

ESTUDIO TEORICO SOBRE EL ORIGEN DE LAS CARACTERISTICAS MORFOLOGICAS DE LAS PIAS (GNAMMAS, VASQUE).

VIDAL ROMANI, Juan Ramón

Laboratorio Xeolóxico de Laxe. Fundación Isidro Parga Pondal. 15168 O CASTRO, (SADA, A Coruña). España.



RESUMEN:

Las pías (vasque, gnamma), son microformas graníticas a las que se atribuye comúnmente un origen epigénico. Cuando una carga puntual, de magnitud adecuada actúa sobre una superficie rocosa, produce roturas según superficies similares a las de las pías (vasque, gnamma). En este trabajo se resuelven dos supuestos de carga teóricos para 2 y 10 Tm, deduciéndose para una roca granítica sana las formas y tamaños de las pías (gnamma, vasque) que se originarían según aquellas.

ABSTRACT:

Pías (vasque, gnamma) are granite microforms generally understood as originated by epigenic agents. When punctual charges, of adequate magnitude acts over a rocky surface, are produced breaking planes with shapes similar to pías (vasque, gnamma). This paper determine for two theoretical cases of punctual charges (2 and 10 tones) acting over a granite surface rock, the breaking surfaces produced, with shape and measures of each them.

INTRODUCCION

Las pías (gnammas, vasques), son de entre las microformas graníticas, las más ubícuas en cuanto a su aparición en todo tipo de situaciones topográficas, climáticas o ambientales. También, y aunque nuestro trabajo se refiere únicamente al desarrollo de este tipo de microformas sobre rocas graníticas, las pías, (vasque, gnamma), pueden encontrarse, al menos con morfologías similares, sobre muy distintas litologías, (areniscas, calizas, metapelitas, etc.).

Si la morfología es inequívoca, no ocurre lo mismo con las génesis propuestas para ella, existiendo numerosas hipótesis sobre el origen de las pías (vasque, gnamma), fundamentalmente epigénicas (TWIDALE, C.R.; 1982).

En nuestro trabajo se estudia teóricamente la génesis de una pía(vasque,gnamma) como producida por un proceso de concentración de cargas en puntos localizados del macizo rocoso, desarrollándose el cálculo para una roca con unas propiedades geotécnicas asimilables a las de un granito, o más generalmente, a una roca de estructura masiva, compacta y sana.

Esta génesis, que trata de explicar el origen de estas microformas, por concentración de cargas, forma parte del denominado " Modelo elástico de formación de cavidades", (Vidal Romani, J.R.; 1983, 1984 a, b; 1985). Lo expuesto aquí difiere de / esos trabajos anteriores en que, las deducciones teóricas para la formación de pías(vasque,gnammas), realizadas en aquellos según un modelo bidimensional, si / bien extrapolable bajo ciertas condiciones a tres dimensiones, se desarrollan en el presente trabajo según un modelo tridimensional.

Aunque los resultados de ahora confirmen los supuestos iniciales, podemos deducir en este trabajo un trazado más preciso de los contornos de las cavidades tipo pía(vasque,gnamma), o cachola(tafone, cavernous weathering), producidas por concentración de cargas en superficies rocosas.

MODELO ELASTICO DE FORMACION DE CAVIDADES BI Y TRIDIMENSIONAL

En nuestra opinión, expresada ya en trabajos anteriores, (VIDAL ROMANI, J.R.; 1983, 1984 a, 1984 b, 1985), las cavidades tipo pía(vasque,gnamma), se producen por la / actuación de cargas concentradas en determinados puntos de un macizo rocoso. Tal concentración de cargas, puede ser ocasionada por cualquiera de los tipos de fuerzas actuantes sobre un macizo rocoso a lo largo de su historia geológica. Estas fuerzas, pueden producir una modificación en la actuación de las cargas que obran sobre el macizo, variando su distribución, desde una de tipo litostático, a otra de tipo dirigido, (VIDAL ROMANI, J.R., 1983).

Si en un principio pretendíamos que este cambio en el régimen de las cargas actuantes se daba en un ambiente subsuperficial, (aproximadamente a unos 300 metros de profundidad), mediante el proceso, verosímil al menos, denominado por nosotros, (VIDAL ROMANI, J.R.; 1983), de migración y concentración de cargas, ahora pensamos / que, también como resultado de la actuación de los esfuerzos tectónicos puede tener lugar, además de la formación del sistema de diaclasas, la generación de microformas tipo pía(vasque,gnamma).

Para resolver el problema de la deformación y rotura de un macizo rocoso, sujeto a la actuación de cargas puntuales, se desarrolló un programa de cálculo, detallado /

en trabajos anteriores,(VIDAL ROMANI,J.R.;1983,1985). Mediante el, se pueden determinar las posibles superficies de rotura, denominadas allí, superficies |S|, y que serían específicas de cada uno de los distintos supuestos de carga,(variación en / la magnitud de las cargas en cada caso, o en la distribución areal de las mismas / sobre la superficie afectada), variación en las propiedades geotécnicas de la roca considerada en cada caso,(resistencia a la compresión simple,ángulo de rozamiento, etc.).

De acuerdo con esto, según las características de la carga y de la roca afectada / por ella, alrededor de cada punto en el que aquella se aplique, se vá a poder dibujar un sistema de superficies, concéntricamente dispuestas alrededor del punto / de aplicación de la carga, que nos indicarán la susceptibilidad a la meteorización de la roca en esa zona. Esta susceptibilidad viene cuantificada, relativamente, por un número asociado a cada curva |S| en los dibujos(ver figuras 5,6 y 17 a 21).

Es así como, los contornos |S|, específicos de cada caso resuelto, nos definen las formas de las cavidades tipo pía(vasque,gnamma), consecuencia directa, según nuestro modelo de la magnitud de la fuerza aplicada, de las características geotécnicas de la roca, y del área de distribución de la carga.

Si consideramos que los supuestos de aplicación de cargas puntuales que se dan en / los procesos naturales de deformación-rotura de un macizo rocoso, varían según las tres variables reseñadas en el apartado anterior, también diferirá, consecuentemente ,el sistema de superficies |S| engendrado en cada caso.

Si a esto se añade que los esfuerzos tectónicos regionales o locales, no se atienen en todos los casos a pautas regulares, sino que se distribuyen en el macizo según / pautas de comportamiento desconocido, o poco conocido, por el momento para nosotros, nos encontraremos con que, no solo las formas y tamaños de las pías(vasque,gnamma), sino su distribución o localización en los macizos rocosos, no se atenderán a regla conocida alguna.

Este factor de aleatoriedad, en forma, tamaño y distribución, es el que ocasiona /- en nuestra opinión, la principal confusión en cuanto al origen de las microformas, en este caso las pías(gnammass,vasque), al interpretarse como resultado exclusivo de factores epigénicos, y no tenerse, en consecuencia en cuenta, el factor endógeno, /- que,según nosotros, interviene indudablemente en la génesis primera de estas microformas, si bien, el proceso de evacuación de los volúmenes de roca, debilitados por la aplicación de cargas puntuales sea innegablemente,epigénico.

METODOLOGIA DE TRABAJO.SUPUESTOS DE CARGA RESUELTOS

Con el fin de comparar los efectos producidos por una concentración de cargas en un punto del macizo, con una distribución areal, y una diferente magnitud de aquella,

se han desarrollado dos casos diferentes.

En uno de ellos, (CASO 1), la carga, de 10 Tm, se distribuyó según un área cuadrada de 1 cm^2 . Para evitar problemas de distorsión en el cálculo de las superficies de rotura en la vecindad de los puntos de aplicación de la carga, se han supuesto las 10 Tm, divididas en 2500 cargas individuales de 4 kgs., aplicadas / cada una de ellas, (ver figura 1), en el centro de un cuadrado de 4 mm^2 de área, que forma parte de una red en la que se subdivide el área de aplicación de la /- carga.

En el segundo supuesto (CASO 2), la carga, de 2 Tm, se distribuye según un área / rectangular de $1 \times 0.2 \text{ cm}$ (2 cm^2). También, como en el CASO 1, para evitar problemas de distorsión a la hora de calcular las curvas |S|, en la vecindad de los /- puntos de aplicación de la carga se supone a esta repartida en 500 cargas individuales de 4 kgs, aplicadas en el centro de pequeños cuadrados de 4 mm^2 de área en que se subdivide el área de aplicación de la carga global, (ver figura 2).

Las características geotécnicas supuestas para la roca en ambos casos, son las /- siguientes: Densidad 2.6 gr/cm^3 ; Cohesión 1.000 Kg./cm^2 , Angulo de rozamiento (ϕ), 40° . Estos valores se corresponden con los de un granito sano, no meteorizado.

Con estos datos se ha procedido a calcular, mediante ordenador, en que puntos del macizo se producen las condiciones de rotura (cociente entre el radio del Círculo de Mohr y la distancia desde el centro de este a la curva intrínseca de resistencia elástica, menor o igual a la unidad). Se realizó el cálculo de este cociente / para cada punto del volumen rocoso afectado por la carga en cada uno de los dos / casos considerados.

Así, deducimos las superficies |S|, o de susceptibilidad a la meteorización.

DETERMINACION DE LOS VALORES |S|

La determinación de los valores de |S| se realiza por niveles, (grella en las tablas), denominados, parrillas, espaciados de 10 en 10 cms., a partir de la superficie situada a 0.02 cm. de la de aplicación de la carga (para evitar distorsión en el cálculo en la vecindad de los puntos de aplicación de la carga) (Figuras 1 y 2). Las parrillas que se han calculado llegan hasta 1 metro de profundidad desde la / superficie de partida. En cada una de estas superficies se ha determinado el valor de |S|, según un retículo (retículo de cálculo), que supone una medida por cada /- centímetro, a lo largo de una longitud de 1.1 m. El número de determinaciones viene designado, (ver figuras 1 y 2), como N (según X), M (según Y), indicando L (según Z) el número de niveles o parrillas estudiado.

Para dibujar las curvas $|S|$, se han seleccionado una serie de direcciones que nos permitan reconstruir el perfil de la pía(gnamma,vasque), en tres dimensiones.

En el CASO 1, la simetría de la distribución de la carga facilita la resolución del problema al ser iguales los valores de $|S|$ en las direcciones:

$$X = 0 ; Y = \text{variable} \quad \text{y} \quad X = \text{variable}; Y = 0$$

$$X = 0.5 ; Y = \text{variable} \quad \text{y} \quad X = \text{variable}; Y = 0.5$$

(ver TABLAS 1,2,3,4).

Así, las curvas $|S|$, dibujadas según estos datos,(Figuras 3 y 4), son las mismas para los casos anteriormente expresados.

Ateniendonos a las curvas $|S|$ dibujadas, hemos procedido a hallar, por interpolación las coordenadas de los puntos en que $|S|$ es igual a 1.0, 1.5, 2.0,2.5, 3.0, 3.5,etc., para cada caso(ver TABLAS 5,6,7,8), lo que nos ha permitido dibujar el contorno de la pía(vasque,gnamma)(Figuras 5 y 6), según cuatro direcciones diferentes.

En el CASO 2,(figura 2),al distribuirse la carga según un área rectangular,no / se pueden realizar tantas simplificaciones como en el caso anterior.

Aquí, hemos calculado el valor de $|S|$, por parrillas según las direcciones:

$$X = 0; Y = \text{variable}$$

$$Y = 0, X = \text{variable}$$

$$X = 0.2, Y = \text{variable}$$

$$X = \text{variable}; Y = 0.1$$

$$X = 0.5; Y = \text{variable}$$

(ver TABLAS 9,10,11,12,13).

Con arreglo a estos datos, se dibujan aquí las curvas $|S|$, para cada uno de los supuestos antes señalados,(Figuras 7,8,9,10,11,12,13,14,15,y 16).

A partir de estas curvas, por interpolación, obtendremos las coordenadas de los puntos en los que $|S|$ alcanza los valores 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5, etc.,/- para cada caso,(ver TABLAS 14,15,16 y 17).

Finalmente, a partir de estos datos, se dibuja el contorno de las pías(vasque,/gnamma),correspondiente al CASO 2,(Figuras 17,18,19,20 y 21).

CONCLUSIONES

Son varias las conclusiones que se pueden deducir a partir del examen de los cortes transversales de los dos tipos de pías(vasque,gnamma), teóricamente deducidos. La primera de ellas es que, según el Modelo elástico de formación de cavidades, /-

existe una relación entre la forma de la pía(vasque,gnamma), en planta, y la distribución areal de la carga que la origina:

Cargas con una distribución equidimensional (planta cuadrada), dan lugar a pías / de contorno circular, mientras que, cargas con una distribución rectangular dan origen a pías(vasque,gnamma), de contorno elipsoidal.

Otra de las deducciones que se pueden hacer es la de que, la abertura de la pía, (vasque,gnamma), se corresponde, aproximadamente, con el área de aplicación de / la carga.

Es también importante resaltar que, una de las características distintivas de las pías(vasque,gnamma), los rebordes sobre-excavados, se pueden justificar, no solo / como consecuencia del estacionamiento del agua en la cavidad, (VIDAL ROMANI, J.R.; 1983), sino también como una diferente de alteración de la roca debido a la magnitud de la carga aplicada en cada caso.

También podemos, por primera vez, cuantificar la carga necesaria para producir /- una cavidad tipo pía(gamma,vasque). En los dos casos aquí resueltos, vemos como fuerzas de 10 Tm y 2 Tm, producen, en principio ($|S| < 1$), cavidades de 1 m. de /- profundidad y 1.3m. de diámetro máximo, para el primer caso, y de 0.5 m. de profundidad y 1.2 m. de elongación máxima, en el segundo caso.

Finalmente, si bien los dos casos de formación de pías(vasque,gnamma), teóricamente resueltos tienen una aplicación limitada a la hora de permitírnos deducir las fuerzas necesarias para producir el sistema de microformas tipo pía(vasque,gnamma) que afecten a un macizo rocoso, es evidente que, según el modelo elástico de formación de cavidades, pueden ser explicadas algunas de las características de estas microformas que hasta ahora se suponían como exclusivamente formadas por procesos de /- carácter epigénico.

BIBLIOGRAFIA

- TWIDALE, C.R. (1982).- Granite Landforms. Editorial Elsevier, 372 págs. Amsterdam
- VIDAL ROMANI, J.R. (1983).- El cuaternario de la provincia de A Coruña. Geomorfología granítica. Modelos elásticos de formación de cavidades. (2 T.). / Tesis Doctoral. Pub. Univ. Complut. Madrid. 600 págs. Madrid. publicada en 1985.
- VIDAL ROMANI, J.R. (1984) a.- Micromodelado de rocas graníticas. Un nuevo modelo genético. I Congr. Español de Geología. T.I, págs. 585-594. Madrid
- VIDAL ROMANI, J.R. (1984) b.- Geomorfología granítica. Modelos de deformación post-tectónica de los macizos rocosos. Mem. e Not., Publ. Mus. Lab. Min. Geol. Univ. Coimbra, nº 97, págs. 143-158. Coimbra.
- VIDAL ROMANI, J.R. (1985).- Los rock doughnuts. Génesis y morfología. Aplicación a algunos casos gallegos. Act. I, Reun. Quat. Iber., Vol. II, págs. 459-473. Lisboa.

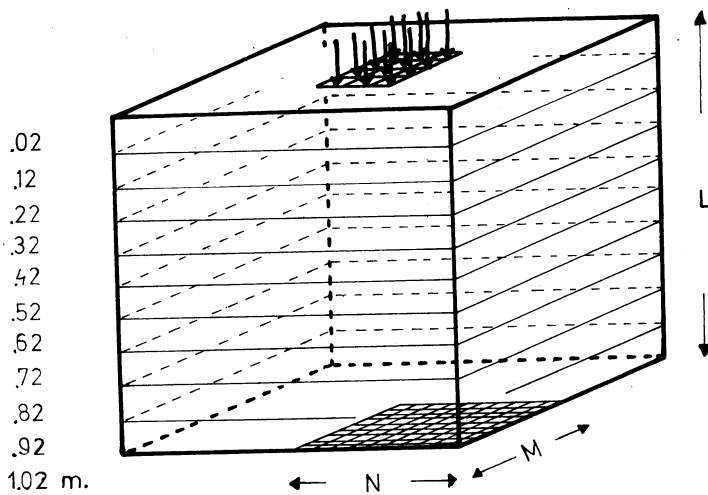


FIG. 1

CASO 1.- Concentración de carga en área cuadrada. En la figura se ve la situación de las parrillas de cálculo, cada una señalada por un número que indica su distancia a la superficie libre de aplicación de la carga. Las flechas figuran las cargas individuales de 4 kg., aunque obviamente no se han pues

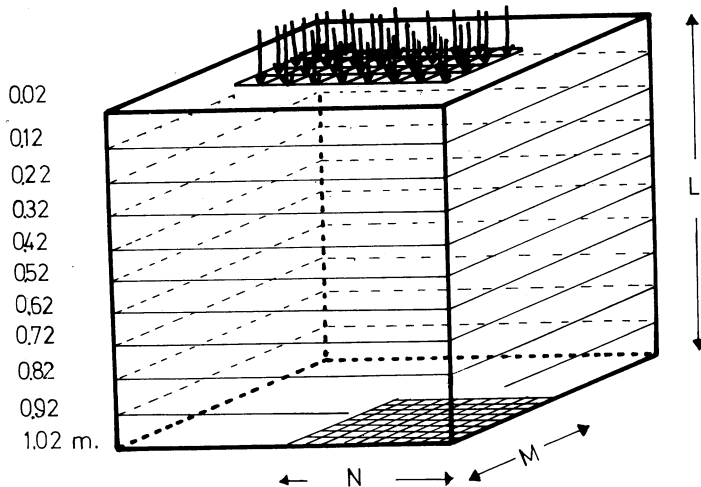
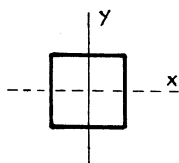


FIG. 2

to todas. En la base de la figura aparece el enrejado de cálculo de los valores $|S|$ que dada la simetría de la carga y de su distribución, sería igual en el resto de / los otros 3 cuadrantes. En las Tablas 1 a 17 aparecen los valores obtenidos para $|S|$ en cada uno de esos puntos del enrejado y para las 11 parrillas de cálculo.

CASO 2.- Concentración de carga en área rectangular. La explicación de la figura anterior es válida también para este.

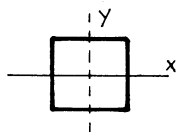


GRELLA 0,02 0,12 0,22 0,32 0,42 0,52 0,62 0,72 0,82 0,92 1,02

X

1,0	1,52	4,20	3,23	2,29	1,86	1,65	1,56	1,50	1,48	1,49	1,51
0,9	1,34	4,53	2,54	1,81	1,51	1,40	1,36	1,35	1,35	1,37	1,41
0,8	1,22	3,31	1,84	1,39	1,26	1,21	1,21	1,23	1,24	1,27	1,32
0,7	1,21	2,01	1,26	1,12	1,08	1,08	1,10	1,13	1,16	1,20	1,26
0,6	1,69	1,02	0,96	0,96	0,97	0,98	1,01	1,05	1,09	1,14	1,20
0,5	0,66	0,75	0,82	0,87	0,90	0,93	0,96	0,99	1,04	1,10	1,17
0,4	0,66	0,72	0,77	0,82	0,85	0,88	0,92	0,95	1,01	1,06	1,14
0,3	0,66	0,74	0,77	0,80	0,83	0,86	0,89	0,93	0,98	1,04	1,12
0,2	0,66	0,75	0,79	0,81	0,83	0,85	0,88	0,92	0,97	1,03	1,11
0,1	0,66	0,75	0,79	0,81	0,83	0,85	0,87	0,91	0,96	1,02	1,10
0,0	0,66	0,75	0,80	0,82	0,83	0,85	0,87	0,91	0,95	1,02	1,10

TABLA 1.- Valores de $|S|$ para $Y=0$, X y Z variables, ordenados por parrillas (grellas). Las medidas se hacen de 10 en 10 cm. desde el centro del área cuadrada de aplicación de la carga.

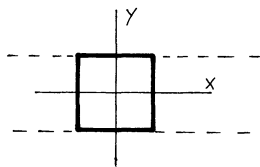


GRELLA 0,02 0,12 0,22 0,32 0,42 0,52 0,62 0,72 0,82 0,92 1,02

Y

1,0	1,68	4,32	4,04	2,75	2,22	1,93	1,78	1,70	1,66	1,65	1,66
0,9	1,45	4,39	3,15	2,23	1,79	1,62	1,55	1,53	1,51	1,52	1,55
0,8	1,25	4,20	2,35	1,65	1,45	1,38	1,36	1,38	1,40	1,42	1,45
0,7	1,09	2,48	1,47	1,26	1,21	1,20	1,22	1,26	1,30	1,33	1,37
0,6	1,08	1,11	1,02	1,03	1,05	1,08	1,11	1,16	1,22	1,26	1,31
0,5	0,65	0,77	0,85	0,90	0,95	0,99	1,04	1,09	1,16	1,21	1,27
0,4	0,65	0,74	0,80	0,85	0,90	0,95	0,99	1,05	1,11	1,17	1,23
0,3	0,65	0,75	0,81	0,85	0,88	0,92	0,97	1,02	1,08	1,12	1,20
0,2	0,66	0,75	0,82	0,85	0,88	0,92	0,96	1,00	1,06	1,11	1,18
0,1	0,66	0,75	0,82	0,86	0,89	0,92	0,95	0,99	1,04	1,10	1,17
0,0	0,66	0,75	0,83	0,87	0,90	0,92	0,96	0,99	1,04	1,10	1,17

TABLA 2.- Valores de $|S|$ para $X=0$, Y y Z variables, ordenados por parrillas (grellas). Las medidas de 10 en 10 cm. desde el centro del área cuadrada de aplicación de la carga.

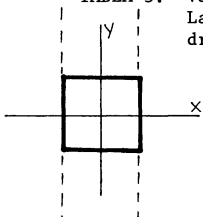


GRELLA 0,02 0,12 0,22 0,32 0,42 0,52 0,62 0,72 0,82 0,92 1,02

X

1,0	1,68	4,32	4,04	2,75	2,22	1,93	1,78	1,70	1,66	1,65	1,66
0,9	1,45	4,40	3,15	2,23	1,79	1,62	1,55	1,53	1,51	1,52	1,55
0,8	1,25	4,20	2,35	1,66	1,45	1,38	1,36	1,38	1,40	1,41	1,45
0,7	1,09	2,48	1,47	1,26	1,21	1,20	1,22	1,26	1,30	1,33	1,37
0,6	1,08	1,11	1,02	1,03	1,05	1,08	1,12	1,16	1,22	1,26	1,31
0,5	0,65	0,77	0,85	0,90	0,95	0,99	1,04	1,09	1,16	1,21	1,27
0,4	0,65	0,74	0,80	0,85	0,90	0,95	0,99	1,05	1,11	1,17	1,23
0,3	0,65	0,75	0,81	0,85	0,89	0,92	0,97	1,02	1,08	1,14	1,20
0,2	0,66	0,75	0,82	0,85	0,88	0,92	0,96	1,00	1,06	1,11	1,18
0,1	0,66	0,75	0,82	0,86	0,89	0,92	0,95	0,99	1,04	1,10	1,17
0,0	0,66	0,75	0,83	0,87	0,90	0,92	0,96	0,99	1,04	1,10	1,17

TABLA 3.- Valores de $|S|$ para $Y=0.5$, X y Z variables ordenados por parrillas
Las medidas se hacen de 10 en 10 cm., desde el centro del área cuadrada de aplicación de la carga.



GRELLA 0,02 0,12 0,22 0,32 0,42 0,52 0,62 0,72 0,82 0,92 1,02

Y

1,0	1,52	4,20	3,23	2,29	1,86	1,65	1,56	1,50	1,48	1,49	1,51
0,9	1,34	4,53	2,54	1,81	1,51	1,40	1,36	1,35	1,35	1,37	2,41
0,8	1,22	3,31	1,84	1,39	1,26	1,21	1,21	1,23	1,24	1,27	1,32
0,7	1,21	2,00	1,26	1,12	1,08	1,08	1,10	1,13	1,16	1,20	1,26
0,6	1,69	1,02	0,96	0,96	0,97	0,99	1,01	1,05	1,09	1,14	1,21
0,5	0,66	0,75	0,83	0,87	0,90	0,92	0,96	0,99	1,04	1,10	1,17
0,4	0,66	0,72	0,77	0,82	0,85	0,88	0,92	0,96	1,01	1,06	1,14
0,3	0,66	0,74	0,77	0,80	0,83	0,86	0,89	0,93	0,98	1,04	1,12
0,2	0,66	0,74	0,78	0,81	0,83	0,85	0,88	0,91	0,96	1,03	1,11
0,1	0,66	0,75	0,79	0,81	0,83	0,85	0,87	0,91	0,96	1,02	1,10
0,0	0,66	0,75	0,80	0,82	0,83	0,85	0,87	0,90	0,95	1,02	1,10

Tabla 4.- Valores de $|S|$ para $X=0.5$, Y y Z variables ordenados por parrillas (grella). Las medidas se hacen cada 10 cm. desde el centro del área cuadrada de la aplicación de la carga.

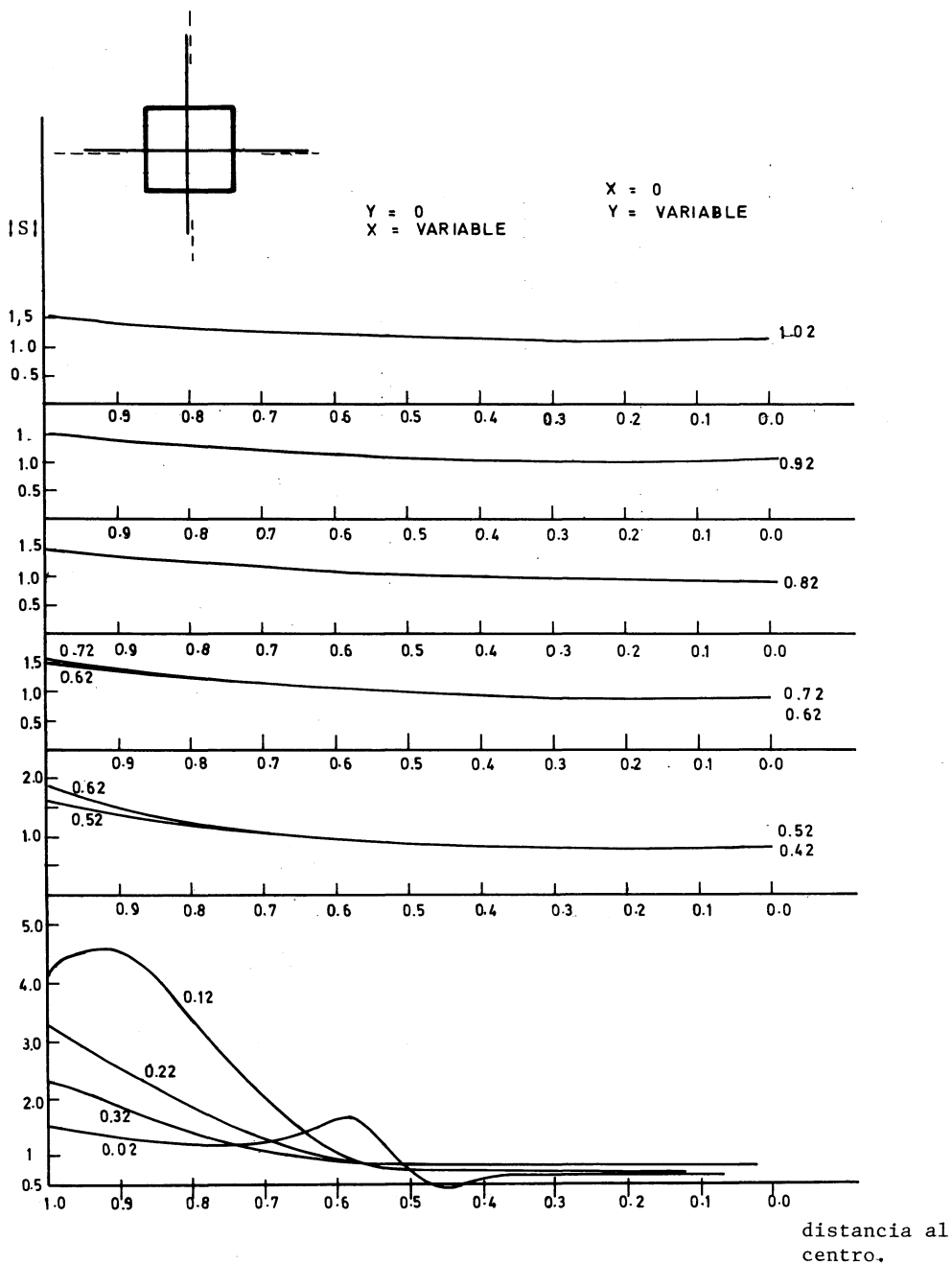


Figura 3.- Curvas $|S|$ en función de la distancia al centro de coordenadas individualizadas para cada parrilla(grella)-

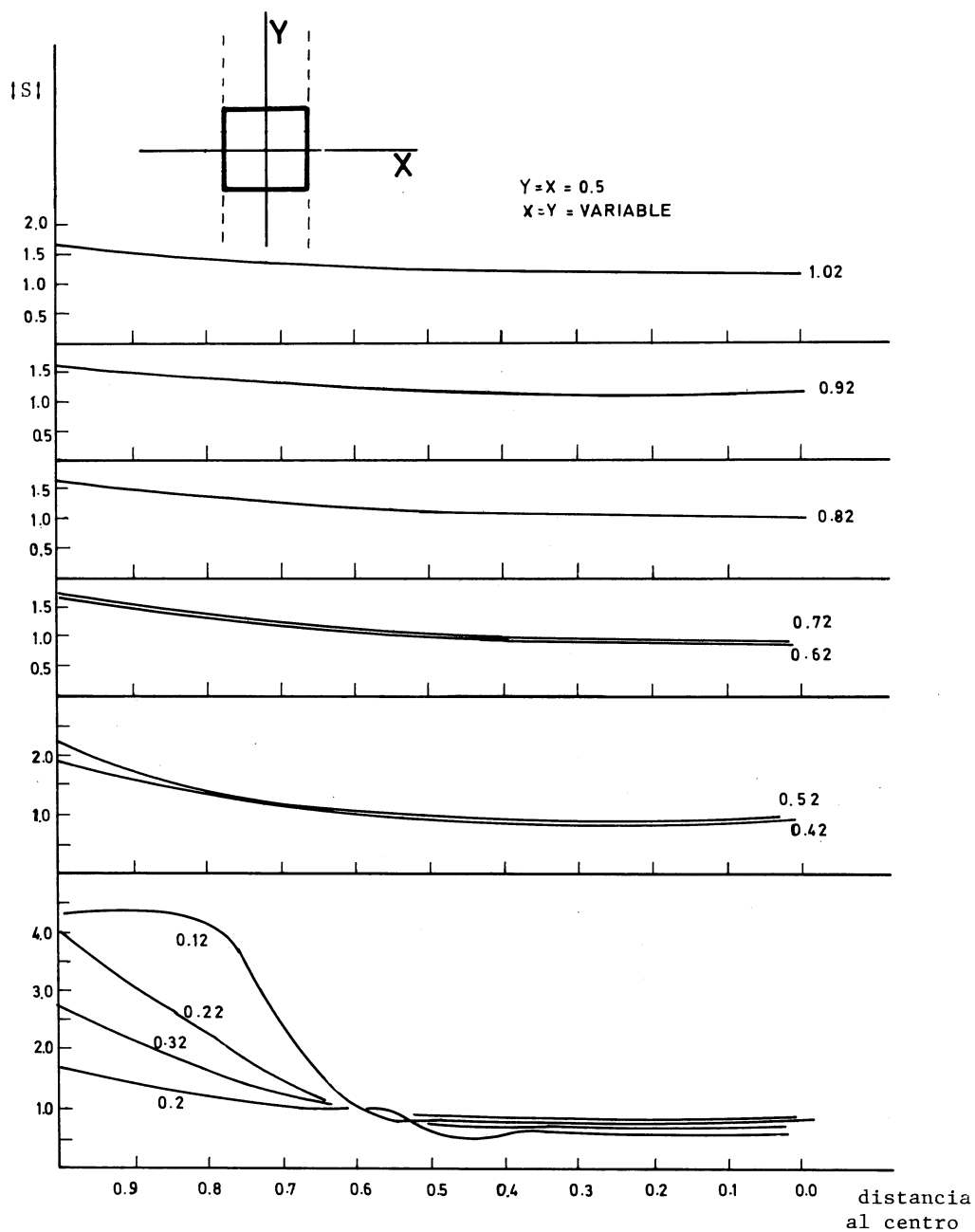


Figura 4.- Curvas $|S|$ en función de la distancia al centro de coordenadas (abscisas) , individualizadas para cada parrilla(grella).

GRELLA	0,02	0,12	0,22	0,32	0,42	0,52	0,62	0,72	0,82	0,92	1,02
(S)											
1,0	0,54	0,58	0,61	0,60	0,55	0,49	0,43	0,19			
1,5	0,92	0,64	0,70	0,77	0,82	0,86	0,88	0,90	0,90	0,88	0,86
2,0	----	0,67	0,76	0,86	0,95	1,02					
2,5	----	0,70	0,82	0,95							
3,0	----	0,72	0,88								
3,5	----	0,75	0,94								
4,0	----	0,78									

TABLA 5.- Valores de |S| en intervalos regulares interpolados a partir de las curvas de las figuras 3 y 4. Y=0.5, X= variable.

GRELLA	0,02	0,12	0,22	0,32	0,42	0,52	0,62	0,72	0,82	0,92	1,02
(S)											
1,0	0,57	0,58	0,59	0,60	0,56	0,52	0,46	0,20			
1,5	0,92	0,64	0,70	0,77	0,82	0,86	0,87	0,99	0,87	0,88	0,84
2,0	----	0,67	0,76	0,86	0,96						
2,5	----	0,70	0,82	0,95							
3,0	----	0,72	0,88								
3,5	----	0,75	0,94								
4,0	----	0,78	0,99								

Tabla 6.- Valores de |S| en intervalos regulares, interpolados a partir de las curvas de las figuras 3 y 4. X=0.5, Y= variable.

GRELLA	0,02	0,12	0,22	0,32	0,42	0,52	0,62	0,72	0,82	0,92	1,02
(S)											
1,0	{0,53	0,60	0,62	0,66	0,63	0,63	0,57	0,50	0,40		
1,5	{0,56										
	{0,62	0,65	0,74	0,83	0,89	0,94	0,96	1,00	1,01	1,01	0,98
	{1,00										
2,0	----	0,70	0,83	0,94							
2,5	----	0,74	0,90								
3,0	----	0,78	0,97								
3,5	----	0,81									
4,0	----	0,84									
4,5	----	{0,89									
		{0,95									

Tabla 7.- Valores de |S| en intervalos regulares, interpolados a partir de las curvas de las figuras 3 y 4. X=0, Y= variable.

GRELLA	0,02	0,12	0,22	0,32	0,42	0,52	0,62	0,72	0,82	0,92	1,02
--------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

(S)

1,0	{0,52 0,55	0,60	0,63	0,65	0,64	0,64	0,55	0,52	0,36		
1,5	{0,63 1,00	0,66	0,74	0,86	0,90	0,94	0,96	1,00	1,01	0,98	0,98
2,0	----	0,70	0,83	0,96							
2,5	----	0,75	0,89								
3,0	----	0,78	0,97								
3,5	----	0,81									
4,0	----	0,85									
4,5	----	{0,89 0,91									

TABLA 8.- Valores de $|S|$, en intervalos regulares, interpolados a partir de las curvas de las figuras 3 y 4. X=variable, Y= 0.

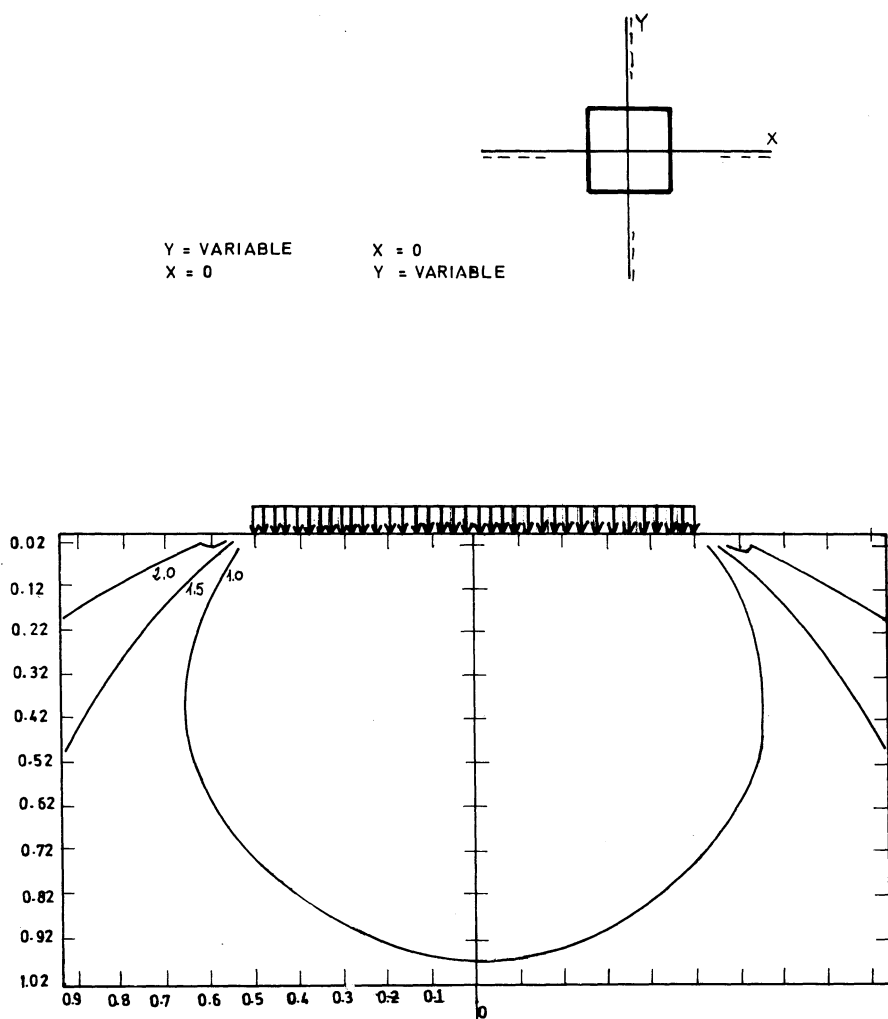


Figura 5.- Reconstrucción de las superficies $|S|$ a partir de las TABLAS 5 a 8
Las líneas a puntos en el esquema superior indican las direcciones
en que ha sido dibujado el sistema de curvas $|S|$.

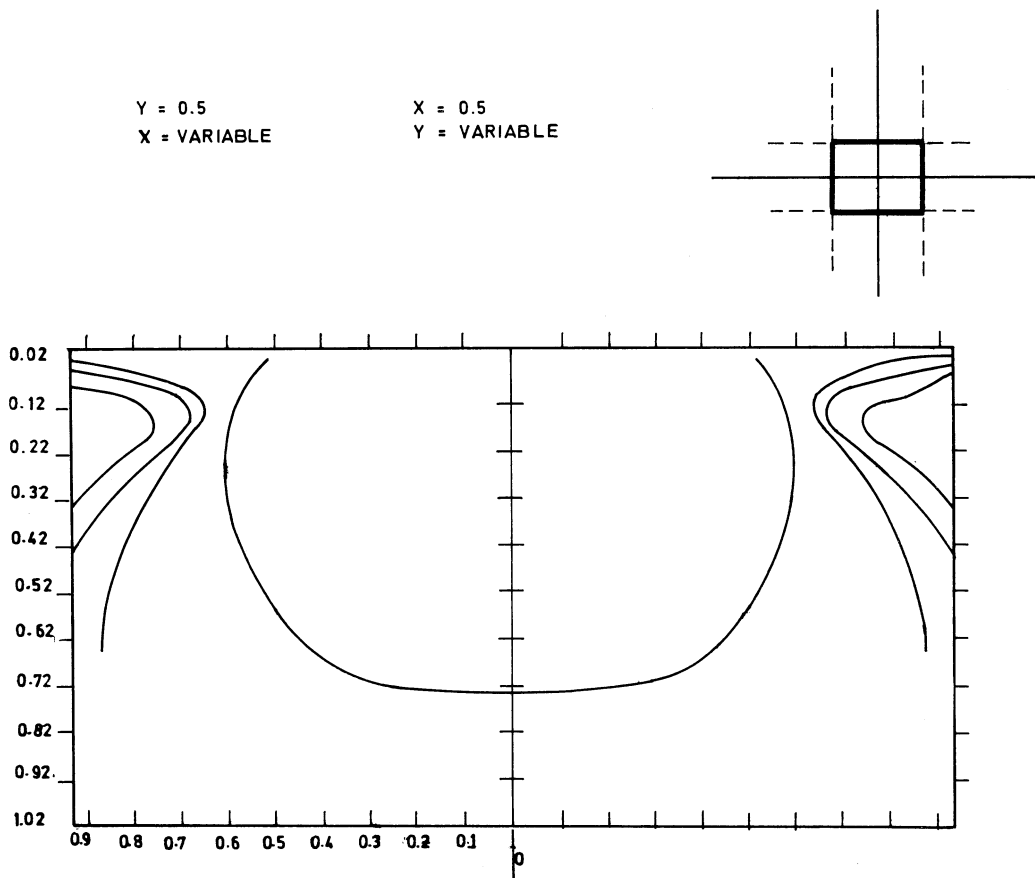


Figura 6.- Reconstrucción de las superficies $|S|$ a partir de las TABLAS 5 a 8 .Las líneas a puntos en el esquema superior indican las direcciones en que ha sido dibujado el sistema de curvas $|S|$.

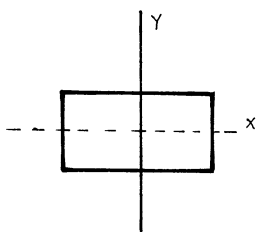


TABLA 9.- Valores de $|S|$ para X y Z variables, Y=0, ordenados por parrillas(grella). Las medidas fueron tomadas de 10 en 10 cm. desde el centro del área rectangular de aplicación de la carga. A puntos la dirección de cálculo referida a la de la carga.

GRELLA	0,02	0,12	0,22	0,32	0,42	0,52	0,62	0,72	0,82	0,92	1,02
X											
1,0	4,79	14,38	8,45	5,08	4,01	3,67	3,61	3,71	3,61	3,67	4,01
0,9	3,76	12,13	4,88	3,22	2,82	2,76	2,85	3,04	2,85	2,76	2,82
0,8	2,86	6,10	2,53	2,05	2,00	2,10	2,28	2,52	2,28	2,10	2,00
0,7	2,16	2,03	1,38	1,37	1,48	1,65	1,87	2,13	1,87	1,65	1,48
0,6	2,04	0,90	0,92	1,02	1,17	1,36	1,58	1,85	1,58	1,36	1,17
0,5	0,65	0,71	0,77	0,86	0,99	1,17	1,38	1,64	1,38	1,17	0,99
0,4	0,66	0,69	0,72	0,79	0,91	1,06	1,26	1,50	1,26	1,06	0,91
0,3	0,66	0,69	0,71	0,77	0,87	1,00	1,18	1,41	1,18	1,00	0,87
0,2	0,66	0,69	0,71	0,76	0,84	0,96	1,13	1,35	1,13	0,97	0,84
0,1	0,66	0,69	0,71	0,76	0,83	0,95	1,11	1,32	1,11	0,95	0,83
0,0	0,66	0,69	0,71	0,75	0,83	0,94	1,10	1,31	1,10	0,94	0,83

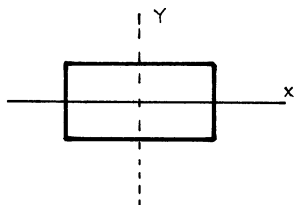


TABLA 10.- Valores de $|S|$ para Y y Z variables, X=0, ordenados por parrillas(grella). Las medidas fueron tomadas de 10 en 10 cm. desde el centro del área rectangular de aplicación de la carga. A puntos la dirección de cálculo referida a la de la carga.

GRELLA	0,02	0,12	0,22	0,32	0,42	0,52	0,62	0,72	0,82	0,92	1,02
Y											
1,0	7,53	15,84	17,65	10,17	7,47	6,16	5,46	5,09	4,93	4,92	5,03
0,9	6,48	14,65	12,86	7,79	5,87	4,94	4,46	4,24	4,19	4,26	4,43
0,8	5,56	13,59	9,34	5,93	4,53	3,88	3,63	3,53	3,56	3,70	3,92
0,7	4,75	12,97	6,74	4,35	3,37	3,03	2,95	2,94	3,05	3,23	3,49
0,6	4,08	10,90	4,79	3,02	2,52	2,38	2,40	2,47	2,62	2,85	3,15
0,5	3,57	6,88	2,96	2,12	1,91	1,89	1,96	2,08	2,28	2,54	2,87
0,4	3,29	3,97	1,84	1,53	1,49	1,54	1,63	1,79	2,01	2,30	2,65
0,3	3,54	1,71	1,22	1,17	1,19	1,26	1,39	1,57	1,81	2,12	2,48
0,2	4,12	0,94	0,92	0,92	0,97	1,08	1,22	1,42	1,67	1,99	2,37
0,1	0,66	0,72	0,75	0,79	0,87	0,98	1,13	1,33	1,59	1,92	2,31
0,0	0,66	0,69	0,71	0,75	0,83	0,96	1,10	1,31	1,57	1,89	2,28

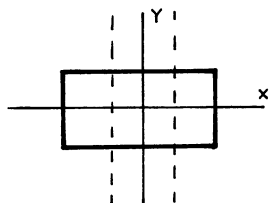


TABLA 11.- Valores de $|S|$ para Y y Z variables, $X=0.2m$, ordenados por parrillas(grella). Las medidas fueron tomadas de 10 en 10 cm. desde el centro del área rectangular de aplicación de la carga. A puntos la dirección de cálculo referida a la de la carga.

GRELLA 0,02 0,12 0,22 0,32 0,42 0,52 0,62 0,72 0,82 0,92 1,02

Y

1,0	7,66	15,99	18,36	10,53	7,72	6,35	5,61	5,23	5,06	5,04	5,14
0,9	6,6	14,8	13,4	8,09	6,08	5,1	4,59	4,36	4,30	4,36	4,53
0,8	5,65	13,71	9,74	6,16	4,7	4,01	3,74	3,64	3,66	3,79	4,01
0,7	4,82	12,95	7,03	4,52	3,49	3,12	3,02	3,04	3,14	3,32	3,58
0,6	4,11	11,07	4,96	3,13	2,59	2,45	2,46	2,55	2,70	2,93	3,23
0,5	3,54	7,06	3,04	2,17	1,95	1,94	2,02	2,15	2,35	2,61	2,94
0,4	3,17	3,89	1,86	1,55	1,51	1,56	1,68	1,85	2,08	2,37	2,72
0,3	3,22	1,69	1,22	1,17	1,20	1,29	1,43	1,62	1,87	2,18	2,55
0,2	3,65	0,93	0,91	0,93	0,99	1,10	1,26	1,47	1,73	2,05	2,44
0,1	6,57	0,72	0,75	0,80	0,88	1,00	1,16	1,34	1,65	1,97	2,37
0,0	6,59	0,69	0,71	0,76	0,84	0,97	1,13	1,35	1,62	1,95	2,35

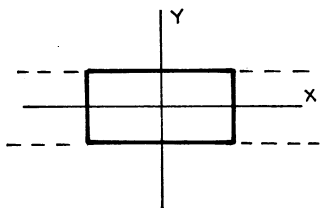


TABLA 12.- Valores de $|S|$ para X y Z variables, $Y=0.1m$, ordenados por parrillas(grella). Las medidas fueron tomadas de 10 en 10 cm. desde el centro del área rectangular de aplicación de la carga. A puntos la dirección de cálculo referida a la de la carga.

GRELLA 0,02 0,12 0,22 0,32 0,42 0,52 0,62 0,72 0,82 0,92 1,02

X

1,0	4,88	14,35	8,71	5,26	4,12	3,75	3,67	3,76	3,95	4,22	4,49
0,9	3,85	12,76	5,18	3,36	2,91	2,83	2,91	3,09	3,34	3,66	4,00
0,8	2,96	6,63	2,72	2,16	2,08	2,16	2,33	2,57	2,86	3,20	3,59
0,7	2,26	2,36	1,50	1,45	1,54	1,70	1,92	2,27	2,48	2,84	3,24
0,6	2,01	0,99	0,98	1,08	1,22	1,40	1,62	1,88	2,19	2,55	2,96
0,5	0,65	0,73	0,81	0,91	1,04	1,21	1,42	1,68	1,98	2,33	2,74
0,4	0,66	0,72	0,76	0,84	0,95	1,10	1,29	1,53	1,82	2,17	2,58
0,3	0,66	0,72	0,75	0,81	0,90	1,04	1,21	1,44	1,72	2,05	2,45
0,2	0,66	0,72	0,75	0,79	0,88	1,00	1,16	1,38	1,65	1,97	2,37
0,1	0,66	0,72	0,75	0,79	0,87	0,98	1,14	1,34	1,61	1,93	2,32
0,0	0,66	0,72	0,75	0,79	0,87	0,98	1,13	1,33	1,59	1,92	2,31

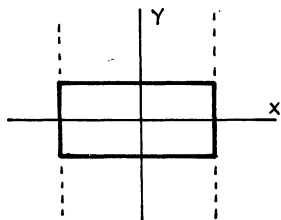


TABLA 13.- Valores de $\{S\}$ para Y y Z variables, $X= 0.5$ m., ordenados por parrillas(grella). Las medidas / fueron tomadas de 10 en 10 cm. desde el centro del área rectangular de aplicacion de la carga. A puntos aparece la dirección de cálculo referida a la de la carga.

GRELLA	0,02	0,12	0,22	0,32	0,42	0,52	0,62	0,72	0,82	0,92	1,02
Y											
1,0	8,42	16,81	22,62	12,67	9,14	7,44	6,52	6,00	5,75	5,67	5,73
0,9	7,29	15,65	16,81	9,86	7,31	6,06	5,39	5,06	4,94	4,95	5,07
0,8	6,26	14,53	12,37	7,62	5,79	4,84	4,43	4,26	4,24	4,34	4,52
0,7	5,32	13,55	9,03	5,81	4,34	3,79	3,60	3,58	3,66	3,82	4,06
0,6	4,47	12,63	6,47	4,03	3,23	2,97	2,94	3,02	3,18	3,39	3,68
0,5	3,71	9,38	4,08	2,76	2,41	2,35	2,42	2,57	2,78	3,05	3,37
0,4	3,04	5,34	2,38	1,90	1,83	1,89	2,03	2,22	2,47	2,77	3,12
0,3	2,49	2,17	1,43	1,36	1,43	1,56	1,73	1,96	2,24	2,56	2,94
0,2	2,28	0,99	0,98	1,06	1,18	1,34	1,54	1,78	2,08	2,42	2,82
0,1	0,65	0,73	0,81	0,91	1,04	1,21	1,42	1,68	1,98	2,33	2,74
0,0	0,65	0,71	0,77	0,86	0,99	1,17	1,38	1,64	1,95	2,30	2,72

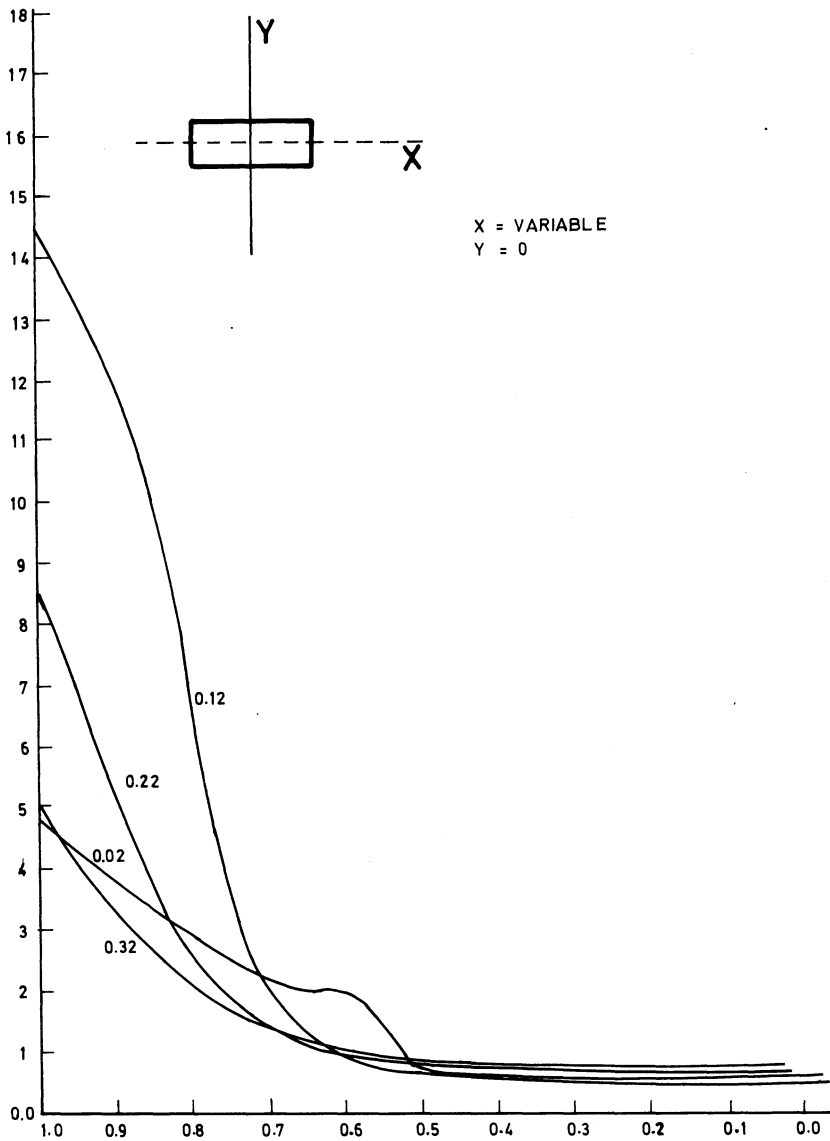


Figura 7.- Curvas $|S|$ en función de la distancia al centro de coordenadas, individualizadas para cada parrilla(grella). A puntos la orientación de la dirección de cálculo con respecto a la de la carga.

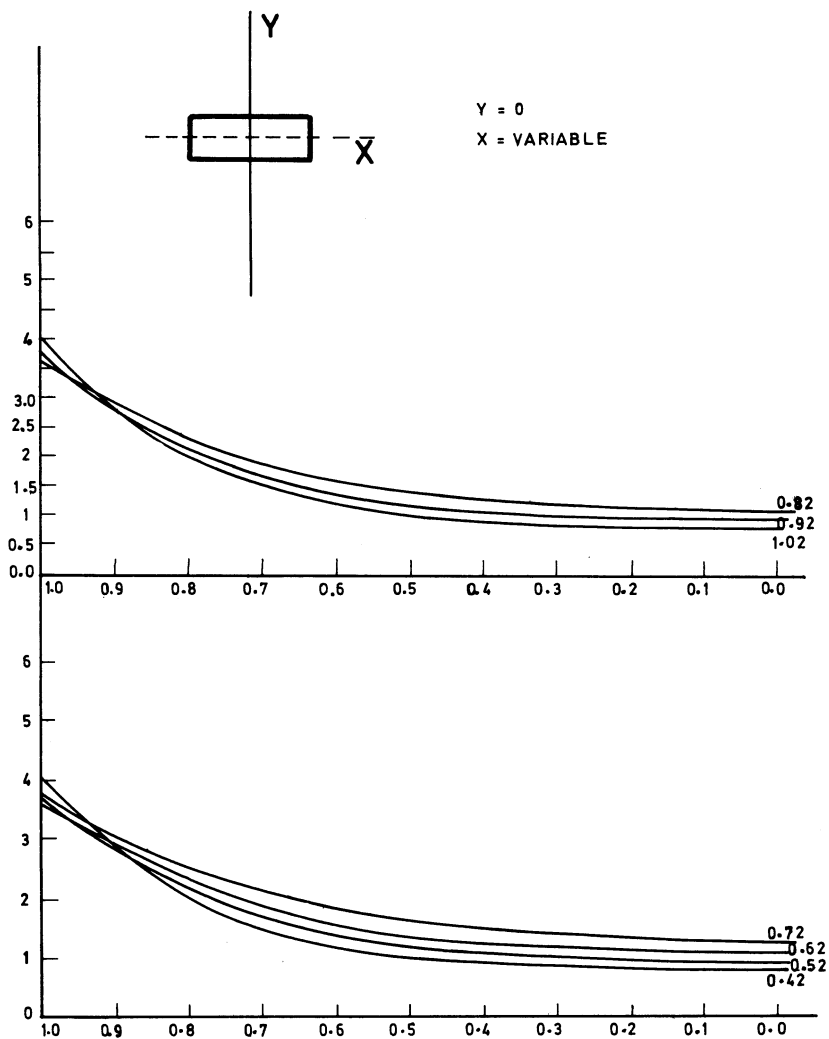


Figura 8.- Curvas $|S|$ en función de la distancia al centro de coordenadas ,individualizadas para cada parrilla(grella).A puntos la orientación de la dirección de cálculo con respecto a la de la carga.

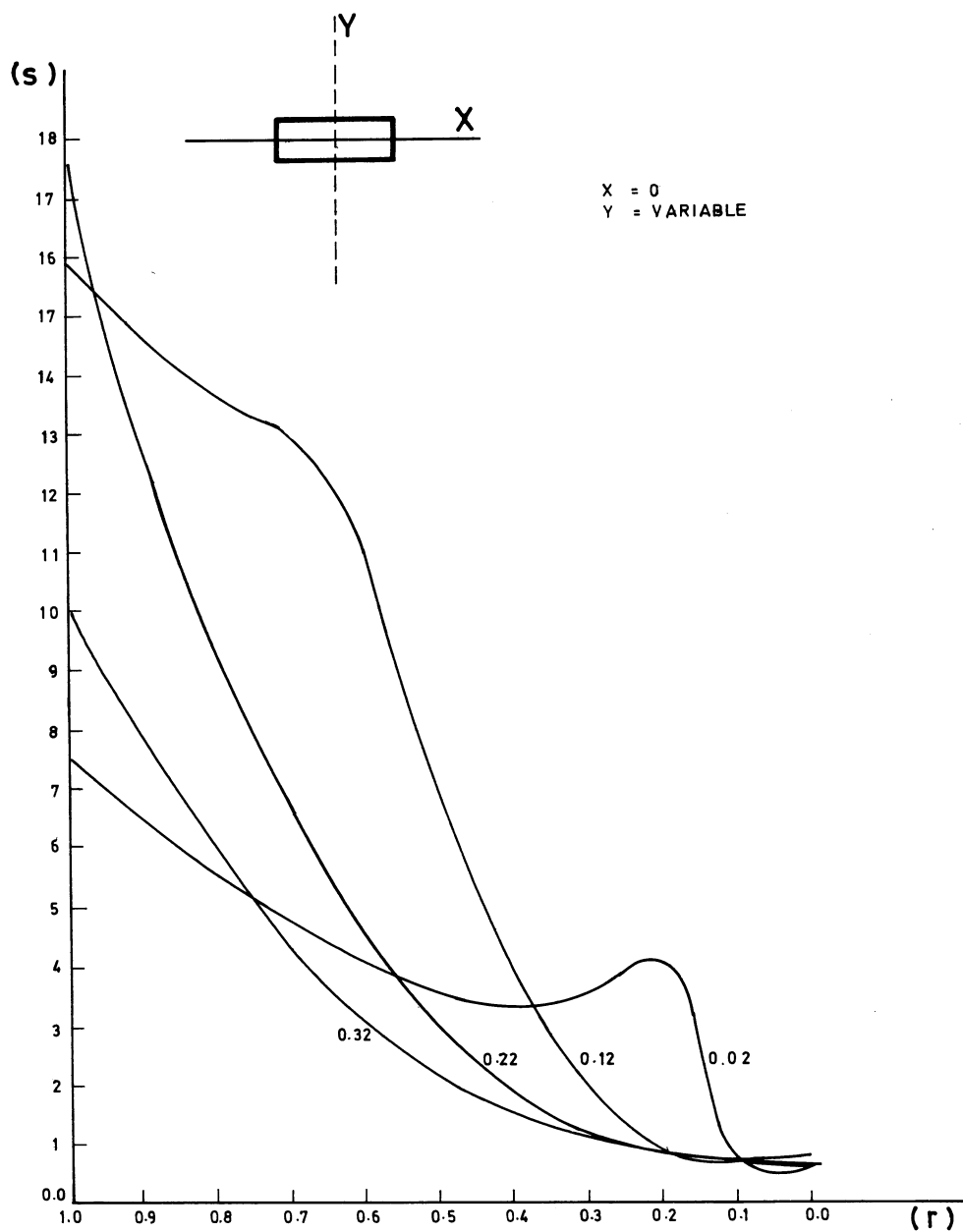


Figura 9.- Curvas $|S|$ en función de la distancia al centro de coordenadas ,individualizadas para cada parrilla(grella) .A puntos orientación de la dirección de cálculo con respecto a la de la carga.

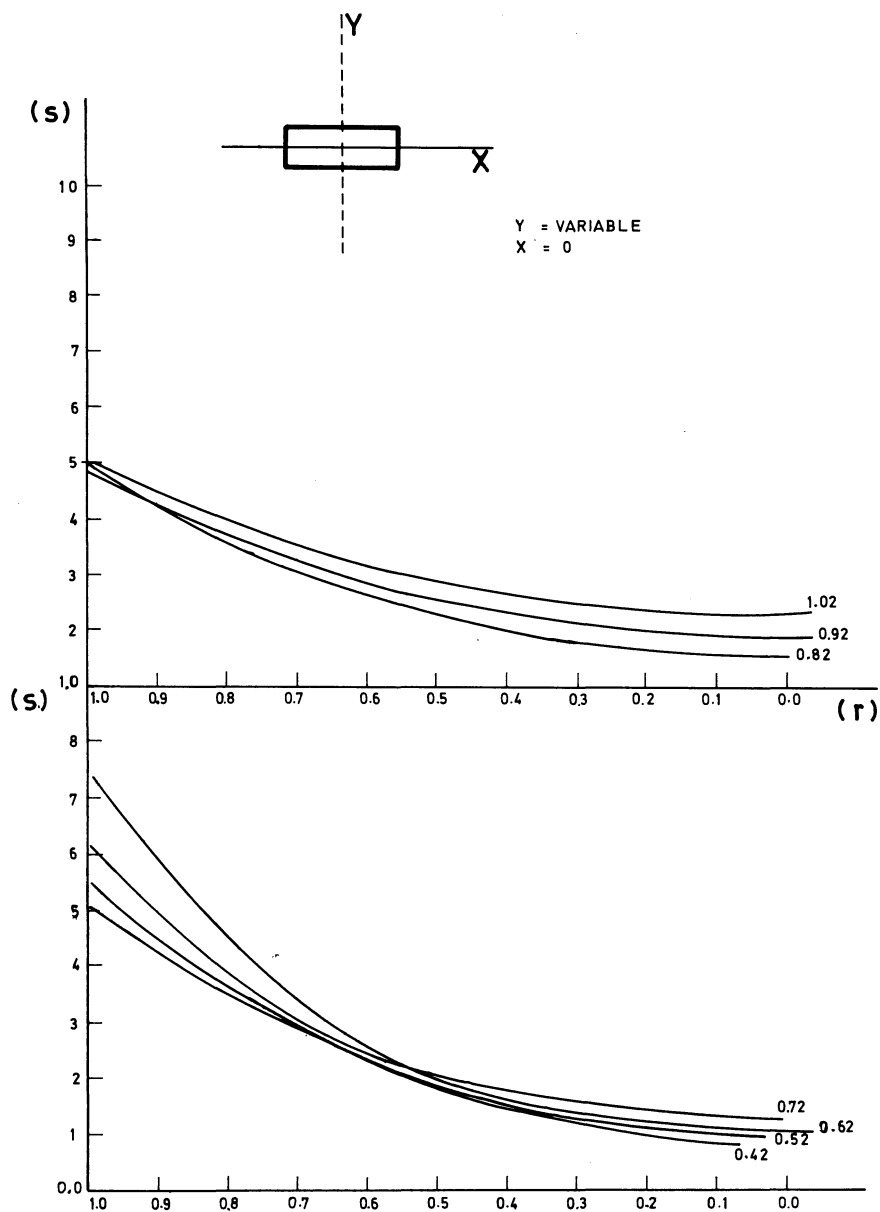


Figura 10.- Curvas $|S|$ en función de la distancia al centro de coordenadas, individualizadas para cada parrilla (grella). A puntos la orientación de la dirección de cálculo con respecto a la de la carga.

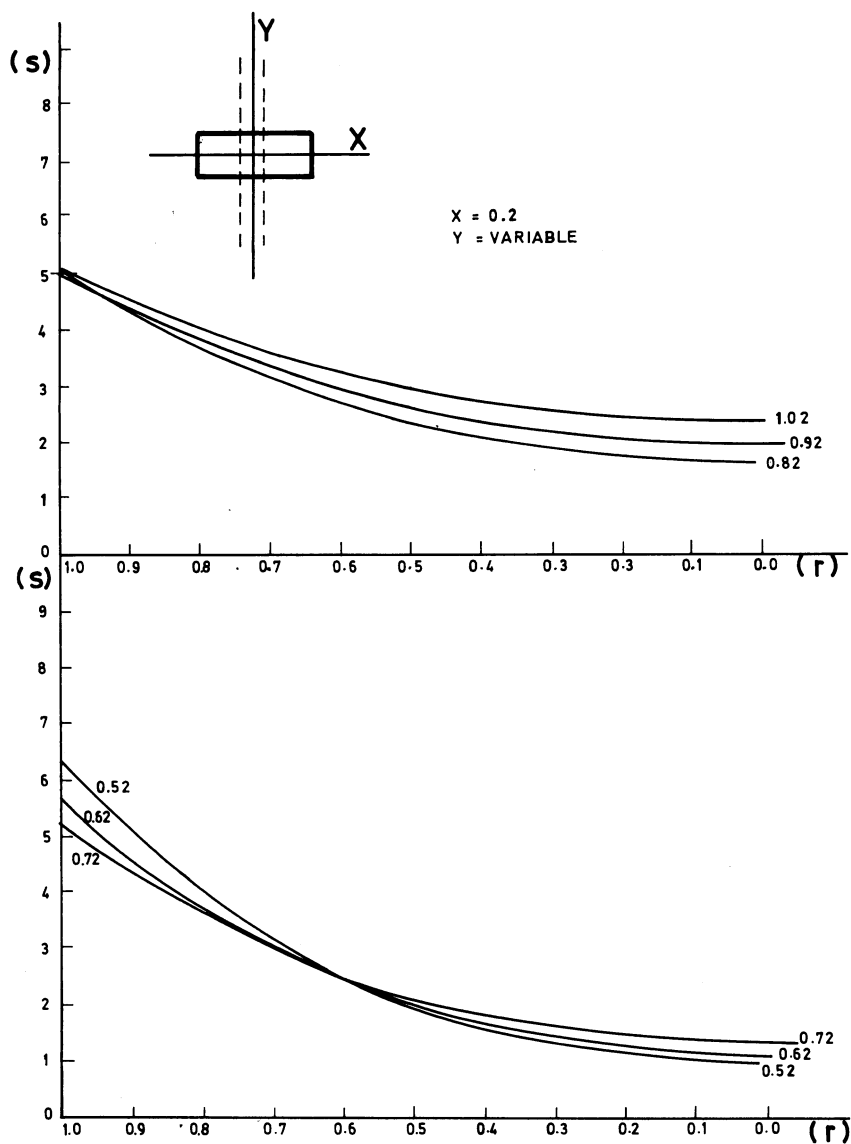


Figura 11.- Curvas $|S|$ en función de la distancia al centro de coordenadas, individualizadas para cada parrilla(grella). A puntos orientación de la dirección de cálculo con respecto a la de la carga.

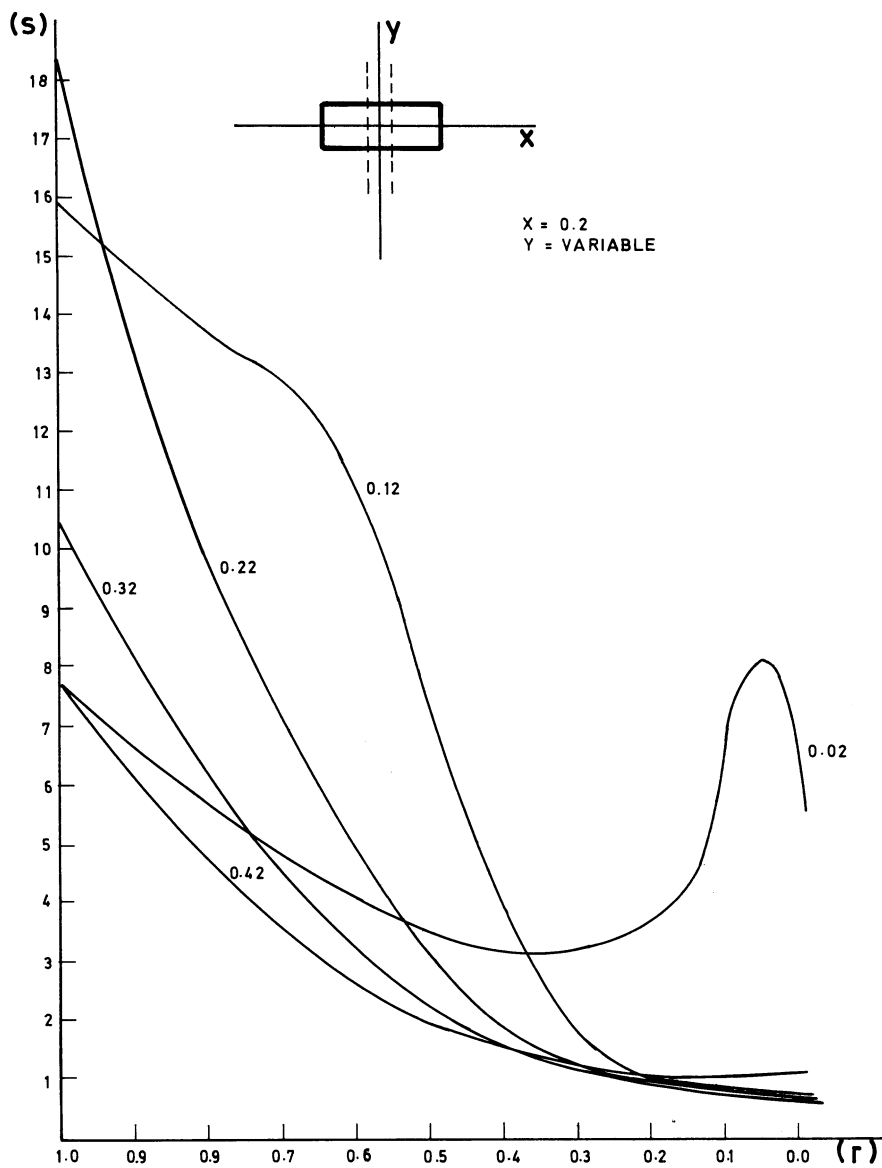


Figura 12.-Curvas $|S|$ en función de la distancia al centro de coordenadas, individualizadas para cada parrilla(grella). A puntos la orientación de la dirección de cálculo con respecto a la de la carga.

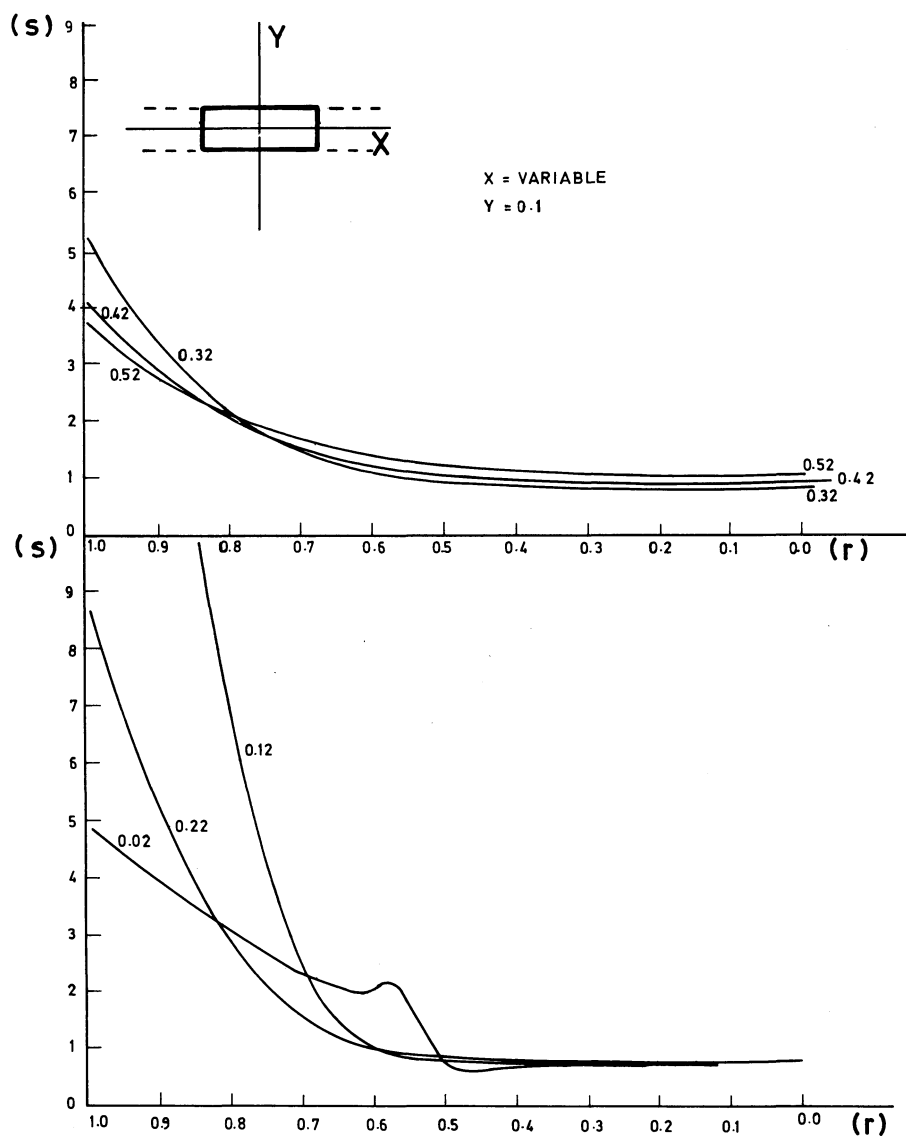


Figura 13.- Curvas $|S|$ en función de la distancia al centro de coordenadas, individualizadas para cada parrilla (grella). A puntos orientación de la dirección de cálculo con respecto a la de la carga.

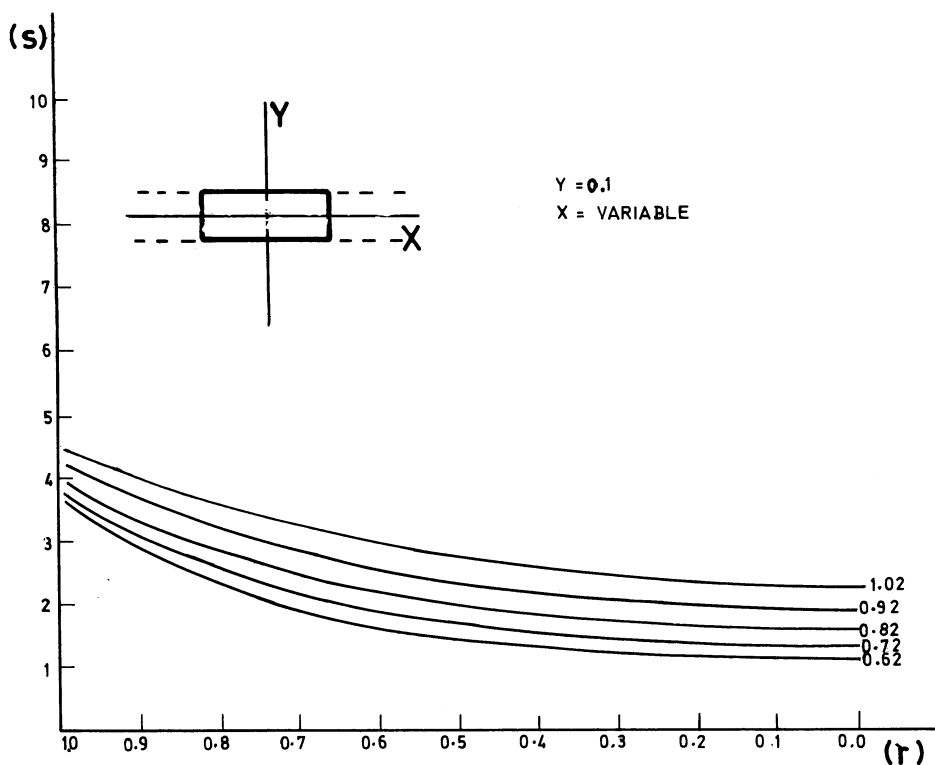


Figura 14.- Curvas $|S|$ en función de la distancia al centro de coordenadas, individualizadas para cada parrilla (grella). A puntos orientación de la dirección de cálculo con respecto a la de la carga.

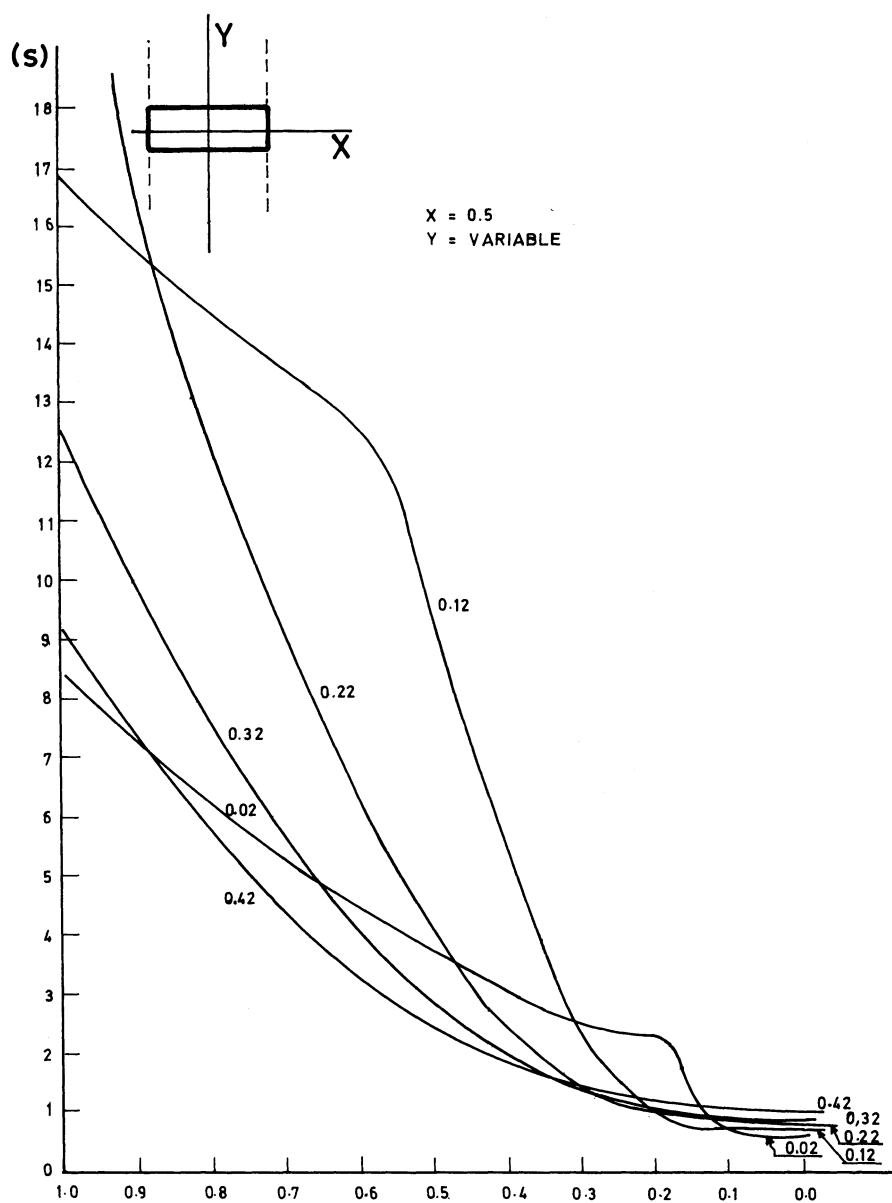


Figura 15.- Curvas $|S|$ en función de la distancia al centro de coordenadas ,individualizadas para cada parrilla(grella).A puntos orienta ción de la dirección de cálculo con respecto a la de la carga.

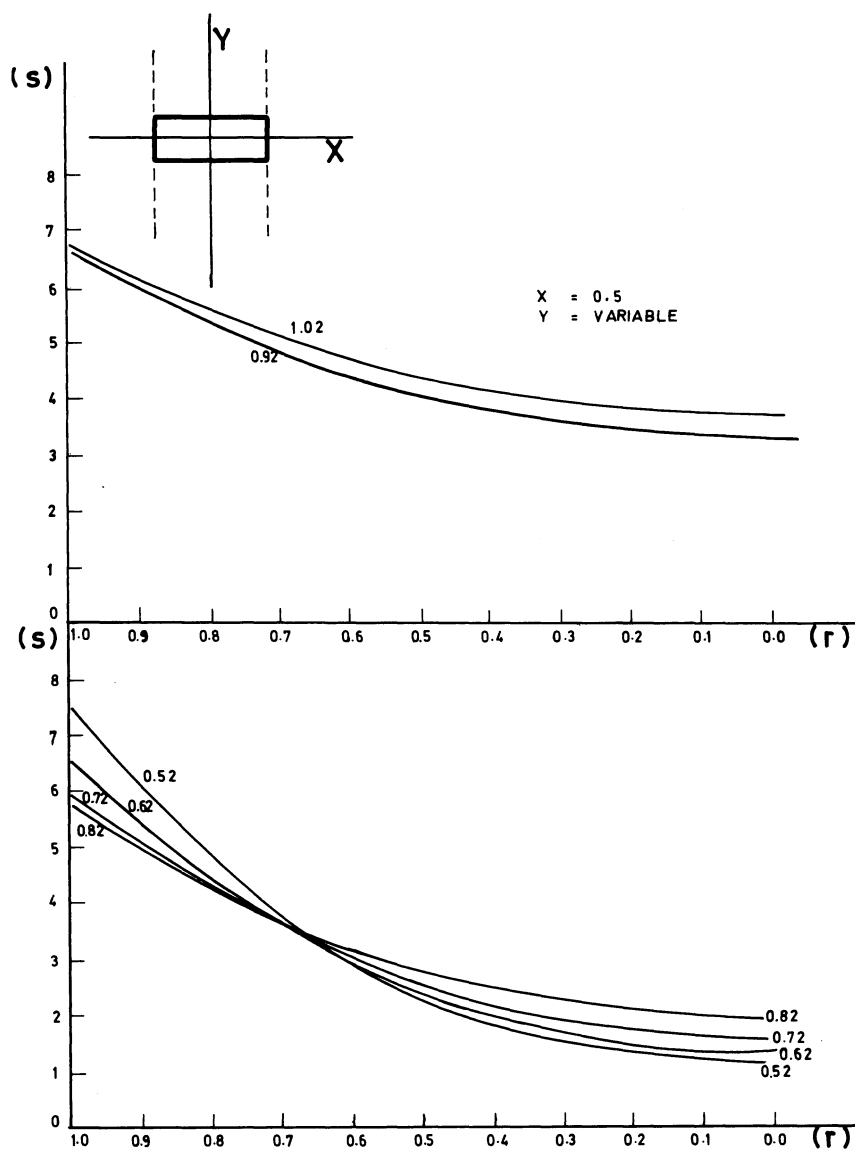


Figura 16.- Curvas $|S|$ en función de la distancia al cnetro de coordenadas ,individualizadas para cada parrilla(grelia).A puntos la orien tación de la dirección de cálculo con respecto a la de la carga.

GRELLA	0,02	0,12	0,22	0,32	0,42	0,52	0,62	0,72	0,82	0,92	1,02
(S)											
1	0,14	0,20	0,21	0,17	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1,5	0,16	0,26	0,31	0,33	0,31	0,28	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00
2,0	0,18	0,29	0,37	0,41	0,43	0,43	0,39	0,00	0,00	0,00	0,00
2,5	0,30	0,31	0,41	0,47	0,51	0,52	0,51	0,48	0,41	0,26	0,00
3,0	0,39	0,33	0,44	0,52	0,57	0,60	0,61	0,59	0,56	0,49	0,33
3,5	0,47	0,35	0,47	0,56	0,63	0,66	0,68	0,69	0,67	0,62	0,55
4,0	0,54	0,36	0,49	0,59	0,67	0,72	0,71	0,76	0,76	0,73	0,68
4,5	0,60	0,37	0,52	0,63	0,71	0,77	0,81	0,83	0,84	0,82	0,79
5,0	0,67	0,39	0,54	0,66	0,75	0,81	0,86	0,89	0,91	0,91	0,89
5,5	0,73	0,41	0,56	0,69	0,78	0,85	0,93	0,94	0,97	0,98	0,96
6,0	0,78	0,42	0,58	0,71	0,81	0,89	0,97	0,99	0,00	0,00	0,00
6,5	0,82	0,43	0,60	0,74	0,84	0,93	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7,0	0,87	0,45	0,62	0,77	0,88	0,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7,5	0,92	0,46	0,64	0,79	0,91	1,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

TABLA 14.- Valores de |S| en intervalos regulares, interpolados a partir de las curvas de las figuras 7 y 8 para X= variable, Y=0.

GRELLA	0,02	0,12	0,22	0,32	0,42	0,52	0,62	0,72	0,82	0,92	1,02
(S)											
1	0,12	0,21	0,25	0,25	0,22	0,12					
1,5	0,13	0,26	0,36	0,40	0,41	0,38	0,31	0,26	0,05		
2,0	0,14	0,30	0,42	0,48	0,52	0,53	0,51	0,48	0,39	0,20	
2,5	0,15	0,30	0,42	0,48	0,59	0,62	0,62	0,61	0,57	0,48	0,31
3,0	0,16	0,36	0,51	0,60	0,66	0,70	0,71	0,72	0,68	0,64	0,55
3,5	$\begin{cases} 0,17 \\ 0,30 \\ 0,48 \end{cases}$	0,38	0,54	0,64	0,71	0,76	0,78	0,80	0,78	0,76	0,73
4,0	$\begin{cases} 0,19 \\ 0,30 \\ 0,48 \end{cases}$	0,40	0,56	0,68	0,76	0,81	0,85	0,87	0,87	0,86	0,82
4,5	0,66	0,40	0,58	0,71	0,80	0,86	0,93	0,93	0,94	0,94	0,96
5,0	0,73	0,42	0,62	0,74	0,84	0,91	0,95	0,99	1,10	1,20	0,99
5,5	0,79	0,46	0,64	0,77	0,87	0,95	1,00	1,30			
6,0	0,85	0,48	0,67	0,81	0,91	0,99					
6,5	0,90	0,49	0,69	0,83	0,94	1,20					
7,0	0,95	0,51	0,72	0,86	0,98	1,40					
7,5	1,00	0,52	0,74	0,89							

TABLA 15.- Valores de |S| en intervalos regulares, interpolados a partir de las curvas de las figuras 9 y 10, para X=0, Y= variable.

GRELLA	0,02	0,12	0,22	0,32	0,42	0,52	0,62	0,72	0,82	0,92	1,02
(S)											
1	0,00	0,22	0,24	0,26	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1,5	0,00	0,28	0,35	0,39	0,40	0,38	0,34	0,22	0,00	0,00	0,00
2,0	0,00	0,32	0,42	0,48	0,51	0,52	0,50	0,46	0,36	0,14	0,00
2,5	0,00	0,34	0,46	0,54	0,59	0,61	0,62	0,59	0,54	0,45	0,25
3,0	0,00	0,36	0,50	0,59	0,65	0,68	0,70	0,70	0,67	0,62	0,53
3,5	0,22 0,49	0,39	0,53	0,63	0,70	0,74	0,77	0,78	0,77	0,74	0,68
4,0	0,17 0,59	0,40	0,55	0,66	0,74	0,80	0,84	0,85	0,85	0,83	0,80
4,5	0,14 0,66	0,42	0,58	0,70	0,79	0,84	0,89	0,91	0,93	0,91	0,89
5,0	0,12 0,72	0,43	0,60	0,73	0,82	0,89	0,94	0,97	0,99	1,00	0,98
5,5	0,11 0,78	0,45	0,63	0,76	0,86	0,93	0,99	0,00	0,00	0,00	0,00
6,0	0,06 0,11 0,84	0,46	0,66	0,79	0,89	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6,5	0,00 0,10 0,89	0,48	0,68	0,82	0,93	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7,0	0,08 0,10 0,94	0,50	0,70	0,84	0,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7,5	0,02 0,11 0,98	0,51	0,72	0,87	0,99	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

TABLA 16.- Valores de |S| en intervalos regulares, interpolados a partir de las curvas de las figuras 11 y 12, para X=0.2m y Y= variable.

GRELLA	0,02	0,12	0,22	0,32	0,42	0,52	0,62	0,72	0,82	0,92	1,02
(S)											
1	0,52	0,66	0,66	0,57	0,47	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1,5	0,54	0,66	0,70	0,71	0,69	0,65	0,55	0,37	0,00	0,00	0,00
2,0	0,57 0,6 0,66	0,68	0,75	0,78	0,79	0,77	0,72	0,65	0,52	0,24	0,00
2,5	0,74	0,70	0,78	0,84	0,86	0,86	0,83	0,78	0,71	0,58	0,33
3,0	0,80	0,72	0,81	0,88	0,91	0,92	0,92	0,88	0,83	0,75	0,61
3,5	0,86	0,73	0,83	0,91	0,95	0,98	0,98	0,96	0,93	0,86	0,78
4,0	0,91	0,74	0,86	0,94	0,99	0,00	0,00	0,00	1,00	0,96	0,90
4,5	0,96	0,76	0,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5,0	0,00	0,77	0,89	0,99							
5,5	0,00	0,78	0,91								
6,0	0,00	0,79	0,92								
6,5	0,00	0,79	0,94								
7,0	0,00	0,80	0,95								
7,5	0,00	0,81	0,97								

TABLA 17.- Valores de |S| en intervalos regulares, interpolados a partir de las curvas de las figuras 15 y 16, para X= variable, Y=0.1m.

GRELLA 0,02 0,12 0,22 0,32 0,42 0,52 0,62 0,72 0,82 0,92 1,02

(S)

1	0,53	0,62	0,64	0,59	0,00	0,30	0,52
1,5	0,56	0,67	0,71	0,72	0,57	0,65	0,70
2,0	0,59	0,60	0,73	0,78	0,80		
2,5	0,75	0,73	0,80	0,84	0,84	0,86	0,87
3,0	0,82	0,74	0,82	0,88	0,92	0,93	0,92
3,5	0,87	0,76	0,85	0,93	0,99	0,98	0,96
4,0	0,92	0,76	0,87	0,94	0,00	0,00	1,00
4,5	0,97	0,77	0,89	0,97			
5,0	0,00	0,79	0,90	0,99			
5,5	0,00	0,79	0,91				
6,0	0,00	0,79	0,92				
6,5	0,00	0,80	0,94				
7,0	0,00	0,81	0,95				
7,5	0,00	0,81	0,97				

TABLA 18.- Valores de $|S|$ en intervalos regulares, interpolados a partir de las curvas de las figuras 15 y 16, para $X=0.5$, $Y=$ variable.

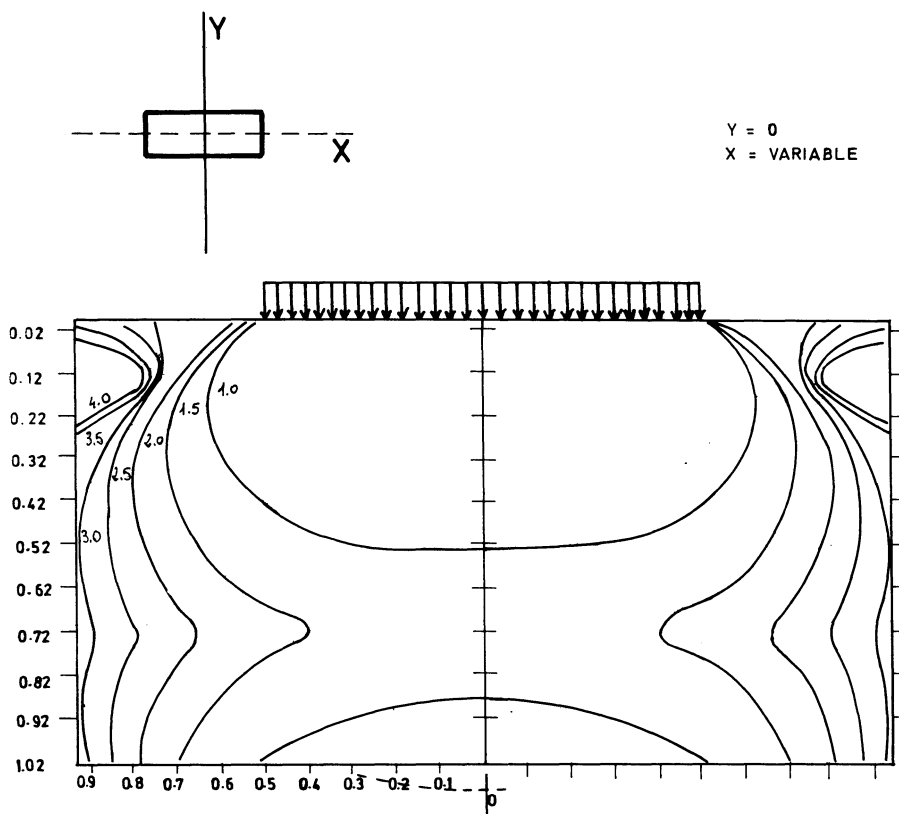


Figura 17.- Reconstrucción de las superficies $|S|$ a partir de los datos de la TABLA 14. Las líneas a puntos en el esquema superior indican la dirección en que ha sido dibujado el sistema de curvas $|S|$. Las flechas indican las cargas puntuales de 4 kg.

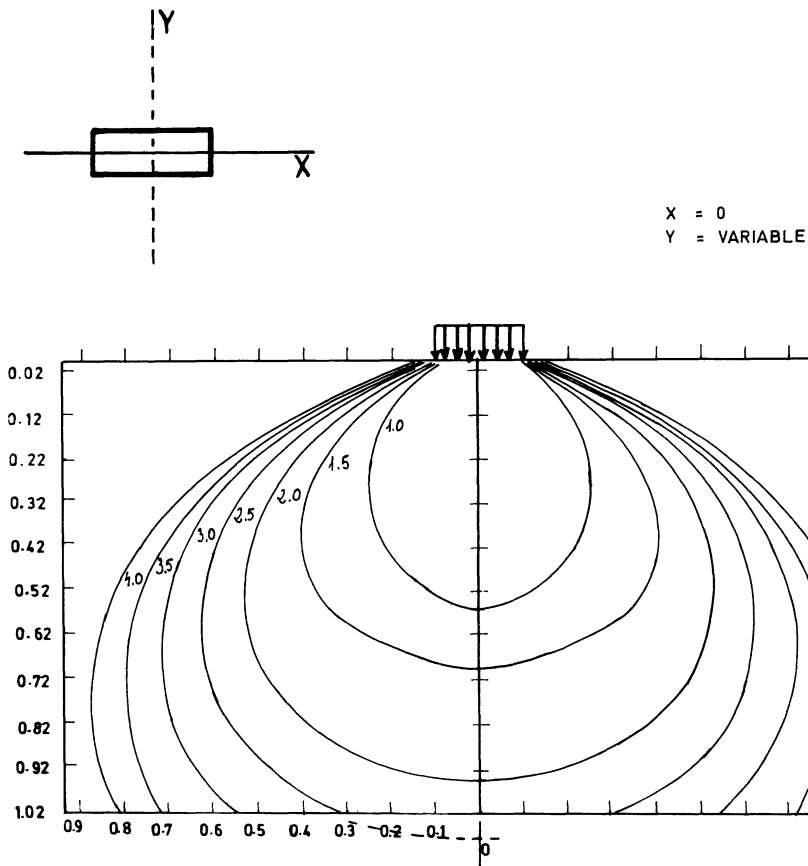


Figura 18.- Reconstrucción de las superficies $|S|$ a partir de los datos de la TABLA 15. Las líneas a puntos en el esquema superior indican la dirección en que ha sido dibujado el sistema de curvas $|S|$. Las flechas indican las cargas puntuales de 4 Kg.

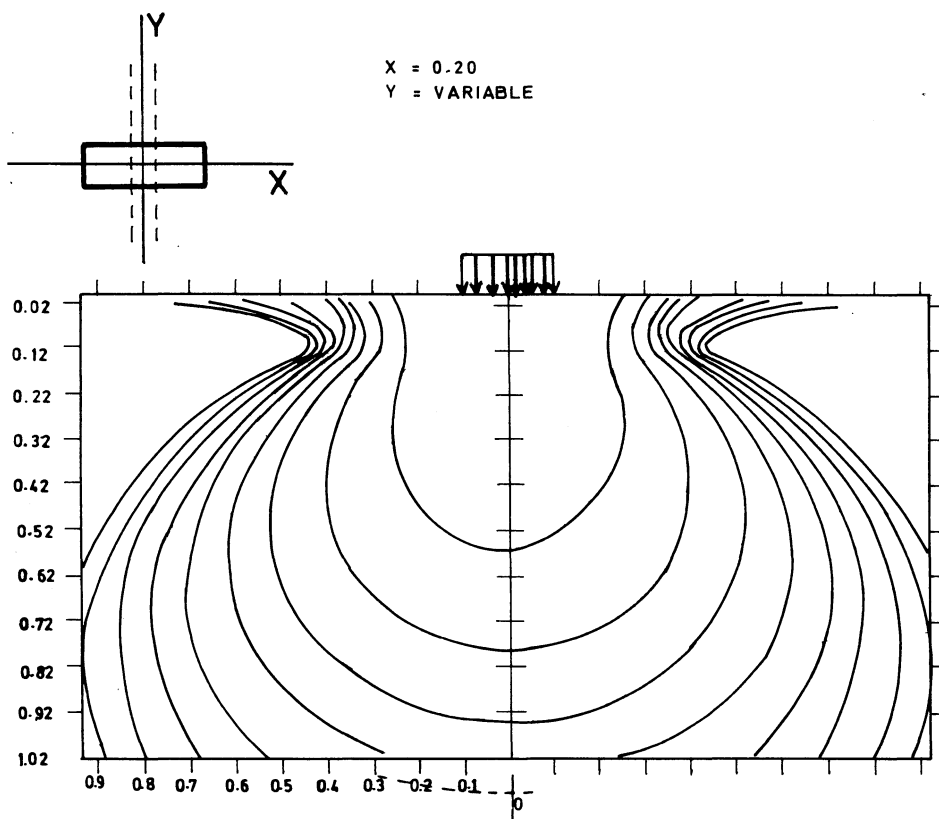


Figura 19.- Reconstrucción de las superficies $|S|$ a partir de los datos de la TABLA 16. Las líneas a puntos en el esquema superior indican la dirección en que ha sido dibujado el sistema de curvas $|S|$. Las flechas indican las cargas puntuales de 4 kg.

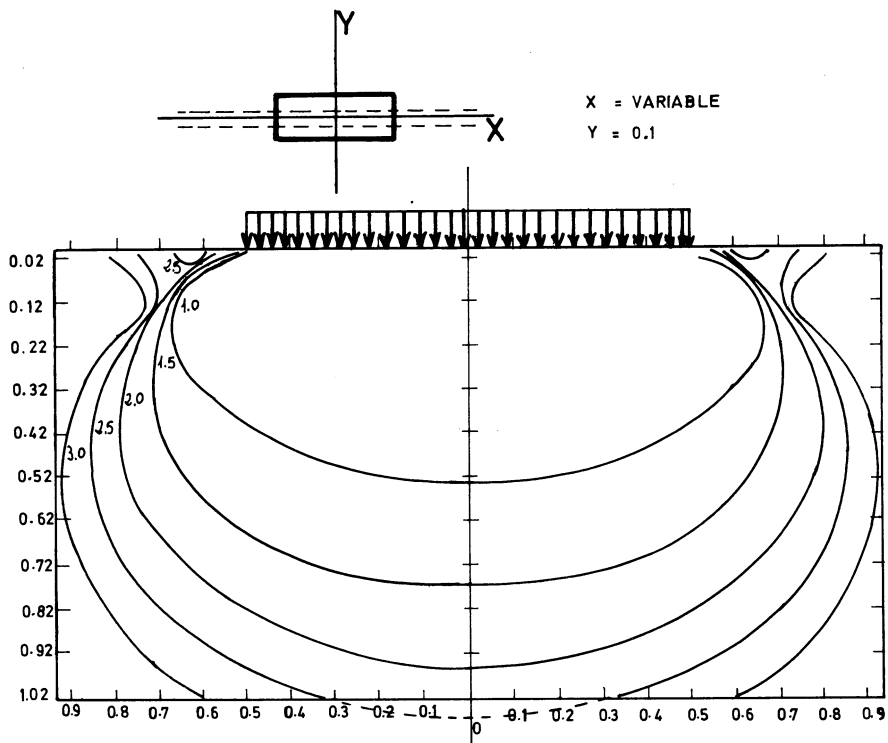


Figura 20.- Reconstrucción de las superficies $|S|$ a partir de los datos de la TABLA 17. Las líneas a puntos en el esquema superior indican la dirección en que ha sido dibujado el sistema de curvas $|S|$. Las flechas indican las cargas puntuales de 4 kgs.

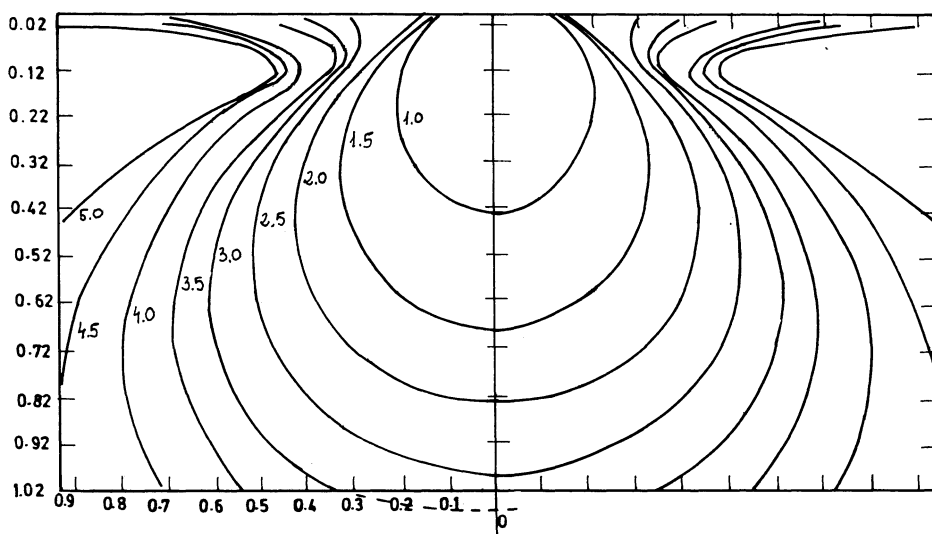
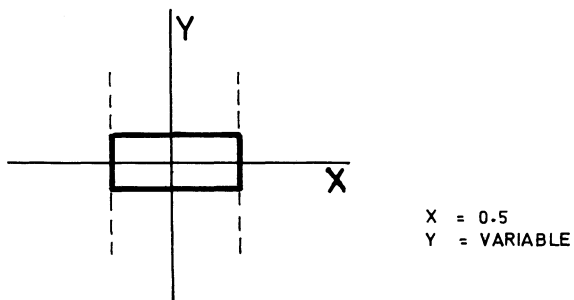


Figura 21.- Reconstrucción de las superficies $|S|$ a partir de los datos de la TABLA 18. las líneas a puntos en el esquema superior indican la dirección en que ha sido dibujado el sistema de curvas $|S|$.