

2V5



DISEÑO NORMALIZADO DE SILOS PARA GRANOS

JULIO BALLADARES G.  
AUTOR

ING. ALFREDO TORRES G.  
DIRECTOR DE TESIS

*Ing. D. 8578*

ING. EDUARDO RIVADENEIRA P.  
DIRECTOR DPTO. DE ING. MECANICA



621.36  
BAL

DEDICATORIA

A mis padres:

Que sin su ayuda material  
y ejemplo no hubiese podi  
do culminar mi carrera  
profesional.



A mi hija:

Como un estimulo para su  
vida estudiantil.



## A G R A D E C I M I E N T O

Agradezco al Ingeniero ALFREDO TORRES, por su acer-  
tada dirección en este trabajo, sin cuyo concurso-  
no hubiese tenido feliz culminación.

Mi reconocimiento de gratitud para los Profesores-  
de la Escuela Superior Politécnica del Litoral, de  
manera especial para el Master EFREN JARAMILLO, -  
quién me asesoró en una parte de este trabajo.

Agradezco a los Señores CARLOS CEDILLO, ERNESTO -  
MARTINEZ, Ayudantes Académicos del Centro de Compu  
tación y a todas aquellas personas que en una u o-  
tra forma contribuyeron para la culminación de es  
ta Tesis.

Un especial agradecimiento para el INEN, por su co  
laboración para esta Tesis.

El patrimonio intelectual de esta Tesis corresponde a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL.

DECLARACION EXPRESA

"La responsabilidad de los hechos, ideas y Doctrinas expuestas en esta Tesis, corresponde exclusivamente a su Autor".

(Art. Sexto del Reglamento de Exámenes y Títulos-Profesionales).

# CONTENIDO

	Pág.
CAPITULO I.-	
INTRODUCCION	1
CAPITULO II.-	
FACTIBILIDAD DEL PROYECTO:	
2.1 Estudio de los principales sistemas de ensilaje disponibles en la actualidad, su rendimiento y economía.	5
2.2 Estudio de un sistema de ensilaje - tipo modular, que pueda construirse localmente con buen rendimiento y - cuyo precio se encuentra al alcance del modesto agricultor, para los - granos de arroz y maíz.	12
CAPITULO III.-	
INGENIERIA DEL PROYECTO:	
3.1 Factores del diseño. ✓	15
3.2 Diseño básico de una unidad, cálculo y características:	29
Diseño de las columnas.	85
Diseño de la parte inferior del <u>si</u> <u>lo</u> .	156
Diseño de la parte cilíndrica.	126
Diseño del techo.	108
Diseño del sistema de llenado.	171
3.3 Tecnología de la construcción.	162
3.4 Sistema de Construcción.	162
3.5 Posibilidades de Ampliación.	164

	Pág.
CAPITULO IV.-	
NORMAS CARACTERISTICAS DE LOS SILOS MODULARES:	
4.1 Resistencia del terreno.	174
4.2 Unión de empotramientos.	177
4.3 Dimensionamiento óptimo de la columna	178
4.4 Unión de columnas con el cuerpo.	179
4.5 Unión de parte inferior con cilíndri ca.	180
4.6 Unión de parte superior con cilíndri ca.	180
4.7 Sistema de vaciado normalizado.	181
4.8 Sistema de medida y de inspección.	182
4.9 Sistema de protección.	182
4.10 Modo de armar.	184
4.11 Modo de desarmarlo.	185
CAPITULO V.-	
ANALISIS ECONOMICO.	187
CAPITULO VI.-	
CONCLUSIONES.	189
CAPITULO VII.-	
APENDICES, PLANOS Y ANEXOS.	191
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.	

## CAPITULO I

### INTRODUCCION

Los granos de arroz y maíz fueron los productos escogidos en el presente trabajo, por que además de existir grandes extensiones de cultivos, las épocas de cosecha de arroz y maíz duro en el Litoral son muy marcadas y coinciden para los dos productos. La cosecha de siembra de invierno se realiza durante los meses de Mayo, Junio y mediados de Julio, y de siembra de verano en Octubre y Noviembre.

Los volúmenes cosechados en cada época y para cada producto, fluctúan de un año a otro, no obstante las estadísticas indican que los volúmenes cosechados se distribuyen según los porcentajes siguiente:

Para la cosecha de invierno el arroz va del 58 al 62% y el maíz duro entre el 70 al 83%, mientras que para la cosecha de verano el arroz va del 38 al 42% y el maíz duro del 17 al 30%, estos datos fueron obtenidos por estimaciones de la producción en varios años del MAG. Esto indica que los meses claves de mayor afluencia de arroz y maíz duro, son Mayo, Junio y Julio correspondientes a la cosecha de invierno. Sin embargo, la producción no se comercializa en forma inmediata, pues el agricultor, en es

pecial el que posee patios para secar y tendales, procura retener la cosecha, ya sea para beneficiar al grano (mayor grado de secado) o para venderlo en una época de menor abundancia, en ambos casos con el fin de obtener un mayor precio para su producto. También el acopiador rural final y el mayorista con mucha frecuencia se retiene el grano con fines especulativos. Estas razones hacen que el producto no se comercialize en su totalidad durante los meses de cosecha, sino que su comercialización se extienda a todo el año.

Ahora bien, el siguiente paso importante para el presente estudio es determinar los volúmenes que se comercializa de cada producto, por provincia y por mes. Para ello fue necesario investigar las compras mensuales efectuadas por las industrias de balanceados y comerciantes mayoristas para el maíz duro y las compras de piladoras para el arroz. Los resultados de estas investigaciones se presentan en el cuadro N° 1, Apéndice A.

Analizando los datos del Cuadro N° 1, los meses de mayor comercialización del arroz son: Mayo, Junio con 22.3 y 29.6% respectivamente, meses que a su vez que corresponden a la época de cosecha. Para el maíz duro los meses de comercialización mayor, corresponden a Junio, Julio y Agosto con 15.5, 14.3 y 21.3% respectivamente, que corresponden a un mes posterior a los meses de cosecha.

Los meses en que se comercializa la mayor proporción de la cosecha de verano son Octubre y Noviembre con 9.6 y 8.8% respectivamente para el arroz y Noviembre con 12.7% para el maíz.

Los porcentajes de comercialización sirven de base para establecer los saldos mensuales (producción comercializada mensual menos consumo mensual) de la producción comercializada en cada provincia, saldos que al ser acumulados constituyen los primeros indicativos de las necesidades de almacenamiento en cada zona.

El capítulo segundo establece la factibilidad del proyecto, donde se habla de los principales sistemas de ensilaje disponibles en la actualidad y la necesidad de construir una red de silos para los saldos no comercializados, además de una planta en el terminal de Puerto Nuevo. Luego se hace un estudio de un silo tipo modular, que pueda construirse localmente, y cuyo precio se encuentra al alcance del modesto agricultor.

El capítulo tercero contiene la ingeniería del proyecto, que comienza con los factores del diseño como son: conceptos de cascarones, presión de viento, efecto del cambio de temperatura, efecto de la corrosión, material a utilizarse, condiciones climáticas y variaciones de la presión del grano sobre las paredes del silo. A continuación viene el diseño de una unidad, cálculos y características, en donde se efectúa el diseño por medio

de la teoría aproximada de membrana y luego por la teoría gene  
ral de cascarones que incluye la influencia del esfuerzo cortan  
te normal y momento flector en el cascaron, cuando ésta está so  
metida a la acción de un estado de cargas cualquiera, con el -  
fin de evaluar los resultados de ambos procedimientos. Seguida  
mente se habla de la tecnología de la construcción, sistema de  
construcción y posibilidades de ampliación.

El capítulo cuarto se refiere a las normas características de  
los silos modulares, que consiste en detallar las partes consti  
tutivas del silo con sus respectivas dimensiones dadas por el  
diseño, así como también la forma de como se unirán el techo -  
con la parte cilíndrica, la parte cilíndrica con la inferior,  
la unión de los empotramientos, sistema de vaciado, de medida,  
de inspección y de protección, modo de armar y desarmar la uni-  
dad.

El capítulo quinto es el análisis económico, donde se establece  
el valor del silo y la forma de amortizarlo.

El capítulo sexto contiene las conclusiones y recomendaciones a  
las que se ha llegado con este trabajo.

Finalmente el capítulo séptimo, es la recopilación de la informa  
ción utilizada en este proyecto como son: Apéndices, Anexos y Re  
ferencias bibliográficas.

## CAPITULO II

### FACTIBILIDAD DEL PROYECTO

#### 2.1.- ESTUDIO DE LOS PRINCIPALES SISTEMAS DE ENSILAJE DISPONIBLES EN LA ACTUALIDAD, SU RENDIMIENTO Y ECONOMIA.-

##### ANTECEDENTES GENERALES.-

El Ecuador desde los comienzos de la República ha sido un país agrícola por excelencia y por consiguiente sus productos tenían - que almacenarse de alguna manera, hasta poderlos exportar en u- nos casos o para el consumo interno en otros. De allí que para hacer un estudio del sistema de ensilaje disponible en la actua- lidad, habrá que estudiar tanto el almacenamiento público, como privado por cuanto existe una marcada diferencia en las capacida- des del uno respecto al otro.

4

2.1.1.- ALMACENAMIENTO EXISTENTE EN LA COSTA PARA ARROZ Y MAÍZ.-

a.-) ALMACENAMIENTO PUBLICO Y PRIVADO.-

En la actualidad la capacidad total de almacenamiento del sector privado supera un 4.19 veces a la del sector oficial (60512 Vs 14433 Tn.). Cuadro N° 2, Apéndice A.

Esta diferencia es dramática en maíz, para cuyo almacenamiento - el sector oficial carece por completo de instalaciones en la costa. La mayor capacidad de almacenamiento del sector privado para los dos productos estudiados a nivel nacional se observa también, a nivel de provincia, con la única excepción de Esmeraldas. La comparación entre el sector oficial y el sector privado, por tipo de instalaciones, es como aparece en el cuadro N° 2.

En otras palabras, el sector oficial carece de la infraestructura mínima requerida para intervenir eficazmente en la comercialización de estos granos y mantener reservas adecuadas para el abastecimiento mensual.

b.-) CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO EN MAÍZ Y ARROZ, EN LA COSTA.-

Existe una capacidad total de 46677 Tn. para almacenamiento de arroz, mientras que para maíz solo hay disponibles 28266 Tn. (ver

cuadro N° 3, Apéndice A), de los cuales los organismos oficiales no cuentan con instalación alguna para el almacenamiento de este último producto en el litoral.

Para arroz hay mayor facilidad de almacenar en bodegas. Lo contrario ocurre en maíz, para el cual la instalación predominante es el silo. La capacidad de almacenamiento para el arroz está concentrada en la provincia del Guayas, seguida en importancia de algunas bodegas en Los Ríos y unas pocas bodegas en las demás provincias. Para el caso del maíz, la provincia de Manabí ofrece grandes facilidades de almacenamiento con sus 16409 Tn. de capacidad en silos, habiendo en cambio muy pocas instalaciones en el resto de las provincias.

#### c.-) ALMACENAMIENTO EN SILOS Y BODEGAS.-

La capacidad total para almacenamiento disponible en la costa se distribuye en partes aproximadamente iguales entre silos y bodegas, con algún predominio de estas últimas. Sin embargo, hay que observar que silos hay disponibles solamente en las provincias de Guayas y Manabí, la distribución de ambos tipos de instalaciones es como se demuestra en el cuadro N° 4. Se observa que la instalación predominante para el arroz es la bodega y para el maíz el silo.

d.-) RENDIMIENTO Y ECONOMIA DEL ALMACENAMIENTO.-

El rendimiento del sistema de almacenamiento empleado en el país es aceptable, si se parte del hecho de que un gran porcentaje de los silos en la actualidad son de concreto y por ende su vida útil es muy alta, por cuanto el deterioro de sus paredes por operación e inclemencias del tiempo son mínimas. El silo metálico presenta una ventaja el cual es su versatilidad para trasladarlo de un lado a otro, pero acompañado con esto viene su desventaja, como es la vida útil limitada.

2.1.2.- NECESIDADES DE ALMACENAMIENTO EN LA COSTA DEBIDO A SALDOS NO COMERCIALIZADOS.

En base a las informaciones referentes al flujo mensual de las cosechas de arroz en cáscara y de maíz duro en la costa (ver cuadro Nº 1), obtenidas de los registros de las piladoras y de las industrias de balanceados, se puede determinar con bastante aproximación la estructura estacional de producción comercializada y del consumo de estos granos para cada provincia del Litoral, en la actualidad y proyectada a 1985.

Para el conjunto de granos básicos cultivados en la costa, equivalente en la actualidad a 412500 Tn. (9.1 millones de quintales), cifra que hacia 1985 se espera aumente en 2.2 veces aproximadamente, para llegar acerca de 900.000 Tn (19.8 millones de quintales)

Cabe indicar que cerca del 75% de esta producción se concentra en el Guayas y Los Ríos.

Por otra parte, el consumo mensual del conjunto de granos básicos comercializados se ha estimado en cerca de 25810 Tn. actualmente. El cual se sitúa en más o menos 49650 Tn en 1985, considerando en ambas cifras el consumo humano e industrial. De estos consumos mensuales de granos, un 52.8% aproximadamente se concentrará en Guayas y un 28.8% en Manabí, lo que da un 81.6% del consumo global de la costa, solo en estas dos provincias.

El resultado de los análisis de afluencia mensual de las producciones de granos y del consumo, así como del despacho gradual de estos productos desde las provincias de sobrantes a las deficitarias, incluyendo la sierra y la mantención de existencias apropiadas para el consumo local (importaciones en provincias de faltantes netas), determinó las cifras provinciales de saldos almacenables localmente.

En la última columna del cuadro N° 6, aparecen las cifras estimadas de necesidades globales de almacenamiento a nivel provincial de acuerdo con ello, se tiene en la actualidad una necesidad total de almacenamiento del orden de las 184200 Tn. y en 1985 una necesidad adicional de 169.300 Tn. para llegar a una cifra total de 354000Tn.

Cabe destacar que de las cifras anotadas sobre almacenaje requerido, un 71% aproximadamente corresponde a la provincia del Guayas, proyección que hacia 1985 bajaría a casi el 60% de las necesidades globales de la Costa.

Con estas consideraciones se tiene que el cuadro N° 8, se muestra los lugares de construcción de silos y bodegas en la costa para el año 1977. Por último, debe señalarse que las necesidades de almacenamiento indicadas proveen el envío a la Sierra y Oriente, del máximo posible de sus necesidades de arroz pilado y de maíz duro de esa parte del país, a fin de descargar el almacenamiento en el Litoral, porque las condiciones climáticas son más favorables en la Sierra para una adecuada conservación de los granos.

### 2.1.3.- PLANTA TERMINAL DE GUAYAQUIL.-

Teniendo presente la magnitud de la planta de almacenamiento de ENAC proyectada para Guayaquil, de una parte y de los planes que existen a nivel de la Empresa Portuaria para un silo terminal, a fin de almacenar los crecientes volúmenes de exportación e importación de granos que pasarán en forma creciente por este puerto. Se hace imperativo compatibilizar estos dos proyectos. En este caso lo racional sería que ENAC, de acuerdo con su ley orgánica y funciones específicas en el campo de almacenamiento y comercialización externa de granos básicos combinara -

sus instalaciones con los del terminal portuario. De esta manera se concentraría toda la capacidad de almacenamiento requerida en la actualidad.

Para estos efectos, el Ministerio de Agricultura y Ganadería debería llegar a un acuerdo con la empresa portuaria de Guayaquil y procederse a la obtención de un lote de terreno adecuado junto o cercano a Puerto Nuevo, que cuente con el acceso necesario a las nuevas instalaciones portuarias.

2.2.- ESTUDIO DE UN SISTEMA DE ENSILAJE TIPO MODULAR, QUE PUEDA CONSTRUIRSE LOCALMENTE CON BUEN RENDIMIENTO Y CUYO PRECIO SE ENCUENTRA AL ALCANCE DEL MODESTO AGRICULTOR, PARA LOS GRANOS DE ARROZ Y MAIZ.-

Antes de comenzar el estudio del proyecto, habrá que detallar las razones por las cuales se a escogido el silo tipo modular y no el de fondo plano. Con el fin de aclarar ciertas dudas que se le podrían presentar al lector.

El Litoral Ecuatoriano, es una región inminentemente agrícola razón por lo cual, las condiciones climáticas son muy severas. Presenta una estación lluviosa en los meses de Enero a Mayo y que por descuido del gobierno, no se han colocado muros de contención para así evitar el desbordamiento perenne de los ríos en los meses de Febrero y Marzo. Estos desbordamientos traen consigo las pérdidas de los cultivos del agricultor. Siendo las provincias del Guayas, Los Ríos y El Oro, las que se encuentran seriamente amenazadas por este problema. Y si a esto le agregamos, que precisamente estas provincias son las que generan el 80% de la producción total de arroz, en unos terrenos que debido a su cultivo deben contener agua y en estas circunstancias pensar en un silo de fondo plano sería impropio, por cuanto el pequeño agricultor tendría que hacer ingentes gastos en el relleno del lugar donde ubicaría el silo. Lo cual no ocurre con el silo de

fondo cónico, ya que sus columnas necesitan una cimentación mucho más barata y de existir una posible inundación no se corre el peligro de perder el grano por cuanto el silo es elevado.

En esta oportunidad, toca hablar de la posibilidad de la construcción del silo en el país y se dirá que si bien es cierto, no se dispone de los altos hornos para producir acero. No existe impedimento alguno para utilizar el material importado que lo expenden las casas comerciales dedicadas a esta rama del comercio. Más aún, sabiendo la existencia de una industria nacional procesadora de planchas de acero y de perfiles, denominadas IPAC. Se puede contar con la materia elaborada para fabricar los silos. Pero junto con el material, habrá que comprobar la disponibilidad de mano de obra calificada para la construcción de silos y se dirá sin temor a equivocarse, que mano de obra es lo que más existe en el país, llegando a un 55% la tasa de desempleo en el Ecuador, según el Instituto de Investigaciones Económicas de la Universidad de Guayaquil.

El rendimiento y economía del sistema de ensilaje son dos parámetros que van relacionados el uno con el otro, hasta tal punto que lo económico representa a veces una vida útil pequeña - en unos casos y en otros un agotamiento físico de los operarios por ser rudimentario su diseño. El término medio será tener un

silos con una vida útil igual a los silos importados y con ciertos implementos o accesorios que permitan un aceptable almacenamiento del grano.

El precio del silo será uno de los factores que se incluirá en el diseño, ya que para competir en el mercado éste debe ser inferior a los importados y más que todo el pequeño agricultor obtiene baja ganancias en la cosecha de sus cultivos debiendo conseguir un préstamo en el Banco de Fomento para la adquisición de este bien material.

## CAPITULO III

### INGENIERIA DEL PROYECTO

#### .1 FACTORES DEL DISEÑO.

##### .1.1 Forma del Silo

*También*  
El silo para granos estará compuesto de un techo, cuerpo cilíndrico, cono truncado en la parte inferior, distribuidor de vaciado, columnas para soportar la estructura y el elevador. ✓

**TECHO.-** Este tendrá que seleccionarse de las dos alternativas a considerarse que son: cónico y esférico. El criterio a utilizarse será tomando en cuenta que el silo se encuentre al alcance del modesto agricultor y por ende la facilidad de su construcción de acuerdo a la capacidad de nuestros talleres.

En la parte superior del techo llevará una tapa que cumple doble función, siendo éstos de aireación o respiradero cuando se efectúe el pos-secado y la otra función será la de inspección, tal que la dimensión de la tapa permita el acceso de una persona en su interior.

**CUERPO CILINDRICO.-** El cuerpo estará compuesto por una serie de anillos cilíndricos, producto de la unión a tope de planchas roladas. Como máximo se unirán dos anillos consecutivos, debido a que otro parámetro impuesto ✓

para este trabajo es la facilidad para desarmar en una eventualidad cualesquiera. Este segmento compuesto por dos anillos se acoplará con su semejante por medio de una brida empernada en su derredor.

CONO INFERIOR.- La parte inferior del silo tiene la forma de un cono truncado, por ser ésta geometría la que mayor facilidad presenta para acoplar el sistema de vaciado del grano. ✓

DOSIFICADOR DE VACIADO.- El nombre de dosificador proviene de que el grano almacenado tiene que salir en una cantidad o medida siempre la misma. Su forma es cilíndrica compuesta en la parte superior de un sistema de cierre móvil que permita ser accionado manualmente y en la parte inferior una tapa regulada por una cremallera, para de ésta forma variar el volúmen cuando varía la humedad del grano ensilado.

ELEVADOR.- El grano una vez que alcanza la humedad recomendada para su almacenaje, tiene que ingresar al silo por medio de un dispositivo mecánico, siendo éste el elevador, que puede ser de cangilones o de tornillo, quedando el diseño definitivo para un acápite posterior.

1.2 Cargas útiles

Las cargas consideradas para el diseño del silo son:

Personal caminando para la inspección y que de acuerdo a la Ref.(1) es de  $100 \text{ Kg/m}^2$ .

Peso total del cascarón (silo)

Peso del grano: De acuerdo a las variedades más comunes de arroz, se encuentra el INIAP-6 que tiene el mayor peso específico, siendo este igual a  $577 \text{ Kg/m}^3$ , luego los cálculos se harán en base a este dato.

Haciendo un análisis de las extensiones de tierras cultivadas por nuestro campesino en el Litoral y de acuerdo a la información proporcionada por el Programa Nacional del Arroz y Maíz, el mínimo de área para el cual es rentable la compra de silo a nivel de finca, es aquel comprendido entre 20 - 50 hectáreas. La producción estimada para el almacenamiento será de 1000 qq de arroz cáscara, que es equivalente a 45413.26 Kg.

Carga de viento: De acuerdo a las estadísticas del Anuario Meteorológico, la velocidad media para el Litoral en los meses de verano es de 10 m/seg.

El viento al chocar con una superficie cilíndrica, genera presiones como las mostradas en la Fig. 3.1

Como se verá en la figura 3.1a, sólo una pequeña parte de la presión actúa, ya que las laterales se anulan por

er opuestas y de sentido contrario.

En la Fig. 3.1b, se ve en el lado de acción del viento, un arco de aproximadamente  $60^\circ$  donde la presión tiene un valor máximo de 1.0 de la unidad de presión.

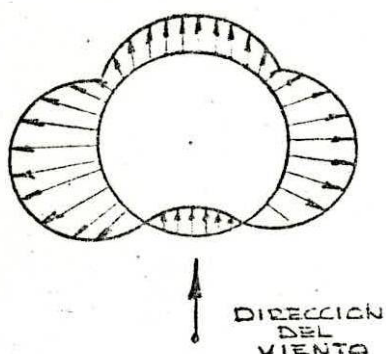


FIG. 3.1a

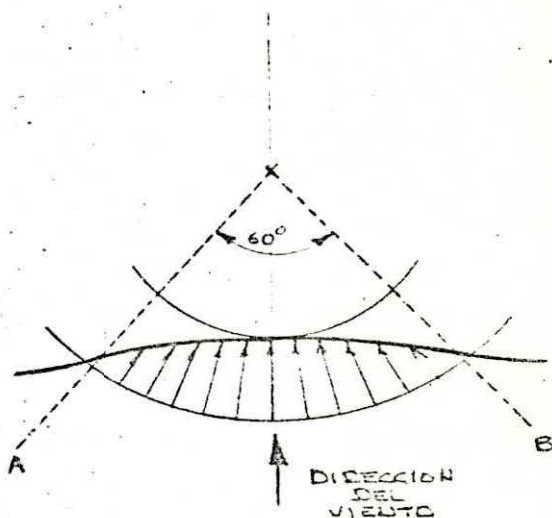


FIG. 3.1b

Distribución de la presión del viento en un cilindro

### 3.1.3 Resistencia del Material

El material para la construcción del silo es plancha de acero, que se encuentra en los locales comerciales de Guayaquil. Su punto de fluencia se lo determinó en el Laboratorio de Mecánica de los Sólidos de la ESPOL, utilizando la siguiente norma:

INEN 121

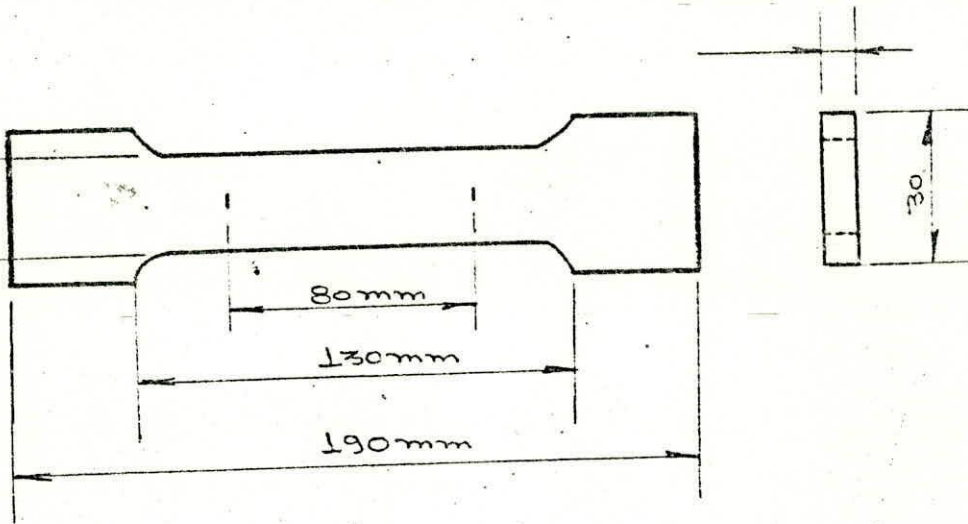


FIG. 3.2

Probeta normalizada pra ensayos a tracción

Los resultados, después de hacer tres ensayos son los siguientes:

- Esfuerzo de fluencia = 2547 Kg/cm<sup>2</sup> ✓
- Esfuerzo máximo = 3415 Kg/cm<sup>2</sup> ✓
- Esfuerzo de ruptura = 2400 Kg/cm<sup>2</sup> ✓
- Elongación = 41.73 % ✓

✓ El factor de seguridad, es el índice de desconocimiento del problema, mientras más alto sea quiere decir que no se han tomado en consideración cargas existentes en la realidad, razón por la cual para el presente trabajo todas las cargas activas y adicionales se encuentran en los cálculos y de allí su valor de 1.4. ✓

### 3.1.4 Estabilidad Elástica

En el diseño de cascarones un criterio que no puede pasar por alto, es la estabilidad elástica de un elemento curvo cuando está sometido a esfuerzos de compresión, generados por el esfuerzo en la dirección del meridiano. Para que un esfuerzo de compresión, no cause pandeo en las planchas, se utiliza la expresión dada por Ref.(2).

$$\sigma_{\text{crít.}} = \frac{E}{3(1-\nu)} \frac{t}{r} \quad 3.1$$

E = Módulo de elasticidad del material

$\nu$  = Coeficiente de Poisson

t = Espesor del cascarón

r = Radio de curvatura.

Para  $\nu = 0.3$

$$\sigma_{\text{crít}} = 6 E \frac{t}{r} \quad 3.1a$$

### 3.1.5 Estabilidad debido a Cargas de Viento.

En la sección 3.1.2, se habló de la carga provocada por el viento, pero no se dijo nada acerca de la estabilidad. En esta oportunidad se dirá, que en una longitud de arco de aproximadamente 20° se encuentra el punto de máxima velocidad de viento y que su presión es virtualmente constante en esa

región. Así, para simplificar los cálculos de estabilidad en un punto cualquiera de la superficie del cilindro, es recomendable asumir que la carga de viento actúa como una presión externa de viento igual a la unidad de presión interna del cascarón. La relación entre la presión de viento y su velocidad, puede ser expresada como sigue. Ref.(3).

$$P = \frac{V}{16} \quad 3.2$$

P = Presión en Kg/m<sup>2</sup>

V = Velocidad del viento en m/seg.

Cuando el silo está cargado, no hay peligro de la inestabilidad, ya que el peso del grano hace que la estructura sea estable. Si el silo está vacío, existe la posibilidad que vientos fuertes hagan oscilar al silo, siendo la aplicación de la fuerza del viento a un tercio de la base. Debido a que se supone la distribución de la carga del viento en forma triangular.

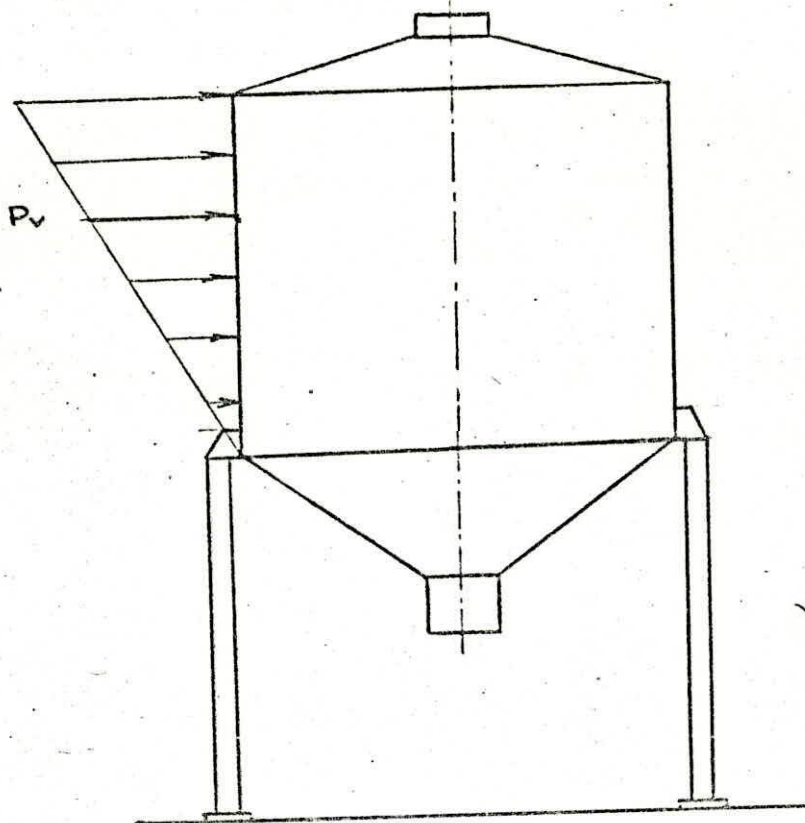


FIG. 3.3

Punto de aplicación de la fuerza de viento.

### 3.1.6 Efecto de la Temperatura.

La temperatura de las paredes del silo juegan un papel importante en la conservación del grano almacenado, si idealmente se mantuviera a  $50^{\circ}\text{C}$  ayudaría a secar el grano que todavía se encuentra húmedo, pero esto no es posible, - llegando tan sólo por espacio de unas cuantas horas y en - ciertos meses del año a esa temperatura. En las noches, la temperatura desciende y el grano adquiere cierta humedad relativa del ambiente.

Con respecto a los esfuerzos y deformaciones, éstas se incrementan a medida que la temperatura sube. Para los cálculos se utilizará la temperatura máxima registrada, esto es 50°C.

### 3.1.7 Efecto de la Corrosion.

La prórroga de la corrosión que ocurre en los equipos de procesos, depende de la naturaleza de la película que forma en la superficie recubierta. La excelente resistencia a la corrosión del cobre y sus aleaciones, por ejemplo, es el resultado de su habilidad de formar una delgada capa protectora en su superficie. Esta capa es el resultado de la simple oxidación del metal con el oxígeno presente en la atmósfera. La operación de equipos bajo condiciones que permiten la formación de una uniforme capa protectora, generalmente se consigue una duración del material por muchos años.

Bajo severas condiciones corrosivas, ocurre una rápida corrosión, resultando un costo elevado en las piezas a reemplazar. Por juiciosa que sea la selección del material y por los cuidados en la improvisación de las condiciones de operación, la corrosión puede ser reducida o retardada, además de substanciales gastos en los costos de operación y mantenimiento. Una apreciación de los factores en los cuales contribuye la corrosión, está en valorar el diseño de equipos, a través de las consideraciones hechas en la teoría de corrosión y su control, está presentado en CORROSION HANDBOOK.

3.1.7a CORROSION UNIFORME.- Cuando la corrosión ocurre en

la superficie de equipos por la formación de soluciones salinas, uniformemente en el espesor de la pared. La rata de corrosión depende del medio corrosivo, la velocidad del flujo, la temperatura y otros factores. Este tipo de corrosión es encontrado en soluciones ácidas (particularmente esas que contienen oxígeno), en aguas trayendo gran cantidad de oxígeno o contenido de dióxido de carbono, y en soluciones que contengan la acción de productos corrosivos. Hay que efectuar la reducción uniforme de la corrosión por la aplicación externa de una corriente eléctrica, proporcionando una protección catódica.

3.1.7b PROTECCION GALVANICA.- Cuando distintos metales y

aleaciones están en contacto con medios conductivos, una acción galvánica como resultado de la disolución de un metal noble o metal catódico. Del potencial eléctrico o serie galvánica, es posible la predicción de la tendencia del metal y sus aleaciones a formar una pila galvánica y también de la probable dirección de la acción galvánica.

Como se dijo anteriormente, la corrosión puede ser retardada, mediante el uso de algunos métodos. Siendo el más aconsejable para las condiciones del medio y operación al cual va a estar sometido el silo, el uso de planchas galvanizadas. Pero la utilización de este tipo de planchas in

fluirá enormemente en el costo total de la unidad, llegando a su  
perar en precio a los silos importados. De allí que la soh--  
cidn econdmico será utilizar planchas de acero y recubrirlas -  
con una pintura anticorrosiva.

3.1.8.- ANALISIS DE LA INFORMACION CLIMATOLOGICA EXISTENTE PARA LA COSTA Y DETERMINACION DE PUNTOS FAVORABLES PARA ALMACENAMIENTO.-

En la determinación de los puntos favorables para almacenamiento la climatología, constituye un aspecto que debe ser considerado como prioridad para la ubicación conveniente de las plantas de tratamiento y conservación de granos.

Con ese criterio el estudio climatológico se lo realizó en base a los anuarios meteorológicos del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, considerándose los valores promedios mensuales de series de cinco años (1968-72), de las medidas siguientes: La humedad atmosférica en porcentajes; la precipitación en milímetros y la temperatura en grados centígrados del aire a la sombra de las estaciones de primer, segundo y tercer orden, de las Provincias de Esmeraldas, Manabí, Los Ríos, Guayas y El Oro.

Con las tres medidas anotadas se puede localizar lugares apropiados para la instalación de silos, que de acuerdo a los períodos de meses secos y húmedos de la costa, son convenientes. En el a ppendice A, se detallan los lugares secos, intermedios y húmedos.

### 3.1.9.- PRESIONES QUE EJERCE EL GRANO SOBRE LAS PAREDES DEL SILO

Experiencias de I. PLEISSNER, han demostrado que los granos ejercen una presión sobre sus paredes, como la expresión siguiente:

$$p = \gamma x \tan^2 \left( \frac{\pi}{4} - \frac{\psi'}{2} \right) \quad (1)$$

Hasta una cierta profundidad donde la presión es máxima y uniforme, dado por (2)

$$P_{\text{máx}} = \frac{(\text{AREA SECC. TRANSV.})\gamma}{(\text{PERÍMET. SECC.}) \tan \psi}$$
$$P_{\text{máx}} = \frac{\pi a^2 \gamma}{2\pi a \tan \psi} = \frac{a \gamma}{2 \tan \psi} \quad (2)$$

Donde:

$\psi$  = ángulo de fricción entre el grano y las paredes, e igual a  $17^\circ$  para el arroz.

$\psi'$  = ángulo del talud natural, de valor  $25^\circ$  para el arroz.

Para saber donde X es máximo, se tendrá que igualar (1) y (2).

$$X_{\text{máx}} = \frac{a}{2 \tan \psi \tan^2 \left( \frac{\pi}{4} - \frac{\psi'}{2} \right)} \quad (3)$$

Reemplazando los valores de los ángulos  $\psi$  y  $\psi'$  para el arroz se

tiene que la presión varía casi linealmente de la forma  $0.41 \gamma x$  hasta una profundidad de 781.73 cm, donde se torna uniforme y de valor  $0.183 \text{ Kg/cm}^2$ . De allí que escogiendo un factor de seguridad pequeño se puede decir que la presión varía en la forma  $0.5 \gamma x$  y si se desea ensilar otro grano habría que obtener el valor de los ángulos y seguir el mismo procedimiento hecho para el arroz.

## 3.2 DIMENSIONAMIENTO BASICO DE UNA UNIDAD.

En la sección 3.1.2, cuando se habla del peso del grano, se dice que el silo tendrá una capacidad de 45413,26 Kg. Luego los cálculos iniciales se basarán en este dato.

Una recomendación técnica que hable de la relación - altura vs diámetro, no se ha podido encontrar. Pero, en los catálogos de las agencias vendedoras de silos, se encuentra el rango en los cuales está variando es de 2 a 2.5. Para - el presente trabajo se tomará la altura igual a dos veces el diámetro.

El ángulo del cono inferior con respecto a la horizontal es variable, dependiendo de la operación al cual va a estar destinado. Si se quiere un descenso normal del grano, es recomendable entre  $40^\circ$ -  $50^\circ$ . Para efecto de facilidad de cálculo, el ángulo será igual a  $45^\circ$ .

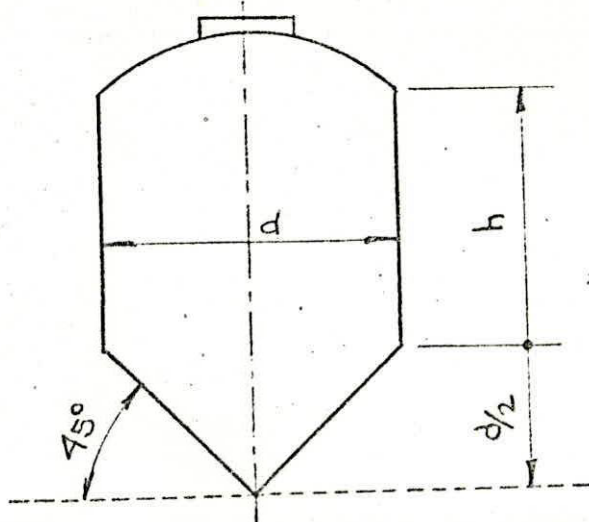


FIG. 3.4

Dimensiones de una Unidad.

$$\text{Volumen} = \left( \pi \frac{d^2}{4} \times 2d \right) + \left( \pi \frac{d^2}{4} \times \frac{d}{2} \times \frac{1}{3} \right)$$

$$= \frac{\pi d^3}{4} \left( 2 + \frac{1}{6} \right) = \frac{13\pi d}{24}$$

$$= \frac{\text{PESO}}{\text{VOLUMEN}} = 577 \text{ Kg/m}^3$$

Igualando con la expresión del volumen que contiene el diámetro y despejando, se tiene:

$$d = 3.5894 \text{ m.}$$

$$h = 7.1788 \text{ m.}$$

Como las planchas comerciales vienen de 122 x 244 cm, entonces el número de planchas en sentido vertical para satisfacer la altura del cilindro, será 6 planchas, que multiplicado por 122 cm. nos dá 7.32 m. Siendo ésta la altura tentativa del cilindro.

Para el cilindro, se procederá de igual forma:

$$d = \text{N}^\circ \text{ planchas} \times 2.44$$

$$\text{N}^\circ = \frac{(3.5894)}{2.44} = 4.62 \text{ planchas por anillo}$$

De similar manera se aproxima a 5 planchas por año para estar seguros de que no habrá desperdicios de material por cortes de plancha y sobre todo se tiene la seguridad de un exceso de carga.

Valores finales:

$$d = 3.8833 \text{ m.}$$

$$h = 7.32 \text{ m.}$$

Con los valores encontrados, se procederá a encontrar el nuevo volumen y el peso total debido al grano:

$$\text{VOLUMEN} = \frac{\pi}{4} (3.8833)^2 (7.32) + \frac{\pi}{4} (3.8833)^2 \times$$

$$\left( \frac{3.8833}{2} \right) \times \frac{1}{3} = 94.36 \text{ m}^3$$

$$\text{SOBRE CARGA} = (94.36 - 78.706) 577 = 9032.35 \text{ Kg.}$$

Que convertidos a sacos de 100 Lbs., dá 199 sacos.

$$\text{PESO TOTAL DEL GRANO} = 54446.0 \text{ Kg.}$$

### 3.2.1 Teoría del Diseño.

La teoría sobre la cual se sustentará el diseño del silo es la de CASCARONES ELASTICOS DELGADOS, construída sobre la hipótesis de la conservación de la superficie neutra ó de referencia.

La teoría de los cascarones es una de las importantes ramas de la aplicación de la teoría de la elasticidad. Las construcciones del tipo de cascarón delgado están siendo aplicadas en las más diversas ramas de la tecnología, para nombrar unas cuantas: en la construcción de aeronaves, edificios y construcciones industriales, en ingeniería petrolífera, en la construcción de máquinas y en la construcción de barcos. Esto explica el creciente interés en la teoría de los cascarones y el éxito notable logrado en este campo en años recientes.

✓ SUPERFICIE DE REFERENCIA.- Es la característica más importante, porque define la forma del cascarón y el comportamiento del mismo.

Para un material homogéneo, la superficie de referencia es la superficie de la mitad ó superficie media, siendo éste el lugar geométrico de los puntos que yacen a igual distancia de la superficie.

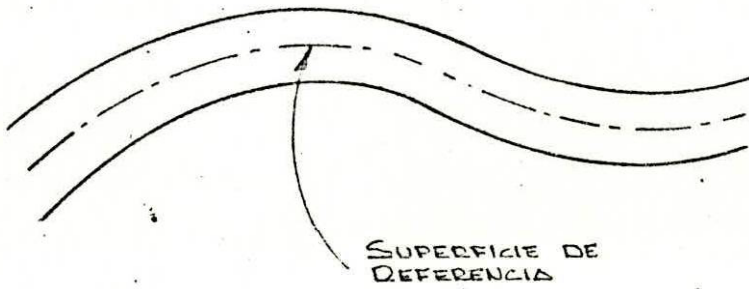


FIG. 3.5

Superficie de Referencia de un Cascarón.

Para material no homogéneo, se emplea generalmente el término superficie de referencia a una de aquellas superficies que forman parte del cascarón ó a una superficie neutra similar al eje neutro de una viga.

ESPESOR.- Es la distancia entre las 2 superficies del cascarón, medida a lo largo de la perpendicular de la superficie de referencia.

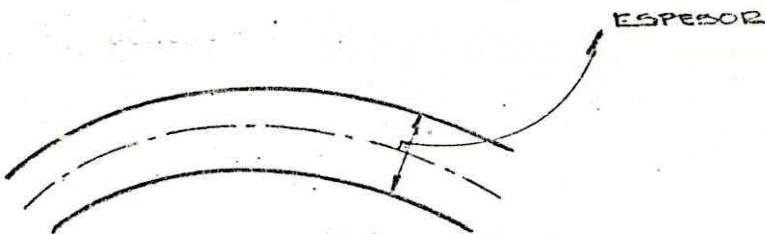


FIG. 3.6

Determinación del Espesor de un Cascarón.

BORDES ó EXTREMOS.- Pueden haber de dos clases:

Cascarón completo: Cuando no hay bordes ni extremos.

Ej.: Una esfera.

Cascarón incompleto: Los bordes se forman en general por superficies curvas normales a la su perficie de referencia.

CONCEPTO DE DELGADO.- Se considera un cascarón delgado:

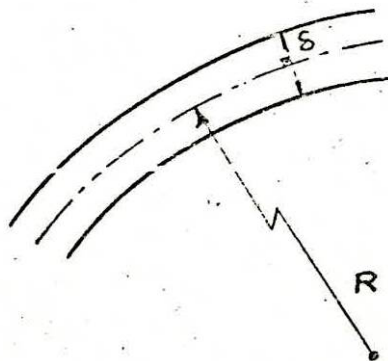


FIG. 3.7

### Consideraciones Delgadas

Si:

$$\frac{S}{R} \approx \frac{1}{50}$$

$$\frac{S}{R} \approx 0.02$$

Con respecto a las otras consideraciones, se dice que

El material del cascarón es isotrópico y que obedece a la ley generalizada de Hooke, y que las deformaciones, desplazamientos y ángulos de giro son tan pequeños que pueden despreciarse las segundas potencias de las cantidades.

El diseño del cascarón se lo hará por dos métodos, los cuales posteriormente servirán como comparación:

- Teoría de membrana
- Teoría General de cascarones elásticos delgados.

### 3.2.2 Teoría de Membrana.

Este empleadísimo método aproximado de análisis de cascarones fué formulado, aproximadamente al mismo tiempo - que la más general teoría de flexión. A menudo se presenta separada de la teoría de la flexión, como una teoría de cuerpos elásticos delgados en los que los esfuerzos a través del espesor están distribuidos casi uniformemente. Tal punto de vista posee incuestionablemente, la ventaja de la admisibilidad física, pero no da medios de establecer que lugar ocupa la teoría de membrana entre otros métodos aproximados de análisis, ni establece la zona de aplicabilidad de la misma.

En términos generales, la teoría de membrana no acepta momentos flectores en cualquier dirección, así como - también el esfuerzo cortante transversal.

Para un mejor entendimiento del problema, se construirá una gráfica de los esfuerzos, cargas y sus direcciones positivas.

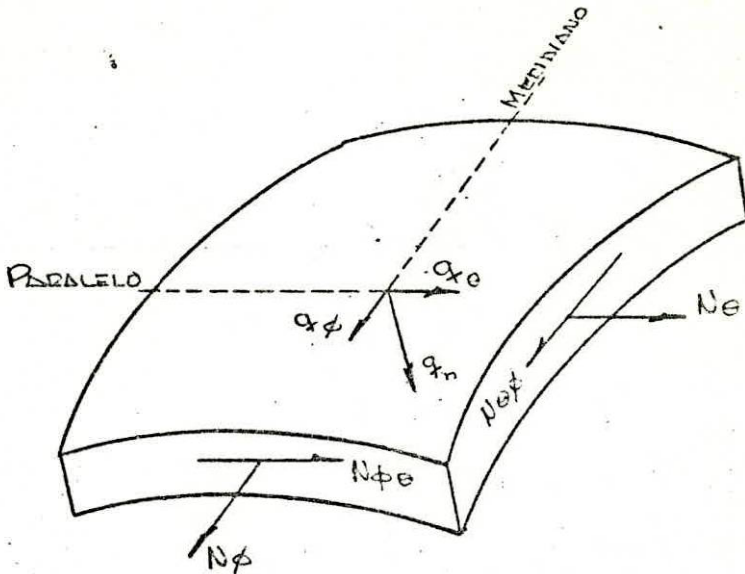


FIG. 3.8

Estado de Esfuerzos en un Cascarón de Membrana.

En el diseño del silo tipo membrana, se lo dividirá en cuatro partes. Por considerar que es la mejor manera de analizar los factores incidentes en cada sección y más que todo, para ir presentando ciertas interrogativas que se irán presentando en el desarrollo de esta teoría y serán aclaradas, cuando se trate la solución analítica.

Las partes a considerarse serán:

- Techo
- Parte cilíndrica
- Cono inferior
- Columnas

### 3.2.2.1 CALCULO DE LA PARTE SUPERIOR

#### CALCULO DE LA TAPA

La tapa, es una placa plana circular, de radio  $a_0$ , se encuentra simplemente apoyada en sus bordes y soporta su propio peso  $q$  por unidad de área.

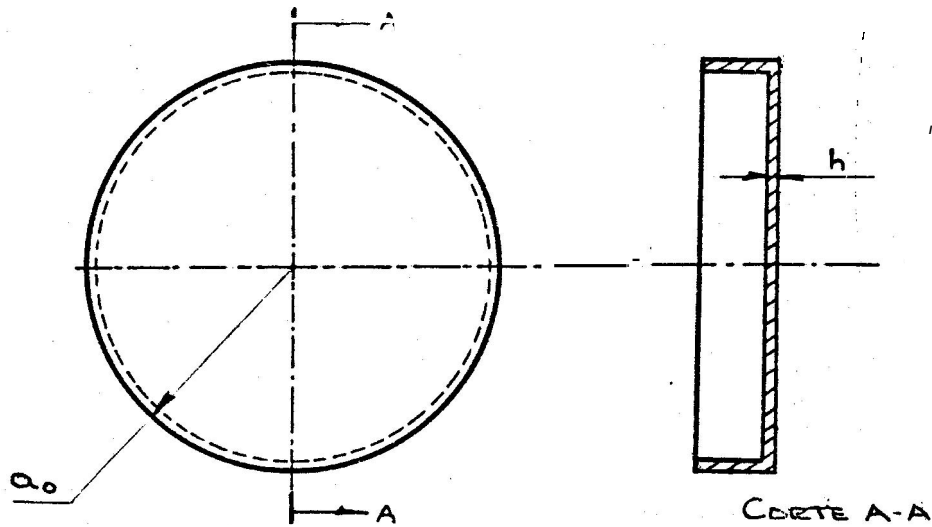


FIG. 3.9

Tapa del Silo.

Se ha dicho que la tapa es una placa plana, pero realmente está compuesta de dos elementos, siendo el otro ele

ento un anillo circular que se encuentra soldado a todo el  
rededor, con la finalidad de efectuar un cierre aceptable -  
on el anillo superior de refuerzo del techo. Detenerse pa  
a diseñar el espesor del anillo cilíndrico por medio de la  
membrana, no es recomendable, y más bien se dirá que el es-  
pesor del anillo será igual al espesor de la placa.

De Ref.(5), se tiene que el esfuerzo máximo actuando  
en la placa, es el siguiente:

$$\sigma_r) \text{ máximo} = \frac{3}{8} \frac{q a_0^2}{h^2} (3 + \nu) \quad 3.3$$

q = peso de la placa por unidad de área

$\nu$  = coeficiente de Poisson

h = espesor de la placa

$\gamma_1$  = peso específico del material.

$$q = \gamma_1 h$$

donde:

$$h = \frac{3}{8} \frac{\gamma_1 a_0^2 (3+\nu)}{\sigma)_{\text{máx}}}$$

El radio  $a_0$  de la tapa, para que permita el acceso  
de una persona a inspeccionar el interior del silo será de  
25 cm.

Para:  $\nu = 0.3$ ;  $\gamma_1 = 7.85 \times 10^{-3} \text{ Kg/cm}^3$ ;  $\sigma = 1820 \text{ Kg/cm}^2$

y reemplazando en Ec.(3.3a), se tiene

$$h = 0.1 \text{ mm}$$

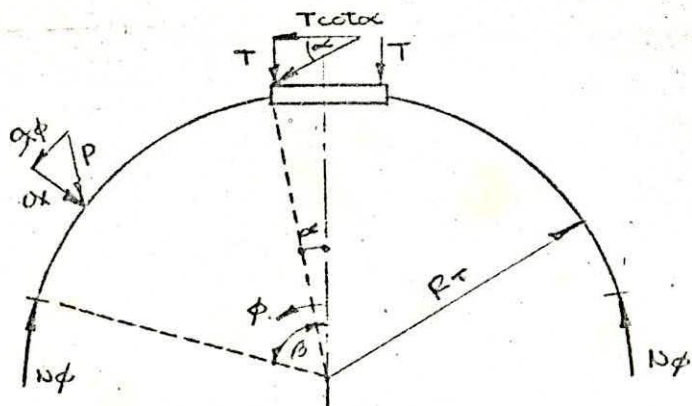
## CALCULO DEL TECHO ✓

Para proceder a calcular el techo, se analizarán las posibles geometrías, que cumplan con los factores de diseño y sus finalidades.

Las geometrías más usadas en el diseño del techo son de dos tipos: esférico y cónico. Dependiendo la selección final, de los criterios técnicos que se manifestarán cuando se analice por separado, uno a uno los tipos considerados.

### TECHO ESFERICO

El techo es un casquete esférico, simplemente apoyado en sus bordes, soportando su propio peso y una carga  $T$  por unidad de longitud a todo lo largo de la circunferencia de radio igual a  $R_T \text{ sen } \alpha = a_0$ .



T = fuerza por unidad de longitud, debido al peso de la tapa.

P = fuerza por unidad de área, debido al peso propio del techo.

Las ecuaciones de los esfuerzos son como sigue:

$$N_{\phi} = - \frac{1}{R_T \text{sen}^2 \phi} \int_0^{\phi} R_T^2 P \text{sen} \phi \, d\phi + c \quad 3.4$$

$$N_{\theta} = PR_T \left( \frac{\cos \alpha - \cos \phi}{\text{sen}^2 \phi} - \cos \phi \right)$$

La constante c, será evaluada de la condición de borde:

$$N_{\phi} \Big|_{\phi=\alpha} = - \frac{T}{\text{sen} \alpha} \quad 3.5$$

Que después de integrar y reemplazar la constante c, resulta la siguiente expresión:

$$N_{\phi} = -PR_T \left( \frac{\cos \alpha - \cos \phi}{\text{sen}^2 \phi} \right) - T \frac{\text{sen} \alpha}{\text{sen}^2 \phi} \quad 3.6$$

$$N_{\theta} = PR_T \left( \frac{\cos \alpha - \cos \phi}{\text{sen}^2 \phi} - \cos \phi \right) + T \frac{\text{sen} \alpha}{\text{sen}^2 \phi}$$

La componente T cot  $\alpha$ , que actúa en la circunferencia de radio R sen  $\alpha$ , no tiene componente que la restituya, luego será absorbida por un anillo. Lo mismo ocurre con la

componente horizontal del esfuerzo  $N_\phi$ , que serd **contrarres-**  
tado por un **anillo** a **todo** su rededor.

De la Ref.(1), se encuentra que el radio de **curvatu-**  
ra del techo con **respecto al diámetro** del cilindro **varía** -  
entre 0.8 - 12 D. Tomando un valor medio, es decir,  $R_T=1.0D$ ,  
se tiene

$$a = \text{arc sen } \frac{25}{388} = 3.69''$$

$$\beta = \text{arc sen } \frac{194}{388} = 30^\circ$$

$$T = \pi \gamma_1 (25)^2$$

$$T = 15.5 \text{ Kg/cm.}$$



Con el **fín** de tener una idea aproximada de las Ec(3.6)  
se **supondrá** un espesor del **cascaón** igual a 0.0625 cm (1/16  
pulg.), y que dos personas puedan caminar por el techo, se -  
encuentra  $P = 7 \times 10^{-3} \text{ Kg/cm}^2$ .

Reemplazando en Ec(3.6), para sus valores **máximos**, se  
obtiene:

$$N_\phi \Big|_{\phi = \beta} = - 5.42 \text{ Kg/cm.}$$

$$N_\theta \Big|_{\phi = \beta} = 238.13 \text{ Kg/cm.}$$

TECHO CONICO

El techo es un cono truncado, simplemente apoyado en sus bordes, soportando su propio peso y una carga  $T$  por unidad de longitud a lo largo de la circunferencia de radio  $a$ .

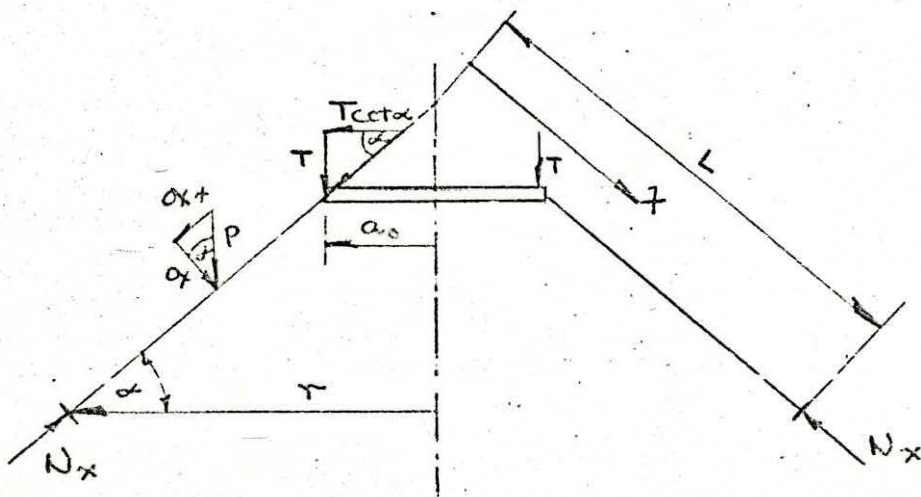


FIG. 3.11

Estado de Esfuerzos en techo Cónico.

Las ecuaciones a resolver son las siguientes:

$$\frac{d}{dx} (XN_x) - N_\theta = -q_x X \quad 3.7$$

$$N_\theta = -qX \cot \alpha$$

$N_{x0}$  es igual a cero, por ser sus cargas simétricas

al eje del cascarón.

P es igual al peso del cascarón por unidad de área, siendo sus componentes igual a

$$q_x = P \operatorname{sen} \alpha \quad 3.8$$

$$q = P \operatorname{cos} \alpha$$

La segunda ecuación de 3.7, queda definida inmediatamente, cuando es reemplazado el estado de cargas.

Para la primera ecuación, se tendrá que integrar :

$$\frac{d}{dx} (XN_x) = - (q_x + q \operatorname{cota} \alpha) X$$

Después de reemplazar Ec. (3.8) e integrar, se tiene

$$N_x = - \frac{PX}{2 \operatorname{sen} \alpha} + \frac{c_1}{x} \quad 3.9$$

La condición de borde para evaluar la constante  $c_1$  de Ec.(3.9), es la siguiente

$$\left. N_x \right]_x = \frac{a_0}{\operatorname{cos} \alpha} = - \frac{T}{\operatorname{sen} \alpha} \quad 3.10$$

Reemplazando:

$$c_1 = \frac{a_0}{\operatorname{sen} \alpha \operatorname{cos} \alpha} \left[ \frac{Pa_0}{2 \operatorname{cos} \alpha} - T \right]$$

✓

Luego:

$$N_x = - \frac{PX}{2 \operatorname{sen} \alpha} - \frac{a_0}{x \operatorname{sen} \alpha \operatorname{cos} \alpha} \left[ T - \frac{Pa_0}{2 \operatorname{cos} \alpha} \right] \quad 3.11$$

$$N_\theta = PX \frac{\operatorname{cos}^2 \alpha}{\operatorname{sen} \alpha}$$

De igual forma como se evaluó la Ec.(3.6), para dar se una idea de sus resultados, se hará con Ec.(3.11).

Para:

$$\alpha = 15^\circ$$

$$x = \ell = \frac{194}{\operatorname{cos} 15^\circ} = 200.84 \text{ cm.}$$

$$N_x = -10.39 \text{ Kg/cm.}$$

$$N_\theta = 5.07 \text{ Kg/cm.}$$

Dado que la facilidad de la construcción es una de las condiciones impuestas para este trabajo y que la disponibilidad de nuestros talleres, tan solo pueden rolar cáscaras de una curvatura. Luego la forma del techo será de tipo cónico. Dejando aclarado que techos de forma esférica son mucho más delgados en la sección transversal y por ende más baratos en cuanto a costos, pero presenta la dificultad de su construcción en nuestro medio, a no ser que la planta dedicada a la construcción de silos esté en capacidad de comprar una con forma esférica, que representa una inversión -

bastante considerable. Ver Fig. 3.12.

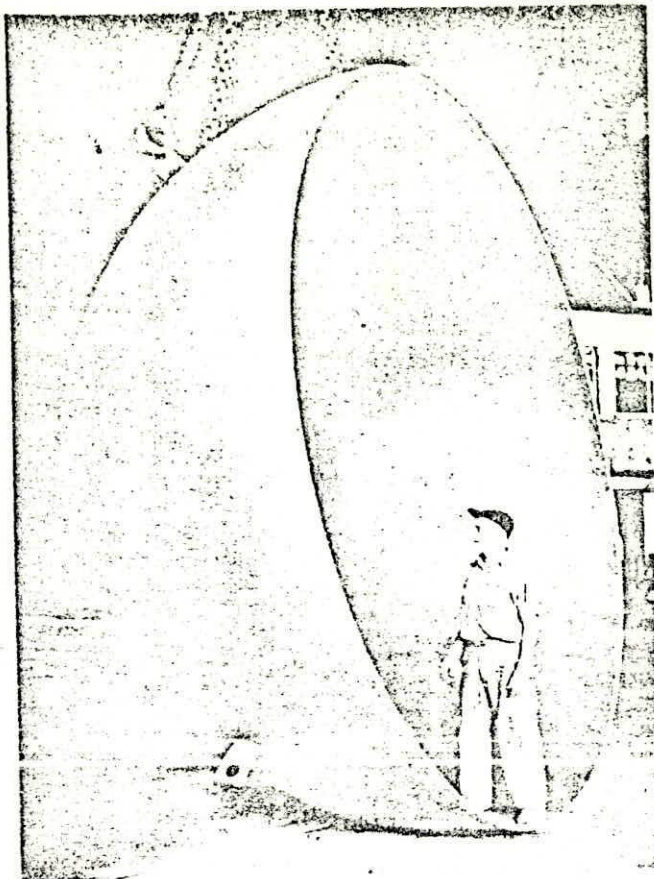


FIG. 3.12

CALCULO DEL ANILLO SUPERIOR DEL TECHO

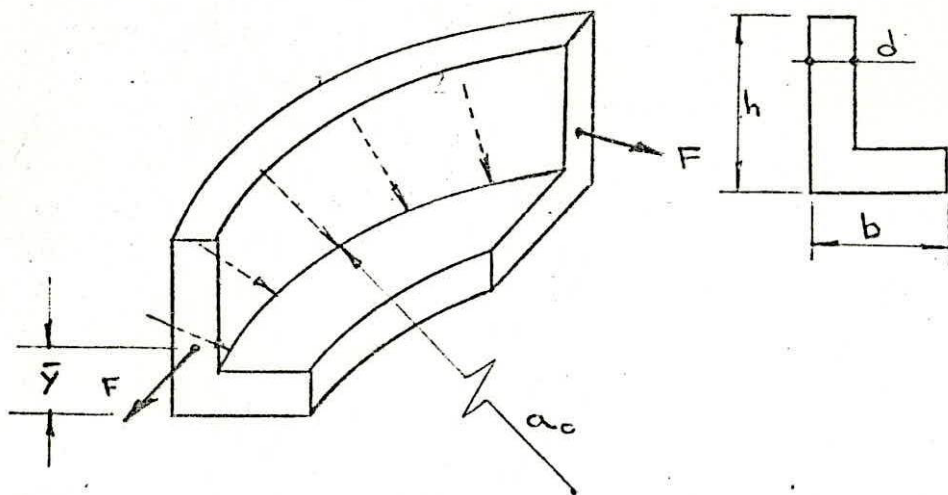


FIG. 3.13

Estado de Esfuerzos del Anillo Superior

$$F = a_o T \cot \alpha$$

$$\sigma_T = \frac{F}{A_R} \quad 3.12$$

$\sigma_T$  = Esfuerzo de tracción ✓

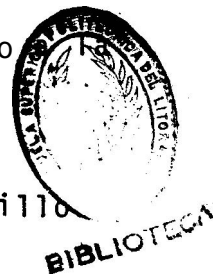
$A_R$  = Area de la sección transversal ✓

$$M_a = T \cot \alpha \bar{Y} \quad 3.13$$

$$M_x = a_o M_a \quad 3.14$$

$M_a$  = Momento por unidad de longitud, debido a fuerza excéntrica  $T \cot \alpha$ .

$M_x$  = Momento distribuido a lo largo del anillo de radio  $a_o$ .



Luego:

$$M_x = a_o T \cot \alpha \bar{Y} \quad 3.15$$

$$\sigma_f = \frac{M_x \bar{Y}}{I} = \frac{M_x}{Z}$$

Reemplazando (3.15) en la Ec. de  $\sigma_f$ :

$$\sigma_f = \frac{a_o T \cot \alpha \bar{Y}}{Z_R} \quad 3.16$$

$\sigma_f$  = Esfuerzo de flexión

$$Z_R = I / \bar{Y}$$

$\sigma$  = Esfuerzo total

$$\sigma = \sigma_T + \sigma_f \quad 3.17$$

Reemplazando (3.12) y (3.16) en (3.17).

$$\sigma = \frac{a_o T \cot}{A_R} + \frac{a_o T \cot \bar{Y}}{Z_R} \quad 3.18$$

Para:

$$\sigma = 1820 \text{ Kg/cm}^2$$

$$T = 15.5 \text{ Kg/cm.}$$

$$a_o = 25.0 \text{ cm.}$$

Se encuentra que el ángulo es de las siguientes características:

$$h = 40. \text{ mm}$$

$$b = 40. \text{ mm}$$

$$d = 4. \text{ mm}$$

CALCULO DEL ANILLO INFERIOR DEL TECHO ✓

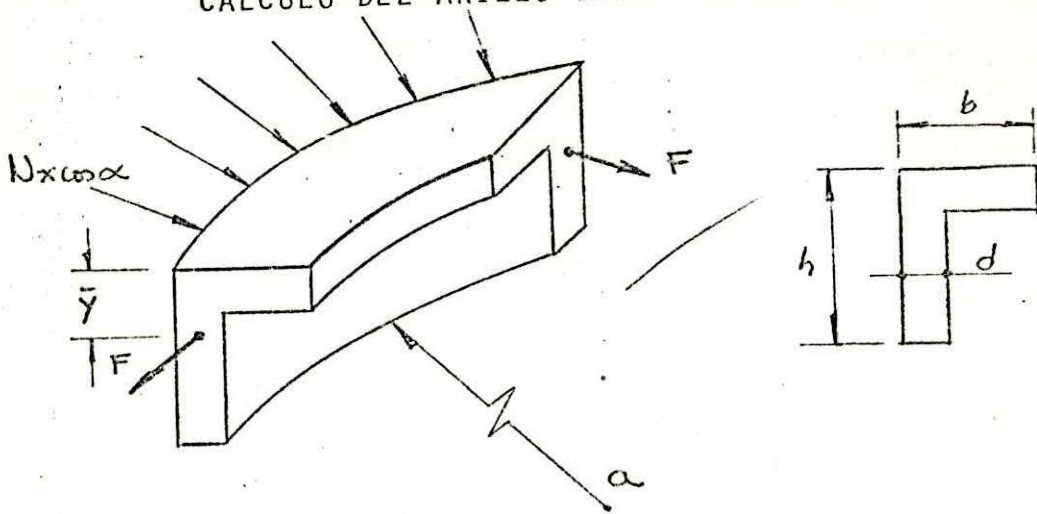


FIG. 3.14

Estado de Esfuerzos del Anillo Inferior

La fórmula a encontrarse es similar a Ec.(3.18), con la única diferencia de que en vez de  $Tcota$  va  $N_x \cos \alpha$ .

$$\sigma = \frac{aN_x \cos \alpha}{A_R} + \frac{aN_x \cos \alpha \bar{Y}}{Z_R} \quad 3.19$$

Para:

$$\sigma = 1820. \text{ Kg/cm}^2$$

$$N_x = 10.39 \text{ Kg/cm.}$$

$$a = 194.0 \text{ cm.}$$

Se encuentra que el ángulo es de las siguientes características:

$$h = 60. \text{ mm}$$

$$b = 60. \text{ mm}$$

$$d = 3. \text{ mm}$$

## CALCULO DE LAS DEFORMACIONES

### EN EL TECHO CONICO

Las ecuaciones que completan la solución de un cascarón cónico, son los desplazamientos y cuyas direcciones positivas, se indican en la Fig. 3.15.

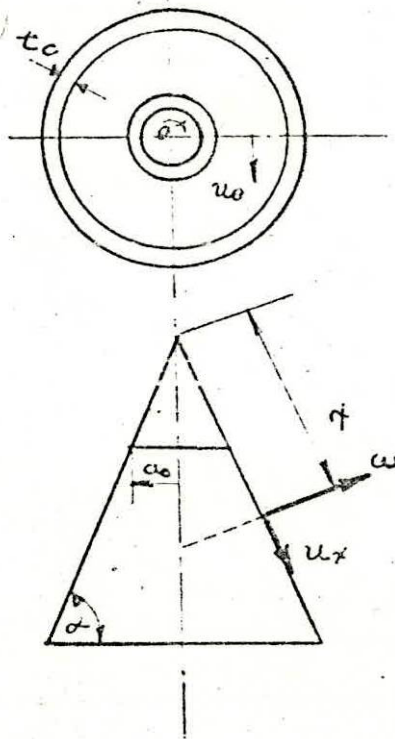


FIG. 3.15

### Geometría de un Cascarón Cónico

Como los esfuerzos  $N_x$ ,  $N_\theta$ ,  $N_{x\theta}$  fueron evaluados anteriormente, luego las expresiones de la deformación pueden ser halladas fácilmente por la integración de Ec.(3.11).

$$U_x = \int \left[ \frac{1}{Et_c} (N_x - \nu N_\theta) + \alpha_t T_o \right] dx + g_3(\theta)$$

$$U_\theta = x \left[ g_4(\theta) + \int \left( \frac{N_x \theta}{Gt_c} - \frac{1}{x \cos \alpha} \frac{\partial U_x}{\partial \theta} \right) \frac{dx}{x} \right] \quad 3.20$$

$$\omega = x \frac{\cot \alpha}{Et_c} (N_\theta - \nu N_x) + x \alpha_t T_o \cot \alpha -$$

$$\frac{1}{\operatorname{sen} \alpha} \frac{\partial U_\theta}{\partial \theta} - U_x \cot \alpha$$

Analizando las ecuaciones, nos damos cuenta que  $N_{x\theta}=0$  (Ver pág. );  $U_x$  no varía con respecto a  $\theta$ , por tanto  $\partial U_x / \partial \theta = 0$ ; no existiendo una carga externa a en un ángulo  $\theta$ , entonces  $g(\theta) = 0$ . Luego  $U$  es igual a cero. Con este análisis las Ec.(3.12) se reducen a:

$$U_x = \int \frac{1}{Et_c} (N_x - \nu N_\theta) + \alpha_t T_o \left] dx + g_3(\theta) \quad 3.21$$

$$\omega = \frac{x \cot \alpha}{Et_c} (N_\theta - \nu N_x) + x \alpha_t T_o \cot \alpha - U_x \cot \alpha$$

La constante  $g_3(\theta)$  es la deformación del cono en la dirección  $x$ , debido a la acción de una carga externa y se determina por una condición de borde. La carga externa de la cual se habla, es la componente horizontal del peso de la tapa  $T \cot \alpha$ , siendo tan pequeña su deformación, que se la despreciará en comparación con los otros términos.

Reemplazando Ec.(3.11) en (3.21) e integrando resulta:

$$U_x = \frac{1}{Et_c} \left[ -\frac{PX^2}{4 \operatorname{sen} \alpha} + \frac{a_0 \ln X}{\operatorname{sen} \alpha \cos \alpha} \left( T - \frac{Pa_0}{2 \cos \alpha} \right) - \frac{\nu PX^2 \cos^2 \alpha}{2 \operatorname{sen} \alpha} \right] + \alpha_t T_0 X \quad 3.22$$

$$\omega = \frac{X \operatorname{cota}}{Et_c} \left[ PX \frac{\cos^2 \alpha}{\operatorname{sen} \alpha} + \frac{\nu PX}{2 \operatorname{sen} \alpha} + \frac{a_0 \nu}{X \operatorname{sen} \alpha \cos \alpha} \left( T - \frac{Pa_0}{2 \cos \alpha} \right) \right] + X \alpha_t T_0 \operatorname{cota} - U_x \operatorname{cota}$$

FIG. 3.20

### CALCULO DE LA PARTE CILINDRICA

Para el diseño de la parte cilíndrica se lo hará anillo por anillo, siendo indispensable efectuar la distinción de un anillo con otro. Razón por la cual se los nominará con una letra alfabética en forma descendente. Ver fig. 3.16.

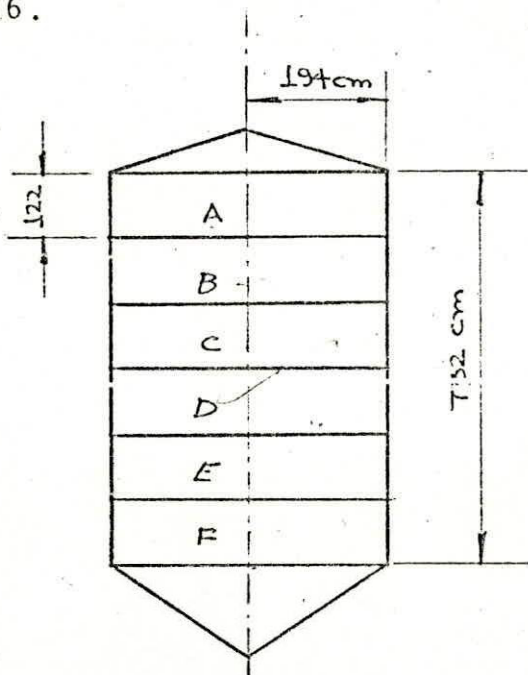


FIG. 3.16

Nominación de los anillos de la parte cilíndrica

Las constantes que se utilizarán en los cálculos son

las siguientes:

$h$  = altura total del cilindro = 732 cm.

$\gamma_2$  = Peso específico del grano =  $0.577 \times 10^{-3} \text{ Kg/cm}^3$

$\gamma_1$  = Peso específico del material =  $7.85 \times 10^{-3} \text{ Kg/cm}^3$

$t_s$  = espesor del cascarón cilíndrico.

De la referencia (4), se encuentran las ecuaciones que gobiernan el cascarón cilíndrico tipo membrana son como siguen:

$$N_s = -qr \quad (3.23a)$$

$$N_{xs} = - \int (q_s + \frac{\partial N_s}{\partial s}) dx + f_1(s) \quad (3.23b)$$

$$N_x = - \int (q_x + \frac{\partial N_{xs}}{\partial s}) dx + f_2(s) \quad (3.23c)$$

Con respecto a la Fig. 3.8, se debe aclarar que - existe un cambio de nomenclatura para el cilindro, y sus equivalencias son:

$$q_\phi = q_x ; q_\theta = q_s ; q_n = q \quad (3.24)$$

$$N_\phi = N_x ; N_\theta = N_s ; N_{\phi\theta} = N_{xs}$$

En las ecuaciones (3.23), se nota además del cambio anteriormente dicho. La presencia de r, que es igual al radio de curvatura y es de valor constante.

$$r = \text{constante} = a$$

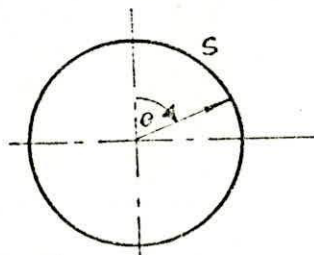


FIG. 3.17

$$ds = a d\theta$$

$$(3.25)$$

Luego en Ec (3.23b), se tiene que,  $q_s=0$ ;  $\frac{\partial N_s}{\partial s} = 0$

por no ser  $N_s$  función de  $S$ . Por consiguiente

$$N_{xs}=0 \qquad 3.26$$

$f_2(s)$ , es una función arbitraria, que satisface las condiciones de borde y su interpretación física, es la de satisfacer las cargas externas al cascarón.

En esta forma, las ecuaciones a resolverse serán - dos y se comenzará por el anillo A

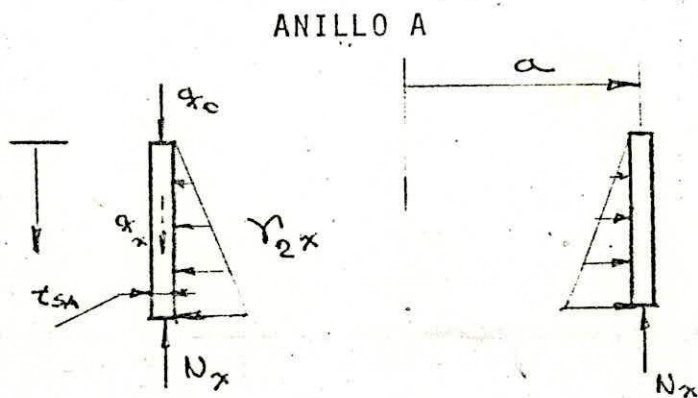


FIG. 3.18

Estado de carga para el Anillo A

$$q = - \gamma_2 X/2$$

$q_0$  = Componente vertical del esfuerzo  $N_x$  del techo.

$$q_x = \gamma_1 X$$

$$N_x = - \int (\gamma_1 X) dx = - \gamma_1 \frac{X^2}{2} + f_2(s) \quad 3.27$$

Condición de borde

$$N_x \Big|_{x=0} = - q_0 \quad 3.28$$

Reemplazando se obtiene

$$f_2(s) = - q_0 \quad 3.29$$

Luego

$$N_x = - \gamma_1 \frac{X^2}{2} - q_0 \quad 3.30$$

Reemplazando valores, se tiene

$$N_x = - 3.925 \times 10^{-3} X^2 - 2.7$$

$$N_x \text{ máx.} \Big|_{x=122} = -61.12 \text{ Kg/cm}$$

$$N_s = \gamma_2 a \frac{X}{2}$$

3.31

Reemplazando valores, se tiene

$$N_s = 0.577 \times 10^{-3} (194) \frac{X}{2}$$

$$N_s \text{ máx.} \left. \vphantom{N_s} \right]_{x=122} = \frac{13.66}{2} \text{ Kg/cm}$$

ANILLO B

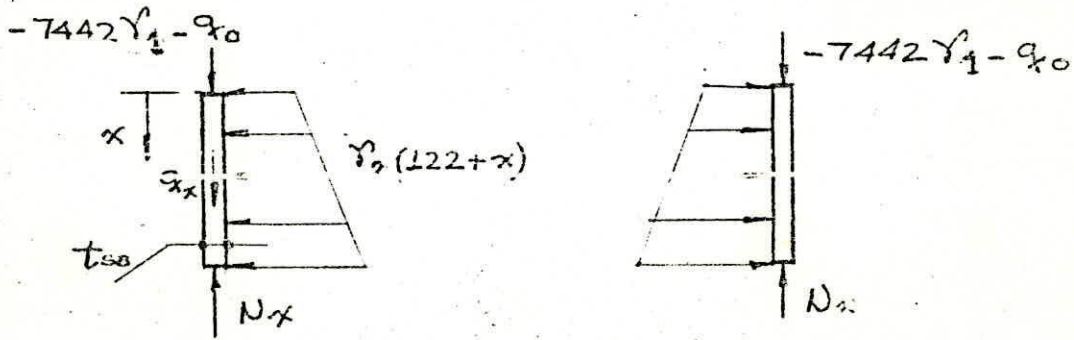


FIG. 3.19

Estado de carga para el anillo B

$$q' = - \gamma_2 \frac{(122+X)}{2}$$

$$q_x = \gamma_1 X$$

$$N_x = - \int (\gamma_1 X) dx = - \gamma_1 \frac{X^2}{2} \quad f_2(s) \quad 3.32$$

Condición de borde

$$N_x \Big|_{x=0} = - 7442 \gamma_1 - q_0 \quad 3.33$$

Reemplazando se obtiene

$$f_2(s) = - 7442 \gamma_1 - q_0 \quad 3.34$$

Luego

$$N_x = - \gamma_1 \frac{X^2}{2} - 7442 \gamma_1 - q_0 \quad 3.35$$

Reemplazando valores, se tiene

$$N_x = - 3.925 \times 10^{-3} X^2 - 61.12$$

$$N_x \text{ máx.} \Big|_{x=122} = - 119.54 \text{ Kg/cm.}$$

$$N_s = \gamma_2 \frac{(122+X)}{2} \text{ a} \quad 3.36$$

Reemplazando valores, se tiene

$$N_s = 0.577 \times 10^{-3} \frac{(122+X)^3}{2} \cdot 194$$

$$N_s \text{ máx.} \left. \vphantom{N_s} \right]_{x=122} = \frac{27.31}{2} \text{ Kg/cm}$$

ANILLO C

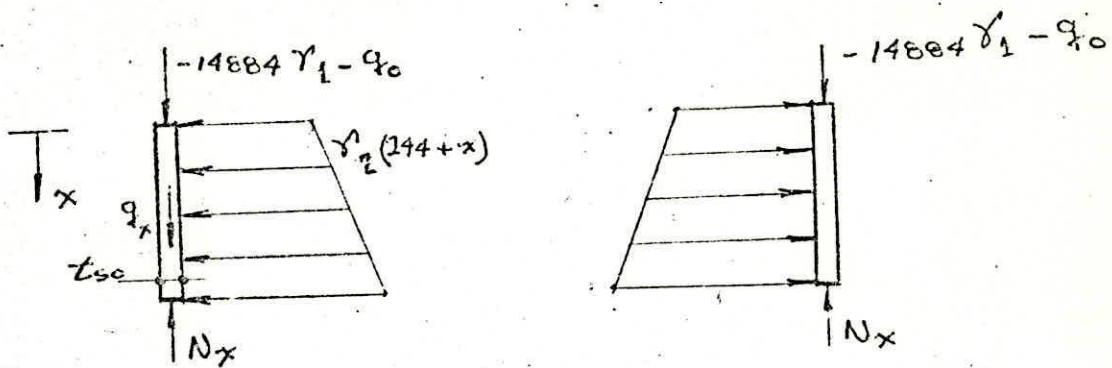


FIG. 3.20

Estado de carga para el Anillo C

$$q = - \gamma_2 \frac{(244+X)}{2}$$

$$q_x = \gamma_1 X$$

$$N_x = - \int (\gamma_1 X) dx = - \gamma_1 \frac{X^2}{2} + f_2(s) \quad 3.37$$

Condición de borde

$$N_x \left. \vphantom{N_x} \right]_{x=0} = - 14884 \gamma_1 - q_0 \quad 3.38$$

Reemplazando se obtiene

$$f_2(s) = - 14884\gamma_1 - q_0 \quad 3.39$$

Luego

$$N_x = - \gamma_1 \frac{x^2}{2} - 14884\gamma_1 - q_0 \quad 3.40$$

Reemplazando valores, se obtiene

$$N_x = - 3.925 \times 10^{-3} x^2 - 119.54$$

$$N_x \text{ máx. } \left. \vphantom{N_x} \right]_{x=122} = -177.96 \text{ Kg/cm}$$

$$N_s = \gamma_2 \frac{(244+x)}{2} a$$

3.41

Reemplazando valores, se obtiene

$$N_s = 0.577 \times 10^{-3} \frac{(244+x)}{2} 194$$

$$N_s \text{ máx. } \left. \vphantom{N_s} \right]_{x=122} = \frac{40.97}{2} \text{ Kg/cm}$$

ANILLO D

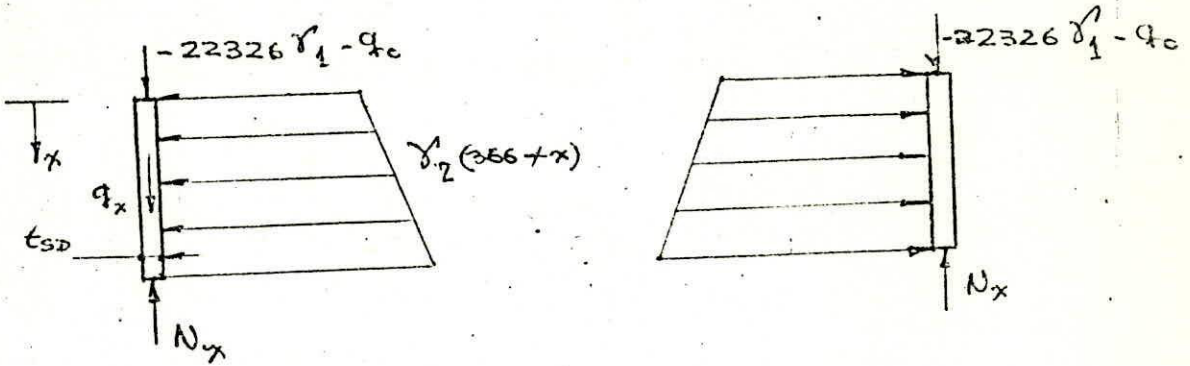


FIG. 3.21.

Estado de carga para el anillo D

$$q = - \gamma_2 \frac{(366+x)}{2}$$

$$q_x = \gamma_1 X$$

$$N_x = - \int (\gamma_1 X) . dx = - \gamma_1 \frac{X^2}{2} + f_2(s) \quad 3.42$$

Condición de borde

$$N_x \Big|_{x=0} = - 22 \ 326 . \gamma_1 - q_0 \quad 3.43$$

Reemplazando se obtiene

$$f_2 (s) = - 22326 \gamma_1 - q_0 \quad 3.44$$

Luego

$$N_x = -\gamma_1 \frac{x^2}{2} - 22326\gamma_1 - q_0 \quad 3.45$$

Reemplazando valores, se obtiene

$$N_x = - 3.925 \times 10^{-3} x^2 - 177.96$$

$$N_x \text{ máx.} \Big]_{x=122} = - 236.38 \text{ Kg/cm}$$

$$N_s = \gamma_2 \frac{(366+x)}{2} a \quad 3.46$$

Reemplazando valores, se obtiene

$$N_s = 0.577 \times 10^{-3} \frac{(366+x)}{2} 194$$

$$N_s \text{ máx.} \Big]_{x=122} = \frac{54.63}{2} \text{ Kg/cm}$$

ANILLO E

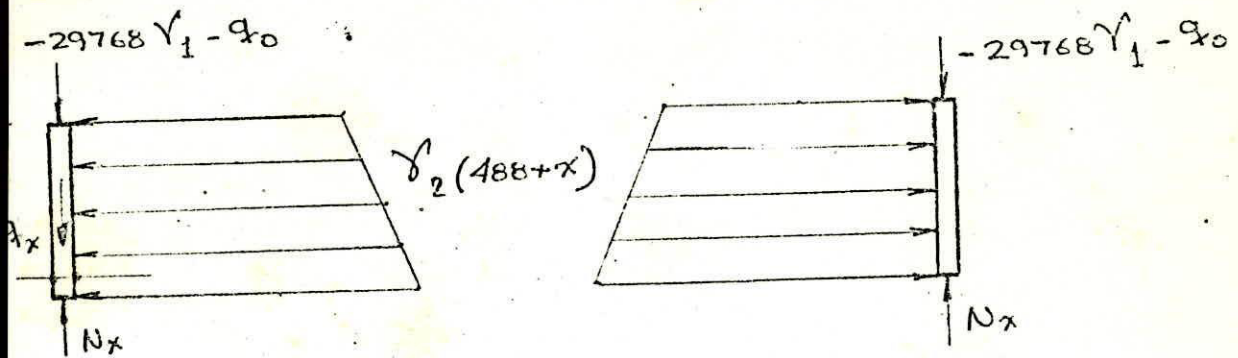


FIG. 3.22

Estado de carga para el Anillo E

$$q = - \gamma_2 \frac{(488+X)}{2}$$

$$q_x = \gamma_1 X$$

$$N_x = - \int (\gamma_1 X) dx = - \gamma_1 \frac{X^2}{2} + f_2 (s) \quad 3.47$$

Condición de borde

$$\left. N_x \right]_{x=0} = - 29768 \gamma_1 - q_0 \quad 3.48$$

Reemplazando se obtiene

$$f_2(s) = - 29768 \gamma_1 - q_0 \quad 3.49$$

Luego

$$N_x = - \gamma_1 \frac{x^2}{2} - 29768 \gamma_1 q_0 \quad 3.50$$

Reemplazando valores, se obtiene

$$N_x = - 3.925 \times 10^{-3} x^2 - 236.38$$

$$N_x \text{ máx.} \left. \vphantom{N_x} \right]_{x=122} = -294.80 \text{ Kg/cm}$$

$$N_s = \gamma_2 \frac{(488+x)}{2} a \quad 3.51$$

Reemplazando valores, se obtiene

$$N_s = 0.577 \times 10^{-3} \frac{(488+x)}{2} 194$$

$$N_s \text{ máx.} \left. \vphantom{N_s} \right]_{x=122} = \frac{68.28}{2} \text{ Kg/cm}$$

# ANILLO F

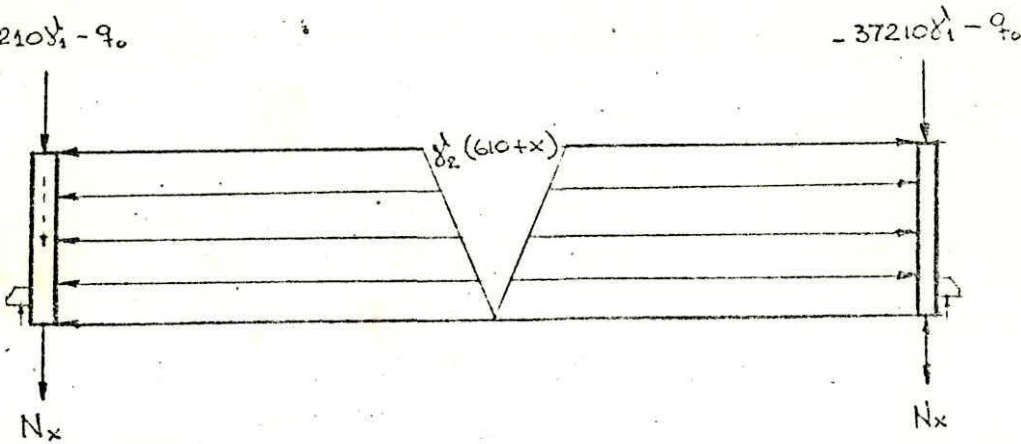


FIG. 3.23

Estado de carga para el Anillo F.

Para calcular el anillo F se procederá a dividirlo en tres partes, por cuanto al colocar los soportes éstos crearán una discontinuidad en los esfuerzos y dicha discontinuidad hará que las ecuaciones a deducirse tengan su rango para las cuales son válidas.

La primera parte del cálculo es similar a los anillos precedentes y su desarrollo es como sigue.

$$q = -\gamma_2 \frac{(610 + X)}{2}$$

$$q_x = \gamma_1 X$$

$$N_x = - (\gamma_1 X) dX = -\gamma_1 \frac{X^2}{2} + f_2(s)$$

Condición de borde:

$$N_x \Big|_{x=0} = -37210\gamma_1 - q_0$$

Reemplazando se obtiene:

$$f(s) = -37210\gamma_1 - q_0$$

Luego:

$$N_{x_1} = -\gamma_1 \frac{X^2}{2} - 37210\gamma_1 - q_0 \quad (3.52)$$

Válido para

$$0 < X < X_1$$

$$N_s = \gamma_2 \frac{(610 + X)}{2} \text{ a.} \quad (3.53)$$

Reemplazando valores se obtiene

$$N_s \text{ máx} \Big|_{x=122} = \frac{81.94}{2} \text{ Kg/cm.}$$

En la segunda parte, es donde se presenta la discontinuidad y para ello nos valemos de un problema planteado por

Ref.(8), y que para nuestro caso se comporta de igual manera.

La Fig.(3.24a), muestra las cargas actuando en el anillo F debido a los soportes. Para lo cual se supone un número N de soportes actuando sobre igual número de columnas que distribuyen la carga total por unidad de longitud en un pequeño espacio de  $2\alpha$  y que es igual al ancho del soporte.

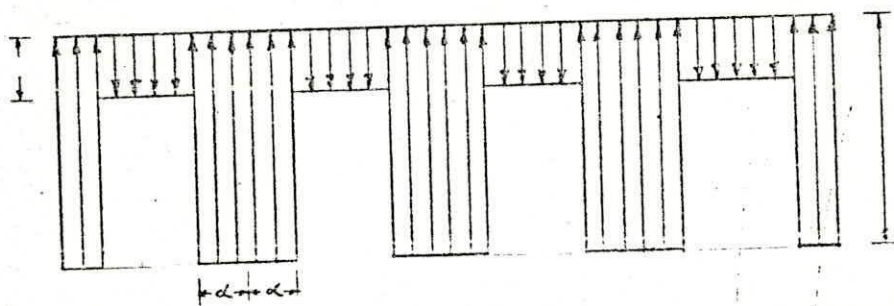


FIG. (3.24a)

Cargas actuando en el Anillo F debido a los soportes

$$p = \frac{\text{carga total}}{2\pi a}$$

El esfuerzo  $N_x$  actuando en los soportes, se lo puede presentar en forma de series de FOURIER que va desde  $N$ ,  $2N$ ,  $3N, \dots, \infty$ .  $\theta$  es el ángulo del paralelo y ordinariamente se lo hace variar entre un soporte y la parte libre ya que no tiene sentido hacer más grande la variación por cuanto los

valores de  $N_x$  se repetirán.

$$N_x = \sum_{n=N, 2N, \dots}^{\infty} A_n \cos n\theta \quad (3.54)$$

Para hallar el coeficiente  $A_n$  de la serie habrá que multiplicar ambos miembros de la igualdad por  $\cos n\theta$  y luego resolver el integral de FOURIER para los límites  $(0, n\alpha)$ .

$$\int_0^{n\alpha} p \cos n\theta \, d\theta = A_n \int_0^{n\alpha} \cos n\theta \cos n\theta \, d\theta$$

$$A_n = - \frac{2p}{n\alpha} \operatorname{sen} n\alpha \quad (3.55)$$

Que reemplazando  $A_n$  en la Ec(3.54) se encuentra la expresión para  $N_x$  en los soportes.

$$N_x = - \frac{2p}{\alpha} \sum_{n=N, 2N, \dots}^{\infty} \frac{\operatorname{sen} n\alpha}{n} \cos n\theta \quad (3.56)$$

$$0 = - \frac{2p}{\alpha} (\operatorname{sen} N\alpha + \operatorname{sen} 2N\alpha + \dots)$$

La acción de los soportes, no solamente producen una discontinuidad en la distribución de sus cargas como lo indica la fig(3.24a); sino que también en la dirección normal a la superficie de referencia habrá momentos flectores concentrados en un pequeño espacio que tratarán de deformar el cascarón. Más aún con el agravante de que la teoría de membrana no acepta momentos flectores en ninguna dirección. Tendrá que colocarse una placa plana soldada en sus cuatro bordes, de tal forma que sea lo suficientemente resistente co-

mo para absorber los esfuerzos así engendrados.

La tercera parte del anillo F comienza después de los soportes y termina exactamente en la unión con el cono inferior como lo indica la fig.(3.24b).

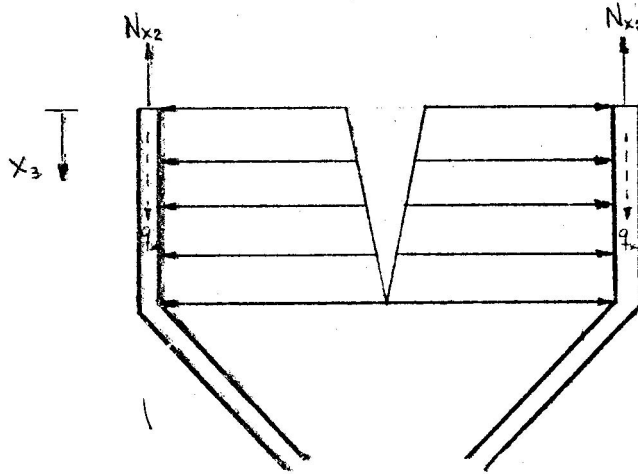


FIG. (3.24b)

$$q = -\frac{\gamma_2}{2} (61\theta + X_1 + X_2 + X_3)$$

$$q_x = \gamma_1 X_3$$

$$N_x = -\int (\gamma_1 X) dX = -\gamma_1 \frac{X^2}{2} + f_2(S) \quad (3.57)$$

Condicio'n de borde

$$N_x \Big|_{x=0} = N_{x2}$$

Reemplazando se obtiene

$$f_2(S) = N_{x_2}$$

Luego

$$N_{x_3} = - \gamma_1 \frac{X^2}{2} + N_{x_2} \quad (3.58)$$

Valores numéricos para el anillo F, no se pueden obtener todavía por cuanto no se sabe cuantas columnas llevará el silo y a que distancia de la unión se colocarán los soportes. Una vez obtenido estos datos se podrá reemplazar en las Ec.(3.53) (3.58) deducidas anteriormente y hallar el esfuerzo  $N_x$ .

## DETERMINACION DE LOS ESPESORES

### DE LA PARTE CILINDRICA

Hasta aquí los valores de los esfuerzos  $N_x$  y  $N_s$  han venido expresados por unidad de longitud (Kg/cm). Quedando por determinar la otra dimensión, esto es, el espesor.

En los factores de diseño se hablaba de la estabilidad elástica, por ser éste criterio de falla tan importante en el diseño de un elemento sometido a compresión. Pues el material primero fallará por pandeo, antes que por fluencia.

Reemplazando el valor de  $(N_x)_{máx}$  en Ec (S. Ia) <sup>4</sup> para los diferentes anillos considerados, se puede determinar el espesor del cascarón para evitar la inestabilidad elástica (pandeo). Así se tiene:

$$t_{SA} = 0.0977 \text{ cm.}$$

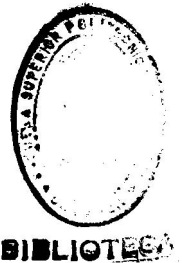
$$t_{SB} = 0.1356 \text{ cm.}$$

$$t_{,} = 0.1655 \text{ cm.}$$

$$t_{,} = 0.1908 \text{ cm.}$$

$$t_{SE} = 0.2130 \text{ cm.}$$

$$t_{,} = 0.2300 \text{ cm.}$$



Pero debido a que el fabricante de planchas de hierro no produce los espesores del diseño, entonces nos tendremos que ajustar a las dimensiones del productor. En tal

virtud los espesores finales serán:

$$t_{SA} = 1.00 \text{ mm.}$$

$$t_{SB} = 1.50 \text{ mm.}$$

$$t_{SC} = 2.00 \text{ mm.}$$

$$t_{SD} = 2.00 \text{ mm.}$$

$$t_{SE} = 2.50 \text{ mm.}$$

$$t_{SF} = 2.50 \text{ mm.}$$

CALCULO DE LAS DEFORPACIONES

EN LA PARTE CILINDRICA

Las ecuaciones que completan, la solución de un cascarón cilíndrico, son la de los desplazamientos, cuyas direcciones positivas se indican en la figura.

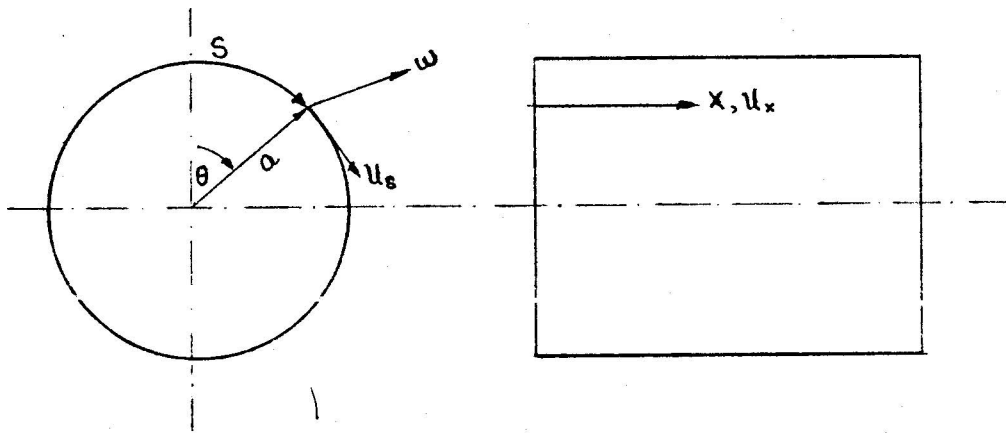


FIG. 3.25

Geometría del Cascarón Cilíndrico

Como los esfuerzos  $N_x$ ,  $N_s$ ,  $N_{xs}$  fueron evaluados anteriormente, luego las expresiones de la deformación pueden ser halladas fácilmente, por la integración de sus respectivas ecuaciones. Así se tiene:

$$U_x = \int \left[ \frac{1}{Et_s} (N_x - \nu N_s) + \alpha_t T_o \right] dx + f_3(S)$$

$$U_s = \int \frac{1}{Gt_s} N_{xs} dx - \int \frac{\partial U_s}{\partial s} dx + f_4(s) \quad 3.59$$

$$\omega = a \left[ \frac{1}{Et_s} (N_s - \nu N_x) + \alpha_t T_o - \frac{\partial U_s}{\partial s} \right]$$

Donde:

E = Coeficiente de elasticidad del material  
 =  $2.1 \times 10^6 \text{ Kg/cm}^2$

G = Coeficiente de rigidez del material  
 =  $84 \times 10^5 \text{ Kg/cm}^2$

$\nu$  = Coeficiente de Poisson = 0.3

$\alpha_t$  = Coeficiente de dilatación térmica  
 =  $1.2 \times 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$

a = Radio del cilindro = 194 cm.

$T_o$  = Temperatura de referencia =  $50^\circ\text{C}$

$t_{s...}$  = Espesor del anillo considerado, cm

Analizando las ecuaciones, nos damos cuenta, que  $U_s$  es igual a cero, por cuanto se encontró anteriormente que  $N_{xs} = 0$  y  $\frac{\partial U_s}{\partial s}$  no es función de s, luego es igual a cero.

Para efecto de la incompatibilidad de las deformaciones, cuando existe un cambio de curvatura, es decir, entre cilindro y techo; cilindro y parte inferior, se dirá que la

teoría de membrana no acepta fuerzas cortantes normales y momento flector en las dos direcciones. Siendo esto así, la inclusión de las fuerzas cortantes y momentos flectores se la hará oportunamente cuando se trate la otra solución.

De lo dicho se desprende, que la incompatibilidad existe y por tanto la condición de borde  $f_3(s)$  para el anillo A es igual a cero. No ocurre lo mismo para el resto de anillos, debido a que la deformación del uno se la transmite al otro.

#### ANILLO A

$$U_x = \int \left[ \frac{1}{Et_{SA}} (\overline{M}_x - \nu \overline{M}_s) + \alpha_t T_o \right] dx$$

Reemplazando Ec. (3.30) y (3.31), e integrando

$$U_x = \frac{11}{Et_{SA}} \left[ -\gamma_1 \frac{X^3}{6} - q_o X - \gamma_2 av \frac{X^2}{2} \right] + \alpha_t T_o X \quad (3.60)$$

$$U_x \text{ máx} \Big|_{x=122} = \frac{1}{Et_{SA}} \left[ 3026419 \frac{1}{t} - 122q_o - 7442 \frac{av}{2} \right] + 122\alpha_t T_o \quad (3.61)$$

Reemplazando el valor de las constantes

$$U_x \text{ máx} = 0.071 \text{ cm}$$

$$\omega = a \left[ \frac{1}{Et_{SA}} (N_s - vN_x) + \alpha_t T_o \right]$$

Reemplazando Ec (3.30) y (3.31)

$$\omega = a \left[ \frac{1}{Et_{SA}} \left( \gamma_2 \frac{aX}{2} + \gamma_1 \frac{vX^2}{2} + q_o v \right) + \alpha_t T_o \right] \quad (3.62)$$

$$\omega_{\hat{a}x} \Big|_{x=122} = a \left[ \frac{1}{Et_{SA}} \left( \frac{122a\gamma_2}{2} + 7442v\gamma_1 + vq_o \right) + \alpha_t T_o \right]$$

Reemplazando el valor de las constantes

$$\omega_{\hat{a}x} = 0.140 \text{ cm.}$$

ANILLO B

$$U_x = \int \left[ \frac{1}{Et_{SB}} (N_x - vN_s) + \alpha_t T_o \right] dx + F_3(s)$$

Reemplazando Ec (3.35) y (3.36), e integrando

$$U_x = \frac{1}{Et_{SB}} \left[ -\gamma_1 \frac{X^3}{6} - 7442\gamma_1 X - q_0 X - \frac{av\gamma_2}{2} (122X + \frac{X^2}{2}) \right] + \alpha_t T_0 + f_3 (s) \quad (3.63)$$

Condición de borde

$$U_x \Big|_{x=0} = + 0.071 \text{ cm}$$

Reemplazando se obtiene

$$f_3 (s) = + 0.071 \text{ cm}$$

Luego

$$U_x = \frac{1}{Et_{SB}} \left[ -\gamma_1 \frac{X^3}{6} - 7442\gamma_1 X - q_0 X - \frac{av\gamma_2}{2} (122X + \frac{X^2}{2}) \right] + \alpha_t T_0 X + 0.071 \quad (3.64)$$

$$U_x \text{ máx} \Big|_{x=122} = + 0,110 \text{ cm.}$$

Reemplazando Ec (3.35) y (3.36) en (3.59)

$$\omega = a \left\{ \frac{1}{Et_{SB}} \left[ \gamma_2 \frac{(122+x)a + v\gamma_1}{2} \frac{X^2}{2} + 7442v\gamma_1 + q_0 v \right] + \alpha_t T_0 \right\}$$

$$\omega \text{ máx} \Big|_{x=122} = 0.147 \text{ cm}$$

ANILLO C

$$U_x = \int \left[ \frac{1}{Et_{sc}} (N_x - \nu N_s) + \alpha_t T_o \right] dx + f_3 (s)$$

Reemplazando Ec (3.40) y (3.41), e integrando

$$U_x = \frac{1}{Et_{sc}} \left[ -\gamma_1 \frac{X^3}{6} - 14884\gamma_1 X - q_o X - \frac{av\gamma_2}{2} (244X + \frac{X^2}{2}) \right] + \alpha_t T_o X + f_3 (s) \tag{3.66}$$

Condición de borde

$$U_x \Big|_{x=0} = 0.110 \text{ cm.}$$

Reemplazando se tiene

$$U_x = \frac{1}{Et_{sc}} \left[ -\gamma \frac{X^3}{16} - 14884\gamma_1 X - q_o X - \frac{av\gamma_2}{2} (244X + \frac{X^2}{2}) \right] + \alpha_t T_o X + 0.110 \tag{3.67}$$

$$U_x \text{ máx} \Big|_{x=122} = 0.142 \text{ cm}$$

Reemplazando Ec (3.40) y (3.41) en (3.59)

$$\omega = a \left[ \frac{1}{Et_{sc}} \left( \gamma_2 \frac{(244+x)}{2} a + v\gamma_1 \frac{X^2}{2} + 14884v\gamma_1 + q_0v \right) + \alpha_t T_0 \right] \quad (3.68)$$

$$\left. \omega \text{ máx} \right]_{x=122} = 0.15 \text{ cm}$$

Para el resto de anillos se pondrá tan sólo la ecuación resultante, ya que el procedimiento está explicado en los anillos A, B y C.

ANILLO D

$$U_x = \frac{1}{Et_{SD}} \left[ -\gamma_1 \frac{X^3}{6} - 22326\gamma_1 X - q_0 X - v\frac{a}{2}\gamma_2 \left( 366X + \frac{X^2}{2} \right) \right] \quad (3.69)$$

$$+ \alpha_t T_0 X + 0.142$$

$$\left. U_x \text{ máx} \right]_{x=122} = 0.154 \text{ cm}$$

$$\omega = a \left[ \frac{1}{Et_{SD}} \left( \gamma_2 \frac{(366+X)}{2} a + v\gamma_1 \frac{X^2}{2} + 22326v\gamma_1 + q_0v \right) + \alpha_t T_0 \right] \quad (3.70)$$

$$\left. \omega \text{ máx} \right]_{x=122} = 0.161 \text{ cm}$$

ANILLO E

$$U_x = \frac{1}{Et_{SE}} \left[ -\gamma_1 \frac{X^3}{6} - 29768\gamma_1 X - q_0 X - \frac{v\gamma_2}{2} (488X + \frac{X^2}{2}) \right] \quad (3.71)$$

$$+ \alpha_t T_0 X + 0.154$$

$$\left. U_x \text{ máx} \right]_{x=122} = 0.165 \text{ cm}$$

$$\omega = a \left[ \frac{1}{Et_{SE}} \left( \gamma_2 \frac{(488+X)a + v\gamma_1 \frac{X^2}{2} + 29768v\gamma_1 + q_0 v \right) + \alpha_t T_0 \right] \quad (3.72)$$

$$\left. \omega \text{ máx} \right]_{x=122} = 0.17 \text{ cm}$$

ANILLO F

$$U_x = \frac{1}{Et_{SF}} \left[ -\gamma_1 \frac{X^3}{6} + \frac{1}{a} p \frac{X^2}{2} - 37210\gamma_1 X - q_0 X - \frac{v\gamma_2}{2} (610X + \frac{X^2}{2}) \right] \quad (3.73)$$

$$+ \alpha_t T_0 X + 0.154$$

$$\omega = a \left[ \frac{1}{Et_{SF}} \left( \gamma_2 (610+X)a + v\gamma_1 \frac{X^2}{2} - \frac{1}{a} pX + 37210v\gamma_1 - q_0 v \right) + \alpha_t T_0 \right] \quad (3.74)$$

### CALCULO DE LA PARTE INFERIOR

La parte inferior del silo es un cascarón cónico truncado que se encuentra unido con el cilindro en el borde superior y al dosificador de vaciado en el borde inferior. Luego las ecuaciones a deducirse tendrán dos condiciones de borde inferior.

El cono truncado, además de soportar su propio peso, el de la columna del grano, estará sometido a la acción de los bordes, como lo indica la fig. 3.26

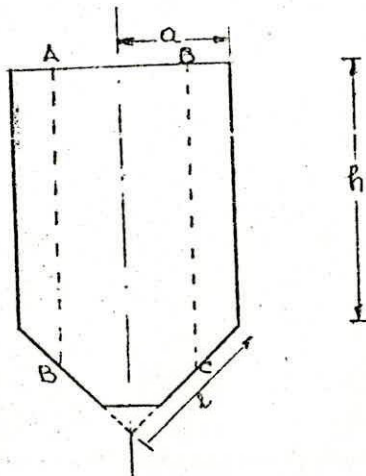


FIG. 3. 26 a

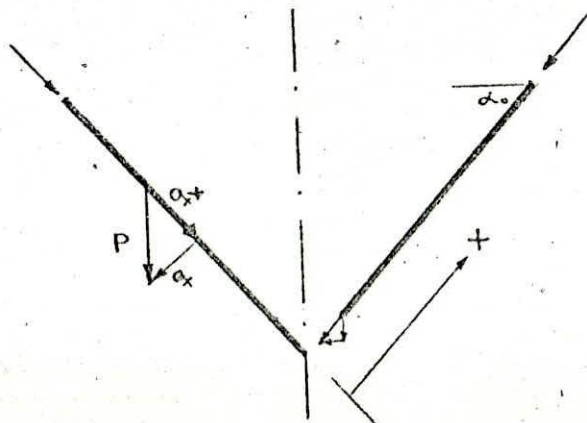


FIG. 3. 26 b

El problema planteado en la Fig. 3.26 b, se lo puede descomponer en dos casos para su estudio. El primero, es un cono soportando una fuerza  $P$  por unidad de área debido a la acción del propio peso y la columna del grano, más una fuerza  $T$  por unidad de longitud en la circunferencia de radio  $r_0$ . El segundo, es un cono sometido a la acción de la componente del anillo  $F$  en la dirección de la generatriz del cono.

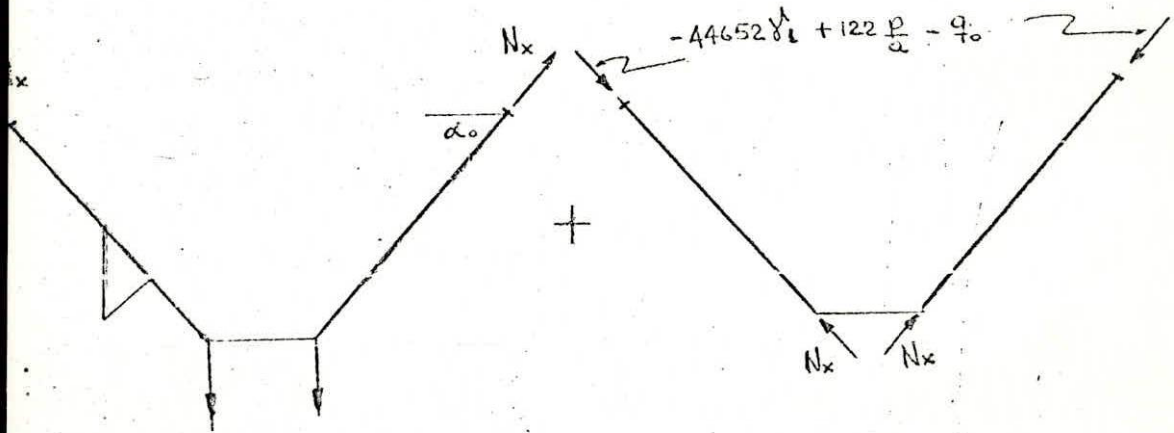


FIG. 3.27 a

FIG. 3.27 b

El primer caso, es similar al problema que se encuentra en las páginas , con la diferencia de que la carga  $q$  y la fuerza  $T$  por unidad de longitud están en sentido contrario. Su solución es como sigue:

$$N_\theta = -qX \cot \alpha_0 \quad (3.75)$$

$$\frac{d}{dx} (XN_x) - N_\theta = -q_x X \quad (3.76)$$

$N_{x0}$  es igual a cero, por ser sus cargas simétricas  
eje del cascarón.

$$P = p' + W$$

$p'$  = peso por unidad de área del cono

$W_{ABCD}$  = peso por unidad de área del grano

Reemplazando se tiene:

$$P = p' + \gamma_2 h + (L - X) \text{sen} \alpha_0$$

Siendo sus componentes igual a:

$$q = -P \cos \alpha_0$$

$$q_x = \bar{p}' \text{sen} \alpha_0$$

Luego la Ec.(3.76) queda.

$$\frac{d}{dx} (XN_x) = -(q_x + q \cot \alpha_0) X$$

Después de reemplazar Ec.(3.79) e integrar,

$$N_x = \frac{X \cos 2\alpha_0}{2 \text{sen} \alpha_0} p' + \gamma_2 h + (L - \frac{2}{3} X) \text{sen} \alpha_0$$

La condición de borde para evaluar la constante  
Ec.(3.81), es la siguiente:

$$N_x \Big|_x = \frac{r_0}{\cos \alpha_0} = \frac{T}{\text{sen} \alpha_0}$$

Reemplazando:

$$C_1 = \frac{r_o}{\cos \alpha_o} \frac{T}{\sen \alpha_o} - r_o \cot 2\alpha_o p' + \gamma_2 h + (L - \frac{2}{3} \frac{r_o}{\cos \alpha_o}) \sen \alpha_o \quad (3.83)$$

Luego:

$$N_x = \frac{X \cos 2\alpha_o}{2 \sen \alpha_o} p' + \gamma_2 h + (L - \frac{2}{3} X) \sen \alpha_o + \frac{r_o}{\cos \alpha_o} \frac{T}{\sen \alpha_o} - r_o \cot 2\alpha_o p' + \gamma_2 h + (L - \frac{2}{3} \frac{r_o}{\cos \alpha_o}) \sen \alpha_o \quad (3.84)$$

$$N_\theta = X p' + \gamma_2 h + (L - X) \sen \alpha_o \cot \alpha_o \quad (3.85)$$

Para el segundo caso su solución es sencilla, ya que

$q_x = 0$ . Faltando tan sólo evaluar la constante  $C_1$ .

$$N_\theta = 0 \quad (3.86)$$

$$\frac{d}{dx} (X N_x) = 0 \quad (3.87)$$

o sea que:

$$N_x = \frac{C_1}{X} \quad (3.89)$$

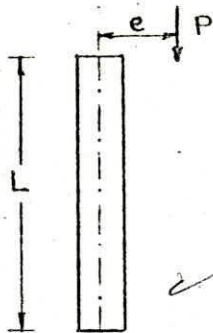
Condición de borde:

$$N_x = -44652 \gamma_1 + \frac{122p}{a} - q_o \quad (3.90)$$

El valor de los máximos, tanto de  $U_x$  como  $w$  para el anillo F, no se los encontró, por cuanto no se sabe el número de columnas que llevará el silo. Pero una vez determinado el número de columnas, se podrá reemplazar en las Ec (3.73) y (3.74) y se determinará las deformaciones correspondientes.

## CALCULO DE LAS COLUMNAS

De la Ref. (6), se encuentra que la ecuación que gobierna a una columna cargada excéntricamente a compresión, es la fórmula de la secante.



$$\sigma) \text{ máx} = \frac{P}{A} \left[ 1 + \frac{e \cdot c}{K^2} \text{Sec} \left( \frac{L}{2K} \sqrt{\frac{P}{EA}} \right) \right]$$

Para obtener la carga admisible,  $P_{ad}$  ó de trabajo, hay que sustituir P por  $f \cdot P_{ad}$ , siendo f el coeficiente de seguridad y tomar como  $\sigma) \text{ máx}$  el  $\sigma) \text{ fluencia}$ . En estas condiciones, la ecuación anterior se transforma en

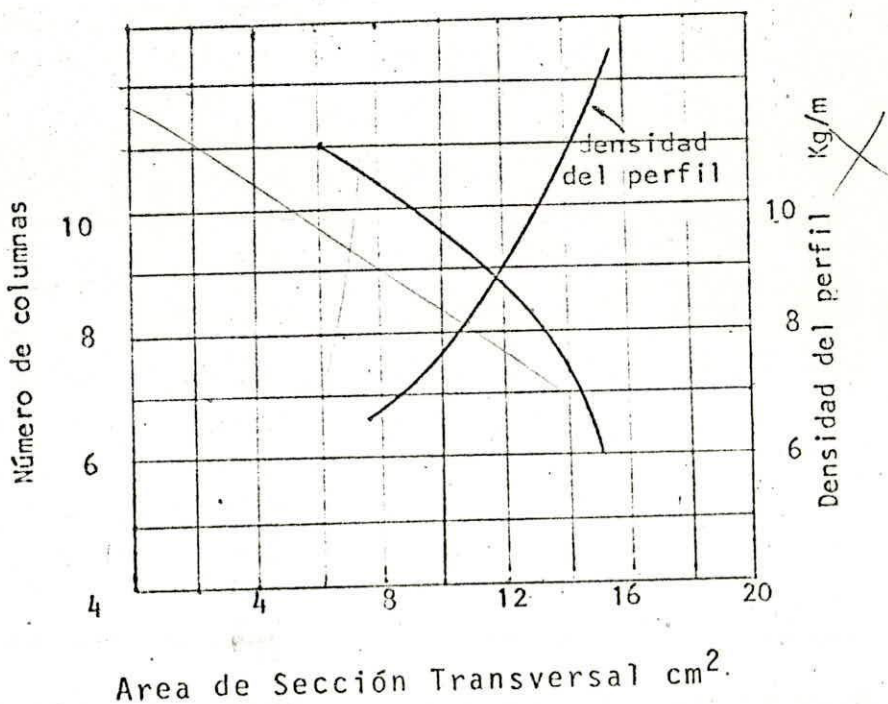
$$\sigma) \text{ fluen.} = \frac{f \cdot P_{ad}}{A} \left[ 1 + \frac{e \cdot c}{K^2} \text{Sec} \left( \frac{L}{2K} \sqrt{\frac{f \cdot P_{ad}}{EA}} \right) \right]$$

Para aplicar esta ecuación hay que proceder por tanteos. Se facilita su aplicación hallando para que valores de una sección transversal se iguala al  $\sigma) \text{ fluen.}$

arán a los ya existentes. Con estas consideraciones las columnas tendrán una longitud de 300 cm.

El peso aproximado del siló <sup>TANQUE</sup> se lo determinó anteriormente y es de 55150 Kg. que será distribuido para el número de columnas. Siendo este número función del costo a invertir en la compra del perfil seleccionado y por ende en el costo total del silo.

El número de columnas con que se evaluó la fórmula de la secante fue de 6, 8 y 10 columnas. De estos números uno tendrá que ser óptimo, luego habrá que construirse un gráfico para determinar.



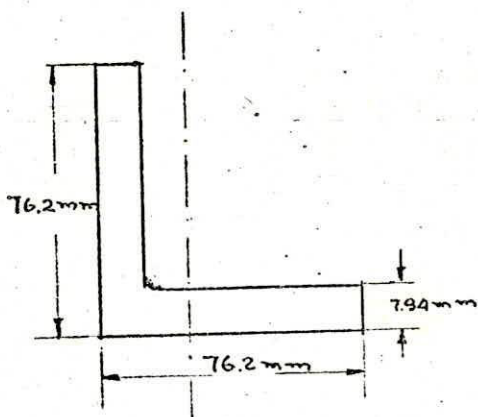
Queda ahora por determinar cuál es la geometría de la sección transversal que presente la mayor economía en el diseño y para dicha elección se tendrá en cuenta los siguientes parámetros:

- Sección transversal hueca
- Igualdad de momentos de inercia con respecto a los ejes X, Y.
- No necesariamente debe ser una superficie cerrada.
- Mucha variedad en cuanto a dimensiones.
- Existencia en el mercado.

Revisando detenidamente, una a una estas restricciones, se puede decir sin temor a equivocarse que el perfil L de lados iguales cumple a satisfacción estos parámetros. Más aún cuando se sabe que el perfil L es excelente para trabajar a compresión.

Queda por determinar en qué punto del cascarón las columnas sostendrán al silo, partiendo del hecho, que el dosificador tendrá una altura de 80 cm. y una persona se ubicará debajo para hacer la operación de vaciado. Se sabe además que en la unión del cono con el cilindro se encuentra el máximo momento flector, que decae exponencialmente a cero en una longitud igual a  $L_c$ . Luego en una distancia de 10 cm. de la unión, los esfuerzos concentrados así generados no afec-

Analizando el gráfico se puede apreciar que el cruce de las curvas determina el número óptimo de columnas y para el caso presente éste salió igual a 9 con las siguientes dimensiones

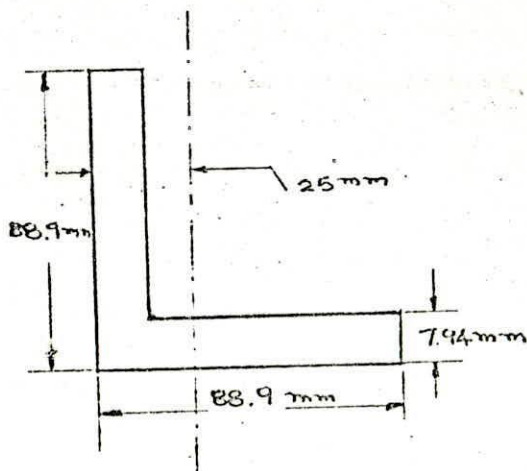


DESCUERDO A  
TABLAS.

$$L = 76.2 \text{ mm.}$$

$$e = 7.94 \text{ mm.}$$

Como en el comercio no existe el perfil buscado, se escogerá el inmediato inferior, esto es para 8 columnas, cuya existencia está comprobada y sus dimensiones serán utilizadas para el resto de cálculos.



$$\sigma) \text{ fluen} = 2.500 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Pad} = 6884 \text{ Kg.}$$

$$f = 1.4$$

$$A = 13.48 \text{ cm}^2$$

$$K = 2.74 \text{ cm}$$

$$e = 2.51 \text{ cm}$$

$$C = 6.37 \text{ cm}$$

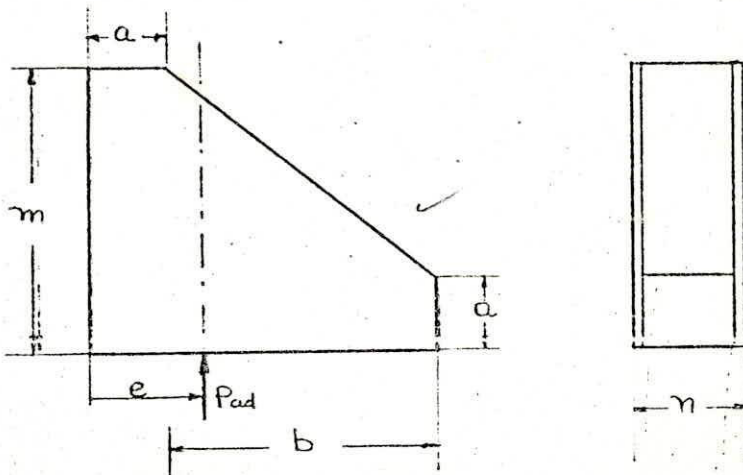
$$L = 300. \text{ cm (arriestrado a la mitad) } \checkmark$$

$$R = 10.74 \text{ Kg/m}$$

## DISEÑO DE LOS SOPORTES DE UNION DEL SILO CON LAS COLUMNAS

TBM/5

La forma de acoplamiento entre el silo y las columnas se lo hará mediante el uso de soportes en forma de trapecios rectangulares como el de la siguiente figura



Para el dimensionamiento del soporte los únicos datos conocidos son:  $P_{ad} = 6894 \text{ Kg}$  y  $e = 2.51 \text{ cm}$ . El resto de valores habrá que asumir, de tal manera que no se sobrepase el  $\sigma$ ) permisible. Aplicando la fórmula para determinar el centroide de una superficie se tiene

$$2.51 = e = \frac{\frac{a}{2} a(m-a) + \frac{(a+b)^2}{2} a + \frac{(a+b)}{3} (m-a) \frac{b}{2}}{a(m-a) + (a+b) a + (m-a) \frac{b}{2}}$$

$$a(m-a) + (a+b) a + (m-a) \frac{b}{2}$$

: Asumiendo para:  $a = 1.5$  cm;  $m = 10.$  cm y reemplazando en la expresidn anterior se tiene

$$b = 8.34 \text{ cm}$$

Como se indica en la figura anterior, este tipo de -  
ménsula utiliza la soldadura a tope, la cual se encuentra  
sujeta a tracción y corte combinados. De acuerdo con esto -  
son aplicables las ecuaciones (513a) y (513b) de Ref (9).

$$T = \frac{P}{22000m^2} (3e + \sqrt{9e^2 + m^2})$$

$$T = \frac{P}{14400m^2} \sqrt{9e^2 + m^2}$$

En la cual T es la dimensión requerida del espesor de la plancha y de la garganta de la soldadura en pulgadas, en la cual 22000 ( $0.6\sigma_y$ ), está de acuerdo con las especifica -  
ciones AISC para acero A36 y P es igual a  $P_{ad}/2$  por cuanto se analiza la mitad del soporte. Reemplazando en la primera ecuación por ser la crftica, resulta un espesor de 0.1757 pulg. y aproximando a los espesores existentes en el comer -  
cio es de  $T = 3/16$  pulg. (5mm).

La dimensión  $n$ , es decir, la separación entre las ménsulas será de 5 cm. El soporte se encuentra rígidamente unido a una placa plana rectangular de 10x15 cm. por 0.5 cm. (3/16 pulg) de espesor que se acoplará por medio de 4 pernos de 3/8 pulg con su similar proveniente de la columna.

El detalle de la unión y la forma del cordón se lo dará en el capítulo 4.

Para terminar el diseño del soporte, lo único que resta, es el cálculo del cordón de soldadura sometido a corte cargado excéntricamente, es decir, el lado del soporte que se soldará con el silo. Para ello pueden desarrollarse ecuaciones que den la solución directa de longitud de soldadura requerida, en conexiones cargadas excéntricamente al corte. En el caso general, sin embargo, es más rápida la solución por aproximaciones sucesivas y, además más fácil que usar las ecuaciones. Se comienza por estimar la extensión del filete de soldadura. Luego se hace un análisis de la conexión estimada para determinar si la carga resultante o cualquier unidad de conexión trabaja más allá de lo que permiten las especificaciones. Si cualquiera de las cualidades se encuentra sobrecargada, se aumentará el número de unidades o se cambia su disposición para suministrar mayor resistencia al momento de rotación. Si el esfuerzo calculado es menor que el permisible se puede reducir el número de unidades. La conexión se

revisa y se calcula hasta que se tiene un arreglo satisfactorio con un número de unidades aceptable. Aún cuando esto parece un proceso tedioso y largo, raramente es así. - Generalmente se requieren dos intentos y por excepción tres.

La solución directa para un filete simple con una carga excéntrica paralela a su eje se ha hecho posible gracias a una ecuación y un grupo de curvas dado por H. M. Priest. (Ref 7). La ecuación y las curvas vienen reproducidas en apéndice D fig. 4. Para usar las curvas en diseño, es necesario conocer solamente la excentricidad  $e$ , la carga  $P$ , el tamaño del filete que va a usarse y la carga permisible  $R$  por unidad de longitud de soldadura. Despejando  $K$  ( $K$  requerido =  $R/P$ ) y entrando en la gráfica con valores conocidos de  $K$  y  $e$ , la longitud neta se lee directamente de la escala, ya sea en el lado derecho o izquierdo. El grupo de curvas superior se usa cuando  $K$  se encuentra entre 0.0117 y 0.05, el grupo inferior cuando  $K$  está entre 0.027 y -0.3904.

Para un tamaño de filete de 8 mm se encuentra que el esfuerzo permisible de la soldadura al corte es de 535.6 Kg por centímetro de longitud y que dividido para  $P_{ad} = 6894$  Kg, se tiene un valor de  $K = 0.0777$ . Con estos valores se entra a las curvas de Priest para una excentricidad de 38 mm, por ser la mínima del gráfico y con esto se consigue un factor de seguridad ya que la excentricidad real es de 25.10 mm, obteniendo -

una longitud equivalente de 20 cm que será distribuidos en los dos lados del soporte. Con este resultado se comprueba la certeza de la asunción de  $m = 10$  cm.

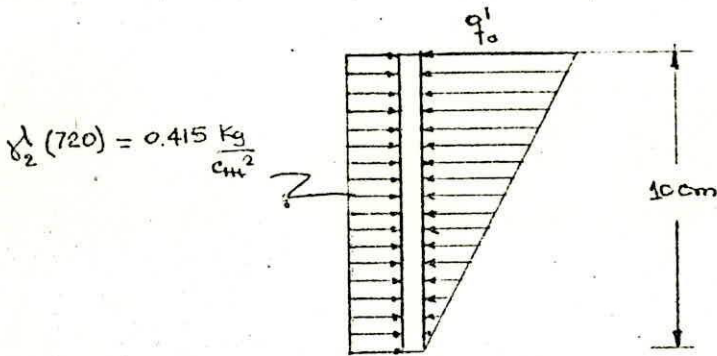
actuando en la cara lateral del soporte. lo anterior se ilustra -

En la página 67, se hablaba de la necesidad de colocar una placa plana en el lugar donde se encuentren actuando los soportes, con el objeto de no concentrar los esfuerzos. En consecuencia su diseño estará fundamentado en dos casos, a saber:

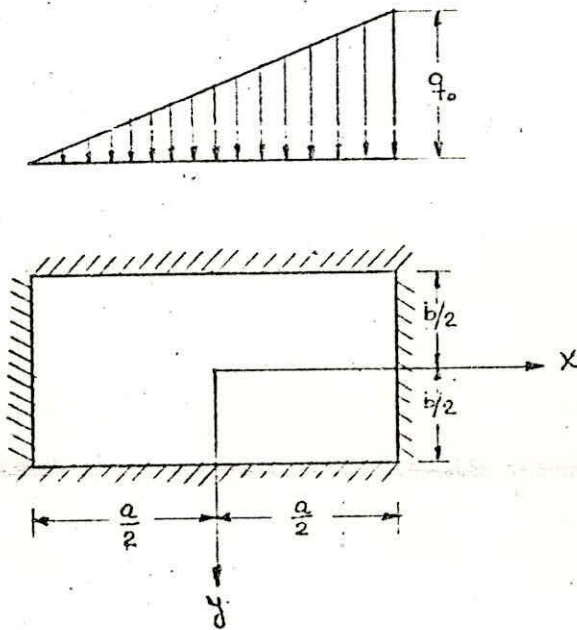
1. cuando el silo está completamente lleno del grano.
2. cuando el nivel del grano se encuentra en el borde inferior del soporte.

Para el primer caso, se tiene que el grano ejerce una presión sobre las paredes del anillo F que varía linealmente. Pero tomando en consideración que la altura del soporte es pequeña (10 cm.) comparada con la altura del nivel del grano. Luego es válida la asunción de que la presión tiene una distribución uniforme.

El momento flector producto de la carga excéntrica ( $P_{ad} \cdot e$ ), actuando en la cara lateral del soporte, lo transmite inmediatamente a la pared del cilindro y para que exista estabilidad, en el anillo F habrá un momento de igual magnitud y de sentido contrario. El momento así generado puede ser representado por una carga por unidad de área que varía linealmente.



Si la placa va a soldarse en sus bordes, ésta puede tratársela como si estuviera empotrada en sus cuatro bordes.



En la Ref.(5), se encuentran desarrolladas las ecuaciones que gobiernan a una placa plana empotrada en sus bordes y sometida a la acción de una carga por unidad de área distribuída linealmente. La tabla 36 muestra el valor del momento flecc

tor a distintos puntos de las coordenadas (X,Y) de la figura - anterior. De todos estos, el máximo ocurre para :  $X=a/2$ ,  $y=0$  siendo su expresión como sigue

$$M_x = \gamma_1 q_0 a^2$$

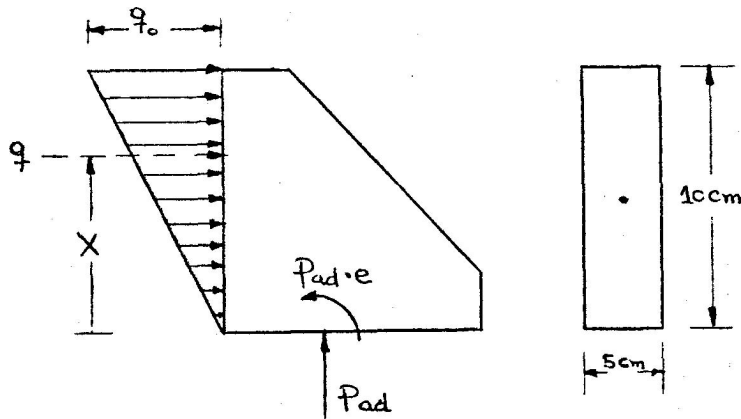
Dónde  $\gamma_1$  toma ciertos valores dependiendo de la relación  $b/a$ . Y para tener una cabal idea de la variación de  $\gamma_1$  se reproducirá una parte de la tabla.

<u>b/a</u>	<u><math>\gamma_1</math></u>
0.5	- 0.0115
2/3	- 0.0187
1.0	- 0.0334
1.5	- 0.0462
$\infty$	- 0.0500

Analizando la tabla uno se da cuenta que el máximo momento flector ocurre para  $b/a = 1$ , pero el caso real nos dice que la longitud de aplicación del soporte en la pared del cilindro es de 5 cm. y la relación  $b/a = 10/5$  tomaría el valor de 0.5 - reduciendo de ésta manera a un tercio el valor del momento flector. Por lo tanto se tomará  $b/a = 0.5$ , aunque posteriormente se explicará el porque de las dimensiones finales de la placa. Luego el momento flector será igual a

$$M_x = -0.0115 q_0 a \text{ Kg-cm/cm.}$$

Al suponer que la carga  $q_0$  por unidad de drea varfa li-  
nealmente, se está diciendo que la fuerza total  $q$ , estard apli-  
cads en el centro de presión y no el centroide



de la sup rfi ie. Luego hay que calcular el punto de aplica-  
ción.

$$X = S + \frac{I}{AS}$$

Donde:

I = momento de inercia respecto al centro de gra-  
vedad.

S = distancia al centro **de** gravedad.

A = área de aplicación de la carga

Reemplazando los valores se tiene

$$X = S + \frac{5(10)^3/12}{(5 \cdot 10)(5)} = 6.66 \text{ cm.}$$

La fuerza total aplicada en el centro de presión será

$$q = \frac{q_0}{2} (10) (5) = 25q_0$$

Esta fuerza total multiplicada por X, debe ser igual al momento  $P_{ad.e}$ , menos el momento producto de la presión del grmo.

$$q (6.66) = P_{ad.e} - 0.415(10)(5)$$

Reemplazando el valor de q, se obtiene

$$25q_0(6.66) = 17303.94 - 20.75$$

$$q_0 = 103.80 \text{ Kg/cm}^2$$

El esfuerzo compresión debido a la acción de  $M_x$  es igual

a:

$$\sigma = \frac{6 M_x}{t^2}$$

$$\sigma = \frac{6(0.0115) (103.80) (10)^2}{t^2} = 1820 \text{ Kg/cm}^2$$

$$t = 0.6248 \text{ cm}$$

Como el objetivo de colocar la placa en los puntos donde hará contacto el soporte con el anillo F, era de concentrar el momento  $P_{ad} \cdot e$  y más bien distribuirlo en una zona, de tal manera que se amortiguen los esfuerzos. La placa tendrá unas dimensiones mayores a las que se tomó para el cálculo, de tal forma que se cumplan con los objetivos propuestos. Así se tiene que las dimensiones para este caso serán:

Para el segundo caso, se tiene que el nivel del grano está en el borde inferior del soporte. Por lo tanto no habrá presión del grano sobre la placa y el peso total de la estructura con respecto al primer caso ha disminuído notablemente. En tales circunstancias el desarrollo de éste caso es similar al anterior, pero con las simplificaciones anteriormente anotadas.

El centro de presión, la fuerza total aplicada en el centro de presión y el momento  $M_x$  serán los mismos que el caso anterior. El nuevo peso total de la estructura será de 5700 Kg, que dividido para las ocho columnas resulta un  $P_{ad} = 712.5 \text{ Kg}$ .

La fuerza total multiplicada por el centro de presión, debe ser igual al momento  $P_{ad} \cdot e$

$$25q_0 (6.66) = (712.5) (2.51)$$

$$q_0 = 10.74 \text{ Kg/cm}^2$$

El esfuerzo de compresión debido a la acción de  $M_x$  es -

igual a

$$\sigma = \frac{6 M_x}{t^2}$$

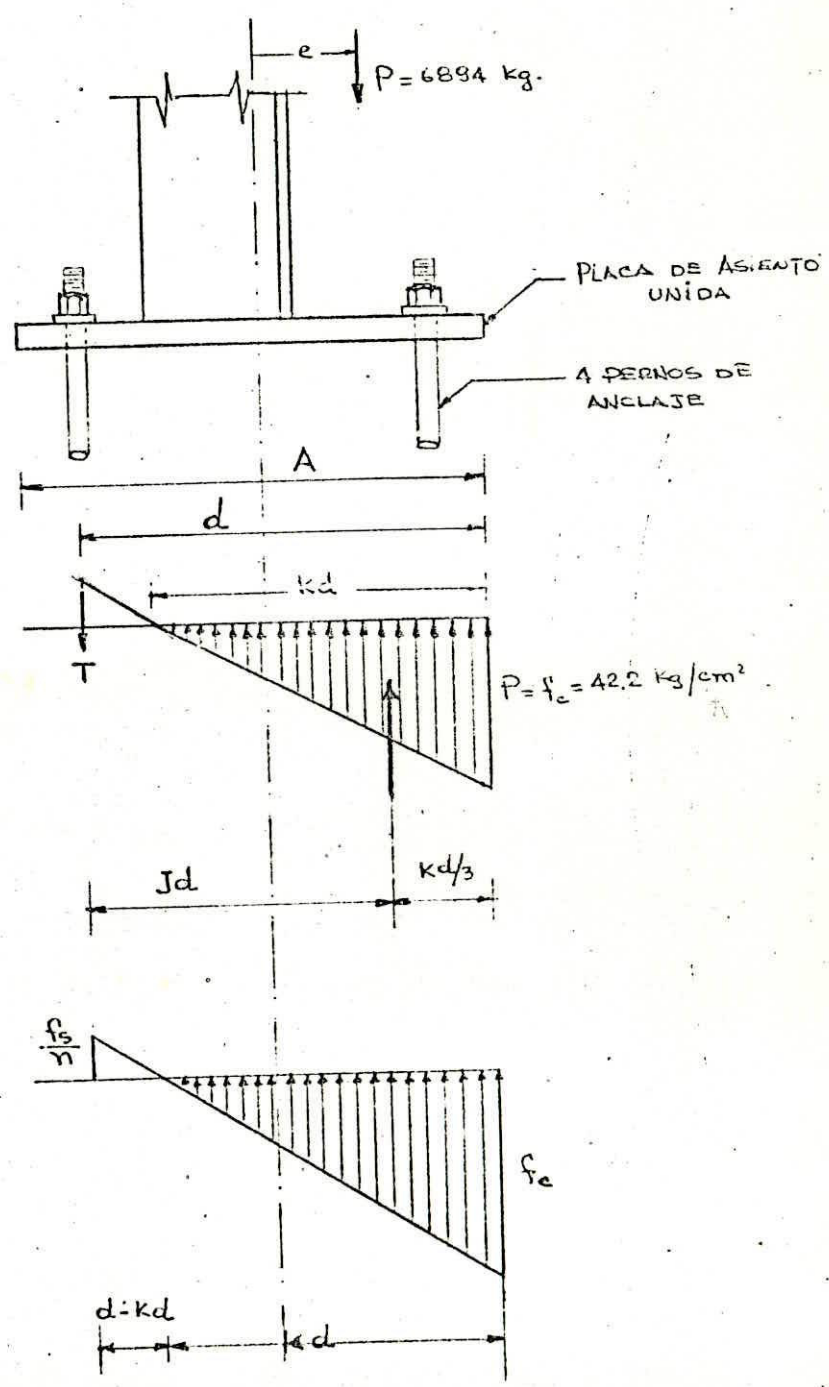
$$\sigma = \frac{6 (0.0115) (10.74) (10)^2}{t^2} = \text{Kg/cm}^2$$

$$t = 0.201 \text{ cm}$$

Después de analizar los dos casos, se ve claramente que el primer caso es el crítico. Luego los valores obtenidos en ese desarrollo serán las dimensiones finales de la placa.

# DISEÑO DE LA BASE CONECTADA

## A LA COLUMNA



Las incógnitas a determinarse son la longitud y ancho de la placa, A y B, el tamaño de los pernos y la relación K. Por medio de ecuaciones complicadas estas pueden relacionarse con la carga aplicada y el momento. Tales ecuaciones se resuelven normalmente suponiendo algunas dimensiones y despejando las otras. El problema puede resolverse también aplicando algunos principios básicos, eliminando así la manipulación engorrosa de las ecuaciones.

Se colocarán cuatro pernos de anclaje empotrados a el plinto o zapata como se indica en la figura. Su efecto para resistir el momento del extremo se va a considerar. Se despreciará la tensión inicial de los pernos producto del endurecimiento del concreto. El método de análisis que se va a demostrar es similar al usado en concreto reforzado. Los símbolos de dimensiones son los habituales en diseño de concreto reforzado.

Para iniciar la solución, las dimensiones A y B se supondrán de 20 y 20 cm. respectivamente.

$$d = \frac{A}{2} + 7.87 = 17.87 \text{ cm}$$

Cuando el esfuerzo del concreto  $f_c = 42.2 \text{ Kg/cm}^2$

$$C = \frac{1}{2} 42.2 \times BKd = \frac{1}{2} \times 42.2 \times 20 \times 17.87 \text{ K} = 7576.88 \text{ K Kg.}$$

Sumando los momentos con respecto a un punto sobre la línea de fuerza T,

$$C_{jd} = cd \left(1 - \frac{K}{3}\right) = 6894 \times 12.37$$

$$7576.88 \text{ K} (17.87) \left(1 - \frac{K}{3}\right) = 85278.78$$

$$45132.948 \text{ K}^2 - 135398.845 \text{ K} + 85278.78 = 0$$

Resolviendo la ecuación resulta

$$K = 0.90$$

$$C = 7576.88 \times 0.9 = 6821. \text{ Kg}$$

Sumando las fuerzas verticales

$$T = C - 6894 = -73 \text{ Kg.}$$

La relación de los módulos de elasticidad  $E_s/E_c$  se considera de  $n=10$ . En la figura (b) del diagrama anterior se puede encontrar por triángulos semejantes, cuando  $f_c = 42.2 \text{ Kg/cm}^2$

$$f_s = n f_c \left( \frac{d - Kd}{Kd} \right) = 10 \times 42.2 \left( \frac{1.787}{16.083} \right)$$
$$= 46.88 \text{ Kg/cm}^2$$

Aún cuando los pernos son capaces de resistir esfuerzos mucho mayores, si el esfuerzo permisible para el concreto es de  $42.2 \text{ Kg/cm}^2$ , el esfuerzo en el área bruta de los pernos será de solo  $46.88 \text{ Kg/cm}^2$ . El área bruta se calcula de acuerdo con esto.

$$\text{AREA BRUTA REQUERIDA} = \frac{73}{46.88} = 156 \text{ cm}^2$$

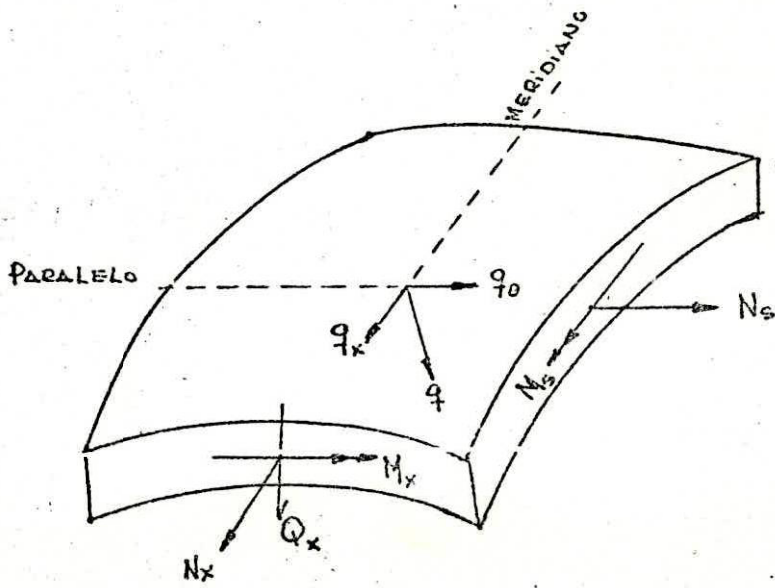
Para satisfacer esta área bruta se requieren de 4 pernos de 16 mm (5/8 pulg).

# TEORIA DEL CASCARON ELASTICO DELGADO

## SOMETIDO A FUERZAS CORTANTES Y MOMENTOS FLECTORES

### INTRODUCCION

Como se ha visto en los acápites anteriores al despreciar el efecto de los momentos flectores, estos conducen a soluciones relativamente simples en el análisis de cascarones de diferentes configuraciones. Estas soluciones fueron sin embargo de validez limitada, cuando fueron aplicados a segmentos de cascarones debido a la inconsistencia que existe en la unión de estos segmentos por la teoría de membrana. Consecuentemente, nos concierne en esta oportunidad y para el resto del desarrollo del trabajo aplicar el análisis de cascarones con momento flector y fuerzas cortantes normales.



## EL TECHO

El techo es un cascarón cónico truncado, soportando su propio peso; sometido en el borde superior a la acción del peso de la tapa y en el borde inferior a la acción de las fuerzas cortantes, esfuerzos normales y momentos flectores.

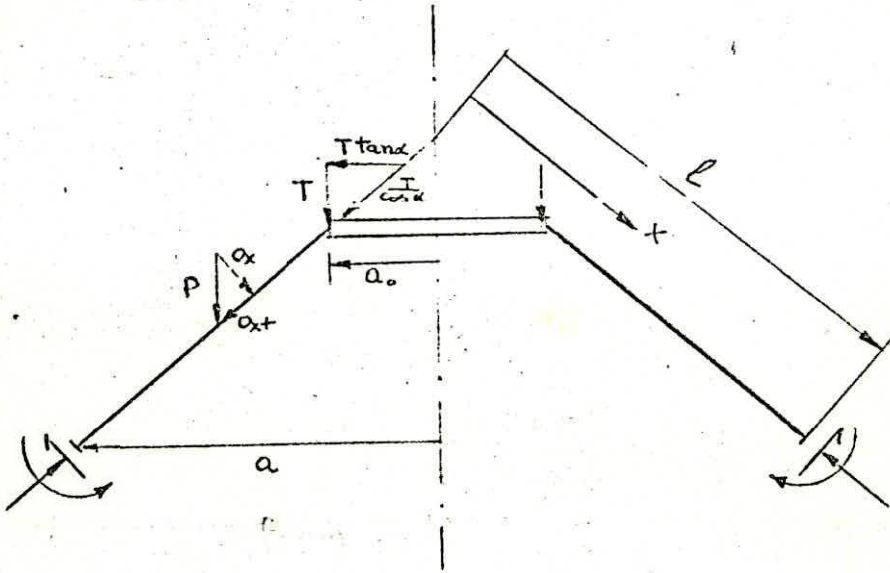


FIG. 3.27

Estado de Esfuerzos para el Techo

Las ecuaciones para los esfuerzos resultantes, momentos flectores y desplazamientos en el cascarón cónico isotrópico, están dados por:

$$N_x = Q_x \tan \alpha - F_1(X)$$

$$N_\theta = \left[ \frac{d(XQ_x)}{dX} - qX \right] \tan \alpha$$

$$M_x = D \left[ \frac{d\beta_x}{dX} + \frac{\nu\beta_x}{X} - (\alpha_t + \nu\alpha_t) T_1 \right]$$

$$M_\theta = D \left[ \frac{\beta_x}{X} + \nu \frac{d\beta_x}{dX} - (\alpha_t + \nu\alpha_t) T_1 \right] \quad (3.93a)$$

$$F_1(X) = \frac{1}{X \cos \alpha} \left[ \int_{x_0}^x X(q \operatorname{Sen} \alpha + q_x \operatorname{Cos} \alpha) dx + C_1 \right]$$

$$U_x = \int F(X) dx$$

$$W = \left[ \frac{X}{Et_c} (N_\theta - \nu N_x) + X\alpha_t T_0 - U_x \tan \alpha \right]$$

$$F(X) = \frac{N_x - \nu N_\theta}{Et_c} + \alpha_t T_0$$

Dónde

$$Q_x = Q_x^C + Q_x^P$$

$$\beta_x = \beta_x^C + \beta_x^P \quad (3.93b)$$

### SOLUCION COMPLEMENTARIA

Para determinar las soluciones complementarias  $Q_x^C$  y  $\beta_x^C$ , que se usan en el análisis de cascarones cónicos para satisfacer las condiciones de borde. Se empleará el método descrito por Ref. (4)

$$\frac{d^2 (XQ_x^C)}{dX^2} + \frac{1}{X} \frac{d(XQ_x^C)}{dX} + \left( \pm \frac{\mu_c^2}{X} - \frac{1}{X^2} \right) (XQ_x^C) = 0 \quad (3.94a)$$

Dónde:

$$\mu_c^2 = \left[ 12(1-\nu^2) \frac{\cot^2 \alpha}{t_c^2} \right]^{1/2} \quad (3.94b)$$

utiliza para satisfacer las

Haciendo el cambio de variable

$$y = 2\mu_c \sqrt{X} \quad (3.94c)$$

Resulta la siguiente ecuación

$$y^2 \frac{d^2 (XQ_x^C)}{dy^2} + y \frac{d(XQ_x^C)}{dy} - (\pm y^2 + 4) (XQ_x^C) = 0 \quad (3.94d)$$

Esta última expresión es una forma de la ecuación de Bessel's, cuya solución es como sigue

$$XQ_X^C = A_1 S_1 + A_2 S_2 + A_3 S_3 + A_4 S_4 \quad (3.94e)$$

Donde  $S_i$  son funciones Kelvin de segundo orden

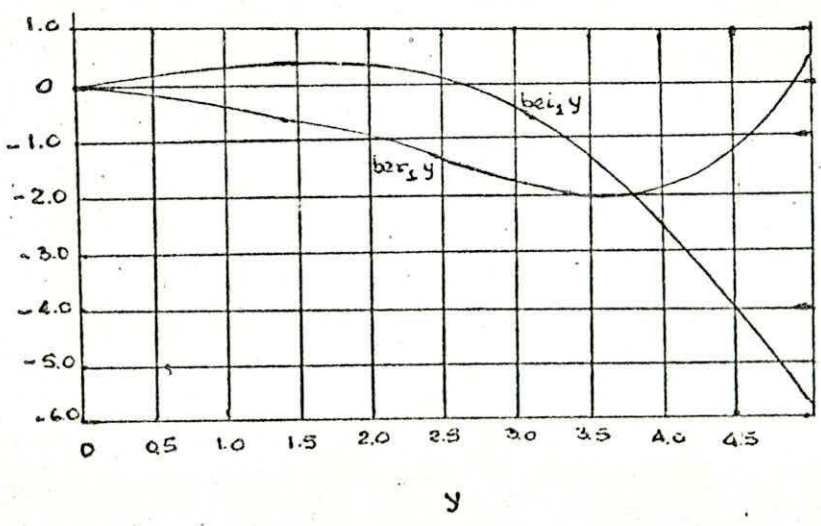
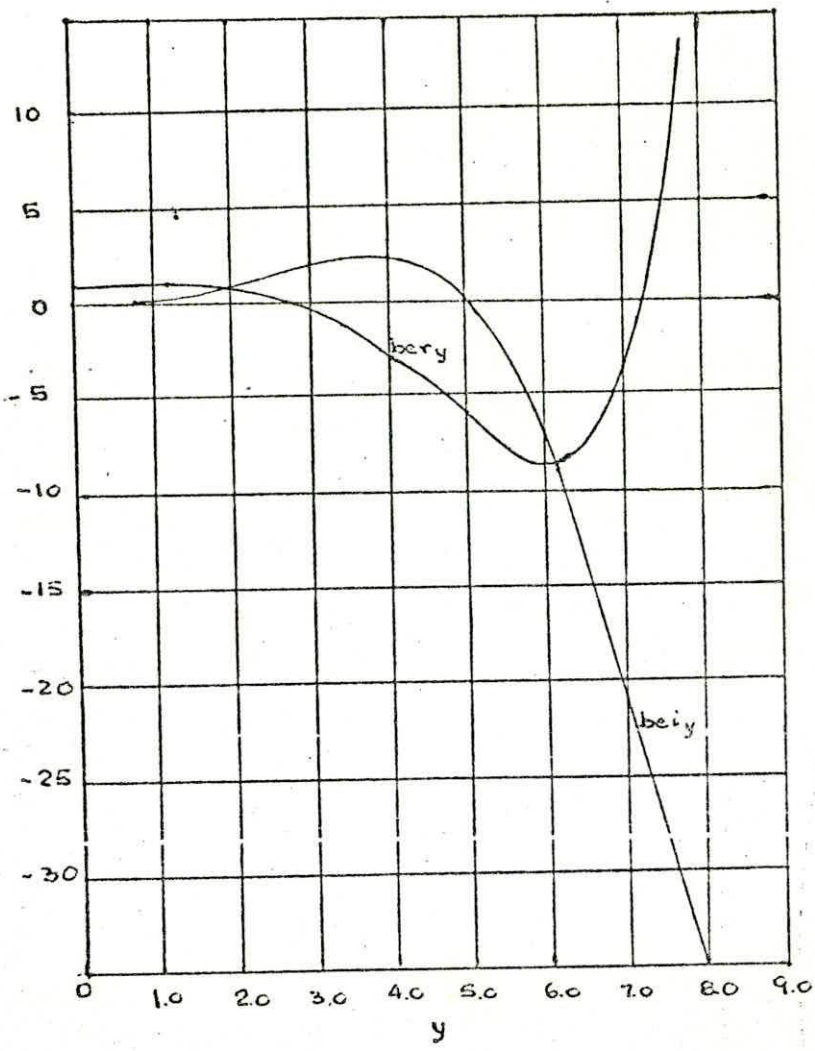
$$S_1 = \text{ber}_2 y \quad S_3 = \text{ker}_2 y \quad (3.94f)$$

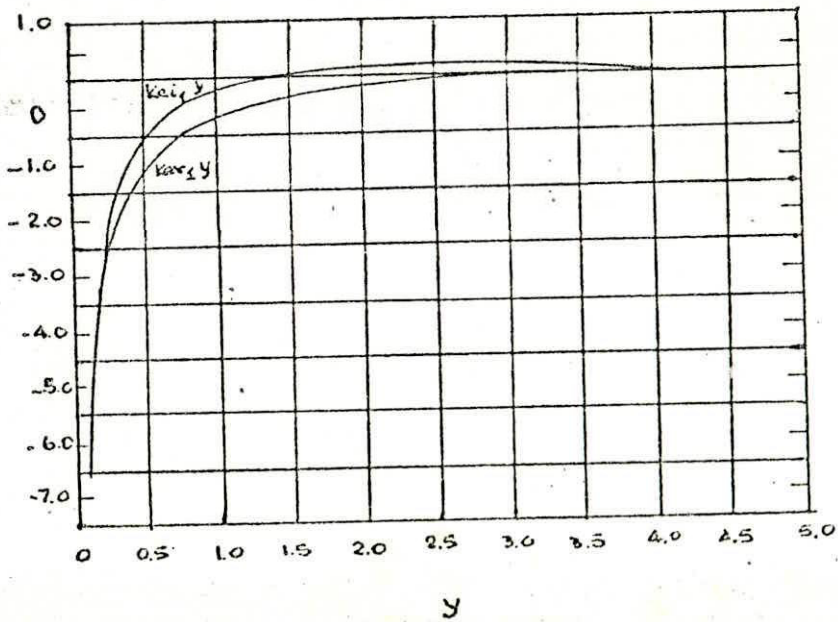
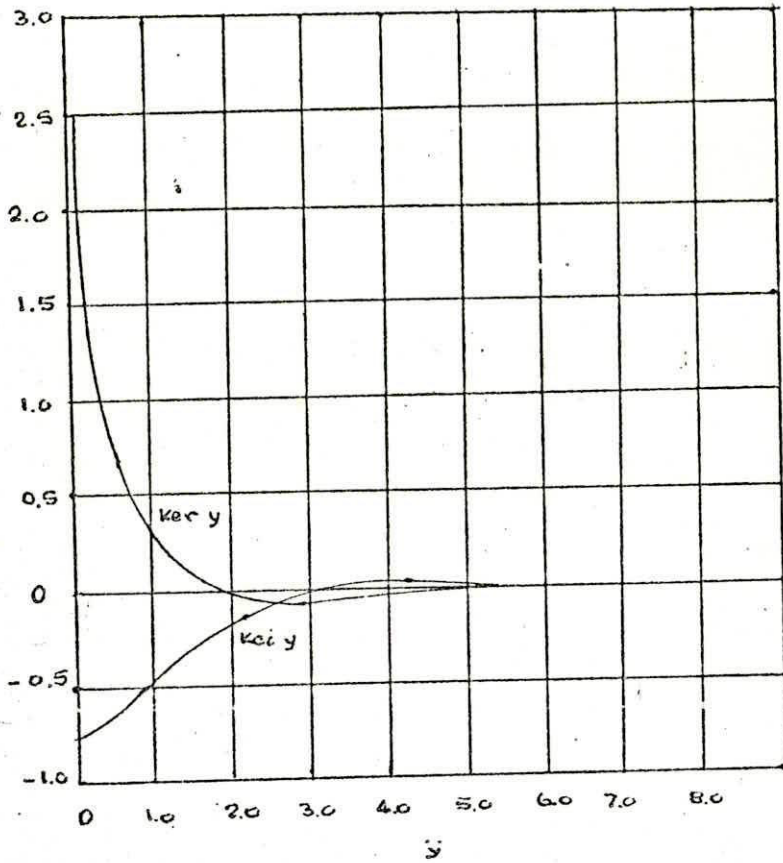
$$S_2 = \text{bei}_2 y \quad S_4 = \text{kei}_2 y$$

La solución para la rotación es

$$\rho_X^C = \frac{\tan \alpha}{Et_C} \left[ 12(1-\nu^2) \right]^{1/2} (A_2 S_1 - A_1 S_2 + A_4 S_3 - A_3 S_4) \quad (3.94g)$$

Los términos  $A_1, A_2, A_3, A_4$  son constantes que se las utiliza para satisfacer las condiciones de borde. Para el caso de un cono truncado como el presente, habría que considerar el efecto del momento flector y fuerzas cortantes, aplicados al borde superior. Pero en el caso del silo a diseñarse, encontramos que el borde superior está sometido a la acción de una fuerza  $T$  por unidad de longitud, producto del propio peso de la tapa y que se encuentra simplemente apoyada al tronco del cono. En consecuencia los bordes son considerados libres y por ende las fuerzas cortantes y momentos flectores





serán iguales a cero. Otro indicativo de las constantes  $A_1, \dots, A_4$  es la influencia que tiene un borde sobre el otro y para ello se tiene que en el borde superior las funciones  $ber_2 y$  y  $bei_2 y$  crecen al infinito cuando  $y$  tiende a infinito, luego  $A_1 = A_2 = 0$ . En el borde inferior las funciones  $ker_2 y$  y  $kei_2 y$  crecen al infinito cuando  $y$  tiende a cero, luego  $A_3 = A_4 = 0$ .

Queda ahora por definir cuando un cono es considerado largo o corto y para ello nos valemos de la definición de longitud de decaimiento que dice

$$\alpha \mu_c \sqrt{\lambda} \approx \sqrt{8} \pi \quad (3.94h)$$

Luego de reemplazar  $\mu_c$  en Ec.(3. h) se tiene

$$\lambda_c = \frac{\pi^2 t_c \tan}{\sqrt{3(1-\nu^2)}} \quad (3.94i)$$

Para darse una idea de que clase de cono se diseñará, se tomarán valores semejantes a los encontrados por la teoría de membrana. Así se tiene que para

$$t_c = 2.5 \text{ mm.}$$

$$\alpha = 75^\circ$$

$$\nu = 0.3$$

$$\lambda_c = 5.57 \text{ cm.}$$

Luego el cono a considerarse es largo, por tanto las Ec.(3.94 e), (3.94 g) se reducen a:

$$XQ_x^c = A_1S_1 + A_2S_2 \quad (3.95a)$$

$$\beta_x^c = - \frac{\tan\alpha}{Et_c} \left[ 12(1-\nu^2) \right]^{1/2} (A_2S_1 - A_1S_2) \quad (3.95b)$$

### SOLUCION PARTICULAR

Las soluciones particulares de  $Q_x^p$  y  $\beta_x^p$ , son utilizadas para satisfacer las condiciones de carga. En consecuencia se comenzará primeramente definiendo el operador  $L(\dots)$  para luego aplicarlo a estado de carga que gobierna al cascarón cónico.

$$L(\dots) = t_c \tan\alpha \left[ X \frac{d^2(\dots)}{dX^2} + \frac{d(\dots)}{dX} - \frac{(\dots)}{X} \right] \quad (3.96)$$

$$L(XQ_x^p) = \left[ G_1(X) - Et_c^2 \beta_x^p \right] \frac{1}{\tan\alpha} \quad (3.97a)$$

$$L(\beta_x^p) = (XQ_x^p) \frac{t_c \tan\alpha}{D} + \frac{H(X)}{t_c^2} \quad (3.97b)$$

Donde:

$$G_1(X) = -t_c \tan\alpha \left\{ \frac{d}{dX} \left[ F_1 X \nu - q X^2 \tan\alpha \right] + F_1 - \nu X q \tan\alpha + E \alpha_t t_c X \frac{dT_o}{dX} \right\} \quad (3.97c)$$

$$H(X) = t_c^3 \tan \alpha \left[ \alpha_t (1+\nu) X \frac{dT_1}{dX} \right] \quad (3.97d)$$

Para resolver éste sistema de ecuaciones, es conveniente ir eliminando  $(XQ_x^P)$ ,  $(\beta_x^P)$  en turno:

$$LL(XQ_x^P) + 12(1-\nu^2) (XQ_x^P) = \frac{1}{\tan \alpha} L[G_1(X)] - H(X)E$$

$$LL(\beta_x^P) + 12(1-\nu^2) \beta_x^P = \frac{t_c G_1(X)}{D} + \frac{L[H(X)]}{t_c^2} \quad (3.97e)$$

Estas ecuaciones diferenciales de cuarto orden, se las resolverá por medio de dos asumpciones con el fin de reducir su complejidad. Luego de obtener las soluciones por separado se las sumará, para de esta forma tener la solución completa del estado de cargas.

#### ASUMPSIONES:

1.  $T_1 = T_0 = 0$
2.  $F_1(X) = 0$

Aplicando la asumpción 1.

$$F_1(X) = \frac{1}{X \cos \alpha} \left[ \int_{X_0}^X X(P \sin^2 \alpha + P \cos^2 \alpha) dX + C_1 \right] \quad (3.98a)$$

$$F_1(x) = \frac{P}{x \cos \alpha} \frac{(x^2 - a_0^2)}{2} + \frac{C_1}{x \cos \alpha} \quad (3.98 \text{ b})$$

La condición de borde para evaluar la constante  $C_1$  es:

$$F_1(x) \Big|_{x = x_0 = \frac{a_0}{\sin \alpha}} = - \frac{T}{\cos \alpha}$$

Reemplazando el valor de la constante  $C_1$ , se tiene:

$$F_1(x) = \frac{P}{x \cos \alpha} (x^2 - a_0^2 \csc^2 \alpha) - \frac{2 T a_0}{x \sin^2 \alpha} \quad (3.98 \text{ c})$$

$$G_1(x) = - t_c \tan \alpha \left[ \frac{2 P v x}{\cos \alpha} + \frac{P}{x \cos \alpha} (x^2 - a_0^2 \csc^2 \alpha) - \frac{2 T a_0}{x \sin^2 \alpha} \right. \\ \left. - P x (2 + v) \sin \alpha \tan \alpha \right] \quad (3.99)$$

$$H(x) = 0 \quad (3.100)$$

Luego las ecuaciones (3.97e) toman la forma siguiente:

$$LL \left( x Q_x^p \right) + 12 (1 - v^2) \left( x Q_x^p \right) = 0 \quad (3.101)$$

$$LL \left( \beta_x^p \right) + 12 (1 - v^2) \beta_x^p = \frac{-12 (1 - v^2) \tan \alpha}{E t_c}$$

$$\left[ \frac{2 P v x}{\cos \alpha} - \frac{2 T a_0}{x \sin^2 \alpha} + \frac{P}{x \cos \alpha} \right.$$

$$\left. (x^2 - a_0^2 \csc^2 \alpha) - P x (2 + v) \sin \alpha \tan \alpha \right]$$

Las soluciones de estas ecuaciones serán:

$$Q_x^p = 0 \quad (3.102)$$

$$\beta_x^p = - \frac{\tan \alpha}{Et_c} \left[ \frac{2P\nu x}{\cos \alpha} - \frac{2 Ta_0}{x \sin^2 \alpha} + \frac{P}{x \cos \alpha} (x^2 - a_0^2 \csc^2 \alpha) \right]$$

$$-Px (2 + \nu) \operatorname{sen} \alpha \tan \alpha \quad |$$

Para la asunción 2, se considerará al cascarón bajo la influencia de una temperatura que está linealmente distribuida a través del espesor y a lo largo de la generatriz. La distribución de la temperatura se presentará por la función

$$T(\zeta, x) = (v_0 + x\bar{u}_0) + \zeta (v_1 + x\bar{u}_1) \quad (3.103a)$$

Donde:

$\bar{u}_0$  es el gradiente de temperatura en la generatriz

$\bar{u}_1$  es el gradiente de temperatura en el espesor

$$T_0 = v_0 + x\bar{u}_0, \quad T_1 = v_1 + x\bar{u}_1 \quad (3.103b)$$

Reemplazando  $E_c$  (3.103b) en  $E_c$  (3.97c) y (3.97d) se obtiene:

$$F_1(x) = 0, \quad G_1(x) = - Et_c^2 x \alpha_t \bar{u}_0 \tan \alpha$$

(3.103c)

$$H(x) = (Iv) x t_c^3 \alpha_t \bar{u}_1 \tan \alpha$$

Con estas funciones de carga, las ecuaciones que gobiernan las soluciones particulares son:

$$LL \left( \frac{P}{x} \right) + 12 (1 - \nu^2) \beta_x^P = -12 (1 - \nu^2) \alpha_t x \bar{u}_0 \tan \alpha \quad (3.103d)$$

$$LL (xQ_x^P) + 12 (1 - \nu^2) (xQ_x^P) = Et_c^3 (1 + \nu) \alpha_t x \bar{u}_1$$

De esto resulta:

$$Q_x^P = - D \alpha_t (1 + \nu) \bar{u}_1 \quad (3.103e)$$

$$\beta_x^P = - \alpha_t x \bar{u}_0 \tan \alpha$$

Sumando las dos soluciones de las asunciones, se tendrá la solución particular del cascarón cónico

$$Q_x^P = - D \alpha_t (1 + \nu) \bar{u}_1 \quad (3.104)$$

$$\beta_x^P = - \frac{\tan \alpha}{E t_c} \left[ \frac{2P\nu x}{\cos \alpha} - \frac{2 T a_0}{x \sin^2 \alpha} + \frac{P}{x \cos \alpha} (x^2 - a_0^2 \csc^2 \alpha) \right]$$

$$- P x (2 + \nu) \operatorname{sen} \alpha \tan \alpha \mid$$

$$- \alpha_t x \bar{u}_0 \tan \alpha$$

Obtenidas las soluciones complementaria y particulares, estas podrán ser reemplazadas en  $E_c$  (3.93b), como a continuación se lo hace

$$Q_x = \frac{1}{x} (A_1 S_1 + A_2 S_2) - D \alpha_t (1 + \nu) \bar{u}_1 \quad (3.105)$$

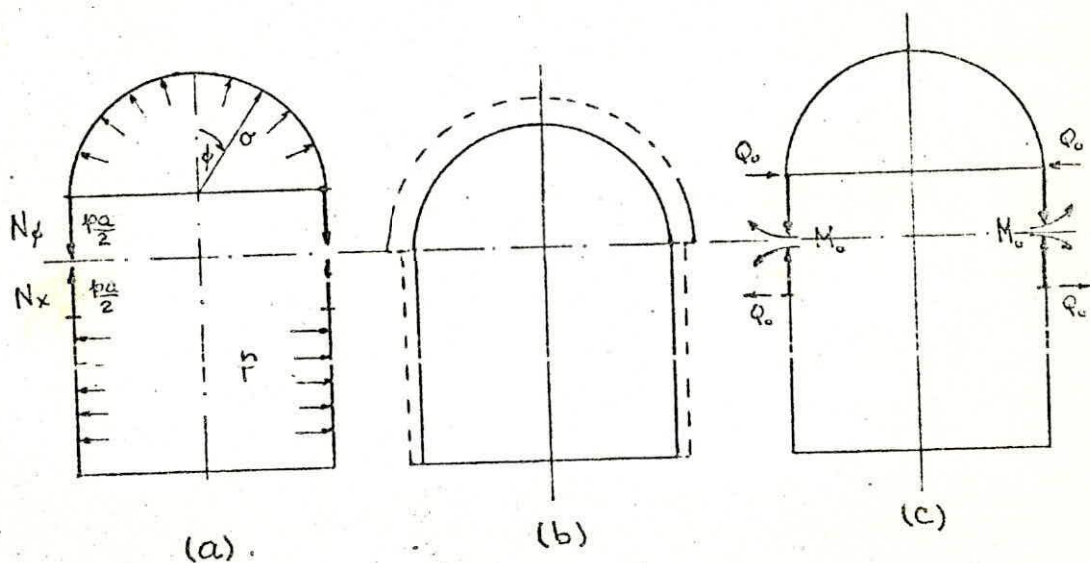
$$\beta_x = - \frac{\tan \alpha}{E t_c} \left\{ \frac{2P\nu x}{\cos \alpha} - \frac{2T a_0}{x \sin^2 \alpha} + \frac{P}{x \cos \alpha} (x^2 - a_0^2 \csc^2 \alpha) \right. \\ \left. - P x (2 + \nu) \operatorname{sen} \alpha \tan \alpha + 12(1 - \nu^2) \right|^{1/2} \\ (A_2 S_1 - A_1 S_2) - \alpha_t x \bar{u}_0 \tan \alpha \}$$

Analizando las ecuaciones (3.105), se nota la presencia de tres incongnitas ( $A_1$ ,  $A_2$ ,  $t_c$ ). Para ser halladas mediante dos ecuaciones. Lo cual solo es posible, si la variable  $t_c$  toma un cierto valor, hasta que la igualdad sea consistente. En el momento que lo sea se tendrá el espesor buscado  $t_c$ .

Las constantes  $A_1$  y  $A_2$  serán determinadas mediante el uso de dos condiciones de borde, cuyo procedimiento a continuación se lo detalla.

En la Ref. (8), se encuentra un método de análisis para lo unión -de dos cascarones de curvaturas diferentes. La nomenclatura utilizada por W. Fluge será cambiada en su totalidad con el fin de seguir utilizando los símbolos del presente trabajo.

El problema a tratarse, no es otro, que las condiciones de compatibilidad de las deformaciones se deban cumplir tanto para el techo como para el anillo A. De allí que para su explicación sea necesario utilizar primeramente un caso sencillo como es la unión de una semiesfera con un cilindro sometido a presión interna  $p$ .



La Fig. (a) muestra el diagrama de cuerpo aislado en los puntos de unión, donde el esfuerzo  $N_\phi$  esfera para  $\phi = \pi/2$  tiene una dirección vertical y aplicando  $\Sigma F_y = 0$ , resulta:

$$N_\phi = \frac{pa}{2} = N_x$$

La Fig. (b) muestra la diferencia de deformaciones que existe si se dejara libremente deformar a los cascarones por la teoría

de membrana. Razones por las cuales esta teoría es inconcistente para resolver estas incompatibilidades, debiendo buscarse una teoría que incluya estos efectos. La teoría general de cascarones elásticos delgados aplicada a estos casos donde la deformación de la semiesfera es mayor a la del cilindro, nos dice que se generará una fuerza cortante  $Q_0$  hacia adentro en la semiesfera y un  $Q_0$  hacia afuera en el cilindro para igualar las deformaciones en los puntos de unión. Pero este acercamiento de las deformaciones no puede ser brusco, hasta tal punto que en la unión el cambio de pendientes es igual a cero y esto se lo consigue con la presencia del momento flector  $M_0$ .

Volviendo al caso planteado inicialmente, el cual es la unión del cono con el anillo A, habrá que valerse de la Fig. (3.27'), para detallar lo que sucede en la unión.

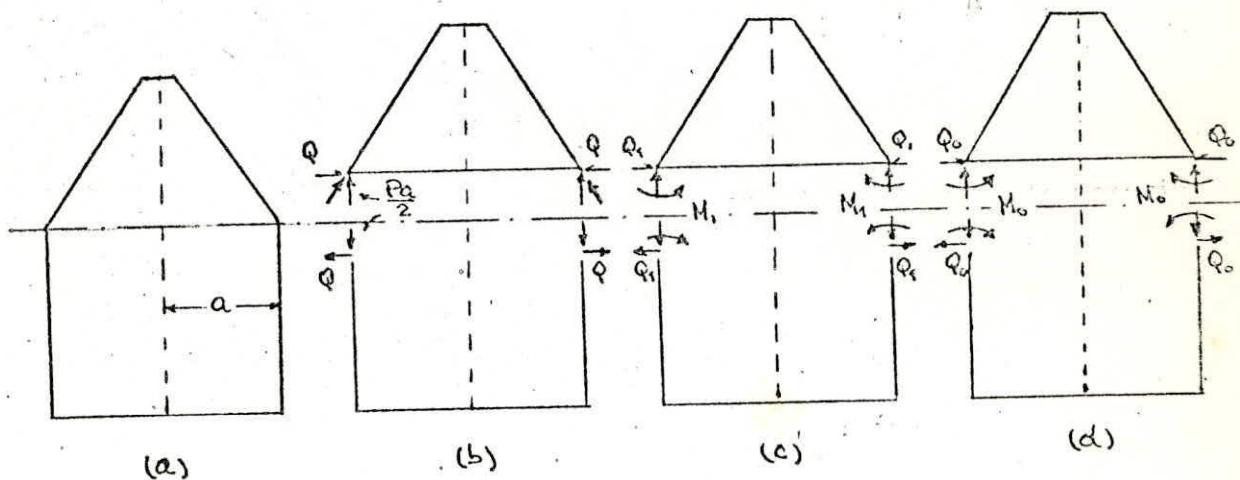
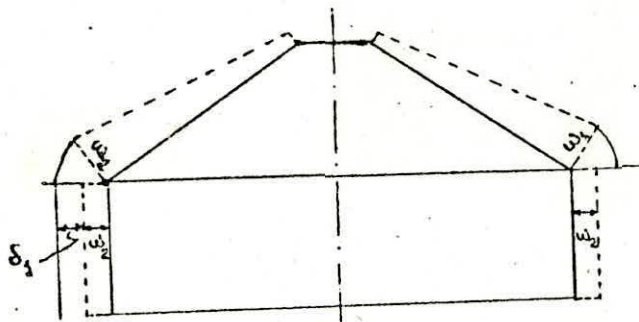


Fig. (3.27')

Analizando la Fig. (3.27'b), se puede apreciar que la componente vertical del esfuerzo  $N_x$  cono  $= \frac{p_a}{2}$ , pasa directamente al cilindro como un esfuerzo de compresión, igual cosa ocurre con la componente horizontal del cono que es absorbida por el cilindro como un esfuerzo horizontal  $Q$ , por el principio de acción igual a reacción. Comparando con el caso anterior, se nota que la componente  $Q$  no existía, debido a que en una semiesfera el esfuerzo  $N_x$  es vertical. Hasta aquí el cascarón cumple con las ecuaciones de equilibrio estático, no así con las ecuaciones de las deformaciones, que entre otras cosas dice, que si un punto pertenece a dos configuraciones al mismo tiempo, debe tener igual deformación unitaria  $\epsilon$  para ambos casos.

En estas circunstancias se origina un esfuerzo cortante  $Q_0$  que es la suma del esfuerzo  $Q$  más  $Q_1$  y un momento flector  $M_0$  necesarios e imprescindibles para restituir estos puntos y satisfacer la compatibilidad de las deformaciones. Se considera estas dos cantidades redundantes  $(Q_0 - M_0)$ , en una estructura indeterminada y tendrá que introducirse alrededor de esto la notación pertinente. Los símbolos que lleven los superíndices 1,2 como primer dígito se refieren al cono y cilindro respectivamente y los que lleven 0, 1, 2 como segundo dígito se refieren a membrana, esfuerzo cortante y momento flector respectivamente. Las deformaciones correspondientes a las cantidades redundante son las reparaciones radiales.



$$E t (\epsilon_{\theta_1} - \epsilon_{\theta_2}) = E t (w_1 - w_2) \delta_1$$

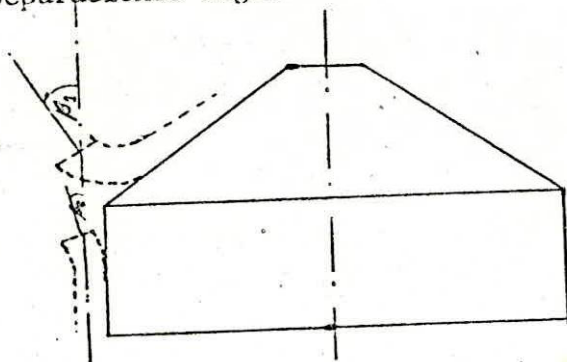
Donde:

$\epsilon_{\theta_i}$  = Deformación unitaria circunferencial pudiendo ser encontrada en la Ref. (8) pág. 206 - 351

$w_i$  = Deformación radial, pudiendo ser encontrada en la misma Ref. pág. 206-351

$\delta_1$  = Separación radial

y las separaciones angulares



$$E t (\beta_1 - \beta_2) = \delta_2$$

Donde:

$\beta_i$  = Rotación de superficie de referencia (Ref. 8)

$\delta_2$  = Separación angular (Ref. 8)

De ello se puede escribir que:

$$\delta_1 = \delta_{10} + \delta_{11} Q_0 + \delta_{12} M_0$$

$$\delta_2 = \delta_{20} + \delta_{21} Q_0 + \delta_{22} M_0$$

La solución de estos dos ecuaciones no es difícil, pero si bastante laborioso, limitándonos tan solo a dejar planteadas las ecuaciones. Por que existiendo unos trabajos de investigación dados por Ref. (10) y (11), no tendría sentido repetir el mismo cálculo.

## DISEÑO DE LA PARTE CILINDRICA

Los anillos a diseñarse tendrán la misma nominación que para el caso de membrana, es decir, A, B, C, D, E, F. Las figuras variarán considerablemente ya que habrá que incluir las fuerzas cortantes y momentos flectores en ambos bordes.

### ANILLO A

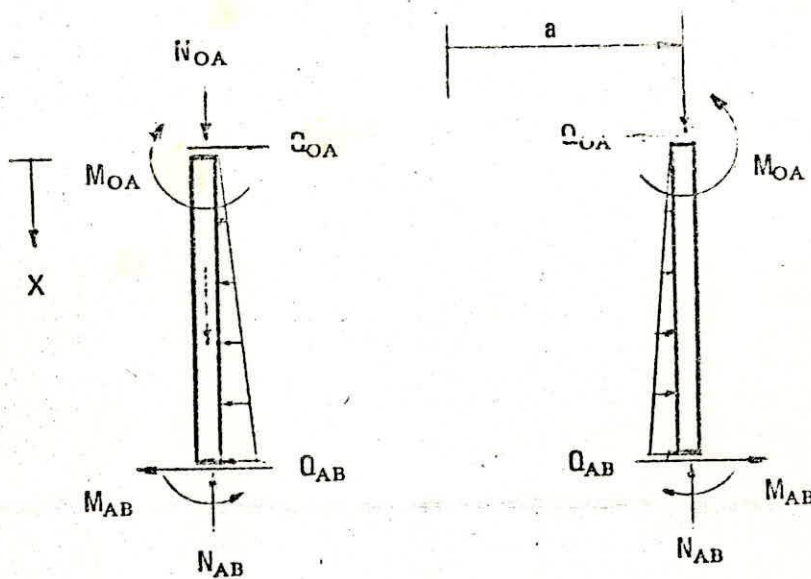


FIG. 3.28

Estado de Esfuerzos para el Anillo A

Las cargas por unidad de área actuando en el anillo A son:

$$\begin{aligned} q &= -\gamma_2 X \\ q &= \gamma_1 X \end{aligned} \quad (3.106 a)$$

Al igual que en el cono, se comenzará la deducción de las ecuaciones con la definición del operador diferencial  $L(\dots)$ .

$$L(\dots) = t_s a \frac{d^2(\dots)}{dX^2} \quad (3.106 b)$$

$$\lambda^2 = 2i [3(1-\nu^2)]^{1/2} \quad (3.106 c)$$

Las expresiones para los esfuerzos resultados, momentos y desplazamientos en el cascarón cilíndrico circular están dados por:

$$\begin{aligned} N_x &= -F_1(X) \\ N_s &= a \left( \frac{dQ_x}{dX} - q \right) \\ M_x &= D \left[ \frac{d\beta X}{dX} - (\alpha_t + \nu\alpha_t) T_1 \right] \\ M_s &= D \left[ \nu \frac{d\beta X}{dX} - (\alpha_t + \nu\alpha_t) \right] \\ F_1(X) &= C_1 + \int_{X_0}^X q_x dX \end{aligned} \quad (3.107)$$

$$U_x = \int_{x_0}^x F(X) \cdot dX$$

$$\omega = \frac{a (N_s - vN_x)}{Et_s} + \alpha_t a T_0$$

$$F(X) = \frac{N_x - vN_s}{Et_s} + \alpha_t T_0$$

Donde:

$$Q_x = Q_x^c + Q_x^p \tag{3.108a}$$

$$\beta_x = \beta_x^c + \beta_x^p$$

### SOLUCION COMPLEMENTARIA

Para determinar la solución complementaria, esto es  $Q_x^c$  y  $\beta_x^c$ , se empleará el método de análisis descrito por Ref(4).

$$\frac{d^2 Q_x^c}{dX^2} + 2i\mu^2 Q_x^c = 0 \tag{3.108 b}$$

Dónde:

$$\mu^2 = \left[ 3 \frac{(1-v^2)}{a^2 t_s^2} \right]^{1/2} \tag{3.108 c}$$

Se asume la solución de esta ecuación en la forma

$$Q_x^c = C \exp(KX) \tag{3.108d}$$

Donde C es una constante arbitraria y K está defini-

do por

$$K = \pm \mu(1 \pm i) \quad (3.108e)$$

Se determina que la solución es

$$Q_x^C = e^{-\mu x}(B_1 \cos \mu x + B_2 \operatorname{Sen} \mu x) + e^{\mu x}(B_3 \cos \mu x + B_4 \operatorname{Sen} \mu x)$$

$$B_x^C = \frac{1}{2\mu^2 D} \left[ e^{-\mu x}(B_2 \cos \mu x - B_1 \operatorname{Sen} \mu x) + e^{\mu x}(B_3 \operatorname{Sen} \mu x - B_4 \cos \mu x) \right] \quad (3.109)$$

Esta última ecuación es de la misma naturaleza que la solución de la viga sobre una fundación elástica.

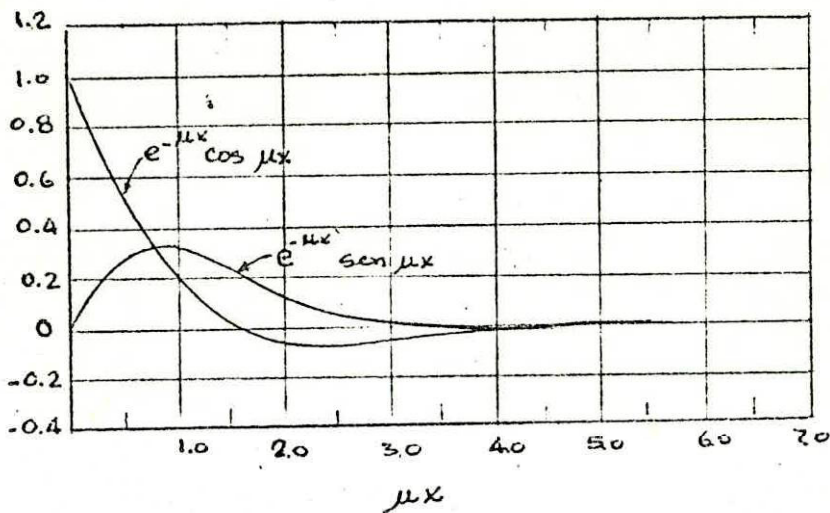


FIG. 29

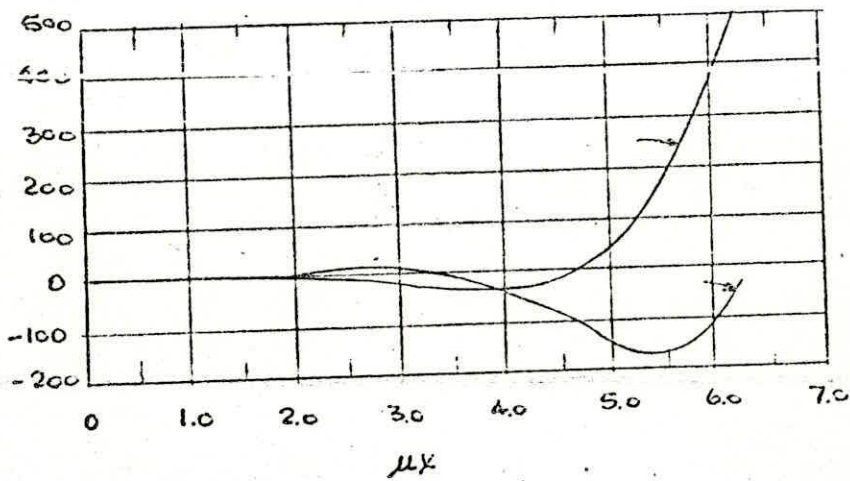


FIG. 30

Analizando las figs. 3.29 y 3.30 nos damos cuenta que cuando  $\mu x$  crece, las funciones  $e^{\mu x} \text{Cos} \mu x$  y  $e^{\mu x} \text{Sen} \mu x$ , se incrementan rápidamente tendiendo al infinito. Lo cual no concuerda con el caso real de un cilindro muy largo que  $Q_x^c$  y  $\beta_x^c$  tiendan al infinito cuando  $\mu x$  se aproxima al borde inferior. Luego  $B_3 = B_4 = 0$

La rapidez de decaimiento de las funciones exponenciales que contienen exponente negativo, está definido por la longitud de decaimiento  $L_c$

$$L_c = \pi / \mu \quad (3.110 a)$$

Que reemplazando el valor de  $\mu$  queda

$$L_c = \pi \left[ \frac{a^2 t_s^2}{3(1-\nu^2)} \right]^{1/4} \quad (3.110 b)$$

Con el fin de saber, si el cilindro a diseñarse, es un cilindro largo. Se reemplazará en  $E_c$  (3.110 b) el espesor  $t_s = 3.0$  mm, ya que los espesores de momento flector no pueden ser menores que los de membrana.

$$2L_c = 37.67 \text{ cm.}$$

Luego el cilindro es largo y la solución complementaria se reduce a

$$Q_x^c = (B_1 \text{Cos} \mu x + B_2 \text{Sen} \mu x) e^{-\mu x}$$

$$\beta_x^c = \frac{1}{2\mu^2 D} (B_2 \text{Cos} \mu x - B_1 \text{Sen} \mu x) e^{-\mu x} \quad (3.111)$$

## SOLUCION PARTICULAR

Queda ahora por determinar la solución particular -  $Q_x^P$  y  $\beta_x^P$  para los diferentes tipos de carga. De Referencia (4) se tiene:

$$\frac{d^2 \beta_x^P}{dX^2} = \frac{Q_x^P}{D} + \alpha_t (1 + \nu) \frac{dT_1}{dX} \quad (3.112 a)$$

$$\frac{d^2 Q_x^P}{dX^2} = \frac{Et_{SA}}{a^2} \beta_x^P - \frac{1}{a} \frac{d}{dX} (\nu F_1 - qa) - \frac{Et_{SA}}{a} \frac{d}{dX} (\alpha_t T_0)$$

Como las temperaturas  $T_0$  y  $T_1$  no varían con respecto a  $X$ , luego las Ec(3.112a) se reducen a:

$$\frac{d^2 \beta_x^P}{dX^2} = \frac{Q_x^P}{D} \quad (3.112 b)$$

$$\frac{d^2 Q_x^P}{dX^2} = \frac{Et_{SA}}{a^2} \beta_x^P - \frac{1}{a} \frac{d}{dX} (\nu F_1 - qa) \quad (3.112 c)$$

Antes de resolver estas ecuaciones diferenciales, se determinará la función  $F_1(X)$ :

$$F_1(X) \Big] = C_1 + \int_0^X q_x dX \quad (3.112 d)$$

Reemplazando Ec(3.106a) e integrando

$$F_1(X) \Big] = C_1 + \gamma_1 \frac{X}{2} \quad (3.112 e)$$

La condición de borde para determinar la constante

C es:

$$F_1(X) \Big|_{x=0} = -N_{0A} \quad (3.112 f)$$

Reemplazando Ec(3.112f) en (3.112e) se tiene:

$$F_1(X) = -N_{0A} + \gamma_1 \frac{X^2}{2} \quad (3.112 g)$$

Despejando de Ec(3.112b)  $Q_x^p$  y reemplazando en (3.112c)

$$D \frac{d^4 \beta_x^4}{dX^4} + \frac{Et_{SA}}{a^2} \beta_x^p = \frac{1}{a} (\nu \gamma_1 X + \gamma_2 a) \quad (3.112 h)$$

$$\frac{d^4 \beta_x^4}{dX^4} + \frac{12(1-\nu^2)}{t_{SA}^2 a^2} \beta_x^p = \frac{1}{aD} (\nu \gamma_1 X + \gamma_2 a)$$

La expresión (3.112h) es una ecuación diferencial homogénea de cuarto orden, siendo su solución particular como sigue:

$$\beta_x^p = - \frac{a}{Et_{SA}} (\nu \gamma_1 X + \gamma_2 a) \quad (3.113)$$

$$Q_x^p = 0$$

Reemplazando Ec(3.111), (3.113) en (3.108 a)

$$Q_x = (B_1 \cos \mu X + B_2 \operatorname{sen} \mu X) e^{-\mu X}$$

$$\beta_x = \frac{1}{2\mu^2 D} (B_2 \cos \mu x - B_1 \sin \mu x) e^{-\mu x} \quad (3.114a)$$

$$- \frac{a}{Et_{SA}} (\nu \gamma_1 x + \gamma_2 a)$$

Las constantes  $B_1$  y  $B_2$  serán determinadas por dos condiciones de borde:

$$Q_x \Big|_{x=0} = Q_{OA} \quad (3.114b)$$

$$D \frac{d\beta_x}{dx} \Big|_{x=0} = M_{OA}$$

Reemplazando las condiciones de borde se tiene

$$B_1 = Q_{OA}$$

$$B_2 = \frac{2\nu M_{OA}}{\mu} + Q_{OA} \quad (3.114c)$$

Luego:

$$Q_x = \left[ Q_{OA} \cos \mu x + \left( \frac{2\nu M_{OA}}{\mu} + Q_{OA} \right) \sin \mu x \right] e^{-\mu x}$$

$$\beta_x = \frac{1}{2\mu^2 D} \left[ \left( \frac{2\nu M_{OA}}{\mu} + Q_{OA} \right) \cos \mu x - Q_{OA} \sin \mu x \right] e^{-\mu x}$$

$$- \frac{a}{Et_{SA}} (\nu \gamma_1 x + \gamma_2 a) \quad (3.115)$$

también:

$$Q_x \Big|_{x=122} = Q_{AB}$$

$$D \left. \frac{d\beta_x}{dx} \right|_{x=122} = M_{AB}$$

(3.116)

ANILLO B

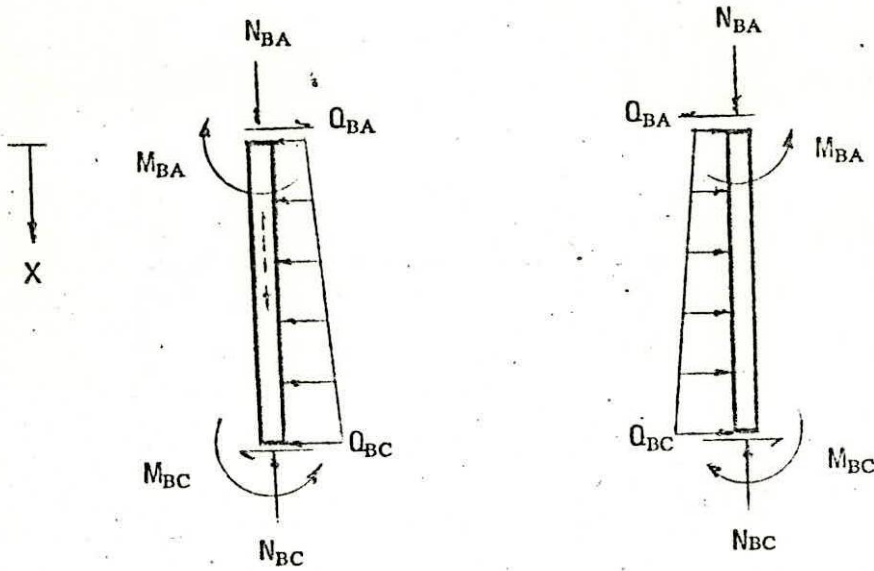


FIG. 3.31

Estado de Esfuerzos en el Anillo B

Las cargas por unidad de área actuando en el anillo B son:

$$q = -\gamma_2 (X+122) \quad (3.117)$$

$$q_X = \gamma_1 X$$

Los esfuerzos actuando en el borde inferior del anillo A son iguales y de sentido contrario, que los que actúan en el borde superior del anillo B. Por ser puntos que se corresponden tanto a un segmento como a otro.

$$\begin{aligned} N_{AB} &= N_{BA} \\ Q_{AB} &= Q_{BA} \\ M_{AB} &= -M_{BA} \end{aligned} \quad (3.118)$$

El procedimiento para determinar las ecuaciones que gobiernan el resto de anillos es igual al realizado para el anillo A. En consecuencia no se repetirá el desarrollo, pero si las condiciones de borde y las ecuaciones a que se lleguen.

$$F_1(X) = C_1 + \gamma_1 \frac{X^2}{2} \quad (3.119 a)$$

La condición de borde para determinar la constante C es

$$F_1(X) \Big|_{X=0} = -N_{BA} \quad (3.119 b)$$

Reemplazando el valor de la constante se tiene

$$F_1(X) = -N_{BA} + \gamma_1 \frac{X^2}{2} \quad (3.119 c)$$

Luego la solución particular es como sigue:

$$\beta_X^p = - \frac{a}{E t_{SB}} (\nu \gamma_1 X + \gamma_2 a) \quad (3.120)$$

$$Q_X^p = 0$$

Reemplazando Fc(3.109) , (3.120) en (3.108 a)

$$Q_X = (B_1 \cos \mu X + B_2 \operatorname{sen} \mu X) e^{-\mu X} \quad (3.121 a)$$

$$\beta_X = \frac{1}{2 \mu^2 D} (B_2 \cos \mu X - B_1 \operatorname{sen} \mu X) e^{-\mu X}$$

$$- \frac{a}{E t_{SB}} (\nu \gamma_1 X + \gamma_2 a)$$

Las constantes  $B_1$  y  $B_2$  serán determinadas por dos condiciones de borde.

$$Q_x \Big|_{x=0} = Q_{BA} \quad (3.121b)$$

$$D \frac{d\beta_x}{dx} \Big|_{x=0} = M_{BA}$$

Reemplazando las condiciones de borde se tiene:

$$Q_x = [Q_{BA} \cos \mu x + (\frac{2\mu M_{BA}}{D} + Q_{BA}) \sin \mu x] e^{-\mu x}$$

$$\beta_x = \frac{1}{2\mu^2 D} [(\frac{2\mu M_{BA}}{D} + Q_{BA}) \cos \mu x - Q_{BA} \sin \mu x] e^{-\mu x} \quad (3.122)$$

$$- \frac{a}{Et_{SB}} (\nu \gamma_1 x + \gamma_2 z)$$

también:

$$Q_x \Big|_{x=122} = Q_{BC} \quad (3.123)$$

$$D \frac{d\beta_x}{dx} \Big|_{x=122} = M_{BC}$$

ANILLO C

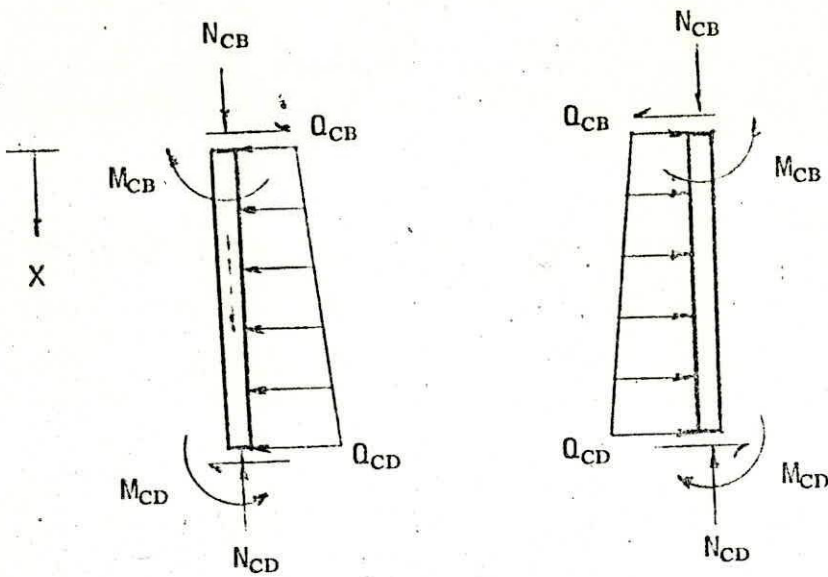


FIG. 3.

Estado de Esfuerzos para el Anillo C.

Las cargas actuando en el anillo C, son:

$$\begin{aligned}
 q &= -\gamma_2 (X+244) \\
 q_x &= \gamma_1 X \\
 N_{BC} &= N_{CB} \\
 Q_{BC} &= -Q_{CB} \\
 M_{BC} &= -M_{CB}
 \end{aligned}
 \tag{3.124}$$

$$F_1(X) = C_1 + \gamma_1 \frac{X^2}{2}
 \tag{3.125a}$$

La condición de borde para determinar la constante C ,

es:

$$F_1(X) \Big|_{X=0} = -N_{CB}
 \tag{3.125b}$$

Reemplazando el valor de la constante se tiene

$$F_1(X) = -N_{CB} + \gamma_1 \frac{X^2}{2} \quad (3.125c)$$

Luego la solución particular es como sigue:

$$\beta_x^P = -\frac{a}{t_{sc}} (\nu\gamma_1 X + \gamma_2 a) \quad (3.126)$$

$$Q_x^P = 0$$

Reemplazando Ec(3.109), (3.126) en (3.108a)

$$Q_x = (B_1 \cos \mu X + B_2 \operatorname{sen} \mu X) e^{-\mu X} \quad (3.127a)$$

$$\beta_x = \frac{1}{2\mu^2 D} (B_2 \cos \mu X - B_1 \operatorname{sen} \mu X) e^{-\mu X}$$

$$- \frac{a}{Et_{sc}} (\nu\gamma_1 X + \gamma_2 a)$$

Las constantes  $B_1$  y  $B_2$  serán determinadas por dos condiciones de borde:

$$Q_x \Big|_{x=0} = Q_{CB} \quad (3.127b)$$

$$D \frac{d\beta_x}{dX} \Big|_{x=0} = M_{CB}$$

Reemplazando las condiciones de borde se tiene:

$$Q_x = \left[ Q_{CB} \cos \mu x + \left( \frac{2\mu M_{CB}}{D} + Q_{CB} \right) \sin \mu x \right] e^{-\mu x}$$
$$\beta_x = \frac{1}{2\mu^2 D} \left[ \left( \frac{2\mu M_{CB}}{D} + Q_{CB} \right) \cos \mu x - Q_{CB} \sin \mu x \right] e^{-\mu x}$$

(3.128)

$$- \frac{a}{Et_{sc}} (\nu \gamma_1 x + \gamma_2 a)$$

también :

$$Q_x \Big|_{x=122} = Q_{CD}$$

$$D \frac{d\beta_x}{dx} \Big|_{x=122} = M_{CD}$$

(3.129)

$$Q = \nu \gamma_1 x$$

ANILLO D

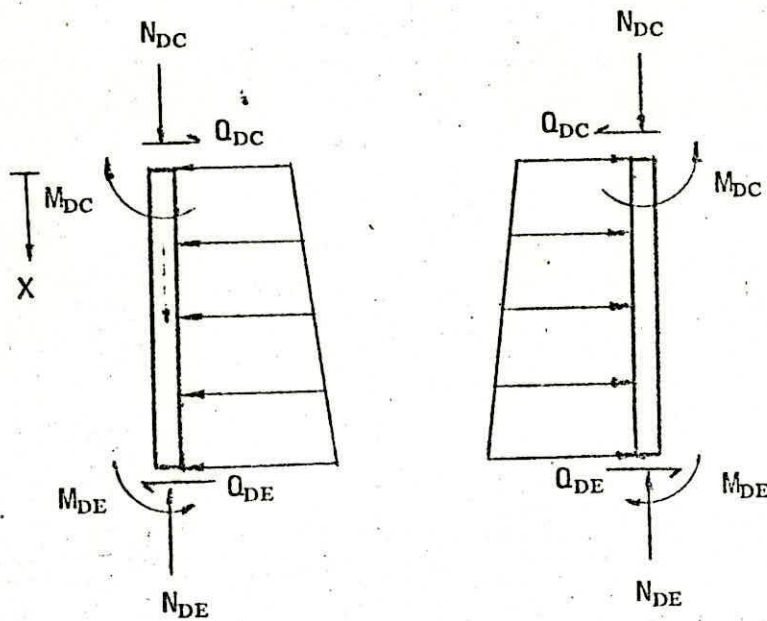


FIG. 3.

Estado de Esfuerzos para el Anillo D

Las cargas actuando en el anillo D, son:

$$\begin{aligned}
 q &= -\gamma_2 (X + 366) \\
 q_x &= \gamma_1 X \\
 N_{CD} &= N_{DC} \\
 Q_{CD} &= -Q_{DC} \\
 M_{CD} &= -M_{DC}
 \end{aligned}
 \tag{3.130}$$

$$F_1(X) = C_1 + \gamma_1 \frac{X^2}{2}
 \tag{3.131a}$$

La condición de borde para determinar la constante C

es:

$$F_1'(X) \Big|_{X=0} = -H_{DC}
 \tag{3.131b}$$

Reemplazando el valor de la constante se tiene:

$$F_1(X) = -N_{DC} + \gamma_1 \frac{X^2}{2} \quad (3.131c)$$

Luego la solución particular es como sigue:

$$\beta_x^p = -\frac{a}{t_{SD}} (\nu \gamma_1 X + \gamma_2 a) \quad (3.132)$$

$$Q_x^p = 0$$

Reemplazando Ec(3.109), (3.132) en (3.108a)

$$Q_x = (B_1 \cos \mu X + B_2 \operatorname{sen} \mu X) e^{-\mu X} \quad (3.133a)$$

$$\beta_x = \frac{1}{2\mu^2 D} (B_2 \cos \mu X - B_1 \operatorname{sen} \mu X) e^{-\mu X} - \frac{a}{Et_{SD}} (\nu \gamma_1 X + \gamma_2 a)$$

Las constantes  $B_1$  y  $B_2$  serán determinadas por dos condiciones de borde.

$$Q_x \Big|_{x=0} = Q_{DC} \quad (3.133b)$$

$$D \frac{d\beta_x}{dx} \Big|_{x=0} = M_{DC}$$

Reemplazando las condiciones de borde se tiene:

$$Q_x = \left[ Q_{CB} \cos \mu X + \left( \frac{2\mu M_{DC}}{D} + Q_{DC} \right) \operatorname{sen} \mu X \right] e^{-\mu X}$$

$$\beta_x = \frac{1}{2 \mu^2 D_1} \left[ \left( \frac{2 \mu H_{CB}}{D_1} + Q_{CB} \right) \cos \mu X - Q_{CB} \sin \mu X \right] e^{-\mu X} - \frac{a}{Et_{SD}} (\nu \gamma_1 X + \gamma_2 a)$$

(3.134)

también:

$$Q_x \Big|_{x=122} = Q_{DE}$$

$$D \frac{d\beta_x}{dx} \Big|_{x=122} = H_{DE}$$

(3.135)

# ANILLO E

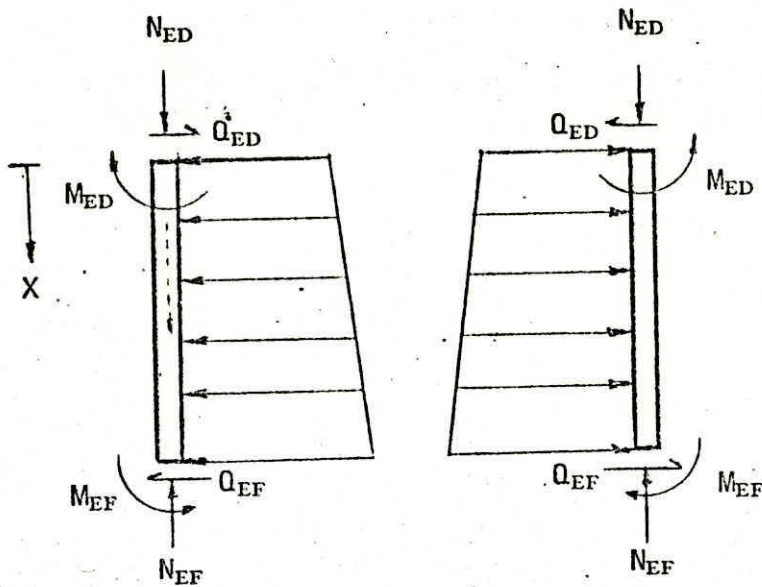


FIG. 3.

Estado de Esfuerzos para el Anillo E

Las cargas actuando en el anillo E, son:

$$q = - \gamma_2 (X + 488)$$

$$q_x = \gamma_1 X$$

$$N_{DE} = N_{ED}$$

(3.136)

$$Q_{DE} = Q_{ED}$$

$$M_{DE} = - M_{ED}$$

$$F_1(X) = C_1 + \gamma_1 \frac{X^2}{2}$$

(3.137 a)

La condición de borde para determinar la constante C

es:

$$F_1(X) \Big|_{X=0} = -N_{ED} \quad (3.137b)$$

Reemplazando el valor de la constante, se tiene:

$$F_1(X) = -N_{ED} + \gamma_1 \frac{X^2}{2} \quad (3.137c)$$

Luego la solución particular es como sigue:

$$\beta_X^P = -\frac{a}{Et_{SE}} (\nu\gamma_1 X + \gamma_2 a) \quad (3.138)$$

$$Q_X^P = 0$$

Reemplazando Ec(3.109), (3.138) en (3.108a)

$$Q_X = (B_1 \cos \mu X + B_2 \operatorname{sen} \mu X) e^{-\mu X} \quad (3.139a)$$

$$\beta_X = \frac{1}{2\mu^2 D} (B_2 \cos \mu X - B_1 \operatorname{sen} \mu X) e^{-\mu X} - \frac{a}{Et_{SE}} (\nu\gamma_1 X + \gamma_2 a)$$

Las constantes  $B_1$  y  $B_2$  serán determinadas por dos condiciones de borde:

$$Q_X \Big|_{X=0} = Q_{ED} \quad (3.139b)$$

$$D \frac{d\beta_X}{dX} \Big|_{X=0} = M_{ED}$$

Reemplazando las condiciones de borde, se tiene:

$$Q_x = \left[ Q_{ED} \cos \mu x + \left( \frac{2\mu M_{ED}}{D} + Q_{ED} \right) \sin \mu x \right] e^{-\mu x}$$

$$\beta_x = \frac{1}{2 \cdot \mu^2 D} \left[ \left( \frac{2\mu M_{ED}}{D} + Q_{ED} \right) \cos \mu x - Q_{ED} \sin \mu x \right] e^{-\mu x}$$

(3. 140)

$$- \frac{a}{Et_{SE}} (v\gamma_1 x + \gamma_2 a)$$

también:

$$Q_x \Big|_{x=122} = Q_{EF}$$

(3. 141)

$$D \frac{d\beta_x}{dx} \Big|_{x=122} = \ddot{M}_{EF}$$

## ANILLO F

Para el cálculo de este anillo hay que dividirlo en tres partes, al igual que se lo hizo para el caso de membrana por cuanto la discontinuidad de los esfuerzos también va a existir.

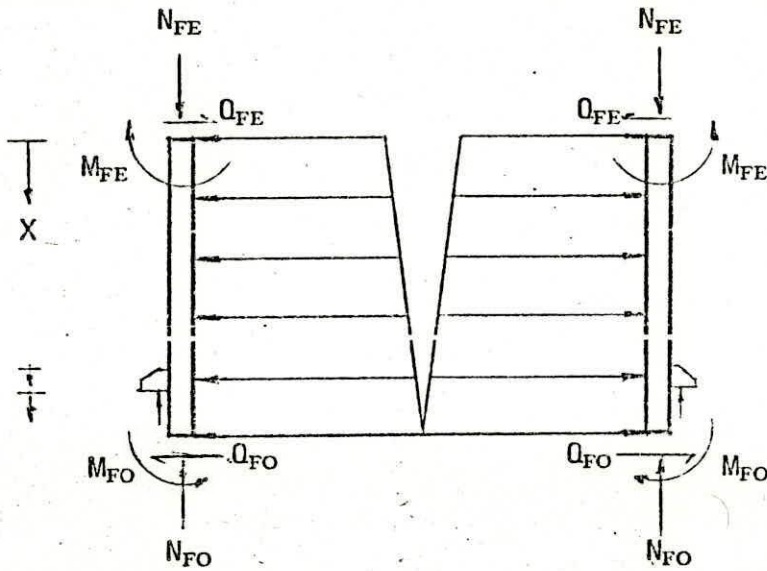


FIG. (3.35)

Estado de esfuerzos para el Anillo F

Las cargas actuando en el anillo F son:

$$q = -\gamma_2 (X + 610)$$

$$q_x = \gamma_1 X$$

$$N = N$$

$$\begin{aligned} Q &= -Q \\ M &= -M \end{aligned} \quad (3.142)$$

El desarrollo de la primera parte del anillo F, es similar a los anillos anteriores, por lo tanto será como sigue

$$F_1(X) = C_1 + \gamma_1 \frac{X_1^2}{2} \quad (3.143a)$$

La condición de borde para determinar la constante C es

$$F_1(X) \Big|_{x=0} = -N \quad (3.143b)$$

Reemplazando el valor de la constante, se tiene

$$F_1(X) = -N + \gamma_1 \frac{X_1^2}{2} \quad (3.143c)$$

Luego la solución particular es como sigue

$$\begin{aligned} \beta_x^p &= -\frac{a}{Et} (\nu \gamma_1 X_1 + \gamma_2 a) \\ Q_x^p &= 0 \end{aligned} \quad (3.144)$$

Reemplazando Ec(3.109), (3.144) en (3.108a)

$$Q_x = (B_1 \cos \mu x + B_2 \operatorname{sen} \mu x) e^{-\mu x}$$

$$\beta_x = \frac{1}{2\mu^2 D} (B_2 \cos \mu x - B_1 \sin \mu x) e^{-\mu x} \quad (3.145a)$$

$$- \frac{a}{Et} (\nu \gamma_1 X_1 + \gamma_2 a)$$

Las constantes  $B_1$  y  $B_2$  serán determinadas por dos condiciones de borde

$$Q_x \Big|_{x=0} = Q \quad (3.145b)$$

$$D \frac{d\beta_x}{dx} \Big|_{x=0} = M$$

Reemplazando las condiciones de borde se tiene

$$Q_{x_1} = [Q \cos \mu x - (2\mu M + Q) \sin \mu x] e^{-\mu x}$$

$$\beta_x = \frac{-1}{2\mu^2 D} [(2\mu M + Q) \cos \mu x + Q \sin \mu x] e^{-\mu x}$$

$$- \frac{a}{Et} (\nu \gamma_1 X_1 + \gamma_2 a) \quad (3.146)$$

también se sabe que:

$$Q_{x_1} \Big|_{x=100} = Q_{x_{12}}$$

$$\beta_{x_1} \quad \beta_{x_{12}}$$

$x=100$

En la segunda parte del anillo F, habrá que asumir la distribución del esfuerzo  $N_x$  de la misma forma que se hizo para el caso de membrana. Esto es, igual a la Ec(3.56). El momento flector, producto de la excentricidad de la carga es transmitido directamente al cilindro por el principio de acción y reacción. Pero anteriormente se asumió que la placa plana soldada al anillo F absorberá el momento flector. Esta asunción no es del todo válida, por lo tanto se debe dejar aclarado que si bien es cierto que la placa absorbe el momento, ésta lo concentra en los puntos donde hacen contacto con el soporte, creando una discontinuidad de esfuerzos en comparación con las zonas adyacentes al soporte que no están sometidas a la acción de estas cargas. En tales circunstancias se desprejiciará la influencia de éste efecto en las ecuaciones a deducirse.

$$N_{x_2} = - \frac{2P}{\alpha} \sum_{n=N, 2N}^{\infty} \frac{\text{sen } n}{n} \cos n\theta$$

De Ec(3.107) se tiene

$$F_1(x) = - N_{x_2} \tag{3.147}$$

Despejando de Ec(3.112b),  $Q_x^p$  y reemplazando en (3.112c)

$$D \frac{d^4 \beta_x^4}{dX^4} + \frac{Et}{a^2} \beta_x^p = - \frac{1}{a} (\gamma_2 a)$$

$$\frac{d^4 \beta_x^4}{dX^4} + \frac{Et}{Da^2} \beta_x^p = - \frac{\gamma_2}{D} \quad (3.148)$$

La expresión (3.148) es una ecuación diferencial de cuarto orden, siendo su solución particular como sigue.

$$\beta_x^p = - \frac{a^2}{Et} \gamma_2$$

(3.149)

$$Q_x^p = 0$$

Reemplazando Ec(3.111), (3.149) en (3.108a)

$$Q_x = (B_1 \cos \mu x + B_2 \operatorname{sen} \mu x) e^{-\mu x} \quad (3.150)$$

$$\beta_x = \frac{1}{2\mu^2 D} (B_2 \cos \mu x - B_1 \operatorname{sen} \mu x) e^{-\mu x}$$

La tercera parte del anillo está sometida a

$$- \frac{a^2}{Et} \gamma_2$$

Las constantes  $B_1$  y  $B_2$  serán determinadas por las condiciones de borde siguientes.

$$Q_{x_2} \Big|_{x_2=0} = -Q_{x_12}$$

$$D \left. \frac{d\beta_{x_2}}{dX} \right]_{x_2 = 0} = - M_{x_{12}} \quad (3.151a)$$

Reemplazando las condiciones de borde se tiene.

$$B_1 = -Q_{x_{12}} \quad (3.151b)$$

$$B_2 = 2\mu M_{x_{12}} + Q_{x_{12}}$$

Luego:

$$Q_{x_2} = \left[ -Q_{x_{12}} \cos \mu x + (2\mu M_{x_{12}} + Q_{x_{12}}) \text{sen} \mu x \right] e^{-\mu x}$$

$$\beta_x = \frac{1}{2\mu^2 D} \left[ (2\mu M_{x_{12}} + Q_{x_{12}}) \cos \mu x + Q_{x_{12}} \text{sen} \mu x \right] e^{-\mu x}$$

$$- \frac{a^2}{Et} \gamma_2$$

(3.152)

La tercera parte del anillo F estará sometido al siguiente estado de cargas.

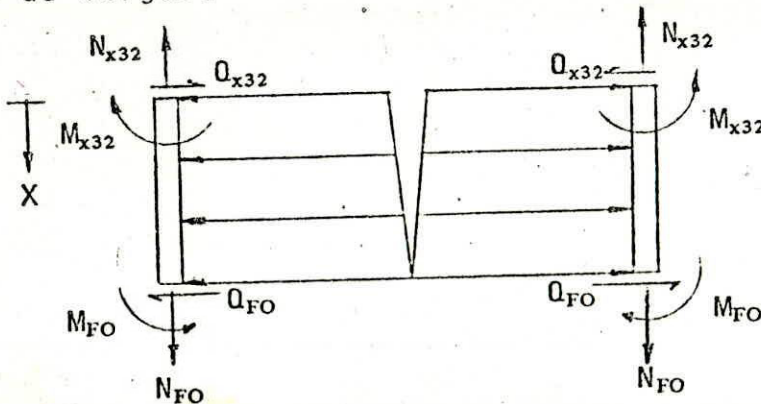


FIG. (3.36)

Se sabe además que:

$$\left. Q_{x_2} \right]_{x=10} = Q_{x_{32}} \quad (3.153)$$

$$D \left. \frac{d\beta_{x_2}}{dx} \right]_{x=10} = M_{x_{32}}$$

El desarrollo de esta parte, es similar al de los anillos anteriores y es como sigue:

$$F_1(X) = C_1 + \gamma_1 \frac{X_3^2}{2} \quad (3.154a)$$

La condición de borde para determinar la constantes  $C_1$  es:

$$F_1(X) \Big]_{x=0} = N_{x_3} \quad (3.154b)$$

Reemplazando el valor de la constantes, se tiene:

$$F_1(X) = N_{x_3} + \gamma_1 \frac{X_3^2}{2} \quad (3.154c)$$

Luego la solución particular será:

$$\beta_x^p = - \frac{a}{Et} (\nu \gamma_1 X_3 + \gamma_2 a)$$

$$Q_x^p = 0 \quad (3.155)$$

Reemplazando Ec(3.109), (3.155) en (3.108a), se obtiene

$$Q_x = (B_1 \cos \mu x + B_2 \operatorname{sen} \mu x) e^{-\mu x}$$

$$\beta_x = \frac{1}{2\mu^2 D} (B_2 \cos \mu x - B_1 \operatorname{sen} \mu x) e^{-\mu x} \quad (3.156a)$$

$$- \frac{a}{Et} (\nu \gamma_1 X_3 + \gamma_2 a)$$

Las constantes  $B_1$  y  $B_2$  serán determinadas por dos condiciones de borde.

$$Q_x \Big|_{x=0} = Q_{X32} \quad (3.156b)$$

$$D \frac{d\beta_x}{dx} \Big|_{x=0} = M_{X32}$$

Reemplazando las condiciones de borde se tiene:

$$Q_x = [Q_{X32} \cos \mu x - (2\mu M_{X32} + Q_{X32}) \operatorname{sen} \mu x] e^{-\mu x}$$

$$\beta_{X_3} = \frac{-1}{2\mu^2 D} [(2\mu M_{X32} + Q_{X32}) \cos \mu x + Q_{X32} \operatorname{sen} \mu x] e^{-\mu x}$$

$$- \frac{a}{Et} (\nu \gamma_1 X_3 + \gamma_2 a) \quad (3.157)$$

## DISEÑO DE LA PARTE INFERIOR

La parte inferior es un cascarón cónico truncado, sometido en el borde superior a la reacción del anillo F y en el borde inferior a la acción de fuerzas cortantes, momentos flectores y esfuerzo axial, debido al dosificador de vaciado.

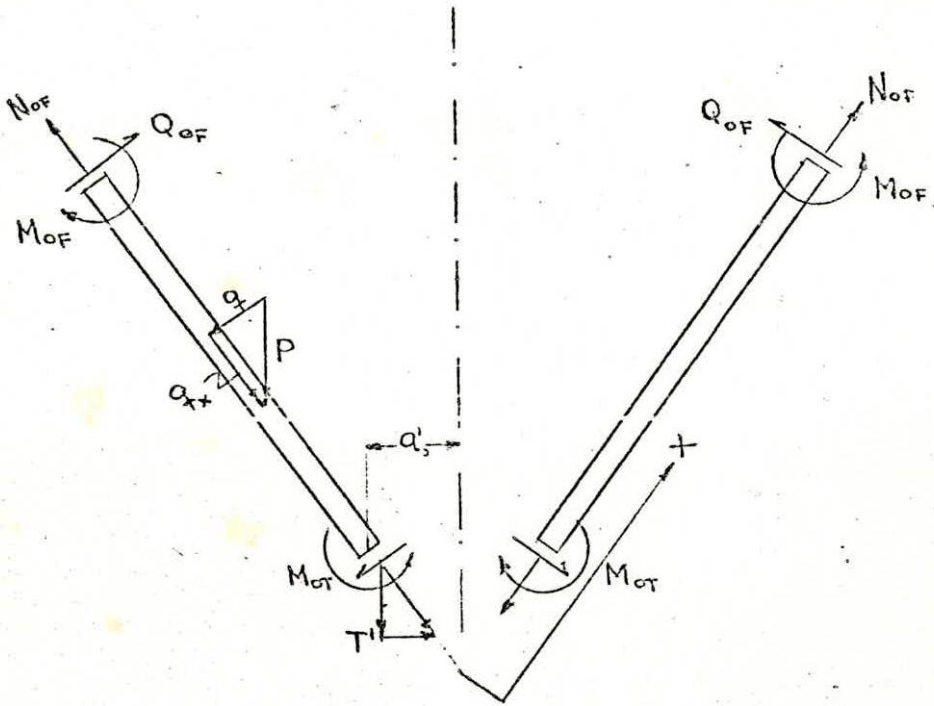


Fig. 3.37

Las ecuaciones para los esfuerzos resultantes, momentos flectores y desplazamientos en el cascarón cónico, isotrópico, están dados por  $E_c$  (3.93a).

La fuerza  $P$  por unidad de área, es la resultante de las dos cargas: Una debida al peso del grano y la otra

debido al peso del cono. Esta última se la designará con la letra  $p'$ . En consecuencia la fuerza  $P$  variará de la siguiente forma:

$$P = p' + \gamma_2 | h + (\ell - x) \cos \alpha |$$

Respecto a las cargas a que está sometida la parte inferior del silo, se puede decir, que es similar al techo, con la diferencia del esfuerzo cortante y momento flector existente en la parte inferior del cono truncado. Producto del acoplamiento con el dosificador de vaciado. Luego no tendría sentido repetir los pasos escritos anteriormente y más bien se comenzará la deducción de las ecuaciones a partir de la  $E_c$  (3.98a) por cuanto  $P$  es una función de  $x$ . Variando el integral considerablemente en los términos siguientes:

$$\begin{aligned} F_1(x) &= \frac{1}{x \cos \alpha} \left| \int_{x_0}^x x (-P \sin^2 \alpha + P \cos^2 \alpha) dx + C_1 \right| \\ &= \frac{\cos \alpha}{x \cos \alpha} \left| \frac{x^2 - x_0^2}{2} (p' + \gamma_2 h + \gamma_2 \ell \cos \alpha) - \frac{(x^3 - x_0^3)}{3} \right. \\ &\quad \left. + \gamma_2 \cos \alpha \right| + \frac{C_1}{x \cos \alpha} \end{aligned}$$

La condición de borde para evaluar la constante  $C_1$  es:

$$F_1(x) \Big|_{x=x_0} = \frac{a_0'}{\sin \alpha} = \frac{T'}{\cos \alpha}$$

$$LL (xQ_x^p) + 12 (1 - v^2) (xQ_x^p) = \frac{3}{2} t_c^2 \gamma_2 (3 + v) x$$

$$LL (\beta_x^p) + 12 (1 - v^2) \beta_x^p = - \frac{t_c^2}{D} \left\{ |x (2 + v) (p' + \gamma_2 h) + \frac{\sqrt{2}}{2} \gamma_2 \ell - x^2 \frac{\sqrt{2}}{2} \gamma_2 (3+v) \left| \frac{\sqrt{2}}{2} + \frac{2 T' a_0'}{x} \right. \right\}$$

Las soluciones de estas ecuaciones son:

$$Q_x^p = \frac{t_c^2 \gamma_2 (3 + v)}{8 (1 - v^2)}$$

$$\beta_x^p = - \frac{1}{Et_c} \left\{ |x (2 + v) (p' + \gamma_2 h) + \frac{\sqrt{2}}{2} \gamma_2 \ell - x^2 \frac{\sqrt{2}}{2} \gamma_2 (3 + v) \left| \frac{\sqrt{2}}{2} + \frac{2 T' a_0'}{x} \right. \right\}$$

La asunción 2. será despreciada por cuanto la temperatura no variará linealmente con respecto a  $(\zeta, x)$ .

Obtenidas las soluciones complementarias y particulares, estas podrían ser reemplazadas en  $E_c$  (3.93b). Como a continuación se lo hace:

$$Q_x = \frac{1}{x} (A_1 S_1 + A_2 S_2) + \frac{t_c^2 \gamma_2 (3 + v)}{8 (1 - v^2)}$$

$$\beta_x = - \frac{1}{Et_c} 12 (1 - v^2)^{1/2} (A_2 S_1 - A_1 S_2) \quad (3.160)$$

$$- \frac{1}{Et_c} \left\{ |x (2+v) (p' + \gamma_2 h) + \frac{\sqrt{2}}{2} \gamma_2 \ell - x^2 \frac{\sqrt{2}}{2} \gamma_2 (3+v) \left| \frac{\sqrt{2}}{2} + \frac{2 T' a_0'}{x} \right. \right\}$$

Para el borde inferior del cono truncado se tiene que las funciones  $ber_2$  y  $i bei_2$  y crecen al infinito cuando  $y$  tiende a infinito, luego  $A_3 = A_4 = 0$ . Reduciéndose las  $E_c$  (3.94e), (3.94g) a las expresiones siguientes:

$$xQ_x^c = A_3 S_3 + A_4 S_4 \quad (3.161)$$

$$\beta_x^c = \frac{1}{Et_c} 12 (1 - \nu^2) \left|^{1/2} (A_4 S_3 - A_3 S_4) \quad (3.162)$$

Las constantes arbitrarias  $A_3$ ,  $A_4$  serán determinadas por dos condiciones de borde. Evaluadas en el punto  $x = x_0$ . Y para ello se supondrá que el dosificador además de estar unido al cono truncado, estará rígidamente sostenido al silo por medio de unos templadores. De esta manera se asegura una rotación de  $\beta_x^c = 0$ . La otra condición de borde sería que el cortante sea igual a la componente horizontal de  $T'$ .

DISEÑO NORMALIZADO DE SILOS PARA GRANOS

TESIS DE GRADO

PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO

DE

INGENIERO MECANICO

---

PRESENTADA POR:

JULIO BALLADARES GRAZZO

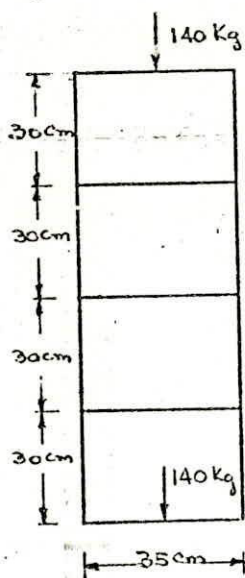
EGRESADO DE LA

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

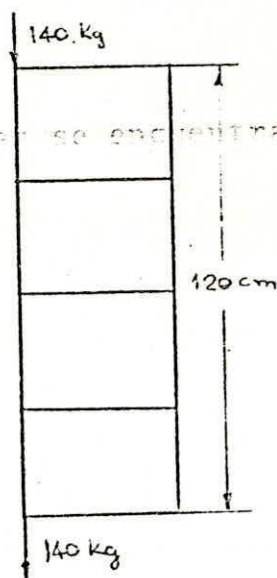
## DISEÑO DE LA ESCALERA DE INSPECCION

La escalera de inspección debe ir adosada a las paredes exteriores del silo y presentar la ventaja de facilitar el desarme de la estructura. En estas circunstancias se debe pensar en una solución que no concentre demasiado, los momentos flectores en los puntos críticos. Luego habrá que valerse de las bridas de unión de los anillos para empotrar la escalera. Consiguiendo con esto el objetivo del diseño, ya que al desarmar anillo por anillo, saldrá consigo los tramos de la escalera.

Respecto a las cargas a la que va a estar sometida la escalera, se tomarán dos situaciones críticas como lo muestran las figuras (3.38) y (3.39), que se denominarán carga de diseño y carga esporádica, respectivamente.



CARGA DE DISEÑO  
Fig. 3.38



CARGA ESPORADICA  
Fig. 3.39

La geometría de la sección transversal para estos casos es tubular, ya que trabaja bien en flexión y es excelente para cuando está sometido a compresión.

Las estructuras de las figuras (3. . ) son unos pórticos en el espacio y por lo tanto poseen 6 grados libertal. En consecuencia su cálculo es bastante laborioso, que no valdría hacerlo, si se dispone de un programa - STRESS para el computador IBM 1130, que resuelve toda clase de estructuras. Faltando solamente dimensionar la sección y hacer el programa respectivo.

Después de hacer algunas pruebas se consiguió que la sección tubular de 25.4mm de diámetro por 2mm de espesor, resiste lo suficiente como para no exceder el esfuerzo de fluencia debido al momento máximo  $M_z = 1050$  - Kg-cm. Las fuerzas axiales, los momentos flectores y los desplazamientos de las barras se encuentran en el apéndice E.

Dado que el espesor del techo es delgado y no resistirá el peso de una persona en los tramos de la escalera, deberá reforzarse el techo interiormente con un ángulo L 60x60x3mm.

### 3.3.- TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION.-

La técnica que se empleará en la construcción del silo, Consiste en introducir la plancha de acero en una máquina compuesta de tres rodillos, denominada rola, para darle una configuración geométrica con un cierto radio de curvatura en una sola dirección, por medio de deformación plástica. Los segmentos así deformadas serán unidos por cordones de soldadura hasta conseguir la configuración geométrica deseada.

### 3.4.- SISTEMA DE CONSTRUCCION

En el artículo anterior se dijo que la tecnología no es sofisticada, por lo tanto el sistema de construcción tampoco lo será. En consecuencia se detallarán los pasos a seguir en la construcción.

EL TECHO.- Es una superficie tronco conoidal engendra da por la revolución de su generatriz inclinada  $60^\circ$ , respecto a su eje. Esta geometría se la consigue cortan do la plancha de acero en segmentos rectificadas de cono y luego deformarlos plásticamente por medio de una soldadora de planchas. Los segmentos así curvados deberán ser unidos mediante cordones de soldadura.

CUERPO CILINDRICO.- Esta parte es la más sencilla de to

da la construcción, dado que no había ningún corte de planchas y los cinco segmentos rolados a un radio de curvatura igual a 194cm serán unidos por cordones de soldaduras hasta formar el anillo, este a su vez se acoplará con su similar mediante una brida emperna da en todo su rededor.

✓ SOPORTES DE LAS COLUMNAS.- Son de forma de dos trapecios, separados una distancia de 5 cm. y unidos mediante tres pequeñas placas que bordean el perímetro. Este cuerpo rígido así formado se soldará primero a una placa de 15 x 10 cm. provisto de cuatro huecos que coincidirán con los cuatro huecos de la placa plana soldada a la columna. Luego este conjunto será centrado y soldado a la placa de refuerzo que llevará el anillo F.

BRIDAS PARA LA UNION DE LOS ANILLOS.- Estas se las consigue, haciéndose huecos con una broca de 13 mm. de diámetro al angulo L de 50 x 50 x 2 mm, espaciados 15 cm. Para finalmente pasarlo por un roladora de ángulos, en un radio de cobertura igual a 194 cm., como los ángulos que se expenden en el mercado no tienen la longitud deseada, luego los tramos serán unidos por soldadura hasta completar la circunsferencia de 388 cm. de diámetro.

PARTE INFERIOR.- Es una superficie troneo conoidal, engendrada por la revolución de su generatriz inclinada 45°, respecto a su eje. Siendo su construcción similar a la descrita para el techo.

ESCALERA DE INSPECCION.- Se cortarán dos tramos iguales de 25.4mm de diámetro exterior por 2mm de espesor por 120 de longitud, los que servirán como las verticales de la escalera. Hecho seguido se cortarán tramos del mismo tubo a 35cm de longitud, y se soldarán a los verticales, espaciados 30cm uno del otro. Para completar la estructura se soldaría cuatro patas de 20cm. de largo, correspondiéndole una a cada esquina de la escalera.

### 3.5.- POSIBILIDAD DE AMPLIACION

Tomando en consideración que el dato por el cual se partió para en contrar la capacidad del silo a diseñarse fue, el que la extensión de terreno para un pequeño agricultor fluctúa entre 20 - 50 Ha. Pe ro el agricultor, que sobre pase esta superficie y teniendo una co secha cercana a los 3000 sacos de arroz de 45.45Kg c/u., puede al macenar su grano en tres silos con capacidad de 100 sacos c/u., - sin perjuicio de que la inversión en el sistema de almacenamiento le produzca pérdidas o tasas de recuperación del capital no aconsejable. Es decir que la posibilidad de ampliación sería de hasta 3 unidades diseñadas en el presente trabajo.

## DETERMINACION DE LOS ESPESORES DEL SILO

Una vez planteadas las ecuaciones, resta tan solo determinar los espesores del silo, para de esta manera reemplazarlas en las expresiones halladas anteriormente y evaluar las variaciones de los esfuerzos, momentos flectores y deformaciones.

ESPESOR DEL TECHO.- Para determinar el espesor del techo, habrá que valerse de Ref. (10), en la que se encuentran desarrolladas las expresiones para la unión de un cono con un cilindro sometido a la acción de una presión externa uniforme.

En páginas anteriores se demostró que la falla del material era debido al pandeo de la cáscara y por consiguiente los espesores obtenidos por el análisis de membrana serán los datos iniciales del tanteo, ya que la presencia de fuerzas cortantes normales y momentos flectores hacen que el espesor sea mayor. Para de esta manera contrarestar tales efectos.

Asumiendo un espesor de 2mm para el cono;  $\alpha = 60^\circ$ ;  $R = 194 \text{ cm}$ ;  $\nu = 0.3$ ;  $p = 7.8 \times 10^{-3} \text{ kg/cm}^2$  y reemplazando en las ecuaciones de la referencia anteriormente anotada se obtiene:

$$M_o = 1.31 \frac{\text{Kg} \cdot \text{cm}}{\text{cm}}$$

$$Q_o = 0.552 \text{ Kg/cm}$$

$$N_o = -7.566 \text{ Kg/cm (compresión)}$$

Ref. (11), tiene desarrollada expresiones para encontrar el esfuerzo cortante y momento flector en la unión del cono con el cilindro sometido a presión interna uniforme. Si el ángulo  $\alpha$  del cono se reduce hasta cero grados, nos encontramos frente a dos cilindros. Como la presión del grano no es una presión uniforme, sino que varía casi linealmente, se tomará la máxima presión para cada anillo considerado, consiguiendo con esto una presión uniforme.

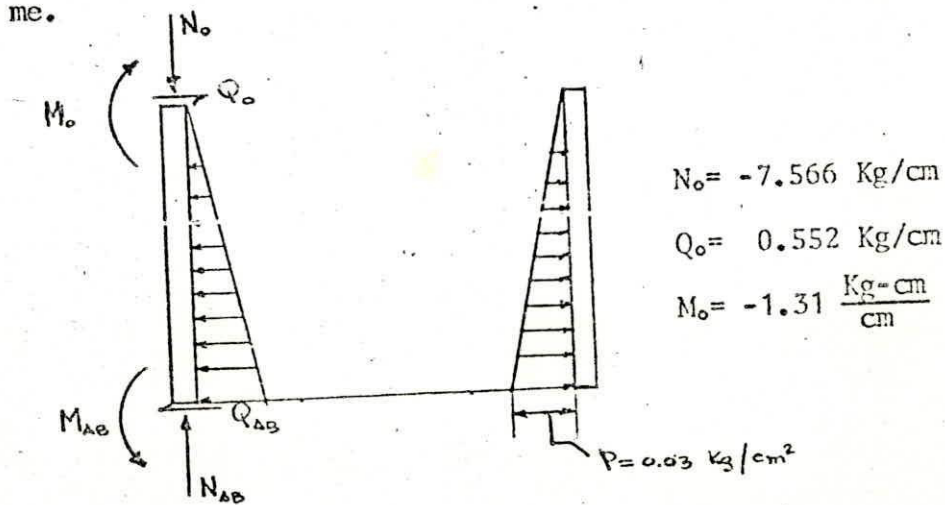


Fig. 3.40

Al reemplazar  $\alpha = 0^\circ$  en las expresiones de los coeficientes de influencias  $a_i, b_i$ , se debe tener la precaución de destruir las indeterminaciones que se presentaren. Con estas consideraciones el momento y el cortante se reducen a las expresiones siguientes

$$M_o = pd^2 \left[ \frac{(a_3 - a_6)(b_5 - b_2)}{a_4(b_5 - b_2) - a_5 b_4} \right]$$

$$Q_o = pd \left[ \frac{-(a - a) b}{a_4(b_5 - b_2) - a_5 b_4} \right]$$

Donde:

$$\begin{aligned}
 a_3 &= 0.2125 & b_2 &= \frac{A/2}{c + 2\sqrt{G}} \\
 a_4 &= 1.652 \frac{d}{t} \frac{T}{t} & b_4 &= 1.82 \left(\frac{T}{t}\right)^2 \sqrt{\frac{d}{t}} \\
 a_5 &= -0.91 \frac{T}{t} \sqrt{\frac{d}{t}} & b_5 &= 0.5 \left(\frac{T}{t}\right)^2 \\
 a_6 &= 0.2125 \frac{T}{t} & b_6 &= 0.
 \end{aligned}$$

T = espesor del anillo superior

t = espesor del anillo inferior

Para: t = 2 mm

$$\frac{N_o}{t} = \frac{-7.566}{0.2} = -37.83 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\frac{6M_o}{t^2} = -196.5 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\sigma_1 = \frac{N_o}{t} + \frac{6M_o}{t^2} = -234.33 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\sigma_2 = \frac{N_s}{t} = \frac{5.87}{0.2} = 29.1 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\tau = \frac{0.552}{0.2} = 2.78 \text{ Kg/cm}^2$$

Como el esfuerzo cortante  $\tau$  es pequeño en consideración a  $\sigma_1$  y  $\sigma_2$ , se lo despreciará. Lo mismo ocurre con las presiones debido al grano, cuyo rango va de 0.0 a 0.18 Kg/cm<sup>2</sup>. Por lo tanto un elemento diferencial estará sometido al siguiente estado de cargas

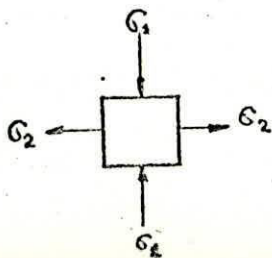


Fig. 3.41

Con su correspondiente círculo de Mohr

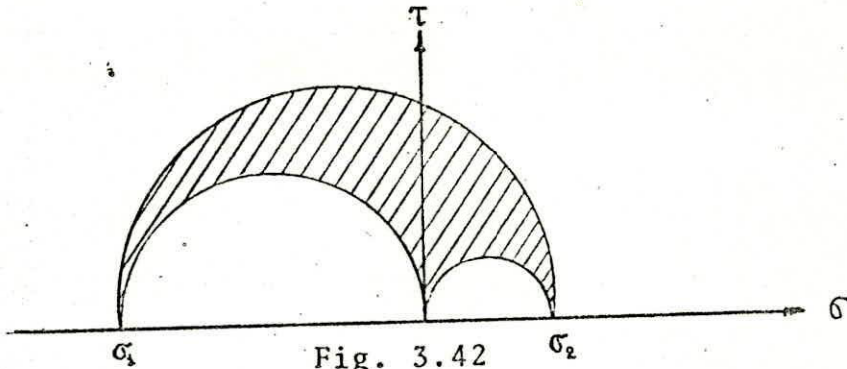


Fig. 3.42

El factor controlador para determinar el espesor, es el pandeo y su fórmula está dada en  $E_c$  (3.1a). Para investigaciones en el laboratorio han demostrado que los esfuerzos no sobrepasan el 60% de el esfuerzo teórico y por consiguiente

$$\sigma_{\text{crít}} = 0.36 E \frac{t}{a}$$

ó sea que:

$$\sigma_{\text{crít}} = 0.36 E \frac{t}{a} = \frac{N_x}{t} + \frac{6M_o}{t^2}$$

Con estos antecedentes se tiene los espesores de los anillos que son los siguientes. A esto se le sumará el efecto de lo corrosión.

#### ANILLO A

$$t = 2.0 \text{ mm} + c = 2.0 \text{ mm}$$

$$N_o = 7.566 \text{ Kg/cm}$$

$$Q_o = 0.552 \text{ Kg/cm}$$

$$M_o = -1.31 \frac{\text{Kg-cm}}{\text{cm}}$$

ANILLO B

$$t = 1.5 \text{ mm} + c = 1.8 \text{ mm}$$

$$N_{BA} = 65.98 \text{ Kg/cm}$$

$$Q_{BA} = 0.0526 \text{ Kg/cm}$$

$$M_{BA} = -0.0613 \frac{\text{Kg-cm}}{\text{cm}}$$

ANILLO C

$$t = 1.875 \text{ mm} + c = 2.0 \text{ mm}$$

$$N_{CB} = 124.41 \text{ Kg/cm}$$

$$Q_{CB} = 0.0322 \text{ Kg/cm}$$

$$M_{CB} = -0.0387 \frac{\text{Kg-cm}}{\text{cm}}$$

ANILLO D

$$t = 2.3 \text{ mm} + c = 2.5 \text{ mm}$$

$$N_{DC} = -182.83 \text{ Kg/cm}$$

$$Q_{DC} = 0.0515 \text{ Kg/cm}$$

$$M_{DC} = -0.075 \text{ Kg/cm}$$

ANILLO E

$$t = 2.5 \text{ mm} + c = 2.8 \text{ m}$$

$$N_{ED} = -241.25 \text{ Kg/cm}$$

$$Q_{ED} = 0.0427 \text{ Kg/cm}$$

$$M_{ED} = -0.035 \frac{\text{Kg-cm}}{\text{cm}}$$

ANILLO F

$$t = 2.8 \text{ mm} + c = 3.0 \text{ mm}$$

$$N_{FE} = -299.67 \text{ Kg/cm}$$

$$Q_{FE} = 0.034 \text{ Kg/cm}$$

$$M_{FE} = -0.025 \frac{\text{Kg-cm}}{\text{cm}}$$

ser impulsado por el sistema

## SISTEMA DE LLENADO

La forma de llenar un silo, se la puede hacer por distintos métodos, debiendo prevalecer, el que cumpla con uno de los factores de diseño, como es el de bajo costo. Frente a esta alternativa, se debe analizar uno a uno, los sistemas conocidos de llenado, para seleccionar el más aconsejable.

TRANSPORTE NEUMÁTICO.- El más adecuado cuando la cosecha debe transportarse en forma horizontal, vertical o angular, en distancias de hasta 150 m.

Los sopladores usados en las instalaciones de ventilación, pueden también servir para el transporte neumático. Debiendo una instalación de este tipo, disponer de un tornillo sin fin para transportar al grano hasta una tolva y de ahí ser impulsado por el soplador.

Este sistema, presenta el inconveniente de una inversión adicional como es la compra del tornillo sin fin.

ELEVADORES Y CINTAS TRANSPORTADORAS.- Este sistema de transporte se lo utiliza cuando la capacidad requerida sobrepasa la propia del sistema neumático o se busca poco consumo de energía, o se requiera una fosa grande y de poca profundidad.



El elevador puede trabajar sin fosa, pero es necesario, entonces, una gran tolva para suplir aquella. La cinta transportadora puede trabajar hasta distancias de 35 m y el elevador hasta 18 m.

TORNILLO SIN FIN.- Para transportar a distancias de hasta 12m, es el más versátil de todos por cuanto se cambia de un lugar a otro rápidamente.

Sistema mucho más económico que las uniones cardánicas, de un tornillo a otro y consiguiendo un transporte más cuidadoso. El conjunto así formado, es un equipo totalmente flexible, a la vez que cada tornillo trabaja independientemente, aun estando acoplado a otros. Consiguiendo con esto una economía en la compra y economía también en el uso.

Con estas consideraciones, se puede decir que el sistema que presenta mayor versatilidad con un buen rendimiento y bajo costo, es pues el tornillo sin fin. Faltando el cálculo de la potencia del motor y el ángulo para el cual trabajaría mejor. Para ello se dispondrá de una tabla de rendimientos del tornillo de 4" de diámetro interior dada por Apéndice B pág. se encuentra que la potencia requerida es de 2 CV a 1400r.p.m.

El grano una vez cosechado no puede ser introducido directamente, sino que es necesario la utilización de un equipo

denominado prelimpiador. Que entre las funciones ha desempeñar están las siguientes:

- 1.-) Separan la cáscara, tierra, polvo y paja que pueda llevar la cosecha. Reducen la suciedad en el almacenamiento y requieren poca supervisión.
- 2.-) Permiten mayor velocidad de segado mecánico, al poder posteriormente separar todas las impurezas.
- 3.-) Prolongan el tiempo de seguridad del grano antes del secado al haber eliminado las impurezas húmedas que podrían fermentarlo.
- 4.-) Aseguran un más rápido y económico secado. Las mismas impurezas eliminadas podrían ser causa también de mala ventilación.
- 5.-) Aseguran un almacenamiento estable, en parte porque el transporte y limpieza ya reducen el contenido de humedad y porque el grano limpio es más fácil de ser transportado.
- 6.-) Producen grano más sano para semilla al ser eliminada la posibilidad de formación de moho, (los detalles del equipo se encuentran en el apéndice B).

## CAPITULO IV

### 4.1 RESISTENCIA DEL TERRENO

#### 4.1.1 TAMANO DE UNA PARTICULA DE SUELO.

El tamaño de una partícula que no tenga forma esférica o cúbica, no puede definirse unívocamente por una simple dimensión lineal. El significado del tamaño depende por tanto, de la dimensión media y de la forma de medición. Métodos habituales para la determinación de los tamaños de las partículas de un suelo son el análisis granulométrico por tamizado para partículas de tamaño superior a 0.06 mm y el análisis hidrométrico o por sedimentación para partículas más pequeñas.

Para describir el tamaño de una partícula de suelo, se puede citar su dimensión o aplicarse un nombre que se haya asignado arbitrariamente a una cierta gama de tamaño. La tabla 4.1 da una serie de nombres con la gama de tamaños correspondientes (adviértase que en la tabla 4.1 se dan además, entre paréntesis, otros valores numéricos también utilizados). La palabra arcilla se utiliza también para describir suelos de grano fino con cierta plasticidad.

## T A B L A 4.1

### DESIGNACION DE LAS PARTICULAS SEGUN SU TAMANO

BLOQUES	> 30 cm
BOLEOS (Bolos)	15 a 30 cm
GRAVA	2.0 mm (ó 4.76mm) a 15 cm
ARENA	0.06 (ó 0.076mm) a 2.0mm (ó 4.76mm)
LIMO	0.002 a 0.06 mm (ó 0.074 mm)
ARCILLA	< 0.002 mm

#### 4.1.2 COMPORTAMIENTO GENERAL DE LAS CIMENTACIONES SUPERFICIALES.

El término cimentación superficial hace referencia a una estructura que descansa sobre el terreno situado inmediatamente debajo de la misma. Las zapatas aisladas, generalmente de planta rectangular, constituyen la cimentación superficial más habitual para pilares o columnas.

El proyecto de cimentaciones se suele hacer por tanteos. Se selecciona un tipo de cimentación y unas dimensiones provisionales. A continuación se realizan los cálculos para comprobar lo adecuado de la cimentación propuesta. La cimentación puede ser adecuada, en cuyo caso se hace un tanteo para determinar si puede existir otra cimentación más barata. Si la ci-

mentación propuesta no es adecuada, se considera una cimentación más grande. En algunos casos puede no ser posible proyectar una cimentación superficial adecuada sobre un determinado suelo, para cuyos casos y en forma genérica tendrd que hacerse un andlisis de suelo en sentido vertical hasta encontrar el material con caracterfsticas mecnicas adecuadas como para soportar el peso de la estructura.



## 4.2 UNIÓN DE EMPOTRAMIENTOS

Los empotramientos son los puntos donde teóricamente la rotación del elemento sometido a una carga cualquiera es igual a cero. En estas circunstancias la cimentación deberá ser lo suficientemente rígida, como para soportar el momento de excentricidad, esfuerzos axiales y permitir una rotación muy pequeña. Luego si la cimentación es la parte fundamental de la estructura, esta tendrá que diseñarse en base a la resistencia del terreno que tiene el lugar donde se ubicará el silo. De allí que el análisis de suelo determinará el tipo de cimentación a utilizarse, pudiendo ser superficial, intermedio o profunda.

Diseñada la cimentación. ésta deberá contener cuatro pernos de anclaje de 16 mm. de diámetro por cada columna, de acuerdo a las siguientes especificaciones.

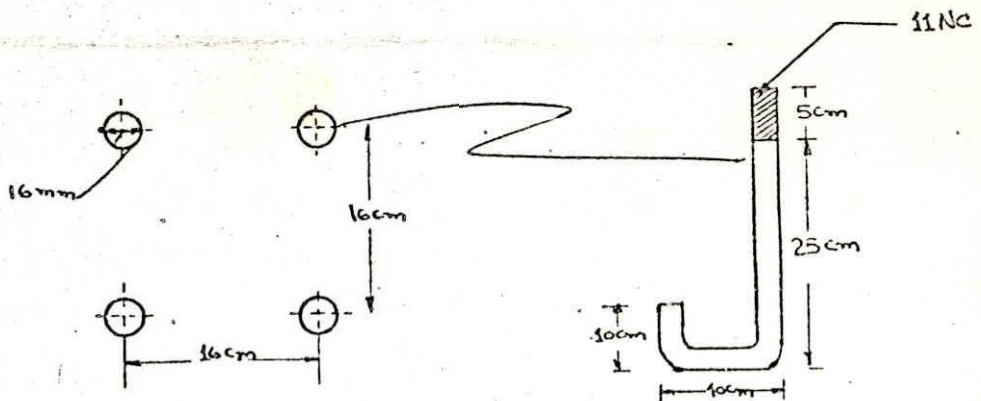


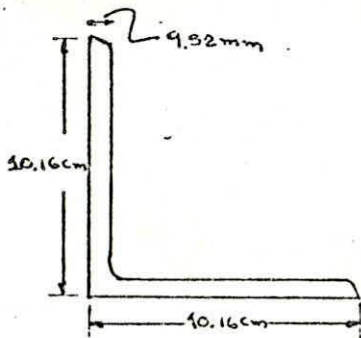
Fig. 4.1

Los 5cm. de rosca del perno de anclaje, que sobresale de la cimentación, será utilizado para fijar la placa base de la columna por medio de cuatro tuercas de 16 mm. de diámetro interior y 11NC de rosca.

#### 4.3 DIMENSIONAMIENTO OPTIMO DE LA COLUMNA

Después de conocer los distintos espesores del silo e incluir el peso de la pintura, bridas, pernos, soldadura, dos personas en la parte superior del techo y el propio peso de la columna. El peso total de la estructura se eleva a 57000 Kg, que comparado con el peso anterior con que se diseñó la columna es mayor. Pero sin embargo, la sección transversal es capaz de resistir la sobre carga.

Conocedores de los distintos fenómenos sísmicos que aqueja al Ecuador, deberá aumentarse la sección transversal de la columna, para esta manera resistir los efectos sísmicos. De ahí que la columna trabajará arriostrada a 1m de sus bordes y su dimensionamiento final está dado por la siguiente figura.



Fi.g 4.2

#### 4.4 UNIÓN DE COLUMNAS CON EL CUERPO

Las columnas se unirán al cuerpo del cilindro por medio de los soportes o ménsulas, conectadas entre si por dos placas de asiento coincidentes en sus perforaciones de 10 mm de diámetro. Los soportes a su vez se encuentran fijos a la placa de refuerzo por un cordón de soldadura en todo su contorno. Finalmente la placa de refuerzo, está solidariamente unida a la pared exterior del anillo F por un cordón de soldadura en sus cuatro bordes.

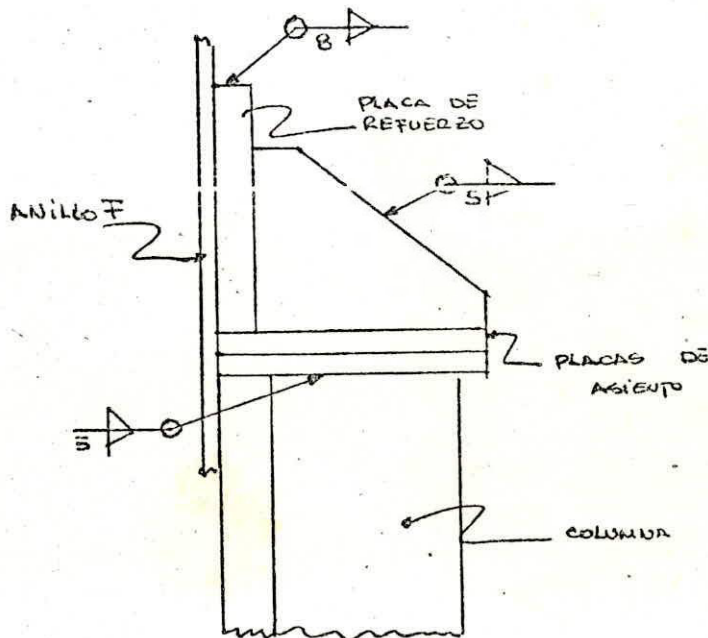


Fig. 4.3.

#### 4.5 UNIÓN DE PARTE INFERIOR CON CILÍNDRICA

La unión de la parte inferior o cono de descarga con la parte cilíndrica se la hará mediante un cordón de soldadura de 5mm de garganta en todo su alrededor.

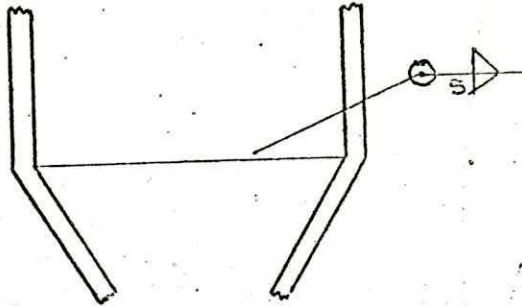


Fig. 4.4.

#### 4.6 UNIÓN DE PARTE SUPERIOR CON CILÍNDRICA

La parte superior o techo se unirá a la parte cilíndrica por medio de un cordón de soldadura de 5 mm. de garganta en todo su alrededor. Debido a que este tipo de unión presenta la ventaja de hacer hermética la configuración

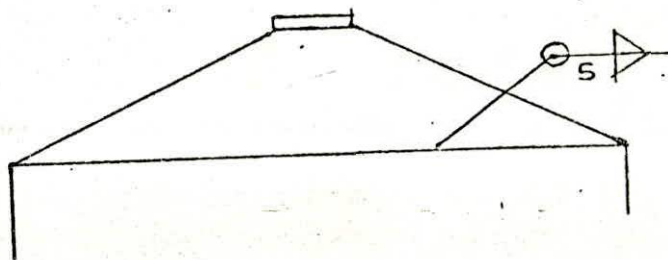


Fig. 4.5

#### 4.7 SISTEMA DE VACIADO NORMALIZADO

La inclusión del sistema de vaciado en el presente proyecto, se lo hizo, tomando en consideración el engaño perenne al que ha estado expuesto el pequeño agricultor por parte del intermediario o acopiador rural.

El vaciado del grano se lo puede efectuar por dos métodos:

##### VACIADO MANUAL.-

Esta manera de vaciar el grano es la más económica que se puede diseñar por cuanto no necesita de energía eléctrica y como su nombre lo indica es accionado normalmente. Consiste en cerrar la tapa inferior, luego abrir la tapa superior, esperar que se llene el recipiente, una vez lleno, cerrar la tapa superior y , abriendo la tapa inferior se consigue la salida de un volumen determinado de grano.

##### VACIADO POR TORNILLO SIN FIN.-

Este método es recomendable, cuando la capacidad de endeudamiento del pequeño agricultor sea lo suficiente como para poder adquirir otro tornillo sin fin o en su defecto, el dueño del grano almacenado desea vender todo lo ensilado.

Los detalles del vaciado se los puede encontrar en las vistas (2) y (3) del plano general.

#### 4.8 SISTEMA DE MEDIDA Y DE INSPECCIÓN

La inspección del silo se lo realiza, ascendiendo por la escalera hasta la parte superior del techo, acto seguido se abrirá la tapa y se observará lo pertinente. A veces es frecuente no conformarse con una observación desde la parte superior sino que desean ingresar al interior y para ello podrán afirmarse en los dos ángulos L de 6 x 6 x 0.3 cm sobrepuestos en cruz y soldados a la unión del cono con el cilindro.

La medida se lo realiza, introduciendo una regla de madera, que desde su extremo inferior hasta una longitud de 97.5cm no contiene marca alguna. Desde este punto hacia arriba las marcas estarán separadas cada centímetro, siendo su equivalencia 272.9Kg (600lbs).

#### 4.9 SISTEMA DE PROTECCIÓN

La protección a la corrosión se la conseguirá por medio de una capa de pintura que se adhiere fuertemente a la superficie. Esta adherencia es posible solamente cuando la superficie a pintarse, se halla chorreado un abrasivo hasta "metal blanco" - |Sa 3 | con un grado de rugosidad moderado, eliminando los residuos por aspiración a vacío. Aplicar la primera capa lo antes posible, sin dejar la superficie sin proteger durante la noche.

De las marcas de pinturas consultadas, la que más ventajas presenta por sus años de experiencia en producir pinturas anticorrosivas y por su calidad son las pinturas HEMPEL.

Para mantener el grano ensilado en buenas condiciones, la superficie exterior del silo debe tener un alto poder de reflexión de la luz solar y esto se lo consigue por medio de la pintura HEMPEL'S SILVIUM 5157, con una capa precedente de HEMPALIN RED LEAD. (los detalles de la pintura se encuentran en el apéndice C).

Cuando el silo es descargado, el grano se comporta como un abrasivo, luego la pintura debe tener resistencia a la abrasión. Esta propiedad la tiene en alto grado la pintura HEMPADUR TANKER PROTECT 1540. (los detalles de la pintura se encuentran en el apéndice C).

#### 4.10 MODO DE ARMAR

Una vez contruida las distintas partes del silo y antes de pintar se procederá a soldar tres agarraderas, separadas  $120^\circ$  entre sí y a una distancia medida desde el extremo superior nunca mayor de la mitad de los elementos unidos. Así por

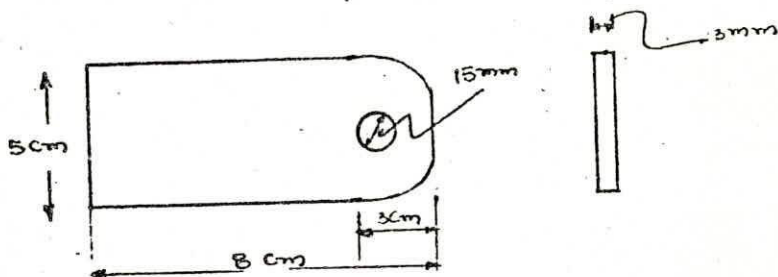


Fig. 4.6

ejemplo entre el techo y el anillo A, la agarradera irá soldada en la unión de estos dos elementos. Esto se lo hace con el fin de no permitir el volteo del conjunto cuando éste sea suspendido. Se dispondrá además de tres trípodes de caña guadua de 4m de alto, que contengan una polea en su extremo superior y suficiente cordel de cabuya.

Para armar la estructura se comenzará suspendiendo uniformemente el techo con el anillo A, hasta una altura de 244 cm. desde el nivel del terreno. En estos momentos, se coloca el siguiente conjunto (anillo B con anillo C), debiendo coinci-

dir las perforaciones de las bridas y teniendo la precaución que los tramos de la escalera deben estar alineados. Acto se guido se afloja las cuerdas y se procede a colocar y ajustar los pernos de las bridas. Las cuerdas en esta oportunidad se amarrarán al siguiente conjunto (anillo B y anillo C), empleando el mismo procedimiento descrito para el techo y anillo A. Para el siguiente conjunto (anillo D y anillo E), se empleará el mismo procedimiento que el utilizado para los anillos B-C. Falta ahora subir el anillo F con el cono inferior, existiendo la única diferencia con los pasos anteriores en la altura, ya que habrá que subir 3 metros. Finalmente las columnas se acoplarán a los soportes por medio de las placas, debiendo so lamente colocarse los pernos para apretarlos luego de haber a justado la placa base con los pernos de anclaje. Hecho segui do se aflojarán las cuerdas y se procederá a colocar las riostras de las columnas.

#### 4.11 MODO DE DESARMARLO

La manera de desarmar el silo es la forma inversa de los pasos descritos para armar el silo. Es decir, se comenzará por aflojar los pernos que unen la columna con los soportes y la cimentación. Acto seguido se suspende la estructura unos po cos centímetros hasta retirar las columnas. En estos momentos la estructura comienza a descender uniformemente hasta to-

par el cono inferior con el suelo, inmediatamente se aprovecha las ágarraderas de los anillos D-E para apuntalar el silo mientras aflojan los pernos de la brida del anillo F y desatando los nudos de la cuerda que se encontraban en el anillo F para amarrarlos ahora en anillos D-E y así sucesivamente hasta bajar toda la estructura.

## CAPITULO V

### ANALISIS ECONOMICO

En este capítulo se tratará de obtener el costo total del silo, tomando en consideración los precios actuales de los materiales, accesorios y mano de obra.

#### PLANCHIAS DE ACERO.-

<u>Nº</u>	<u>ESPESOR (mm)</u>	<u>S/.</u>
5	1.8	3.000,00
15	2.0	10.516,70
5	2.5	4.381,50
5	2.8	4.907,25
13	3.0	13.670,00
		<u>36.475,45</u>

#### ANGULOS DE ACERO.-

<u>Nº</u>	<u>DIMENSIONES (mm)</u>	<u>S/.</u>
6	50x50x2	820,00
2	60x60x3	486,00
4	101.6x101.6x9.52	6.000,00
		<u>7.306,00</u>

#### PERNOS.-

<u>Nº</u>	<u>DIMENSIONES (mm)</u>	<u>S/.</u>
272	φ 12 mm x 19 mm	700,00

SOLDADURA.-

<u>Nº de Kilos</u>	<u>ESPECIFICACIONES</u>	<u>S/.</u>
40	φ 3.17m E 6011	1.800,00

PINTURA.-

Hempalin Read Lead	500,00
Silvium	1.000,00
Hempadur	3.000,00
	<u>4.500,00</u>

MANO DE OBRA.-

<u>Nº</u>	<u>RAMA DE TRABAJO</u>	<u>DIAS LABDO.</u>	<u>S/.</u>
2	Soldadores	3	900,00
2	Ayd. de sold.	3	420,00
1	Rolador	2	300,00
1	Ayd. de rolad.	2	200,00
6	Trab. de montaje	1	600,00
			<u>2.420,00</u>

SUB TOTAL: S/.53.201,45

ACCESORIOS.-

Tornillo sin fin	15.000,00
Prelimpiador	10.000,00
Ventilador	12.000,00

TOTAL: S/.90.201,45

## CAPITULO VI

### CONCLUSIONES

Lo que sea conseguido con este trabajo es una investigación matemática, aplicada a solucionar en algo el problema de la falta de sistemas de almacenamiento de granos a nivel de pequeños agricultores.

Debe anotarse también la discrepancia que existe, cuando se diseña utilizando la teoría aproximada de membrana y cuando se diseña por la teoría general de cascarones, donde se incluye la influencia del esfuerzo cortante normal y momentos flectores en el cambio de espesores. De allí que los espesores de las planchas sean mayores para el segundo caso.

De llevarse a efecto este proyecto, el gobierno central deberá conceder líneas de créditos a los pequeños agricultores por intermedio del Banco de Fomento, para así poder adquirir este silo.

### RECOMENDACIONES

Para tener una protección mayor contra la corrosión se recomienda pintar el silo tanto en el interior como exterior, con una pintura denominada GALVOSIL, que en esencia es un -

galvanizado en frío, luego HEMPADUR 1540 por dentro y SILVIUM por fuera. Pero el costo del silo se aumentaría ya que el GALVOSIL cuesta un mil seiscientos sucres el galón americano.

En el sistema de llenado se sugirió un tornillo sin fin para introducir el grano en el interior del silo, por ser este sistema el más barato, pero las estadísticas demuestran una vida útil de 350 horas. Lo cual estaba dentro del rango de diseño ( dos vaciados por año) para un silo, y si en su lugar se dispone de una batería de tres silos se recomienda tener en dos de ellos elevadores de cangilones.

APENDICE A

CUADRO N°1

PORCENTAJES DE COMERCIALIZACION MENSUAL

<u>MESES</u>	<u>% ARROZ</u>	<u>% MAIZ PURO</u>
ENERO	2.9	2.4
FEBRERO	2.4	5.6
MARZO	0.4	2.0
ABRIL	0.5	5.9
MAYO	22.3	6.3
JUNIO	29.6	15.5
JULIO	8.9	14.8
AGOSTO	4.7	21.3
SEPTIEMBRE	6.7	4.7
OCTUBRE	9.6	12.7
NOVIEMBRE	8.8	4.2
DICIEMBRE	3.8	4.6

FUENTE: Compras mensuales de la Piladora Modelo y Fenacoopar 1974-1975. Compras de las industrias de balanceados y de ENAC.

CUADRO N°2

CAPACIDAD TOTAL DE ALMACENAMIENTO OFICIAL Y PRIVADO PARA ARROZ Y MAIZ EN LA COSTA.

AÑO 1.975 EN Tm.

	OFICIAL	PRIVADO	TOTAL
SILOS	9728	25717	35445
BODEGAS	4705	34793	39498
TOTAL	14433	60510	74943

FUENTE: ENAC

CUADRO N° 3

CAPACIDAD COMPARADA DE ALMACENAMIENTO EN LA COSTA ECUATORIANA PARA ARROZ Y MAIZ A NIVEL NACIONAL Y PROVINCIAL, ENTRE EL SECTOR PRIVADO Y EL OFICIAL. AÑO 1.975.

PROVINCIAS	ARROZ	O F I C I A L		ARROZ	P R I V A D O	
		MAIZ	SUB TOTAL		MAIZ	SUB TOTAL
GUAYAS	12597	---	12597	25671	8365	34036
LOS RIOS	18	---	18	5999	396	6395
MANABI	173	---	173	276	19225	19501
EL ORO	275	---	275	198	180	378
ESMERALDAS	1370	---	1370	100	100	200
TOTAL:	14433	---	14433	32244	28266	60510

FUENTE: ENAC

CUADRO No. 4

ALMACENAMIENTO PARA ARROZ (COSTA 1.975) T.M.

PROVINCIAS	OFICIALES		PRIVADO		SUB-TOTAL	
	SILOS	BODEGAS	SILOS	BODEGAS	SILOS	BODEGAS
GUAYAS	9728	2869	3717	21954	13445	24823
LOS RIOS	---	18	---	5999	---	6017
MANABI	---	173	---	276	---	449
EL ORO	---	275	---	198	---	473
ESMERALDAS	---	1370	---	100	---	1470
<b>TOTAL:</b>	<b>9728</b>	<b>4705</b>	<b>3717</b>	<b>28527</b>	<b>13445</b>	<b>33230</b>

FUENTE: ENAC

CUADRO N° 5

CAPACIDAD TOTAL DE ALMACENAMIENTO EN SILOS Y BODEGAS EN LA COSTA,  
PARA ARROZ Y MAIZ EN 1.975 (T.M.)

	SILOS	BODEGAS	TOTAL
ARROZ	13445	33232	46677
MAIZ	22000	6266	28266
<b>TOTAL:</b>	<b>35445</b>	<b>39498</b>	<b>74943</b>

FUENTE: ENAC

CUADRO N°6

Costa.- PRODUCCION COMERCIALIZADA, CONSUMOS Y SALDOS ALMACENABLES  
1/ EN 1974 Y 1985

PROVINCIAS	PRODUCCION COMERCIALIZADA 2/		CONSUMOS MENSUALES		SALDOS ALMACENABLES LOCALMENTE 3/	
	1974/75	1985	74-75	85	74-75	85
ESMERALDAS	5400	19500	1348	2244	2800	10000
MANABI	47100	172700	8680	14330	26200	78000
LOS RIOS	99100	335600	2444	3918	20300	45000
GUAYAS	249100	342300	11493	26202	131000	212000
EL ORO	11800	29900	1845	2955	3900	9000
TOTAL COSTA:	412500	900000	25810	49649	184200	354000

1/ Arroz cáscara, maíz duro, frejol y oleaginosas.

2/ Elimina el autoconsumo y uso de semillas.

3/ En base a saldos netos acumulados estacionalmente e importaciones de existencias para cubrir faltantes locales.

CUADRO N°7

CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO

DICIEMBRE 1976

PROVINCIA	LUGAR	ALMACENAM. PROPIO	
		SILOS CQ.	BODEGAS CQ.
AZUAY	CUENCA		
BOLIVAR	GUARANDA		
	SN. MIGUEL	88.000 *	
CAÑAR	AZOGUES		
CARCHI	EL ANGEL	34.386 *	
	SN. GABRIEL	24.992 *	
	TULCAN		
COTOPAXI	LATACUNGA		
CHIMBOPAZO	ALAUSI	66.000 *	
	RIOBAMBA		160.000
EL ORO	MACHALA		
ESMERALDAS	ESMERALDAS		
GUAYAS	GUAYAQUIL		
	PIL. MODELO	352.000	143.000
IMBABURA	IBARRA		20.000
LOJA	CATACOCCHA	22.000 *	
	CELICA	22.000 *	
	LOJA	34.320 *	
LOS RIOS	BABAHOYO		
MANABI	PORTOVIEJO		
PICHINCHA	CALDERON 1		
	CALDERON 2		
	CONOCOTO 1		
	CONOCOTO 2		
	SN. BARTOLO 1	85.000 *	5.000
	SN. BARTOLO 2		63.000
	SN. BARTOLO 3		34.000
	SN. VICENTE 1		
	SN. VICENTE 2		
TUNGURAHUA	AMBATO		
TOTAL		728.698	425.000

CUADRO N°8

LUGARES DE CONSTRUCCION DE 8 PLANTAS DE ALMACENAMIENTO CON CAPACIDAD DE 59.500 TM. (SILOS METALICOS DE FONDO CONICO + BODEGAS).

GUAYAS	1ra. ETA. 76-77	2do. 80-85	CAPACIDAD TOTAL 85-86
GUAYAQUIL	35.000 QQ.	35.000 QQ.	70.000 QQ.
DAULE	15.000	6.000	21.000
(1) LOS RIOS			
QUEVEDO	8.500	3.500	12.000
VENTANAS	7.000	3.500	10.500
MANABI			
PORTOVIEJO	5.500	5.500	11.000
EL CARMEN	7.000	5.500	12.500
TOSAGUA	7.000	3.500	10.500
ESMERALDAS			
ESMERALDAS	4.000	5.500	9.500
EL ORO			
MACHALA	5.500	7.000	12.500
TOTAL	94.500	75.500	169.500

(1) CEDEGE construirá una planta 30.000 Tn.

INFORMACION CLIMATOLOGICA PARA LA COSTA

Lugares secos.

- Guayaquil. Es el lugar más seco; tiene seis meses secos; 70.0% de humedad atmosférica mínima y 76.2% de máxima; 0.0 mm. de precipitación mínima y 8.32 mm. de máxima; 23.82°C de temperatura mínima y 26.22°C de máxima. Con seis meses húmedos.
- Daule. Con cinco meses secos; tiene 72.3% de humedad atmosférica mínima y 77.5% de máxima; 0.0 mm. de precipitación mínima y 44.5 mm. de máxima; 24.32°C de temperatura mínima y 25.60°C de máxima. Con siete meses húmedos.
- Manta. Con once meses secos; tiene 72.33% de humedad atmosférica mínima y 77.25% de máxima; 0.0 mm. de precipitación mínima y 35.0 mm. de máxima; 24.35°C de temperatura mínima y 26.70°C de máxima. Con un mes húmedo.
- Portoviejo. Con ocho meses secos; tiene 73.0% de humedad atmosférica mínima y 79.98% de máxima; 0.0 mm. de precipitación mínima y 37.97 mm. de máxima; 23.46°C de temperatura mínima y 25.16°C de máxima. Con cuatro meses húmedos.
- Palestina. Con siete meses secos; tiene 75.06% de humedad atmosférica mínima y 81.32% de máxima; 0.53 mm. de precipitación mínima y 51.37 mm. de máxima; 24.57°C de temperatura mínima y 26.27°C de máxima. Con cinco meses húmedos.

Se pueden considerar como lugares intermedios.

- Balzar. Con siete meses secos; tiene 76.30% de humedad atmosférica mínima y 83.65% de máxima; 1.07 mm. de precipitación mínima y 47.73 mm. de máxima; 24.06°C de temperatura mínima y 25.95°C de máxima. Con cinco meses húmedos.

- Babahoyo. Con cinco meses secos; tiene 77.0% de humedad atmosférica mínima y 83.0% de máxima; 0.76 mm. de precipitación mínima y 5.54 mm. de máxima; 20.06°C de temperatura mínima y 24.44°C de máxima. Con siete meses húmedos.
- Milagro. Con seis meses secos; tiene 77.4% de humedad atmosférica mínima y 83.8% de máxima; 0.26 mm. de precipitación mínima y 36.94 mm. de máxima; 23.24°C de temperatura mínima y 24.30°C de máxima. Con seis meses húmedos.
- Pueblo Viejo - Ventanas. Con seis meses secos; tiene 77.65% de humedad atmosférica mínima y 83.5% de máxima; 2.14 mm. de precipitación mínima y 22.8 mm. de máxima; 23.45°C de temperatura mínima y 24.73°C de máxima. Con seis meses húmedos.
- Esmeraldas. Con seis meses secos; tiene 79.6% de humedad atmosférica mínima y 81.8% de máxima; 7.82 mm. de precipitación mínima y 28.76 mm. de máxima; 24.48°C de temperatura mínima y 25.36°C de máxima. Con seis meses húmedos.
- Quevedo. Con cinco meses secos; tiene 80.8% de humedad atmosférica mínima y 86.2% de máxima; 23.02°C de temperatura mínima y 24.86°C de máxima. Con siete meses húmedos.
- Naranjal. Con siete meses secos; tiene 81.20% de humedad atmosférica mínima y 86.4% de máxima; 8.70 mm. de precipitación mínima y 44.90 mm. de máxima; 23.92°C de temperatura mínima y 25.77°C de máxima. Con cinco meses húmedos.
- Machala. Con diez meses secos; tiene 81.5% de humedad atmosférica mínima y 83.3% de máxima; 8.43 mm. de precipitación mínima y 36.86 mm. de máxima; 23.22°C de temperatura mínima y 27.25°C de máxima. Con dos meses húmedos.

Se consideran lugares húmedos.

- Tosagua. Con ocho meses secos; tiene 88.0% de humedad atmosférica mínima y 90.0% de máxima; 1.60 mm. de precipitación mínima y 40.20 mm. de máxima; 25.56°C de temperatura mínima y 26.85°C de máxima. Con cuatro meses húmedos.
  
- El Carmen. Con cinco meses secos; tiene 90.12% de humedad atmosférica mínima y 91.12% de máxima; 20.90 mm. de precipitación mínima y 39.35 mm. de máxima; 23.12°C de temperatura mínima y 23.47°C de máxima. Con siete meses húmedos.
  
- Santo Domingo. Con un mes seco; tiene 91.20% de humedad atmosférica mínima y 91.20% de máxima; 31.48 mm. de precipitación mínima y 31.48 mm. de máxima; 22.14°C de temperatura mínima y 22.14°C de máxima. Con once meses húmedos.

APENDICE B

---

|| 150-200 pies per cada americano |

### HEMPADUR TANKER PROTECT 1540 (dos componentes)

USO RECOMENDADO:	Como recubrimiento para tanques de carga .
ACABADO Y COLOR:	Semimate. Rojo 5089, rojo claro 5090.
TIEMPO DE SECADO Y DE ENDURECIMIENTO:	Seco al tacto: 3-4 horas. Seco total: 8-10 horas (a 20°C/68°F y ventilación suficiente). Totalmente duro: al cabo de 1 semana a 20°C. Los tanques no pueden ponerse en servicio hasta que la pintura haya alcanzado su dureza total.
INTERVALO DE REPINTADO:	Puede repintarse al cabo de 8 horas, pero es preferible esperar 24 horas. Máximo 4 días. Si se sobrepasa el intervalo máximo, hay que dar rugosidad a la superficie por medios mecánicos para asegurar la adherencia.
PROPORCION DE SOLIDOS EN VOLUMEN.	0,44.
CALCULO DE CONSUMO:	17 litros por 100 m <sup>2</sup> con un espesor de 75 micras de película seca sobre superficie lisa. (175 micras de película húmeda.)
RENDIMIENTO (Práctico):	4-5 m <sup>2</sup> por litro 200-250 pies <sup>2</sup> por galón imperial 160-200 pies <sup>2</sup> por galón americano
PESO ESPECIFICO:	Mezcla: aproximadamente 1,41 (kilo/litro).
PUNTO DE INFLAMACION:	Mezcla: aproximadamente 27°C/81°F (Copa cerrada).
EXIGENCIAS DE VENTILACION:	1,437 m <sup>3</sup> /litro.
DILUYENTE:	No deben diluirse los componentes por separado, sino sólo la mezcla. Para aplicación a brocha: THINNER N.º 844. Para aplicación a pistola: THINNER N.º 845. La dilución debe ser siempre mínima, y no es aconsejable después de 4-5 horas de efectuada la mezcla.

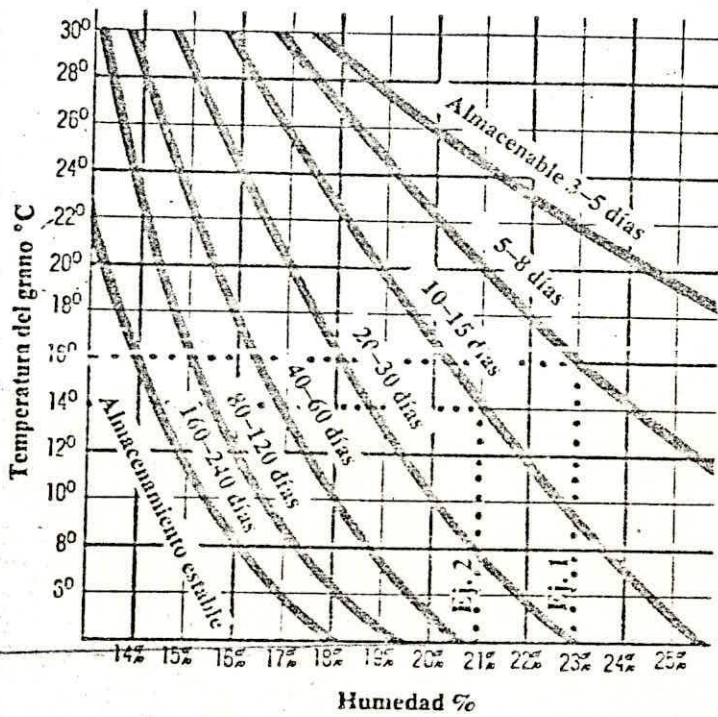
<b>MEZCLA:</b>	Los dos componentes (BASE y CURING AGENT 9510) deben ser cuidadosamente mezclados, unos 30 minutos antes de su empleo, en las proporciones indicadas en la etiqueta, que son las de suministro.
<b>DURACION DE LA MEZCLA:</b>	La mezcla se puede utilizar durante 6-8 horas a 20°C/68°F. A temperaturas más elevadas el tiempo de utilización se reduce proporcionalmente. No hay que mezclar una cantidad mayor que la que se requiere para uso inmediato.
<b>PRETRATAMIENTO:</b>	Chorro abrasivo hasta «metal blanco» (Sa 3) con un grado de rugosidad moderado, eliminando los residuos por aspiración a vacío. Aplicar la primera capa lo antes posible, sin dejar la superficie sin proteger durante la noche.
<b>CONDICIONES DE APLICACION:</b>	La superficie debe estar completamente seca y libre de toda impureza.  Las temperaturas ideales durante la aplicación y endurecimiento son: 17-23°C/62-74°F. (Nunca deben ser inferiores a 10°C/50°F.) La temperatura del acero debe estar por encima del punto de rocío, para evitar condensaciones. Los límites indicados deben aplicarse también a la temperatura de la pintura.  La humedad relativa más aconsejable es de 40-60 %, no debiendo estar nunca por encima del 80 %.
<b>NUMERO DE CAPAS:</b>	Se recomienda un total de tres capas para obtener un espesor mínimo de película seca de 200 micras. El espesor de cada capa no debe, en ningún caso, sobrepasar las 100 micras.
<b>METODO DE APLICACION:</b>	Brocha o pistola (convencional o sin aire).  La primera capa debe aplicarse sobre acero desnudo, a brocha o pistola sin aire.  Para aplicación a pistola sin aire: Boquilla: 0,015". Presión de salida: 150 atmósferas ÷ 2.100 libras/pulgada. Abanico: 65°.
<b>OBSERVACIONES:</b>	(Los datos para aplicación con pistola sin aire son orientativos están sujetos a modificación.)  Los instrumentos deben limpiarse cuidadosamente antes e inmediatamente después de su uso con HEMPADUR TOOL CLEANER.  El producto puede causar irritaciones en la piel y los ojos. Evítese la inhalación prolongada de los vapores y el contacto con la piel y los ojos  En espacios cerrados, hacer circular la cantidad necesaria de aire fresco durante la aplicación y el secado, a fin de eliminar la totalidad de los disolventes.

## HEMPEL'S SILVIUM 5157

USO RECOMENDADO:	HEMPEL'S SILVIUM 5157 es una pintura sintética de aluminio para uso general. Se caracteriza por su excelente poder de reflexión de la luz. Puede usarse en interiores y exteriores de las obras de carpintería y acero.
ACABADO Y COLOR:	Como mano de acabado en los lugares donde se desee un alto grado de reflexión de la luz. No se aconseja emplearlo sobre superficies calientes (por encima de los 200°C/390°F).
TIEMPO DE SECADO:	Brillante. Aluminio.
INTERVALO DE REPINTADO:	4-5 horas.
PROPORCION DE SOLIDOS EN VOLUMEN:	Puede darse la segunda capa cuando se haya secado la primera. No tiene intervalo máximo para su adherencia.
CALCULO DE CONSUMO:	0.50.
RENDIMIENTO (Práctico):	4.5 litros por 100 m <sup>2</sup> para una película seca de 25 micras de espesor, sobre una superficie lisa (50 micras película húmeda).
PESO ESPECIFICO:	600-800 pies <sup>2</sup> por galón imperial. 500-650 pies <sup>2</sup> por galón americano. 12-16 m <sup>2</sup> por litro.
PUNTO DE INFLAMACION:	Aproximadamente 1.0 (kilo/litro).
EXIGENCIAS DE VENTILACION:	38°C/100°F (Copa cerrada).
DILUYENTE:	284 m <sup>3</sup> /l.
CAPAS PRECEDENTES:	No debe diluirse.
METODO DE APLICACION:	HEMPALIN PRIMER o HEMPALIN RED LEAD. Puede usarse sin imprimación o sobre HEMPALIN DANREX en condiciones poco severas.  Los mejores resultados se consiguen con aplicación a pistola. Se aconseja aplicar dos capas. Cuando se aplique a pistola, se deben emplear boquillas especiales (de orificio pequeño) para pintura de aluminio. Si se pinta a brocha, ésta no debe tener más de 4 pulgadas de ancho. No debe trabajarse demasiado la pintura, pues puede quedar rayada y grisácea. Una vez aplicada la pintura, ha de extenderse con ligeras pasadas en un solo sentido. Para aplicación a pistola sin aire: Boquilla: 0.013". Presión de salida: 150 kg/cm <sup>2</sup> - 2.100 libras/pulgada <sup>2</sup> . Abanico: 65°.  (Los datos para aplicación con pistola sin aire son orientativos y están sujetos a modificación.)
CONDICIONES DE APLICACION:	HEMPEL'S SILVIUM 5157 no debe emplearse sobre superficies con una temperatura inferior a 10°C/50°F o superior a 40°C/104°F.

APENDICE C

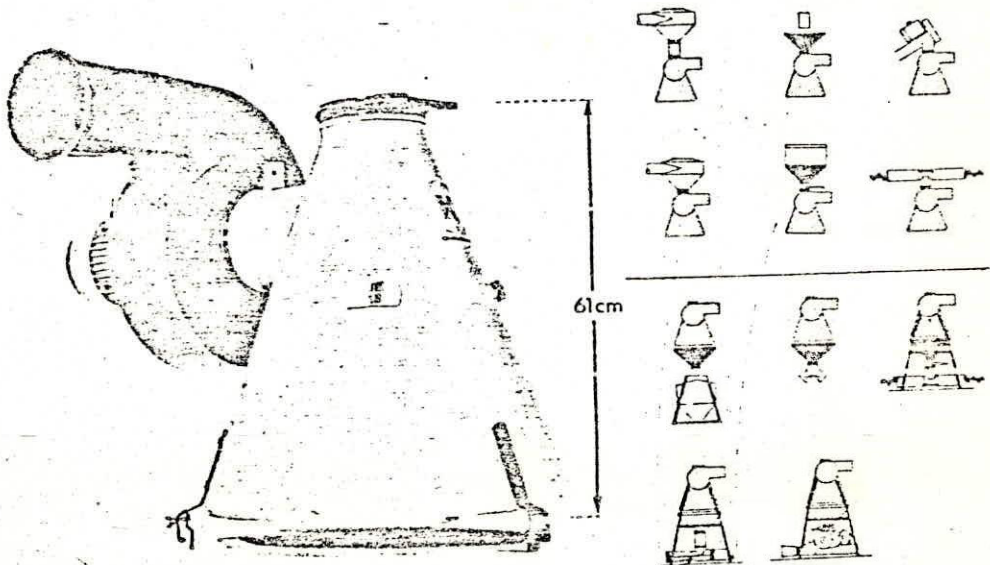
¿CUANDO EL GRANO ES ALMACENABLE?



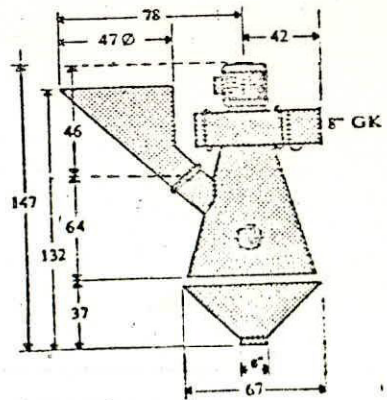
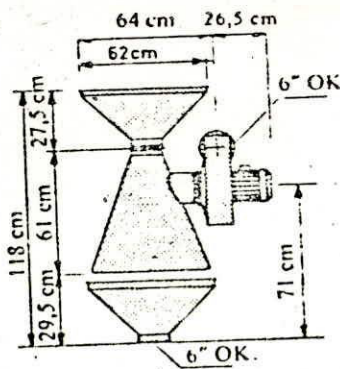
POTENCIA REQUERIDA DEL TORNILLO SIN FIN.-

<u>Longitud tornillo</u>	<u>tornillo a 390rpm</u>	<u>tornillo a 650 y 1050 rpm</u>
2 - 8 m	1 CV a 900 r.p.m.	1,5 CV a 1400rpm
8 -12 m	1 CV a 900 r.p.m.	2 CV a 1400rpm
<hr/>		
12 -20 m	1 CV a 900 r.p.m.	
20 -30 m	1,5CVa 900 r.p.m.	
<hr/>		

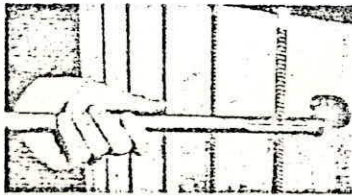
### PRELIMPIADORES



solo 61 cm de altura y limpia hasta 12 ton/h



TERMOMETRO CON TOMADOR DE MUESTRAS



**Tomador de muestras y temperatura**

1. Manecilla aprox. 30 cm.
2. Alargadera 50 cm.
3. Alargadera 100 cm.
4. Termometro aprox. 60 cm.
5. Tomador de muestras aprox. 50 cm.

APENDICE D

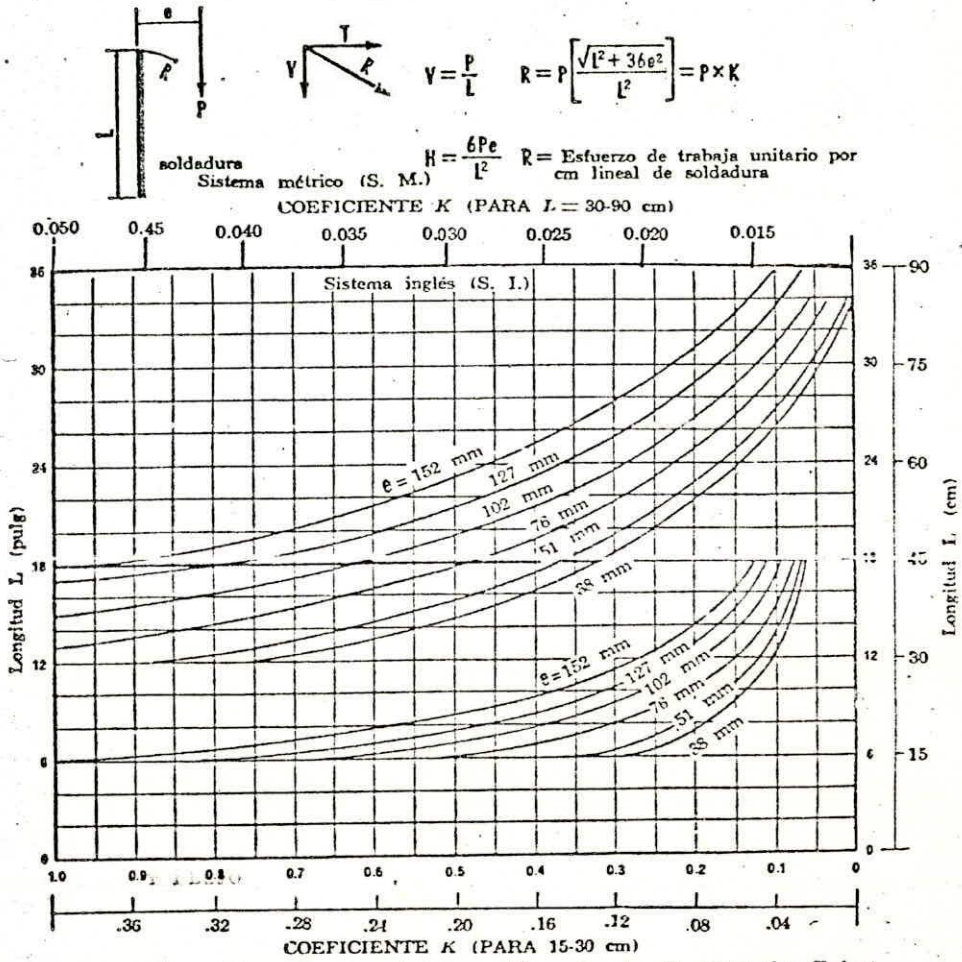


Fig. 1' Conexiones excéntricas [Tomado de H. Malcolm Priest, *El Diseño Práctico de Estructuras de Acero Soldadas*. Nueva York: Sociedad Americana de Soldadura (American Welding Society, 1943).]

## SÍMBOLOS NORMALES DE SOLDADURA

### SECCIÓN I—SÍMBOLOS USUALES

#### 101. SÍMBOLOS DE SOLDADURA DE ARCO Y GAS

Los símbolos de soldadura de arco y gas se usarán como se muestra en la Fig. 1.









TIPO DE SOLDADURA							
CORDÓN	FILETE	TAPÓN O RANURA	PREPARACIÓN				
			RECTAN- GULAR	V	BISEL	U	J
							

Fig. 1—SÍMBOLOS DE SOLDADURAS BASICOS DE ARCO Y GAS

#### 102. SÍMBOLOS DE SOLDADURA DE RESISTENCIA

Los símbolos de las soldaduras de resistencia serán como se muestran en la Fig. 2.





TIPO DE SOLDADURAS			
PUNTO	CON SALIENTES	COSTURA	DE ARCO O RECALCADO
			

Fig. 2—SÍMBOLOS DE SOLDADURA DE RESISTENCIA BASICOS

#### 103. SÍMBOLOS PARA SOLDADURA DE LATÓN, FORJA, TERMITA, INDUCCIÓN Y FLUJO

La soldadura de latón, forja, termita, inducción y flujo se indicarán usando un proceso o referencia de especificaciones en la cola del símbolo de soldadura

#### 104. SÍMBOLOS SUPLEMENTARIOS

Los símbolos suplementarios que se usarán en conjunto con los símbolos de soldadura serán como se muestran en la Fig. 3.

APÉNDICE D

SECCIÓN II—TIPOS BÁSICOS DE JUNTAS Y SOLDADURAS

201. TIPOS BÁSICOS DE UNIONES

Los tipos básicos de uniones se muestran en la Fig. 5 y los tipos de soldaduras por los que frecuentemente se unen los miembros se señalan en la lista.

202. TIPOS BÁSICOS DE SOLDADURA

Los tipos básicos de soldadura indicados por los símbolos de soldadura básicos se ilustran en las Figs. 6 a 12 y 15 a 19 inclusive.

SECCIÓN III—REGLAS GENERALES

301. SIGNIFICADO DE LA LOCALIZACIÓN DE LA FLECHA

(a) En el caso de símbolos de ranura, filete y arco o recalcado, la flecha conectará la referencia del símbolo de soldadura a un lado de la junta, y este lado se considerará el *lado de la flecha* de la junta. El lado opuesto al lado de la flecha de la junta se considerará el *otro lado* de la junta.

(b) En el caso de soldaduras de resistencia, de tapón, ranura, punto y costura, la flecha del símbolo conectará la línea de referencia del símbolo de soldadura a la superficie exterior de uno de los miembros de la junta, en la línea de centros de la soldadura deseada. El miembro al que señala la flecha se considerará el miembro del *lado de la flecha*. El otro miembro de la junta se considerará el miembro del *otro lado*.

(c) Cuando una junta está representada por una sola línea en el plano y la flecha de un símbolo de soldadura está dirigido a esta línea, el lado de la flecha de la junta se considerará como el lado cercano de la junta de acuerdo con las convenciones usuales indicadas en el plano.

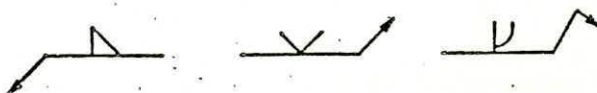
(d) Cuando una junta está representada como un área paralela al plano de proyección en un dibujo y la flecha del símbolo de soldadura apunta a esa área, el miembro del lado de la flecha de la junta se considerará como el miembro cercano a la junta de acuerdo con las convenciones usuales de dibujos y planos.

302. LOCALIZACIÓN DE LA SOLDADURA CON RESPECTO A LA JUNTA

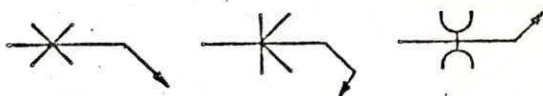
(a) Las soldaduras en el lado de la flecha de la junta se mostrarán colocando el símbolo de soldadura en el lado de la línea de referencia hacia el lector, así. (Ver también Figs. 6A, 8A, 9A, 10A, 11A, 12A, 15A, 16A y 18A.)



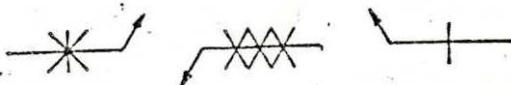
(b) Las soldaduras en el otro lado de la junta se mostrarán colocando el símbolo de soldadura en el lado de la línea de referencia más lejano al lector, así:



(c) Las soldaduras en ambos lados de la junta se mostrarán colocando el símbolo de soldadura en ambos lados de la línea de referencia, cercano y lejano al lector, así:



(d) Los símbolos de soldadura de puntos, costura, arco y recalado no tienen lado de flecha u otro lado por sí mismos, aun cuando los símbolos suplementarios usados en combinación con ellos sí pueden tener tal significación. Los símbolos de soldadura de puntos, costura, arco y recalado se centrarán sobre la línea de referencia.



### 303. MÉTODO PARA DIBUJAR SÍMBOLOS

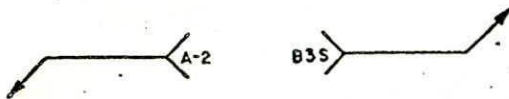
Los símbolos pueden dibujarse mecánicamente o a mano libre, según se desee.

### 304. USO DE MARCAS DE MM, GRADOS Y KG

Pueden o no usarse marcas de mm, grados y kg en los símbolos de soldadura según se desee, excepto que las marcas de mm se usarán para indicar el diámetro de las soldaduras de punto y proyección y el ancho de las soldaduras de costura cuando tales soldaduras estén especificadas por dimensiones lineales.

### 305. LOCALIZACIÓN DE ESPECIFICACIONES, PROCESOS Y OTRAS REFERENCIAS

Cuando se usan especificaciones, procesos u otras referencias con un símbolo de soldadura, la referencia se colocará al final, así:



APÉNDICE D

306. USOS DE SÍMBOLOS SIN REFERENCIAS

Cuando se desee, los símbolos pueden usarse sin especificación, proceso u otras referencias en los siguientes casos:

(a) Cuando en el plano aparezca una nota tal como la siguiente: "A menos que se señale otra cosa, todas las soldaduras estarán de acuerdo con las Especificaciones No. —".

(b) Cuando el proceso de soldadura que se ha de usar está prescrito en otra parte.

307. USO DE NOTAS GENERALES

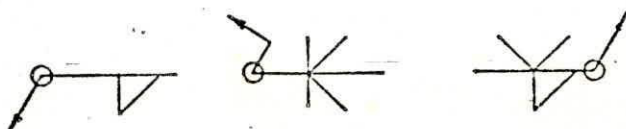
Cuando se desee, pueden colocarse notas generales tales como las siguientes en un plano para suministrar información detallada con respecto a las soldaduras preponderantes, y esta información no necesita repetirse en los símbolos.

"Salvo otra indicación, todas las soldaduras de filete son de 2.4 mm".

"Salvo otra indicación, las aberturas de la raíz para todas las soldaduras de ranura son de 3 mm".

308. USO DEL SÍMBOLO DE SOLDADURA ALREDEDOR

La soldadura que se extiende completamente alrededor de una junta se indicará por medio de un símbolo de soldadura alrededor, así:



309. USOS DE SÍMBOLO DE SOLDADURA DE CAMPO

Las soldaduras de campo (soldaduras que no se hacen en el taller o en el lugar de construcción inicial), se indicarán por medio del símbolo de soldadura de campo, así:



310. EXTENSIÓN DE SOLDADURA SEÑALADA POR LOS SÍMBOLOS

Los símbolos se aplican entre cambios abruptos en la dirección de la soldadura o en la extensión de líneas de dimensiones, excepto cuando se use el símbolo de soldar todo alrededor.

311. PROPORCIONES DE SOLDADURA

Todas las soldaduras serán continuas y en las proporciones normales del usuario a menos que se indique otra cosa.

DISEÑO DE ESTRUCTURAS METÁLICAS

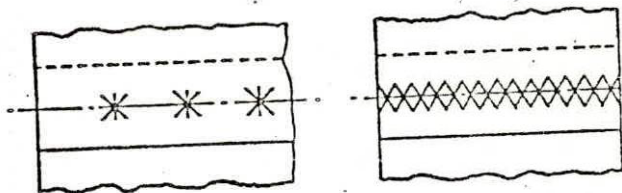
312. ACABADO DE LAS SOLDADURAS

El acabado de soldadura, distinto del limpiado, se indicará por símbolos adecuados de contorno y acabado. (Ver Arts. 409, 505, 603)

313. LOCALIZACIÓN DE LOS SÍMBOLOS DE SOLDADURA

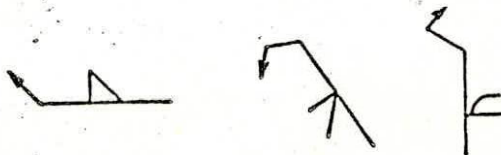
(a) Los símbolos de soldadura, excepto los de punto y costura, se mostrarán solamente en la línea de referencia del símbolo de soldadura y no en las líneas de dibujo.

(b) Los símbolos de soldadura de punto y costura se colocarán directamente en los planos en las localizaciones de las soldaduras deseadas, así:



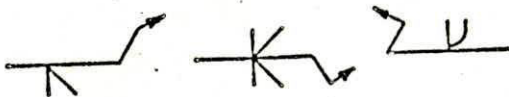
314. CONSTRUCCIÓN DE SÍMBOLOS DE SOLDADURA DE FILETE, BISEL Y PREPARACIÓN EN J

Los símbolos de soldadura de filete, bisel, y preparación en J se mostrarán con la pata perpendicular siempre a la izquierda, así:



315. USO DEL CAMBIO DE DIRECCIÓN DE LA FLECHA EN LOS SÍMBOLOS DE SOLDADURA, DE BISEL Y PREPARACIÓN EN J

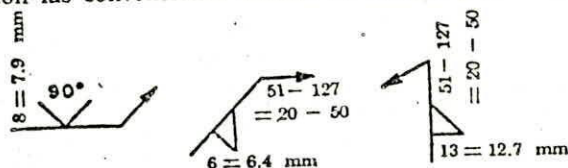
Cuando se usa un símbolo de soldadura de bisel o preparación en J, la flecha señalará con un cambio dirigido hacia el miembro que se va a achaflanar, así: (En los casos en que es obvio el miembro que se va a achaflanar, puede omitirse el codo en la flecha.)



APÉNDICE D

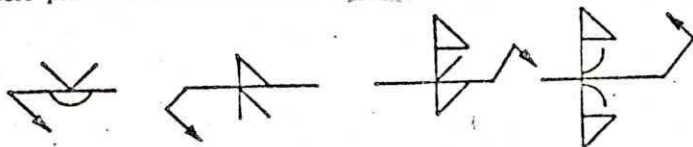
316. LECTURA DE INFORMACIÓN SOBRE LOS SÍMBOLOS DE SOLDADURA

La información sobre símbolos de soldadura se colocará en forma que se lea de izquierda a derecha a lo largo de la línea de referencia de acuerdo con las convenciones usuales de dibujos y planos, así:



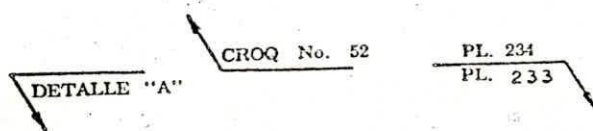
317. SÍMBOLOS DE SOLDADURAS COMBINADAS

Para uniones que tengan más de una soldadura, se indicará un símbolo para cada soldadura, así: (Ver también Figs. 20 y 27.)



318. DESIGNACIÓN DE TIPOS ESPECIALES DE SOLDADURAS

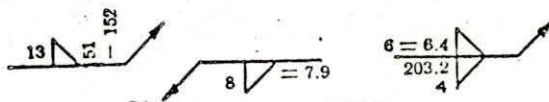
Cuando los símbolos de soldadura básicos no son adecuados para indicar la soldadura deseada, ésta se indicará por una sección transversal, detalle u otros datos con referencia a ella en el símbolo de soldadura, conservando la significación de localización usual, así:



SECCIÓN IV—SOLDADURAS DE FILETE

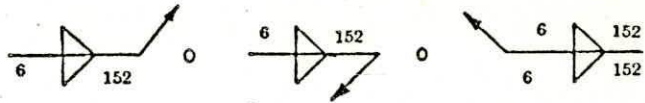
401. GENERALIDADES

(a) Las dimensiones de soldaduras de filetes se mostrarán en el mismo lado de la línea de referencia que el símbolo de soldadura, así:

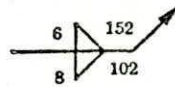


(b) Cuando no hay una nota general que gobierne las dimensiones de las soldaduras de filete en el plano, las dimensiones de las soldaduras de filete en ambos lados de la junta se mostrarán como sigue:

(1) Cuando ambas soldaduras tienen las mismas dimensiones, una o ambas pueden acotarse, así:

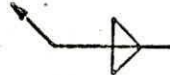


(2) Cuando las soldaduras son de distintas dimensiones, se acotarán ambas, así:



(c) Cuando aparece en el plano una nota general que gobierne, las dimensiones de las soldaduras de filete tales como "todas las soldaduras de filete serán de 8 mm a menos que se indique otra cosa", las dimensiones de las soldaduras de filete en ambos lados de la junta se indicarán como sigue:

(1) Cuando ambas soldaduras tienen sus dimensiones gobernadas por la nota, no necesita acotarse ninguna, así:

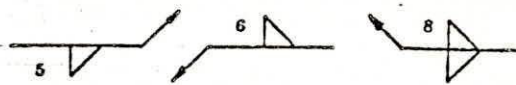


(2) Cuando las dimensiones de una o ambas soldaduras difieren de las dimensiones dadas en la nota general, se acotarán ambas soldaduras así:



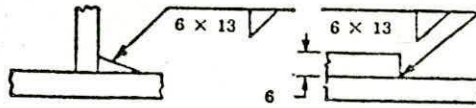
#### 402. TAMAÑO DE LAS SOLDADURAS DE FILETE

(a) El tamaño de una soldadura de filete se mostrará a la izquierda del símbolo de soldadura, así:



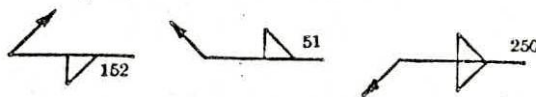
(b) El tamaño de una soldadura de filete con patas desiguales, se mostrará en paréntesis a la izquierda del símbolo de soldadura como se indica abajo. La orientación de la soldadura no se muestra con el símbolo y se mostrará en el dibujo cuando sea necesario.

APÉNDICE D



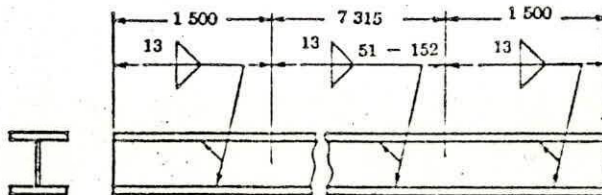
403. LONGITUD DE LA SOLDADURA DE FILETE

(a) La longitud de una soldadura de filete, cuando se indica en el símbolo de soldadura, se mostrará a la derecha del símbolo de soldadura.



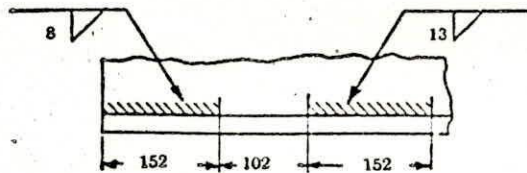
(b) Cuando la soldadura de filete se extiende por toda la distancia entre cambios abruptos en la dirección de la soldadura (310), no se necesita mostrar las dimensiones del símbolo de soldadura.

(c) Las longitudes específicas de las soldaduras de filete pueden indicarse por símbolos en conjunto con líneas de dimensión.



404. EXTENSIÓN DE LA SOLDADURA DE FILETE

(a) Cuando se desea mostrar la extensión de la soldadura de filete gráficamente, se usará un tipo de sombreado con líneas extremas definidas, así:



(b) Las soldaduras de filete que se extienden más allá de cambios abruptos en la dirección de la soldadura se indicarán por medio de flechas adicionales apuntando a cada sección de la junta que se va a soldar, como se muestra en la Fig. 24A, excepto cuando se usa el símbolo de soldadura alrededor.

405. DIMENSIONES DE SOLDADURAS DE FILETES INTERRUMPIDOS

(a) El paso (espaciamiento centro a centro) de soldaduras de filetes interrumpidos se mostrará como la distancia entre centros de incrementos en un lado de la junta.

(b) El paso (espaciamiento centro a centro) de soldaduras de filetes interrumpidos se mostrará a la derecha de la dimensión de longitud, así:



(c) Una serie de soldaduras de filetes interrumpidos se mostrará así:



(d) La soldadura de filetes interrumpidos y alternados se mostrará así:



406. TERMINACIÓN DE LA SOLDADURA DE FILETE INTERRUMPIDO

(a) Cuando se usa la soldadura de filete interrumpido por sí misma, el símbolo indica que los incrementos se localizan en los extremos de la longitud acotada.

(b) Cuando se usa soldadura de filete interrumpido entre filete continuo, el símbolo indica que los espacios iguales al paso menos la longitud de un incremento se dejarán en los extremos de la longitud acotada.

407. COMBINACIÓN DE SOLDADURAS DE FILETE CONTINUO E INTERRUMPIDO

Se usarán símbolos separados para soldaduras de filete continuo e interrumpido cuando se usan ambas en combinación.

408. SOLDADURAS DE FILETE EN AGUJEROS Y RANURAS

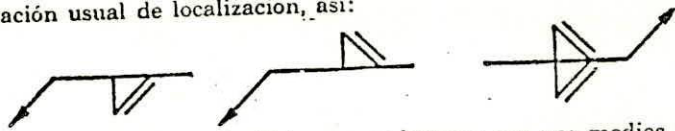
Las soldaduras de filete en agujeros y ranuras se mostrarán por medio de los símbolos de soldadura de filete.

409. CONTORNO DE LA SUPERFICIE DE SOLDADURAS DE FILETE

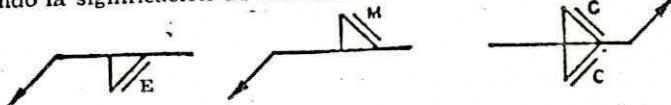
(a) Las soldaduras de filete que vayan a soldarse aproximadamente planas sin recurrir a un método de acabado se mostrará agregando el

APÉNDICE D

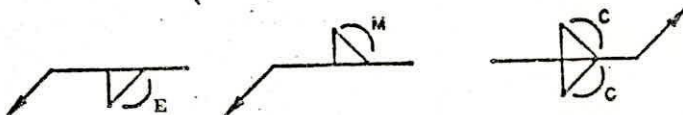
símbolo de contorno a ras del símbolo de soldadura, observando la significación usual de localización, así:



(b) Las soldaduras de filete que se hagan a ras por medios mecánicos, se mostrarán agregando tanto el símbolo de contorno plano y el símbolo normal de acabado del usuario \* al símbolo de soldadura, observando la significación de localización usual, así:



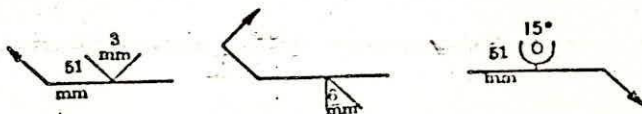
(c) Las soldaduras de filete que se van a acabar mecánicamente en contorno convexo se mostrarán agregando tanto el símbolo de contorno convexo como el símbolo de acabado normal del usuario \* al símbolo de la soldadura, observando la significación de la localización normal, así:



SECCIÓN V—SOLDADURAS CON PREPARACIÓN

501. GENERALIDADES

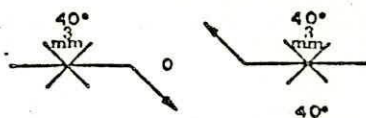
(a) Las dimensiones de las soldaduras con preparación se mostrarán en el mismo lado de la línea de referencia que el símbolo de soldadura, así:



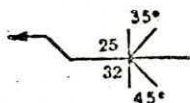
\* Los símbolos de acabado usados en estas especificaciones indican el método de acabado ("C" = cincelado; "E" = esmerilado; "M" = maquinado) y no el grado de acabado.

(b) Cuando no hay una nota general gobernando las dimensiones de la soldadura de preparación en el plano, las dimensiones de doble preparación se mostrarán como sigue:

- (1) Cuando ambas soldaduras tienen las mismas dimensiones, pueden dársele dimensiones a una o a ambas, así:

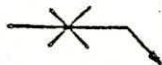


- (2) Cuando las soldaduras son diferentes en dimensiones, se acotarán ambas, así:

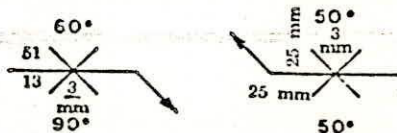


(c) Cuando hay una nota general en el plano que gobierna las dimensiones de las soldaduras de preparación tal como "todas las soldaduras de preparación en V tendrán 60° de ángulo abarcado, a menos que se indique otra cosa", las dimensiones de soldaduras de doble ranura se indicarán como sigue:

- (1) Cuando ambas soldaduras tienen dimensiones gobernadas por la nota, ninguna necesita acotarse, así:

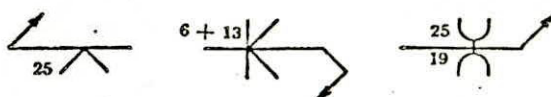


- (2) Cuando las dimensiones de una o dos preparaciones difieren de las dimensiones dadas en la nota general, ambas soldaduras se acotarán así:



### 502. TAMAÑO DE SOLDADURAS DE PREPARACIÓN

(a) El tamaño de las soldaduras de preparación se mostrará a la izquierda del símbolo de soldadura, así:

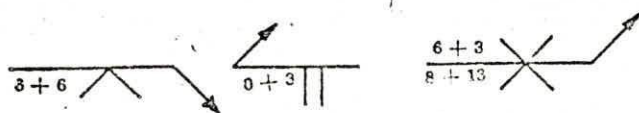


A P É N D I C E D

(b) El tamaño de las soldaduras de preparación sin penetración de la base especificada se mostrará como sigue:

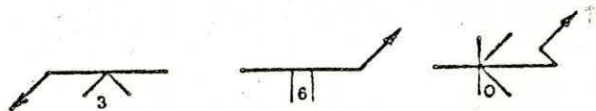
- (1) El tamaño de una preparación simple y soldaduras de preparación doble simétricas que se extiendan completamente en el miembro o miembros que se unen, no necesita mostrarse en el símbolo de soldadura.
- (2) El tamaño de las soldaduras de preparación que se extienden en sólo parte del miembro o miembros que se están uniendo, se mostrará en el símbolo de soldadura.

(c) El tamaño de las soldaduras de preparación con penetración especificada en su base se indicará mostrando tanto la profundidad del achaflanado en la penetración de la base separado por un signo más y colocado a la izquierda del símbolo de soldadura. La profundidad del achaflanado y la penetración de base se leerán en ese orden de izquierda a derecha sobre la línea de referencia, así:

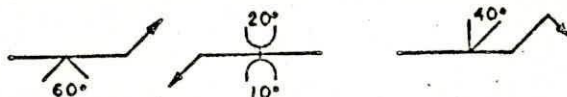


503 DIMENSIONES DE LAS PREPARACIONES

(a) La abertura de la base de soldaduras de preparación serán las normas del usuario a menos que se indique otra cosa. La abertura de las soldaduras de preparación, cuando no es la norma del usuario, se mostrará en el interior del símbolo de soldadura, así:

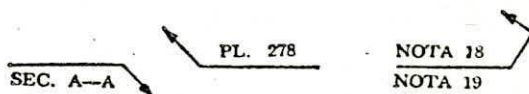


(b) El ángulo de abarcado en las soldaduras de preparación será la norma del usuario, a menos que se indique otra cosa. El ángulo abarcado en soldaduras de ranura, cuando no es la norma del usuario, se mostrará así:



(c) Los radios de las preparaciones y caras de las bases de soldaduras con preparaciones en U y J serán las normas del usuario a menos que se indique otra cosa. Cuando los radios de las ranuras y caras de

las bases en preparaciones U y J no son las normas del usuario, la soldadura se mostrará por una sección transversal, detalle u otros datos, con referencia a ellos sobre el símbolo de soldadura, observando la significación de localización usual, así:

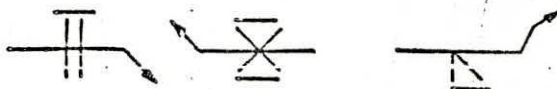


504. DESIGNACIÓN DE SOLDADURAS DE DORSO O DE APOYO

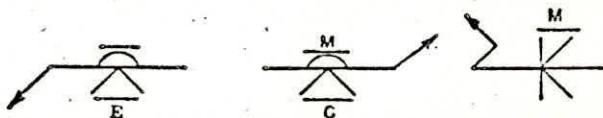
Las soldaduras de dorso y apoyo de tipo de cordón en soldaduras de una ranura simple se mostrarán con el símbolo de soldadura de cordón. (Ver Art. 602.)

505. CONTORNO DE SUPERFICIE DE LA SOLDADURA DE RANURA

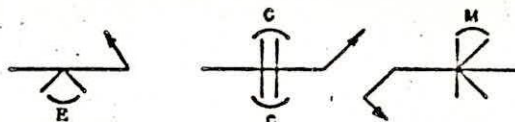
(a) Las soldaduras de ranura que van a soldarse aproximadamente al ras sin recurrir a ningún método de acabado, se mostrarán agregando el símbolo de contorno a ras del símbolo de soldadura, observando la significación usual de localización, así:



(b) Las soldaduras de ranura que se harán al ras con medios mecánicos se mostrarán agregando tanto el símbolo de contorno de superficie y la norma de acabado del usuario \* al símbolo de soldadura observando la significación usual de la localización, así:



(c) Las soldaduras de ranura que recibirán acabado mecánico en un contorno convexo se mostrarán agregando tanto el símbolo de contorno convexo como el símbolo de acabado normal del usuario \* al símbolo de soldadura observando la significación de la localización usual, así:



\* Los símbolos de acabado usados en estas especificaciones indican el método de acabado ("C" = cincelado; "E" = esmerilado; "M" = maquinado) y no el grado de acabado.

APÉNDICE D

SECCIÓN VI—SOLDADURAS DE CORDÓN

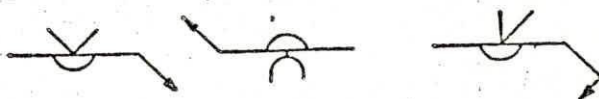
601. GENERALIDADES

(a) El símbolo de cordón simple de soldadura se usará para indicar soldaduras del tipo de cordón con respaldo o apoyo en soldaduras de ranura simples.

(b) El símbolo de soldadura de cordón doble se usará para indicar superficies rellenadas por soldadura.

602. USO DEL SÍMBOLO DE SOLDADURA DE CORDÓN PARA INDICAR SOLDADURAS DEL TIPO DE CORDÓN DE RESPALDO O DE APOYO

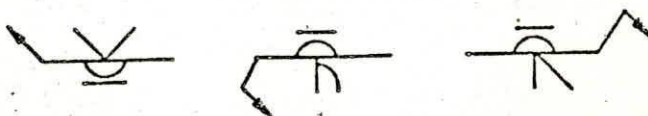
(a) Las soldaduras de cordón usadas como soldaduras de respaldo o de apoyo en soldaduras de una sola ranura, se mostrarán colocando el símbolo de soldadura de cordón simple en el lado de la línea de referencia opuesta al símbolo de soldadura de ranura, así:



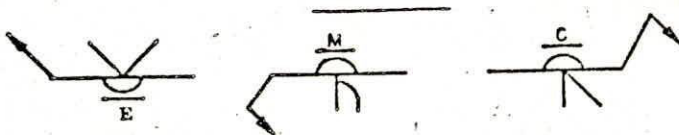
(b) Las dimensiones de las soldaduras de cordón usadas en el respaldo o en apoyo, no se mostrarán en el símbolo de soldadura. Si se desea especificar estas dimensiones, se mostrarán en el plano.

603. CONTORNO DE SUPERFICIE DE SOLDADURAS DE RESPALDO O APOYO

(a) Las soldaduras de respaldo o apoyo que se soldarán aproximadamente al ras sin recurrir a ningún método de acabado, se mostrará agregando el símbolo de contorno de superficie al símbolo de soldadura de cordón, así:

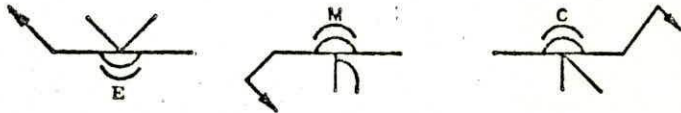


(b) Soldaduras de respaldo o apoyo que se harán al ras por medios mecánicos se mostrará agregando tanto el símbolo de contorno de superficie y el símbolo de acabado normal del usuario \* al símbolo de soldadura de cordón, así:



\* Los símbolos de acabado usados en estas especificaciones indican el método de acabado ("C" = cincelado; "E" = esmerilado; "M" = maquinado) y no el grado de acabado.

(c) Las soldaduras de respaldo o apoyo que se acabarán mecánicamente en contorno convexo se mostrarán agregando el símbolo de contorno convexo y el símbolo de acabado normal del usuario \* al símbolo de soldadura de cordón, así:



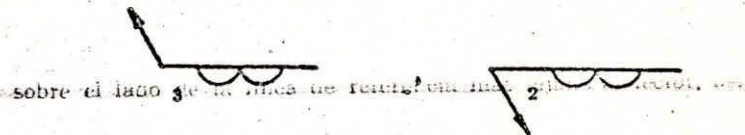
#### 604. USO DE SÍMBOLOS DE SOLDADURA DE CORDÓN PARA INDICAR SUPERFICIES FORMADAS POR SOLDADURA

(a) Las superficies formadas por soldaduras ya sea de una o varias pasadas de soldaduras de cordón se mostrará por el símbolo de soldaduras de cordón doble, así



(b) El símbolo de soldadura de doble cordón no indica la soldadura de una junta y no tiene significación del lado de la flecha o del otro lado. Este símbolo se dibujará sobre el lado de la línea de referencia hacia el lector y la flecha señalará claramente la superficie sobre la que se va a depositar la soldadura.

(c) Las dimensiones usadas en combinación con el símbolo de soldadura de cordón doble se mostrarán en el mismo lado de la línea de referencia en que se encuentra el símbolo de soldadura así,



#### 605. TAMAÑO (ALTURA) DE LAS SUPERFICIES FORMADAS POR SOLDADURA

(a) El tamaño de una superficie formada por soldadura se indicará mostrando la altura mínima del depósito de soldadura a la izquierda del símbolo de soldadura así



A P É N D I C E D

(b) Cuando no se desea una altura de soldadura depositada específica no necesita mostrarse dimensión alguna en el símbolo de soldadura.

606. EXTENSIÓN, LOCALIZACIÓN Y ORIENTACIÓN DE LAS SUPERFICIES FORMADAS POR SOLDADURA

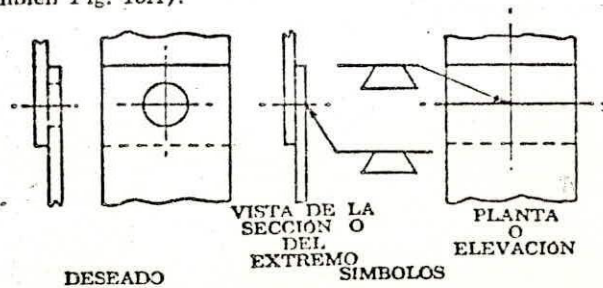
(a) Cuando toda el área de una superficie plana o curva se va a formar por soldadura, no necesita mostrarse otra dimensión que el tamaño (altura de depósito) sobre el símbolo de soldadura

(b) Cuando una parte del área de una superficie plana o curva se va a formar por soldadura, la extensión, localización y orientación del área por formarse se indicará en el plano

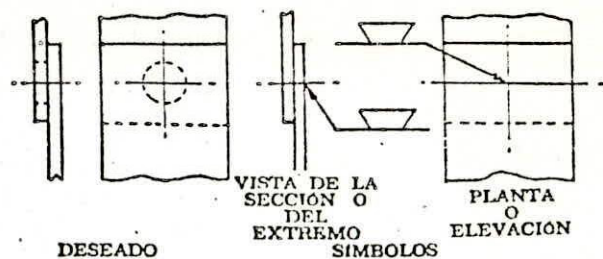
SECCIÓN VII—SOLDADURAS DE TAPÓN

701. GENERALIDADES

(a) Los agujeros en el miembro del lado de la flecha de una junta para soldadura de tapón se indicarán colocando el símbolo de soldadura sobre el lado de la línea de referencia hacia el lector, así: (ver también Fig. 15A).



(b) Los agujeros en el miembro del otro lado de una junta para soldadura de tapón se indicarán colocando el símbolo de soldadura sobre el lado de la línea de referencia más lejano al lector, así



(c) Las dimensiones de las soldaduras de tapón se mostrarán sobre el mismo lado de la línea de referencia que el símbolo de soldadura así:

APENDICE E

0.104

0.100

5.832

-0.22

12487

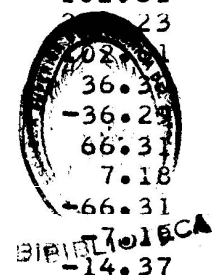
-10264

STRUCTURE ESCALERA DE INSPECCION

LOADING 1 CARGA DEL DISENO

MEMBER FORCES

MEMB	JOINT	AXIAL FORCE	SHEAR FORCE Y	SHEAR FORCE Z	TORSION MOMENT	MOMENT Y	MOMENT Z
1	1	5.832	69.999	-0.140	114.16	1.95	1050.02
1	2	-5.832	-69.999	0.140	-114.16	0.85	349.95
2	2	-14.454	70.000	0.000	-0.00	-0.63	449.40
2	3	14.454	69.999	-0.000	0.00	0.62	-449.40
3	4	5.832	69.999	0.140	-114.16	-1.95	1050.03
3	3	-5.832	-69.999	-0.140	114.16	-0.85	349.95
4	2	0.002	-14.595	5.832	-0.22	-349.95	-335.24
4	5	-0.002	14.595	-5.832	0.22	174.97	-102.61
5	3	0.003	14.595	5.832	0.22	-349.95	335.23
5	6	-0.003	-14.595	-5.832	-0.22	174.97	102.61
6	5	17.045	0.000	-0.000	0.00	-0.15	36.30
6	6	-17.045	-0.000	0.000	-0.00	0.15	-36.29
7	5	0.004	2.450	5.832	-0.07	-174.97	66.31
3	7	-0.004	-2.450	-5.832	0.07	0.00	7.18
8	6	0.001	-2.450	5.832	0.07	-174.97	-66.31
8	8	-0.001	2.450	-5.832	-0.07	0.00	7.18
9	7	-0.000	0.000	0.000	0.00	-0.00	-14.37
9	8	0.000	-0.000	-0.000	-0.00	-0.00	14.38
10	7	0.003	2.450	5.832	-0.07	0.00	7418
10	9	-0.003	-2.450	-5.832	0.07	-174.97	66.31
11	8	0.002	-2.450	5.832	0.07	-0.00	-7.19
11	10	-0.002	2.450	-5.832	-0.07	-174.98	-66.31
12	9	-17.045	3.000	0.000	0.00	0.15	36.30
12	10	17.045	-0.000	-0.000	-0.00	-0.15	-36.29
13	9	0.004	-14.595	5.832	-0.22	174.97	-102.61
13	11	-0.004	14.595	-5.832	0.22	-349.95	-335.24
14	10	0.002	14.595	5.832	0.22	174.97	102.61
14	12	-0.002	-14.595	-5.832	-0.22	-349.96	335.23
15	11	14.454	70.000	-0.000	-0.00	0.63	449.40
15	12	-14.454	69.999	0.003	0.00	-0.62	-449.40
16	13	-5.832	69.999	0.140	114.16	-1.95	1050.02
16	11	5.832	-69.999	-0.140	-114.16	-0.85	349.95
17	14	-5.832	69.999	-0.140	-114.16	1.95	1050.03
17	12	5.832	-69.999	0.140	114.16	0.85	349.95



APPLIED JOINT LOADS, FREE JOINTS

STRUCTURE ESCALERA DE INSPECCION

TYPE SPACE FRAME

NUMBER OF JOINS 14

NUMBER OF MEMBERS 17

NUMBER OF SUPPORTS 4

NUMBER OF LOADING 2

JOINTS COORDINATES

1	0.0	0.0	-20.0	S
2	0.0	0.0	0.0	
3	35.0	0.0	0.0	
4	35.0	0.0	-20.0	S
5	0.0	30.0	0.0	
6	35.0	30.0	0.0	
7	0.0	60.0	0.0	
8	35.0	60.0	0.0	
9	0.0	90.0	0.0	
10	35.0	90.0	0.0	
11	0.0	120.0	0.0	
12	35.0	120.0	0.0	
13	0.0	120.0	-20.0	S
14	35.0	120.0	-20.0	S

MEMBERS INCIDENCES

1	1	2
2	2	3
3	4	3
4	2	5
5	3	6
6	5	6
7	5	7
8	6	8
9	7	8
10	7	9
11	8	10
12	9	10
13	9	11
14	10	12
15	11	12
16	13	11
17	14	12

MEMBER PROPER PRISMAT AX 1.5959 IX 2.574 IY 1.287 IZ 1.287  
1 THRU 17

CONSTAINS E 30000000 ALL

TABULATE ALL

LOADING 1 CARGA DEL DISENO

MEMBERS LOADS

2	FORCE	Y	CONC	P	-140.0	L	17.5
15	FORCE	Y	CONC	P	-140.0	L	17.5

LOADIN 2 CARGA EXPORADICA

JOINS LOADS

2	FORCE	Y	-140.0
11	FORCE	Y	-140.0

SOLVE

PROBLEM CORRECTLY SPECIFIED, EXECUTION TO PROCEED.

JOINT	FORCE X	FORCE Y	FORCE Z	MOMENT X	MOMENT Y	MOMENT Z
2	-0.000	0.004	-0.000	0.00	0.00	0.00
3	-0.000	0.003	-0.000	0.00	-0.00	0.00
5	0.000	0.001	0.000	-0.00	0.00	0.00
6	0.000	-0.002	0.000	-0.00	0.00	-0.00
7	-0.000	-0.000	0.000	-0.00	-0.00	-0.00
8	0.000	0.001	0.000	-0.00	-0.00	-0.00
9	-0.000	0.000	0.000	0.00	-0.00	0.00
10	-0.000	-0.300	-0.000	0.00	0.00	-0.00
11	-0.000	-0.003	-0.000	0.00	-0.00	-0.00
12	0.000	-0.003	-0.000	0.00	-0.00	0.00

### REACTIONS, APPLIED LOADS SUPPORT JOINTS

JOINT	FORCE X	FORCE Y	FORCE Z	MOMENT X	MOMENT Y	MOMENT Z
1	0.140	69.999	5.832	-1050.02	1.95	114.16
4	-0.140	69.999	5.832	-1050.03	-1.95	-114.16
13	-0.140	69.999	-5.832	-1050.02	-1.95	114.16
14	0.140	69.999	-5.832	-1050.03	1.95	-114.16

### FREE JOINT DISPLACEMENTS

JOINT	X DISPL	Y DISPL	Z DISPL	X-ROTAT	Y-ROTAT	Z-ROTAT
2	-0.0000	-0.0030	-0.0000	0.0001	-0.0000	-0.0000
3	0.0000	-0.0030	-0.0000	0.0001	0.0000	0.0000
5	0.0000	-0.0030	0.0020	-0.0000	-0.0000	0.0000
6	-0.0000	-0.0030	0.0020	-0.01300	0.0000	-0.0000
7	0.3000	-0.0030	-0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000
8	0.0000	-0.0030	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000
9	-0.0000	-0.0030	-0.0020	-0.0000	0.0000	0.0000
10	0.0000	-0.0030	-0.0020	-0.0000	-0.0000	-0.0000
11	0.0000	-0.0030	0.0000	0.0001	0.0000	-0.0000
12	-0.0000	-0.0030	0.0000	0.0001	-0.0000	0.0000



STRUCTURE ESCALERA DE INSPECCION

LOADIN 2 CARGA EXPORADICA

MEMBER FORCES

MEMB	JOINT	AXIAL FORCE	SHEAR FORCE Y	SHEAR FORCE Z	TORSION MOMENT	MOMENT Y	MOMENT Z
1	1	4.788	103.759	9.729	-50.37	-121.61	1492.89
1	2	-4.788	-103.759	-9.729	50.37	-72.98	582.29
2	2	-0.000	-12.045	-4.754	96.24	83.20	-210.79
2	3	0.000	12.045	4.754	-96.24	83.20	-210.79
3	4	6.876	36.238	9.729	-50.37	-121.61	607.16
3	3	-6.876	-36.238	-9.729	50.37	-72.98	117.61
4	2	-24.188	9.729	9.542	-10.21	-486.05	160.41
4	5	24.188	-9.729	-9.542	10.21	199.76	131.48
5	3	24.194	9.729	2.122	-10.21	-213.85	160.41
5	6	-24.194	-9.729	-2.122	10.21	150.18	131.48
6	3	0.000	-15.968	1.908	-14.08	-33.40	-279.44
6	6	-0.000	15.968	-1.908	14.08	-33.40	-279.44
7	5	-8.217	9.730	7.633	23.18	-213.84	147.96
7	7	8.217	-9.730	-7.633	-23.18	-15.16	143.93
8	6	8.226	9.730	4.031	23.18	-136.10	147.96
8	8	-8.226	-9.730	-4.031	-23.18	15.16	143.93
9	7	-0.000	-16.449	-0.000	-30.33	0.00	-287.86
9	8	0.000	16.449	0.000	30.33	0.00	-287.86
13	7	8.228	9.729	7.633	23.18	-15.16	143.93
10	9	-8.228	-9.729	-7.633	-23.18	-213.85	147.96
11	8	-8.224	9.729	4.031	23.18	15.16	143.93
11	10	8.224	-9.729	-4.031	-23.18	-136.10	147.96
12	9	0.000	-15.968	-1.908	-14.08	33.40	-279.45
12	10	-0.000	15.968	1.908	14.08	33.40	-279.45
13	9	24.199	9.730	9.542	-10.21	199.76	131.48
13	11	-24.199	-9.730	-9.542	10.21	-486.05	160.41
14	10	-24.191	9.729	2.122	-10.21	150.18	131.48
14	12	24.191	-9.729	-2.122	10.21	-213.85	160.41
15	11	0.000	-12.045	4.0754	96.24	-83.20	-210.79
15	12	-0.000	12.045	-4.754	-96.24	-83.20	-210.79
16	13	-4.788	103.759	-9.729	-50.37	121.61	1492.89
16	11	4.788	-103.759	9.729	50.37	72.98	582.29
17	14	-6.876	36.239	-9.729	-50.37	121.61	607.16
17	12	6.876	-36.239	9.729	50.37	72.98	117.61

APPLIED JOINT LOADS, FREE JOINTS

JOINT	FORCE X	FORCE Y	FORCE Z	MOMENT X	MOMENT Y	MOMENT Z
2	-0.000	-139.992	-0.000	0.00	0.00	0.00
3	0.000	0.001	-0.000	-0.00	0.00	0.00
5	-0.000	0.001	0.000	-0.00	0.00	0.00
6	-0.000	0.000	0.000	-0.00	0.00	-0.000
7	-0.000	-0.003	0.000	-0.00	-0.00	-0.00
8	0.000	-0.000	0.000	-0.00	0.00	-0.000
9	0.000	0.003	-0.000	0.00	-0.00	0.00
10	-0.000	0.000	-0.000	-0.00	0.00	-0.000
11	0.000	-140.004	-0.000	0.00	0.00	0.00
12	-0.000	-0.001	-0.000	0.00	-0.00	0.00

#### REACTIONS, APPLIED LOADS SUPPORT JOINTS

JOINT	FORCE X	FORCE Y	FORCE Z	MOMENT X	MOMENT Y	MOMENT Z
1	-9.729	103.759	4.788	-1492.89	-121.61	-50.37
4	-9.729	36.238	6.876	-607.16	-121.61	-50.37
13	9.729	103.759	-4.788	-1492.89	121.61	-50.37
14	9.729	36.239	-6.876	-607.16	121.61	-50.37

#### FREE JOINT DISPLACEMENTS

JOINT	X DISPL	Y DISPL	Z DISPL	X-ROTAT	Y-ROTAT	Z-ROTAT
2	0.0002	-0.0041	-0.0000	0.0002	0.0000	0.0000
3	0.0002	-0.0018	-0.0000	0.0001	0.0000	0.0000
5	0.0000	-0.0041	0.0025	-0.0000	0.0000	0.0000
6	0.0000	-0.0019	0.0015	-0.0000	0.0000	0.0000
7	-0.0000	-0.0041	-0.0000	-0.0001	-0.0000	0.0000
8	-0.0000	-0.0019	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000
9	-0.0000	-0.0041	-0.0025	-0.0000	-0.0000	0.0000
10	-0.0000	-0.0019	-0.0015	-0.0000	-0.0000	0.0000
11	-0.0002	-0.0041	0.0000	0.0002	-0.0000	0.0000
12	-0.0002	-0.0018	0.0000	0.0001	-0.0000	0.0000

PAGE 1

// JOB T

LOG DRIVE CART SPEC CART AVAIL PHY DRIVE  
0000 0001 0001 0000

V2 M10 ACTUAL 8K CONFIG 8K

// FOR

\*ONE WORD INTEGERS

\*LIST SOURCE PROGRAM

\*IOCS(CARD, 1132 PRINTER)

\*EXTENDED PRECISION

C JULIO BALLADARES. G ESTUDIANTE DE MECANICA

REAL M1,M2,M3

PI= 3.14159

TAN= (SIN(PI/3.))/(COS(PI/3.))

Z= 29.

10 WRITE(3,1)

1 FORMAT(1H1,6X,'D/T',8X,'Y',8X,'A1',8X,'A2',8X,'A3',  
+ 8X,'B1',7X,'B2',6X,'B3')

I= 0

5 Z= Z+1

I= I+1

DST= Z\*\*2/4.4060

M1= 1.-(3./((11.3136\*Z)))+9./(256.\*Z\*\*2)

M2= 1.-(15./((11.3136\*Z)))+225./(256.\*Z\*\*2)

M3= 1.-(35./((11.3136\*Z)))+1225./(256.\*Z\*\*2)

O1= ((Z/1.4142)+(3.\*PI/8.)+(3./((11.3136\*Z)))+(9./((16.\*Z\*\*2)))

O2= ((Z/1.4142)+(7.\*PI/8.)+(15./((11.3136\*Z)))+(225./((16.\*Z\*\*2)))

O3= ((Z/1.4142)+(11.\*PI/8.)+(35./((11.3136\*Z)))+(1225./((16.\*Z\*\*2)))

BER= M2\*COS(O2)

BEI= M2\*SIN(O2)

BER2= 0.5\*(M3\*COS(O3-0.25\*PI)-M1\*COS(O1-0.25\*PI))

BEI2= 0.5\*(M3\*SIN(O3-0.25\*PI)-M1\*SIN(O1-0.25\*PI))

A= Z\*(BER2\*BEI-BEI2\*BER)

B= BER2\*\*2+BEI2\*\*2

C = Z\*(BER2\*BER + BEI2\*BEI)

G= BER\*\*2+BEI\*\*2

ASG= A/G

BSG= B/G

CSG= C/G

B2= (ASG\*0.5)/(CSG + 0.6)

A1= 0.5\*B2\*Z\*\*2\*TAN\*SIN(PI/3.)

A2= (0.25\*BSG\*Z\*\*2-0.09)\*(SIN(PI/3.))/(CSG+0.6)

A3= (1.7/8.)\*1./COS(PI/3.)-(A2/4.)\*TAN

+ ((3.\*B2\*1.3)/Z\*\*2)\*1./COS(PI/3.)

B1= (2./((CSG+0.6))\*0.25\*Z\*\*2\*TAN

B3= ((6.\*1.3)/(Z\*\*4))\*B1\*1./((SIN(PI/3.))\*\*2

+ -(B2\*TAN)/4.-(1.5\*(1./((COS(PI/3.))\*1./SIN(PI/3.)))/Z\*\*2 )

WRITE(3,2)DST,Z,A1,A2,A3,B1,B2,B3

2 FORMAT(1X,3X,F9.4,3X,F4.0,3X,F9.3,3X,F6.3,3X,2(F7.3,3X),  
+ F6.3,3X,F5.3)

IF(I-46)11,10,11

11 IF(Z-120.)5,35,35

35 CALL EXIT

END

FEATURES SUPPORTED



D/T	Y	A1	A2	A3	B1	B2	B3
1310.9396	760	-2178.161	23.093	-9.575	93.270	-0.502	0.21
1345.6650	77.	-2235.490	23.398	-9.707	94.490	-0.502	0.21
1380.8443	78.	-2293.569	23.704	-9.839	95.710	-0.502	0.21
1416.4775	79.	-2352.398	24.009	-9.971	96.930	-0.502	0.21
1452.5646	80.	-2411.976	24.314	-10.104	98.150	-0.502	0.21
1489.1057	81.	-2472.304	24.619	-10.236	99.371	-0.502	0.21
1526.1007	82.	-2533.382	24.925	-10.368	100.591	-0.502	0.21
1563.5497	83.	-2595.211	25.230	-10.500	101.812	-0.502	0.21
1601.4525	84.	-2657.788	25.535	-10.632	103.033	-0.502	0.21
1639.8093	85.	-2721.116	25.841	-10.765	104.254	-0.502	0.21
1679.6200	86.	-2785.193	26.146	-10.897	105.474	-0.502	0.21
1717.8847	87.	-2850.021	26.452	-11.029	106.695	-0.502	0.21
1757.6032	88.	-2915.599	26.757	-11.161	107.917	-0.501	0.21
1797.7757	89.	-2981.926	27.062	-11.294	109.138	-0.501	0.21
1838.4021	90.	-3049.003	27.368	-11.426	110.359	-0.501	0.21
1879.4825	91.	-3116.630	27.673	-11.558	111.580	-0.501	0.21
1921.0167	92.	-3185.407	27.979	-11.590	112.802	-0.501	0.21
1963.0049	93.	-3254.734	28.284	-11.823	114.023	-0.501	0.21
2005.4471	94.	-3324.811	28.590	-11.955	115.245	-0.501	0.21
2048.3431	95.	-3395.637	28.895	-12.087	116.466	-0.501	0.21
2091.6931	96.	-3467.214	29.201	-12.219	117.688	-0.501	0.21
2135.4970	97.	-3539.540	29.506	-12.352	118.910	-0.501	0.21
2179.7548	98.	-3612.616	29.812	-12.484	120.132	-0.501	0.21
2224.4666	99.	-3686.443	30.117	-12.616	121.354	-0.501	0.21
2269.6323	100.	-3761.019	30.423	-12.749	122.576	-0.501	0.21
2315.2519	101.	-3836.345	30.729	-12.881	123.798	-0.501	0.21
2361.3254	102.	-3912.421	31.034	-13.013	125.023	-0.501	0.21
2407.9529	103.	-3989.247	31.340	-13.146	126.242	-0.501	0.21
2454.8343	104.	-4066.823	31.645	-13.278	127.464	-0.501	0.21
2502.2696	105.	-4145.149	31.951	-13.410	126.686	-0.501	0.2
2550.1588	106.	-4224.225	32.257	-13.543	129.908	-0.501	0.2
2598.5020	107.	-4304.050	32.562	-13.675	131.131	-0.501	0.2
2647.2991	108.	-4384.626	32.868	-13.807	132.353	-0.501	0.2
2696.5501	109.	-4465.952	33.174	-13.940	133.575	-0.501	0.2
2746.2551	110.	-4548.027	33.479	-14.072	134.798	-0.501	0.2
2796.4139	111.	-4630.852	33.785	-14.204	136.020	-0.501	0.2
2847.0267	112.	-4714.428	34.091	-14.337	137.243	-0.501	0.2
2898.0935	113.	-4798.753	34.396	-14.469	138.465	-0.501	0.2
2949.6141	114.	-4883.828	34.702	-14.601	139.688	-0.501	0.2
3331.5897	115.	-4969.654	35.9'38	-14.734	143.911	-0.501	0.2
3054.0172	116.	-5056.228	35.313	-14.866	142.133	-0.501	0.2
3106.8996	117.	-5143.553	35.619	-14.999	143.356	-0.500	0.2
3160.7360	118.	-5231.628	35.325	-15.131	144.579	-0.500	0.2
3214.0263	119.	-5323.454	36.231	-15.263	145.802	-0.500	0.2
3268.2705	120.	-5410.028	36.536	-15.396	147.024	-0.500	0.2

D/T	Y	A1	A2	A3	B1	B2	B3
204.2669	30.	-351.388	9.109	-3.524	37.533	-0.520	0.2
218.1116	31.	-374.243	9.411	-3.654	38.723	-0.519	0.2
232.4103	32.	-397.647	9.713	-3.784	39.916	-0.518	0.2
247.1529	33.	-422.199	10.015	-3.915	41.111	-0.516	0.2
262.3694	34.	-447.303	10.317	-4.046	42.308	-0.515	0.2
278.0299	35.	-473.149	10.620	-4.176	43.506	-0.514	0.2
294.1443	36.	-499.747	10.922	-4.307	44.707	-0.514	0.2
310.7126	37.	-527.094	11.225	-4.438	45.909	-0.513	0.2
327.7343	38.	-555.190	11.523	-4.559	47.112	-0.512	0.2
345.2 113	39.	-584.035	11.831	-4.700	48.316	-0.511	0.2
363.141 1	40.	-613.629	12.134	-4.831	49.521	-0.511	0.2
381.525 1	41.	-643.972	12.437	-4.962	50.728	-0.510	0.2
400.363 1	42.	-675.064	12.743	-5.094	51.935	-0.510	0.2
419.655 0	43.	-706.905	13.044	-5.225	53.144	-0.509	0.2
439.400 8	44.	-739.496	13.347	-5.356	54.353	-0.509	0.2
459.600 5	45.	-772.836	13.651	-5.488	55.563	-0.508	0.2
480.254 1	46.	-806.925	13.955	-5.619	56.773	-0.508	0.2
501.361 7	47.	-841.764	14.259	-5.751	57.984	-0.508	0.2
522.923 2	48.	-877.352	14.562	-5.882	59.196	-0.507	0.2
544.938 7	49.	-913.689	14.866	-6.014	60.409	-0.507	0.2
567.408 0	50.	-950.776	15.170	-6.145	61.621	-0.507	0.2
590.331 3	51.	-988.613	15.475	-6.277	62.835	-0.506	0.2
613.738 5	52.	-1027.199	15.779	-6.409	64.049	-0.506	0.2
637.539 7	53.	-1066.534	16.083	-6.540	65.263	-0.506	0.2
661.824 7	54.	-1106.619	16.387	-6.672	66.478	-0.506	0.2
686.553 7	55.	-1147.454	16.692	-6.804	67.693	-0.505	0.2
711.756 6	56.	-1189.038	16.996	-6.935	68.908	-0.505	0.2
737.403 5	57.	-1231.372	17.301	-7.067	70.124	-0.505	0.2
763.504 3	58.	-1274.455	17.605	-7.199	71.340	-0.505	0.2
790.059 0	59.	-1318.289	17.910	-7.331	72.556	-0.504	0.2
817.06 76	60.	-1362.871	18.214	-7.463	73.773	-0.504	0.2
844.530 1	61.	-1408.204	18.519	-7.595	74.990	-0.504	0.2
872.446 6	62.	-1454.286	18.824	-7.727	76.207	-0.504	0.2
900.817 0	63.	-1501.118	19.128	-7.859	77.425	-0.504	0.2
923.64 13	64.	-1548.700	19.433	-7.993	78.642	-0.504	0.2
958.919 6	65.	-1597.031	19.738	-8.122	79.860	-0.503	0.2
988.651 8	66.	-1646.112	20.043	-8.254	81.078	-0.503	0.2
1018.837 9	67.	-1695.943	20.348	-8.386	82.297	-0.503	0.2
1049.477 9	68.	-1746.524	20.653	-8.518	83.515	-0.503	0.2
1080.571 9	69.	-1797.854	20.958	-8.650	84.734	-0.503	0.2
1112.119 8	70.	-1849.934	21.263	-8.783	85.953	-0.503	0.2
1144.121 6	71.	-1902.764	21.568	-8.915	87.172	-0.503	0.2
1176.577 3	72.	-1956.344	21.873	-9.047	88.391	-0.503	0.2
1209.487 0	73.	-2010.674	22.178	-9.179	89.611	-0.503	0.2
1242.850 6	74.	-2065.753	22.483	-9.311	90.830	-0.502	0.2
1276.668 1	75.	-2121.582	22.788	-9.443	92.050	-0.502	0.2

PAGE 1

/ JOB T

06 DRIVE CART SPEC CART AVAIL PHY DRIVE  
0000 0001 0001 0000

2 M10. ACTUAL 8K CONFIG 8K

/ FOR

LIST SOURCE PROGRAM

ONE WORD INTEGERS

EXTENDED PRECISION

```
      SUBROUTINE SU11(Q0,UX,G,D,DBX,ALFAT,T1,N,QX1,MX)
      REAL MX(46)
      DIMENSION QX1(46)
      QX=(Q0*COS(UX)+G*SIN(UX))*EXP(-UX)
      QX1(N)=QX
      EMX= D*(DBX-(ALFAT+0.3*ALFAT)*T1)
      MX(N)=EMX
      RETURN
      END
```

FEATURES SUPPORTED

ONE WORD INTEGERS

EXTENDED PRECISION

MORE REQUIREMENTS FOR SU11

COMMON 0 VARIABLES 16 PROGRAM 88

RELATIVE ENTRY POINT ADDRESS IS 0013 (HEX)

END OF COMPILATION

/ DUP

DELETE SU11

18 INVALID FUNCTION DURING TEMPORARY JOB

STORE WS UA SU11

06 ENTRY POINT NAME ALREADY IN LET/FLET

GE 1

JOB 0001

IG DRIVE CART SPEC CART AVAIL PHY DRIVE  
0000 0001 0001 0000

M10 ACTUAL 8K CONFIG 8K

FOR  
LIST SOURCE PROGRAM  
EXTENDED PRECISION  
ONE WORD INTEGERS

```
SUBROUTINE SU12(Q0,UX,G,U,D,E,T,A,Q1,Q2,ALFAT,ENX,N,T1,ES,EX,W0,  
+ TO,NS,MS,NX,W1,DBX,X1)  
REAL NS(46),MS(46),NX(46)  
DIMENSION W1(46),X1(46)  
X= X1(N)  
DQX= (Q0*COS(UX)+G*SIN(UX)+Q0*SIN(UX)  
+ -G*COS(UX))*(-U*EXP(-UX))  
BX= (1./(2.*U**2*D))*(G*COS(UX)-Q0*SIN(UX))*EXP(-UX)  
+ -(A/(E*T))*(0.3*Q1*X+Q2*A/2.)  
ENS= ES+A*(DQX+0.5*Q2*X1(N))  
NS(N)=ENS  
EMS= D*(0.3*DBX-(ALFAT+0.3*ALFAT)*T1)  
MS(N)=EMS  
ENX= EX-(7.566+Q1*X**2*0.5)  
NX(N)=ENX  
W= W0+A*((ENS-0.3*ENX)/(E*T))+ALFAT*A*TO  
W1(N)=W  
RETURN  
END
```

FEATURES SUPPORTED  
ONE WORD INTEGERS  
EXTENDED PRECISION

MORE REQUIREMENTS FOR SU12

COMMON 0 VARIABLES 40 PROGRAM 334

RELATIVE ENTRY POINT ADDRESS IS 0038 (HEX)

ID OF COMPILATION

DUP

DELETE SU12  
PART ID 0001 DB ADDR 576A DB CNT 0019

STORE WS UA SU12  
PART ID 0001 DB ADDR 57A0 DB CNT 001A

AGE 1

/ JOB

06 DRIVE CART SPEC CART AVAIL PHY DRIVE  
0000 0001 0001 0000

2 M10 ACTUAL 8K CONFIG 8K

/ FOR

LIST SOURCE PROGRAM

ONE WORD INTEGERS

IOCS(CARD,1132 PRINTER)

EXTENDED PRECISION

REAL MC,NX(46),NS(46),MS(46),MX(46)

DIMENSION QX1(46),X1(46),#1(46)

DATA QX1,MX/46\*0.,46\*0./

DBX1(U,D,G,UX,Q0)=(1./(2.\*U\*\*2\*D))\*(G\*COS(UX)-Q0\*SIN(UX)+

+ G\*SIN(UX)+Q0\*COS(UX))\*(-U \*EXP(-UX))

+ -0.3\*A\*Q1/(E\*T)

WRITE(3,1)

1 FORMAT(1H1,29X,20(' '),/,31X,'A N I L L O A',/,30X,20(' '),

+ //,T6,'X',T17,'QX',T31,'MX',T45,'MS',T55,'NX',T62,'NS',

+ T71,'#',//)

ES=0.

EX=0.

WO= 0.

A= 194.

Q1= 7.85 E-03

Q2= 0.577 E-03

ALFAT= 1.2 E-05

T1= 0.

TO= 50.

E= 2.1 E 06

T= 0.2

D= (E\*T\*\*3)/10.92

U= (2.73/(A\*\*2\*T\*\*2))\*\*0.25

Q0= 0.552

MC= 1.31

G= 2\*U\*MC+Q0

X= 1.

N= 1

DO 10 I=1,20

X1(N)=X\*I

UX= U\*X\*I

DBX=DBX1(U,D,G,UX,Q0)

CALL SU11 (Q0,UX,G,D,DBX,ALFAT,T1,N,QX1,MX)

CALL SU12 (Q0,UX,G,U,D,E,T,A,Q1,Q2,ALFAT,ENX,N,T1,ES,EX,WO,

+ TO,NS,MS,NX,#1,DBX,X1)

10 N= N+1

DO 20 K=I,101,20

X1(N)=X\*K

UX= U\*X\*K

DBX=DBX1(U,D,G,UX,Q0)

CALL SU12 (Q0,UX,G,U,D,E,T,A,Q1,Q2,ALFAT,ENX,N,T1,ES,EX,WO,

+ TO,NS,MS,NX,#1,DBX,X1)

20 N= N+1

N= 46

X2= X

X= 0.

PAGE 2

```
QO= 0.0526
MO=-0.0613
G= 2*U*MO+QO
DO 30 J=1,21
X1(N)= X2*(123-J)
UX= U*X*J
DBX=DBX1(U,D,G,UX,QO)
CALL SU11 (QO,UX,G,D,DBX,ALFAT,T1,N,QX1,MX)
UX= X1(N)*U
DBX=DBX1(U,D,G,UX,QO)
CALL SU12 (QO,UX,G,U,D,E,T,A,Q1,Q2,ALFAT,ENX,N,T1,ES,EX,WC,
+ TO,NS,MS,NX,W1,DBX,X1)
X= 1.
10 N= N-1
WRITE(3,100)(X1(I),QX1(I),MX(I),MS(I),NX(I),NS(I),W1(I),
+ I=1,46)
100 FORMAT(4X,F4.0,3X,E11.3,3X,E11.3,3X,E11.3,3X,F5.1,3X,F5.1,3X,
+ F6.4)
CALL EXIT
END
```

FEATURES SUPPORTED  
ONE WORD INTEGERS  
EXTENDED PRECISION  
COCS

MEMORY REQUIREMENTS FOR  
COMMO. 0 VARIABLES 1068 PROGRAM 716

MODE OF COMPILATION

■ XEQ

\*\*\*\*\*  
 A N I L L O A  
 \*\*\*\*\*

X	QX	MX	MS	NX	NS	..
1.	0.621E 00	-0.339E 01	-0.101E 01	-7.5	6.3	0.1202
2.	0.624E 00	-0.276E 01	-0.829E 00	-7.5	-4.2	0.1154
3.	0.583E 00	-0.215E 01	-0.647E 00	-7.6	-10.9	0.1124
4.	0.515E 00	-0.160E 01	-0.482E 00	-7.6	-14.5	0.1107
5.	0.435E 00	-0.113E 01	-0.339E 00	-7.6	-15.8	0.1101
6.	0.351E 00	-0.737E 00	-0.221E 00	-7.7	-15.6	0.1102
7.	0.272E 00	-0.426E 00	-0.127E 00	-7.7	-14.3	0.1108
8.	0.200E 00	-0.191E 00	-0.573E 01	-7.6	-12.4	0.1117
3.	0.139E 00	-0.220E 01	-0.662E 02	-7.0	-10.3	0.1127
10.	0.890E 01	0.911E 01	0.273E 01	-7.9	-8.1	0.1137
11.	0.497E 01	0.159E 00	0.479E 01	-8.0	-6.0	0.1147
12.	0.201E 01	0.193E 00	0.581E 01	-8.1	-4.1	0.1155
13.	-0.742E 03	0.202E 00	0.608E 01	-8.2	-2.5	0.1163
14.	-0.145E 01	0.194E 00	0.584E 01	-8.3	-1.2	0.1169
15.	-0.226E 01	0.175E 00	0.527E 01	-6.4	-0.2	0.1174
15.	-0.264E 01	0.150E 00	0.452E 01	-8.5	0.4	0.1176
17.	-0.271E 01	0.123E 00	0.371E 01	-0.7	1.0	0.1180
18.	-0.257E 01	0.972E 01	0.291E 01	-8.8	1.4	0.1182
19.	-0.230E 01	0.727E 01	0.218E 01	-8.9	1.6	0.1184
20.	-0.196E 01	0.514E 01	0.154E 01	-9.1	1.7	0.1185
21.	0.000E 00	0.000E 00	0.100E 01	-9.2	1.8	0.1185
41.	0.000E 00	0.000E 00	-0.426E 03	-14.1	2.2	0.1194
61.	0.000E 00	0.000E 00	-0.506E 03	-22.1	2.4	0.1210
81.	0.000E 00	0.000E 00	-0.502E 03	-33.3	2.5	0.1231
101.	0.000E 00	0.000E 00	-0.502E 03	-47.6	2.6	0.1250
132.	-0.588E 03	-0.148E 02	-0.502E 03	-48.4	2.7	0.1257
103.	-0.835E 03	-0.773E 03	-0.502E 03	-49.2	2.7	0.1260
104.	-0.112E 02	0.202E 03	-0.502E 03	-50.0	2.8	0.1260
105.	-0.143E 02	0.148E 02	-0.502E 03	-50.8	2.8	0.1261
106.	-0.176E 02	0.308E 02	-0.502E 03	-51.6	2.9	0.1262
107.	-0.207E 02	0.500E 02	-0.502E 03	-52.5	2.9	0.1264
108.	-0.232E 02	0.720E 02	-0.502E 03	-53.3	3.0	0.1265
109.	-0.245E 02	0.960E 02	-0.502E 03	-54.1	3.1	0.1267
110.	-0.239E 02	0.120E 01	-0.502E 03	-55.0	3.1	0.1268
111.	-0.206E 02	0.143E 01	-0.502E 03	-55.9	3.2	0.1270
112.	-0.133E 02	0.160E 01	-0.502E 03	-56.8	3.2	0.1271
113.	-0.105E 02	0.168E 01	-0.502E 03	-57.6	3.3	0.1272
114.	0.176E 02	0.160E 01	-0.502E 03	-58.5	3.3	0.1274
115.	0.441E 02	0.130E 01	-0.502E 03	-59.4	3.4	0.1276
116.	0.795E 02	0.691E 02	-0.502E 03	-60.3	3.4	0.1277
117.	0.124E 01	-0.320E 02	-0.502E 03	-61.2	3.5	0.1279
118.	0.179E 01	-0.183E 01	-0.502E 03	-62.2	3.6	0.1280
119.	0.244E 01	-0.394E 01	-0.502E 03	-63.1	3.6	0.1282
120.	0.315E 01	-0.674E 01	-0.502E 03	-64.0	3.7	0.1283
121.	0.391E 01	-0.102E 00	-0.502E 03	-65.0	3.7	0.1285
122.	0.526E 01	-0.195E 00	-0.502E 03	-65.9	3.8	0.1286



\*\*\*\*\*  
 A N I L L O B  
 \*\*\*\*\*

X	QX	MX	MS	NX	NS	W
1.	0.651E-01	-0.378E 00	-0.113E 00	-73.4	8.2	0.1319
2.	0.683E-01	-0.310E 00	-0.932E-01	-73.4	6.8	0.1312
3.	0.652E-01	-0.243E 00	-0.731E-01	-73.5	5.9	0.1307
4.	0.582E-01	-0.181E 00	-0.545E-01	-73.5	5.4	0.1305
5.	0.492E-01	-0.127E 00	-0.383E-01	-73.5	5.2	0.1304
6.	0.397E-01	-0.834E-01	-0.250E-01	-73.6	5.2	0.1304
7.	0.304E-01	-0.484E-01	-0.145E-01	-73.6	5.4	0.1305
8.	0.222E-01	-0.221E-01	-0.664E-02	-73.7	5.7	0.1307
9.	0.151E-01	-0.358E-02	-0.107E-02	-73.7	6.0	0.1308
10.	0.944E-02	0.861E-02	0.258E-02	-73.8	6.3	0.1310
11.	0.502E-02	0.157E-01	0.472E-02	-73.9	6.6	0.1312
12.	0.178E-02	0.190E-01	0.571E-02	-74.0	6.9	0.1313
13.	-0.449E-03	0.196E-01	0.589E-02	-74.1	7.1	0.1314
14.	-0.186E-02	0.184E-01	0.553E-02	-74.2	7.3	0.1316
15.	-0.263E-02	0.161E-01	0.484E-02	-74.3	7.5	0.1317
16.	-0.293E-02	0.133E-01	0.399E-02	-74.4	7.6	0.1318
17.	-0.290E-02	0.103E-01	0.311E-02	-74.6	7.7	0.1318
18.	-0.266E-02	0.758E-02	0.227E-02	-74.7	7.8	0.1319
19.	-0.230E-02	0.509E-02	0.152E-02	-74.8	7.9	0.1320
20.	-0.189E-02	0.299E-02	0.897E-03	-75.0	7.9	0.1320
21.	0.000E 00	0.000E 00	0.389E-03	-75.1	8.0	0.1321
41.	0.000E 00	0.000E 00	-0.395E-03	-80.0	9.0	0.1333
61.	0.000E 00	0.000E 00	-0.406E-03	-88.0	10.2	0.1352
81.	0.000E 00	0.000E 00	-0.406E-03	-99.2	11.3	0.1374
101.	0.000E 00	0.000E 00	-0.406E-03	-113.5	12.4	0.1402
102.	-0.205E-03	-0.158E-02	-0.406E-03	-114.3	12.5	0.1404
103.	-0.332E-03	-0.132E-02	-0.406E-03	-115.1	12.5	0.1405
104.	-0.488E-03	-0.914E-03	-0.406E-03	-115.9	12.6	0.1407
105.	-0.673E-03	-0.335E-03	-0.406E-03	-116.7	12.6	0.1408
106.	-0.878E-03	0.438E-03	-0.406E-03	-117.5	12.7	0.1410
107.	-0.109E-02	0.142E-02	-0.406E-03	-118.4	12.7	0.1411
108.	-0.129E-02	0.261E-02	-0.406E-03	-119.2	12.8	0.1413
109.	-0.145E-02	0.399E-02	-0.406E-03	-120.0	12.9	0.1415
110.	-0.153E-02	0.550E-02	-0.406E-03	-120.9	12.9	0.1416
111.	-0.146E-02	0.701E-02	-0.406E-03	-121.8	13.0	0.1418
112.	-0.119E-02	0.836E-02	-0.406E-03	-122.7	13.0	0.1419
113.	-0.642E-03	0.931E-02	-0.406E-03	-123.5	13.1	0.1421
114.	0.293E-03	0.952E-02	-0.406E-03	-124.4	13.1	0.1423
115.	0.170E-02	0.857E-02	-0.406E-03	-125.3	13.2	0.1424
116.	0.368E-02	0.592E-02	-0.406E-03	-126.2	13.2	0.1426
117.	0.631E-02	0.986E-03	-0.406E-03	-127.1	13.3	0.1428
118.	0.962E-02	-0.692E-02	-0.406E-03	-128.1	13.4	0.1430
119.	0.136E-01	-0.184E-01	-0.406E-03	-129.0	13.4	0.1431
120.	0.181E-01	-0.343E-01	-0.406E-03	-129.9	13.5	0.1433
121.	0.230E-01	-0.549E-01	-0.406E-03	-130.9	13.5	0.1435
122.	0.322E-01	-0.110E 00	-0.406E-03	-131.8	13.6	0.1437

\*\*\*\*\*  
 ANILLO C  
 \*\*\*\*\*

X	QX	MX	MS	NX	NS	W
1.	0.385E-01	-0.231E 00	-0.695E-01	-139.3	14.3	0.1423
2.	0.401E-01	-0.192E 00	-0.576E-01	-139.3	13.6	0.1420
3.	0.383E-01	-0.152E 00	-0.458E-01	-139.4	13.1	0.1416
4.	0.345E-01	-0.116E 00	-0.348E-01	-139.4	12.9	0.1417
5.	0.296E-01	-0.839E-01	-0.251E-01	-139.4	12.8	0.1416
6.	0.243E-01	-0.570E-01	-0.171E-01	-139.5	12.9	0.1416
7.	0.191E-01	-0.353E-01	-0.105E-01	-139.5	13.0	0.1417
8.	0.143E-01	-0.186E-01	-0.558E-02	-139.6	13.1	0.1418
9.	0.101E-01	-0.641E-02	-0.192E-02	-139.6	13.3	0.1419
10.	0.674E-02	0.200E-02	0.600E-03	-139.7	13.5	0.1420
11.	0.399E-02	0.731E-02	0.219E-02	-139.8	13.7	0.1421
12.	0.189E-02	0.102E-01	0.306E-02	-139.9	13.9	0.1422
13.	0.376E-03	0.113E-01	0.339E-02	-140.0	14.0	0.1423
14.	-0.655E-03	0.111E-01	0.335E-02	-140.1	14.2	0.1423
15.	-0.129E-02	0.101E-01	0.303E-02	-140.2	14.3	0.1424
16.	-0.162E-02	0.864E-02	0.259E-02	-140.3	14.4	0.1425
17.	-0.173E-02	0.694E-02	0.208E-02	-140.5	14.5	0.1425
18.	-0.168E-02	0.522E-02	0.156E-02	-140.6	14.6	0.1426
19.	-0.153E-02	0.361E-02	0.108E-02	-140.7	14.6	0.1426
20.	-0.133E-02	0.217E-02	0.652E-03	-140.9	14.7	0.1427
21.	0.000E 00	0.000E 00	0.287E-03	-141.0	14.8	0.1427
41.	0.000E 00	0.000E 00	-0.498E-03	-145.9	15.8	0.1459
61.	0.000E 00	0.000E 00	-0.502E-03	-153.9	17.0	0.1455
81.	0.000E 00	0.000E 00	-0.502E-03	-165.1	18.1	0.1476
101.	0.000E 00	0.000E 00	-0.502E-03	-179.4	19.2	0.1501
102.	-0.500E-03	-0.174E-02	-0.502E-03	-180.2	19.3	0.1502
103.	-0.735E-03	-0.112E-02	-0.502E-03	-181.0	19.3	0.1504
104.	-0.101E-02	-0.256E-03	-0.502E-03	-181.8	19.4	0.1505
105.	-0.132E-02	0.910E-03	-0.502E-03	-182.6	19.4	0.1507
106.	-0.166E-02	0.240E-02	-0.502E-03	-183.4	19.5	0.1508
107.	-0.199E-02	0.423E-02	-0.502E-03	-184.3	19.5	0.1509
108.	-0.228E-02	0.637E-02	-0.502E-03	-185.1	19.6	0.1511
109.	-0.248E-02	0.877E-02	-0.502E-03	-185.9	19.7	0.1512
110.	-0.253E-02	0.112E-01	-0.502E-03	-186.8	19.7	0.1514
111.	-0.233E-02	0.137E-01	-0.502E-03	-187.7	19.8	0.1515
112.	-0.179E-02	0.158E-01	-0.502E-03	-188.6	19.8	0.1517
113.	-0.795E-03	0.172E-01	-0.502E-03	-189.4	19.9	0.1518
114.	0.805E-03	0.172E-01	-0.502E-03	-190.3	19.9	0.1520
115.	0.313E-02	0.153E-01	-0.502E-03	-191.2	20.0	0.1521
116.	0.633E-02	0.106E-01	-0.502E-03	-192.1	20.0	0.1523
117.	0.105E-01	0.235E-02	-0.502E-03	-193.0	20.1	0.1524
118.	0.157E-01	-0.106E-01	-0.502E-03	-194.0	20.2	0.1526
119.	0.219E-01	-0.293E-01	-0.502E-03	-194.9	20.2	0.1527
120.	0.290E-01	-0.547E-01	-0.502E-03	-195.8	20.3	0.1529
121.	0.366E-01	-0.875E-01	-0.502E-03	-196.8	20.3	0.1530
122.	0.515E-01	-0.176E 00	-0.502E-03	-197.7	20.4	0.1532

\*\*\*\*\*

A N I L L O

\*\*\*\*\*

X	CX	MX	MS	NX	NS	
1.	0.598E-01	-0.401E 00	-0.120E 00	-205.2	21.4	0.1470
2.	0.622E-01	-0.339E 00	-0.101E 00	-205.2	20.5	0.1467
3.	0.603E-01	-0.278E 00	-0.834E-01	-205.3	19.3	0.1465
4.	0.556E-01	-0.220E 00	-0.660E-01	-205.3	19.5	0.1463
5.	0.492E-01	-0.167E 00	-0.502E-01	-205.3	19.3	0.1463
6.	0.420E-01	-0.121E 00	-0.365E-01	-205.4	19.3	0.1463
7.	0.346E-01	-0.834E-01	-0.250E-01	-205.4	19.3	0.1463
8.	0.275E-01	-0.524E-01	-0.157E-01	-205.5	19.5	0.1463
9.	0.211E-01	-0.281E-01	-0.843E-02	-205.5	19.7	0.1464
10.	0.154E-01	-0.985E-02	-0.295E-02	-205.6	19.9	0.1465
11.	0.107E-01	0.317E-02	0.951E-03	-205.7	20.1	0.1466
12.	0.679E-02	0.118E-01	0.355E-02	-205.8	20.3	0.1467
13.	0.369E-02	0.170E-01	0.510E-02	-205.9	20.6	0.1468
14.	0.135E-02	0.194E-01	0.584E-02	-206.0	20.7	0.1469
15.	-0.346E-03	0.199E-01	0.598E-02	-206.1	20.9	0.1470
16.	-0.150E-02	0.189E-01	0.569E-02	-206.2	21.1	0.1470
17.	-0.221E-02	0.170E-01	0.512E-02	-206.4	21.2	0.1471
18.	-0.259E-02	0.146E-01	0.440E-02	-206.5	21.3	0.1471
19.	-0.269E-02	0.120E-01	0.360E-02	-206.6	21.4	0.1472
20.	-0.261E-02	0.935E-02	0.280E-02	-206.8	21.5	0.1472
21.	0.000E 00	0.000E 00	0.204E-02	-206.9	21.6	0.1473
41.	0.000E 00	0.000E 00	-0.830E-03	-211.8	22.6	0.1482
61.	0.000E 00	0.000E 00	-0.784E-03	-219.8	23.8	0.1490
81.	0.000E 00	0.000E 00	-0.784E-03	-231.0	24.9	0.1512
101.	0.000E 00	0.000E 00	-0.784E-03	-245.3	26.0	0.1532
102.	-0.107E-02	-0.799E-04	-0.784E-03	-246.1	26.1	0.1533
103.	-0.128E-02	0.110E-02	-0.784E-03	-246.9	26.1	0.1534
104.	-0.151E-02	0.250E-02	-0.784E-03	-247.7	26.2	0.1535
105.	-0.170E-02	0.412E-02	-0.784E-03	-248.5	26.2	0.1536
106.	-0.184E-02	0.590E-02	-0.784E-03	-249.3	26.3	0.1537
107.	-0.189E-02	0.778E-02	-0.784E-03	-250.2	26.3	0.1538
108.	-0.181E-02	0.965E-02	-0.784E-03	-251.0	26.4	0.1540
109.	-0.154E-02	0.113E-01	-0.784E-03	-251.8	26.5	0.1541
110.	-0.102E-02	0.126E-01	-0.784E-03	-252.7	26.5	0.1542
111.	-0.199E-03	0.133E-01	-0.784E-03	-253.6	26.6	0.1543
112.	0.101E-02	0.129E-01	-0.784E-03	-254.5	26.6	0.1544
113.	0.269E-02	0.111E-01	-0.784E-03	-255.3	26.7	0.1545
114.	0.490E-02	0.737E-02	-0.784E-03	-256.2	26.7	0.1547
115.	0.758E-02	0.112E-02	-0.784E-03	-257.1	26.8	0.1548
116.	0.110E-01	-0.821E-02	-0.784E-03	-258.0	26.8	0.1549
117.	0.151E-01	-0.212E-01	-0.784E-03	-258.9	26.9	0.1550
118.	0.196E-01	-0.386E-01	-0.784E-03	-259.9	27.0	0.1551
119.	0.246E-01	-0.607E-01	-0.784E-03	-260.8	27.0	0.1553
120.	0.298E-01	-0.880E-01	-0.784E-03	-261.7	27.1	0.1554
121.	0.349E-01	-0.120E 00	-0.784E-03	-262.7	27.1	0.1555
122.	0.427E-01	-0.198E 00	-0.784E-03	-263.6	27.2	0.1556

\*\*\*\*\*  
 A N I L L O E  
 \*\*\*\*\*

X	QX	MX	MS	NX	NS	W
1.	0.516E-01	-0.398E 00	-0.119E 00	-271.1	28.4	0.1526
2.	0.552E-01	-0.344E 00	-0.103E 00	-271.1	27.6	0.1523
3.	0.550E-01	-0.289E 00	-0.867E-01	-271.2	27.0	0.1521
4.	0.520E-01	-0.235E 00	-0.706E-01	-271.2	26.6	0.1520
5.	0.472E-01	-0.185E 00	-0.557E-01	-271.2	26.4	0.1519
6.	0.414E-01	-0.141E 00	-0.424E-01	-271.3	26.3	0.1519
7.	0.352E-01	-0.102E 00	-0.308E-01	-271.3	26.3	0.1519
8.	0.291E-01	-0.707E-01	-0.212E-01	-271.4	26.4	0.1519
9.	0.232E-01	-0.445E-01	-0.133E-01	-271.4	26.6	0.1520
10.	0.179E-01	-0.240E-01	-0.720E-02	-271.5	26.7	0.1521
11.	0.132E-01	-0.846E-02	-0.253E-02	-271.6	26.9	0.1521
12.	0.932E-02	0.278E-02	0.836E-03	-271.7	27.1	0.1522
13.	0.604E-02	0.104E-01	0.312E-02	-271.8	27.3	0.1523
14.	0.342E-02	0.150E-01	0.452E-02	-271.9	27.5	0.1524
15.	0.139E-02	0.174E-01	0.523E-02	-272.0	27.7	0.1524
16.	-0.101E-03	0.180E-01	0.541E-02	-272.1	27.8	0.1525
17.	-0.115E-02	0.174E-01	0.522E-02	-272.3	27.9	0.1525
18.	-0.183E-02	0.158E-01	0.476E-02	-272.4	28.1	0.1526
19.	-0.222E-02	0.138E-01	0.414E-02	-272.5	28.2	0.1526
20.	-0.238E-02	0.115E-01	0.345E-02	-272.7	28.3	0.1527
21.	0.000E 00	0.000E 00	0.273E-02	-272.8	28.3	0.1527
41.	0.000E 00	0.000E 00	-0.108E-02	-277.7	29.4	0.1536
61.	0.000E 00	0.000E 00	-0.981E-03	-285.7	30.6	0.1547
81.	0.000E 00	0.000E 00	-0.984E-03	-296.9	31.7	0.1562
101.	0.000E 00	0.000E 00	-0.984E-03	-311.2	32.8	0.1580
102.	-0.107E-02	0.184E-03	-0.984E-03	-312.0	32.9	0.1581
103.	-0.123E-02	0.134E-02	-0.984E-03	-312.8	32.9	0.1582
104.	-0.137E-02	0.265E-02	-0.984E-03	-313.6	33.0	0.1583
105.	-0.147E-02	0.408E-02	-0.984E-03	-314.4	33.0	0.1584
106.	-0.149E-02	0.557E-02	-0.984E-03	-315.2	33.1	0.1585
107.	-0.142E-02	0.704E-02	-0.984E-03	-316.1	33.1	0.1586
108.	-0.122E-02	0.838E-02	-0.984E-03	-316.9	33.2	0.1587
109.	-0.846E-03	0.943E-02	-0.984E-03	-317.7	33.3	0.1588
110.	-0.250E-03	0.100E-01	-0.984E-03	-318.6	33.3	0.1589
111.	0.611E-03	0.984E-02	-0.984E-03	-319.5	33.4	0.1590
112.	0.178E-02	0.867E-02	-0.984E-03	-320.4	33.4	0.1591
113.	0.332E-02	0.614E-02	-0.984E-03	-321.2	33.5	0.1592
114.	0.526E-02	0.188E-02	-0.984E-03	-322.1	33.5	0.1593
115.	0.763E-02	-0.453E-02	-0.984E-03	-323.0	33.6	0.1594
116.	0.104E-01	-0.135E-01	-0.984E-03	-323.9	33.6	0.1595
117.	0.136E-01	-0.265E-01	-0.984E-03	-324.8	33.7	0.1596
118.	0.172E-01	-0.409E-01	-0.984E-03	-325.8	33.8	0.1598
119.	0.210E-01	-0.601E-01	-0.984E-03	-326.7	33.8	0.1599
120.	0.249E-01	-0.831E-01	-0.984E-03	-327.6	33.9	0.1600
121.	0.286E-01	-0.109E 00	-0.984E-03	-328.6	33.9	0.1601
122.	0.340E-01	-0.173E 00	-0.984E-03	-329.5	34.0	0.1602

\*\*\*\*\*  
 A N I L L O F  
 \*\*\*\*\*

X	OX	MX	MS	NX	NS	N
1.	0.339E-01	-0.188E 00	-0.566E-01	-337.0	33.8	0.1579
2.	0.323E-01	-0.155E 00	-0.466E-01	-337.0	33.6	0.1579
3.	0.295E-01	-0.124E 00	-0.373E-01	-337.1	33.5	0.1578
4.	0.262E-01	-0.965E-01	-0.289E-01	-337.1	33.5	0.1578
5.	0.225E-01	-0.721E-01	-0.216E-01	-337.1	33.5	0.1578
6.	0.188E-01	-0.514E-01	-0.154E-01	-337.2	33.6	0.1579
7.	0.153E-01	-0.343E-01	-0.103E-01	-337.2	33.7	0.1579
8.	0.120E-01	-0.207E-01	-0.621E-02	-337.3	33.8	0.1579
9.	0.913E-02	-0.101E-01	-0.305E-02	-337.3	33.9	0.1580
10.	0.662E-02	-0.232E-02	-0.697E-03	-337.4	34.1	0.1580
11.	0.450E-02	0.320E-02	0.961E-03	-337.5	34.2	0.1581
12.	0.278E-02	0.681E-02	0.204E-02	-337.6	34.3	0.1581
13.	0.141E-02	0.889E-02	0.266E-02	-337.7	34.4	0.1581
14.	0.376E-03	0.976E-02	0.292E-02	-337.8	34.6	0.1582
15.	-0.385E-03	0.973E-02	0.292E-02	-337.9	34.7	0.1583
16.	-0.911E-03	0.907E-02	0.272E-02	-338.0	34.8	0.1583
17.	-0.124E-02	0.798E-02	0.239E-02	-338.2	34.9	0.1583
18.	-0.142E-02	0.663E-02	0.199E-02	-338.3	34.9	0.1584
19.	-0.147E-02	0.517E-02	0.155E-02	-338.4	35.0	0.1584
20.	-0.144E-02	0.370E-02	0.111E-02	-338.6	35.1	0.1585
21.	0.000E 00	0.000E 00	0.690E-03	-338.7	35.1	0.1585
41.	0.000E 00	0.000E 00	-0.118E-02	-343.6	36.2	0.1593
61.	0.000E 00	0.000E 00	-0.112E-02	-351.6	37.4	0.1604
81.	0.000E 00	0.000E 00	-0.112E-02	-362.8	38.5	0.1617
101.	0.000E 00	0.000E 00	-0.112E-02	-377.1	39.6	0.1634
102.	-0.893E-03	0.526E-03	-0.112E-02	-377.9	39.7	0.1635
103.	-0.932E-03	0.144E-02	-0.112E-02	-378.7	39.7	0.1636
104.	-0.924E-03	0.237E-02	-0.112E-02	-379.5	39.8	0.1637
105.	-0.851E-03	0.327E-02	-0.112E-02	-380.3	39.8	0.1638
106.	-0.692E-03	0.405E-02	-0.112E-02	-381.1	39.9	0.1639
107.	-0.422E-03	0.461E-02	-0.112E-02	-382.0	39.9	0.1640
108.	-0.162E-04	0.485E-02	-0.112E-02	-382.8	40.0	0.1640
109.	0.554E-03	0.459E-02	-0.112E-02	-383.6	40.1	0.1641
110.	0.131E-02	0.367E-02	-0.112E-02	-384.5	40.1	0.1642
111.	0.229E-02	0.139E-02	-0.112E-02	-385.4	40.2	0.1643
112.	0.351E-02	-0.988E-03	-0.112E-02	-386.3	40.2	0.1644
113.	0.497E-02	-0.521E-02	-0.112E-02	-387.1	40.3	0.1645
114.	0.669E-02	-0.110E-01	-0.112E-02	-388.0	40.3	0.1646
115.	0.866E-02	-0.186E-01	-0.112E-02	-388.9	40.4	0.1647
116.	0.108E-01	-0.284E-01	-0.112E-02	-389.8	40.4	0.1648
117.	0.131E-01	-0.403E-01	-0.112E-02	-390.7	40.5	0.1649
118.	0.154E-01	-0.546E-01	-0.112E-02	-391.7	40.6	0.1650
119.	0.177E-01	-0.713E-01	-0.112E-02	-392.6	40.6	0.1651
120.	0.196E-01	-0.900E-01	-0.112E-02	-393.5	40.7	0.1652
121.	0.210E-01	-0.110E 00	-0.112E-02	-394.5	40.7	0.1654
122.	0.210E-01	-0.153E 00	-0.112E-02	-395.4	40.8	0.1655

ANEXO

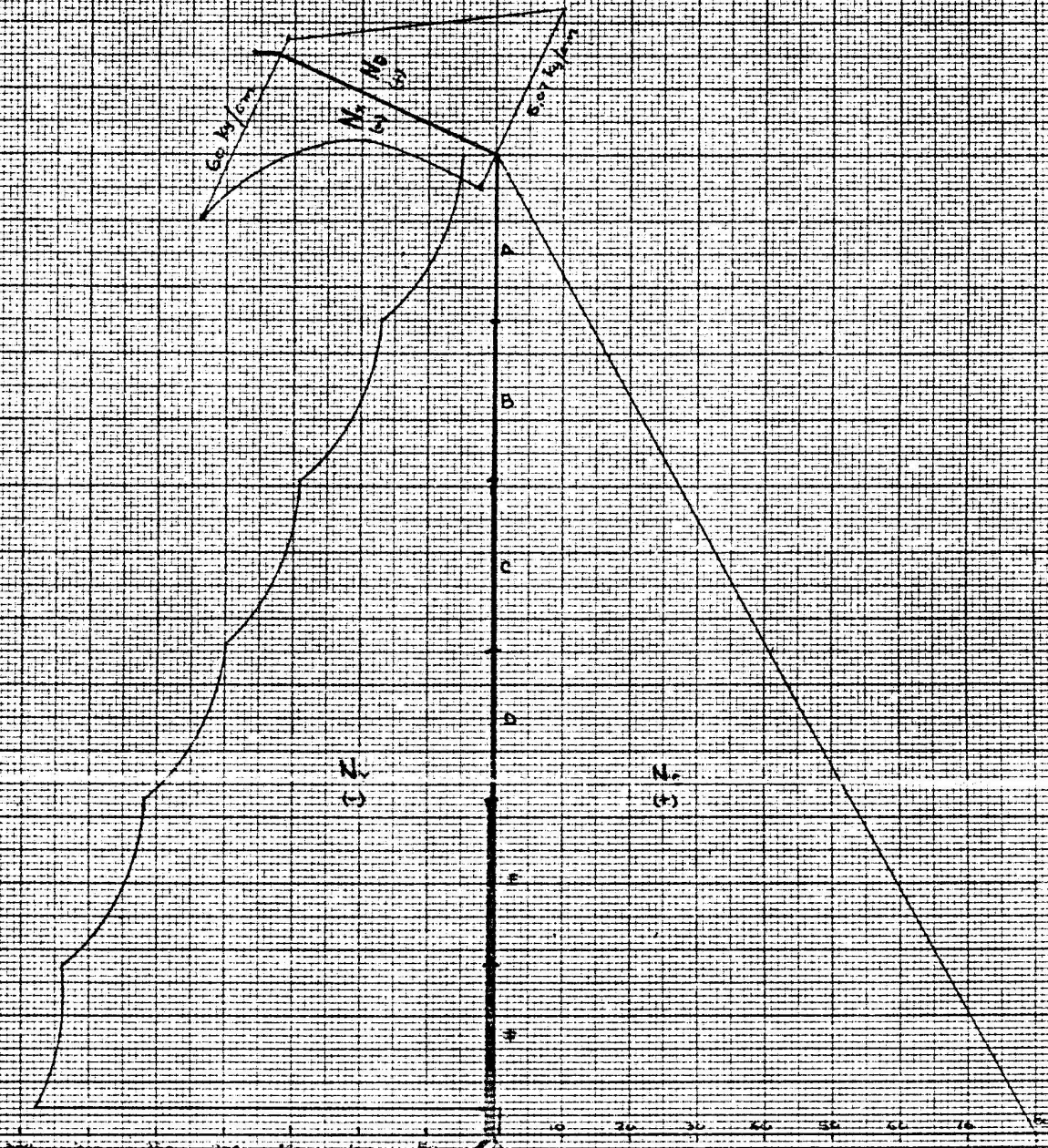
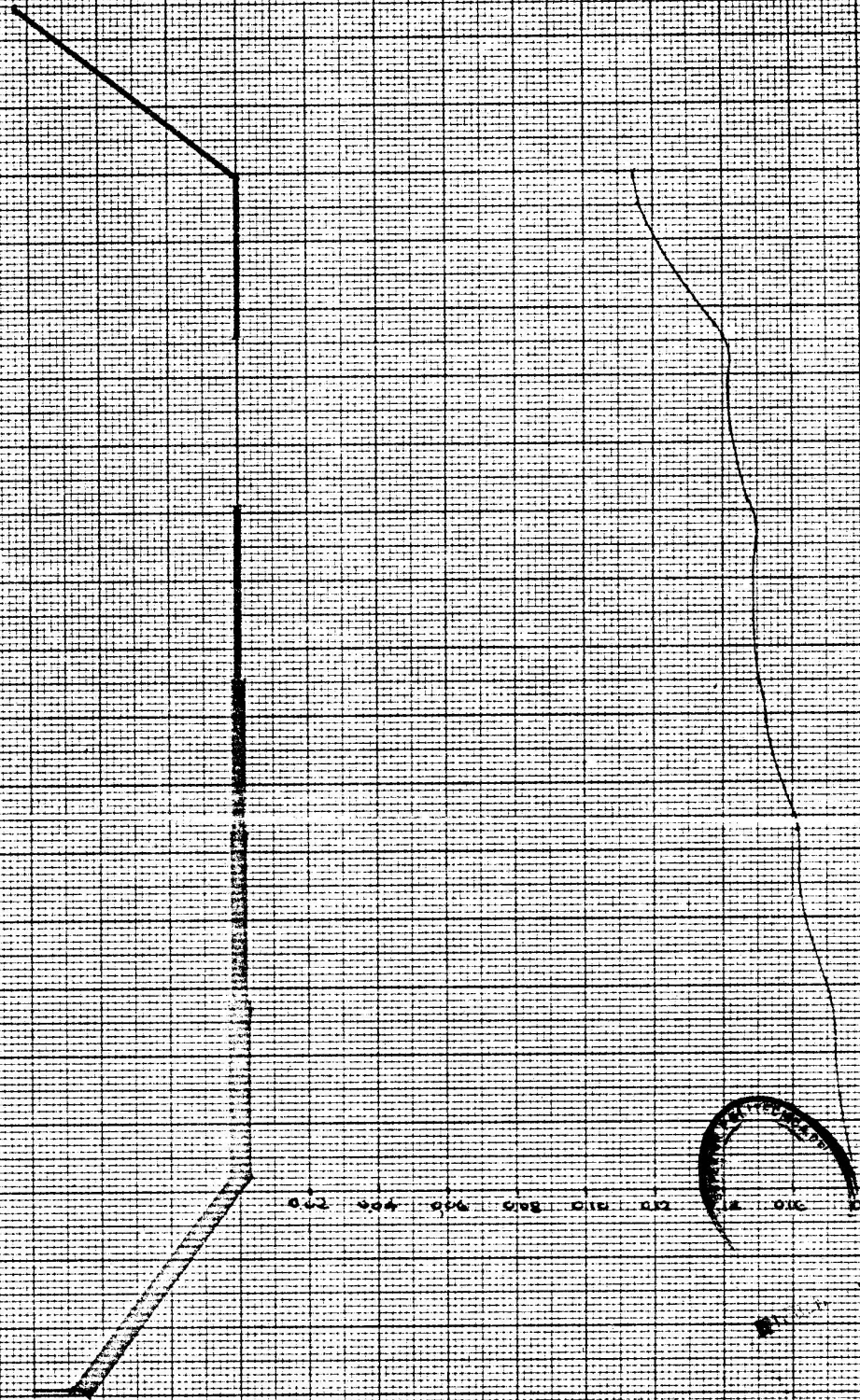


Gráfico Nº 1

ESFUERZOS DE MEMBRANA

Gráfico Nº 2  
DEFORMACIONES DE MEMBRANA



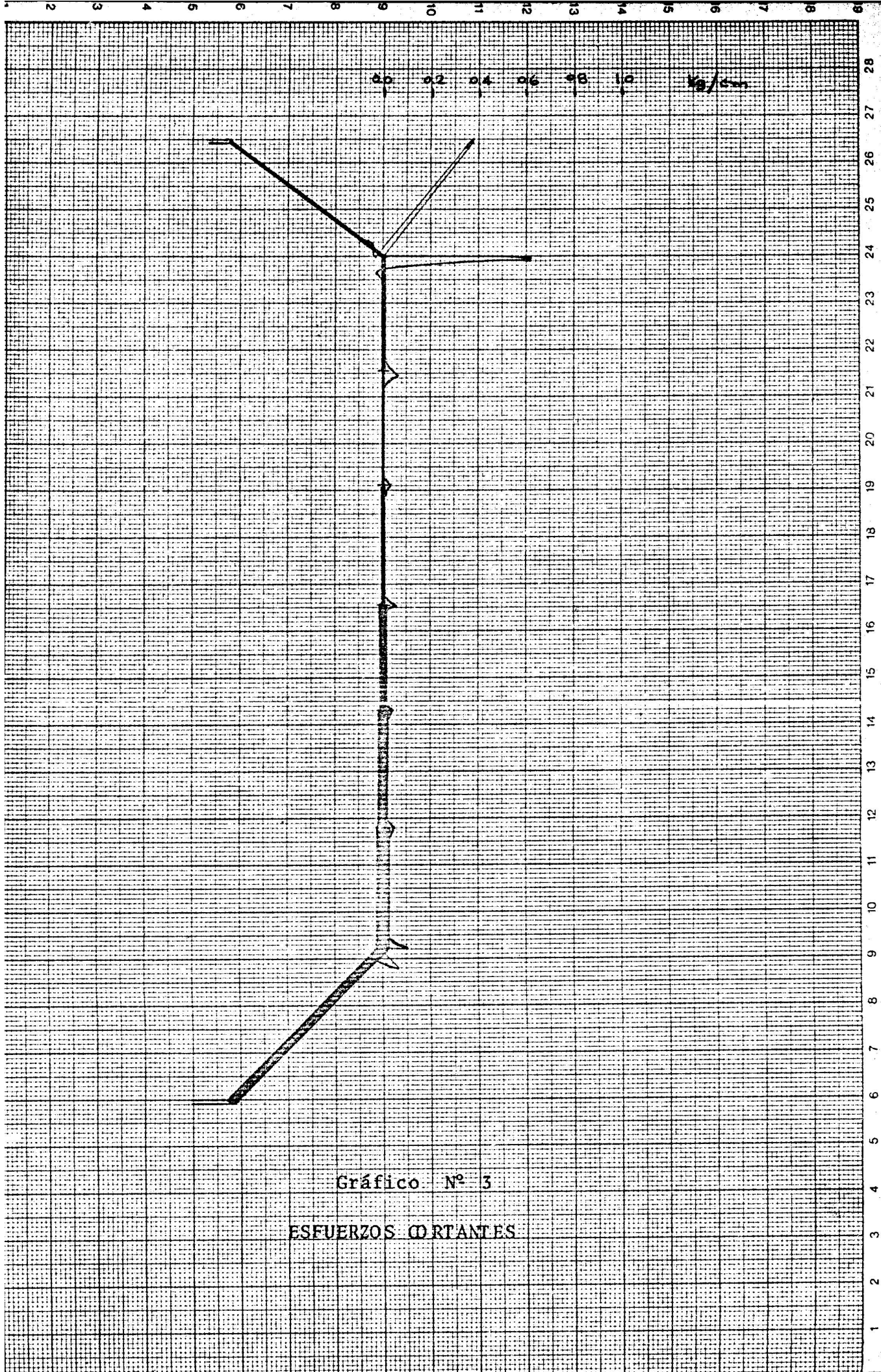


Gráfico. Nº 3

ESFUERZOS CORTANTES

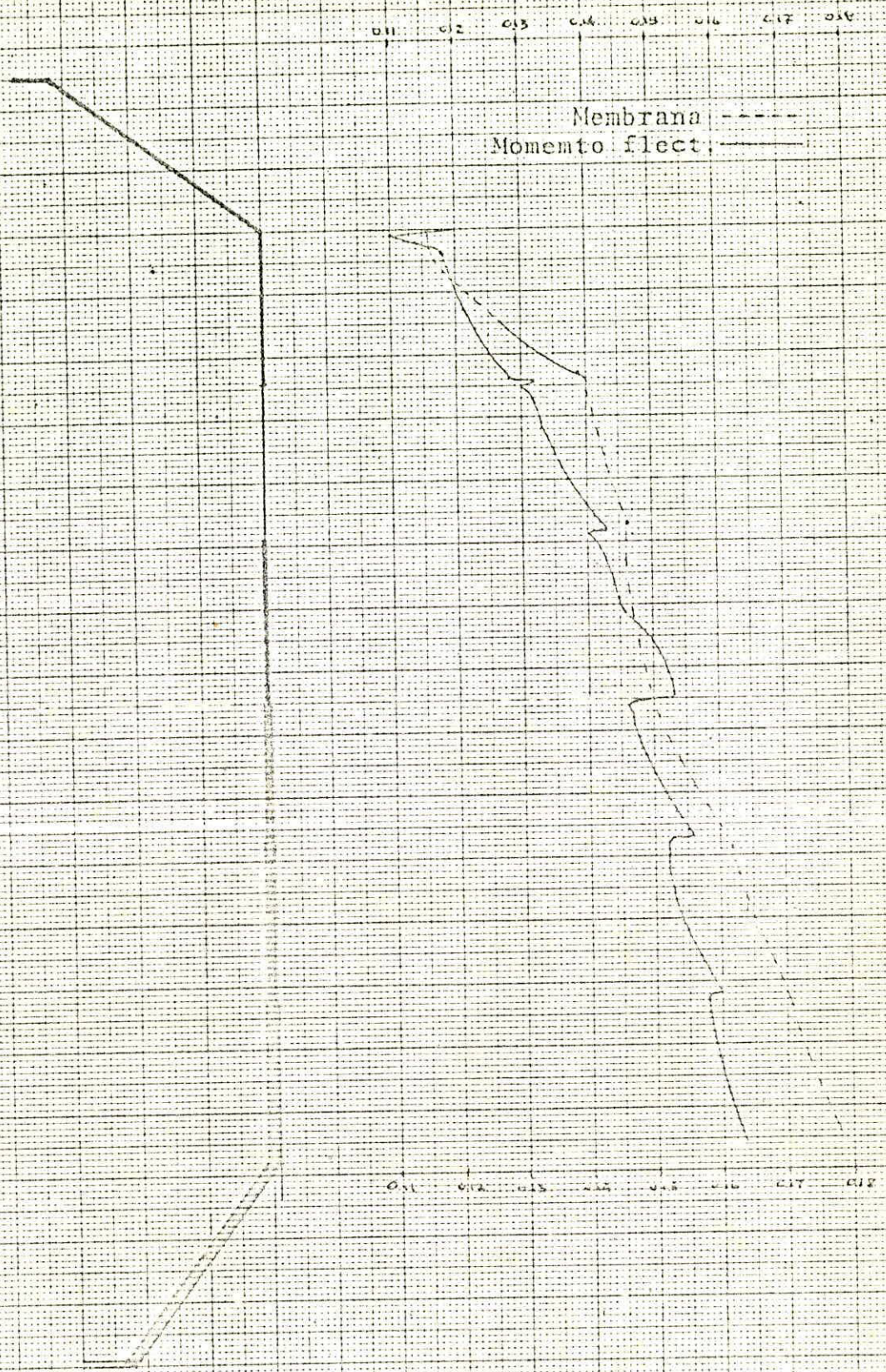
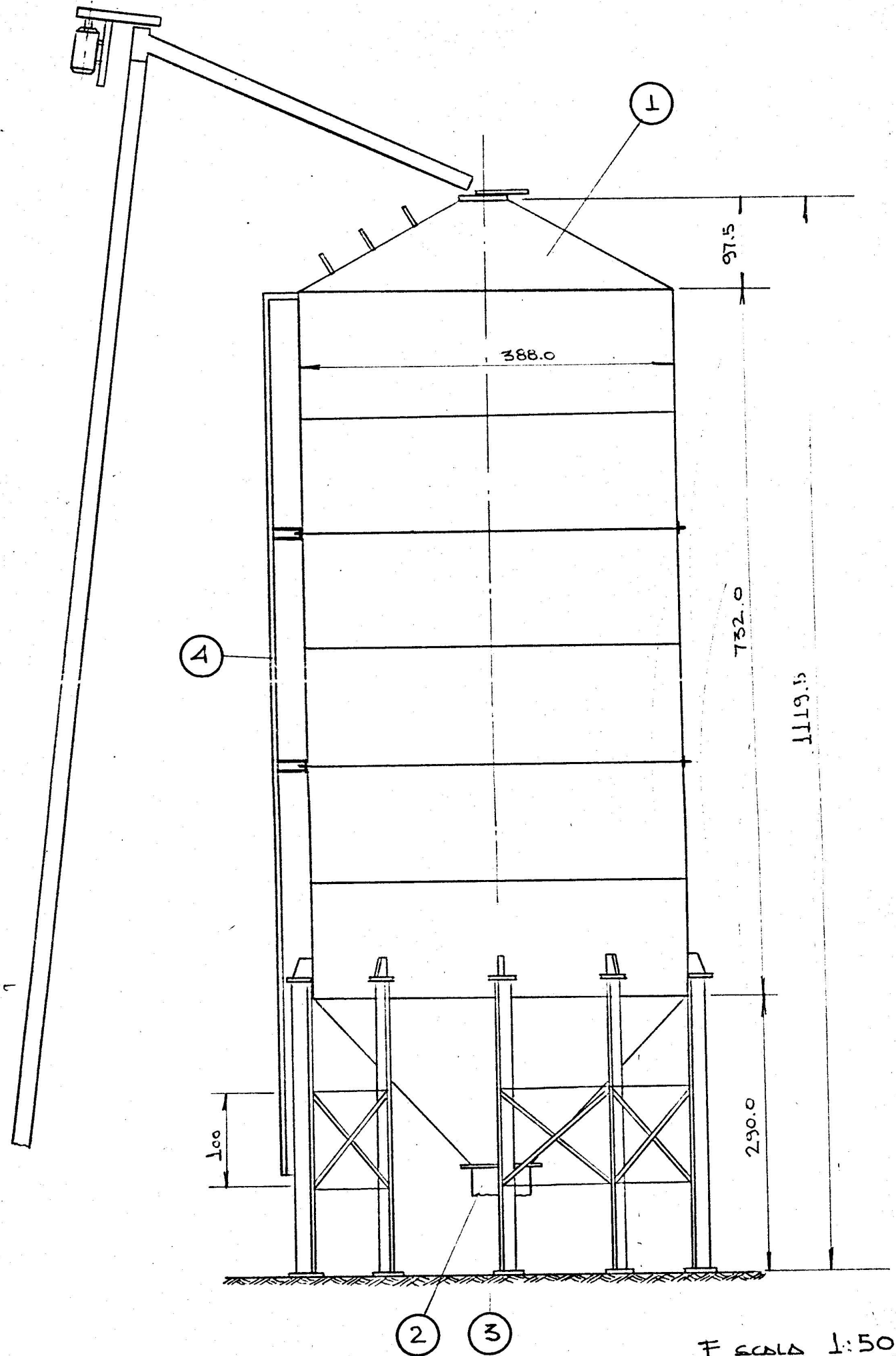


Gráfico N° 4  
 DEFORMACIONES DE MEMBRANA Y  
 MOMENTO FLECTOR

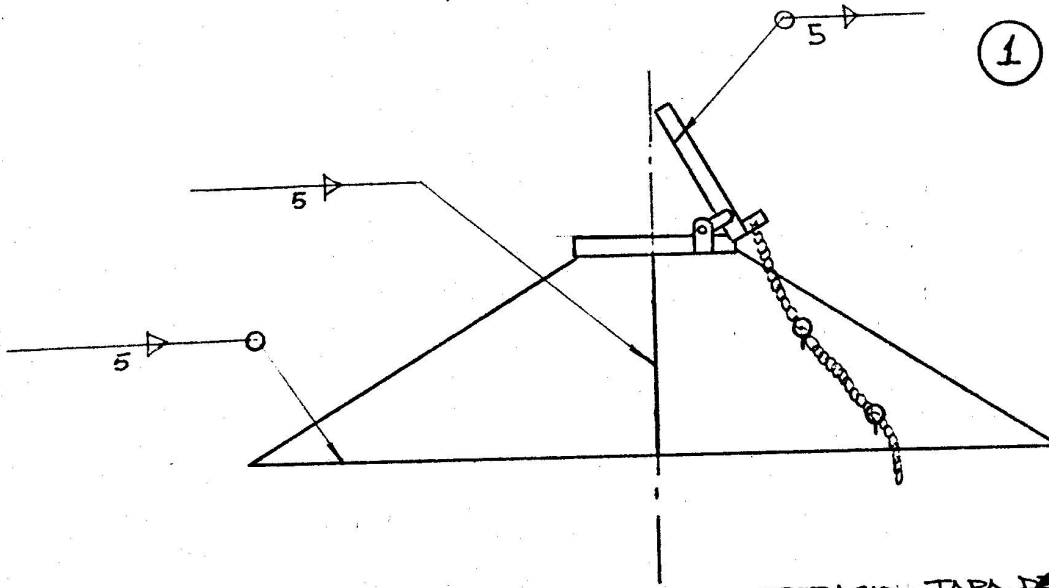
PLANOS



F SCALA 1:50



BIBLIOTECA

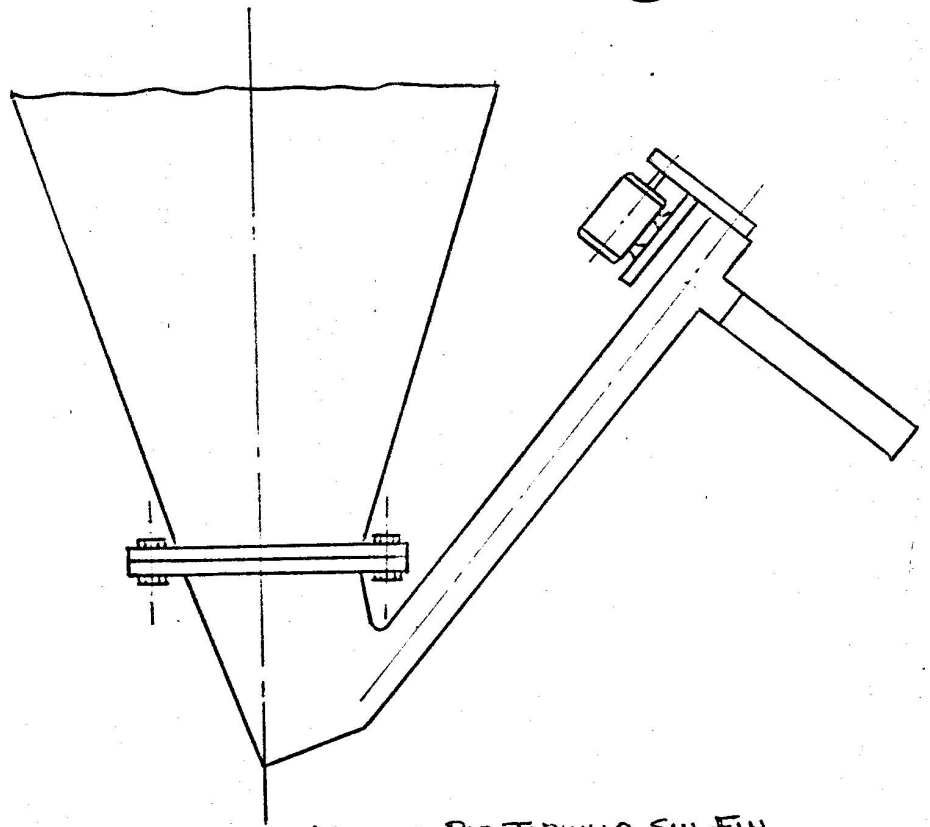


OPERACION TAPA DE VACIADO



BIBLIOTECA

2



VACIADO POR TORNILLO SIN FIN

