=1 to N do
  For K1:=1 to N do
    begin
    for K:=1 to N do
      begin
      Sum:=0;
      for J:=1 to NE do
        begin
          Sum:=Sum+Amz[i,j]*Ah[j]*
            Ainf[i,j,k1]*Alr[k1]/A[k1];
        end;
        FLE[i,k1]:=Sum;
      end;
    end;
  end;
for I:=1 to NG do
  begin
  for J:=1 to N do
    begin
    Sum:=0;
    for K:=1 to N do
      begin
      Sum:=Sum+Akr[i,k]*Fle[k,j];
      end;
      CR1[i,j]:=Cr[i,j]+Sum;
    end;
  end;
for I:=1 to NG do
  begin
  B[i]:=-Ve[i]-P[i];
  end;
  N1:=N;
  for I:=1 to NG do
    begin
    for J:=(N1+1) to NG do
      begin
      Cr1[i,j]:=Akr[i,j];
      end;
    end;
  end;
end;
end;

```

```

end;

**resuelve el sistema de ecuaciones**

procedure Gauss(CR1 : Bidiml;
                N : Unidiml;
                NG : Integer;
                Var
                    Coef : Unidiml;
                Var
                    Ncol : Integer;
                Var
                    Error: Boolean);

Const
    Max1 = 10;
    Max2 = 5;
Type
    Uni = array [1..Max1] of real;
    Bid = array [1..Max1,1..Max2] of real;
Var
    B9          : Bid;
    w9          : uni;
    I, J, Il, K, L, N9 : Integer;
    Almac, Sum, T, Ab, Mayor : Real;
Begin
    Error:=False;
    N9:=Ng;
    for I:=1 to Ng do
        begin
            for J:=1 to ng do
                B9[I, J]:=Cr1[I, J];
                w9[I] :=B[I];
            end;
            for Il:=1 to (ng-1) do
                begin
                    Mayor:=Abs(B9[Il, J]);
                    L:=I;
                    Il:=I+1;
                    for J:=Il to Ng do
                        begin
                            ab:=Abs(B9[J, Il]);
                            if Ab>Mayor then
                                begin
                                    Mayor:=Ab;
                                    L:=J;
                                end
                            end;
                        end;
                    if Mayor=0.0 then Error:=true
                    else
                        begin
                            if L <= I then
                                begin
                                    for J:=1 to Ng do
                                        begin
                                            Almac:=B9[I, J];
                                            B9[I, J]:=B9[Il, J];

```

```

        B9[i,j]:=-Almac;
    end;
    Almac:=w9[1];
    w9[1]:=w9[i];
    w9[j]:=Almac;
end;
for J:=11 to ng do
begin
    T:=B9[j,i]/B9[i,i];
    for K:=11 to ng do
        B9[j,k]:=B9[j,k]-T*B9[i,k];
        w9[j]:=w9[j]-T*w9[i]
    end;
end;
end;
if B9[ng,ng] = 0.0 then Error:=True
else
begin
    Coef[ng]:=w9[ng]/B9[ng,ng];
    I:=Ng-1;
    repeat
        Sum:=0.0;
        for J:=(I+1) to ng do
            Sum:=Sum+B9[I,J]*Coef[J];
            Coef[I]:=(w9[I]-sum)/b9[i,i];
            I:=I-1
        until
            i=0
    end;
    if error then
        writeln('Lo siento metio algun dato mal');
end;
**obtiene las reacciones y los giros en la estructura**
procedure Rea_Giro(Coef : Unidil;
                  N,Ng : Integer;
                  Var
                    Reacc : Unidil;
                    Giro : Unidil);
Var
    I,J : Integer;
Begin
    for I:=1 to N do
        begin
            Reacc[i]:=Coef[i];
        end;
        for I:=(N+1) to ng do
            begin
                giro[i]:=Coef[i];
            end;
        end;
end;
**Obtiene los hundimientos en los nudos**

```



```

procedure Hun_Nud(Reacc : Unidil;
                 N      : Integer;
                 Fle    : Bidiml;
                 Var     D      : Unidil);
Var
I,J: Integer;
Sum: Real;
Begin
for I:=1 to N do
begin
Sum:=0;
for J:=1 to N do
begin
Sum:=Sum+Fle[i,j]*Reacc[j];
end;
D[i]:=Sum;
end;
end;

```

\*obtiene los elementos mecanicos  
en la estructura\*\*

```

procedure Elem_Mec;
Var
M, I, J, K, L      : Integer;
AL1, AL2, AL3, A1, A2, A3, W1 : Real;
Begin
for M:=1 to nbizq do
begin
I:=Tq[m];
K:=Dr[m];
L:=Ds[m];
A1:=3*E[m]*Ain[m]/Alo[m];
A2:=3*E[m]*Ain[m]/Sqr(Alo[m]);
A3:=3*E[m]*Ain[m]/(Sqr(Alo[m])*Alo[m]);
w1:=w[m];
A11:=Alo[m];
A12:=wqr(A11);
A13:=A11*A12;
Mom[i,m]:=(-w1*A12/8+(7/128)*A12*Reacc[k]+
(9/128)*A12*Reacc[l]+A1*Giro[i]-
A2*D[k]+A2*D[l])*1.4;
V[k,m]:=(-3*w1*A11/8+(42/128)*A11*Reacc[k]+
(7/128)*A11*reacc[l]-A2*Giro[i]-
+A3*D[k]-A3*D[l])*1.4;
V[l,m]:=(-5*w1*A11/8+(23/128)*A11*Reacc[k]+
(57/128)*A11*Reacc[l]+A2*Giro[i]-
-A3*D[k]+A3*D[l])*1.4;
end;
for M:=(Nbizq+1) to nbder do
begin
I:=Tp[m];
K:=Dr[m];
L:=Ds[m];
A1:=3*E[m]*Ain[m]/Alo[m];

```

```

A2:=3*E[m]*Ain[m]/Sqr(Alo[m]);
A3:=3*E[m]*Ain[m]/(Sqr(Alo[m])*Alo[m]);
w1:=w[m];
A11:=Alo[m];
A12:=sqr(A11);
Mom[i,m]:= (w1*A12/8+(9/128)*A12*Reacc[k]-
(7/128)*A12*Reacc[l]+A1*Giro[i]
-A2*D[k]+A2*D[l])*1.4;
V[k,m]:= (-5*w1*A11/8+(57/128)*A11*Reacc[k]+
(23/128)*A11*reacc[l]-A2*Giro[i]
+A3*D[k]-A3*D[l])*1.4;
V[l,m]:= (-3*w1*A11/8+(7/128)*A11*Reacc[k]+
(41/128)*A11*Reacc[l]+A2*Giro[i]
-A3*D[k]+A3*D[l])*1.4;
end;
for M:=(Nbder+1) to Nbc do
begin
I:=Tp[m];
J:=Tq[m];
K:=Dr[m];
L:=Ds[m];
w1:=w[m];
A11:=Alo[m];
A12:=sqr(A11);
A13:=A11*A12;
A1:=4*E[m]*Ain[m]/A11;
A2:=6*E[m]*Ain[m]/A12;
A3:=12*E[m]*Ain[m]/A13;
Mom[i,m]:= (w1*A12/12-(11/192)*A12*Reacc[k]-
(5/192)*A12*Reacc[l]+A1*Giro[i]
+A1*giro[j]/2-a2*d[k]+a2*d[l])*1.4;
Mom[j,m]:= (-w1*A12/12+(5/192)*A12*Reacc[k]+
A1*giro[i]-a2*d[k]+a2*d[l])*1.4;
V[k,m]:= (-w1*a11/2+(13/32)*a11*reacc[k]+
(3/32)*a11*reacc[l]-a2*giro[i]
-a2*giro[j]+a3*d[k]-a3*d[l])*1.4;
V[l,m]:= (-w1*a11/2+(3/32)*a11*reacc[k]+
(13/32)*a11*reacc[l]+a2*giro[i]
+a2*giro[j]-a3*d[k]+a3*d[l])*1.4;
end;
for M:=(nbc+1) to Nbc do
begin
I:=Tp[m];
J:=Tq[m];
w1:=w[m];
A11:=Alo[m];
A12:=sqr(A11);
A13:=A11*A12;
A1:=4*E[m]*Ain[m]/A11;
A2:=6*E[m]*Ain[m]/A12;
A3:=12*E[m]*Ain[m]/A13;
Mom[i,m]:= (w1*A12/12+a1*Giro[i]+
A1*giro[j]/2)*1.4;
Mom[j,m]:= (-w1*A12/12+A1*Giro[i]+
A1*giro[j])*1.4;

```

```

end;
for M:= (ncse+1) to nbcese do
begin
  I:=Tp[m];
  J:=Tq[m];
  K:=Dr[m];
  L:=Ds[m];
  w1:=w[m];
  A11:=Afo[m];
  A12:=sqr(A11);
  A13:=A11*A12;
  A1:=4*E[m]*Ain[m]/A11;
  A2:=6*E[m]*Ain[m]/A12;
  A3:=12*E[m]*Ain[m]/A13;
  Mom[i,m]:=(w1*A12/12*A1*Giro[i]+
    A1*giro[j])/2-a2*d[k]+a2*d[l])*1.4;
  Mom[j,m]:=(-w1*A12/12+A1*Giro[l]+
    A1*giro[i]-a2*d[k]+a2*d[l])*1.4;
  V[k,m]:=(-w1*a11/2-a2*giro[i]-
    a2*giro[j]+a3*d[k]-a3*d[l])*1.4;
  V[l,m]:=(w1*a11/2+a2*giro[i]+
    a2*giro[j]-a3*d[k]+a3*d[l])*1.4;
end;
end.

```

### **Capítulo III.-Problema de aplicación (Vivienda de 2 niveles)**

**3.1-Consideraciones preliminares.**

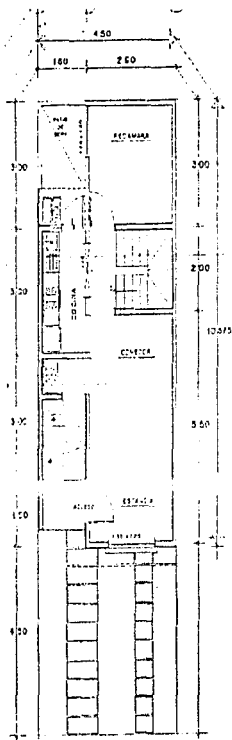
A continuación se presenta un problema de aplicación con el programa antes listado.

- 1) Se trata de un proyecto estructural de las viviendas del conjunto habitacional "San Pedrito Peñuelas", ubicado en la ciudad de Querétaro, Gro México.
- 2) La cimentación es a base de losa.
- 3) El análisis se llevara a cabo tomando en cuenta en forma conjunta la losa de cimentación, los muros del primer entrepiso y la losa de primer piso, así como las cargas totales que obran sobre la estructura.
- 4) Se consideraran cinco estratos del terreno de cimentación, con sus respectivos módulos de deformación, correspondientes a un suelo de consistencia firme.
- 5) Se consideran 344 grados de libertad (giros y desplazamientos lineales) y 302 barras estructurales.
- 6) La aplicación del metodo dará los siguientes resultados:
  - a) reacciones del terreno de cimentación sobre la estructura,
  - b) giros y desplazamientos en los nudos de la estructura,
  - c) hundimientos del terreno de cimentación, y
  - d) elementos mecánicos (momento flexionante y fuerza cortante) en las barras de la cimentación. El primer paso a seguir es la numeración de las barras y de los grados de libertad de la estructura. La numeración de las barras se lleva a cabo en orden

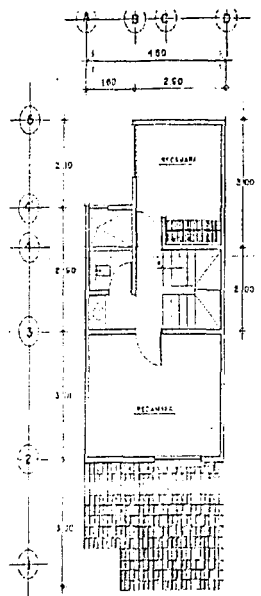
creciente, tomando en cuenta sus condiciones de apoyo. Así, se numeran primero las barras que tienen una articulación a la izquierda y un apoyo continuo a la derecha. Como se podrá observar en la malla estructural en este caso no estamos. Después se continua con las que tienen una articulación a la derecha y un apoyo continuo a la izquierda (nuevamente en nuestro caso no las hay). Por último se sigue con las que tienen dos apoyos continuos que para nuestro caso serán las barras centrales y va desde 1 a 111 y las barras continuas de la superestructura que van desde 112 a 302.

Para la numeración de los grados de libertad (en orden creciente y recorriendo las barras de izquierda a derecha), se comienza con los desplazamientos verticales, se continua con los giros y se termina con los desplazamientos horizontales.

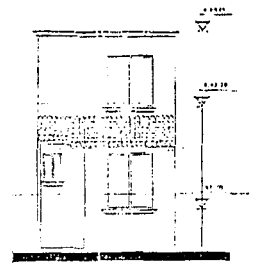
A continuación se muestran los croquis necesarios de la vivienda



**PLANTA BAJA**



**PLANTA ALTA**



**FACHADA**

	<b>CASA HABITACION</b>	
	PROYECTO	
<b>CALPAN S.A. DE C.V.</b>		
UNIDAD		
<b>SAN FERNANDO PEÑUELAS</b>		
<b>CALPAN</b>	<b>SA DE CV</b>	<b>SA DE CV</b>
SUPERFICIE	SUPERFICIE CONSTRUIDA	SUPERFICIE TOTAL
61.50 m <sup>2</sup>	74.24 m <sup>2</sup>	

PLANO ARQUITECTONICO

Fig. A1

**Croquis de la cimentación  
con la numeración de barras así como  
de los grados de libertad (hundimientos)  
, que se representan con D#**

**Fig. A2**



"SAN PEDRITO PENEULAS

	1	1	1	1	1	
	0	1	2	3	4	5
			51	52	53	
			D61 91	D62 101	D63 111	D64 11
						1.6
	46	47	48	49	50	
						9.4
62	D55 71	D56 80	D57 90	D58 100	D59 110	D60
	41	42	43	44	45	
						8.2
	D49	D50	D51	D52	D53	D54
61	70	79	89	99	109	
	36	37	38	39	40	
						7
	D43	D44	D45	D46	D47	D48
60	69	78	88	98	108	
	31	32	33	34	35	
						6
	D37	D38	D39	D40	D41	D42
59	68	77	87	97	107	
	26	27	28	29	30	
						5
	D31	D32	D33	D34	D35	D36
58	67	76	86	96	106	
	21	22	23	24	25	
						4
	D25	D26	D27	D28	D29	D30
57	66	75	85	95	105	
	16	17	18	19	20	
						3
	D19	D20	D21	D22	D23	D24
56	65	74	84	94	104	
	11	12	13	14	15	
						2
	D13	D14	D15	D16	D17	D18
55	64	73	83	93	103	
	6	7	8	9	10	
						1
	D7	D8	D9	D10	D11	D12
54	63	72	82	92	102	
	1	2	3	4	5	
						0
	D1	D2	D3	D4	D5	D6

Desplazamientos

CIMENTACION

HUNDIMIENTOS

"SAN PEDRITO PENUELAS"

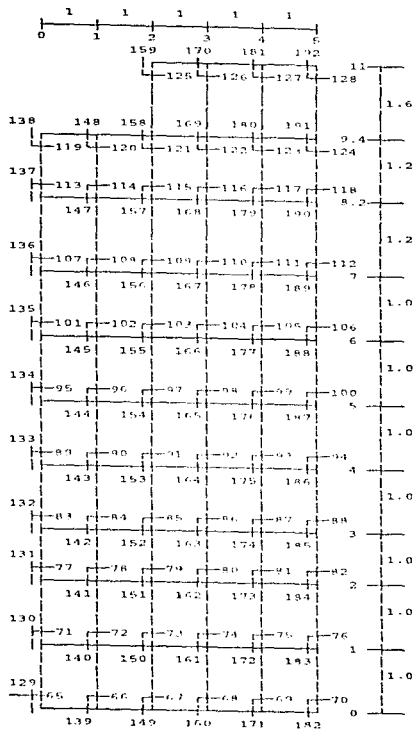


Fig. A3

CIMENTACION

GIROS

"SAN PEDRITO PENEULAS"

		1	1	1	1	1	
		0	1	2	3	4	5
		162		163		164	
			D61	D62	D63	D64	11
			192	202	212	222	
							1.6
	167	168	159	160	161		
							9.4
D55	D214	D57	D215	D216	D60		
173	182	191	201	211	221		1.2
	152	153	154	155	156		8.2
D49	D50	D61	D217	D218	D61		
172	181	190	200	210	220		1.2
	147	148	149	150	151		7
D43	D211	D45	D46	D47	D48		
171	180	189	199	209	219		1.0
	142	143	144	145	146		6
D37	D208	D39	D209	D210	D42		
170	179	188	198	208	218		1.0
	137	138	139	140	141		6
D31	D32	D33	D205	D207	D36		
169	178	187	197	207	217		1.0
	132	133	134	135	136		4
D25	D202	D203	D204	D205	D30		
168	177	186	196	206	216		1.0
	127	128	129	130	131		3
D19	D198	D199	D200	D201	D24		
167	176	185	195	205	215		1.0
	122	123	124	125	126		2
D13	D14	D15	D197	D197	D18		
166	175	184	194	204	214		1.0
	117	118	119	120	121		1
D7	D195	D9	D10	D11	D12		
165	174	183	193	203	213		1.0
	112	113	114	115	116		0

D1 D2 D3 D193 D194 D6

DESPLAZAMIENTOS

PRIMER PISO

Fir. A4

"SAN PEDRITO PENUELAS"

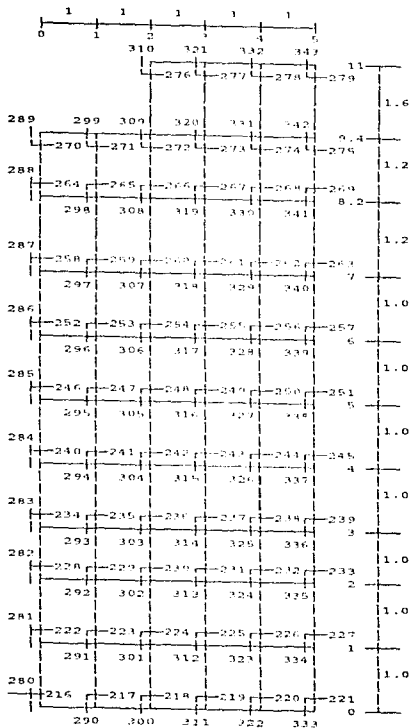


Fig. A5

PRIMER PISO

GIROS

**Malla de la estructura, considerando  
en ella el número de barra y los grados de libertad**

**3.2.-Ingreso de datos.**

Para hacer uso del programa se requiere formar un archivo de datos que contenga la siguiente información:

**DATOS DE LA ESTRUCTURA:**

- a) NG, NBIZO, NBDER, NBC, NCBSE,
- b) BARRA, E(I), AIN(I), ALO(I), W(I), TP(I), TQ(I), DR(I), DS(I),
- c) NUDO I, P(I),

**DATOS DEL SUELO:**

- a) N, NE,
- b) NUDO I, ESTRATO J, Z(J), AH(J), AMZ(J),

**DATOS GEOMÉTRICOS:**

- a) N, NAI(I), XP(I), YP(I), XI(I), YI(I), XF(I), YF(I), ALR(I),

Todos los datos se introducen en formato libre.

NOMBRE: C H "SAN PEDRITO PEQUELAS". INTERACCION ESTATICA SUELO-ESTRI  
 UBICACION: QUERETARO, QRO

PROGRAMA: PEDRISEB

NG NBIZO NBDER NBC NBCSE  
 344 0 0 111 302

PROPIEDADES DE BARRAS

Barra	E Vm2	I m4	L m	wtotal t/m	TP	TQ	DR	DS
1.	1414214.	0.00005.	1.	0.96125.	65.	66.	1.	2
2.	1414214.	0.00005.	1.	0.96125.	66.	67.	2.	3
3.	1414214.	0.000109.	1.	0.16125.	67.	68.	3.	4
4.	1414214.	0.000109.	1.	0.16125.	68.	69.	4.	5
5.	1414214.	0.0002.	1.	0.16125.	69.	70.	5.	6
6.	1414214.	0.0002.	1.	0.3225.	71.	72.	7.	8
7.	1414214.	0.00015.	1.	0.3225.	72.	73.	8.	9
8.	1414214.	0.000181.	1.	1.1225.	73.	74.	9.	10
9.	1414214.	0.000181.	1.	1.1225.	74.	75.	10.	11
10.	1414214.	0.000181.	1.	1.1225.	75.	76.	11.	12
11.	1414214.	0.000181.	1.	1.1225.	77.	78.	13.	14
12.	1414214.	0.000134.	1.	0.3225.	79.	80.	14.	15
13.	1414214.	0.000134.	1.	0.3225.	80.	81.	16.	17
14.	1414214.	0.000134.	1.	0.3225.	81.	82.	17.	18
15.	1414214.	0.000134.	1.	0.3225.	83.	84.	19.	20
16.	1414214.	0.000088.	1.	0.3225.	84.	85.	20.	21
17.	1414214.	0.000088.	1.	0.3225.	85.	86.	21.	22
18.	1414214.	0.000088.	1.	0.3225.	86.	87.	22.	23
19.	1414214.	0.000088.	1.	0.3225.	87.	88.	23.	24
20.	1414214.	0.000121.	1.	0.3225.	89.	90.	25.	26
21.	1414214.	0.000121.	1.	0.3225.	90.	91.	26.	27
22.	1414214.	0.000121.	1.	0.3225.	91.	92.	27.	28
23.	1414214.	0.000121.	1.	0.3225.	92.	93.	28.	29
24.	1414214.	0.00015.	1.	0.3225.	93.	94.	29.	30
25.	1414214.	0.00015.	1.	1.1225.	95.	96.	31.	32
26.	1414214.	0.00015.	1.	1.1225.	96.	97.	32.	33
27.	1414214.	0.000154.	1.	0.3225.	97.	98.	33.	34
28.	1414214.	0.000154.	1.	0.3225.	98.	99.	34.	35
29.	1414214.	0.00015.	1.	0.3225.	99.	100.	35.	36
30.	1414214.	0.00015.	1.	0.3225.	101.	102.	37.	38
31.	1414214.	0.00015.	1.	0.3225.	102.	103.	38.	39
32.	1414214.	0.000202.	1.	0.3225.	103.	104.	39.	40
33.	1414214.	0.00015.	1.	0.3225.	104.	105.	40.	41
34.	1414214.	0.00015.	1.	0.3225.	105.	106.	41.	42
35.	1414214.	0.000202.	1.	0.387.	107.	108.	43.	44
36.	1414214.	0.00015.	1.	0.387.	108.	109.	44.	45
37.	1414214.	0.00015.	1.	1.187.	109.	110.	45.	46
38.	1414214.	0.000202.	1.	1.187.	110.	111.	46.	47
39.	1414214.	0.00016.	1.	1.187.				

40.	1414214	0.000119	1	1.187	111	112	47	48
41.	1414214	0.00015	1	1.2515	113	114	49	50
42.	1414214	0.00015	1	1.2515	114	115	50	51
43.	1414214	0.000202	1	0.4515	115	116	51	52
44.	1414214	0.00016	1	0.4515	116	117	52	53
45.	1414214	0.000119	1	0.4515	117	118	53	54
46.	1414214	0.00015	1	0.22575	119	120	55	56
47.	1414214	0.00015	1	0.22575	120	121	56	57
48.	1414214	0.000202	1	0.5805	121	122	57	58
49.	1414214	0.00016	1	0.5805	122	123	58	59
50.	1414214	0.000119	1	0.5805	123	124	59	60
51.	1414214	0.00015	1	1.15475	125	126	61	62
52.	1414214	0.00015	1	1.15475	126	127	62	63
53.	1414214	0.000202	1	1.15475	127	128	63	64
54.	1414214	0.00016	1	0.96125	129	130	7	1
55.	1414214	0.000119	1	0.96125	130	131	13	7
56.	1414214	0.00015	1	0.96125	131	132	19	13
57.	1414214	0.00015	1	0.96125	132	133	25	19
58.	1414214	0.000202	1	0.96125	133	134	31	25
59.	1414214	0.00016	1	0.96125	134	135	37	31
60.	1414214	0.000119	1	0.96125	135	136	43	37
61.	1414214	0.00015	1.2	0.988125	136	137	49	43
62.	1414214	0.00015	1.2	0.988125	137	138	55	49
63.	1414214	0.000119	1	0.3225	139	140	2	8
64.	1414214	0.00015	1	0.3225	140	141	14	2
65.	1414214	0.00005	1	0.3225	141	142	20	14
66.	1414214	0.00005	1	0.3225	142	143	26	20
67.	1414214	0.000109	1	0.3225	143	144	32	26
68.	1414214	0.000109	1	0.3225	144	145	38	32
69.	1414214	0.0002	1	0.3225	145	146	44	38
70.	1414214	0.0002	1	0.387	146	147	50	44
71.	1414214	0.00005	1	0.387	147	148	56	50
72.	1414214	0.00005	1	1.1225	149	150	3	9
73.	1414214	0.000181	1	1.1225	150	151	15	3
74.	1414214	0.000181	1	1.1225	151	152	21	15
75.	1414214	0.000181	1	1.1225	152	153	27	21
76.	1414214	0.000181	1	1.1225	153	154	33	27
77.	1414214	0.000134	1	1.1225	154	155	39	33
78.	1414214	0.000134	1	1.1225	155	156	45	39
79.	1414214	0.000134	1.2	1.17625	156	157	51	45
80.	1414214	0.000134	1.2	1.17625	157	158	57	51
81.	1414214	0.000088	1.6	1.021719	158	159	61	57
82.	1414214	0.000088	1	0.3225	160	161	4	10
83.	1414214	0.000088	1	0.3225	161	162	16	4
84.	1414214	0.000088	1	0.3225	162	163	22	16
85.	1414214	0.000121	1	0.3225	163	164	28	22
86.	1414214	0.000121	1	0.3225	164	165	34	28
87.	1414214	0.000121	1	0.3225	165	166	40	34
88.	1414214	0.000121	1	0.3225	166	167	46	40
89.	1414214	0.00005	1.2	0.37625	167	168	52	46
90.	1414214	0.00005	1.2	0.37625	168	169	58	52



91	1414214	0.000154	1.6	0.443438	169	170	62	58
92	1414214	0.000154	1	0.3225	171	172	5	11
93	1414214	0.000005	1	0.3225	172	173	17	5
94	1414214	0.000005	1	0.3225	173	174	23	17
95	1414214	0.0001	1	0.3225	174	175	29	23
96	1414214	0.000202	1	0.3225	175	176	35	29
97	1414214	0.0001	1	0.3225	176	177	41	35
98	1414214	0.0001	1	0.3225	177	178	47	41
99	1414214	0.000202	1.2	0.37625	178	179	53	47
100	1414214	0.0001	1.2	0.37625	179	180	59	53
101	1414214	0.0001	1.6	0.443438	180	181	63	59
102	1414214	0.000202	1	0.96125	182	183	6	12
103	1414214	0.00016	1	0.96125	183	184	18	6
104	1414214	0.000119	1	0.96125	184	185	24	18
105	1414214	0.000061	1	0.96125	185	186	30	24
106	1414214	0.0001	1	0.96125	186	187	36	30
107	1414214	0.000202	1	0.96125	187	188	42	36
108	1414214	0.00016	1	0.96125	188	189	48	42
109	1414214	0.000119	1.2	0.988125	189	190	54	48
110	1414214	0.000061	1.2	0.988125	190	191	60	54
111	1414214	0.0001	1.6	1.021719	191	192	64	60
112	1414214	0.000202	1	1.1375	217	218	1	2
113	1414214	0.00016	1	1.1375	218	219	2	3
114	1414214	0.000119	1	1.1375	219	220	3	193
115	1414214	0.000061	1	1.1375	220	221	193	194
116	1414214	0.0001	1	1.1375	221	222	194	6
117	1414214	0.000202	1	0.325	223	224	7	195
118	1414214	0.00016	1	0.325	224	225	195	8
119	1414214	0.000119	1	0.325	225	226	8	9
120	1414214	0.000061	1	0.325	226	227	9	10
121	1414214	0.0001	1	0.325	227	228	10	11
122	1414214	0.000202	1	1.475	229	230	13	14
123	1414214	0.00016	1	1.475	230	231	14	15
124	1414214	0.000119	1	0.325	231	232	15	196
125	1414214	0.000061	1	0.325	232	233	196	197
126	1414214	0.000061	1	0.325	233	234	197	18
127	1414214	0.000119	1	0.325	234	235	19	198
128	1414214	0.000061	1	0.325	235	236	198	199
129	1414214	0.000042	1	0	237	238	199	200
130	1414214	0.000042	1	0	238	239	200	201
131	1414214	0.000042	1	0	239	240	201	24
132	1414214	0.000042	1	0	241	242	25	202
133	1414214	0.000042	1	0	242	243	202	203
134	1414214	0.000042	1	0	243	244	203	204
135	1414214	0.000042	1	0	244	245	204	205
136	1414214	0.000042	1	0	245	246	205	30
137	1414214	0.000042	1	0	247	248	31	32
138	1414214	0.000042	1	0	248	249	32	33
139	1414214	0.000042	1	0	249	250	33	206
140	1414214	0.000042	1	0	250	251	206	207
141	1414214	0.000042	1	0	251	252	207	36

142	1414214	0.000042	1	0	253	254	37	208
143	1414214	0.000042	1	0	254	255	208	39
144	1414214	0.000042	1	0	255	256	39	209
145	1414214	0.000042	1	0	256	257	209	210
146	1414214	0.000042	1	0	257	258	210	42
147	1414214	0.000042	1	0	259	260	43	211
148	1414214	0.000042	1	0	260	261	211	45
149	1414214	0.000042	1	0	261	262	45	46
150	1414214	0.000042	1	0	262	263	46	47
151	1414214	0.000042	1	0	263	265	47	48
152	1414214	0.000042	1	0	265	266	49	50
153	1414214	0.000042	1	0	266	267	50	51
154	1414214	0.000042	1	0	267	268	51	212
155	1414214	0.000042	1	0	268	269	212	213
156	1414214	0.000042	1	0	269	270	213	54
157	1414214	0.000042	1	0	271	272	55	214
158	1414214	0.000042	1	0	272	273	214	57
159	1414214	0.000042	1	0	273	274	57	215
160	1414214	0.000042	1	0	274	275	215	216
161	1414214	0.000042	1	0	275	276	216	60
162	1414214	0.000042	1	0	277	278	61	62
163	1414214	0.000042	1	0	278	279	62	63
164	1414214	0.000042	1	0	279	280	63	64
165	1414214	0.000042	1	0	282	279	7	1
166	1414214	0.000042	1	0	283	282	13	7
167	1414214	0.000042	1	0	284	283	19	13
168	1414214	0.000042	1	0	285	284	25	19
169	1414214	0.000042	1	0	286	285	31	25
170	1414214	0.000042	1	0	287	286	37	31
171	1414214	0.000042	1	0	288	287	43	37
172	1414214	0.000042	1.2	0	289	288	49	43
173	1414214	0.000042	1.2	0	290	289	55	49
174	1414214	0.000042	1	0	292	291	195	2
175	1414214	0.000042	1	0	293	292	14	195
176	1414214	0.000042	1	0	294	293	198	14
177	1414214	0.000042	1	0	295	294	202	198
178	1414214	0.000042	1	0	296	295	32	202
179	1414214	0.000042	1	0	297	296	208	32
180	1414214	0.000042	1	0	298	297	211	208
181	1414214	0.000042	1.2	0	299	298	50	211
182	1414214	0.000042	1.2	0	300	299	213	50
183	1414214	0.000042	1	0	302	301	9	3
184	1414214	0.000042	1	0	303	302	15	9
185	1414214	0.000042	1	0	304	303	199	15
186	1414214	0.000042	1	0	305	304	203	199
187	1414214	0.000042	1	0	306	305	33	203
188	1414214	0.000042	1	0	307	306	39	33
189	1414214	0.000042	1	0	308	307	45	39
190	1414214	0.000042	1.2	0	309	308	51	45
191	1414214	0.000042	1.2	0	310	309	57	51
192	1414214	0.000042	1.6	0	311	310	61	57

193	1414214	0.000042	1	0	313	312	10	193
194	1414214	0.000042	1	0	314	313	196	10
195	1414214	0.000042	1	0	315	314	200	196
196	1414214	0.000042	1	0	316	315	204	200
197	1414214	0.000042	1	0	317	316	206	204
198	1414214	0.000042	1	0	318	317	209	206
199	1414214	0.000042	1	0	319	318	46	209
200	1414214	0.000042	1.2	0	320	319	212	46
201	1414214	0.000042	1.2	0	321	320	214	212
202	1414214	0.000042	1.6	0	322	321	62	214
203	1414214	0.000042	1	0	324	323	11	194
204	1414214	0.000042	1	0	325	324	197	11
205	1414214	0.000042	1	0	326	325	201	197
206	1414214	0.000042	1	0	327	326	205	201
207	1414214	0.000042	1	0	328	327	207	205
208	1414214	0.000042	1	0	329	328	210	207
209	1414214	0.000042	1	0	330	329	47	210
210	1414214	0.000042	1.2	0	331	330	212	47
211	1414214	0.000042	1.2	0	332	331	215	212
212	1414214	0.000042	1.6	0	333	332	63	215
213	1414214	0.000042	1	0	335	334	12	6
214	1414214	0.000042	1	0	336	335	18	12
215	1414214	0.000042	1	0	337	336	24	18
216	1414214	0.000042	1	0	338	337	30	24
217	1414214	0.000042	1	0	339	338	36	30
218	1414214	0.000042	1	0	340	339	42	36
219	1414214	0.000042	1	0	341	340	48	42
220	1414214	0.000042	1.2	0	342	341	54	48
221	1414214	0.000042	1.2	0	343	342	60	54
222	1414214	0.000042	1.6	0	344	343	64	60
223	70000	0.000083	2.4	5.833333	290	138	345	347
224	70000	0.000083	2.4	5.833333	389	137	345	347
225	70000	0.000083	2.4	5.833333	288	136	345	347
226	70000	0.000083	2.4	5.833333	287	135	345	347
227	70000	0.000083	2.4	5.833333	286	134	345	347
228	70000	0.000083	2.4	5.833333	285	133	345	347
229	70000	0.000083	2.4	5.833333	284	132	345	347
230	70000	0.000083	2.4	5.833333	283	131	345	347
231	70000	0.000083	2.4	5.833333	282	130	345	347
232	70000	0.000083	2.4	5.833333	281	129	345	347
233	70000	0.000083	2.4	5.833333	299	147	345	347
234	70000	0.000083	2.4	5.833333	296	144	345	347
235	70000	0.000083	2.4	5.833333	243	141	345	347
236	70000	0.000083	2.4	5.833333	291	139	345	347
237	70000	0.000083	2.4	5.833333	311	159	345	347
238	70000	0.000083	2.4	5.833333	310	158	345	347
239	70000	0.000083	2.4	5.833333	309	157	345	347
240	70000	0.000083	2.4	5.833333	308	156	345	347
241	70000	0.000083	2.4	5.833333	307	155	345	347
242	70000	0.000083	2.4	5.833333	306	154	345	347
243	70000	0.000083	2.4	5.833333	303	151	345	347

244	70000	0.000083	2.4	5.833333	302	150	345	347
245	70000	0.000083	2.4	5.833333	301	149	345	347
246	70000	0.000083	2.4	5.833333	322	170	345	347
247	70000	0.000083	2.4	5.833333	319	167	345	347
248	70000	0.000083	2.4	5.833333	313	161	345	347
249	70000	0.000083	2.4	5.833333	333	181	345	347
250	70000	0.000083	2.4	5.833333	330	178	345	347
251	70000	0.000083	2.4	5.833333	324	172	345	347
252	70000	0.000083	2.4	5.833333	344	192	345	347
253	70000	0.000083	2.4	5.833333	343	191	345	347
254	70000	0.000083	2.4	5.833333	342	192	345	347
255	70000	0.000083	2.4	5.833333	341	189	345	347
256	70000	0.000083	2.4	5.833333	340	188	345	347
257	70000	0.000083	2.4	5.833333	339	187	345	347
258	70000	0.000083	2.4	5.833333	338	186	345	347
259	70000	0.000083	2.4	5.833333	337	185	345	347
260	70000	0.000083	2.4	5.833333	336	184	345	347
261	70000	0.000083	2.4	5.833333	335	183	345	347
262	70000	0.000083	2.4	5.833333	334	182	345	347
263	70000	0.000083	2.4	5.833333	216	65	346	348
264	70000	0.000083	2.4	5.833333	217	66	346	348
265	70000	0.000083	2.4	5.833333	218	67	346	348
266	70000	0.000083	2.4	5.833333	222	70	346	348
267	70000	0.000083	2.4	5.833333	223	71	346	348
268	70000	0.000083	2.4	5.833333	225	73	346	348
269	70000	0.000083	2.4	5.833333	226	74	346	348
270	70000	0.000083	2.4	5.833333	227	75	346	348
271	70000	0.000083	2.4	5.833333	228	76	346	348
272	70000	0.000083	2.4	5.833333	229	77	346	348
273	70000	0.000083	2.4	5.833333	230	78	346	348
274	70000	0.000083	2.4	5.833333	231	79	346	348
275	70000	0.000083	2.4	5.833333	234	82	346	348
276	70000	0.000083	2.4	5.833333	235	83	346	348
277	70000	0.000083	2.4	5.833333	240	88	346	348
278	70000	0.000083	2.4	5.833333	241	89	346	348
279	70000	0.000083	2.4	5.833333	246	94	346	348
280	70000	0.000083	2.4	5.833333	247	95	346	348
281	70000	0.000083	2.4	5.833333	248	96	346	348
282	70000	0.000083	2.4	5.833333	249	97	346	348
283	70000	0.000083	2.4	5.833333	252	100	346	348
284	70000	0.000083	2.4	5.833333	253	101	346	348
285	70000	0.000083	2.4	5.833333	255	103	346	348
286	70000	0.000083	2.4	5.833333	258	106	346	348
287	70000	0.000083	2.4	5.833333	259	107	346	348
288	70000	0.000083	2.4	5.833333	261	109	346	348
289	70000	0.000083	2.4	5.833333	262	110	346	348
290	70000	0.000083	2.4	5.833333	263	111	346	348
291	70000	0.000083	2.4	5.833333	264	112	346	348
292	70000	0.000083	2.4	5.833333	265	113	346	348
293	70000	0.000083	2.4	5.833333	266	114	346	348
294	70000	0.000083	2.4	5.833333	267	115	346	348

295 ,	70000 ,	0.000083 ,	2.4 ,	5.833333 ,	270 ,	118 ,	346 ,	348
296 ,	70000 ,	0.000083 ,	2.4 ,	5.833333 ,	271 ,	119 ,	346 ,	348
297 ,	70000 ,	0.000083 ,	2.4 ,	5.833333 ,	273 ,	121 ,	346 ,	348
298 ,	70000 ,	0.000083 ,	2.4 ,	5.833333 ,	276 ,	124 ,	346 ,	348
299 ,	70000 ,	0.000083 ,	2.4 ,	5.833333 ,	277 ,	125 ,	346 ,	348
300 ,	70000 ,	0.000083 ,	2.4 ,	5.833333 ,	278 ,	126 ,	346 ,	348
301 ,	70000 ,	0.000083 ,	2.4 ,	5.833333 ,	279 ,	127 ,	346 ,	348
302 ,	70000 ,	0.000083 ,	2.4 ,	5.833333 ,	280 ,	128 ,	346 ,	348

CARGAS CONCENTRADAS Y DE EMPOTRAMIENTO

1 ,	0
2 ,	0
3 ,	0
4 ,	0
5 ,	0
6 ,	0
7 ,	0
8 ,	0
9 ,	0
10 ,	0
11 ,	0
12 ,	0
13 ,	0
14 ,	0
15 ,	0
16 ,	0
17 ,	0
18 ,	0
19 ,	0
20 ,	0
21 ,	0
22 ,	0
23 ,	0
24 ,	0
25 ,	0
26 ,	0
27 ,	0
28 ,	0
29 ,	0
30 ,	0
31 ,	0
32 ,	0
33 ,	0
34 ,	0
35 ,	0
36 ,	0
37 ,	0
38 ,	0
39 ,	0
40 ,	0

41.	0
42.	0
43.	0
44.	0
45.	0
46.	0
47.	0
48.	0
49.	0
50.	0
51.	0
52.	0
53.	0
54.	0
55.	0
56.	0
57.	0
58.	0
59.	0
60.	0
61.	0
62.	0
63.	0
64.	0
65.	0
66.	0
67.	0
68.	0
69.	0
70.	0
71.	0
72.	0
73.	0
74.	0
75.	0
76.	0
77.	0
78.	0
79.	0
80.	0
81.	0
82.	0
83.	0
84.	0
85.	0
86.	0
87.	0
88.	0
89.	0
90.	0
91.	0

92 .	O
93 .	O
94 .	O
95 .	O
96 .	O
97 .	O
98 .	O
99 .	O
100 .	O
101 .	O
102 .	O
103 .	O
104 .	O
105 .	O
106 .	O
107 .	O
108 .	O
109 .	O
110 .	O
111 .	O
112 .	O
113 .	O
114 .	O
115 .	O
116 .	O
117 .	O
118 .	O
119 .	O
120 .	O
121 .	O
122 .	O
123 .	O
124 .	O
125 .	O
126 .	O
127 .	O
128 .	O
129 .	O
130 .	O
131 .	O
132 .	O
133 .	O
134 .	O
135 .	O
136 .	O
137 .	O
138 .	O
139 .	O
140 .	O
141 .	O
142 .	O

143,	0
144,	0
145,	0
146,	0
147,	0
148,	0
149,	0
150,	0
151,	0
152,	0
153,	0
154,	0
155,	0
156,	0
157,	0
158,	0
159,	0
160,	0
161,	0
162,	0
163,	0
164,	0
165,	0
166,	0
167,	0
168,	0
169,	0
170,	0
171,	0
172,	0
173,	0
174,	0
175,	0
176,	0
177,	0
178,	0
179,	0
180,	0
181,	0
182,	0
183,	0
184,	0
185,	0
186,	0
187,	0
188,	0
189,	0
190,	0
191,	0
192,	0
193,	0



194 .	o
195 .	o
196 .	o
197 .	o
198 .	o
199 .	o
200 .	o
201 .	o
202 .	o
203 .	o
204 .	o
205 .	o
206 .	o
207 .	o
208 .	o
209 .	o
210 .	o
211 .	o
212 .	o
213 .	o
214 .	o
215 .	o
216 .	o
217 .	o
218 .	o
219 .	o
220 .	o
221 .	o
222 .	o
223 .	o
224 .	o
225 .	o
226 .	o
227 .	o
228 .	o
229 .	o
230 .	o
231 .	o
232 .	o
233 .	o
234 .	o
235 .	o
236 .	o
237 .	o
238 .	o
239 .	o
240 .	o
241 .	o
242 .	o
243 .	o
244 .	o

245	.	0
246	.	0
247	.	0
248	.	0
249	.	0
250	.	0
251	.	0
252	.	0
253	.	0
254	.	0
255	.	0
256	.	0
257	.	0
258	.	0
259	.	0
260	.	0
261	.	0
262	.	0
263	.	0
264	.	0
265	.	0
266	.	0
267	.	0
268	.	0
269	.	0
270	.	0
271	.	0
272	.	0
273	.	0
274	.	0
275	.	0
276	.	0
277	.	0
278	.	0
279	.	0
280	.	0
281	.	0
282	.	0
283	.	0
284	.	0
285	.	0
286	.	0
287	.	0
288	.	0
289	.	0
290	.	0
291	.	0
292	.	0
293	.	0
294	.	0
295	.	0



## LECTURA DE DATOS DEL SUELO

N	NE	5	PROFUNDI	ESPE	MODULO DE
PUN	ESTRATO		DAD	SOR	DEFORMACION
TO					
1,	1,		0.3	0.3	0.0005
2,	1,		0.3	0.3	0.0005
3,	1,		0.3	0.3	0.0005
4,	1,		0.3	0.3	0.0005
5,	1,		0.3	0.3	0.0005
6,	1,		0.3	0.3	0.0005
7,	1,		0.3	0.3	0.0005
8,	1,		0.3	0.3	0.0005
9,	1,		0.3	0.3	0.0005
10,	1,		0.3	0.3	0.0005
11,	1,		0.3	0.3	0.0005
12,	1,		0.3	0.3	0.0005
13,	1,		0.3	0.3	0.0005
14,	1,		0.3	0.3	0.0005
15,	1,		0.3	0.3	0.0005
16,	1,		0.3	0.3	0.0005
17,	1,		0.3	0.3	0.0005
18,	1,		0.3	0.3	0.0005
19,	1,		0.3	0.3	0.0005
20,	1,		0.3	0.3	0.0005
21,	1,		0.3	0.3	0.0005
22,	1,		0.3	0.3	0.0005
23,	1,		0.3	0.3	0.0005
24,	1,		0.3	0.3	0.0005
25,	1,		0.3	0.3	0.0005
26,	1,		0.3	0.3	0.0005
27,	1,		0.3	0.3	0.0005
28,	1,		0.3	0.3	0.0005
29,	1,		0.3	0.3	0.0005
30,	1,		0.3	0.3	0.0005
31,	1,		0.3	0.3	0.0005
32,	1,		0.3	0.3	0.0005
33,	1,		0.3	0.3	0.0005
34,	1,		0.3	0.3	0.0005
35,	1,		0.3	0.3	0.0005
36,	1,		0.3	0.3	0.0005
37,	1,		0.3	0.3	0.0005
38,	1,		0.3	0.3	0.0005
39,	1,		0.3	0.3	0.0005
40,	1,		0.3	0.3	0.0005
41,	1,		0.3	0.3	0.0005

42,	1,	0.3,	0.3,	0.0005
43,	1,	0.3,	0.3,	0.0005
44,	1,	0.3,	0.3,	0.0005
45,	1,	0.3,	0.3,	0.0005
46,	1,	0.3,	0.3,	0.0005
47,	1,	0.3,	0.3,	0.0005
48,	1,	0.3,	0.3,	0.0005
49,	1,	0.3,	0.3,	0.0005
50,	1,	0.3,	0.3,	0.0005
51,	1,	0.3,	0.3,	0.0005
52,	1,	0.3,	0.3,	0.0005
53,	1,	0.3,	0.3,	0.0005
54,	1,	0.3,	0.3,	0.0005
55,	1,	0.3,	0.3,	0.0005
56,	1,	0.3,	0.3,	0.0005
57,	1,	0.3,	0.3,	0.0005
58,	1,	0.3,	0.3,	0.0005
59,	1,	0.3,	0.3,	0.0005
60,	1,	0.3,	0.3,	0.0005
61,	1,	0.3,	0.3,	0.0005
62,	1,	0.3,	0.3,	0.0005
63,	1,	0.3,	0.3,	0.0005
64,	1,	0.3,	0.3,	0.0005
1,	2,	0.6,	0.3,	0.0005
2,	2,	0.6,	0.3,	0.0005
3,	2,	0.6,	0.3,	0.0005
4,	2,	0.6,	0.3,	0.0005
5,	2,	0.6,	0.3,	0.0005
6,	2,	0.6,	0.3,	0.0005
7,	2,	0.6,	0.3,	0.0005
8,	2,	0.6,	0.3,	0.0005
9,	2,	0.6,	0.3,	0.0005
10,	2,	0.6,	0.3,	0.0005
11,	2,	0.6,	0.3,	0.0005
12,	2,	0.6,	0.3,	0.0005
13,	2,	0.6,	0.3,	0.0005
14,	2,	0.6,	0.3,	0.0005
15,	2,	0.6,	0.3,	0.0005
16,	2,	0.6,	0.3,	0.0005
17,	2,	0.6,	0.3,	0.0005
18,	2,	0.6,	0.3,	0.0005
19,	2,	0.6,	0.3,	0.0005
20,	2,	0.6,	0.3,	0.0005
21,	2,	0.6,	0.3,	0.0005
22,	2,	0.6,	0.3,	0.0005
23,	2,	0.6,	0.3,	0.0005
24,	2,	0.6,	0.3,	0.0005
25,	2,	0.6,	0.3,	0.0005
26,	2,	0.6,	0.3,	0.0005
27,	2,	0.6,	0.3,	0.0005
28,	2,	0.6,	0.3,	0.0005

29,	2,	0.6,	0.3,	0.0005
30,	2,	0.6,	0.3,	0.0005
31,	2,	0.6,	0.3,	0.0005
32,	2,	0.6,	0.3,	0.0005
33,	2,	0.6,	0.3,	0.0005
34,	2,	0.6,	0.3,	0.0005
35,	2,	0.6,	0.3,	0.0005
36,	2,	0.6,	0.3,	0.0005
37,	2,	0.6,	0.3,	0.0005
38,	2,	0.6,	0.3,	0.0005
39,	2,	0.6,	0.3,	0.0005
40,	2,	0.6,	0.3,	0.0005
41,	2,	0.6,	0.3,	0.0005
42,	2,	0.6,	0.3,	0.0005
43,	2,	0.6,	0.3,	0.0005
44,	2,	0.6,	0.3,	0.0005
45,	2,	0.6,	0.3,	0.0005
46,	2,	0.6,	0.3,	0.0005
47,	2,	0.6,	0.3,	0.0005
48,	2,	0.6,	0.3,	0.0005
49,	2,	0.6,	0.3,	0.0005
50,	2,	0.6,	0.3,	0.0005
51,	2,	0.6,	0.3,	0.0005
52,	2,	0.6,	0.3,	0.0005
53,	2,	0.6,	0.3,	0.0005
54,	2,	0.6,	0.3,	0.0005
55,	2,	0.6,	0.3,	0.0005
56,	2,	0.6,	0.3,	0.0005
57,	2,	0.6,	0.3,	0.0005
58,	2,	0.6,	0.3,	0.0005
59,	N,	0.6,	0.3,	0.0005
60,	N,	0.6,	0.3,	0.0005
61,	N,	0.6,	0.3,	0.0005
62,	N,	0.6,	0.3,	0.0005
63,	2,	0.6,	0.3,	0.0005
64,	2,	0.6,	0.3,	0.0005
1,	3,	0.9,	0.3,	0.0005
2,	3,	0.9,	0.3,	0.0005
3,	3,	0.9,	0.3,	0.0005
4,	3,	0.9,	0.3,	0.0005
5,	3,	0.9,	0.3,	0.0005
6,	3,	0.9,	0.3,	0.0005
7,	3,	0.9,	0.3,	0.0005
8,	3,	0.9,	0.3,	0.0005
9,	3,	0.9,	0.3,	0.0005
10,	3,	0.9,	0.3,	0.0005
11,	3,	0.9,	0.3,	0.0005
12,	3,	0.9,	0.3,	0.0005
13,	3,	0.9,	0.3,	0.0005
14,	3,	0.9,	0.3,	0.0005
15,	3,	0.9,	0.3,	0.0005

16	3	0.9	0.3	0.0005
17	3	0.9	0.3	0.0005
18	3	0.9	0.3	0.0005
19	3	0.9	0.3	0.0005
20	3	0.9	0.3	0.0005
21	3	0.9	0.3	0.0005
22	3	0.9	0.3	0.0005
23	3	0.9	0.3	0.0005
24	3	0.9	0.3	0.0005
25	3	0.9	0.3	0.0005
26	3	0.9	0.3	0.0005
27	3	0.9	0.3	0.0005
28	3	0.9	0.3	0.0005
29	3	0.9	0.3	0.0005
30	3	0.9	0.3	0.0005
31	3	0.9	0.3	0.0005
32	3	0.9	0.3	0.0005
33	3	0.9	0.3	0.0005
34	3	0.9	0.3	0.0005
35	3	0.9	0.3	0.0005
36	3	0.9	0.3	0.0005
37	3	0.9	0.3	0.0005
38	3	0.9	0.3	0.0005
39	3	0.9	0.3	0.0005
40	3	0.9	0.3	0.0005
41	3	0.9	0.3	0.0005
42	3	0.9	0.3	0.0005
43	3	0.9	0.3	0.0005
44	3	0.9	0.3	0.0005
45	3	0.9	0.3	0.0005
46	3	0.9	0.3	0.0005
47	3	0.9	0.3	0.0005
48	3	0.9	0.3	0.0005
49	3	0.9	0.3	0.0005
50	3	0.9	0.3	0.0005
DATA	3	0.9	0.3	0.0005

## Grado de libertad

## Reacciones (Ton)

## Giros

1	1,4791
2	1,2087
3	1,7820
4	1,3871
5	1,1661
6	2,8836
7	1,3325
8	0,9487
9	1,1914
10	1,2217
11	1,0624
12	1,7489
13	1,8578
14	1,3068
15	1,5431
16	1,2061
17	0,9502
18	1,9081
19	2,0923
20	1,1351
21	1,2614
22	0,9684
23	0,7603
24	2,0833
25	2,2173
26	1,2081
27	1,2942
28	0,9923
29	0,8034
30	2,1219
31	2,2610
32	1,5056
33	1,7188
34	1,2218
35	0,9128

RESULTADOS OBTENIDOS (Reacciones y giros)



Grado de libertad	Reacciones (Ton)	Giros
36	2,1254	
37	2,1367	
38	1,3847	
39	1,6363	
40	1,4463	
41	1,1947	
42	2,1905	
43	1,9105	
44	1,2849	
45	1,7247	
46	1,7445	
47	1,5085	
48	2,3550	
49	1,5166	
50	1,2366	
51	1,4990	
52	1,3616	
53	1,1686	
54	2,3411	
55	1,1509	
56	0,8619	
57	1,5775	
58	0,5990	
59	0,4689	
60	1,5909	
61	3,3036	
62	2,3612	
63	2,4566	
64	3,5607	
65		-0,002127
66		-0,003974
67		5,9643E-4
68		0,001995
69		-0,001160
70		-0,002638

RESULTADOS OBTENIDOS (Reacciones y giros)

Grado de Libertad	Reacciones	Giros (Rad)
71		-0,002152
72		-0,002345
73		-8,8230E-4
74		6,3811E-4
75		4,1935E-4
76		1,2977E-4
77		-0,001914
78		-0,001905
79		8,7033E-4
80		0,002830
81		-4,05151E-4
82		-0,002408
83		8,1688E-4
84		-6,7937E-5
85		0,001627
86		0,002558
87		-0,001536
88		-0,004862
89		8,3476E-4
90		1,1004E-4
91		0,002035
92		0,002620
93		-0,001788
94		-0,004534
95		-0,001468
96		-0,001710
97		0,002311
98		0,003963
99		-6,7004E-4
100		-0,003474
101		-0,001319
102		-0,001819
103		1,5940E-4
104		0,002148
105		2,5355E-4

RESULTADOS OBTENIDOS (Reacciones y giros)

Grado de Libertad

Reacciones

Giros (Rad)

106		-9.2312E-4
107		-0.001322
108		-0.002777
109		-0.001447
110		6.8692E-4
111		0.001012
112		6.8975E-4
113		-0.002925
114		-0.002600
115		4.3946E-5
116		0.001298
117		-5.7147E-4
118		-0.002533
119		-0.001433
120		-0.001356
121		7.4928E-4
122		0.001229
123		-0.001506
124		-0.003917
125		2.2951E-4
126		-9.4386E-5
127		9.3056E-5
128		-1.9784E-4
129		0.003574
130		0.003688
131		0.002412
132		0.001202
133		8.0373E-4
134		-9.2765E-5
135		-0.001509
136		-0.002416
137		-0.002736
138		-0.002732
139		0.002714
140		0.003386

RESULTADOS OBTENIDOS (Reacciones y giros)

## Grado de libertad

141

142

143

144

145

146

147

148

149

150

151

152

153

154

155

156

157

158

159

160

161

162

163

164

165

166

167

168

169

170

171

172

173

174

175

## Reacciones

## Giros

0,001921

-9,9268E-4

0,002887

9,2898E-4

-0,001733

-0,001779

-0,002692

-0,005718

0,001037

0,003062

-2,1080E-4

-0,001739

0,002947

0,002316

-6,0132E-4

-8,3915E-4

-0,003854

-0,006277

-0,005118

0,004417

0,001798

-0,001987

-0,001013

0,001643

0,002540

0,002264

2,4240E-4

-0,005083

-0,006015

-0,004740

0,004178

0,002437

-0,002456

-2,5174E-4

9,9364E-4

RESULTADOS OBTENIDOS (Reacciones y giros)

## Grado de libertad

176  
177  
178  
179  
180  
181  
182  
183  
184  
185  
186  
187  
188  
189  
190  
191  
192  
193  
194  
195  
196  
197  
198  
199  
200  
201  
202  
203  
204  
205  
206  
207  
208  
209  
210

## Reacciones

## Giros

0,001817  
-0,001122  
0,003351  
-0,004188  
-0,005824  
-0,004476  
0,001319  
0,001184  
5,5089E-4  
4,0297E-4  
1,9367E-4  
5,4480E-4  
8,7694E-4  
1,1717E-4  
-0,001655  
-0,006799  
-0,006512  
0,018273  
0,018658  
0,013808  
0,020606  
0,020013  
0,023536  
0,000415  
0,032249  
0,027336  
0,024290  
0,031817  
0,005938  
0,001037  
0,028348  
0,027895  
0,019075  
0,022251  
0,022098

RESULTADOS OBTENIDOS (Reacciones y giros)

Grado de Libertad	Reacciones	Giros
211		0,019596
212		0,020155
213		0,020627
214		0,009736
215		0,016050
216		0,017374
217		-0,002983
218		-0,002718
219		-0,009048
220		-0,004101
221		0,003648
222		0,006517
223		-0,002511
224		-0,002279
225		-8,4437E-4
226		6,4222E-4
227		3,4657E-4
228		2,4665E-4
229		-0,002433
230		-0,001123
231		-0,001771
232		-0,002615
233		0,003265
234		0,005327
235		-0,007015
236		-0,007392
237		-0,005322
238		0,001433
239		0,008823
240		0,012569
241		-0,006533
242		-0,007473
243		-0,007062
244		-3,5511E-4
245		0,010721

RESULTADOS OBTENIDOS (Reacciones y giros)

Grado de libertad	Reacciones	Giros
246		0,016881
247		-0,003176
248		4,9838E-4
249		-0,006785
250		-0,006688
251		0,007318
252		0,013205
253		-0,002688
254		-0,001031
255		-0,001565
256		-0,002116
257		0,002887
258		0,005873
259		-0,006333
260		-0,001951
261		2,7283E-4
262		3,1020E-4
263		8,4329E-4
264		0,001614
265		-0,003399
266		-0,001934
267		-0,002806
268		-0,002915
269		0,002090
270		0,004804
271		-3,6936E-4
272		-4,0304E-4
273		-0,004149
274		-0,006795
275		0,002477
276		0,006553
277		-6,7871E-4
278		2,2068E-4
279		-2,2079E-4
280		6,7833E-4

RESULTADOS OBTENIDOS (Reacciones y giros)

## Grado de Libertad

## Reacciones

## Giros

281		0,003430
282		0,003638
283		0,002698
284		0,001101
285		8,4575E-4
286		-1,8754E-4
287		-0,001447
288		-0,002586
289		-0,012627
290		-0,002402
291		0,003563
292		0,002323
293		0,005259
294		0,005315
295		-0,003566
296		-0,003292
297		0,001319
298		-0,001560
299		-0,004947
300		-0,005185
301		0,003243
302		5,6649E-5
303		0,003393
304		0,010748
305		-0,008847
306		-0,007228
307		0,001876
308		-0,001323
309		-0,0040007
310		-0,004825
311		-0,009014
312		-0,004403
313		2,8798E-4
314		0,010150
315		0,009781

RESULTADOS OBTENIDOS (Reacciones y giros)



Grado de libertad	Reacciones	Giros
316		-0,003279
317		-0,003364
318		-0,004318
319		-5,1705E-4
320		-4,4358E-4
321		-0,006653
322		-0,011457
323		-0,007947
324		5,4363E-4
325		0,007693
326		0,006297
327		1,9235E-4
328		-0,005388
329		-0,005653
330		-3,4394E-4
331		9,3071E-4
332		-0,006725
333		-0,012596
334		0,002139
335		9,2977E-4
336		6,0608E-4
337		3,7597E-4
338		2,0363E-4
339		4,9685E-4
340		8,0012E-4
341		4,3084E-4
342		-0,002447
343		-0,004485
344		-0,010660

RESULTADOS OBTENIDOS (Reacciones y giros)

Nudo	Hundimiento del nudo (m)
1	0.007630
2	0.010440
3	0.0136398
4	0.011699
5	0.011149
6	0.013184
7	0.011369
8	0.013849
9	0.015506
10	0.015358
11	0.014788
12	0.014548
13	0.014657
14	0.016639
15	0.017637
16	0.014926
17	0.013707
18	0.015347
19	0.016357
20	0.015966
21	0.015682
22	0.012800
23	0.012233
24	0.015816
25	0.017353
26	0.016912
27	0.016225
28	0.013228
29	0.012636
30	0.016134
31	0.017823
32	0.019654
33	0.019822
34	0.015668
35	0.013934

Nudo	Humidamiento del nudo (m)
36	0.016417
37	0.016923
38	0.018533
39	0.019717
40	0.017984
41	0.016702
42	0.017149
43	0.014994
44	0.016822
45	0.019516
46	0.018428
47	0.018713
48	0.017826
49	0.011742
50	0.014679
51	0.01649
52	0.0154061
53	0.0146832
54	0.016737
55	0.008378
56	0.008853
57	0.010423
58	0.009039
59	0.009095
60	0.012160
61	3.6899E-6
62	4.1898E-6
63	4.3623E-6
64	3.7410E-6

RESULTADOS OBTENIDOS (Humidamiento del nudo)

BARRA	GRADO LIB P	MUJERVO M <sub>p</sub>	GRADO LIB q	MUJERVO M <sub>q</sub>	GRADO r	CORTANTE V <sub>r</sub>	GRADO s	CORTANTE V <sub>s</sub>
1	65	0,06063	66	-0,227353	1	0,403481	2	0,042286
2	66	0,290660	67	1,328255	2	-1,355328	3	2,103142
3	67	-1,310443	68	-0,374318	3	2,790191	4	-0,757549
4	68	0,374318	69	-0,727594	4	1,173697	5	0,388799
5	69	0,727594	70	-0,088607	5	0,284792	6	2,324320
6	71	0,046206	72	0,086169	7	0,508473	8	0,635927
7	72	-0,086169	73	0,999522	8	-0,394492	9	1,441130
8	73	-0,991837	74	-0,019134	9	1,014514	10	-0,806819
9	74	0,006130	75	-0,146091	10	0,181544	11	-0,154124
10	75	0,138766	76	-0,003417	11	-0,078544	12	0,452999
11	77	0,042449	78	0,113164	13	0,262696	14	0,381067
12	78	-0,078119	79	2,025138	14	-1,770641	15	2,200101
13	79	-2,026931	80	-0,744662	15	3,544956	16	-2,01975
14	80	0,744562	81	-0,790748	16	0,619959	17	0,438042
15	81	0,790748	82	-0,003463	17	-0,164454	18	1,776860
16	83	0,006481	84	-0,131722	19	1,166635	20	0,641122
17	84	0,131722	85	0,919993	20	-0,460768	21	1,686865
18	85	-0,919993	86	-0,414206	21	1,940186	22	-0,830744
19	86	0,414206	87	-0,870015	22	0,871579	23	-0,112879
20	87	0,870015	88	-0,019281	23	-0,312703	24	1,851808
21	89	0,0329277	90	0,013320	25	1,103549	26	0,842986
22	90	-0,013320	91	1,118204	26	-0,469734	27	1,770090
23	91	-1,118204	92	-0,648763	27	2,384305	28	-1,245257
24	92	0,648763	93	-1,311952	28	1,090083	29	-0,293247
24	92	0,648763	93	-1,311952	28	1,090083	29	-0,293247
26	95	0,041440	96	0,075416	31	0,547921	32	0,517265
25	93	1,311952	94	-0,052957	29	-0,691373	30	2,289296
27	96	-0,055113	97	2,510440	32	-2,149697	33	2,835375
28	97	-2,509734	98	-1,234145	33	4,636365	34	-3,027332
29	98	1,234145	99	-1,344351	34	0,685704	35	0,357130
30	99	1,344351	100	-0,042402	35	-0,676489	36	2,351816
31	101	0,036110	102	0,074729	37	1,026485	38	0,985664
32	102	-0,074729	103	1,777252	38	-0,914910	39	2,578210
33	103	-1,768805	104	-0,303080	39	2,958356	40	-1,251928

Nota. Momento (Ton·m), Cortante (Ton)

BARRA	GRADO LIB P	MOMENTO M <sub>p</sub>	GRADO LIB q	MOMENTO M <sub>1</sub>	GRADO r	CORTANTE V <sub>r</sub>	GRADO s	CORTANTE V <sub>s</sub>
34	104	0,308881	105	-0,588396	40	1,028002	41	0,368217
35	105	0,455595	106	-0,055595	41	0,222737	42	1,695790
36	107	0,005555	108	-0,505555	43	1,417420	44	0,285006
37	108	0,519537	109	1,571079	44	-1,378839	45	2,951826
38	109	-1,553801	110	0,273561	45	1,659635	46	-0,892901
39	110	-0,284976	111	0,023839	46	0,610132	47	0,005231
40	111	-0,043281	112	-0,020295	47	0,436775	48	0,605909
41	113	0,062699	114	0,154121	49	-0,080198	50	0,255427
42	114	-0,102771	115	1,625677	50	-1,487378	51	1,650292
43	115	-1,007041	116	-0,380161	51	2,698460	52	-1,326065
44	116	0,380161	117	-0,614653	52	0,837798	53	0,301273
45	117	0,614653	118	0,001783	53	0,000760	54	1,733979
46	119	0,021933	120	0,267913	55	0,325219	56	0,767777
47	120	-0,269913	121	1,232543	56	-0,412044	57	1,800661
48	121	-1,214576	122	-0,713705	57	2,454908	58	-1,744084
49	122	0,713705	123	-1,000512	58	0,307001	59	-0,372129
50	123	1,000512	124	0,008983	59	-0,920936	60	1,550137
51	125	0,001489	126	0,200567	61	1,137246	62	1,211544
52	126	-0,200783	127	0,203198	62	0,858846	63	0,897038
53	127	-0,202986	128	-0,001913	63	1,300409	64	0,286111
54	130	-0,103354	129	-0,071714	7	0,460000	1	0,161774
55	131	-0,715309	130	0,028688	13	1,2223	7	-0,334812
56	132	-0,291046	131	0,664048	19	0,377520	13	1,048178
57	133	-0,288159	132	0,267315	25	0,833256	19	0,832817
58	134	-0,780195	133	0,231502	31	1,450865	25	0,338260
59	135	-0,403716	134	0,782724	37	0,464539	31	1,266749
60	136	-0,237116	135	0,433996	43	0,506849	37	0,979090
61	137	-0,115995	136	0,287405	49	0,383106	43	0,836698
62	138	0,056037	137	0,170006	55	0,025203	49	0,555556
63	140	0,076498	139	-0,060952	8	0,468093	2	0,590400
64	141	-1,134626	140	-0,076458	14	1,837254	8	-0,709828
65	142	0,286995	141	1,072727	20	-0,759900	14	2,017803
66	143	0,284006	142	-0,284095	26	0,609391	20	0,579577
67	144	-1,370783	143	-0,284006	32	2,430089	26	-0,982642

Nota. Momento (Ton·m), Cortante (Ton)

BARRA	GRADO LIB P	MOMENTO M <sub>p</sub>	GRADO LIB q	MOMENTO M <sub>q</sub>	GRADO r	CORTANTE V <sub>r</sub>	GRADO s	CORTANTE V <sub>s</sub>
68	145	-0,030506	144	1,330906	38	-0,585264	32	2,157061
69	146	-0,243853	145	0,030506	44	0,909773	38	0,514510
70	147	-0,683750	146	0,243853	50	1,044847	44	0,185460
71	148	-2,947672	147	0,753785	56	-0,355733	50	1,282967
72	150	0,278841	149	-0,094051	9	-0,032194	3	0,602102
73	151	-2,724009	150	-0,321174	15	3,279536	9	-2,936865
74	152	1,509707	151	2,670876	21	-4,034037	15	4,425722
75	153	1,813697	152	-1,509707	27	-0,189502	21	0,406985
76	154	-2,355789	153	-1,813697	33	4,512635	27	-3,974948
77	155	0,695692	154	2,373387	39	-2,694921	33	3,472101
78	156	-0,956669	155	-0,700258	45	2,063041	39	-1,281738
79	157	-0,502733	156	0,977016	51	-0,074657	45	0,808588
80	158	-0,610787	157	0,582108	57	0,344511	51	0,263764
81	159	0,130498	158	0,728594	61	1,535497	57	1,642758
82	161	-1,131429	160	1,464296	10	1,788828	4	-0,415148
83	162	-0,407254	161	1,105098	16	-0,076570	10	1,334574
84	163	0,564374	162	0,407254	22	-0,477848	16	1,548586
85	164	0,545027	163	-0,564374	28	0,484047	22	0,437014
86	165	-0,301893	164	-0,545027	34	1,436323	28	-0,337873
87	166	-0,065449	165	0,301893	40	0,510976	34	0,905304
88	167	-1,192480	166	0,065449	46	2,070300	40	-0,288140
89	168	-0,081509	167	1,192698	52	-0,017863	46	1,994966
90	169	-0,275219	168	0,081509	58	0,508686	52	0,506130
92	172	-1,245977	171	-2,193246	11	1,782080	5	-0,673592
92	172	-1,245977	171	-2,193246	11	1,782080	5	-0,673592
93	173	0,080625	172	1,209244	17	-0,830787	11	1,788205
94	174	0,231605	173	-0,080625	23	0,188765	17	0,557199
95	175	0,154300	174	-0,231605	29	0,406656	23	0,236818
96	176	0,376224	175	-0,154300	35	0,172259	29	0,577963
97	177	0,060730	176	-0,376224	41	0,876763	35	0,147099
98	178	-2,072694	177	-0,060730	47	2,908532	41	-1,467718
99	179	-0,267080	178	2,090041	53	-0,782156	47	2,398856
100	180	-0,421314	179	0,267080	59	0,353332	53	0,390142
101	181	0,146662	180	0,421314	63	1,343602	59	0,939733

BARRA	GRADO	MOMENTO	GRADO	MOMENTO	GRADO	CURTANTE	GRADO	CURTANTE
	LIB P	$M_p$	LIB q	$M_q$	r	$V_r$	s	$V_s$
102	183	-0,455341	182	-0,031715	12	1,237011	6	0,660068
103	184	-0,181430	183	0,432977	18	0,430663	12	0,846529
104	185	-0,151147	184	0,166852	24	0,751855	18	0,759440
105	186	-0,172914	185	0,143136	30	0,835492	24	0,762440
106	187	0,026717	186	0,168908	36	0,606699	30	1,018708
107	188	-0,063989	187	-0,047457	42	0,960779	36	0,714961
108	189	-0,739464	188	0,046704	48	1,639699	42	0,196749
109	190	-0,412412	189	0,734955	54	0,870645	48	1,414070
110	191	-0,895407	190	0,451448	60	1,033843	54	0,608906
111	192	0,160547	191	1,017985	64	1,555596	60	1,925635
112	217	0,054871	218	0,228072	1	-0,396694	2	0,169194
113	218	-0,164276	219	-0,984211	2	1,044737	3	-1,272237
114	219	1,043972	220	0,634755	3	-2,719977	193	0,637477
115	220	-0,634755	221	0,859491	193	-1,265986	194	-0,816513
116	221	-0,859417	222	-0,070449	194	-0,111288	6	-1,971211
117	223	0,048639	224	0,157531	7	-0,433670	195	-0,021329
118	224	-0,157531	225	0,675830	195	-0,745798	9	0,290798
119	225	-0,658402	226	-0,039584	9	0,470486	10	-0,925486
120	226	0,026551	227	-0,119539	10	-0,134512	11	-0,320487
121	227	0,111938	228	-0,004196	11	-0,335301	12	-0,119698
122	229	0,045962	230	0,652500	13	1,730563	14	-0,334036
123	230	-0,622385	231	-1,303976	14	0,893861	15	2,958861
124	231	1,322087	232	0,851626	15	-2,401214	196	1,946214
125	232	-0,851626	233	0,466938	196	0,154188	197	-0,609188
126	233	-0,466938	234	-0,057901	197	0,298340	18	-0,753340
127	235	0,089574	236	-0,162907	19	-0,154167	198	-0,308332
128	236	0,162907	237	0,579128	198	-0,949536	199	0,515336
129	237	-0,579128	238	0,468717	199	-0,117088	200	-0,337911
130	238	-0,468717	239	0,684524	200	-0,443306	201	-0,011693
131	239	-0,684524	240	-0,137438	201	0,594463	24	-1,049463
132	241	0,082917	242	-0,149248	25	-0,161168	202	-0,293831
133	242	0,149248	243	0,158471	202	-0,535220	203	0,080220
134	243	-0,158471	244	0,619546	203	-1,423574	204	-0,501425
135	244	-0,619546	245	0,901742	204	-1,244696	205	-0,680303

BARRA	GRADO LIB P	MOMENTO $M_p$	GRADO LIB q	MOMENTO $M_q$	GRADO r	CORTANTE $V_r$	GRADO s	CORTANTE $V_s$
136	245	-0,901742	246	-0,198117	205	0,137359	30	-2,062359
137	247	0,053020	248	0,238422	31	-1,568943	32	-0,980056
138	248	-0,233547	249	-1,538177	32	0,496265	33	-3,049265
139	249	1,587386	250	1,195111	33	-3,009988	206	2,554998
140	250	-1,195111	251	1,058592	206	-0,070080	207	-0,364019
141	251	-1,058592	252	-0,155465	207	0,986557	36	-1,441557
142	253	0,045389	254	0,245083	37	-0,517973	208	0,062973
143	254	-0,245083	255	-0,408634	208	0,427218	39	-0,882218
144	255	0,429772	256	0,262261	39	-0,919533	209	0,464533
145	256	-0,262261	257	0,494101	209	-0,459340	210	0,004340
146	257	-0,494101	258	-0,073363	210	0,339365	42	-0,796065
147	259	0,094821	260	0,464200	43	-1,637021	211	-0,518978
148	260	-0,464200	261	-0,453577	211	-0,160222	45	-1,995777
149	261	0,459692	262	-0,076759	45	-1,970932	46	-1,165067
150	262	0,047898	263	-0,386109	46	-1,229789	47	-1,906210
151	263	0,367813	264	-0,026764	47	-1,909269	48	-1,226750
152	265	0,005915	266	0,203373	49	-0,587789	50	-0,049210
153	266	-0,158025	267	-0,414235	50	0,253761	51	-0,890761
154	267	0,452388	268	0,332343	51	-1,104141	212	0,467141
155	268	-0,332343	269	0,393150	212	-0,378407	213	-0,258592
156	269	-0,393150	270	-0,047962	213	0,122612	54	-0,759612
157	271	0,014722	272	-0,044116	55	-0,129855	214	-0,188644
158	272	0,044116	273	-0,631838	214	0,428472	57	-0,746972
159	273	0,630309	274	0,463408	57	-1,470917	215	0,839917
160	274	-0,463408	275	0,634010	215	-0,483102	216	-0,153897
161	275	-0,634010	276	-0,062294	216	0,377805	60	-1,014805
162	277	0,007645	278	-0,235473	61	-0,950272	62	-1,405927
163	278	0,233121	279	-0,233001	62	-1,178219	63	-1,177940
164	279	0,235364	280	-0,018780	63	-1,405613	64	-0,950586
165	281	-0,070735	282	-0,074076	7	0,031062	1	-0,258562
166	283	-0,118656	282	-2,486079	13	0,005155	7	-0,232655
167	284	0,133652	283	0,065720	19	-1,199813	13	-0,801066
168	285	0,134186	284	-0,156738	25	-0,977887	19	-1,022892
169	286	0,010529	285	-0,151099	31	-0,859669	25	-1,141010
170	287	0,089384	286	-0,007358	37	-1,000776	31	-0,806723
171	288	0,072413	287	-0,059529	43	-0,977134	37	-0,951365



BARRA	GRADO	MOMENTO	GRADO	MOMENTO	GRADO	CORTANTE	GRADO	CORTANTE
	LIB P	$M_p$	LIB q	$M_q$	r	$V_r$	s	$V_s$
172	289	0,037111	288	-0,030970	49	-0,172714	43	-0,145813
173	290	0,066509	289	0,017055	55	-0,220567	49	-0,097960
174	292	-0,197086	291	-0,006704	195	0,076250	2	-0,491290
175	293	0,761251	292	0,197086	14	-1,185838	195	0,730238
176	294	-0,760395	293	-0,845576	198	1,378471	14	-1,833671
177	295	-0,640997	294	0,760395	202	-0,364897	198	-0,108102
178	296	0,762452	295	0,640997	32	-1,630950	202	1,175950
179	297	0,118738	296	-0,726115	208	0,377877	32	-0,832877
180	298	-0,521830	297	-0,118738	211	0,413069	208	-0,868069
181	299	0,179760	298	0,521830	50	-0,003187	211	0,266131
182	300	-2,644721	299	-0,004430	216	-0,238828	50	-0,397227
183	302	-0,165310	301	-0,051	9	-1,000599	3	-1,463220
184	303	1,985854	302	0,163784	15	-3,330568	9	0,842728
185	304	-1,141953	303	-2,099207	199	1,626631	15	-4,773691
186	305	-1,592502	304	1,141953	203	-1,122981	199	-2,024078
187	306	2,355521	305	1,592502	33	-5,429714	203	2,466334
188	307	-0,292275	306	-2,273223	39	1,165498	33	-3,965498
189	308	0,205431	307	0,270915	45	-1,876347	39	-0,292362
190	309	0,063842	308	-0,181801	51	-1,443437	45	-1,640034
191	310	0,518837	309	0,016522	57	-1,987932	51	-1,095519
192	311	0,156906	310	-0,410973	61	-1,722472	57	-2,040055
193	313	0,856008	312	2,446721	10	-1,683508	193	0,628508
194	314	0,843981	313	-0,872101	196	-0,199379	10	-0,255620
195	315	-0,829542	314	-0,843981	200	1,446023	196	1,901023
196	316	-1,266848	315	0,829542	204	0,209805	200	-0,664805
197	317	0,496967	316	1,266848	206	-1,991315	204	1,536315
198	318	0,251764	317	-0,449967	209	0,017702	206	-0,472702
199	319	0,456368	318	-0,251764	46	-0,432106	209	-0,022895
200	320	-0,313408	319	-0,451002	212	0,318480	46	-0,955536
201	321	-0,419831	320	0,313408	215	-0,228841	212	-0,407214
202	322	0,187456	321	0,419831	62	-0,880083	215	-0,120972
203	324	1,155302	323	1,222360	11	-1,382802	194	-0,927802
204	325	0,085671	324	-1,179196	197	0,866624	11	-1,321024
205	326	-0,242005	325	-0,085671	201	0,100176	197	-0,555176

BARRA	GRADO LIB P	MOMENTO Mp	GRADO LIB q	MOMENTO Mq	GRADO r	CURTANTE Vr	GRADO s	CURTANTE Vs
206	327	-0,697452	326	0,242005	205	0,227946	201	-0,682946
207	328	-0,154954	327	0,697452	207	-0,769997	205	0,314997
208	329	0,228005	328	0,154954	210	-0,602459	207	0,147459
209	330	0,705658	329	-0,228005	47	-0,713153	210	0,258153
210	331	-0,389317	330	-0,693388	213	0,583726	47	-1,220782
211	332	-0,544391	331	0,399317	216	-0,189308	213	-0,467747
212	333	0,201103	332	0,544391	63	-0,966456	216	-0,034599
213	335	0,156577	334	-0,036595	12	-1,253141	6	-0,013178
214	336	0,146674	335	-0,177214	18	-1,102619	12	-1,1637
215	337	0,180783	336	-0,158628	24	-1,155315	18	-1,111004
216	338	0,160444	337	-0,188612	30	-1,105974	24	-1,161325
217	339	-0,236996	338	-0,166919	36	-1,107726	30	-0,974773
218	340	0,156454	339	-0,241397	42	-0,956307	36	-1,126192
219	341	0,112435	340	-0,173232	48	-0,984652	42	-1,103667
220	342	0,035065	341	-0,119070	54	-1,312667	48	-1,452476
221	343	0,279784	342	0,009332	60	-1,623403	54	-1,14154
222	344	0,188659	343	-0,172888	64	-1,891121	60	-1,871406
223	290	-0,056509	138	-0,056037	345	0,066974	347	-0,046894
224	289	-0,054166	137	-0,054911	345	0,045449	347	-0,045449
225	288	-0,051442	136	-0,050298	345	0,042388	347	-0,042388
226	287	-0,029855	135	-0,031240	345	0,025056	347	-0,025056
227	286	-0,003171	134	-0,002528	345	0,002375	347	-0,002375
228	285	0,016913	133	0,016628	345	-0,013975	347	0,013975
229	284	0,023086	132	0,023771	345	-0,019524	347	0,019524
230	283	0,052935	131	0,051	345	-0,043306	347	0,043306
231	282	0,074325	130	0,074666	345	-0,06208	347	0,06208
232	281	0,070735	129	0,071714	345	-0,059354	347	0,059354
233	299	-0,085321	147	-0,070134	345	0,064731	347	-0,064731
234	296	-0,038326	144	-0,009722	345	0,020024	347	-0,020024
235	293	0,048324	141	0,061699	345	-0,060843	347	0,060843
236	291	0,066704	139	0,060952	345	-0,053190	347	0,053190
237	311	-0,156906	159	-0,130698	345	0,119751	347	-0,119751
238	310	-0,107964	158	-0,117806	345	0,094071	347	-0,094071
239	309	-0,080365	157	-0,079374	345	0,066568	347	-0,066568

BARRA	GRADO LIB P	MOMENTO Mp	GRADO LIB q	MOMENTO Mq	GRADO r	CORTANTE Vr	GRADO s	CORTANTE Vs
240	308	-0,023600	156	-0,020347	345	0,018324	347	-0,018324
241	307	0,021359	155	0,004565	345	-0,010802	347	0,010802
242	306	-0,082298	154	-0,017597	345	0,041623	347	-0,041623
243	303	0,112252	151	0,054032	345	-0,069327	347	0,069327
244	302	0,021526	150	0,041901	345	-0,026428	347	0,026428
245	301	0,051	149	0,036051	345	-0,036271	347	0,036271
246	322	-0,187456	170	-0,141929	345	0,137244	347	-0,137244
247	319	-0,005366	167	-2,18E-4	345	0,002327	347	-0,002327
248	313	0,016093	161	0,026330	345	-0,017676	347	0,017676
249	333	-0,201103	181	-0,146062	345	0,144652	347	-0,144652
250	330	-0,012227	178	-0,017546	345	0,012423	347	-0,012423
251	324	0,023893	172	0,036732	345	-0,025261	347	0,025261
252	344	-0,188699	192	-0,160547	345	0,145582	347	-0,145582
253	343	-0,106898	191	-0,122578	345	0,095614	347	-0,095614
254	342	-0,044398	190	-0,039036	345	0,034764	347	-0,034764
255	341	0,006035	189	0,00508	345	-0,006463	347	0,006463
256	340	0,016777	188	0,017284	345	-0,014192	347	0,014119
257	339	0,010401	187	0,010740	345	-0,008408	347	0,008408
258	338	0,004073	186	0,004005	345	-0,003366	347	0,003366
259	337	0,007828	185	0,004911	345	-0,006599	347	0,006599
260	336	0,011953	184	0,011578	345	-0,009804	347	0,009804
261	335	0,020637	183	0,022364	345	-0,017917	347	0,017917
262	334	0,026595	182	0,031715	345	-0,028463	347	0,028463
263	217	-0,054871	65	-0,049063	346	0,043306	348	-0,043306
264	218	-0,063796	66	-0,072336	346	0,056709	348	-0,056709
265	219	-0,049761	67	-0,018816	346	0,028574	348	-0,028574
266	222	0,070469	70	0,008407	346	-0,032865	348	0,032865
267	223	-0,048609	71	-0,046206	346	0,039519	348	-0,039519
268	225	-0,017427	73	-0,017684	346	0,014630	348	-0,014663
269	226	0,013032	74	0,013004	346	-0,010848	348	0,010848
270	227	0,007540	75	0,008034	346	-0,006489	348	0,006489
271	228	0,004196	76	0,003417	346	-0,003172	348	0,003172
272	229	-0,045062	77	-0,042449	346	0,036838	348	-0,036838
273	230	-0,000115	78	-0,035044	346	0,027149	348	-0,027149

BARRA	GRADO LIB P	MOMENTO Mp	GRADO LIB q	MOMENTO Mq	GRADO r	CORTANTE Vr	GRADO s	CORTANTE Vs
274	231	-0,018111	79	-2,0x0E-4	346	0,007632	348	-0,007632
275	234	0,055901	82	0,003663	346	-0,024735	348	0,024735
276	235	-0,089574	83	-0,006481	346	0,052523	348	-0,052523
277	240	0,137438	88	0,019281	246	-0,065000	348	0,0653
278	241	-0,062917	89	-0,032971	346	0,048286	348	-0,048286
279	246	0,198117	94	0,052957	346	-0,104614	348	0,104614
280	247	-0,053020	95	-0,016144	346	0,039358	348	-0,039358
281	248	-0,064835	96	-0,019404	346	0,010266	348	-0,010266
282	249	-0,049248	97	-0,011105	346	0,029664	348	-0,029664
283	252	0,155465	100	0,042482	346	-0,082444	348	0,082444
284	253	-0,045349	101	-0,036110	346	0,033958	348	-0,033958
285	255	-0,020137	103	-0,008446	346	0,011910	348	-0,011910
286	258	0,073363	106	0,027295	346	-0,041941	348	0,041941
287	259	-0,093821	107	-0,008855	346	0,044865	348	-0,044865
288	261	-0,006114	109	-0,017778	346	0,009955	348	-0,009955
289	262	0,008861	110	0,011415	346	-0,008448	348	0,008448
290	263	0,018295	111	0,019441	346	-0,015723	348	-0,015723
291	264	0,026564	112	0,020295	346	-0,019525	348	0,019525
292	265	-0,065915	113	-0,032699	346	0,053589	348	-0,053589
293	266	-0,045347	114	-0,051350	346	0,040290	348	-0,040290
294	267	-0,038162	115	-0,018635	346	0,023665	348	-0,023665
295	270	0,047862	118	-0,001783	346	-0,019241	348	0,019241
296	271	-0,014722	119	-0,021933	346	0,015273	348	-0,015273
297	273	-0,051170	121	-0,017906	346	0,028806	348	-0,028806
298	276	0,062294	124	-0,019483	346	-0,022337	348	0,022337
299	277	-0,007645	125	-0,001489	346	0,003806	348	-0,003806
300	278	0,00235199	126	2,163E-4	346	-0,001070	348	0,001070
301	279	-0,002362	127	-2,35E-4	346	0,001082	348	-0,001082
302	280	0,007850	128	0,001913	346	-0,004068	348	0,004068

## **Capitulo IV.-Conclusiones**

**CONCLUSIONES**

En relación con la interacción estática suelo-estructura se puede concluir lo siguiente:

1.-Es posible realizar análisis de interacción estática suelo-estructura en tres dimensiones, tomando en cuenta toda la estructura así como todos los estratos del subsuelo, y obtener tanto sus elementos mecánicos que actúan en la estructura en general, como en cualquier punto que se desee en la estructura de cimentación, en particular, sin necesidad de realizar un gran esfuerzo numérico.

2.-Se pueden llevar a cabo análisis de interacción estática suelo-estructura, para un cierto nivel de esfuerzos establecido, sin necesidad de realizar iteraciones, considerando como incógnitas a las reacciones del terreno, que a su vez son cargas sobre la estructura, calculando los hundimientos del suelo en función de las cargas sobre él y estableciendo la compatibilidad de deformaciones entre la subestructura y el suelo.

3.-Como el módulo de elasticidad del concreto, para fines de cálculo, disminuye con el tiempo y la deformabilidad del terreno de cimentación es función del nivel de esfuerzos, ya que su

comportamiento no es lineal, además de cambiar con el tiempo principalmente en los sedimentos finos saturados, deben tomarse en cuenta en forma adecuada los cambios en las propiedades de deformación, por lo que se debe trabajar con módulos secantes de deformación del suelo de acuerdo con el nivel de esfuerzos y de acuerdo con el tiempo, especialmente si se trata con suelos finos saturados.

4.-A medida que la rigidez relativa estructura-suelo es menor, el asentamiento diferencial máximo, si bien disminuye en magnitud, representa un porcentaje mayor del asentamiento total máximo de la subestructura.

5.-Como se puede observar en cada uno de los ejes de la retícula de cimentación, el cambio en las reacciones del terreno sobre la subestructura es más acentuada a medida que la rigidez relativa estructura-suelo disminuye.

6.-En los resultados presentados se puede observar que los elementos mecánicos de mayor magnitud aparecen en los miembros estructurales más rígidos, mientras que los menores se obtienen en las losas, que son más flexibles.

7.-También se puede notar que los elementos mecánicos que aparecen al centro de los claros son más pequeños al disminuir la rigidez

relativa estructura-suelo, llegando a ser prácticamente nulos en los terrenos rígidos (baja compresibilidad) y muy rígidos (muy baja compresibilidad).

8.-El fenómeno mencionado permite concluir que los centros de las losas de cimentación prácticamente no trabajan cuando la rigidez relativa estructura-suelo es muy pequeña, es decir, cuando la estructura es mucho más flexible que el terreno sobre el cual se apoya.

9.-Se pueden esperar diferencias notables entre los resultados obtenidos con análisis de interacción estática suelo-estructura y los que se obtienen considerando una reacción uniforme. Estos cambios son tanto en los diagramas de hundimientos diferenciales como en las reacciones y en los elementos mecánicos (momentos flexionantes y cortantes).

10.-Como consecuencia de lo anterior, las secciones y los armados de las losas son menores que los que se obtienen a través de un análisis convencional (reacción uniforme sobre la estructura de cimentación).

11.-Mediante un análisis tridimensional de interacción estática suelo-estructura se pueden obtener los elementos mecánicos que actúan en los elementos verticales estructurales.



12.-Lo anterior permite concluir que deben realizarse análisis de Interacción Estática Suelo-Estructura, ya que los resultados obtenidos con el método convencional no representan lo que realmente sucede en una cimentación.

13.-Desde el punto de vista económico, los resultados obtenidos con interacción Estática Suelo-Estructura conducen a una reducción apreciable en el costo de la estructura de cimentación.

14.-Como se pudo observar, es posible en forma relativamente sencilla llevar a cabo el análisis de interacción suelo-estructura en tres dimensiones, tomando en cuenta toda la estructura y todos los estratos del subsuelo.

15.-Uno de los aspectos importantes es que para aplicar esta técnica en la práctica profesional, al usar el programa presentado en este trabajo, este utiliza grandes cantidades de memoria ya que en el espacio el número de grados de libertad es mucho mayor que el que se utiliza en análisis bidimensionales.

BIBLIOGRAFIA

- 1.-BEAUFIT, F. Análisis estructural. Prentice-Hall Internacional, E.U.A., 1977.
- 2.-DEMENECHI, A. "Un método para el análisis conjunto de la estructura y el suelo". Rev. Ingeniería, Vol XLIX, No 3, 1979.
- 3.-DEMENECHI, A. "Interacción suelo-estructura". Rev. Ingeniería, Vol LIII, No 4, 1983.
- 4.-DEMENECHI, A. "Interacción estática suelo-estructura". Memorias del Simposio sobre Interacción Suelo-Estructura y Diseño Estructural de Cimentaciones, Soc Mex de Mecánica de Suelos, México, 1991.
- 5.-DEMENECHI, A. "Interacción estática suelo-estructura. Análisis tridimensional". Rev. Ingeniería, Vol LXII, 1992.
- 6.-PUEBLA, H. "Influencia de la rigidez del terreno de cimentación en los resultados de la interacción estática suelo-estructura". Tesis de la División de estudios de posgrado de la Facultad de Ingeniería.

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA