DISEÑO NORMALIZADO DE SILOS PARA GRANOS

JULIO BALLADARES G.
AUTOR

ING. ALFREDO TORRES G.
DIRECTOR DE TESIS

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

1977

DEDICATORIA

A mis padres:

Que sin su ayuda material y ejemplo no hubiese podido 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 acertada direccidn 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 Computación v a todas aquellas personas que en una u otra forma contribuyeron para la culminación de esta Tesis.

Un especial agradecimiento para el INEN, por su colaboración 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).

C O N T E N I D O

Pág.

CAPITULO IV.-

NORMAS CARACTERISTICAS DE LOS SILOS MODULARES:

CAPITULO V.-

CAPITULO VI.-

CAPITULO VII.-

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%, kstos datos heron obtenidos por estimaciones de la producción en varios años del MAG. Esto in&= 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 conercialización se extienda a todo el aiio.

Ahora bien, el siguiente paso importante para el presente estudie es determinar los volúmenes que se cmercializa de cada producto, por provincia y por mes. Para ello fue necesario investigar las compras mensuales efectuadas por las industrias de balanceados y cmerciantes mayoristas para el maíz duro y las compras de piladoras para el arroz. Los resultados de estas investigaciones se presentan en el cuadro Nº 1, Apéndice A.

Analizando los datos del Cuadro Nº 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 malt 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 comercializacih sirven de base para establecer los saldos mensuales (producción comercialitada mensual menos consumo mensual) de la producción comercialitada 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 utilizarce, condiciones climatéricas 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 teoria aproximada de membrana y luego por la teoria general de cascarones que incluye la influencia del esfuerzo cortante normal y momento flector en el cascaron, cuando ésta está sometida a la acción de un estado de cargas cualquiera, con el fin de evaluar los resultados de ambos procedimientos. Seguidamente se habla de la tecnología de la construcción, sistema de construcción y posibilidades de ampliación.

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

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

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

Finalmente el capitulo séptimo, es la recopilación de la información utilizada en este proyecto como son: Apéndices, Anexos y Referencias 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 unos casos o para el consumo interno en otros. De allí que para hacer un estudio del sistema de ensilaje disponible en la actualidad, habrá que estudiar tanto el almacenamiento público, como privado por cuanto existe una marcada diferencia en las capacidades del uno respecto al otro.

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

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 Nº 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 pmvincia, 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 Nº 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 MAIZ Y ARROZ, EN LA COSTA.-

Existe una capacidad total & 46677 Tn. para almacenamiento de arroz, mientras que para maíz solo hay disponibles 28266 Tn. (ver cuadro Nº 3, Apéndice A), de los cuales los organisms 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 malz, 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 Nº 4. Se observa que la instalación predominante para el arroz es la bodega y para el malz el silo.

d.-) RENDIMIENTO Y ECONOMIA DEL ALMACENAMIENTO.-

El rendimiento del sistema de almacenamiento empleado en el pafs 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 ú til es muy alta, por cuantoeldeterioro de sus paredes por ope ración e inclemencias del tiempo son mínimas. El silo metálico presenta una ventaja el cual es su versatilidad para trasladar- lo de un lado a otro, pero acompañado con esto viene su desven taja, 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 co sechas 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 indus trias de balanceados, se puede determinar con bastante aproxima- ción la estructura estacional de producción comercializada y del consumo de estos granos para cada provincia del Litoral, en la ac tualidad y proyectada a 1985.

Para el conjunto de granos básicos cultivados en la costa, equiva lente en la actualidad a 412500 Tn. (9.1 millones de quintales), cifra que hacia 1955 se espera aumente en 2.2.veces aproximadamen te, 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 produccio nes de granos y del consumo, así como del despacho gradual de es tos productos desde las provincias de sobrantes a las dificitiorias, incluyendo la sierra y la mantencidn de existencias apropia das para el consumo local (importanciones en provincias de faltan tes netas), determinó las cifras provinciales de saldos almacenables localmente.

En la última columna del cuadro Nº 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 necesi dad adicional de 169.500 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 aue hacia 1985 bajaría a casi el 60% de las necesidades globales de la Costa.

Con estas consideraciones se tiene que el cuadro Nº 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 pafs, 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 obstención de un lote de terreno adecuado junto o cercano a Puerto Nuevo, que cuente con el acceso necesario a las nuevas instalaciones portuaria.

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 climatéricas son muy severas. Presentando una estación lluviosa en los meses de Enero a Mayo y que por descuído del gobierno, no se han colocado muros de contención para así evitar el desbordamiento peremne 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 35% la taza de desempleo en el Ecuador, según el Instituto de Investigacimes 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 silo 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

3.1 FACTORES DEL DISEÑO.

3.1.1 Forma del Silo

El silo para granos estará compuesto de un techo, cuerpo cilíndrico, cono truncado en la parte inferior, dosificador 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 mecdnico, siendo éste el elevador, que puede ser de cangilones o de tornillo, quedando el diseño definitivo para un acápite posterior.

3.1.2 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 Kg/m^2.
- Peso total del cascardn (silo)
- Peso del grano: De acuerdo a las variedades mds comunes de arroz, se encuentra el INIAP-6 que tiene el mayor peso especffico, siendo este igual a 577 Kg/m^3, luego los cálculos se harán en base a este dato.

Haciendo un andlisis 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 Maiz, el mínimo de área para el cual es rentable la compra de silo a nivel de finca, es aquel comprendido entre 20 - 50 hectdreas. La producción estimada para el almacenamiento sera' de 1000 qq de arroz cásca[illegible] que es equivalente a 45413.26 Kg.

- Carga de viento: De acuerdo a las estadfsticas del Anuario Metereológico, 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 verd en la figura 3.1a, sólo una pequeña parte de la presión actúa, ya que las laterales se anulan por ser opuestas y de' sentido contrario.

En la Fig. 3.1b, se ve en el lado de accidn del viento, un arco de aproximadamente 60° donde la presidn tiene un valor máximo de 1.0 de la unidad de presidn.

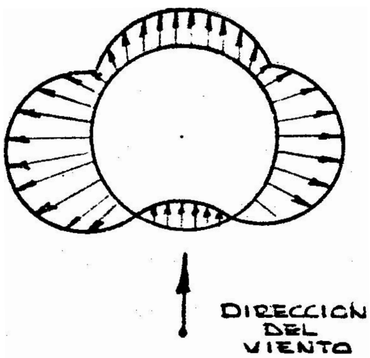


FIG. 3.1a

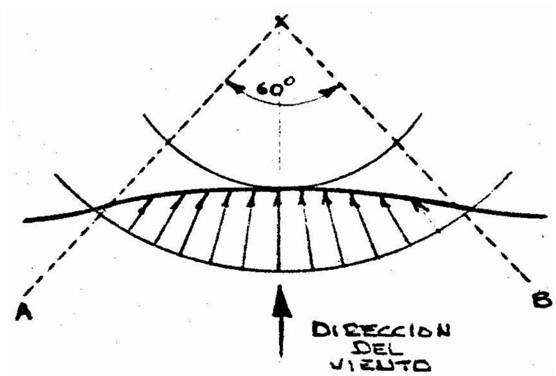


FIG. 3.1b

Distribucidn de la presión del viento en un cilindro

3.1.3 Resistencia del Ma-terial

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 Meca'nica de los Sólidos de la ESPOL, ~~utilizando la siguiente forma:~~

INEN 121

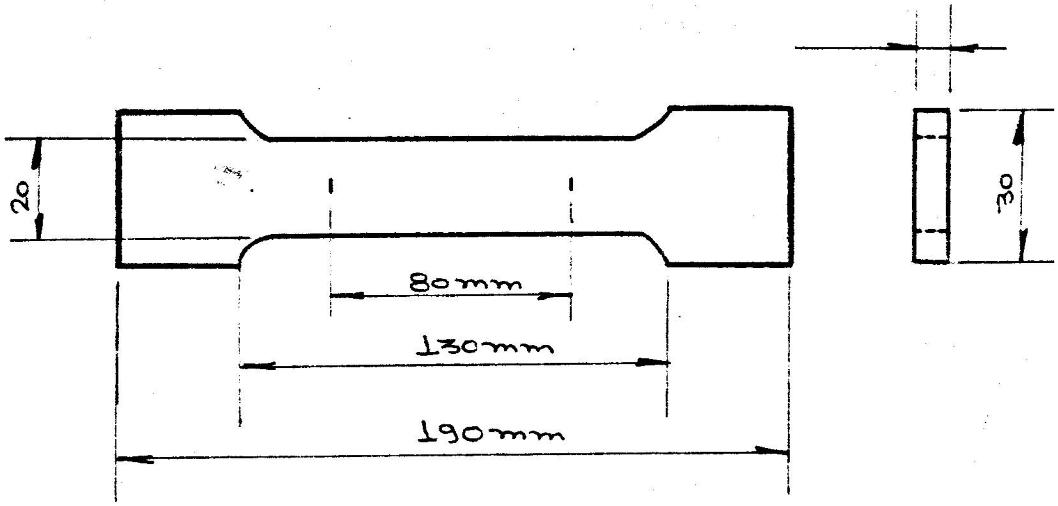


FIG. 3.2

Probeta normalizada pra ensayos a tracción

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

Esfuerzo de fluencia= 2547 Kg/cm^2

Esfuerzo máximo = 3415 Kg/cm^2

Esfuerzo de ruptura = 2400 Kg/cm^2

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 estd sometido a esfuerzos de compresión, generados por el esfuerzo en la dirección del meridiano. Para que un esfuerzo de compresidn, no cause pandeo en las planchas, se utiliza la expresión dada por Ref.(2).

$$\sigma)\text{crít.} = \frac{E}{3(1-V)} \frac{t}{r} \qquad 3.1$$

E = Módulo de elasticidad del material

V = Coeficiente de Poisson

t = Espesor del cascarón

r = Radio de curvatura.

Para V = 0.3

$$\sigma)\text{crít} \quad 6\,E\,\frac{t}{r} \qquad 3.1a$$

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. Asf, para simplificar los cálculos de estabilidad en un punto cualquiera de la superficie del cilindro, es recomendable asumir que la carga de vicnto actúa como una pre externa de viento igual a la unidad de presidn interna del cascarón. La relación entre la presidn de viento y su velocidad, puede ser expressda como sigue. Réf.(3).

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

P = Presión en Kg/m^2

V = Velocidad del viento en m/seg.

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

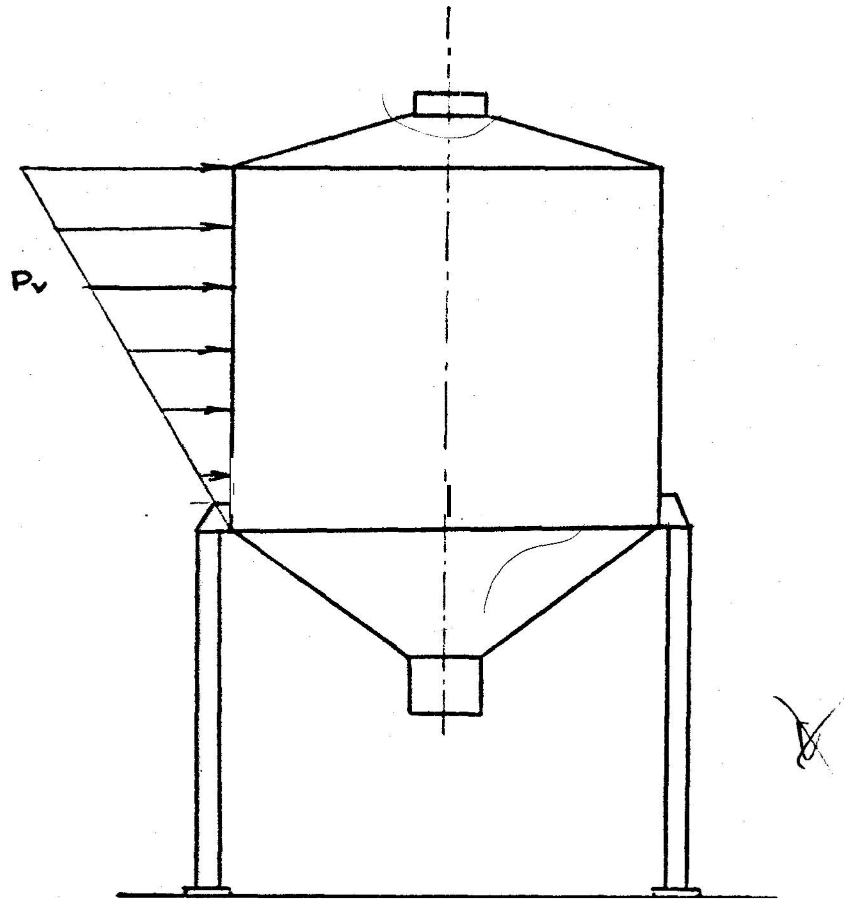


FIG. 3.3

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°C ayudarfa a secar el grano que todavia 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 cdlculos se utilizará la temperatura mdxima registrada, esto es 50°C.

3.1.7 Efecto de la Corrosion.

La prórroga de la corrosidn que ocurre en los equipos de procesos, depende de la naturaleza de la pelfcula que forma en la superficie recubierta. La excelente resistencia a la corrosidn del ccbre y sus aleaciones,' por ejemplo, es el resultado de su habilidad de formar una delaada capa protectora en su superficie. Esta capa es el resultado ae la simple oxidación del metal con el oxfgeno presente en la atmósfera. La operacidn de equipos bajo condiciones que permiten la formación de una uniforme capa protectora, generalmente se consigue una duracibn del material por muchos años.

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

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 corrosidn depende del medio corrosivo, la velocidad - del flujo, la temperatura y otros factores. Este tipo de - corrosidn es encontrado en soluciones ácidas (particularmente esas que contienen oxígeno), en aguas trayendo gran cantidad de oxfgeno o contenido de dióxido de carbono, y en soluciones que contengan la acción de productos corrosivos. Hay que efectuar la reduccidn uniforme de la corrosidn por la aplicacidn externa de una corriente eléctrica, proporcionando una protección catbdica.

3.1.7b PROTECCION GALVANICA.- Cuando distintos metales y aleaciones estdn en contacto con medios conductivos una accidn galvdnica como resultado de la disolución del menos noble o metal catddico. Del potencial eléctrico o serie galvánica, es posbile la predicción de la tendencia del metal y sus aleaciones a formar una pila galvdnica y también de la probable direccidn de la acción galvdnica.

Como se dijo anteriormente, la corrosibn puede ser retardada, mediante el uso de algunos métodos. Siendo el - mds 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 enormente en el costo total de la unidad, llegando a superar en precio a los silos importados. De allí que la soh-- cidn econdmico será utilitar 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 realizd en base a los anuarios metereoldgicos del Servicio Nacicmal de Metereología e Hidrología, considerándose los valores promedios mensuales de series de cinco años (1968-72), de las medidas siguientes: La humedad atmosférica emporcentajes; la precipitación en milímetros y la temperatura en grados centígrados del afre 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 hhedos de la costa, son convenientes. En el apéndice 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:

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

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

$$p_{máx} = \frac{(\text{AREA SECC. TRANSV.})\gamma}{(\text{PERIMET. SECC.}) \tan \psi}$$

$$p_{máx} = \frac{\pi a^2 \gamma}{2\pi a \tan \psi} = \frac{a \gamma}{2 \tan \psi} \qquad (2)$$

Donde :

ψ = ángulo de fricción entre el grano y las paredes, e igual a 17° pa[redacted]z.

ψ' = ángulo del talud natural, de valor 25° [redacted]z

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

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

Reemplazando los valores de los ángulos ψ y ψ' [redacted] se tiene que la presión varía casi linealmente de la forma 0.41 γx hasta una profundidad de 781.73 cm, donde se torna uniforme y de valor 0.183 Kg/cm^2. De allí que escogiendo un factor de seguridad pequeño se puede decir que la presión varía en la forma 0.5 γx 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 delgra no, se dice que el silo tendrd una capacidad de 45413,26 Kg. luego los cálculos iniciales se basardn en este dato.

Una recomendación técnica que hable de la relación - altura vs diámetro, no se ha podido encontrar. Pero, en los catdlogos 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 horizon tal es variable, dependiendo de la operación al cual va a es tar destinado. Si se quiere un descenso normal del grano, es recomendable entre 40°- 50°. Para efecto de facilidad de cdlculo, el ángulo serd igual a 45°

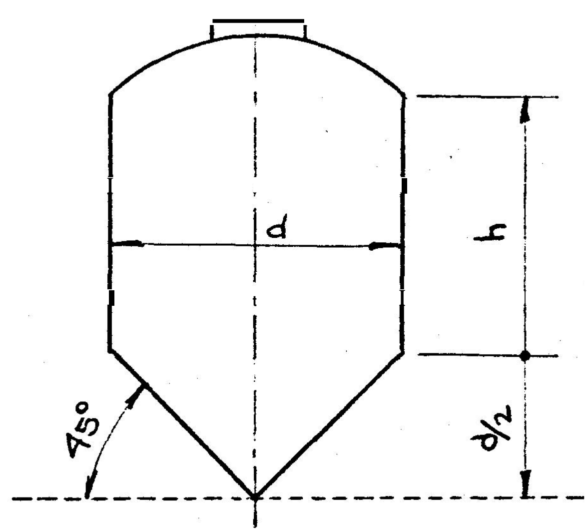


FIG. 3.4

Dimensiones de una Unidad.

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

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

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

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

$$d = 3.5894 \ m.$$

$$h = 7.1788 \ m.$$

Como las planchas cornerciales 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:

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

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

De similar manera se aproxima a 5 planchas por anillo 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 procederd a encontrar el nuevo volumen y el peso total de'bido al grano:

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

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

SOBRE CARGA = (94.36 - 78.706) 577 = 9032.35 Kg.

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

PESO TOTAL DEL G O = 54446.0 Kg.

3.2.1 Teoría del Diseiio.

La teoría sobre la cual se sustentard 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 teorfa de la elasticidad. Las construcciones del tipo de cascarón delgado estdn siendo aplicadas en las más diversas ramas de la tecnología, para nombrar unas cuantas: en la construccidn de aeronaves, edificios y construcciones industriales, en ingeniería petroquímica, en la construccidn de mdquinas y en la construccidn de barcos. Esto explica el creciente interés en la teoria de los cascarones y el éxito notable logrado en este campo en aiios recientes.

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

Para un material homogéneo, la superfici'e de referencia es la superficie de la mitad 6 superficie media, siendo éste el lugar geométrico de los puntos que yacen a igual distancia de la superficie.

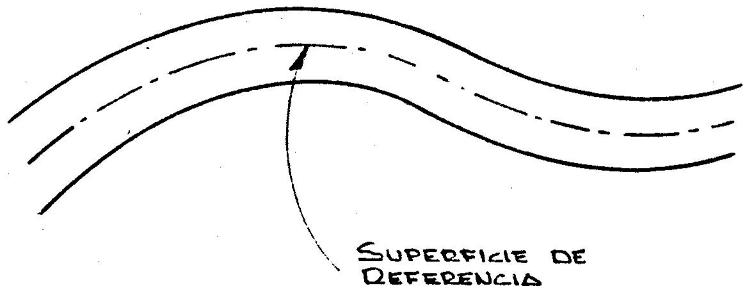


FIG. 3.5

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.

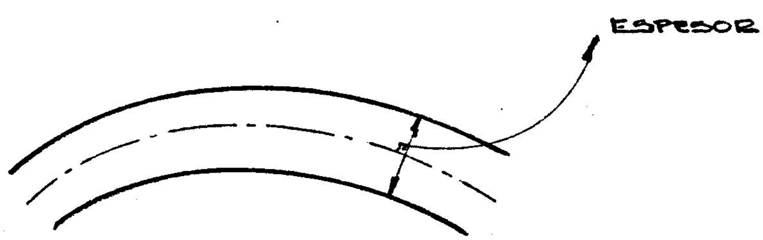


FIG. 3.6

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:

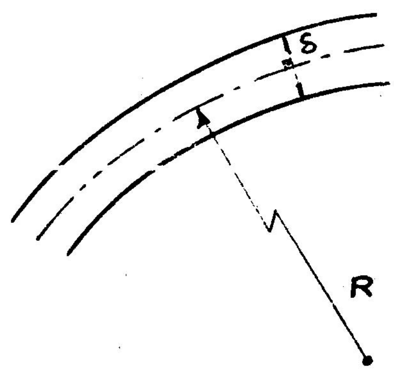


FIG. 3.7

Consideraciones Delgadas

Si:

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

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

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 dngulos de giro son tan pequeños que pueden despreciarse las segundas potencias de las cantidades.

El diseño del cascardn se lo hard por dos métodos,los cuales posteriomente servirán como comparación:

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

3.2.2 Teoría de Membrana.

Este empleadísimo método aproximado de analisis ae cascarones fué formulado, aproximadamente al mismo tiempo - que la mds general teoria de flexión. A menudo se presenta. separada de la teoría de la flexibn, como una teoria de cuerpos eldsticos delgados en los que los esfuerzos a través del espesor están distribuidos casí uniformemente. Tal punto de vista posee incuestionablemente, la ventaja de la admisibilidad física, pero no da medios de establecer que lugar ocupa la teoria 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, asi como - también el esfuerzo cortante transversal.

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

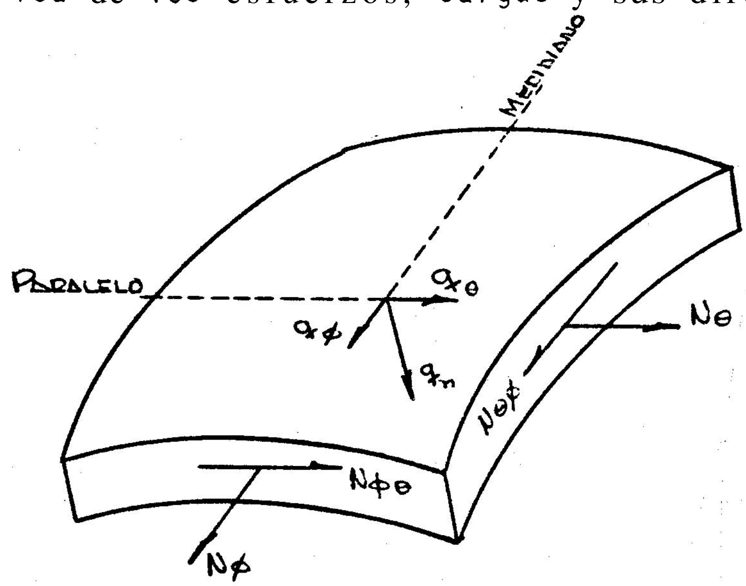


FIG. 3.8

Estado de Esfuerros en un Cascardn de Membrana.

En el diseño del silo tipo membrana, se lo dividird 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 serdn aclaradas, cuando se trate la solución analitica.

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.

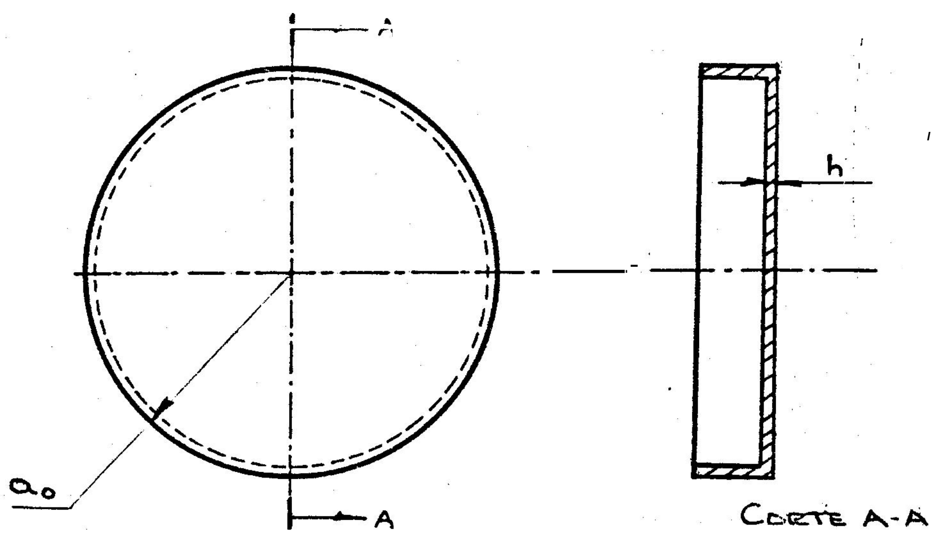


FIG. 3.9

Tapa del Silo.

Se ha dicho que la tapa es una placa plana, pero realmente está compuesta de dos elementos, siendo el otro ele mento un anillo circular que se encuentra soldado a todo el rededor, con la finalidad de efectuar un cierre aceptable - con el anillo superior de refuerzo del techo. Detenerse para diseñar el espesor del anillo cilíndrico por medio de la membra'na, no es recomendable, y mds bien se dirá que el espesor del anillo serd igual al espesor de la placa.

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

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

q = peso de la placa por unidad de drea

ν = coeficiente de Poisson

h = espesor de la placa

γ_1= peso especifico 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: ν = Q.3; γ_1 = 7.85 x 10^{-3} Kg/cm³; σ = 1820 Kg/cm²

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

h = 0.1 mm

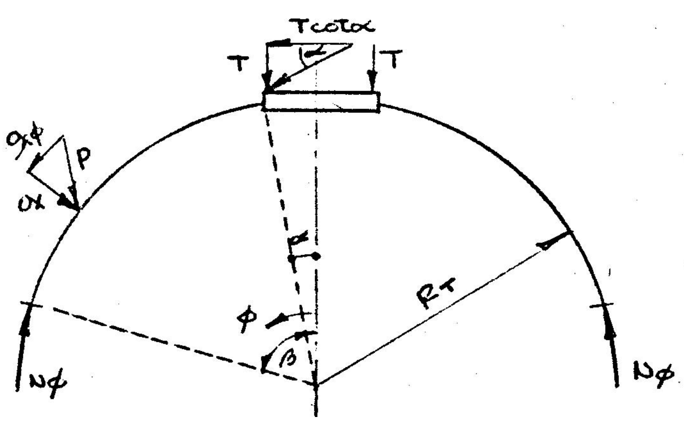
CALCULO DEL TECHO

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 diseiio 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 circunsferencia de radio igual a R_T senα = a_o.



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:

$$N\theta = -\frac{1}{R_T \operatorname{sen}^2\phi}\int_0^{\phi} R_T^2\, P \operatorname{sen}\phi \, d\phi + c \qquad 3.4$$

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

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

$$N\phi \Big]_{\phi=\alpha} = -\frac{T}{\operatorname{sen}\alpha} \qquad 3.5$$

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

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

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

La componente T cotα , que actúa en la circunsferencia de radio Rsenα , no tiene componente que la restituya, luego será absorvida por un anillo. Lo mismo ocurre con la componente horizontal del esfuerzo $N\phi$, que serd contrarrestado por un anillo a todo su rededor.

De la Ref.(1), se encuentra que el radio de curvatura 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

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

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

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

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

Con el fín de tener una idea aproximada de las Ec(3.6) se supondrá un espesor del cascarón igual a 0.0625 cm (1/16 pulg.), y que dos personas puedan caminar por el techo, se encuentra $P = 7 \times 10^{-3}$ Kg/cm². .

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,.

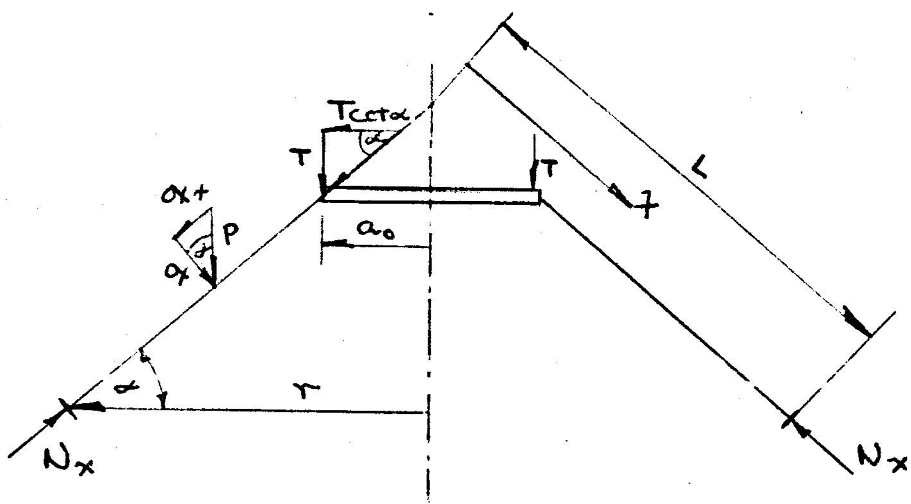


FIG. 3.11

Estado de Esfuerzos en techo Cónico.

Las ecuaciones **a** resolver son las siguientes:

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

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

$N_{x\theta}$ es igual a cero, por ser sus cargas simétricas al eje del cascardn.

P es igual' al peso del cascardn por unidad de drea, siendo sus componentes igual a

$$q_x = P sen a \qquad 3.8$$

$$q = P cos \alpha$$

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

Para la primera ecuacidn, se tendrd que integrar

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

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

$$N_x = -\frac{pX}{2\ sen\alpha} + \frac{c_1}{x} \qquad 3.9$$

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

$$N_x\Big]_{x=\frac{a_o}{cos a}} = -\frac{T}{sen a} \qquad 3.10$$

Reemplazando:

$$c_1 = \frac{a_o}{sen a\ cos a}\left[\frac{Pa_o}{2\ cos\alpha} - T\right]$$

Luego:

$$N_x = -\frac{PX}{2\ sena} - \frac{a_o}{x\ sena\ cosa}\left[T - \frac{}{*a}\right] \qquad 3.11$$

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

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

Para:

$\alpha = 15"$

$x = \ell = \frac{194}{\cos 15°} = 200.84$ cm.

$N_x = -10.39$ Kg/cm.

$N_\theta = 5.07$ Kg/cm.

Dado que la facilidad de la construccidn es una de las condiciones impuestas para este trabajo y que la disponibilidad de nuestros talleres, tan solo pueden rolar cdscaras 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 mds baratos en cuanto a costos, pero presenta la dificultad de su construccidn en nuestro medio, a no ser que la planta dedicada a la construccidn de silos esté en capacidad decomprar una con forma esférica, que representa una inversidn -

bastante considerable. Ver Fig. 3.12.

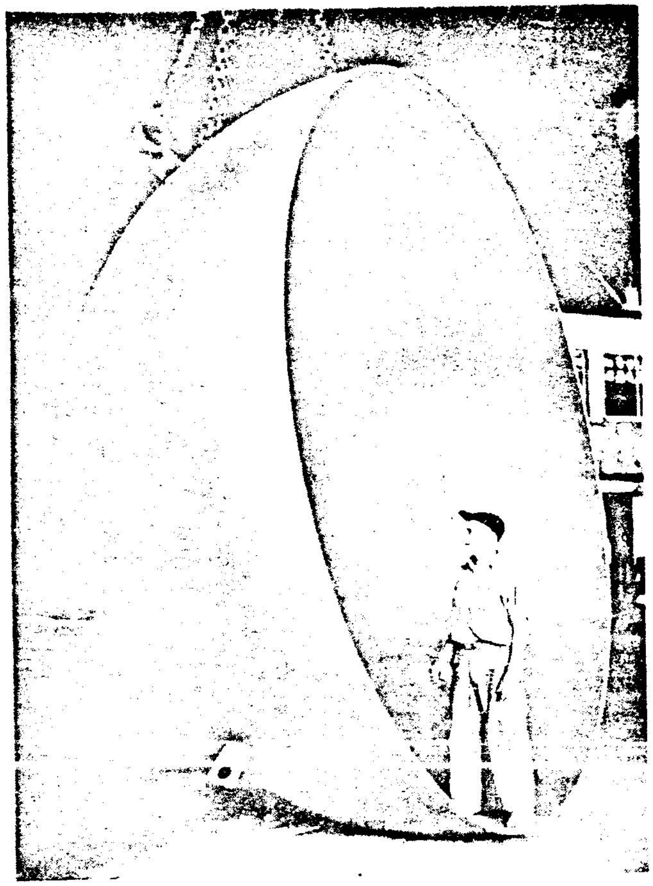


FIG. 3.12

CALCULO DEL ANILLO SUPERIOR DEL TECHO

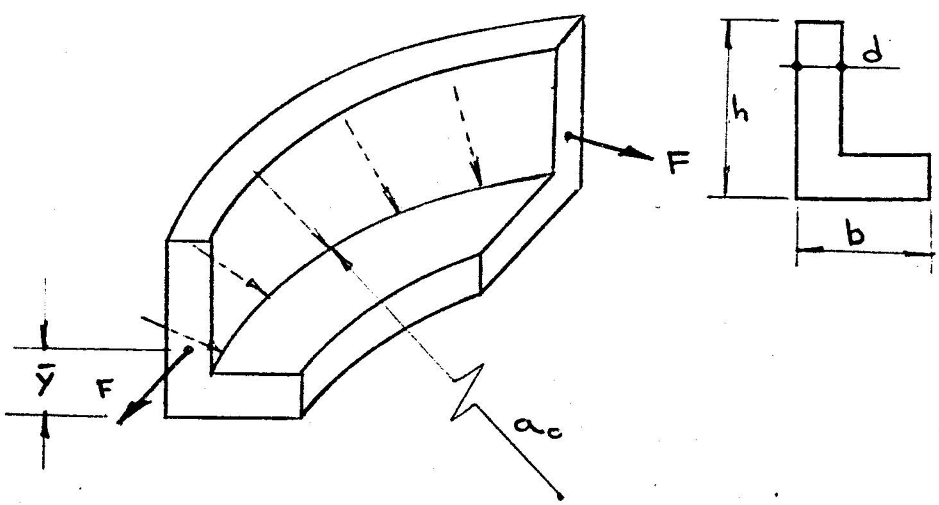


FIG. 3.13

Estado de Esfuerzos del Anillo Superior

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

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

σ_T = Esfuerzo de tracción

A_R = Area de la sección transversal

$$M\alpha = T \cot\alpha \, \bar{Y} \qquad 3.13$$

$$M_x = a_o M\alpha \qquad 3.14$$

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

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

Luego:

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

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

Reemplazando (3.15) en la Ec. de σ_f:

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

σ_f = Esfuerzo de flexión

$Z_R = I / \bar{Y}$

σ = Esfuerzo total

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

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

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

Para:

$\sigma = 1820 \ Kg/cm^2$

$T = 15.5 \ Kg/cm.$

$a_o = 25.0$ cm.

Se encuentra que el dngulo es de las siguientes caratteristicas:

h = 40. mm

b = 40. mm

d = 4. mm

CALCULO DEL ANILLO INFERIOR DEL TECHO

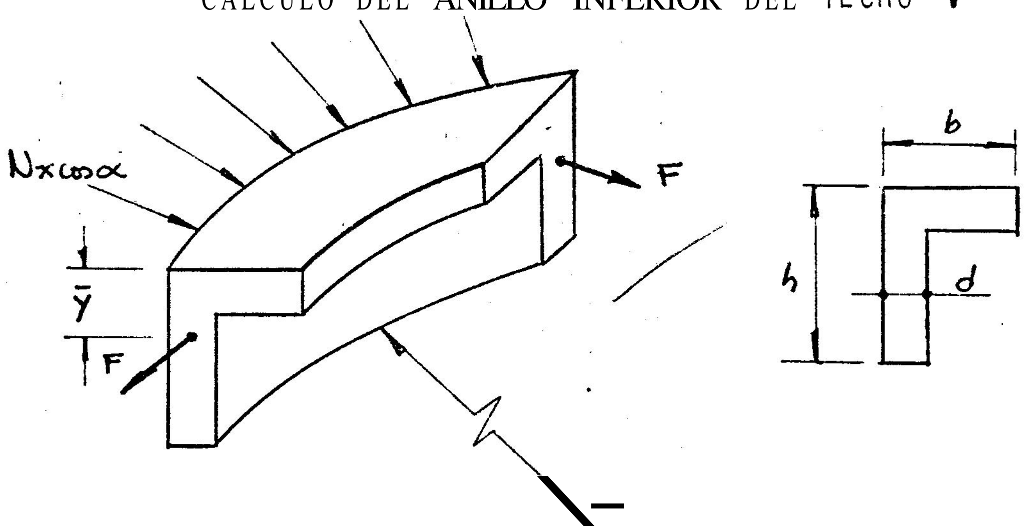


FIG. 3.14

Estado de Esfuerzos del Anillo Inferior

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

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

Para :

$\sigma = 1820.\ Kg/cm^2$

$N_x = 10.39\ Kg/cm.$

$a = 194.0\ cm.$

Se encuentra que el ángulo es de las siguientes características:

h = 60. mm

b = 60. mm

d = 3. mm

a

CALCULO DE LAS DEFORMACIONES EN EL TECHO CONICO

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

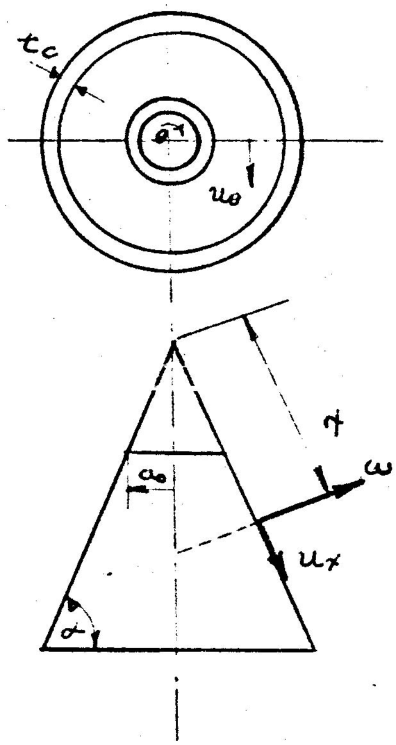


FIG. 3.15

Geometría de un Cascarón Cónico

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

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

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

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

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

Analizando las ecuaciones, nos darnos cuenta que $N_{x\theta=0}$ (Ver pág.); U_x no varía con respecto a θ, por tanto $\partial U_x/\partial\theta=0$; no existiendo una carga externa a en un ángulo 8, entonces - g ( ) = 0. Luego U es igual a cero. Con este andlisis las - Ec.(3.12) se reducen a:

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

$$3.21$$

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

La constante $g_3(\theta)$ es la deformación del cono en la dirección x, debido a la accidn 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 Tcotα, siendo tan pequeña su deformación, que se la despreciará en comparacidn con los otros términos.

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

$$U_x = \frac{1}{Et_c}\left[-\frac{PX^2}{4\ \mathrm{sen}\alpha} + \frac{a_\circ \ln X}{\mathrm{sen}\alpha\ \cos\alpha}\left(T - \frac{Pa_\circ}{2\cos\alpha}\right) - \frac{\nu PX^2\cos^2\alpha}{2\ \mathrm{sen}\alpha}\right]$$

$$+ \alpha_t T_\circ X \qquad 3.22$$

$$\omega = \frac{X\cot\alpha}{Et_c}\left[PX\frac{\cos^2\alpha}{\mathrm{sen}\alpha} - \frac{\nu PX}{2\ \mathrm{sen}\alpha} - \frac{a_{o}\nu}{X\ \mathrm{sen}\alpha\ \cos\alpha}\left(T - \frac{Pa_\circ}{2\cos\alpha}\right)\right]$$

$$+ X\alpha_t T_\circ \cot\alpha - U_x \cot\alpha$$

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.

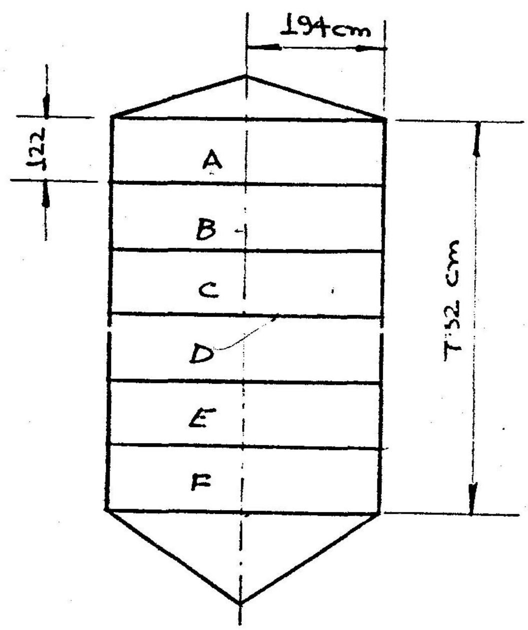


FIG. 3.16

Nominación de los anillos de la parte cilindrica

Las constantes que se utilizardn en los chlculos son las siguientes:

h = altura total del cilindro = 732 cm.

γ_2 = Peso especifico del grano = $0.577 \times 10^{-3} Kg/cm^3$

γ_1 = Peso especifico del material = $7.85 \times 10^{-3} Kg/cm^3$

t_s = espesor del cascarón cilindrico.

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

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

$$N_{xs} = -\int \left(q_s + \frac{\partial N_s}{\partial s}\right) d_x + f_1(s) \qquad (3.23b)$$

$$N_x = -\int \left(q_x + \frac{\partial N_{xs}}{\partial s}\right) d_x + f_2(s) \qquad (3.23c)$$

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

$$q\phi = q_x \;;\; q\theta = q_s \;;\; q_n = q$$

$$N\phi = N_x \;;\; N\theta = N_s \;;\; N\phi\theta = N_{xs} \qquad (3.24)$$

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.

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

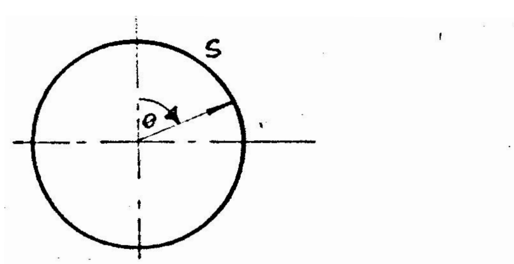


FIG. 3.17

$$ds = a\,d\theta \qquad (3.25)$$

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 fisica, es la de satisfacer las cargas externas al cascarón.

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

ANILLO A

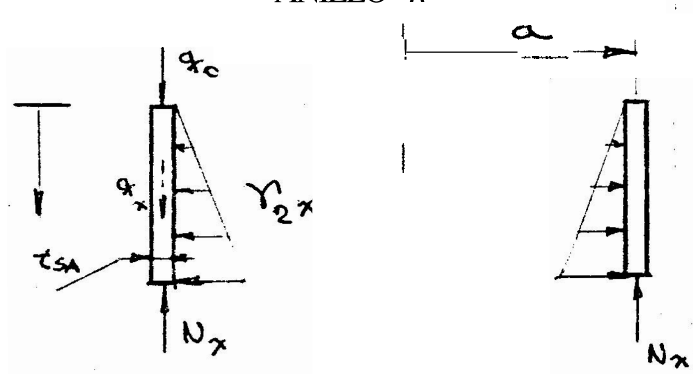


FIG. 3.18

Estado de carga para el Anillo A

$q = -\gamma_2 X/2$

q_o = Componente vertical del esfuerzo N del techo.

$q_x = \gamma_1 X$

$$N_x = -\int (\gamma_1 X)\, d_x = -\gamma_1 \frac{X^2}{2} + f_2(s) \qquad 3.27$$

Condición de borde

$$N_x \Big]_{x=0} = -q_o \qquad 3.28$$

Reemplazando se obtiene

$$f_2(s) = -q_o \qquad 3.29$$

Luego

$$N_x = -\gamma_1 \frac{X^2}{2} - q_o \qquad 3.30$$

Reemplazando valores, se tiene

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

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

$$N_s = \gamma_2 a \frac{X}{2} \qquad 3.31$$

Reemplazando valores, se tiene

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

$$N_s \text{ máx.} \Big]_{x=122} \quad \frac{-13.66}{2} \text{ Kg/cm}$$

ANILLO B

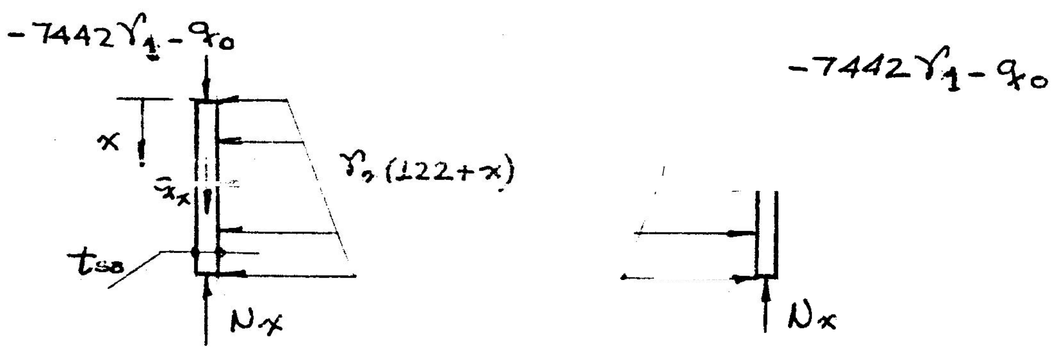


FIG. 3.19

Estado de carga para el anillo B

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

$$q_X = \gamma_1 X$$

$$N_X = -\int (\gamma_1 X)\, dx = -\gamma_1 \frac{X^2}{2} \quad f_2(S) \qquad 3.32$$

Condición de borde

$$N_X \Big]_{x=o} = -7442\, \gamma_1 - q_o \qquad 3.33$$

Reemplazando se obtiene

$$f_2\,(s) = -7442\, \gamma_1 - q_o \qquad 3.34$$

Luego

$$N_X = -\gamma_1 \frac{X^2}{2} - 7442\, \gamma_1 - q_o \qquad 3.35$$

Reemplazando valores, se tiene

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

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

$$N_S = \gamma_2 \frac{(122+X)}{2} a \qquad 3.36$$

Reemplazando valores, se tiene

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

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

ANILLO C

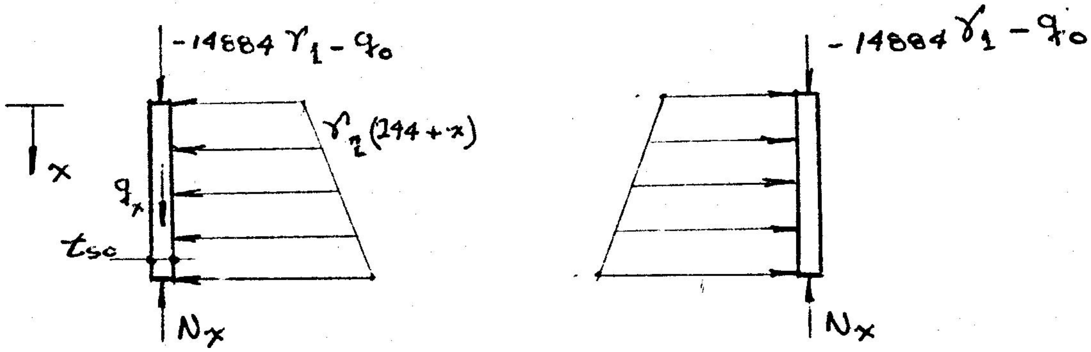


FIG. 3.20

Estado de carga para el Anillo C

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

$$q_X = \gamma_1 X$$

$$N_X = -\int (\gamma_1 X)\, dx = -\gamma_1 \frac{X^2}{2} + f_2(s) \qquad 3.37$$

Condición de borde

$$N_X \Big]_{X=o} = -14884\gamma_1 - q_o \qquad 3.38$$

Reemplazando se obtiene

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

Luego

$$N_x = -\gamma_1 \frac{X^2}{2} - 14884\gamma_1 - q_0 \qquad 3.40$$

Reemplazando valores, se obtiene

$$N_x = -3.925\times10^{-3}X^2 - 119.54$$

$$N_x \text{ mdx.}\Big]_{x=122} = -177.96 \text{ Kg/cm}$$

$$N_s = \gamma_2 \frac{(244+x)}{2} a \qquad 3.41$$

Reemplarando valores, se obtiene

$$N_s = 0.577\times10^{-3}\frac{(244+x)}{2} 194$$

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

ANILLO D

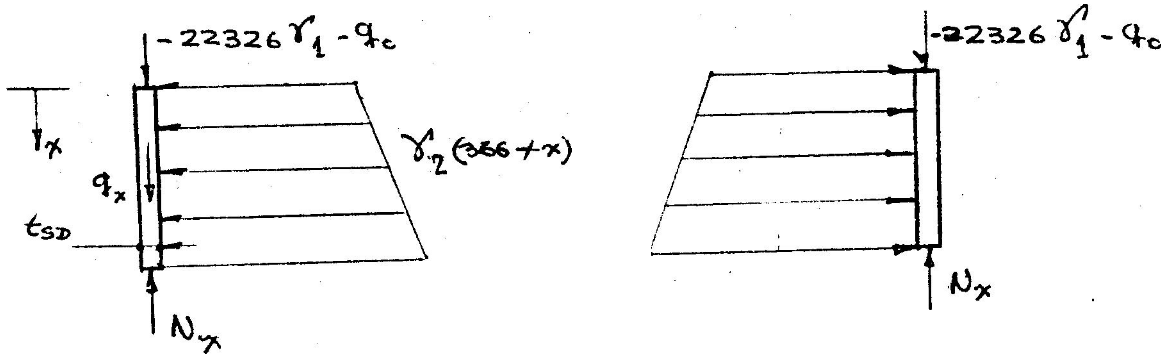


FIG. 3.21

Estado de carga para el anillo D

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

$$q_X = \gamma_1 \; X$$

$$N_X = -\int (\gamma_1 X)\; dx = -\gamma_1 \frac{X^2}{2} + f_2(s) \qquad 3.42$$

Condición de borde

$$N_X\Big]_{X=0} = -\;22\;326\;\gamma_1 - q_0 \qquad 3.43$$

Reemplazando se obtiene

$$f_2 (s) = - 22326\, \gamma_1 - q_o \qquad 3.44$$

Luego

$$N_x = -\gamma_1 \frac{X^2}{2} - 22326\gamma_1 - q_o \qquad 3.45$$

Reemplazando valores, se obtiene

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

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

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

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

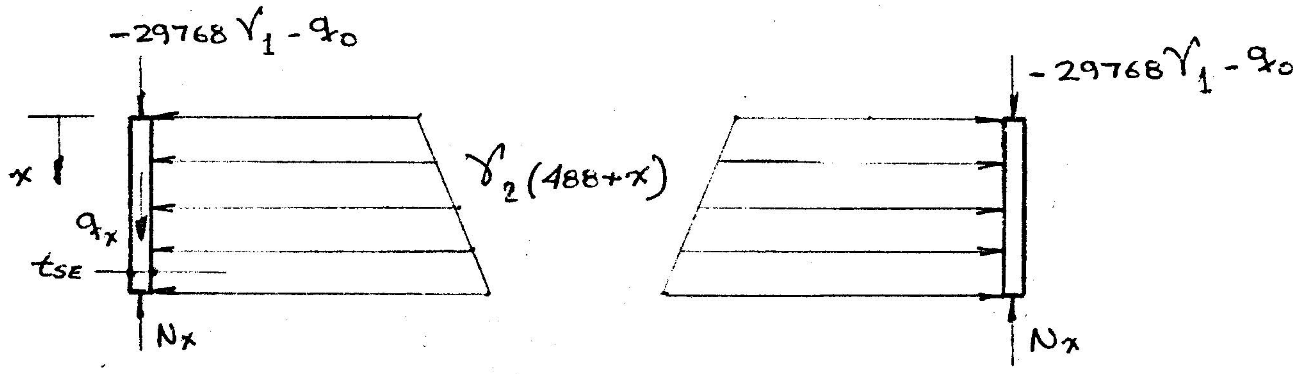


FIG. 3.22

Estado de carga para el Anillo E

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

$$q_X = \gamma_1 X$$

$$N_X = -\int(\gamma_1 X)\,dx = -\gamma_1\frac{X^2}{2} + f_2(s) \qquad 3.47$$

Condición de borde

$$N_X\Big]_{X=0}^{1} = -29768\,\gamma_1 - q_0 \qquad 3.48$$

Reemplazando se obtiene

$$f_2(s) = -29768\,\gamma_1 - q_o \qquad 3.49$$

Luego

$$N_x = -\gamma_1 \frac{X^2}{2} - 29768\,\gamma_1\, q_o \qquad 3.50$$

Reemplazando valores, se obtiene

$$N_x = -3.925\times10^{-3}\, X^2 - 236.38$$

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

$$N_s = \gamma_2 \frac{(488+X)}{2}\, a \qquad 3.51$$

Reemplazando valores, se obtiene

$$N_s = 0.577\times10^{-3} \frac{(488+X)}{2}\, 194$$

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

ANILLO F

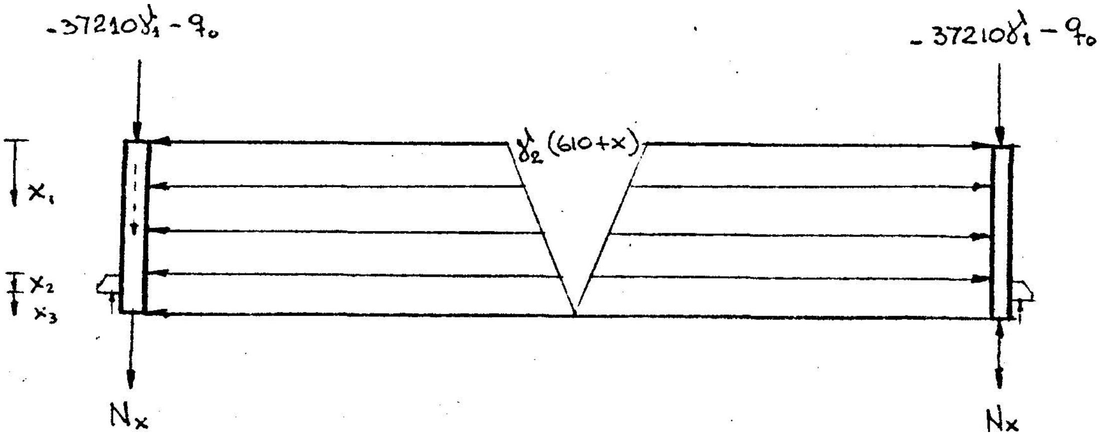


FIG. 3.23

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.

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

$$q_X = \gamma_1 X$$

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

Condición de borde:

$$N_X\Big]_{X=o} = -37210\gamma_1 - q_o$$

Reernplazando se obtiene:

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

Luego :

$$N_{X1} = -\gamma_1\frac{X^2}{2} - 37210\gamma_1 - q_o \qquad (3.52)$$

Válido para

$$0 < X < X_1$$

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

, Reernplazando valores se ohtiene

$$N_{s\ máx}\Big]_{x=122} = \frac{81.94}{2}\ Kg/cm.$$

En la segunda parte, es donde **se** presenta la disconti nuidad y para ello nos valemos de un problerna 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 2α y que es igual al ancho del soporte.

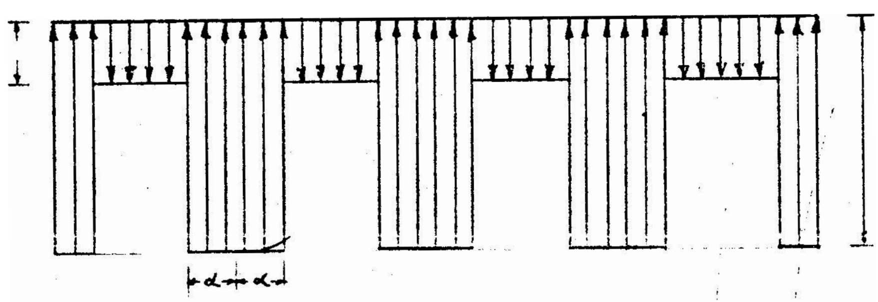


FIG. (3.24a)

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,....∞. Θ 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.

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

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

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

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

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

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

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 habrd momentos flectores concentrados en un pequeño espacio que tratarhn de deforrnar el cascarón. Más aún con el agravante de que la teoria de membrana no acepta momentos flectores en ninguna dirección.Tendrá que colocarse una placa plana soldada en sus cuatro bordes, de tal forrna que sea lo suficientemente resistente como para absorver los esfuerzos asf engendrados.

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

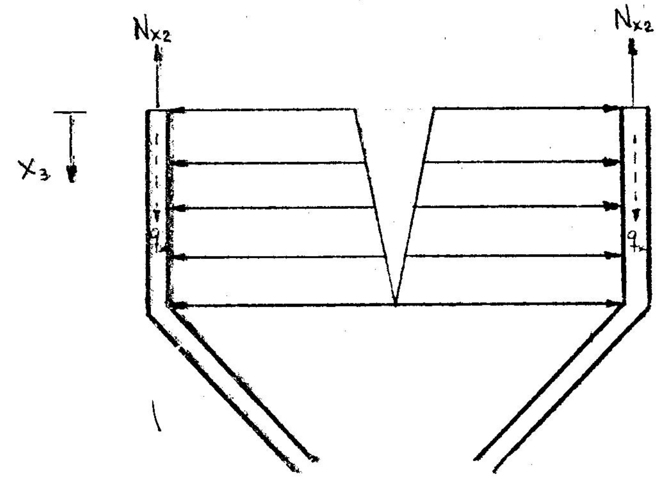


FIG. (3.24b)

$$q = -\frac{\gamma_2}{2}(610 + X_1 + X_2 + X_3)$$

$$q_x = \gamma_1 X_3$$

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

Condicio'n de borde

$$N_x\Big]_{x=0} = N_{x_2}$$

Reemplazando se obtiene

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

Luego

$$N_{x3} = -\gamma_1 \frac{X^2}{2} + N_{x_2} \qquad (3.58)$$

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.

DETERKINACION DE LOS ESPESORES DE LA PARTE CILINDRICA

Hssta 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 dimensidn, 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 fallard por pandeo, antes que por fluencia.

Reemplazando el valor de $N_X)$máx en Ec(3.1a)[4] para los diferentes anillos considerados, se puede determinar el espesor del cascarón para evitar la inestabilidad eldstica (pandeo). Así se tiene:

t_{SA} = 0.0977 cm.

t_{SB} = 0.1356 cm.

t,, = 0.1655 cm.

t,, = 0.1908 cm.

t_{SE} = 0.2130 cm.

t,, = 0.2300 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 mm.

t_{SB} = 1.50 mm.

t_{SC} = 2.00 mm.

t_{SD} = 2.00 mm.

t_{SE} = 2.50 mm.

t_{SF} = 2.50 mm.

CALCULO DE LAS DEFORPACIONES

EN LA PARTE CILINDRICA

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

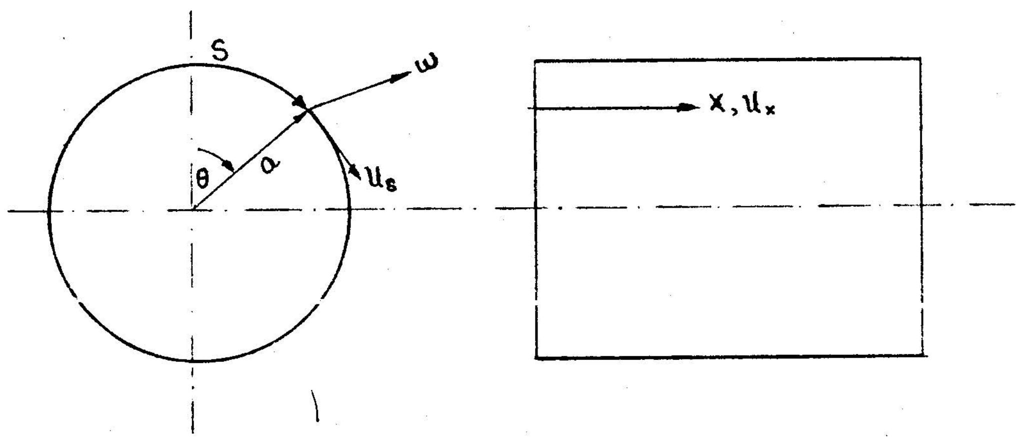


FIG. 3.25

Geometría del Cascarón Cilíndrico

Come 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:

$$U_X = \int \left[\frac{1}{Et_S} (N_X - \nu N_S) + \alpha_t T_o\right] dx + f_3(S)$$

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

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

Donde :

E = Coeficiente de elasticidad del material
= 2.1×10^6 Kg/cm^2

G = Coeficiente de rigidez del material
= 84×10^5 Kg/cm^2

ν = Coeficiente de Poisson = 0.3

α_t = Coeficiente de dilatación térmica
= 1.2×10^{-5} °C^{-1}

a = Radio del cilindro = 194 cm.

T = Temperatura de referencia = 50°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 dird quela 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

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

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

$$U_x = \frac{1}{Et_{SA}} \left[-\gamma_1 \frac{X^3}{6} - q_o X - \gamma_2 a\nu \frac{X^2}{2} \right] + \alpha_t T_o X \quad (3.60)$$

$$U_x\text{máx} \Big]_{x=122} = \frac{1}{Et_{SA}} \left[-3026419\gamma_1 - 122q_o - 7442 \frac{a\nu\gamma_2}{2} \right] + 122\alpha_t T_o \quad (3.61)$$

Reemplazando el valor de las constantes

$U_x\text{máx} = 0.071$ cm

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

Reemplazando Eε (3.30) y (3.31)

$$\omega = a\left[\frac{1}{Et_{SA}}\left(\gamma_2 a\frac{X}{2} + \gamma_1 \nu\frac{X^2}{2} + q_o\nu\right) + \alpha_t T_o\right] \tag{3.62}$$

$$\omega_{máx}\Big]_{x=122} = a\left[\frac{}{Et_{SA}}\left(122\frac{a\gamma_2}{2} + 7442\nu\gamma_1 + \nu q_o\right) + \alpha_t T_o\right]$$

Reemplazando el valor de las constantes

$\omega_{máx} = 0.140$ cm.

ANILLO B

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

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

$$U_X = \frac{1}{Et_{SB}}\left[-\gamma_1\frac{^3}{6} - 7442\gamma_1 X - q_o X - \frac{a}{2}\nu\gamma_2(122X + \frac{X^2}{2})\right]$$

$$+\alpha_t T_o + f_3(s) \qquad (3.63)$$

Condición de borde

$$U_X\Big]_{x=0} = +0.071 \text{ cm}$$

Reemplazando se obtiene

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

Luego

$$U_X = \frac{1}{Et_{SB}}\left[-\gamma_1\frac{^3}{6} - 7442\gamma_1 X - q_o X - \frac{}{2}\ {}^2(122X + \frac{X^2}{2})\right]$$

$$+\alpha_t T_o X + 0.071 \qquad (3.64)$$

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

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

$$w = a\left\{\frac{1}{Et_{SB}}\left[\gamma_2\frac{(122+x)a + \nu\gamma^1}{2}\frac{X^2}{2} + 7442\nu\gamma_1 + q_o\nu\right] + \alpha_t T_o\right\}$$

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

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

$$U_X=\frac{1}{Et_{sc}}\left[-\gamma_1\frac{X^3}{6}-14884\gamma_1 X - q_o X-\frac{a}{2}\nu\gamma_2(244X+\frac{X^2}{2})\right]$$

$$+\ \alpha_t T_o X + f_3\ (s) \qquad (3.66)$$

Condición de borde

$$U_X\Big]_{x=0}=0.110\ \text{cm.}$$

Reemplazando se tiene

$$U_X=\frac{1}{Et_{sc}}\left[-\gamma_1\frac{X^3}{6}-14884\gamma_1 X-q_o X-\frac{a}{2}\nu\gamma_2(244X+\frac{X^2}{2}\right]$$

$$+\ \alpha_t T_o X + 0.110 \qquad (3.67)$$

$$U_X\ \text{máx}\Big]_{x=122} = 0.142\ \text{cm}$$

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

$$\omega = a\left[\frac{1}{Et_{SC}}\left(\gamma_2\frac{(244+x)}{2}a+\nu\gamma_1\frac{X^2}{2}+14884\nu\gamma_1+q_o\nu\right)+\alpha_t T_o\right]$$

(3.68)

$$\omega\ \text{máx}\Big]_{x=122} = 0.15 \text{ cm}$$

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

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

(3.69)

$$+\alpha_t T_o X + 0.142$$

$$U_x\ \text{máx}\Big]_{x=122} = 0.154 \text{ cm}$$

$$\omega = a\left[\frac{1}{Et_{SD}}\left(\gamma_2\frac{(366+X)}{2}a+\nu\gamma_1\frac{X^2}{2}+22326\nu\gamma_1+q_o\nu\right)+\alpha_t T_o\right]$$

(3.70)

$$\omega\ \text{máx}\Big]_{x=122} = 0.161 \text{ cm}$$

ANILLO E

$$U_x = \frac{1}{E_{SE}}\left[-\gamma_1 \frac{X^3}{6} - 29[illegible]8\gamma_1 X - q_o X - \nu \frac{a}{2}\gamma_2 \left(488X + \frac{X^2}{2}\right)\right]$$

$$+ \alpha_t T_o X + 0\ [illegible]54 \qquad (3\ 71)$$

$$U_x\ \text{máx}\Big]_{x=122} = 0.165 \quad \text{cm}$$

$$\omega = a\left[\frac{1}{Et_{SE}}\left(\gamma_2 \frac{(488+X)a}{2} + \nu\gamma_1 \frac{X^2}{2} + 29768\nu\gamma_1 + q_o\nu\right) + \alpha_t T_o\right] \qquad (3\ [illegible])$$

$$\omega\ \text{máx}\Big]_{x=122} = 0.17 \quad \text{cm}$$

ANILLO F

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

$$+ \alpha_t T_o X + 0.154 \qquad (3\ [illegible]3)$$

$$\omega = a\left[\frac{1}{Et_{SF}}\left(\gamma_2 ([illegible]10+X) a + \omega\gamma_1 \frac{X^2}{2} - \frac{1}{a} pX + 3[illegible]210\omega\gamma_1 - q\ \nu\right) + \alpha_t T_o\right] \qquad (3\ 74)$$

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.

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

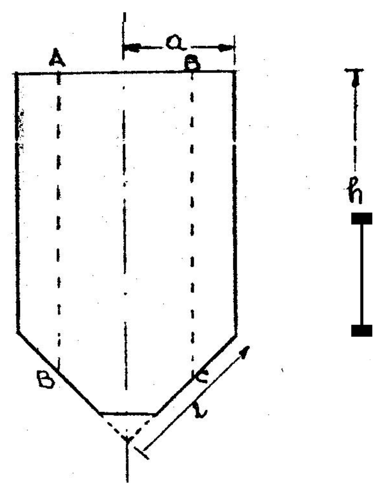


FIG. 3. 26 a

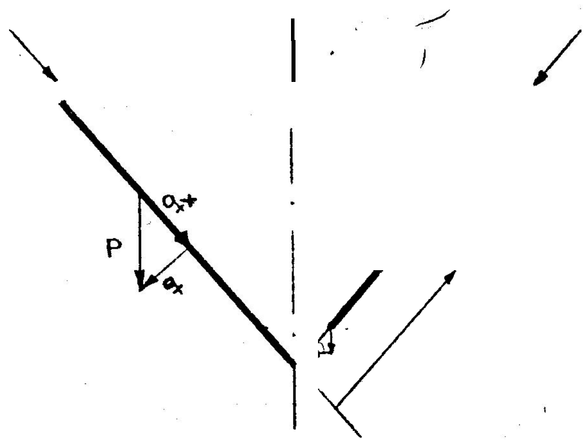


FIG. 3. 26 b

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 drea 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 em fa dirección de la generatriz del cono.

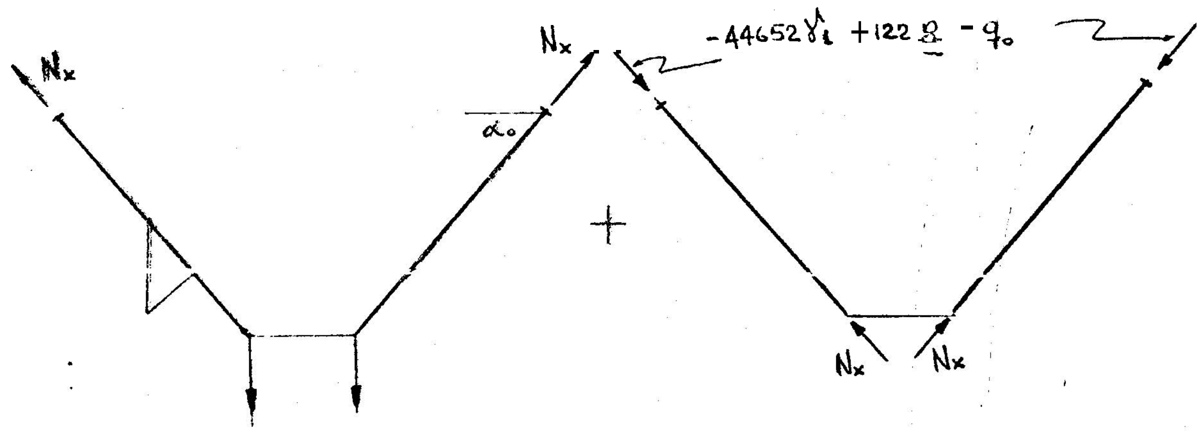


FIG. 3.27 a

FIG. 3. 27b

El primer caso, es similar al problema que se encuentra en las pdginas —, 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:

$$N_\theta = -qX \cot\alpha_0 \tag{3.75}$$

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

$N_{x\theta}$ es igual a cero, por ser sus cargas simétricas al eje del cascarón.

$$P = p' + W \tag{3.77}$$

p' = peso por unidad de drea del cono

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

Reemplazando se tiene:

$$P = p' + \gamma_2 \quad h + (L - X)\,\mathrm{sen}\,\alpha_o \tag{3.78}$$

Siendo sus componentes igual a:

$$q = -P \cos\alpha_o$$
$$q_x = P \,\mathrm{sen}\,\alpha_o \tag{3.79}$$

Luego la Ec.(3.76) queda

$$\frac{d}{dx}(XN_x) = -(q_x + q \cot\alpha_o)\ X \tag{3.80}$$

Después de reemplazar Ec.(3.79) e integrar, se tiene

$$N_x = \frac{X \cos 2\alpha_o}{2\,\mathrm{sen}\,\alpha_o} \ p' + \gamma_2 \cancel{h} + (L - \frac{2}{3}X)\,\mathrm{sen}\,\alpha_o + \frac{C}{X} \tag{3.81}$$

La condición de borde para evaluar la constante C_1 de Ec.(3.81), es la siguiente:

$$N_x \Big|_{x = \frac{r_o}{\cos\alpha_o}} = \frac{T}{\mathrm{sen}\,\alpha_o} \tag{3.82}$$

Reemplazando:

$$C_1 = \frac{r_o}{\cos\alpha_o} \quad \frac{T}{\text{sen}\alpha_o} - r_o \cot 2\alpha_o \, p' + \gamma_2 h$$

$$t \left(L - \frac{2}{3} \quad \frac{r_o}{\cos\alpha_o} \right) \text{sen}\,\alpha_o \tag{3.83}$$

Luego:

$$N_X = \frac{X \cos 2\alpha_o}{2 \;\text{sen}\;_o} \; P' + \gamma_2 \; h + \left(L - \frac{2}{3} X \right) \text{sen}\alpha_o$$

$$+ \frac{r_o}{\cos\alpha_o} \quad \frac{T}{\text{sen}\alpha_o} - r_o \cot 2\alpha_o \; p' + \gamma_2$$

$$h + \left(L - \frac{2}{3} \quad \frac{r_o}{\cos\alpha_o} \right) \text{sen}\;\alpha_o \tag{3.84}$$

$$N_\theta = X \; P' + \gamma_2 \; h + (L - X) \,\text{sena}, \quad \cot\alpha_o \tag{3.85}$$

Para el segundo caso su solución es sencilla, ya que $q = q_X = 0$. Faltando tan sólo evaluar la constante C_1.

$$N_\theta = 0 \tag{3.86}$$

$$\frac{d}{dx} (X N_X) = 0 \tag{3.87}$$

o sea que:

$$N_X = \frac{C_1}{X} \tag{3.89}$$

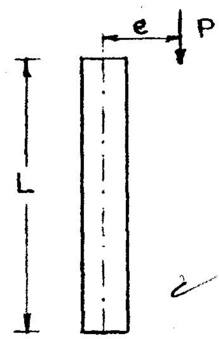
Condición de borde:

$$N_X \Big|_{X = L} = -44652\gamma_1 + \frac{122p}{a} - q_o \tag{3.90}$$

El valor de los máximos, tanto de U_x como ω para el anillo F, no se los encontrb, 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 ecuacidn que gobierna a una columna cargada excéntricamente a compresión, es la fórmula de la secante.



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

Para obtener la carga admisible, Pad d de trabajo, hay que sustituir P por f. Pad, siendo f el coeficiente de seguridad y tomar como a) máx el a) fluencia. En estas condiciones, la ecuación anterior se transforma en

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

Para aplicar esta ecuación hay que proceder por tanteos. Se facilita su aplicacidn hallando para que valores de una sección transversal se iguala al a) fluen.

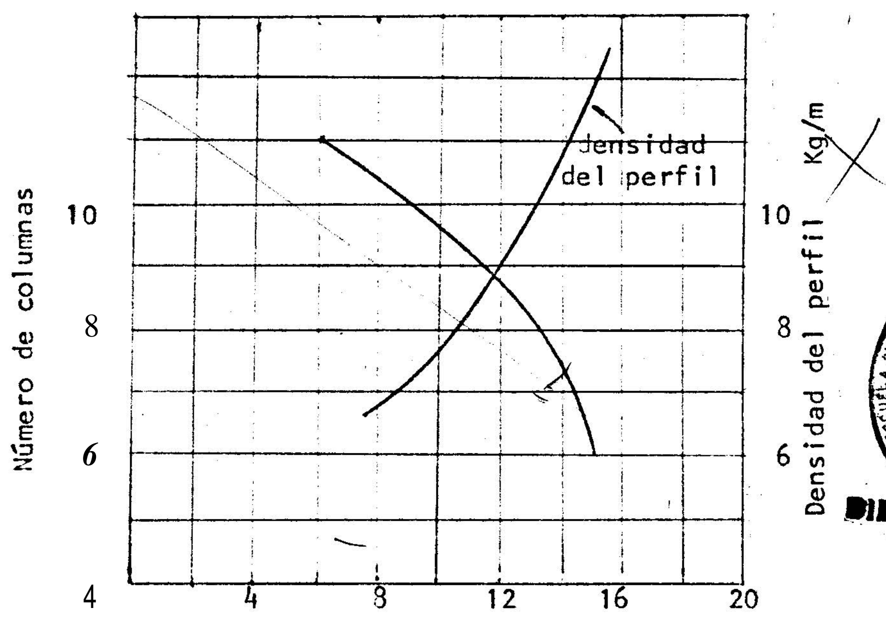
tarán a los ya existentes. Con estas consideraciones las columnas tendrdn una longitud de 300 cm.

TANQUE

El peso aproximado del silo se lo determind anterior - mente y es de 55150 Kg. que serd distribuído para el nu'mero de columnas. Siendo este número función del costo a invertirse en la compra del perfil seleccionado y por ende en el costo total del silo.

54.406, Kg.

El nu'mero 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 habrd que construirse un gráfico para determinarlo.



Area de Sección Transversal cm^2

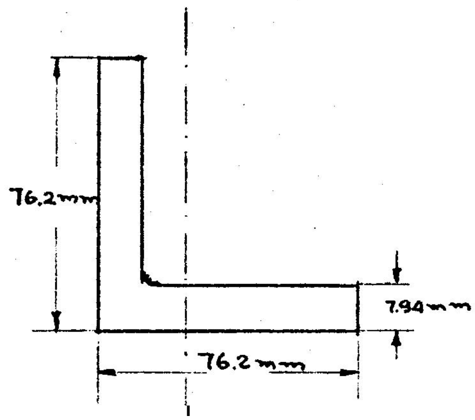
Queda ahora por determinar cuál es la geometria de la seccidn transversal que presente **la** mayor economía en el diseño y para dicha elección se tendrd en cuenta los siguientes parómetros:

- 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 pardmetros. Mds aún cuando se sabe que el perfil L es excelente para trabajar a compresión.

Queda por determinar en qué punto del cascarón las columnas sostendrdn al silo, partiendo del hecho, que el dosificador tendrd 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 asi generados no afec-

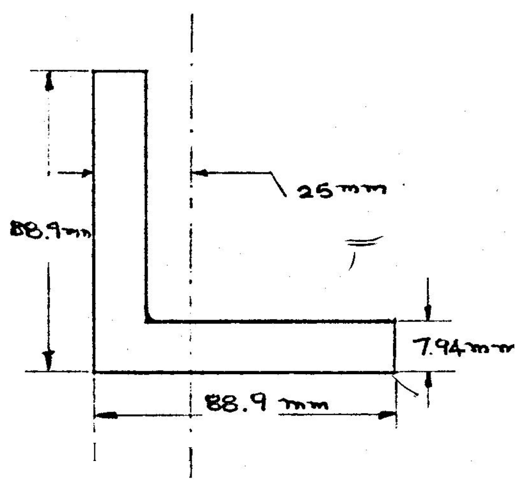
Analizando **el** gráfico se puede apreciar que el cruce de las curvas determina el número dptirno de columnas **y** para el ca_ so presente éste salió igual a 9 con las siguientes dimensiones



DE ACUERDO A TABLAS

L = 76.2 mm.
e = 7.94 mm.

Como **en** el comercio no existe el perfil buscado, seescogerá el inmediato inferior, esto es para 8 columnas, cuya existencia estd comprobada y sus dimensiones serán utilizadas para el resta de cdlculos.



σ) fluen = 2.500 Kg/cm^2

Pad = 6884 Kg.

f = 1.4

A = 13.48 cm^2

K = 2.74 cm

e = 2.51 cm

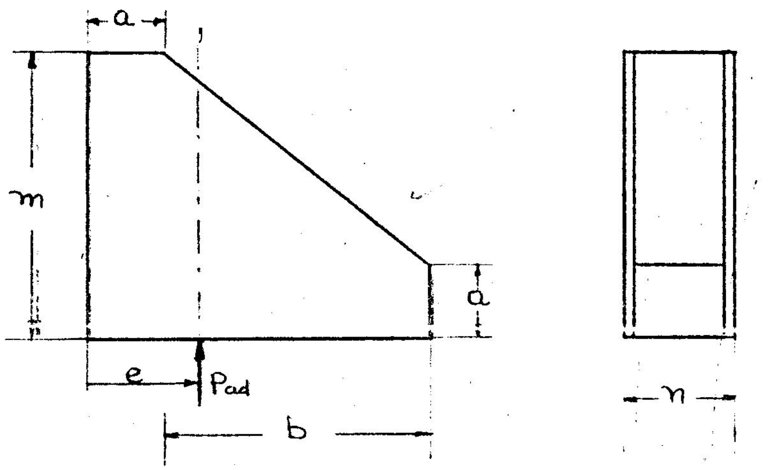
C = 6.37 cm

L = 300. cm (arriostrado a la mitad)

R = 10.74 Kg/m

DISEÑO DE LOS SOPORTES DE UNION DEL SILO CON LAS COLUMNAS

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



Para el dimensionamiento del soporte los únicos datos conocidos son: Pad = 6894 Kg y e = 2.51 cm. El resto de valores habrd que asumir, de tal manera que no se sobrepase el σ) permisible. Aplicando la fórmula para determinar el centroide de una superficie se tiene

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

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).

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

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

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 especificaciones AISC para acero A36 y P es igual a Pad/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 comercio es de T = 3/16 pulg. (5mm).

La dimensidn n, es decir, la separación entre las ménsulas será de 5 cm. El soporte se encuentra rigidamente unido a una placa plana rectangular de 10x15 cm. por 0.5 cm. (3/16 pulg) de espesor que se acoplard 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 diseiio 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 él 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 rdpida la solución por aproximaciones sucesivas y, además mhs fdcil que usarlas ecuaciones. Se comienza por estimar la extensidn del filete de soldadura. Luego se hace un andlisis 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 asf. 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. 1. 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 derecha 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 Pad = 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 -

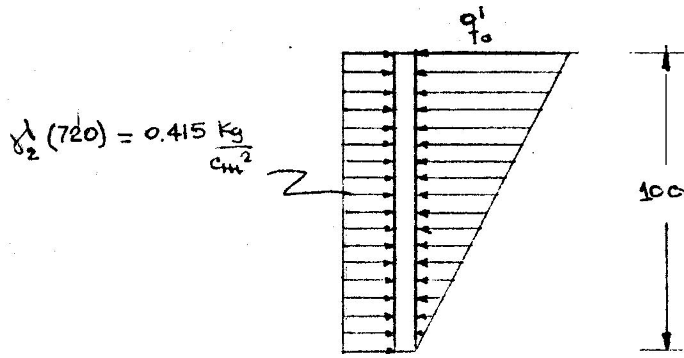
una longitud equivalente de 20 cm que sera' distribuídos en los dos lados del soporte. Con este resultado se comprueba la certeza de la asunción de m = 10 cm.

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:

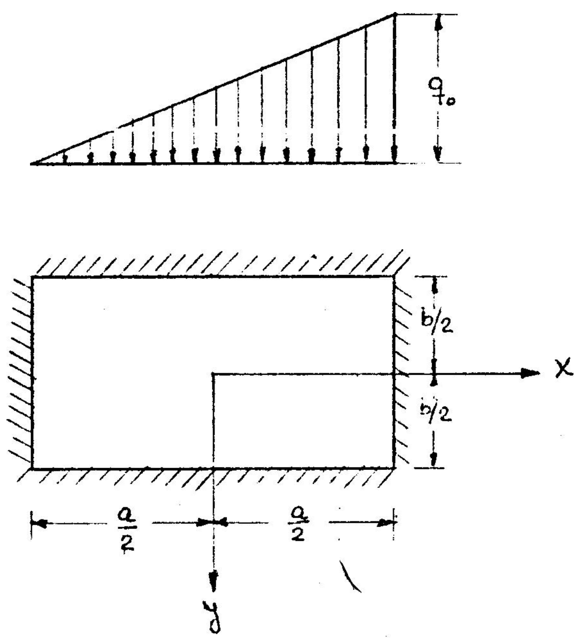
1. cuando el silo esta' completamente lleno del grano.
2. cuando el nivel del grano se encuentra en el borde inferior del soporte.

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 presidn tiene una distribución uniforme.

El momento flector producto de la carga excéntrica (P_d . 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 flec tor a distintos puntos de las coordenadas (X,Y) de la figura - anterior. De todos estos, el mdximo ocurre para : $X=a/2$, $y=0$ siendo su expresión como sigue

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

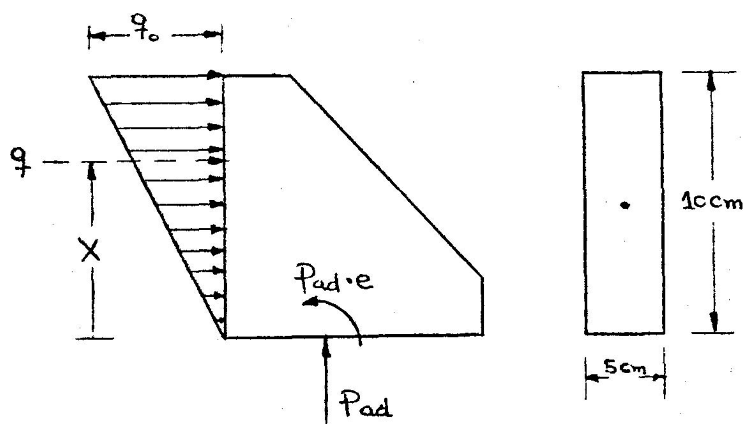
Dónde γ_1 toma ciertos valores dependiendo de la relación b/a. Y para tener una cabal idea de la variación de γ_1 se reproducird una parte de la tabla.

b/a	γ_1
0.5	- 0.0115
2/3	- 0.0187
1.0	- 0.0334
1.5	- 0.0462
m	- 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 tomard b/a = 0.5, aunque posteriormente se explicard el porque de las dimensiones finales de la placa. Luego el momento flector serd igual a

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

Al suponer que la carga q_o por unidad de drea varía linealmente, se está diciendo que la fuerza total q, estard aplicads en el centro de presión y no el centroide



de la sup rfi ie. Luego hay que calcular el punto de aplicación.

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

Donde:

I = momento de inercia respecto al centro de gravedad.

S = distancia al centro de gravedad.

A = área de aplicación de la carga

Reernplazando los valores se tiene

$$X = S + \frac{5(10)^3/12}{(5.10)(5)} = 6.66 \text{ cm.}$$

La fuerza total aplicada en el centro de presidn serd

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

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

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

Reemplazando el valor de q, se obtiene

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

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

El esfuerzo compresidn debido a la acción de M_x es igual a:

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

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

$t = 0.6248$ 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 $P_{ad}.e$ 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 tom6 para el ca'lculo, de tal forma que se cumplan con los objetivos propuestos. Así se tiene que las dimensiones para este caso sera'n:

Para el segundo caso, se tiene que el nivel del grano está en el borde inferior del soporte. Por lo tanto no habrd presión del grano sobre la placa y el peso total de la estructura com respecto al prrmer caso na 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 [illegible] Kg, que dividido para las ocho columnas resulta un P_{ad} = 12.5 Kg.

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

$$25q_o'(6.66) = (712.5)\ (2.51)$$

$$q_o = 10.74\ Kg/cm^2$$

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

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

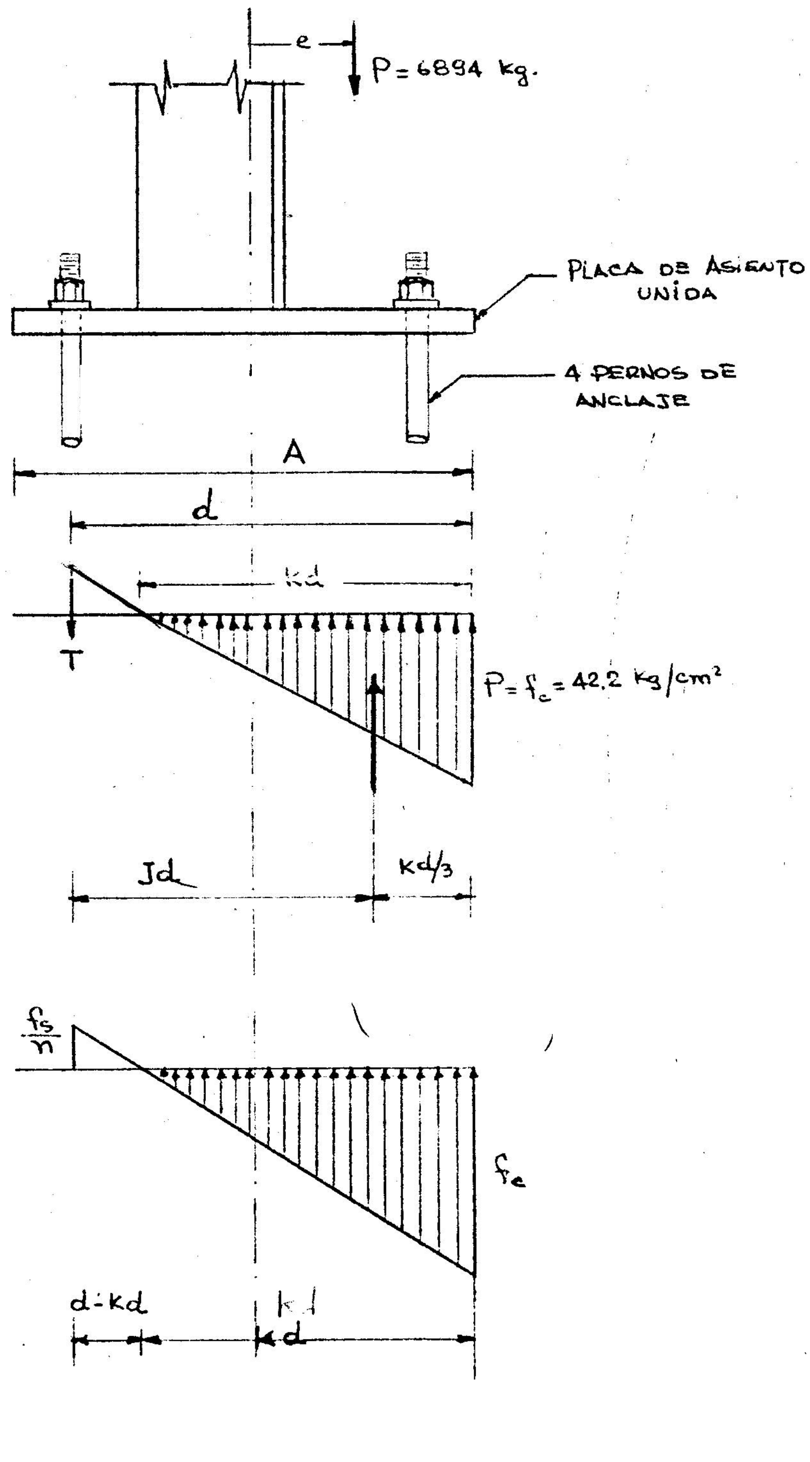
$$\sigma = \frac{6\ (0.0115)\ (10.74)\ (10)^2}{t^2} = \qquad Kg/cm^2$$

$$t = 0.201\ cm$$

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

Se colocardn cuatro pernos de anclaje empotrados a el plinto o zapata como se indica en la figura. Su efecto para resistir el rnomento del extrerno 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 dirnensiones son los habituales en diseño de concreto reforzado,

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

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

Cuando el esfuerzo del concreto $f_c = 42.2$ Kg/cm^2

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

Sumando los rnomentos con respecto a un punto sobre la línea he fuerza T,

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

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

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

Resolviendo la ecuación resulta

$$K = 0.90$$

$$C = 7578.88 \times 0.9 \doteq 6821.\ Kg$$

Surnando las fuerzas verticales

$$T = C - 6894 = -73\ Kg.$$

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 $f_c = 42.2\ Kg/cm^2$

$$f_s = nf_c \left(\frac{d-Kd}{Kd}\right) = 10 \times 42.2 \left(\frac{1.787}{16.083}\right)$$

$$= 46.88\ Kg/cm^2$$

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

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

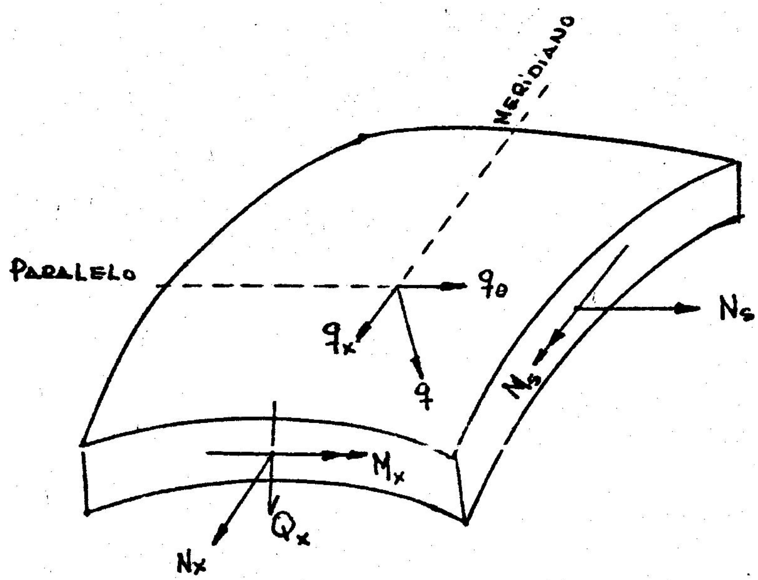
Para satisfacer esta área bruta se requieren de 4 pernos de 16 mm (5/8 pulg).

TEORIA DEL CASCARON ELASTICO DELGADO

SOMETIDO A FUERZAS CORTANTES Y MOMENTOS FLECTORES

INTRODUCCION

Como se ha visto en los acdpites anteriores al despr'eciar el efecto de los momentos flectores, estos conducen a soluciones relativamente simples en ,el ana'lisis 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 ia union ae estos segmentos por la teoria ae membrana. Consecuentemente, nos concierne en esta oportunidad y para el resto del desarrollo del trabajo aplicar el ana'lisis de cascarones con momento flector y fuerzas cortantes normales.


MERIDIANO
PARALELO
q_θ
q_x
q
N_s
M_s
M_x
N_x
Q_x

EL TECHO

El techo es un cascarón cónico truncado, soportando su propio peso; sornetido en el borde superior a la accidn del peso de la tapa y en el borde inferior a la acción de las fuerzas cortantes,' esfuerzos normales y rnornentos flec-tores.

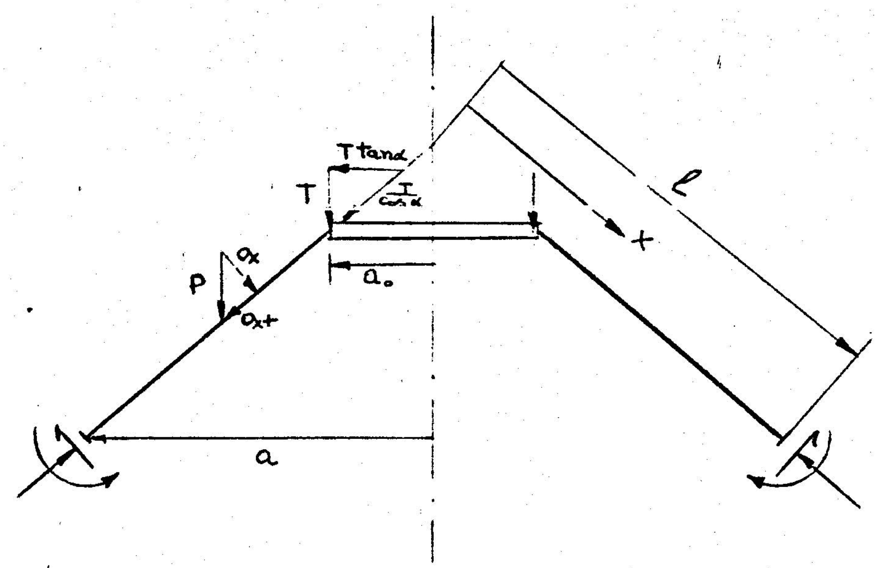


FIG. 3.27

Estado de Esfuerzos para el Techo

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

$$N_x = Q_1 \tan a - F_1(X)$$

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

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

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

$$F_1(X) = \frac{1}{X\cos}\left|\int_{X_0}^{X} X(q\ \mathrm{Sen}\alpha + q_x\ \mathrm{Cos}\alpha)dx + C\right|$$

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

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

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

Dónde

$$Q_x = Q_x^c + Q_x^p$$

$$\beta_x = \beta_x^c + \beta_x^p \qquad (3.93b)$$

SOLUCION COMPLEMENTARIA

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

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

Dónde:

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

Haciendo el cambio de variable

$$Y = 2\mu_c\sqrt{X} \qquad (3.94c)$$

Resulta la siguiente ecuación

$$y^2\frac{d^2(XQ_x^c)}{dy^2} + y\frac{d(XQ_x^c)}{dy} - (\pm i\,y^2 + 4)(XQ_x^c) = 0$$

$$(3.94d)$$

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

$$XQ_x^c = A_1S_1 + A_2S_2 + A_3S_3 + A_4S_4 \tag{3.94e}$$

Donde S_i son funciones Kelvín de segundo orden

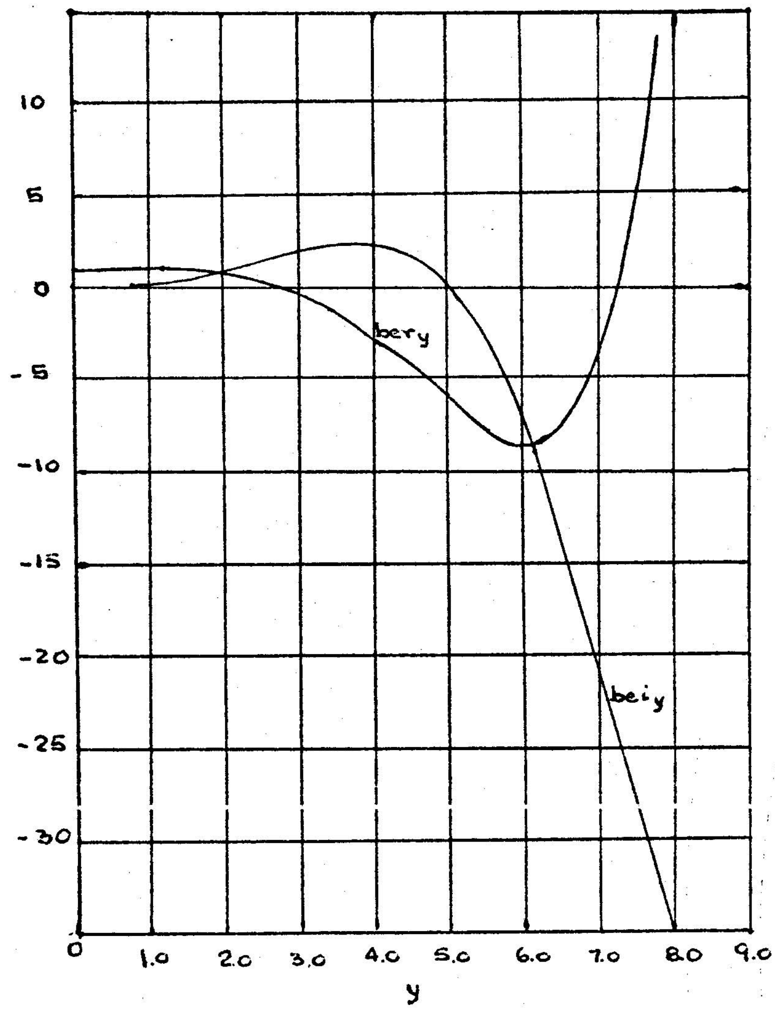
$$S_1 = ber_2 y \qquad S_3 = ker_2 y \tag{3.94f}$$

$$S_2 = bei_2 y \qquad S_4 = kei_2 y$$

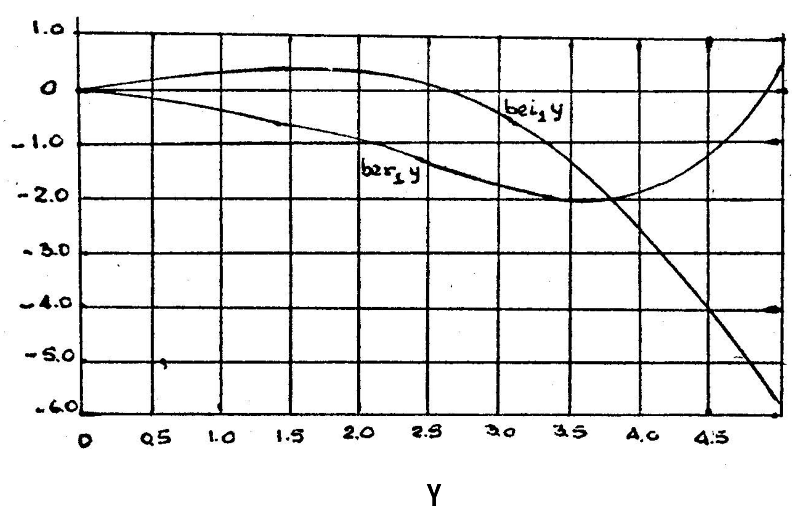
La solución para la rotación es

$$\beta_x^c = \frac{\tan\alpha}{Et_c}\left[12(1-\nu^2)\right]^{1/2}(A_2S_1 - A_1S_2 + A_4S_3 - A_3S_4) \tag{3.94g}$$

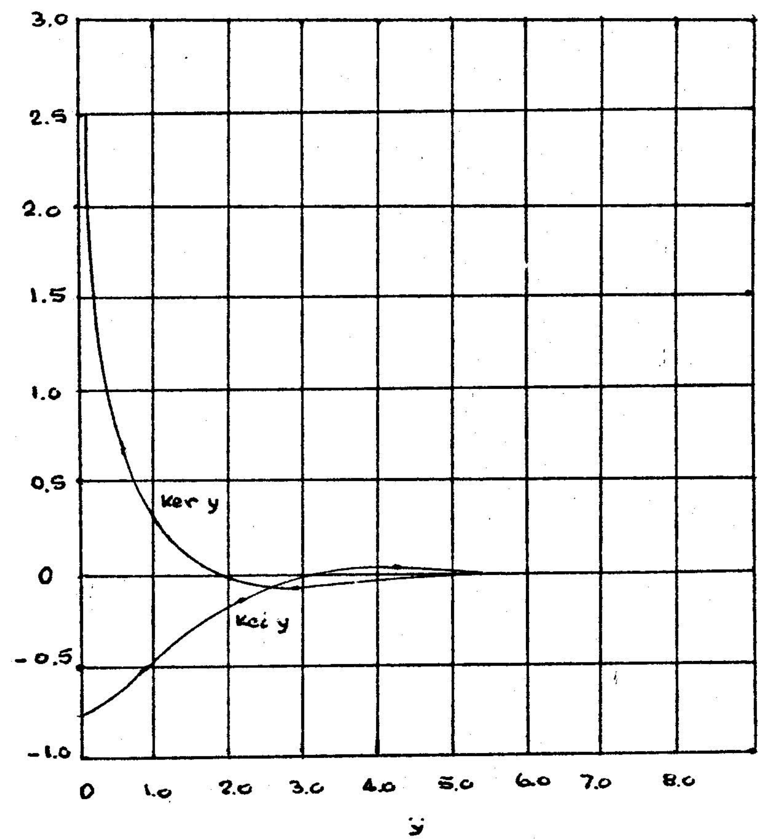
Los términos A_1, A_2, A_3, A_4 son constantes que se las utiliza para satisfacer las condiciones de borde. Para el caso de un **cono** truncado como el presente, habría que considerar el efecto del momento flector y fuerzas cortantes aplicados al borde superior. **Pero** en el caso del silo a analizarse, 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

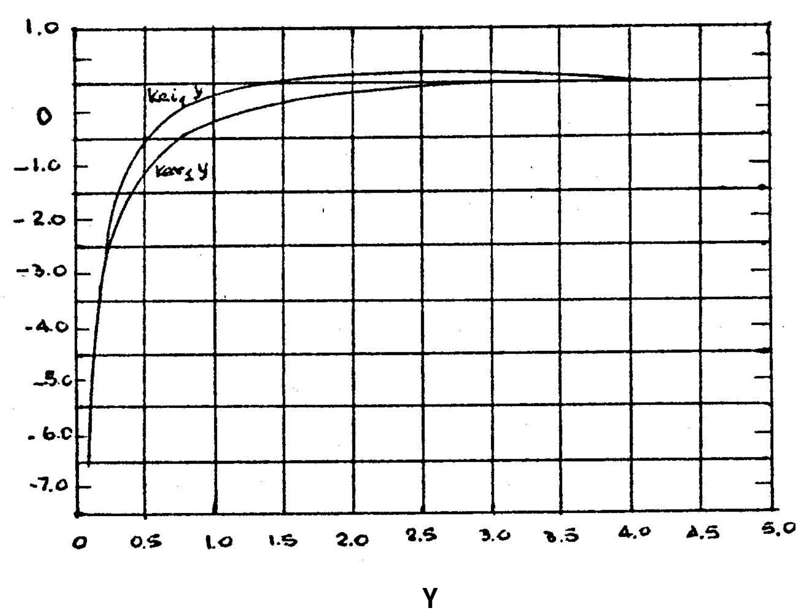


10
5
0
- 5
-10
-15
-20
-25
- 30
0
1.0
2.0
3.0
4.0
5.0
6.0
7.0
8.0
9.0
y
bery
beiy



1.0
0
-1.0
-2.0
-3.0
-4.0
-5.0
-6.0
0
0.5
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0
4.5
Y
bei1 y
ber1 y


3.0
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0
-0.5
-1.0
Ker y
Kei y
0
1.0
2.0
3.0
4.0
5.0
6.0
7.0
8.0
y


1.0
0
-1.0
-2.0
-3.0
-4.0
-5.0
-6.0
-7.0
0
0.5
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0
4.5
5.0
Y

serdn iguales a cero. Otro indicativo de las constantes $A_{i \ldots 4}$ es la influencia que tiene un borde sobre el otro y para ello se tiene que en el borde superior las funciones $\mathrm{ber}_2 y$ y $\mathrm{bei}_2 y$ crecen al infinito cuando ytiende a infinito, luego $A_1 = A_2 = 0$. En el borde inferior las funciones $\mathrm{ker}_2 y$ y $\mathrm{kei}_2 y$ crecen al infinito cunado ytiende 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

$$\alpha \mu_c \sqrt{X} \simeq \sqrt{8}\, \pi \qquad (3.94h)$$

Luego de reemplazar μ_c en Ec.(3. h) se tiene

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

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

$$t_c = 2.5 \text{ mm.}$$
$$\alpha = 75''$$
$$\nu = 0.3$$

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

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

$$XQ_x^{\,c} = A_1S_1 + A_2S_2 \qquad (3.95a)$$

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

SOLUCION PARTICULAR

Las soluciones particuiares de $Q_x^{\,p}$ y $8,^{p}$, son utilizadas para satisfacer las condiciones de carga. En consecuencia se comenzará primeramente definiendo el operador L(...) para luego aplicarlo a estado de carga que gobierna al cascarón cónico.

$$L(\ldots) = t_c\tan\alpha\left[X\frac{d^2(\ldots)}{dX^2} + \frac{d(\ldots)}{dX} - \frac{(\ldots)}{X}\right] \qquad (3.\ 96\ )$$

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

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

Donde:

$$G_1(X) = -t_c\tan\alpha\left\{\frac{d}{dX}\left[F_1X\nu - qX^2\tan\alpha\right] + F_1 - \nu Xq\tan\alpha + E\alpha_t t_c X\frac{dT_o}{dX}\right\} \qquad (3.97c)$$

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

Para resolver éste sistema de ecuaciones, es conve-niente ir eliminando $(XQ_x{}^p)$, $(\ _x{}^p)$ en turno:

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

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

Estas ecuaciones diferenciales de cuarto orden, se las resolver8 por medio de dos asumpsiones con el fin de re-aucir su compiejiaaa. Luego ae obtener las soiuciones por separado se las sumard, para de esta forma tener la solución completa del estado de cargas.

ASUMPSIONES :

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

Aplicando la asumpsión 1.

$$F_1(X) = \frac{1}{X\cos\alpha}\left[\int_{X_c} X(P\,sen^2\alpha + P\cos^2\alpha)\,dX + C_1\right] \qquad (3.98a)$$

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

La condición de borde para evaluar la constante C_1 es:

$$F_1\ (x)\ \Big|_{x = x_o = \frac{a_o}{\mathrm{sen}\alpha}} = - \frac{T}{\cos\ \alpha}$$

Reemplazando el valor de la constante C_1, se tiene:

$$F_1\ (x) = \frac{P}{x\ \cos\ \alpha}\ (x^2 - a_o^2\ \csc^2\alpha) - \frac{2\ T\ a_o}{x\ \mathrm{sen}^2\alpha} \qquad (3.98\ c)$$

$$G_1\ (x) = - t_c \tan\ a\ \Big|\ \frac{2^{n.}}{\cos a} + \frac{P}{x\ \cos\ a}\ (x^2 - a_o^2\ \csc^2\alpha) - \cancel{x\,\mathrm{sen}^2\alpha}$$

$$- Px\ (2 + \nu)\ \mathrm{sen}a\ tana \qquad (3.99)$$

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

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

$$LL\ (xQ_x^p) + 12\ (1 - \nu^2)\ (xQ_x^p) = 0$$

(3,101)

$$LL\ (\beta_x^p) + 12\ (1 - \nu^2)\ \beta_x^p = \frac{-12\ (1 - \nu^2)\ \tan\ \alpha}{Et_c}$$

$$\Big|\ \frac{2\ P\nu x}{\cos\ a} - \frac{2\ Ta_o}{x\mathrm{sen}^2\alpha} + \frac{P}{x\cos\alpha}$$

$$(x^2 - a_o^2\ \csc^2\alpha) - Px\ (2+\nu)\mathrm{sen}\alpha\tan\alpha\Big|$$

Las soluciones de estas ecuaciones serán:

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

$$\beta_x^p = - \frac{\tan\alpha}{Et_c} \left| \frac{2p\nu x}{\cos\alpha} - \frac{2\,Ta}{x\,\mathrm{sen}^2\alpha} + \frac{P}{x\cos\alpha}(x^2 - a_o^2 \csc^2\alpha) \right.$$

$$\left. -Px\,(2+\nu)\,\mathrm{sen}\alpha\,\tan\alpha \right|$$

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

$$T(\zeta, x) = (\upsilon_o + x\bar{\upsilon}_o) + \zeta\,(\upsilon_1 + x\bar{\upsilon}_1) \qquad (3.103a)$$

Donde:

$\bar{\upsilon}_o$ es el gradiente de temperatura en la generatriz

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

$$T_o = \upsilon_o + x\bar{\upsilon}_o \quad , \quad T_1 = \upsilon_1 + x\bar{\upsilon} \qquad (3.103b)$$

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

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

$$(3.103c)$$

$$H(x) = (1+\nu)\, x\, t_c^3\, \alpha_t\, \bar{\upsilon}_1 \tan a$$

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

$$LL\left(\beta_x^p\right) + 12\,(1 - \nu^2)\,\beta_x^p = -12\,(1 - \nu^2)\alpha_t\, x\, \bar{\upsilon}_o \tan\alpha$$

$$LL\,(xQ_x^p) + 12\,(1 - \nu^2)\,(xQ_x^p) = Et_c^3\,(1 + \nu)\,\alpha_t\, x\bar{\upsilon}_1 \qquad (3.103d)$$

De esto resulta:

$$Q_x^p = -D\alpha_t\,(1 + \nu)\bar{\upsilon}_1$$

$$\beta_x^p = -\alpha_t\, x\, \bar{\upsilon}_o \tan\alpha \qquad (3.103e)$$

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

$$Q_x^p = -D\,\alpha_t\,(1 + \nu)\,\bar{\upsilon}_1 \qquad (3.104)$$

$$\beta_x^p = -\frac{\tan\alpha}{E\,t_c}\left|\frac{2P\nu x}{\cos a} - \frac{2\,Ta_o}{x\,\mathrm{sen}^2\alpha} + \frac{P}{x\cos a}\,(x^2 - a_o^2\csc^2\alpha)\right.$$

$$\left. - Px\,(2 + \nu)\,\mathrm{sen}\alpha\,\tan\alpha\right|$$

$$- a_t\, x\, \bar{\upsilon}_o\,\tan u$$

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

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

$$\beta_x = - \frac{\tan}{Et_c} \left\{ \frac{2P\nu x}{\cos a} - \frac{2Ta x}{x \operatorname{sen}^2 \alpha} + \frac{P}{x \cos a} (x^2 - a_o^2 \csc^2 \alpha) \right.$$

$$- Px (2 + \nu) \operatorname{sen}\alpha \tan\alpha + 12(1 - \nu^2) \,|^{1/2}$$

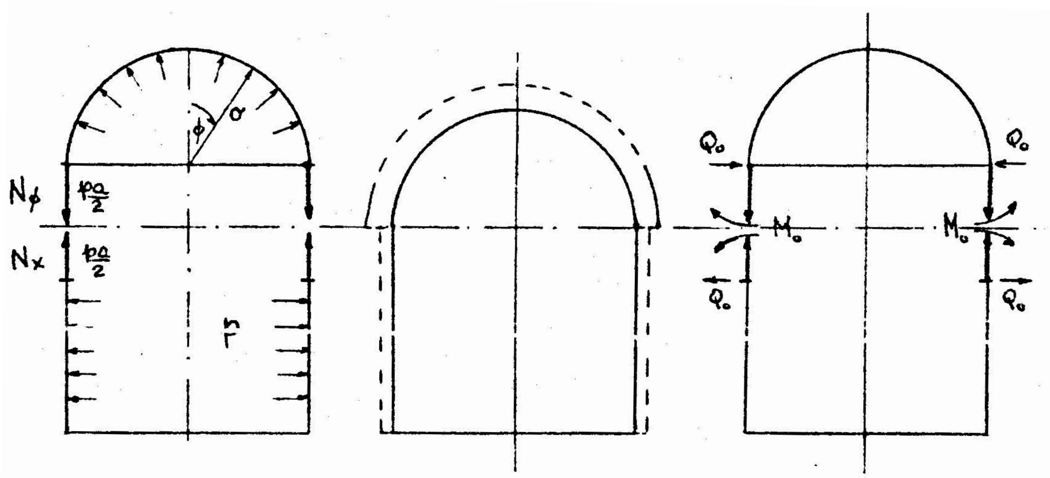
$$\left. (A_2 S_1 - A_1 S_2) - \alpha_t x \bar{\upsilon}_o \tan a \right\} \qquad (3.105)$$

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 munento que lo sea se tendrá el espesor buscado t_x.

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.



(a) (b) (c)

La Fig. (a) muestra el diagrama de cuerpo aislado en los puntos de unión, donde el esfuerzo N_ϕ) esfera para $\phi = \pi$ 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 teoria es inconsistente para resolver estas incompatibilidades, debiendo buscarse una teoría que incluya estos efectos. La teoria 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_o hacia a dentro en la semiesfera y un Q_o hacia afuesa 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_o

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.

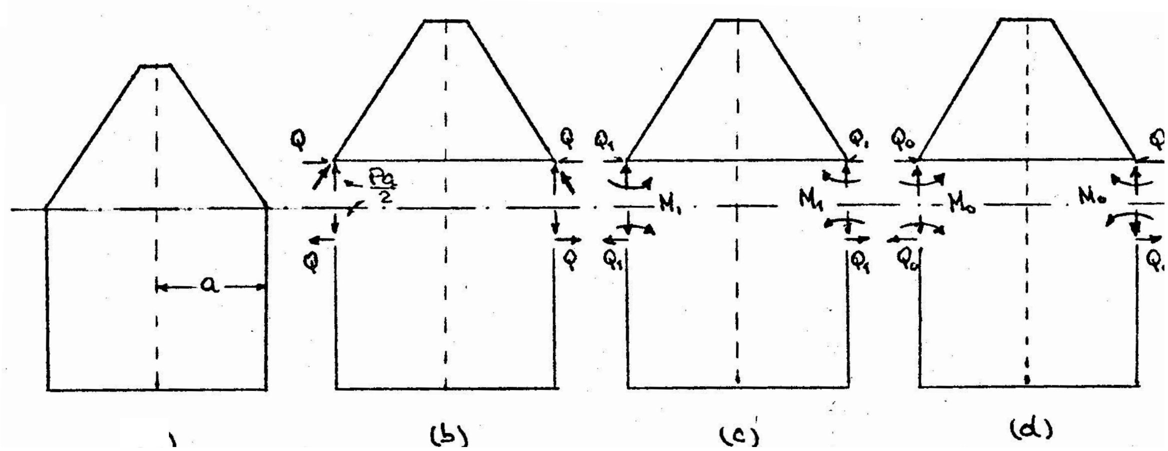
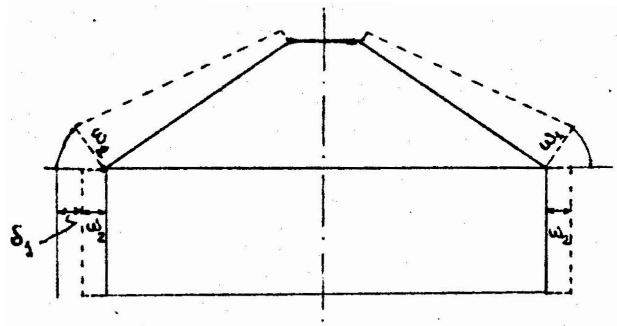


Fig. (3.27')

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 absorvida 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 ϵ para ambos casos.

En estas circunstancias se origina un esfuerzo cortante Q_o que es la suma del esfuerzo Q más Q_1 y un momento flector M_o necesarios e impresindibles para restituir estos puntos y satisfacer la compatibilidad de las deformaciones. Se concidera estas dos cantidades redundantes (Q_o - M_o) , 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.



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

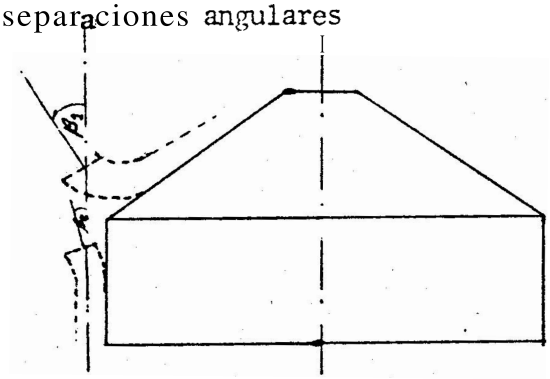
Donde:

$\varepsilon_{\theta i}$ = Deformación unitaria circunsferencial pudiendo ser encontrada en la Ref. (8) pág. 206 - 351

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

δ_1 = Separación radial

y las separaciones angulares



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

Donde:

β'_i = Rotación de superficie de referencia (Ref. 8)

δ_2 = Separación angular (Ref. 8)

De ello se puede escribir que:

$$\delta_1 = \delta_{10} + \delta_{11} Q_o + \delta_{12} M_o$$

$$\delta_2 = \delta_{20} + \delta_{21} Q_o + \delta_{22} M_o$$

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 tendrhn 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

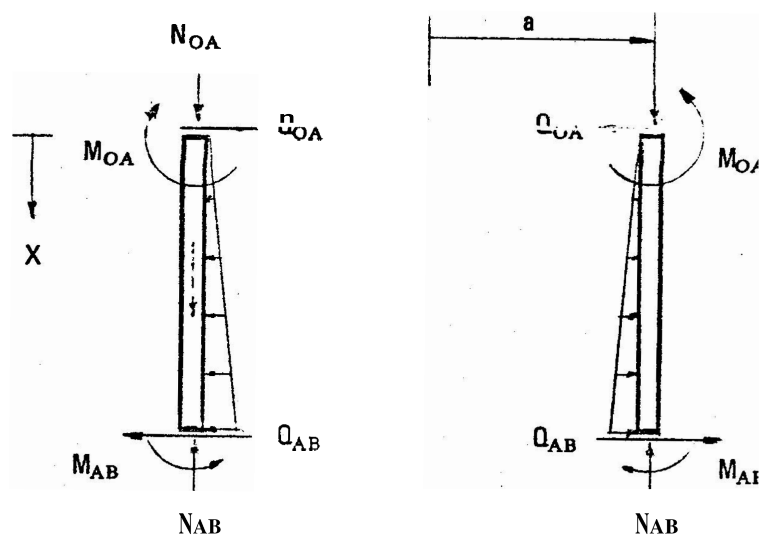


FIG. 3.28

Estado de Esfuerzos para el Anillo A

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

$$q = -\gamma_2 X$$

$$q = \gamma_1 X \qquad (3.106\ a)$$

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

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

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

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

$$N_x = -\ F_1(X)$$

$$N_s = a\ \left(\frac{dQx}{dX} - q\right)$$

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

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

$$F_1(X) = C_1 + \int_{X_o}^{X} q_x dX \qquad (3.107)$$

$$U_x = \int_{X_o}^{X} F(X)\, dX$$

$$\omega = \frac{a\,(N_S - \nu N_X)}{E t_S} + \alpha_t a T_o$$

$$F(X) = \frac{N_X - \nu N_S}{E t_S} + \alpha_t T_o$$

Donde:

$$Q_X = Q_X^{\,C} + Q_X^{\,P}$$

$$\beta_X = \beta_X^{\,C} + \beta_X^{\,P} \qquad (3.108a)$$

SOLUCION COMPLEMENTARIA

Para determinar la solucidn complementaria, esto es $Q_X^{\,C}$ y $\beta_X^{\,C}$, se empleard el método de análisis descrito por Ref(4).

$$\frac{d^2 Q_X^{\,C}}{dX^2} + 2i\mu^2 Q_X^{\,C} = 0 \qquad (3.108\,b)$$

Dónde:

$$\mu^2 = \left[3\,\frac{(1-\nu^2)}{a^2\, t_S^2}\right]^{1/2} \qquad (3108\,c)$$

Se asume la solución de esta ecuación en la forma

$$Q_X^{\,C} = C\,\exp(KX) \qquad (3.108d)$$

Donde C es una constante arbitraria y K está definido por

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

Se determina que la solución es

$$C_{QX} = e^{-\mu x}(B_1 \mathrm{Cos}\,\mu x + B_2 \mathrm{Sen}\,\mu x) + e^{\mu x}(B_3 \mathrm{Cos}\,\mu x + B_4 \mathrm{Sen}\,\mu x)$$

$$\beta_x^c = \frac{1}{2\mu^2 D}\Big[e^{-\mu x}(B_2 \mathrm{Cos}\,\mu x - B_1 \mathrm{Sen}\,\mu x) + e^{\mu x}(B_3 \mathrm{Sen}\,\mu x - B_4 \mathrm{Sen}\,\mu x)\Big] \qquad (3.109)$$

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

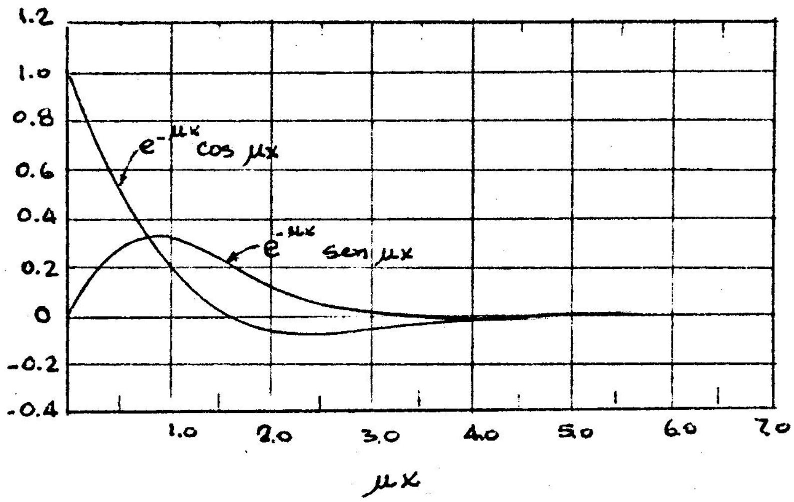

1.2
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0
-0.2
-0.4
$e^{-\mu x}\cos\mu x$
$e^{-\mu x}\operatorname{sen}\mu x$
1.0
2.0
3.0
4.0
5.0
6.0
7.0
μx

FIG. 29

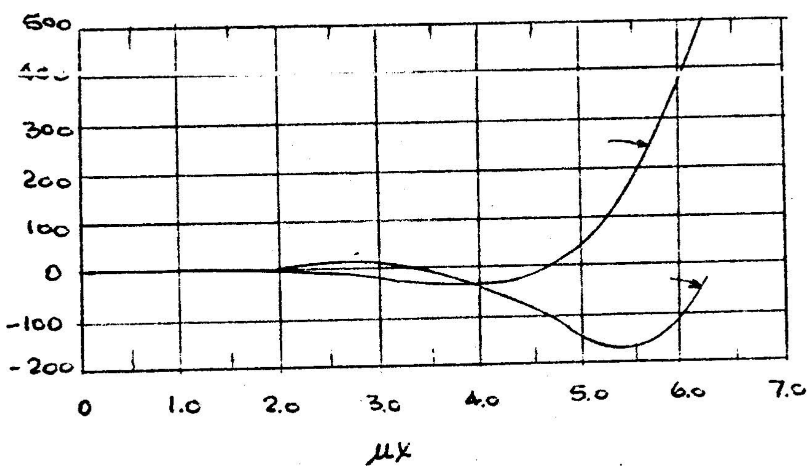

500
300
200
100
0
-100
-200
0
1.0
2.0
3.0
4.0
5.0
6.0
7.0
μx

FIG. 30

Analizando las figs. 3.29 y 3.30 nos damos cuenta que cuando μx crece, las funciones $e^{\mu x} \cos \mu x$ y $e^{\mu x} \operatorname{Sen} \mu x$, se incrementan rápidamente tendiendo al infinito. Lo cual no concuerda con el caso real de un cilindro muy largo que Q_x^c y β_x^c tiendan al infinito cuando μx 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

$$L_c = \pi / \mu \tag{3.110 a}$$

Que reemplazando el valor de μ queda

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

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

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

$$\beta_x^c = \frac{1}{2\mu^2 D} (B_2 C \quad x - B \operatorname{Sen} \mu x)\, e^{-\mu x} \tag{3.111}$$

SOLUCION PARTICULAR

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

$$\frac{d^2\beta_X^P}{dX^2} = \frac{Q_X^P}{D} + \alpha_t (1+\nu)\frac{dT_1}{dX} \qquad (3112\,a)$$

$$\frac{d^2Q_X^P}{dX^2} = \frac{Et_{SA}}{a^2}\beta_X^P - \frac{1}{a}\frac{d}{dX}(\nu F_1 - qa) - \frac{Et_{SA}}{a}\frac{d}{dX}(\alpha_t T_o)$$

Como las temperaturas T_o Y T_1 no varían con respecto a X, luego las Ec(3.112a) se reducen a:

$$\frac{d^2\beta_X^P}{dX^2} = \frac{Q_X^P}{D} \qquad (3112\,b)$$

$$\frac{d^2Q_X^P}{dX^2} = \frac{Et_{SA}}{a^2}\beta_X^P - \frac{1}{a}\frac{d}{dX}(\nu F_1 - qa) \qquad (3112\,c)$$

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

$$F_1(X)\Big] = C_1 + \int^X q_X\,dX \qquad (3112\,d)$$

Reemplazando Ec(3.106a) e integrando

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

La condición de borde para determinar la constante C es:

$$F_1(X)\Big]_{X=0} = -N_{OA} \qquad (3112f)$$

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

$$F_1(X) = -N_{OA} + \gamma \frac{X^2}{2} \qquad (3.112g)$$

Despejando de Ec(3.112b) Q_X^P y reemplazando en (3.112c)

$$D \frac{d^4\beta_X^4}{dX^4} + \frac{Et_{SA}}{a^2}\beta_X^P = \frac{1}{a}(\nu\gamma_1 X + \gamma_2 a)$$

$$\frac{d^4\beta_X^4}{dX^4} + \frac{12(1-\nu^2)}{t_{SA}^2 a^2}\beta_X^P = \frac{1}{aD}(\nu\gamma_1 X + \gamma_2 a) \qquad (3.112h)$$

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

$$\beta_X^P = -\frac{a}{Et_{SA}}(\nu\gamma_1 X + \gamma_2 a) \qquad (3.113)$$

$$Q_X^P = 0$$

Reemplazando Ec(3. 111), (3. 113) en (3508 a)

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

$$\beta_X = \frac{1}{2\mu^2 D}(B_2 \cos\mu X - B_1 \operatorname{sen}\mu X)e^{-PX} \qquad (3.114a)$$

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

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

$$\left. Q_X \right]_{X=0} = Q_{OA}$$

$$\left. D \frac{d\beta_X}{dX} \right]_{X=0} = M_{OA} \qquad (3.114\ b)$$

Reemplazando las condiciones de borde se tiene

$$B_1 = Q_{OA}$$

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

Luego:

$$Q_X = \left[Q_{OA} \cos \mu X + (2\mu M_{OA} + Q_{OA}) \operatorname{sen} \mu X \right] e^{-\mu X}$$

$$\beta_X = \frac{1}{2\mu^2 D}\left[(2\mu M_{OA} + Q_{OA}) \cos X - Q_{OA} \operatorname{sen} \mu X \right] e^{-\mu}$$

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

también:

$$\left. Q_X \right]_{X=122} = Q_{AB}$$

$$D \left. \frac{d\beta_x}{dX} \right]_{x=122} = M_{AB} \qquad (3.116)$$

ANILLO B

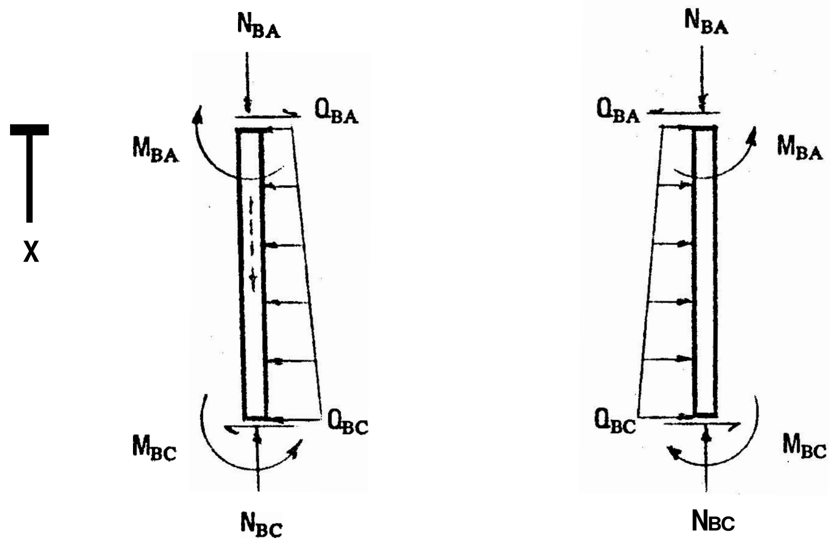


FIG. 3.31

Estado de Esfuerzos en el Anillo B

Las cargas por unidad de area actuando en el anillo 5 son:

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

$$q_X = \gamma_1 X \qquad (3.117)$$

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.

$$N_{AB} = N_{BA}$$

$$Q_{AB} = Q_{BA} \qquad (3.118)$$

$$M_{AB} = -M_{BA}$$

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 desarrcllo, pero sí las condiciones de borde y las ecuaciones a que se lleguen.

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

La condición de borde para determinar la constante C es

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

Reemplazando el valor de la constante se tiene

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

Luego la solución particular es como sigue:

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

$$Q_X{}^p = 0$$

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

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

$$\beta_X = \frac{1}{2\mu^2 D}(B_2 \cos \mu X - B_1 \operatorname{sen} \mu X)e^{-\mu X} - \frac{a}{Et_{SB}}(\nu\gamma_1 X + \gamma_2 a) \qquad (3.121\ a)$$

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

$$\left. Q_x \right]_{x=o} = Q_{BA}$$

$$\left. D \frac{d\beta_x}{dX} \right]_{x=o} = M_{BA} \qquad (3.121b)$$

Reemplazando las condiciones de borde se tiene:

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

$$\beta_x = \frac{1}{2\mu^2 D} \left[\left(\frac{2\mu M_{BA}}{} + Q_{BA}\right) \cos\mu X - Q_{BA} \operatorname{sen}\mu X \right] e^{-\mu X} \qquad (3.122)$$

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

también:

$$\left. Q_x \right]_{x=122} = Q_{BC}$$

$$\left. D \frac{d\beta_x}{dX} \right]_{x=122} = M_{BC} \qquad (3.123)$$

A N I L L O   C

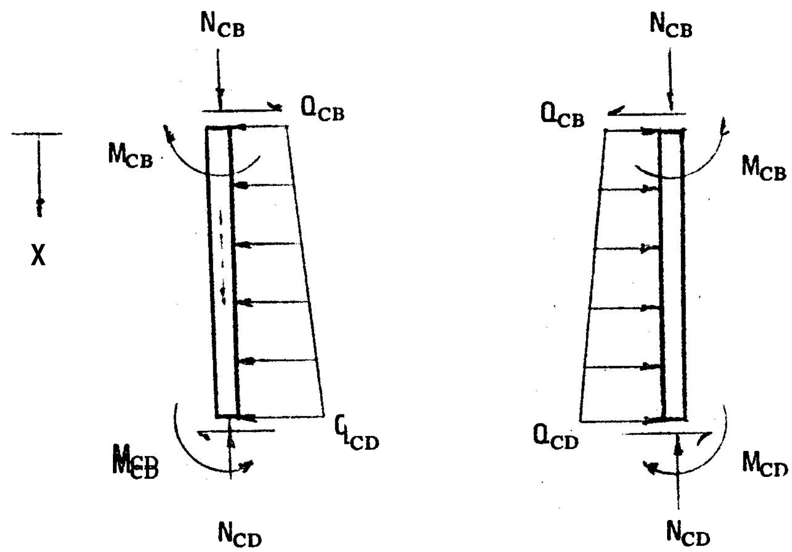


FIG. 3.

Estado de Esfuerzos para el Anillo C

Las cargas actuando en el anillo C, son:

$$q = -\gamma_2 (X+244)$$

$$q_X = \gamma_1 X$$

$$N_{BC} = N_{CB}$$

$$Q_{BC} = -Q_{CB} \qquad (3.124)$$

$$M_{BC} = -M_{CB}$$

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

La condición de borde para determinar la constante C ,

es :

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

Reemplatando el valor de **la** constante se tiene

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

Luego la solución particular es como sigue:

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

$$Q_x^{\,p} = 0$$

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

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

$$\beta_x = \frac{1}{2\mu^2 D}(B_2 \cos \mu X - B \operatorname{sen} \mu X)\, e^{-\mu X} \qquad (3.127a)$$

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

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

$$Q_x \Big]_{x=o} = Q_{CB} \qquad (3.127\ b)$$

$$D \frac{d\beta_x}{dX}\Big]_{x=o} = M_{CB}$$

Keemplazando las condiciones de borde se tiene:

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

$$\beta_X = \frac{1}{2\mu^2 D} \left[\left(\frac{2\mu M_{CB}}{} + Q_{CB}\right) \cos \mu X - Q_{CB} \operatorname{sen} \mu X \right] e^{-\mu X} \qquad (3.128)$$

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

tanibién :

$$Q_X \Big]_{x=122} = Q_{CD}$$

$$D \frac{d \beta_X}{dX} \Big]_{x=122} = M_{CD} \qquad (3.129)$$

A N I L L O   D

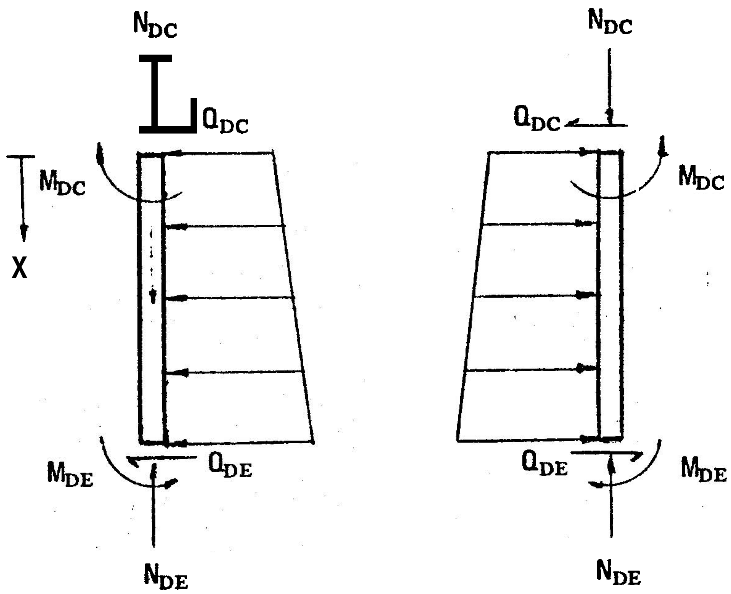


FIG. 3.

Estado de Estuerzos para el Anillo D

Las cargas actuando en el anillo D, son:

$$q = -\gamma_2 (X + 366)$$

$$q_X = \gamma_1 X$$

$$N_{CD} = N_{DC} \qquad (3.130)$$

$$Q_{CD} = -Q_{DC}$$

$$M_{CD} = -M_{DC}$$

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

La condición de borde para determinar la constante C es:

$$F_1(X)\Big|_{X=0} \qquad (3.131b)$$

Reemplazando el valor de la constante se tiene:

$$F_1(X) = - N_{DC} + \gamma_1 \frac{X^2}{2} \qquad (3\ 131c)$$

Luego la solución particular es como sigue:

$$\beta_x^{\,p} = - \frac{a}{t_{SD}} (\omega\gamma_1 X + \gamma_2 a)$$

$$Q_x^{\,p} = 0 \qquad (3\ 132\ )$$

Reemplazando Ec(3 109), (3 132) en (3.108a)

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

$$\beta_x = \frac{1}{2\mu^2 D} (B_2 \cos \mu X - B_1 \text{ sen } \mu X) e^{-\mu X} \qquad (3.133a)$$

$$- \frac{a}{E t_{SD}} (\omega \gamma_1 X + \gamma_2 a)$$

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

$$\left. Q_x \right]_{x=0} = Q_{DC}$$

$$\left. D \frac{d\beta_x}{dX} \right]_{x=0} = M_{DC} \qquad (3.133b)$$

Reemplazando las condiciones de borde se tiene:

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

$$\beta_X = \frac{}{2\mu^2 D}\left[\left(\frac{2\mu}{} + Q_{CB}\right)\cos\mu X - Q_{CB}\,\mathrm{sen}\,\mu X\right] e^{-PX}$$

$$- \frac{a}{Et_{SD}}\left(\nu\gamma_1 X + \gamma_2 a\right) \qquad (3.134)$$

también:

$$\left. Q_X \right]_{x=122} = Q_{DE}$$

$$D \left. \frac{d\beta_X}{dX} \right]_{x=122} = M_{DE} \qquad (3.\ 135)$$

A N I L L O E

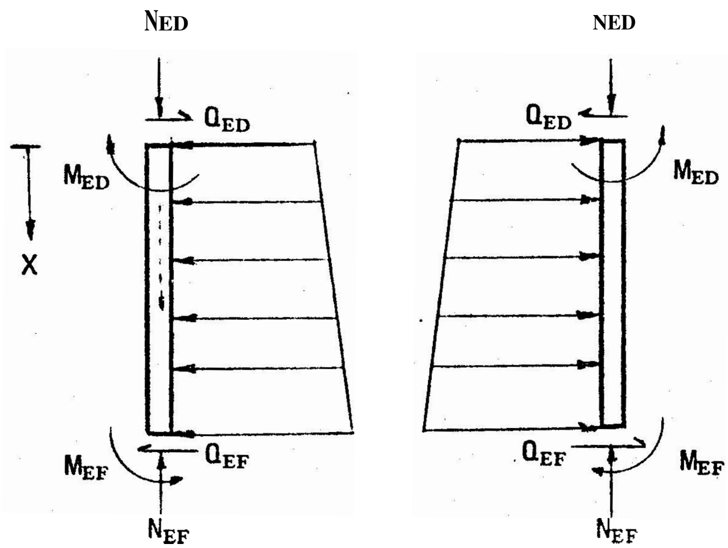


FIG. 3.

Estado de Esfuerzos para el Anillo E

Las cargas actuando en el anillo E, son:

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

$$q_X = \gamma_1 X$$

$$N_{DE} = N_{ED} \qquad (3.136)$$

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

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

$$F_1 (X) = C_1 + \gamma_1 \frac{X^2}{2} \qquad (3.137\,a)$$

La condici6n.de borde para determinar la constante C es:

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

Reemplazando el valor de la constante, se tiene:

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

Luego la solución particular es como sigue:

$$\beta_X{}^p = -\frac{a}{Et_{SE}}\left(\nu\gamma_1 X + \gamma_2 a\right) \qquad (3.138)$$

$$Q_X{}^p = 0$$

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

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

$$(3.139\,a)$$

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

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

$$Q_X\Big]_{X=0} = Q_{ED} \qquad (3.139\,b)$$

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

Reemplazando las condiciones de borde, se tiene:

$$Q_X = \left[Q_{ED} \cos \mu X + \left(\underline{2\mu M_{ED}} + Q_{ED} \right) \operatorname{sen} \mu X \right] e^{-\mu X}$$

$$\beta_X = \frac{1}{2\mu^2 D} \left[\left(\underline{* \ \mu M_{ED}} + Q_{ED} \right) \cos \mu X - Q_{ED} \operatorname{sen} \mu X \right] e^{-\mu X}$$

$$- \frac{a}{E t_{SE}} \left(\nu \gamma_1 X + \gamma_2 a \right) \qquad (3.\ 140)$$

también:

$$\left. Q_X \right]_{x=122} = Q_{EF}$$

$$\left. D \frac{d\beta_X}{dX} \right]_{X=122} = M_{EF} \qquad (3.\ 141)$$

A N I L L O   F

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

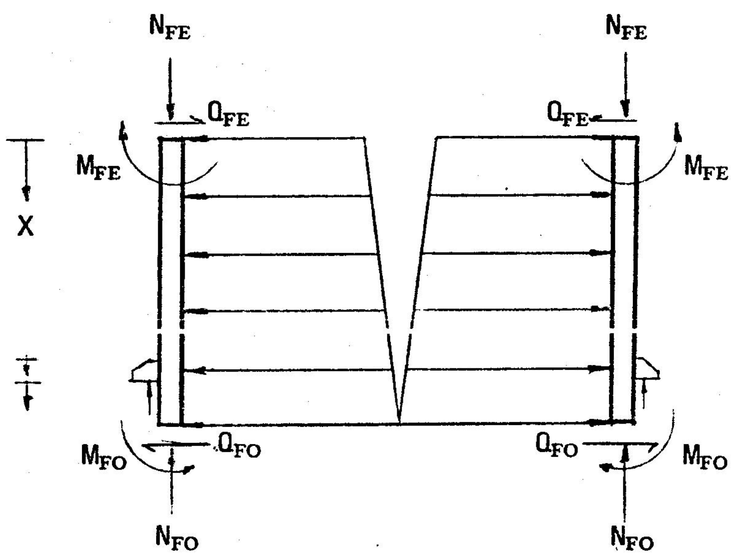


FIG. (3.35)

Estado de esfuerzos para el Anillo F

Las cargas actuando en el anillo F son:

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

$$q_X = \gamma_1 X$$

$$N = N$$

$$Q = -Q$$

$$M = -M \qquad (3.142)$$

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

$$F_1(X) = C_1 + \gamma_1 \frac{X^2_1}{2} \qquad (3.143a)$$

La condición de borde para determinar la constante C es

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

Reemplazando el valor de la constante, se tiene

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

Luego la solución particular es como sigue

$$\beta_X{}^p = - \frac{a}{Et} (\nu\gamma_1 X_1 + \gamma_2\ a)$$

$$Q_X{}^p = 0 \qquad (3.144)$$

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

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

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

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

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

$$\left. Q_x \right]_{x=o} \quad Q$$

(3.145b)

$$\left. D \frac{d\beta x}{dX} \right]_{x=o} \quad M$$

Reemplazando las condiciones de borde se tiene

$$Qx_1 = \left[Q \quad \cos\mu x - (2\mu M \quad + Q \quad)\operatorname{sen} \mu x \right] e^{-\mu x}$$

$$\beta_x = \frac{-1}{2\mu^2 D}\left[(2\mu M \quad + Q \quad)\cos \mu x + Q \quad \operatorname{sen} \mu x\right]$$

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

también se sabe que:

$$\left. Q_{x_1} \right]_{x=100} = Q_{X12}$$

$\beta_{X_1} \quad _{.x=100} \quad \beta_{X12}$

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 absorverd el momento flector. Esta asunción no es del todo válida, por lo tanto se debe dejar aclarado que si bién es cierto que la placa absorve el momento, ésta la concentra en los puntos donde hacen contacto con el souorte, 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 despreciará la incensidn 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

$$F_1(X) = - N_{x_2} \qquad (3.147)$$

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

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

$$\frac{d^4\beta_x^4}{dX^4} + \frac{E\,t}{D a^2}\,\beta_x{}^p = -\frac{\gamma_2}{D} \qquad (3.148)$$

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

$$\beta_x{}^p = -\frac{a^2}{E\,t}\,\gamma_2$$

$$Q_x{}^p = 0 \qquad (3.149)$$

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

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

$$\beta_x = \frac{1}{2\mu^2 D}(B_2 \cos \mu x - B_1 \operatorname{sen} \mu x)\, e^{-\mu x} - \frac{a^2}{E\,t}\,\gamma_2$$

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

$$Q_{x_2}\Big]_{x_2=0} = -Q_{X12}$$

$$D \left.\frac{d\beta_{x_2}}{dx}\right]_{x_2 = 0} = - M_{x12} \qquad (3.151a)$$

Reemplazando las condiciones de borde **se** tiene.

$$B_1 = -Q_{x12}$$

$$(3.151b)$$

$$B_2 = 2\mu\, M_{x12} + Q_{x12}$$

Luego:

$$Q_{x_2} = \left[- Q_{x12} \cos\mu x + (2\mu M_{x12} + Q_{x12}) \operatorname{sen}\mu x\right] e^{-\mu x}$$

$$\beta_x = \frac{1}{2\mu^2 D}\left[(2\mu M_{x12} + Q_{x12}) \cos\mu x + Q_{x12} \operatorname{sen}\mu x\right] e^{-\mu x}$$

$$- \frac{a^2}{E t}\, \gamma_2 . \qquad (3.152)$$

La tercera parte del anillo F estará sometido al siguiente estado de cargas.

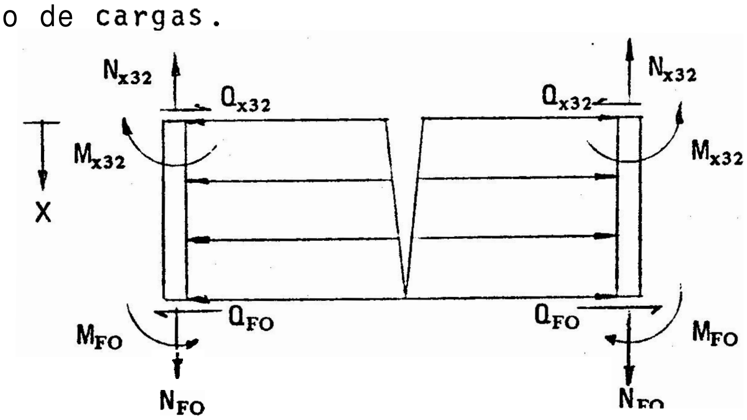


FIG. (3.36)

Se sabe además que:

$$Q_{x_2}\Big]_{x=10} = Q_{X32}$$

$$D\,\frac{d\beta_{x_2}}{dX}\Big]_{x\,=\,10} = M_{X32} \qquad (3.153)$$

El desarrollo de esta parte, es similar al de los anillos anteriores y es como sigue:

$$F_1\,(X) = C_1 + \gamma_1\frac{X^2_3}{2} \qquad (3.154a)$$

La condición de borde para determinar la constantes C_1 es :

$$F_1\,(X)\Big]_{X\,=\,0} = N_{X_3} \qquad (3.154b)$$

Reemplazando el valor de la constantes, se tiene.

$$F_1(X) = N_{X_3} + \gamma_1\,\frac{X^2_3}{2} \qquad (3.154c)$$

Luego la solución particular será:

$$\beta_X{}^p = -\,\frac{a}{Et}\,(\nu\gamma_1 X_3 + \gamma_2\,a)$$

$$Q_x^{\,p} = 0 \tag{3.155}$$

Reemplazando Ec(3.109), (3.155) en (3.108a), se obtiene

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

$$\beta_x = \frac{1}{2\mu^2 D}(B_2 \cos \mu x - B_1 \operatorname{sen} \mu x)e^{-\mu x} \tag{3.156a}$$

$$- \frac{a}{Et}(\nu\gamma_1 X_3 + \gamma_2 a)$$

Las constantes B y B serán determinadas por dos condiciones de borde.

$$\left. Q_x \right]_{x=0} = Q_{X32}$$

$$\left. D \frac{d\beta_x}{dx} \right]_{x=0} = M_{X32} \tag{3.156b}$$

Reemplazando las condiciones de borde se tiene:

$$Q_x = \left[Q_{X32} \cos \mu x - (2\mu M_{X32} + Q_{X32}) \operatorname{sen} \mu x\right] e^{-\mu x}$$

$$\beta_{x_3} = \frac{-1}{2\mu^2 D}\left[(2\mu M_{X32} + Q_{X32}) \cos \mu x + Q_{X32} \operatorname{sen} \mu x\right] e^{-\mu x}$$

$$- \frac{a}{Et}(\nu\gamma_1 X_3 + \gamma_2 a) \tag{3.157}$$

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 borde inferior a la acción de fuerzas cortantes, momentos flectores y esfuerzo axial, debido al dosificador de vaciado.

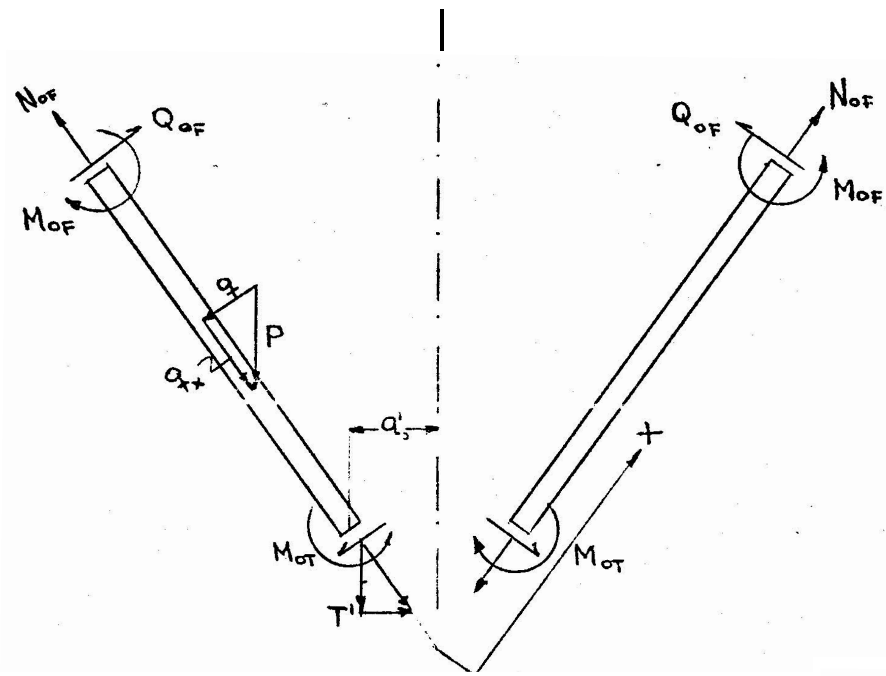


Fig. 3.37

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 Gltima se la designará con la letra p'. En consecuencia la fuerza P variará de la siguiente forma:

$$P = p' + \gamma_2 \mid h + (\ell - x) \cos\alpha \mid$$

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 anteriomnte 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:

$$F_1 (x) = \frac{1}{x \cos \alpha} \left| \int_{x_0}^{x} x \, (-P \operatorname{sen}^2\alpha + P \cos^2\alpha) \, dx + C_1 \right|$$

$$= \frac{\cos}{x \cos} \left| \frac{x^2 - x_0^2}{2} (p' + \gamma_2 h + \gamma_2 \ell \cos\alpha) - \frac{(x^3 - x_0^3)}{3} \gamma_2 \cos\alpha \right| + \frac{C_1}{x \cos \alpha}$$

La condición de borde para evaluar la constante C_1 es:

$$F_1 (x) \Big|_{x = x_0 = \frac{a_0'}{\operatorname{sen}\alpha}} = \frac{T'}{\cos\alpha}$$

Reemplazando el valor de la constante C_1 , se tiene

$$F_1(x) = \frac{\cos^2\alpha}{x\cos\alpha}\left|\frac{x^2 - x_o^2}{2}(p' + \gamma_2 h + \gamma_2 \ell\cos\alpha) - \frac{x^3 - x_o^3}{3}\gamma_2\cos\alpha\right| + \frac{2T'a_o^!}{x\,\mathrm{sen}^2\alpha} \tag{3,158}$$

Para evaluar la ecuación anterior, falta por definir el ángulo a. El cual debe satisfacer los factores de disño, como en la facilidad para el descanso del grano, En estas circunstancias se tiene que el ángulo a debe ser menor o igual a 45°. Para valores de $\alpha<45°$ presenta la desventaja que aumenta la altura del cono, aumentando también el costo del silo. Luego a será igual a 45" y la E_c (3.158) se reduce a:

$$F_1(x) = \frac{2T'a_o^!}{x} \tag{3.159}$$

Reemplazando E_c (3.159) en (3.97c)

$$G_1(x) = -t_c\left\{\left|x(2+\nu)(p' + \gamma_2 h + \frac{\sqrt{2}}{2}\gamma_2\ell) - x^2\frac{\sqrt{2}}{2}\gamma_2(3+\nu)\right|\frac{\sqrt{2}}{2} + \frac{2\,\dfrac{T'a_o^!}{x}}{}\right\}$$

$$H(x) = 0$$

De esta manera las ecuaciones (3.97e) toman la forma siguiente:

$$LL\ (xQ_x^p) + 12\ (1 - \nu^2)\ (xQ_x^p) = \frac{3}{2}\, t_c^2 \gamma_2\ (3 + \nu)\ x$$

$$LL\ (\beta_x^p) + 12\ )1 - \nu^2)\ \beta_x^p = - \frac{t_c^2}{D} \{\ |x\ (2 + \nu)\ (p' + \gamma_2 h$$

$$+ \frac{\sqrt{2}}{2} \gamma_2 \ell - x^2 \frac{\sqrt{2}}{2} \gamma_2 (3+\nu)\ |$$

$$\frac{\sqrt{2}}{2} - \frac{2\ T' a_o^!}{x.}\ \}$$

Las soluciones de estas ecuaciones son:

$$Q_x^p = \frac{t_c^2\ \gamma 2\ (3 + \nu)}{8\ (\ 1 - \nu^2)}$$

$$\beta_x^p = - \frac{1}{Et_c} \{\ |\ x\ (2 + \nu)(p' + \gamma_2 h + \frac{\sqrt{2}}{2} \gamma_2 \ell$$

$$- x^2\ \frac{\sqrt{2}}{2} \gamma_2\ (3 + \nu)|\ \frac{\sqrt{2}}{2} + \frac{2\ T' a_o^!}{x}\ \}$$

La asunción 2, será despreciada por cuanto la temperatura no variará linealmente con respecto a (ζ, x).

Obtenidas las soluciones complementarias y particulares, estas podrían ser reemplazadas en E_c (3.93b). Como a continuación se lo hace :

$$Q_x = \frac{1}{x}\ (A_1\ S_1 + A_2\ S_2\ ) + \frac{t_c^2\ \gamma_2\ (\ 3 + \nu)}{8\ (\ 1 - \nu^2)}$$

$$\beta_x = - \frac{1}{E\ t_c}\ \ 12\ (1 - \nu^2)|^{1/2}\ (A_2\ S_1 - A_1\ S_2) \qquad (3.160\ )$$

$$- \frac{1}{Et_c} \{|x\ (2+\nu)\ (p' + \gamma_2 h + \frac{\sqrt{2}}{2} \gamma_2 \ell - x^2 \frac{\sqrt{2}}{2} \gamma_2 (3+\nu)|\ \frac{\sqrt{2}}{2} + \frac{2T' a_o^!}{x}\}$$

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 = A = 0. Reduciéndose las E_c . (3.94e), (3.94g) a las expresiones siguientes :

$$xQ_x^c = A_3 S_3 + A_4 S_4 \qquad (3.161)$$

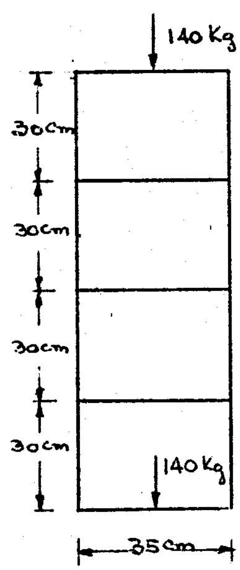
$$\beta_x^c = \frac{1}{E t_c} \; 12\,(1-\nu^2)\Big|^{1/2} (A_4 S_3 - A_3 S_4) \qquad (3.162)$$

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 β_x^c = 0. La otra condición de borde sería que el cortante sea igual a la componente horizontal de T'.

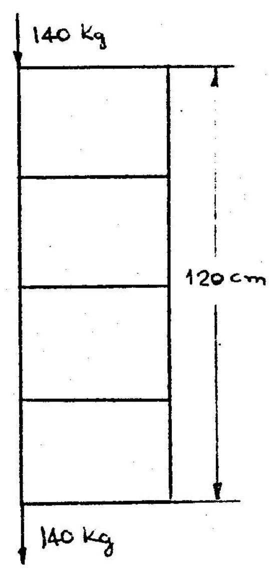
DISEÑO DE LA ESCALERA DE INSPECCION

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 exporádica, respectivamente.



CARGA DE **DISEÑO**
Fig. **3.38**



CARGA EXPORADICA
Fig. **3.39**

La geometría de la sección transversal para estos casos es tubular, ya que trabaja bien en flexidn 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 valdria hacerlo, si se dispone de un programa STRESS para el computador IBM 1130, que resuelve toda clase de estructuras. Faltanto solamente dimensionar la sección y hacer el programa respectivo.

Después de hacer algunas pruebas se consiguió aue 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 dela escalera, deberd 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 conoidadl engendrada por la revolución de su generatríz inclinada 60°, respecto a su eje. Esta geometría se la consigue cortando la plancha de acero en segmentos rectificados de cono y luego deformarlos plásticamente por medio de una soladora 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 empernada 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 covertura 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.

<u>ESCALERA DE INSPECCION.-</u> 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 soldarh 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 encontrar la capacidad del silo a diseñarse fue, el que la extensión de terreno para un pequeño agricultor fluctúa entre 20 - 50 Ha. Pero el agricultor, que sobre pase esta superficie y teniendo una cosecha cercana a los 3000 sacos de arroz de 45.45Kg c/u., puede almacenar 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 tazas de recuperación del capital no aconsejable. Es decir que la posiblidad 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 & - los esfuerzos , momentos flectores y defonnaciones.

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 unifonne.

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. -

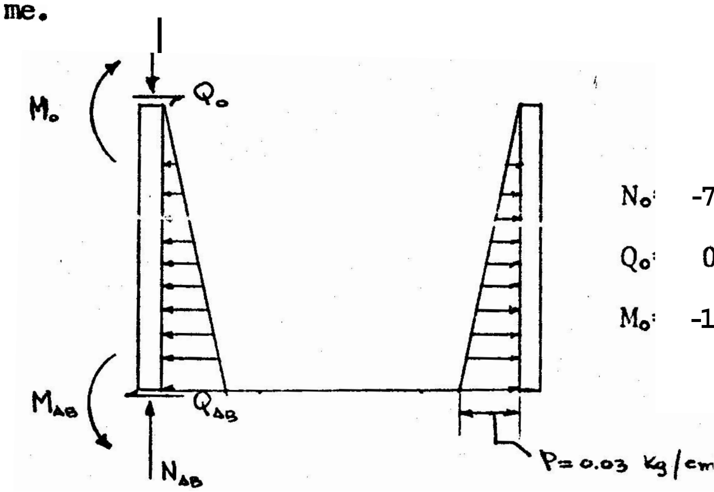
Asumiendo un espesor de 2mm para el wno; $a = 60°$; $R = 194$ an ; $v = 0.3$; $p = 7.8 \times 10^{-3}$ kg/cm^2 y reemplazando en las ecuaciones - de la referencia anteriormente anotada se obtiene:

$$M_o = 1.31 \frac{Kg - cm}{cm}$$

$$Q_o = 0.552 \ Kg/cm$$

$$N_o = -7.566 \ Kg/cm \ (\text{compresión})$$

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 a del cono se lo reduce hasta cero grados, nos encontramos frente a dos cilindors. Como la presión del grano no es una presión uniforme, sino que varía casi línealmente, se tomará la máxima presión para cada anillo considerado, consiguiendo con esto una presión uniforme.



N_o: -7.566 Kg/cm

Q_o: 0.552 Kg/cm

M_o: -1.31 K--an/cm

Fig. 3.40

Al reemplazar $a = 0°$ en las expresiones de los coeficientes de influencias ai, bi,' 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

$$M_o = pd^2 \left[\frac{(a_3 - a_6)(b_5 - b_2)}{a_4 (b_5 - b_2) - a_5 b_4} \right]$$

$$Q_o = pd \left[\frac{-(a_3 - a_6) b_4}{a_4 (b_5 - b_2) \quad a_5 b_4} \right]$$

Donde:

$a_3 = 0.2125$

$a_4 = 1.652 \dfrac{d}{t}\dfrac{T}{t}$

$a_5 = -0.91 \dfrac{T}{t}\sqrt{\dfrac{d}{t}}$

$a_6 = 0.2125 \dfrac{T}{t}$

$b_2 = \dfrac{A/2}{C + 2\nu G}$

$b_4 = 1.82\left(\dfrac{T}{t}\right)^2\sqrt{\dfrac{d}{t}}$

$b_5 = 0.5 \left(\dfrac{T}{t}\right)^2$

$b_6 = 0.$

T = espesor del anillo superior

t = espesor del anillo inferior

Para: t = 2.mm

$$\frac{N_o}{t} = \frac{-7.566}{0.2} = -37.83 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\frac{6M_o}{t^2} = -196.5 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\sigma_1 = \frac{N_o}{t} + \frac{6M_o}{t^2} = -234.33 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\sigma_2 = \frac{N_5}{t} = \frac{5.87}{0.2} = 29.1 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\tau = \frac{0.552}{0.2} = 2.78 \text{ Kg/cm}^2$$

Como el esfuerzo cortante τ es pequeño en consideración a σ_1 y σ_2, se lo despreciará. Lo mismo ocurre con las presiones debido al grano, cuyo rango va de 0.0 a 0.18 Kg/cm² . Por lo tanto un elemento diferencial estará sometido al siguiente estado de cargas

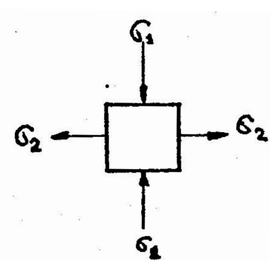


Fig. 3.41

Con su correspondiente círculo de Mohr

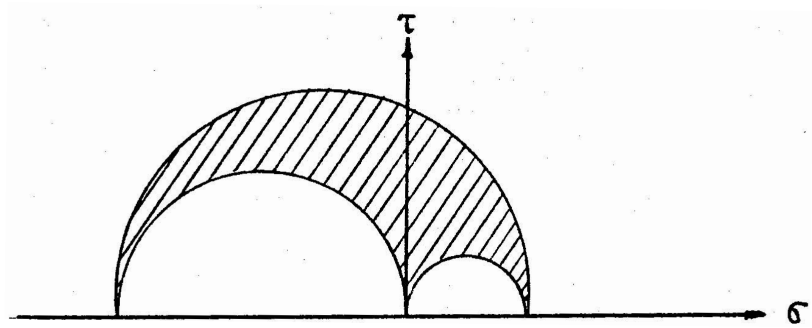


Fig. 3.42

El factor controlador para determinar el espesor, es el pandeo y su fórmulo 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

$$\sigma_{crit} = 0.36 \ E \frac{t}{a}$$

6 sea que:

$$\sigma crit = 0.36 \ E.\frac{t}{a} = \frac{N_x}{t} + \frac{6Mo}{t^2}$$

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

$t = 2.0 \ mm + c = 2.0 \ mm$

$N_o = 7.566 \ Kg/cm$

$Q_o = 0.552 \ Kg/cm$

$M_o = -1.31 \ \frac{Kg\text{-}cm}{an}$

ANILLO B

$t = 1.5$ mm $+ c = 1.8$ mm

$N_{BA} = 65.98$ Kg/cm

$Q_{BA} = 0.0526$ Kg/cm

$M_{BA} = -0.0613 \frac{Kg\text{-}cm}{an}$

ANILLO C

$t = 1.875$ mm $+ c = 2.0$ mm

$N_{CB} = 124.41$ Kg/cm

$Q_{CB} = 0.0322$ Kg/cm

$M_{CB} = -0.0387 \frac{Kg\text{-}cm}{an}$

ANIUO D

$t = 2.3$ mm $+ c = 2.5$ mm

$N_{DC} = -182.83$ Kg/cm

$Q_{DC} = 0.0515$ Kg/cm

$M_{DC} = -0.075$ Kg/cm

ANILLO E

$t = 2.5$ mm + c = 2.8 m

$= -241.25$ Kg/cm

$Q_{ED} = 0.0427$ Kg/cm

$M_{ED} = -0.035 \frac{\text{Kg-cm}}{\text{cm}}$

ANILLO F

$t = 2.8$ mm + c = 3.0 mm

$N_{FE} = -299.67$ Kg/cm

$Q_{FE} = 0.034$ Kg/cm

$M_{FE} = -0.025 \frac{\text{Kg-cm}}{\text{cm}}$

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 sitemas conocidos de llenado, para seleccionar el más aconsejable.

TRANSPORTE NEUMATICO.- 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 trnasportar al grano hasta una tolva y de allí 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 mds versâtil de todos por cuanto se cambia de un lugar a otro rápidamente.

Sistema mucho mds económico que las uniones cardánicas, de un tornillo a otro y consiguiendo un transporte más cuidadoso. El conjunto asi formado, es un equipo totalrnente flexible, a la vez que cada tornillo trabaja independientemente, aun estando acoplado a otros. Consiguiendo con esto una economia 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 cdlculo de la potencia del motor y el ángulo para el cual trabajarfa 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 C V a 1400r.p.m.

El grano una vez cosechado no puede ser introducido directamente, sino que es necesario la utilización de un equip'o denominado prelimpiador. Que entre las funciones ha desempe ñar estbn las siguientes:

1.-) Separan la cbscara, tierra, polvo y paja que pueda lle var la cosecha. Reducen la suciedad en el almacenamien to 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 **se cado** al haber eliminado las impurezas húmedas que po- - drían fcrmentarlo.

4.-) Aseguran un más rápido y econdmico 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 hume- dad y porque el grano limpio es más fácil de ser trans portado.

6.-) Producen grano más sano para semilla al ser eliminada la posibilidad de formacidn de moho, (los detalles del equipo se encuentrán 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 mediay de la forma de medición. Métodos habituales para la determinación de los tamaños de las particulas de un suelo son el análisis granulométrico por tamizado para particulas de tamaño superior a 0,06 mm y el análisis hidrométrico o por sedimentación para particulas 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 utilizadas). 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 TAMAÑO

BLOQUES	>	30 cm
BOLEOS (Bolos)		15 a 30 cm
GRAVA		2.0 mm (6 4.76mm) a 15 cm
ARENA		0.06 (6 0.076mm) a 2.0mm (ó 4.76mm)
LIMO		0.002 a 0.06 mm (6 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 cimentación 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 mecdnicas adecuadas como para soportar el peso de la estructura.

4.2 UNION 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 diseñarsela 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.

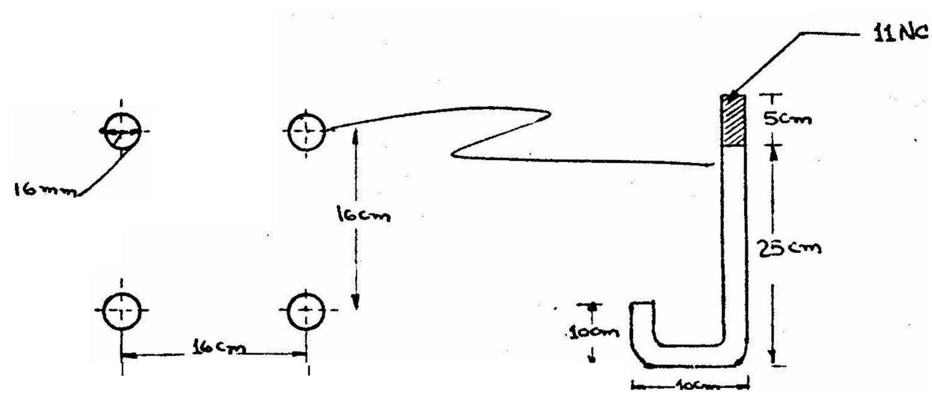


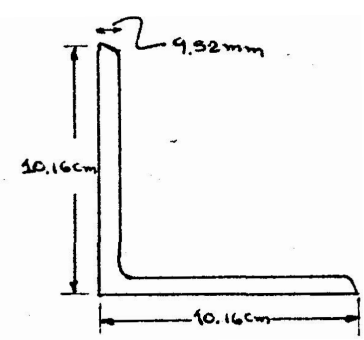
Fig. 4.1

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 sinembargo, la sección transversal es capaz de resistir la sobre carga.

Conocedores de los distintos fenómenos sísmicos que aquejan 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 UNION 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.

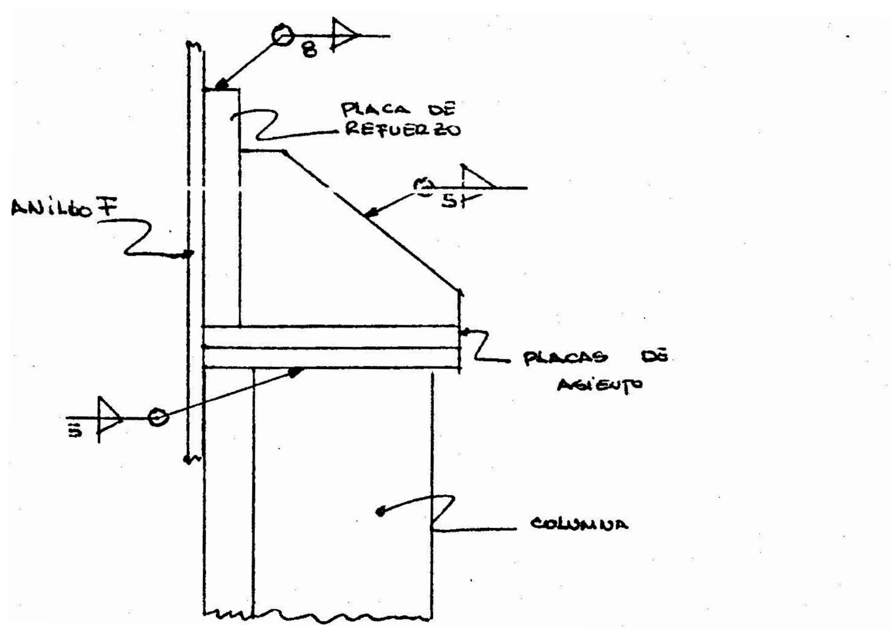


Fig. 4.3.

4.5 UNION DE PARTE INFERIOR CON CILINDRICA

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.

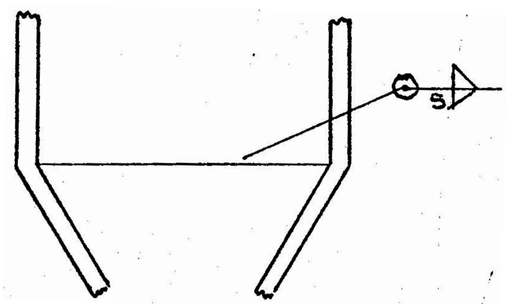


Fig. 4.4.

4.6 UNION DE PARTE SUPERIOR CON CILINDRICA

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

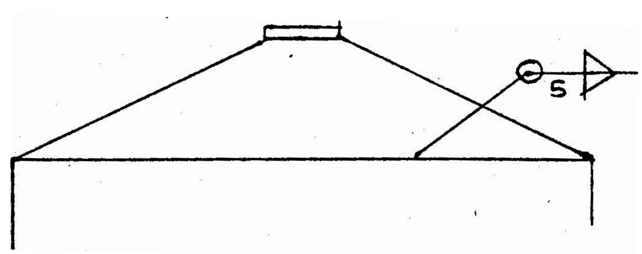


Fig. 4.5

4.7 SISTEMA DE VACIADO NORMALIZADO

La inclusión del sistema de vaciado en el presente proyecto, se lo hizo, tomando en consideración el engaño peremne 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:

<u>VACIADO MANUAL.-</u>

Esta manera de vaciar el grano es la más económica que se puede diseñar por uanto no necesita de energía eldctrica 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.

<u>VACIADO POR TORNILLO SIN FIN.-</u>

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.

4.3 SISTEMA DE MEDIDA Y DE INSPECCION

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 deseen 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. ks& este punto hacia arriba las marcas estarán separadas cada centímetro, siendo su equivalencia 272.9Kg (600lbs).

489 SISTEMA DE PROTECCION

La protección a la corrosión se la conseguirá por medio de una capa dc 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 apéndise C).

4.10 MODO DE ARMAR

Una vez contruída las distintas partes del silo y antes de pintar se procederá a soldar tres agarraderas, separadas 120° entre sí y a una distancia medida desde el extremo superior nunca **mayor** de la mitad de los elementos unidos. **Así** por

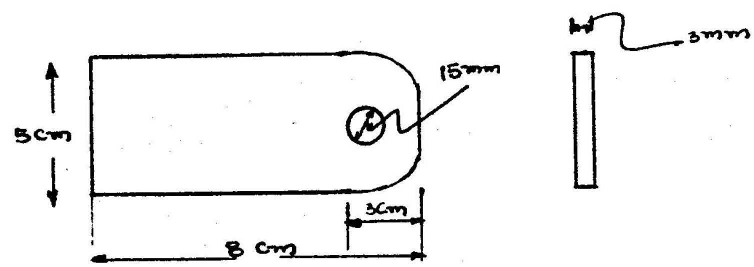


Fig. 4.6

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 fín 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 254 cm. desde el nivel del terreno. En estos momentos, se coloca el siguiente conjunto (anillo B con anillo C), debiendo coincidir las perforacimes de las bridas y teniendo la precaución que los tramos de la escalera deben estar alineados. Acto seguide 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 R-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 solamente colocarse los pernos para apretarlos luego de haber ajustado la placa base con los pernos de anclaje. Hecho seguido 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 pocos centímetros hasta retirar las columnas. En estos momentos la estructura comienza a descender uniformente hasta topar el cono inferior con el suelo, inmediatamente se aprove cha las agarraderas de los anillos D-E para apuntalar el si lo 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.

PLANCHAS DE ACERO.-

Nº	ESPESOR (mm)	S/.
5	1.8	3.000 ,oo
15	2.0	10.516,70
5	2.5	4.381,50
5	2.8	4.907,25
13	3.0	13.670,oo
		36.475,45

ANGULOS DE ACERO.-

Nº	DIMENSIONES (mm)	S/.
6	50x50x2	820,oo
2	60x60x3	486,oo
4	101.6x101.6x9.52	6.000 ,oo
		7.306 ,oo

PERNOS.-

Nº	DIMENSIONES (mm)	S/.
272	Φ 12 mm x 19 mm	700,oo

SOLDADURA.-

Nº de Kilos	ESPECIFICACIONES	S/.
40	φ 3.17m E 6011	1.800,00

PINTURA.-

Hempalin Read Lead	500,00
Silvium	1.000,00
Hempadur	3.000,00
	4.500,00

MANO DE OBRA.-

Nº	RAMA DE TRABAJO	DIAS LABDO.	S/.
2	Soldadores	3	900,00
2	Ayd. de sold.	3	4zu,00
1	Rolador	2	300,00
1	Ayd. de rolad.	2	200,00
6	Trab. de montaje	1	600,00
			2.420,00
		SUB TOTAL:	S/.53.201,45

ACCESORIOS.-

Tornillo sin fín		15.000,00
Pre limpiador		10.000,00
Ventilador		12.000,00
	TOTAL:	S/.90.201,45

CAPITULO VI

C O N C L U S I O N E S

Lo que sea conseguido con este trabajo es una investigación matemática, aplicada a solucionar en algo el problem 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 teorfa aproximada de membrana y cuando se diseña por la teorfa general de cascarones, donde se incluye la influencia del esfuerzo cortante normal y momentos flectores en el cambio de espesores. De allí cue 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 asf poder adquirir este silo.

R E C O M E N D A C I O N E S

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 SIL VIUM por fuera. Pero el costo del silo se aumentarla 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 estadisticas demuestran una vida Gtil 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 baterla de tres silos se recomienda tener en dos de ellos elevadores de cangilones.

APENDICE A

CUADRO N°1

PORCENTAJES DE COMERCIALIZACION MENSUAL

MESES	% ARROZ	% MAIZ PURO
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 Nº 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	OFICIAL			PRIVADO		
	ARROZ	MAIZ	SUB TOTAL	ARROZ	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 SILOS	OFICIALES BODEGAS	PRIVADO SILOS	PRIVADO BODEGAS	SUB-TOTAL SILOS	SUB-TOTAL 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
TOTAL:	9728	4705	3717	28527	13445	33230

FUENTE: ENAC

CUADRO Nº 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
TOTAL:	35445	39498	74943

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	[illegible]	10000
MANABI	47100	172700	8680	14330	26200	[illegible]
LOS RIOS	99100	335600	2444	3918	20300	45000
GUAYAS	249100	342300	11493	26202	131000	212000
EL ORO	11800	29900	1845	2955	[illegible]	[illegible]
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

		ALMACENAM. PROPIO	
PROVINCIA	LUGAR	SILOS QQ.	BODEGAS QQ.
AZUAY	CUENCA		
BOLIVAR	GUARANDA		
	SN. MIGUEL	88.000 *	
CAÑAR	AZOGUES		
CARCHI	EL ANGEL	34.386 *	
	SN. GABRIEL	24.992 *	
	TULCAN		
COTOPAXI	LATACUNGA		
CHIMBORAZO	ALAUSI	66.000 *	
	RIOBAMBA		160.000
EL ORO	MACHALA		
ESMERALDAS	ESMERALDAS		
GUAYAS	GUAYAQUIL		
	PIL. MODELO	352.000	143.000
IMBABURA	IBARRA		20.000
LOJA	CATACOCHA	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

* Silos de concreto de fondo parabólico.

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 om			
	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; 24.82°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 atmos-férica 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;* time 77.4% de humedad atmosfé-rica mínima y 83.8% de máxima; 0.26 mn. 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; time 77.65% de humedad atmosférica mínima *y* 83.5% de máxima; 2.14 mm. de precipi-tación 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;* time 79.6% de humedad atmos-férica mínima y 81.8%de máxima; 7.82 mm. de precipitación míni-ma y 28.76 mm. de máxima; 24.48°c de temperatura mínima y 25.86°c de máxima. Con *seis* meses húmedos.

- ***Quevedo.*** Con cincomeses secos; tiene 80.8% de humedad atmosfé-rica 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 atmos-férica 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 atmosfé-rica mínima y 83.3% de máxima; 8.43 mm. de precipitación mínima *y* 36.86 mn. 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 mn. de precipitación mínima y 40.20 mn. 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 mn. 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

HEMPADUR TANKER PROTECT 1540
(dos componentes)

HEMPADUR TANKER PROTECT ***1540 es*** un producto a base de resina epoxy, que endurece por reacción quimica con un aducto de amina, formando una estructura fuertemente reticulada de gran resistencia mecanica y quimica, que se traduce en una gran inercia frente al agua dulce **y** salada, aceites minerales (incluyendo petróleo crudo) y a un gran número de ácidos, álcalis y otros productos quimicos. A pesar de endurecer **a** temperatura ambiente. este recubrimiento posee caracteristicas que sólo se dan en pinturas de secaje en horno. Apto para contener agua potable.

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 **mecanicos** para asegurar la adherencia.

PROPORCION DE SOLIDOS EN VOLUMEN. **0.44.**

CALCULO DE CONSUMO: 17 litros por 100 m² con un espesor de 75 micras de película seca sobre superficie lisa. (175 micras de pelicula húmeda.)

RENDIMIENTO (Práctico):

4-5 m² por litro 200-250 pies' por galon imperial 160-200 pies' por galon americano	Para un espesor.de 75 micras de pelicula seca..

PESO ESPECIFICO: Mezcla: aproximadamente **1.41** (kilo/litro) .

PUNTO DE INFLAMACION: Mezcla: aproximadamente **27 °C/81 °F** (Copa cerrada).

EXIGENCIAS DE VENTILACION: 1,437 m³/litro.

DILUYENTE:

No deben diluirse los componentes por separado. sino sólo la rnezcla.

Para aplicación a brocha: THINNER NP **844.**

Para aplicación a pistola: THINNER N.° 845.

La dilución debe ser siempre minima, y no es aconsejable después de ***4-5*** horas de efectuada la mezcla.

MEZCLA:	Los dos componentes (BASE y CURING AGENT 9510) deben ser cuidadosamente mezclados. unos 30 rninutos antes de su empleo. en las proporciones indicadas en la etiqueta. que son las de surninistro.
DURACION DE LA MEZCLA:	La mezcla se puede utilizar durante 6-8 horas a 20 °C/68 °F. A temperaturas más elevadas el tiernpo de utilización se reduce proporcionalmente. No hay que mezclar una cantidad mayor que la que se requiere para uso inmediato.
PRETRATAMIENTO:	Chorreado abrasivo hasta «metal blanco» (Sa 3) con un grado de rugosidad rnoderado. eliminando los residuos por aspiración a vacio. Aplicar la primera capa lo antes posible. sin dejar la superficie sin proteger durante la noche.
CONDICIONES DE APLICACION:	La superficie debe estar cornpletamente seca y libre de toda irnporeza. 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 rocio. para evitar condensaciones. Los lirnites indicados deben aplicarse tambien a la temperatura de la pintura. La humedad relativa más aconsejable es de 40-60 %, no debiendo estar nunca por encima del 80 %.
NUMERO DE CAPAS:	Se recomienda un total de tres capas para 'obtener un espesor rninirno de película seca de 200 micras. El espesor de cada capa no debe. en ningún caso, sobrepasar las 100 micras.
METODO DE APLICACION:	Erocha o pistola (convencionaf 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". Presion de salida: 150 atmósferas ÷ 2.100 libras/pulgada². Abanico: 6 (Los datos para aplicación con pistola sin aire son orientativos y estan sujetos a modificación.) Los instrumentos deben limpiarse cuidadosamente antes e inmediatamente despues de su uso con HEMPADUR TOOL CLEANER.
OESERVACIONES:	El producto puede causar irritaciones en la piel y los ojos. Evitese 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 secaje, a fin de eliminar la totalidad de los disolventes.

,

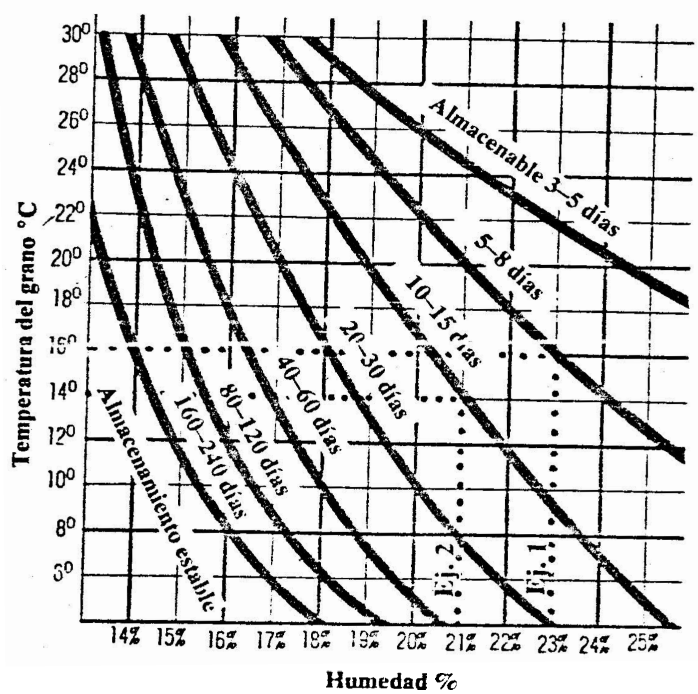
HEMPEL'S SILVIUM 5157

HEMPEL'S SILVIUM 5157 es una pintura sintética de aluminio para uso general. Se caracteriza por su excelente poder de refiexion de la luz. Puede usarse en interiores y exteriores de las obras de carpintería y acero.

USO RECOMENDADO:	Corno mano de acabado en los lugares donde se desee un alto grado de refiexion de la luz. No se aconseja emplearlo sobre superficies calientes (por encirna de los 200°C/390°F).
ACABADO Y COLOR:	Brillante. Alurninio.
TIEMPO DE SECADO:	4-5 horas.
INTERVALO DE REPINTADO:	Poede darse la segunda capa cuando se haya secado la prirnera. No tiene intervalo rnaxirno para su adherencia.
PROPORCION DE SOLIDOS EN VOLUMEN:	0.50.
CALCULO DE CONSUMC	4.5 litros por 100 m² para una pelicula seca de 25 micras de espesor, sobre una superficie lisa (50 micras película húmeda).
RENDIMIENTO (Práctico) :	600-800 pies² por galón imperial. 500-650 pies² por galón arnericano. 12-16 m² por litro.
PESO ESPECIFICO:	Aproximadamente 1.0 (kilo/litro).
PUNTO DE INFLAMACION	38°C/100°F (Copa cerrada).
EXIGENCIAS DE VENTILACION:	284 m³/l.
DILUYENTE:	No debe diluirse.
CAPAS PRECEDENTES:	HEMPALIN PRIMER o HEMPALIN RED LEAD. Puede usarse sin imprimacion o sobre HEMPALIN DANREX en condiciones poco severas.
METODO DE APLICACION:	Los mejores resultados se consiguen con aplicación a pistola. Se aconseja aplicar dos capas. Cuando se aplique a pistola. se deben emplear boquilias especiaies (de orificio pequeno) para pintura de alurninio. Si se pinta a brocha. esta no debe tener mis de 4 pulgadas de ancho. No debe trabajarse dernasiado la pintura. pues puede quedar rayada y grisacea. Una vez aplicada la pintura. ha de extenderse con ligeras pasadas en un solo sentiao Para aplicación a pistola sin aire: Boquilla: 0.013". Presion de salida: 150 kg/cm² - 2.100 libras/pulgada². 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 ternperatura inferior a 10°C/50°F o superior a 40°C/104°F.

APENDICE C

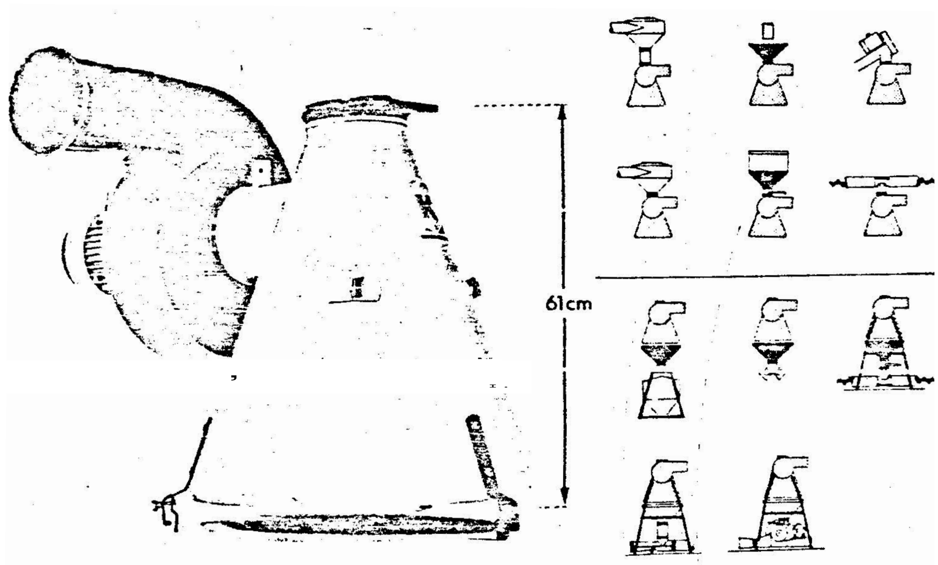
¿CUANDO EL GRANO ES ALMACENABLE?



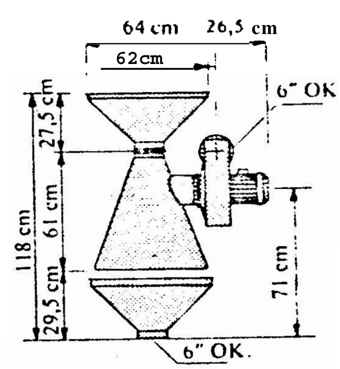
POTENCIA REQUERIDA DEL TORNILLO SIN FIN.-

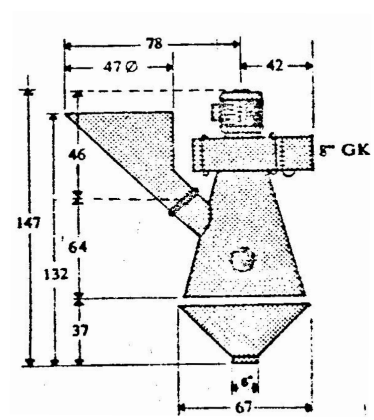
Longitud tornillo	tornillo a 390rpm	[illegible]illo a 65[illegible] y 1050 rpm
2 - 8 m	1 CV a 900 r.p.m.	1,5 CV a 14[illegible]
8 -12 m	1 CV a 900 r.p.m.	2 CV a 1400rpm
12 -20 m	1 CV a 900 r.p.m.	
20 -30 m	1,5CVa 900 r.p.m.	

P R E L I M P I A D O R E S

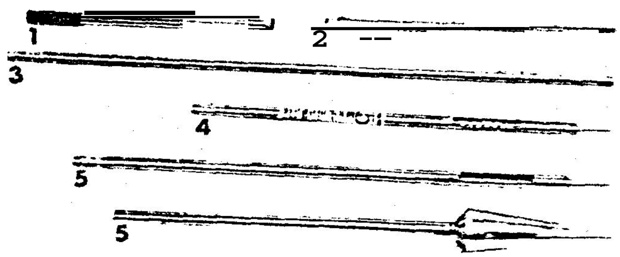


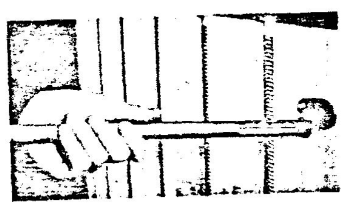
solo 61 cm de altura y limpia hasta 12 ton/h





TERMOMETRO CON TOMADOR DE MUESTRAS





Tomador de muestras y tempers-tura
1. Manecilla aprox. 30 cm.
2. Alargadera 50 cm.
3. Alargadera 100 cm.
4. Termómetro aprox. *60* cm.
5. Tomador de muestras aprox. 50 cm.

APENDICE D

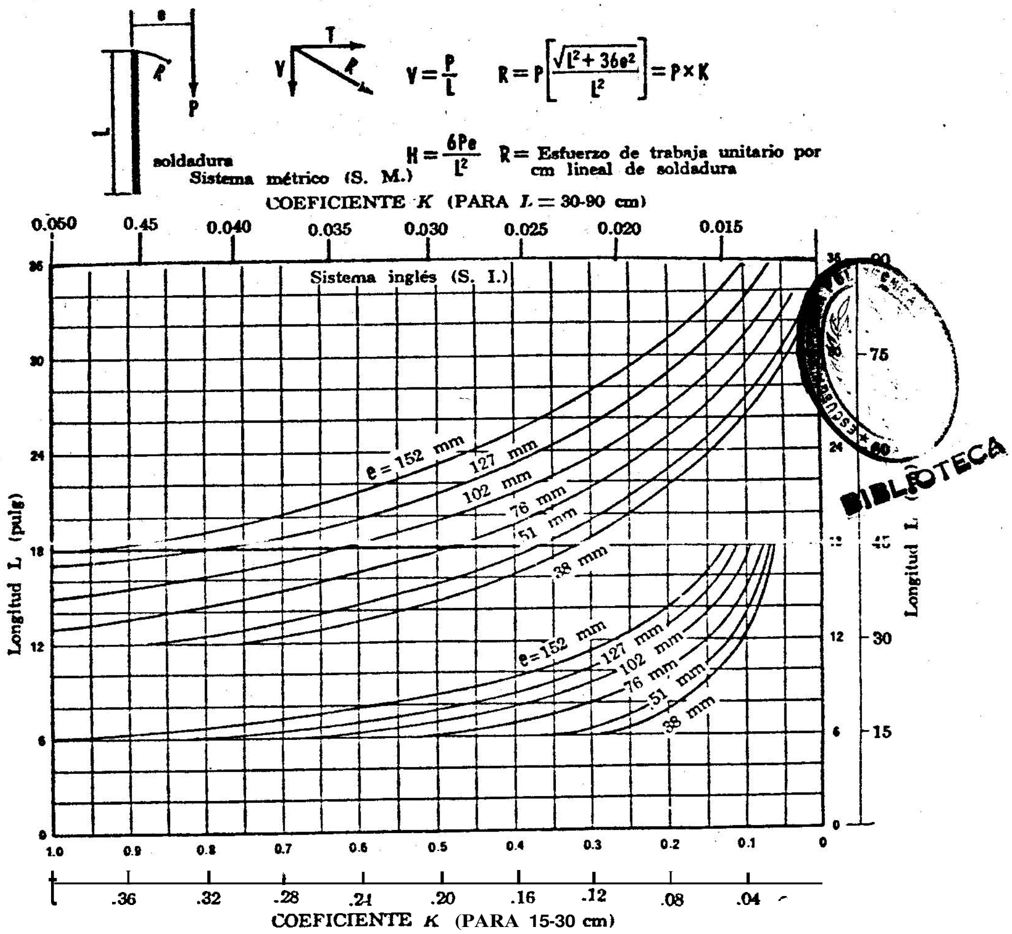


Fig. 1' Conexiones excéntricas [Tornado de H. Malcolm Priest *EL Diseño Práctico de Estructuras de Acero Soldadas* . Nueva York: Sociedad Americana de Soldadura (American Welding Society. 1943).]

SÍMBOLOS NORMALES DE SOLD-4DURA

SECCIÓN I—SÍMBOLOS USUALES

101. Símbolos de Soldadura de Arco y Gas

Los simbolos de soldadura de **arco** y gas se usarán como se muestra en la Fig. 1.

TIPO DE SOLDADURA							
CORDON	FILETE	TAPON O RANURA	PREPARACIÓN				
			RECTANGULAR	V	BISEL	U	J

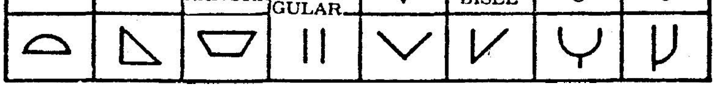


Fig. 1—SIMBOLOS DE SOLDADURAS BASICOS DE ARCO Y GAS

102. Símbolos de Soldadura de Resistencia

Los simboios de ias soiaaduras ae resistencia seran como se muestran en la Fig. *2*.

TIPO DE SOLDADURAS			
PUNTO	CON SALIENTES	COSTURA	DE ARCO O RECALCADO

Fig. 2— SIMBOLOS 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 simbolos suplementarios que se usarán en conjunto con los símbolos de soldadura serán como se rnuestran en la Fig. 3.

SOLDAR TODO ALREDEDOR	SOLDADURA DE CAMPO	CONTORNO	
		AL RAS	CONVEXO
○	●	—	⌒

Fig. 3— SIMBOLOS SUPLEMENTARIOS

105. ELEMENTOS DE UN SÍMBOLO DE SOLDADURA

Esta norma establece una distinción 'entre el término simbolo *de* soldar *y símbolo de soldadura.* El *simbolo* de *soldar* es la ideografía usada para indicar el **tipo** deseado de soldadura. La forma compuesta del *simbolo de* soldadura consiste de los siguientes ocho elementos, *o* de éstos, los que sean necesarios:

Línea de referencia.
Flecha.
Símbolos básicos de soldar.
Dimensiones *y* otros datos.
Símbolos suplementarios.
Símbolos de acabado.
Cola.
Especificaciones, procesos *y* otras referencias.

106. LOCALIZACIÓN NORMAL DE LOS ELEMENTOS DE UN SÍMBOLO DE SOLDADURA

Los elementos de un simbolo de soldadura tendrán localizaciones definidas entre si. como se muestra en la Fig. **4**.

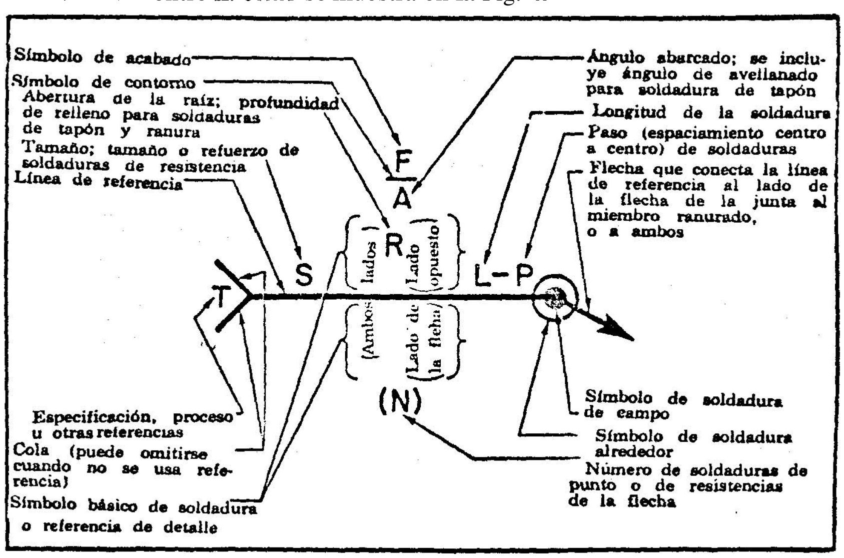


FIG. 4. Localización normal de los elementos de un símbolo de soldadura.

APÉNDICE D

SECCIÓN II—TIPOS BASICOS 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 simbolos de ranura. filete y arco o recalcado, la flecha conectará la referencia del simbolo de soldadura a un lado de la junta, y este lado se considerara el lado *de* la flecha de la junta. El lado opuesto al lado de la flecha de la junta se considerara el otro *lado* de la junta.

(b) En el caso de soldaduras de resistencia, de tapón, ranura. punto y costura, la flecha del simbolo conectara la linea de referencia del símbolo de soldadura a la superficie exterior de uno de los miembros de la junta, en la linea de centros de la soldadura deseada. El miembro al que señala la flecha se considerara el miembro del lado de la flecha. El otro miembro de la junta se considerara el miembro del otro *lado.*

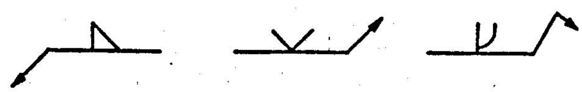
(c) Cuando una junta está representada por una sola linea en el plano y la flecha de un simbolo de soldadura está dirigido a esta linea. el lado de la flecha de la junta se considerara como el lado cercano de la junta de acuerdo con las convenciones usuales indicadas en el plano.

(d) Cuando una junta está representada como un area paralela al plano de proyección en un dibujo y la flecha del simbolo de soldadura apunta a esa area, el miembro del lado de la flecha de la junta se considerara como el miembro cercano a la junta de acuerdo con las convenciones usuales de dibujos y planos.

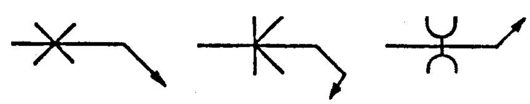
302. LOCALIZACIÓN DE LA SOLDADURA CON RESPECTO A LA JUNTA

(a) Las soldaduras en el lado de la flecha de la junta se mostraran colocando el simbolo de soldadura en el lado de la linea de referencia hacia el lector. así. (Ver también Figs. **6A**. 8*A*, 9*A*, 10*A*, **11*A***, **12*A***, 15*A*, **16A** y 18*A*.)

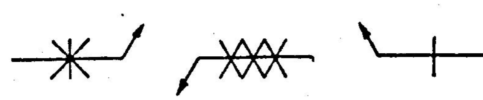
(b) Las soldaduras en el otro iado dc la junta se mostraran colocando el símbolo de soldadura en el lado de la linea de referencia más lejana al lector, asi:



(c) Las soldaduras en ambos lados de la junta se mostrarán colocando el simbolo de soldadura en ambos lados de la línea de referencia, cercano y lejano al lector, asi:



(d) Los símbolos de soldadura de puntos, costura. arco o recalcado 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 recalcado se centrarán sobre la línea de referencia.



303. Método para Dibujar Símbolos

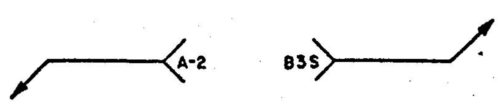
Los simbolos pueden dibujarse mecánicamente o a mano libre, según se desee.

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 usaran para indicar el diámetro de las soldaduras de punto y proyeccion 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 simbolo de soldadura, la referencia se colocara al final, asi:



APÉNDICE D

306. USOS DE SÍMBOLOS SIN REFERENCIAS

Cuando se desee, los simbolos pueden usarse sin especificación de 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

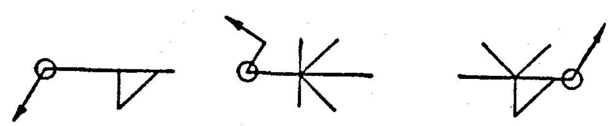
Cuando se desee, pueden colocarse notas generales tales como las siguientes en un plano para suministrar información detallada con respecto a las soldaduras preponderantes, y esta información no necesita repetirse en los símbolos.

"Salvo otra indicación, todas las soldaduras de filete son de 2.4 nun".

"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. asi:



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 indicaran por medio del símbolo de soldadura de campo. asi:

310. EXTENSIÓN DE SOLDADURA SEÑALADA POR LOS SÍMBOLOS

Los simbolos se aplican entre cambios abruptos en la dirección de la soldadura o en la extension 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.

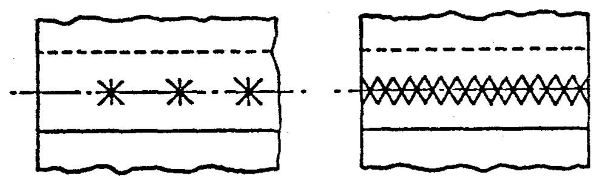
312. ACABADO DE LAS SOLDADURAS

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

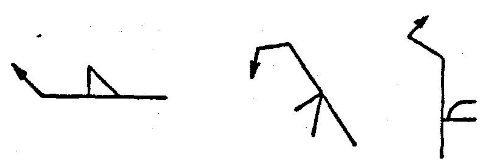
(a) Los simbolos de soldadura, excepto los de punto *y* costura, se mostrarán solamente en la linea de referencia del símbolo de soldadura *y* no en las líneas de dibujo.

(b) Los simbolos de soldadura de punto y costura se colocarán directamente en los planos en las localizaciones de las soldaduras deseadas, asi:



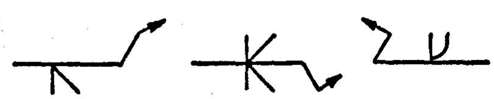
314. CONSTRUCCIÓN DE SÍMBOLOS DE SOLDADURA DE FILETE, BISEL Y PREPARACION EN J

Los simbolos de soldadra de filete, bisel. y preparación en J se mostraran con la pata perpendicular *siempre* a la izquierda, asi:



315. USO DEL CAMBIO DE DIRECCIÓN DE LA FLECHA EN LOS SÍMBOLOS DE SOLDADURA, DE BISEL Y PREPARACIÓN EN J

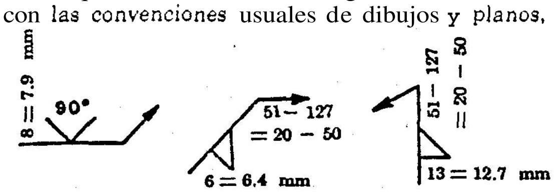
Cuando se usa un símbolo de soldadura de bisel o preparación en J, la flecha señalará con un cambio dirigido hacia el miembro que se va a achaflanar, asi: (En los casos en que es obvio el miembro que se va a achaflanar, puede omitirse el codo en la flecha.)



APÉNDICE D

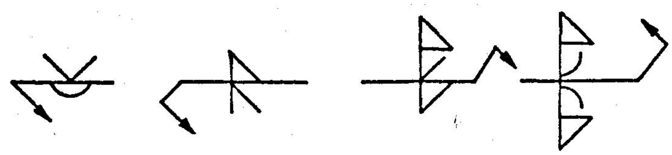
316. Lectura de Información Sobre los Símbolos de Soldadura

La información sobre símbolos de soldadura se colocará en forma que se lea de izquierda a derecha a lo largo de la linea de referencia de acuerdo con las convenciones usuales de dibujos y planos, así:



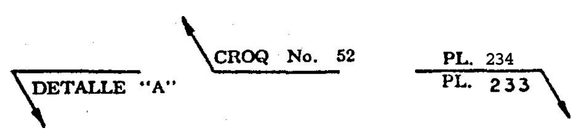
317. Símbolos de Soldaduras Combinadas

Para uniones que tengan mas de una soldadura. se indicará un símbolo para cada soldadura. así: (Ver también Figs. 20 y 27.)



318. Designación de Tipos Especiales de Soldaduras

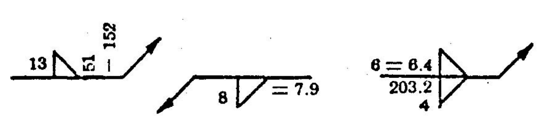
Cuando los simbolos de soldadura basicos no son adecuados para indicar la soldadura deseada, ésta se indicara por una sección transversal, detalle u otros datos con referencia a ella en el símbolo de soldadura, conservando la significación de localización usual, así:



SECCIÓN IV-SOLDADURAS DE FILETE

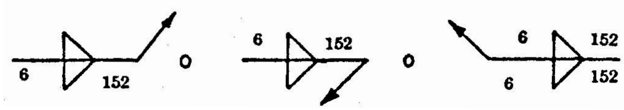
401. Generalidades

(a) Las dimensiones de soldaduras de filetes se mostraran en el mismo lado de la linea de referencia que el símbolo de soldadura, asi:

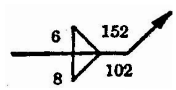


(b) Cuando no hay una nota general que gobierne las dimensiones de las soldaduras de filete en el plano, las dimensiones de las soldaduras de filete en ambos lados de la junta se mostraran como sigue:

(1) Cuando ambas soldaduras tienen las mismas dimensiones, una o ambas pueden acotarse, asi:

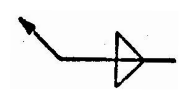


(2) Cuando las soldaduras son de distintas dimensiones, se acotarán ambas. asi:

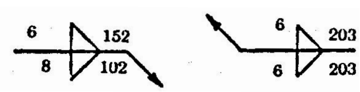


(c) Cuando aparece en el plano una nota general que gobierne, las dimensiones de las soldaduras de filete tales como "todas las soldaduras de filete serán de 8 mm a menos que se indique otra cosa", las dimensiones de las soldaduras de filete en ambos lados de la junta se indicarán como sigue:

(1) Cuando ambas soldaduras tienen sus dimensiones gobernadas por la nota, no necesita acotarse ninguna, así:

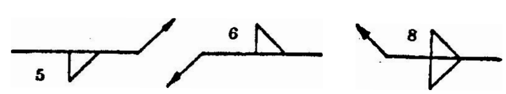


(2) Cuando las dimensiones de una o ambas soldaduras difieren de las dimensiones dadas en la nota general, se acotaran ambas soldaduras asi:

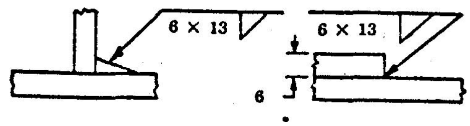


402. Tamaño de las Soldaduras de Filete

(a) El tamaiio de una soldadura de filete se mostrara *a* la izquierda del simbolo de soldadura. así:

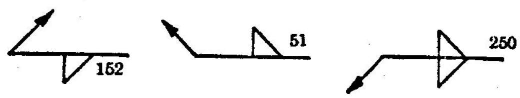


(b) El tamaño de una soldadura de filete con patas desiguales, se mostrará en parentesis a la izquierda del simbolo de soldadura como se indica abajo. La orientación de la soldadura no se muestra con el símbolo *y* se mostrara en el dibujo cuando sea necesario.



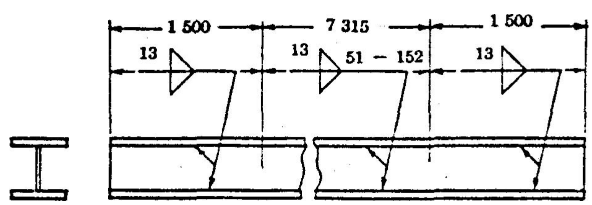
403. Longitud de la Soldadura de Filete

(a) La longitud de una soldadura de filete, cuando se indica en el simbolo de soldadura, se mostrará a la derecha del símbolo de soldadura.



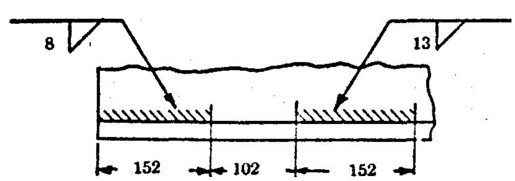
(b) Cuando la soldadura de filete se extiende por toda la distancia entre cambios abruptos en la dirección de la soldadura 310), no se necesita mostrar las dimensiones del símbolo de soldadu

(c) Las longitudes especificas de las soldaduras de filete pueden indicarse por símbolos en conjunto con lineas de dimensión.



404. Extensión de la Soldadura de Filete

(a) Cuando se desea mostrar'la extension de la soldadura de filete gráficamente, se usará un tipo de sombreado con lineas extremas definidas, así:

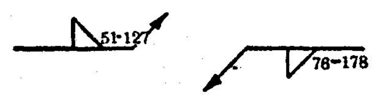


(b) Las soldaduras de filete que se extienden mas al16 de cambios abruptos en la dirección de la soldadura se indicaran por medio de flechas adicionales apuntando a cada sección de la junta que se va a soldar, como se muestra en la Fig. 24A, ercepto cuando se usa el símbolo de soldadura alrededor.

405. DIMENSIONES DE SOLDADURAS DE **FILETES** INTERRUMPIDOS

(a) El paso (espaciamiento centro a centro) de soldaduras de filetes interrurnpidos 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 rnostrara a la derecha de la dimensión de longitud. asi:



(c) Una serie de soldaduras de filetes interrumpidos se mostrara **así:**

(*d*) La soldadura de filetes interrumpidos y alternados se mostrara **así:**

406. TERMINACIÓN DE LA SOLDADURA DE FILETE INTERRUMPIDO

(a) Cuando se usa la soldadura de filete interumpido por sí **misma,** el sirnbolo 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 simbolo indica que los espacios iguales **al** paso menos la longitud de un incremento se dejaran en los extremos de la longitud acotada.

407. COMBINACIÓN DE SOLDADURAS DE FILETE CONTINUO E INTERRUMPIDO

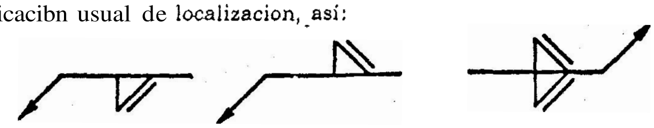
Se *usarán símbolos* separados para soldaduras de filete continuo **e** interrumpido cuando se usan ambas en combinación.

408. SOLDADURAS DE FILETE EN AGUJEROS Y RANURAS

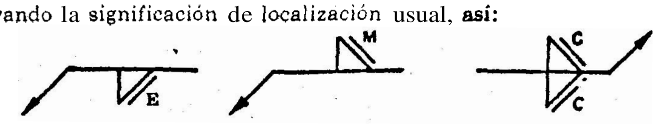
Las soldaduras de filete en agujeros y ranuras se mostrarán por medio de los sirnbolos de soldadura de filete.

409. CONTORNO DE LA SUPERFICIE DE SOLDADURAS DE FILETE

(a) Las soldaduras de filete que vayan a soldarse aproximadamente planas sin recurir a un método de acabado se mostrará agregando el simbolo de contorno a ras del simbolo de soldadura, observando la significacibn usual de localizacion, así:



(b) Las soldaduras de filete que se hagan a ras por medios mecánicos, se mostraran agregando tanto el simbolo de contorno plano y el simbolo normal de acabado del usuario * al simbolo de soldadura, observando la significación de localización usual, así:

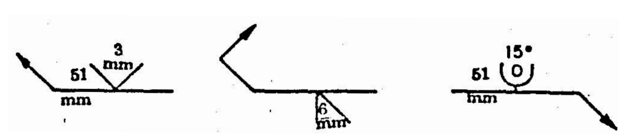


(c) Las soldaduras de filete que se van a acabar mecánicamente en contorno convexo se mostrarán agregando tanto el simbolo de contorno convexo como el simbolo de acabado normal del usuario * al símbolo de la soldadura, observando la significación de la localización normal. asi:

SECCIÓN VCOLDADURAS CON PREPARACIÓN

501. Generalidades

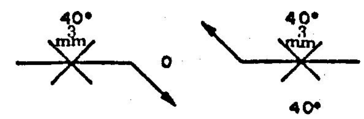
(a) Las dimensiones de las soldaduras con preparacibn se mostrarán en el mismo lado de la línea de referencia que el simbolo de soldadura, asi:



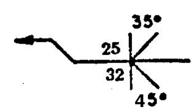
* Los símbolos de acabado usados en estas especificaciones indican el método de acabado ("*C*" = cincelado; "*E*" = esmerilado; "*M*" = maquinado) y no el grado de acabado.

(b) Cuando no hay una nota general gobernando las dimensiones de la soldadura de preparacion en el plano, las dimensiones de doble preparación se mostrarán como sigue:

(1) Cuando ambas soldaduras tienen las mismas dimensiones. pueden darsele dimensiones a una o a ambas, así:

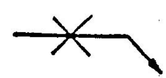


(2) Cuando las soldaduras son diferentes en dimensiones, se acotaran ambas, asi:

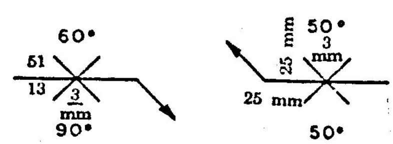


(c) Cuando hay una nota general en el plano que gobierna las dimensiones de las soldaduras de preparación tal como "todas las soldaduras de preparacion en V tendrán 60" de angulo abarcado, a menos que se indique otra cosa", las dimensiones de soldaduras de doble ranura se indicaran como sigue:

(1) Cuando ambas soldaduras tienen dimensiones gobernadas por la nota. ninguna necesita acotarse, así:

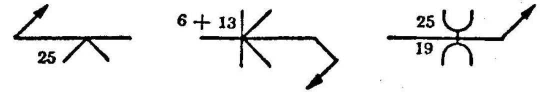


(2) Cuando las dimensiones de una o dos preparaciones difieren de las dimensiones dadas en la nota general, ambas soldaduras se acotaran asi:



502. **Tamaño de Soldaduras de Preparación**

(a) El tamaño de las soldaduras de preparación se mostrara a la izquierda del símbolo de soldadura. asi:



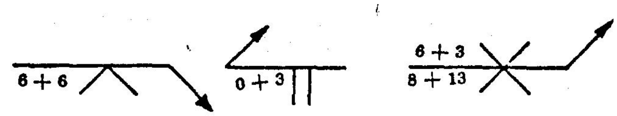
APÉNDICE D

(b) El tamafio de las soldaduras de preparación sin penetracidn de la base especificada se mostrará como sigue:

(I) El tamaño de una preparación simple y soldaduras de prepatacibn doble simétricas que se extiendan completamente en el miembro o miembros que se unen, no necesita mostrarse en el simbolo de soldadura.

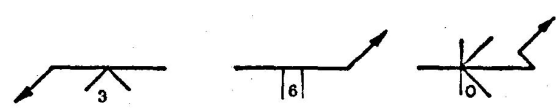
(2) El tamafio de las soldaduras de preparación que se extienden en sólo parte del miembro o miembros que se están uniendo, se mos'rará en el simbolo de soldadura.

(c) El tamafio 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 otden de izquierda a derecha sobre la línea de referencia, así:

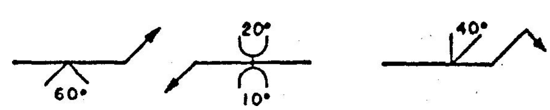


503 DIMENSIONES DE LAS PREPARACIONES

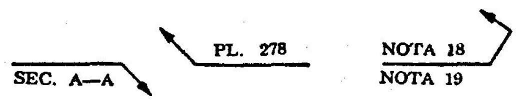
(a) La abertura de la base de soldaduras de preparacion serán las normas del usuario a menos que se indique otra cosa. La abertuta de las soldaduras de preparacion. cuando no es la norma del usuario, se mostrará en el interior del símbolo de soldadura, asi:



(b) El ángulo de abarcado en las soldaduras de preparacion sera 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 asi:



(c) Los radios de las pteparaciones 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, detaile u otros datos, con referencia a ellos sobre el simbolo de soldadura. observando la significacidn de localizacion usual, asi:

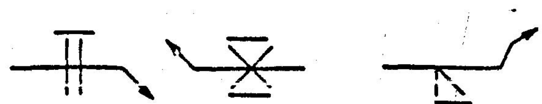


504. DESIGNACIÓN DE SOLDADURAS DE DORSO O DE APOYO

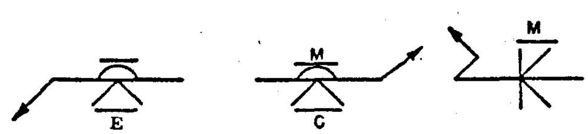
Las soldaduras de dorso y apoyo de tipo de cordón en soldaduras **de una** ranura simple se rnostraran con el simbolo de soldadura de cordón. (Ver Art. 602.)

505. CONTORNO DE SUPERFICIE DE LA SOLDADURA DE RANURA

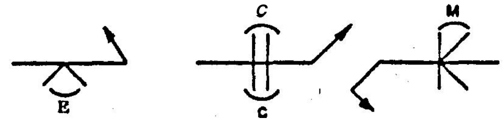
(a) Las soldaduras de ranura que van a soldarse aproximadamente al ras sin recurrir a ningun método de acabado, se mostrarán agregando el simbolo de contorno a ras del simbolo de soldadura, observando la significación usual de localizacion, asi:



(*b*) Las soldaduras de ranura que se harán al ras con medios mecánicos se mostraran agregando tanto el simbolo de contorno de superficie *y* la norma de acabado del usuario * al símbolo de soldadura observando la significación usual de la localizacion, asi:



(c) Las soldaduras de ranura que recibiran acabado mecánico en un contorno convexo se mostraran agregando tanto el simbolo de contorno convexo como el simbolo 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

SECCION VI — SOLDADURAS DE CORDON

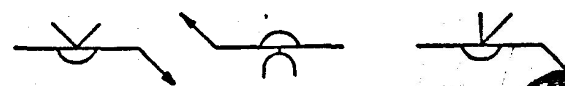
601. Generalidades

(a) El simbolo de cordon simple de soldadura se usará para indicar soldaduras del tipo de cordon con respaldo o apoyo en soldaduras de ranura simples.

(b) El simbolo de soldadura de corddn doble se usara 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

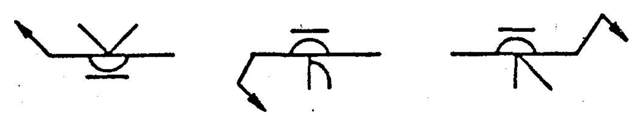
(a) Las soldaduras de corddn usadas como soldaduras de respaldo o de apoyo en soldaduras de una sola ranura, se mostraran colocando el simbolo de soldadura de cordon simple en el lado de la línea de referencia opuesta al simbolo de soldadura de ranura, asi:



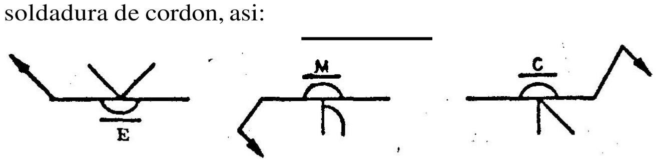
(b) Las dimensiones de las soldaduras de cordón usadas en el respaldo o en apoyo, no se mostraran en el símbolo de soldadura. Si se desea especificar estas dimensiones, se mostrarán en el plano.

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 ningun método de acabado, se mostrarán agregando el simbolo de contorno de superficie al símbolo de soldadura de cordon, asi:

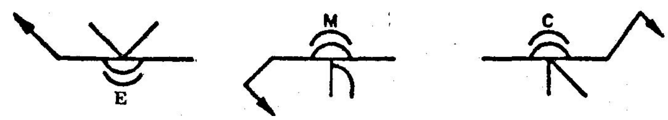


(b) Soldaduras de respaldo o apoyo que se harán al ras por medios mecanicos se mostrara agregando tanto el símbolo de contorno de superficie y el simbolo de acabado normal del usuario * al símbolo de soldadura de cordon, asi:



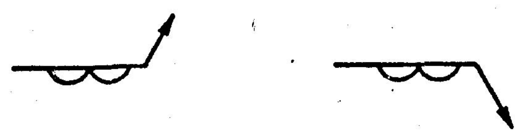
* Los símbolos de acabado usados en estas especificaciones indican el método de acabado (*"C"* = cincelado; *"E"* = esmerilado; *"M"* = maquinado) y no el grado de acabado.

(c) Las soldaduras de respaldo o apoyo que se acabarán mecánicamente en contorno convexo se mostraran agregando el simbolo de contorno convexo y el simbolo de acabado normal del usuario * al simbolo de soldadura de cordón, así:



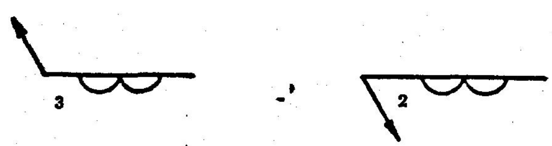
604. Uso de Símbolos de Soldadura de Cordón para Indicar Superficies Formadas por Soldadura

(a) Las superficies formadas por soldaduras ya sea de una *o* varias pasadas de soldaduras de cordón se mostrara por el simbolo de soldaduras de cordón doble. así



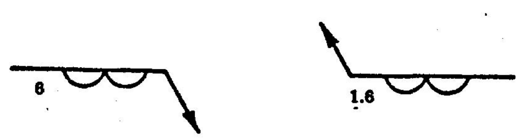
(b) El símbolo de soldadura de doble cordón no indica la soldadura de una junta *y* no tiene significación del lado de la flecha o del otro lado. Este simbolo se dibujará sobre el lado de la línea de referencia *hacia el lector y la flecha señalará claramente la superficie sobre* la que se va a depositar la soldadura.

(c) Las dimensiones usadas en combinación con el simboio de soldadura de cordón doble se mostraran en el mismo lado de la linea de referencia en que se encuentra el simbolo de soldadura asi.



605. Tamaño (Altura) de las Superficies Formadas por Soldadura

(a) El **tamaiio** de una superficie formada por soldadura se indicará mostrando la aktura minima del depósito de soldadura a la izquierda del simbolo de soldadura asi



(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

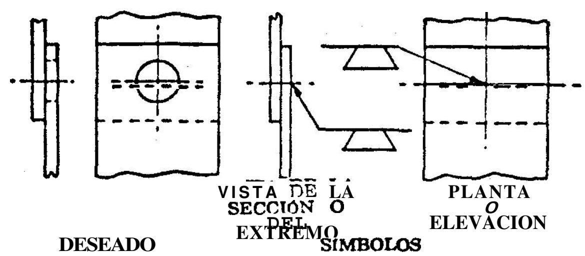
(a) Cuando toda el drea de una superficie plana o curva se va a formar por soldadura, no necesita mostrarse otra dimensión que el tamaño (altura de depósito) sobre el simbolo de soldadura

(6) Cuando una parte del drea de una superficie plana *o* curva se va a *formar* por soldadura, la extension, localización y orientación del drea por formarse se indicara en el plano

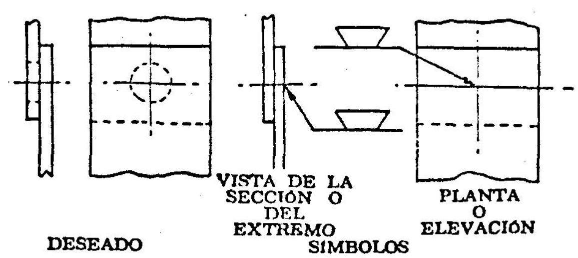
SECCIÓN VII-SOLDADURAS DE TAPÓN

701. Generalidades

(a) Los agujeros en el miembro del lado de la flecha de una junta para soldadura de tapón se indicaran colocando el simbolo de soldadura sobre el lado de la linea de referencia hacia el lector, así: (ver también Fig. 15*A*).



(*b*) Los agujeros en el miembro del otro lado de una junta para soldadura de tapón se indicarán colocando el simbolo de soldadura sobre el lado de la linea de referencia mas lejano al lector, asi



(*c*) Las dimensiones de las soldaduras de tapón se mostraran sobre el mismo lado de la linea de referencia que el simbolo de soldadura *asi:*

APENDICE E

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	-1 14.16	-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	[illegible]23
5	6	-0.003	-14.595	-5.832	-0.22	174.97	[illegible]
6	5	17.045	0.000	-0.000	0.00	-0.15	36.3[illegible]
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	-7.1[illegible]
9	7	-0.000	0.000	0.000	0.00	-0.00	-14.37
9	a	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

a

```
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	C.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	160449	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	a	-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	40754	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	-0.00
'7	-0.000	-0.003	0.000	-0.00	-0.00	-0.00
8	0.000	-0.000	0.000	-0.00	0.00	-0.00
9	0.000	0.003	-0.000	0.00	-0.00	0.00
10	-0.000	0.000	-0.000	-0.00	0.00	-0.00
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	-000019	-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	-13.500	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
1678.6200	86.	-2785.193	26. i46	-10.897	105.474	-0.502	0.21
1717.8847	87.	-2850.021	26.452	-11.029	106.695	-0.502	0.2
1757.6032	88.	-2915.599	26.757	-11.161	107.917	-0.501	0.2
1797.7757	89.	-2981.926	27.062	-11.294	109.138	-0.501	0.2
1838.4021	90.	-3049.003	27.368	-11.426	110.359	-0.501	0.2
1879.4825	91.	-3116.630	27.673	-11.558	111.580	-0.501	0.2
1921.0167	92.	-3185.407	27.979	-11.590	112.802	-0.501	0.2
1963.0049	93.	-3254.734	28.284	-11.823	114.023	-0.501	0.2
2005.4471	94.	-3324.811	28.590	-11.955	115.245	-0.501	0.2
2048.3431	95.	-3395.637	28.895	-12.087	116.466	-0.501	0.2
2091.6931	96.	-3467.214	29.201	-12.219	117.688	-0.501	0.2
2135.4970	97.	-3539.540	29.506	-12.352	118.910	-0.501	0.2
2179.7548	98.	-3612.616	29.812	-12.484	120.132	-0.501	0.2
2224.4666	99.	-3686.443	30.117	-12.616	121.354	-0.501	0.2
2269.6323	100.	-3761.019	30.423	-12.749	122.576	-0.501	0.2
2315.2519	101.	-3836.345	30.729	-12.881	123.798	-0.501	0.2
2361.3254	102.	-3912.421	31.034	-13.013	125.023	-0.501	0.2
2407.9529	103.	-3989.247	31.340	-13.146	126.242	-0.501	0.2
2454.a343	104.	-4066.823	31.645	-13.278	127.464	-0.501	0.2
2502.2696	105.	-4145.149	31.951	-13.410	126.686	-0.501	0.2
2550.7588	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.i74	-13.940	133.575	-0.501	0.2
2746.2551	110.	-4548.027	33.479	-14.072	134.798	-0.501	0.2
2796.4 139	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.d46	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
363.1411	40.	-613.629	12.134	-4.831	49.521	-0.511	0.2
381.5251	41.	-643.972	12.437	-4.962	50.728	-0.510	0.2
400.3631	42.	-675.064	12.743	-5.094	51.935	-0.510	0.2
419.6550	43.	-706.905	13.044	-5.225	53.144	-0.509	0.2
439.4008	44.	-739.496	13.347	-5.356	54.353	-0.509	0.2
459.6005	45.	-772.836	13.651	-5.488	55.563	-0.508	0.2
480.2541	46.	-806.925	13.955	-5.619	56.773	-0.508	0.2
501.3617	47.	-841.764	14.259	-5.751	57.984	-0.508	0.2
522.9232	48.	-877.352	14.562	-5.882	59.196	-0.507	0.2
544.9387	49.	-913.689	14.866	-6.014	60.409	-0.507	0.2
567.4080	50.	-950.776	15.170	-6.145	61.621	-0.507	0.2
590.3313	51.	-988.613	15.475	-6.277	62.835	-0.506	0.2
613.7385	52.	-1027.199	15.779	-6.409	64.049	-0.506	0.2
637.5397	53.	-1066.534	16.083	-6.540	65.263	-0.506	0.2
661.8247	54.	-1106.619	16.387	-6.672	66.478	-0.506	0.2
686.5537	55.	-1147.454	16.692	-6.804	67.693	-0.505	0.2
711.7566	56.	-1189.038	16.996	-6.935	68.908	-0.505	0.2
737.4035	57.	-1231.372	17.301	-7.067	70.124	-0.505	0.2
763.5043	58.	-1274.455	17.605	-7.199	71.340	-0.505	0.2
790.0590	59.	-1318.289	17.910	-7.331	72.556	-0.504	0.2
817.0676	60.	-1362.871	18.214	-7.463	73.773	-0.504	0.2
844.5301	61.	-1408.204	18.519	-7.595	74.990	-0.504	0.2
872.4466	62.	-1454.286	18.824	-7.727	76.207	-0.504	0.2
900.8170	63.	-1501.118	19.128	-7.859	77.425	-0.504	0.2
923.64 13	64.	-1548.700	19.433	-7.393	78.642	-0.504	0.2
958.9196	65.	-1597.031	19.738	-8.122	79.860	-0.503	0.2
988.6518	66.	-1646.112	20.043	-8.254	81.078	-0.503	0.2
1018.8379	67.	-1695.943	20.348	-8.386	82.297	-0.503	0.2
1049.4779	68.	-1746.524	20.653	-8.518	83.515	-0.503	0.2
1080.5719	69.	-1797.854	20.958	-8.650	84.734	-0.503	0.2
1112.1198	70.	-1849.934	21.263	-8.783	85.953	-0.503	0.2
1144.1216	71.	-1902.764	21.568	-8.915	87.172	-0.503	0.2
1176.5773	72.	-1956.344	21.873	-9.047	88.391	-0.503	0.2
1209.4870	73.	-2010.674	22.178	-9.179	89.611	-0.503	0.2
1242.8506	74.	-2065.753	22.483	-9.311	90.830	-0.502	0.2
1276.6681	75.	-2121.582	22.788	-9.443	92.050	-0.502	0.2

```
AGE    1

/ JOB  T

OG 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(QO,UX,G,D,DBX,ALFAT,T1,N,QX1,MX)
      REAL   MX(46)
      DIMENSION  QX1(46)
      QX= (QO*COS(UX)+G*SIN(UX))*EXP(-UX)
      QX1(N)=QX
      EMX= D*(DBX-(ALFAT+0.3*ALFAT)*T1)
      MX(N)=EMX
      RETURN
     END

EATURES SUPPORTED
ONE WORD INTEGERS
EXTENDED PRECISION

ORE REQUIREMENTS FOR SU11
COMMON      0  VARIABLES      16  PROGRAM      88

ELATIVE ENTRY POINT ADDRESS IS 0013 (HEX)

ND 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

G DRIVE   CART SPEC   CART AVAIL   PHY DRIVE
0000        0001         0001         0000

 M10   ACTUAL   8K   CONFIG   8K

 FOR
IST SOURCE PROGRAM
EXTENDED PRECISION
NE WORD INTEGERS
      SUBROUTINE   SU12(QO,UX,G,U,D,E,T,A,Q1,Q2,ALFAT,ENX,N,T1,ES,EX,WO,
    + TO,NS,MS,NX,W1,DBX,X1)
      REAL   NS(46),MS(46),NX(46)
      DIMENSION  W1(46),X1(46)
      X= X1(N)
      DQX= (QO*COS(UX)+G*SIN(UX)+GO*SIN(UX)
    + -G*COS(UX))*(-U*EXP(-UX))
      BX= (1./(2.*U**2*D))*(G*COS(UX)-GO*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= WO+A*((ENS-0.3*ENX)/(E*T))+ALFAT*A*TO
      W1(N)=W
      RETURN
     END

ATURES SUPPORTED
NE WORD INTEGERS
XTENDED PRECISION

RE REQUIREMENTS FOR SU12
OMMON       0  VARIABLES     40  PROGRAM    334

LATIVE ENTRY POINT ADDRESS IS 0036 (HEX)

D OF COMPILATION

/ DUP

DELETE              SU12
RT ID 0001   DB ADDR  576A   DB CNT   0019

STORE       WS  UA  SU12
RT ID 0001   DB ADDR  57A0   DB CNT   001A
```

AGE 1

```
/ JOB

OG 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 MO,NX(46),NS(46),MS(46),MX(46)
      DIMENSION  QX1(46),X1(46),W1(46)
      DATA  QX1,MX/46*0.,46*0./
      DBX1(U,D,G,UX,QO)=(1./(2.*U**2*D))*(G*COS(UX)-QO*SIN(UX)+
     + G*SIN(UX)+QO*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,'W',//)
      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
      QO= 0.552
      MO= 1.31
      G= 2*U*MO+QO
      X= 1.
      N= 1
      DO  10  I=1,20
      X1(N)=X*I
      UX= U*X*I
      DBX=DBX1(U,D,G,UX,QO)
      CALL  SU11  (QO,UX,G,D,DBX,ALFAT,T1,N,QX1,MX)
      CALL  SU12  (QO,UX,G,U,D,E,T,A,Q1,Q2,ALFAT,ENX,N,T1,ES,EX,WO,
     + TO,NS,MS,NX,W1,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,QO)
      CALL  SU12  (QO,UX,G,U,D,E,T,A,Q1,Q2,ALFAT,ENX,N,T1,ES,EX,WO,
     + TO,NS,MS,NX,W1,DBX,X1)
20    N= N+1
      N= 46
      X2= X
      X= 0.
```

```
      Q0= 0.0526
      MO=-0.0613
      G= 2*U*MO+Q0
      DO  30  J=1,21
      X1(N)= X2*(123-J)
      UX= U*X*J
      DBX=DBX1(U,D,G,UX,Q0)
      CALL  SU11  (Q0,UX,G,D,DBX,ALFAT,T1,N,GX1,MX)
      UX= X1(N)*U
      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,W1,DBX,X1)
      X= 1.
 0    N= N-1
      WRITE(3,100)(X1(I),QX1(I),MX(I),MS(I),NX(I),NS(I),W1(I),
     + I=1,46)
 00   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

ATURES SUPPORTED
NE WORD INTEGERS
XTENDED PRECISION
OCS

RE REQUIREMENTS FOR
OMMON        0  VARIABLES    1068  PROGRAM     716

D 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	0.1203
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.G	-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	-7.8	-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	0.606E-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
16.	-0.264E-01	0.150E 00	0.452E-01	-8.5	0.4	0.1178
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.[illegible]	0.1185
21.	0.000E 00	0.000E 00	0.100E-01	-9.2	[illegible]	[illegible].1185
41.	0.000E 00	0.000E 00	-0.426E-03	-14.1	[illegible].2	[illegible]1194
61.	0.000E 00	0.000E 00	-0.506E-03	-22.1	[illegible].4	0.1210
81.	0.000E 00	0.000E 00	-0.502E-03	-33.3	[illegible].5	0.1231
101.	0.000E 00	0.000E 00	-0.502E-03	-47.6	5.6	0.1256
132.	-0.588E-03	-0.148E-02	-0.502E-03	-48.4	5.7	0.1257
103.	-0.835E-03	-0.773E-03	-0.502E-03	-49.2	5.7	[illegible]
104.	-0.112E-02	0.202E-03	-0.502E-03	-50.0	[illegible]8	0.1260
105.	-0.143E-02	0.148E-02	-0.502E-03	-50.8	5.8	0.1261
106.	-0.176E-02	0.308E-02	-0.502E-03	-51.6	5.9	0.1262
107.	-0.207E-02	0.500E-02	-0.502E-03	-52.5	5.9	0.1264
108.	-0.232E-02	0.720E-02	-0.502E-03	-53.3	6.0	0.1265
109.	-0.245E-02	0.960E-02	-0.502E-03	-54.1	6.1	0.1267
110.	-0.239E-02	0.120E-01	-0.502E-03	-55.0	6.1	0.1268
111.	-0.206E-02	0.143E-01	-0.502E-03	-55.9	6.2	0.1270
112.	-0.133E-02	0.160E-01	-0.502E-03	-56.8	6.2	0.1271
113.	-0.105E-03	0.168E-01	-0.502E-03	-57.6	6.3	0.1273
114.	0.176E-02	0.160E-01	-0.502E-03	-58.5	6.3	0.1274
115.	0.441E-02	0.130E-01	-0.502E-03	-59.4	6.4	0.1276
116.	0.795E-02	0.691E-02	-0.502E-03	-60.3	6.4	0.1277
117.	0.124E-01	-0.320E-02	-0.502E-03	-61.2	6.5	0.1279
118.	0.179E-01	-0.183E-01	-0.502E-03	-62.2	6.6	0.1280
119.	0.244E-01	-0.394E-01	-0.502E-03	-63.1	6.6	0.1282
120.	0.315E-01	-0.674E-01	-0.502E-03	-64.0	6.7	0.1283
121.	0.391E-01	-0.102E 00	-0.502E-03	-65.0	6.7	0.1285
122.	0.526E-01	-0.195E 00	-0.502E-03	-65.9	6.8	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

****
A N I L L O   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	0.1418
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	0.333E-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	0.1439
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 D

****

X	QX	MX	MS	NX	NS	[illegible]
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	19.8	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.	-0.258E-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	0.1495
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.	-0.129E-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.	0.768E-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	-0.255E-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	QX	MX	MS	NX	NS	W
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	0.1582
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

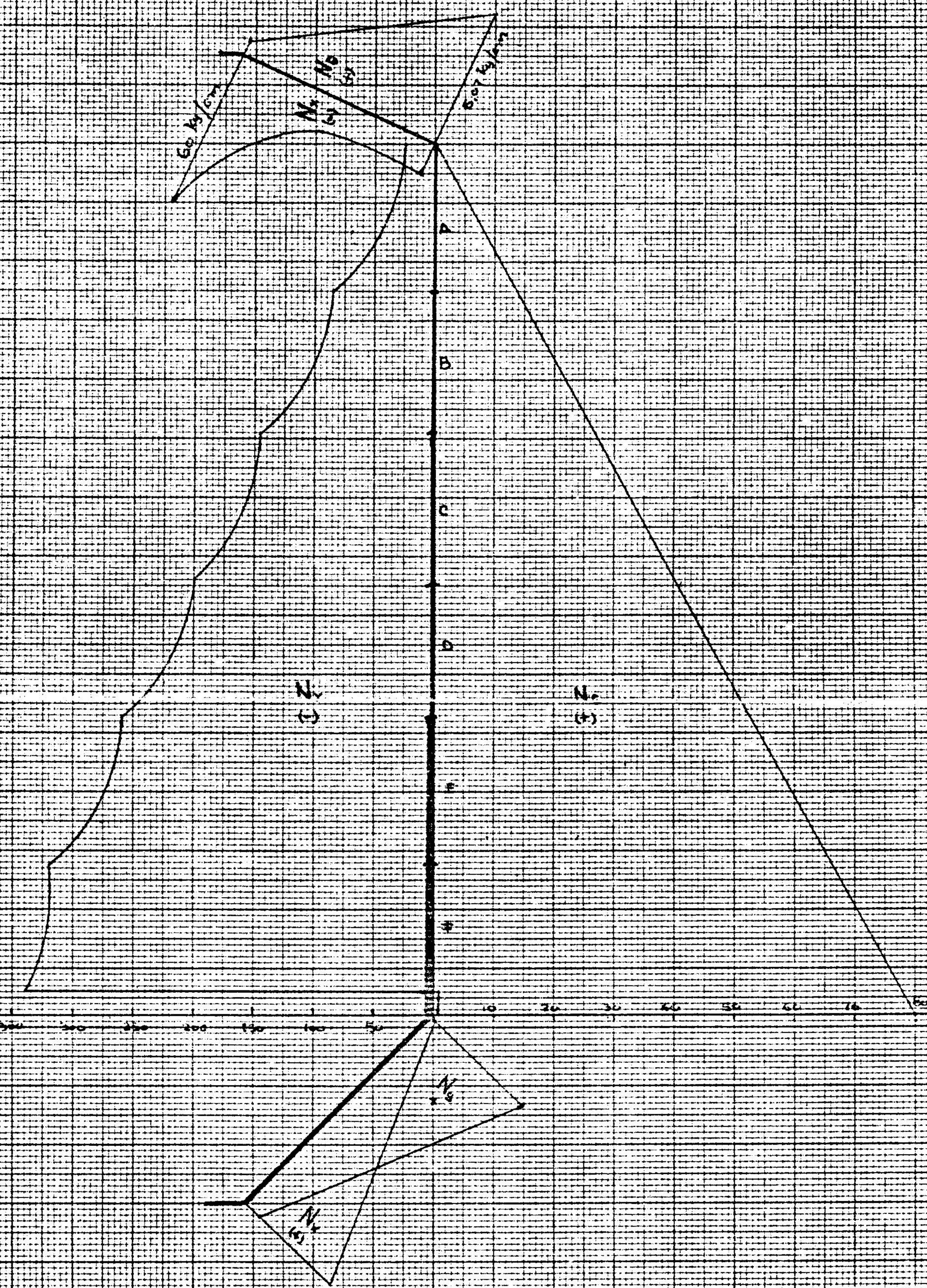


Gráfico Nº 1

ESFUERZOS DE MEMBRANA

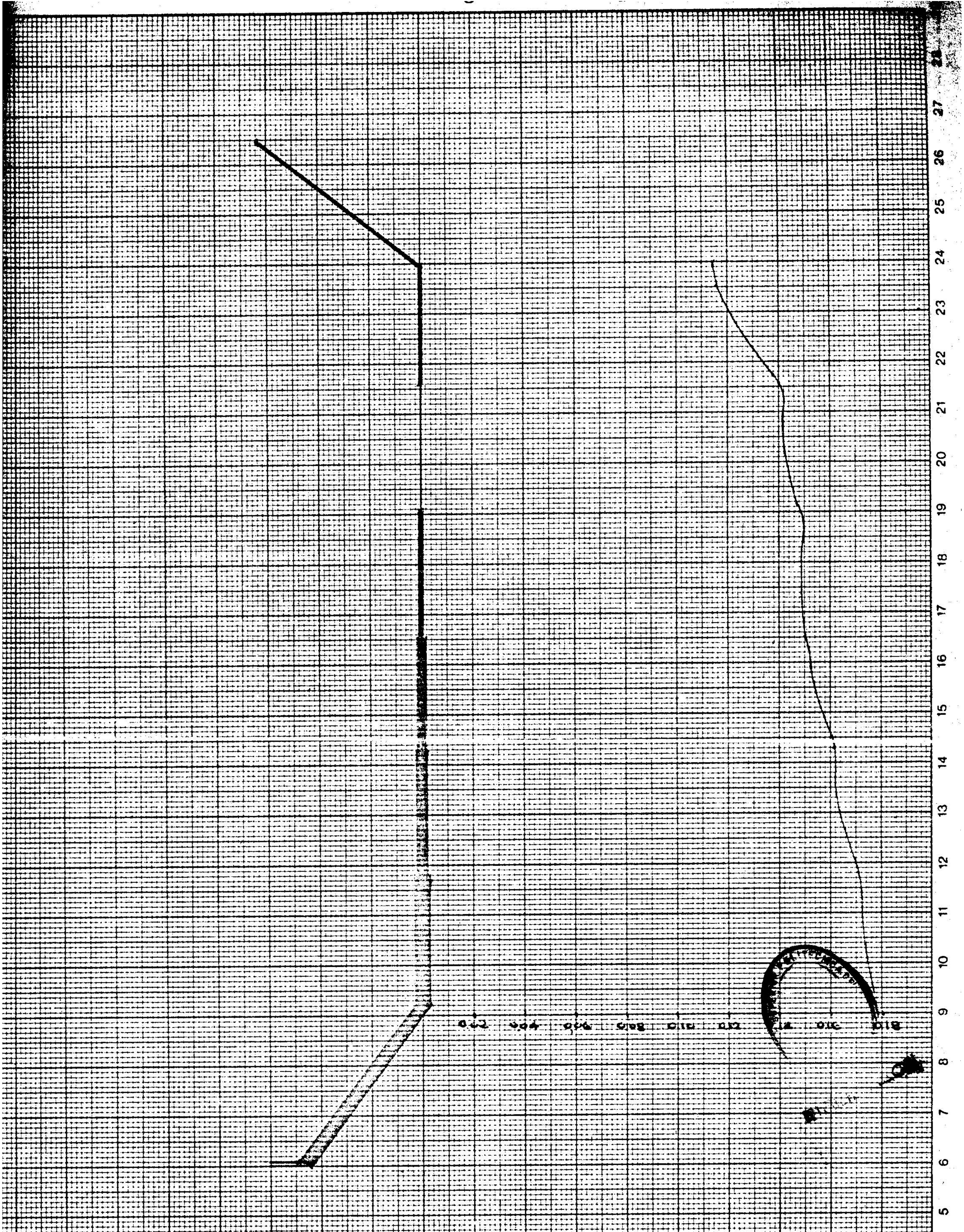


Gráfico Nº 2

DEFORMACIONES DE MEMBRANA

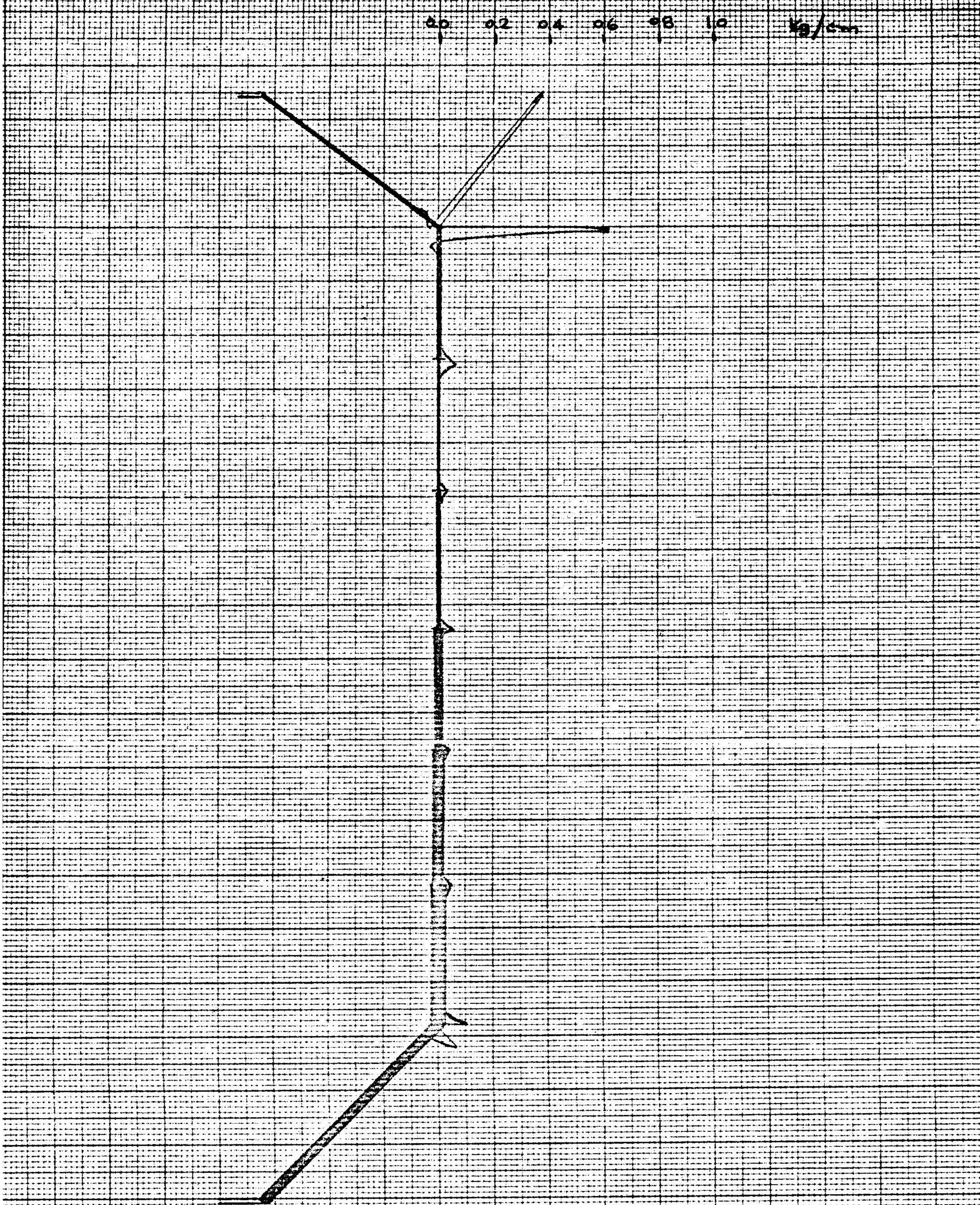


Gráfico Nº 3

ESFUERZOS CORTANTES

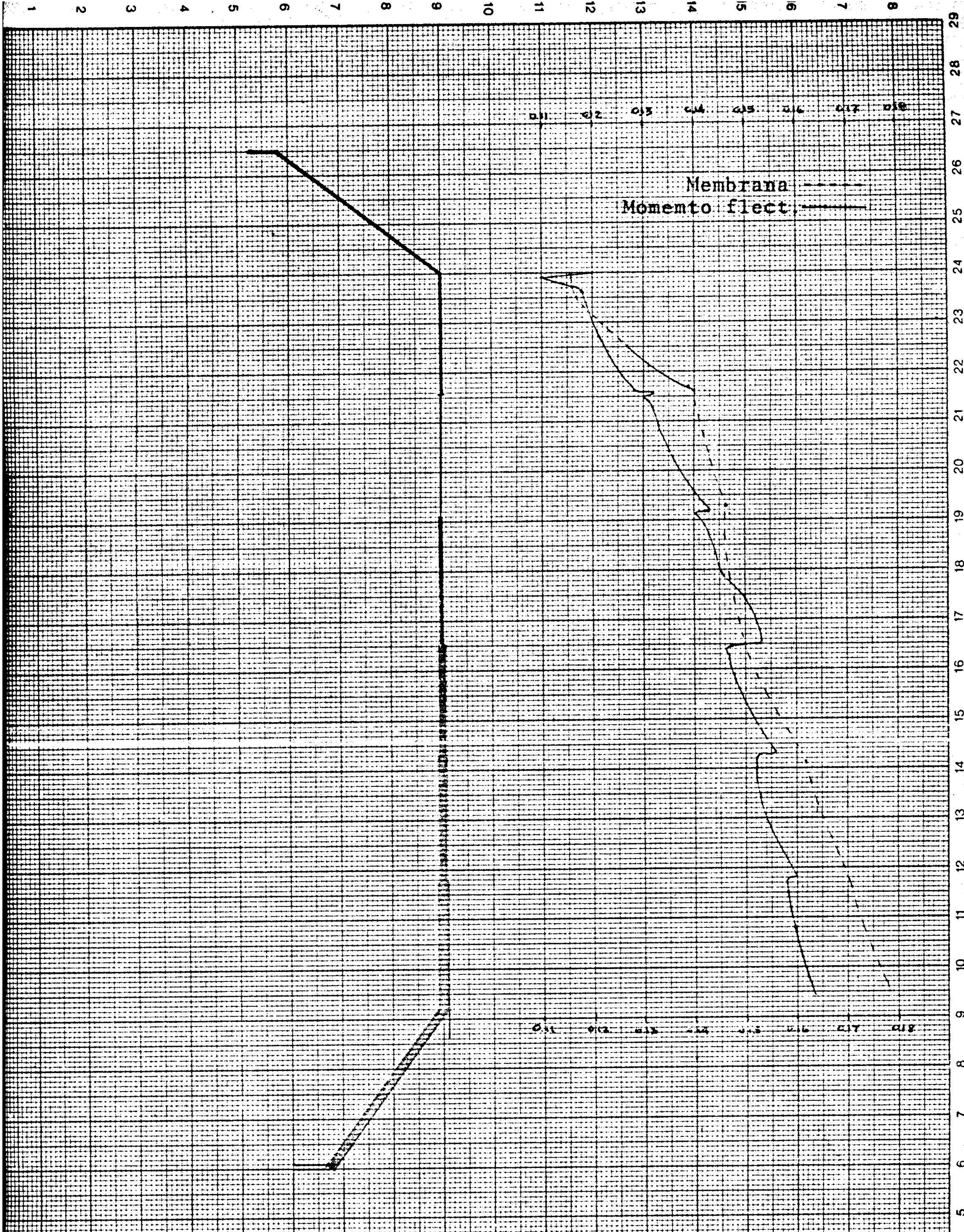
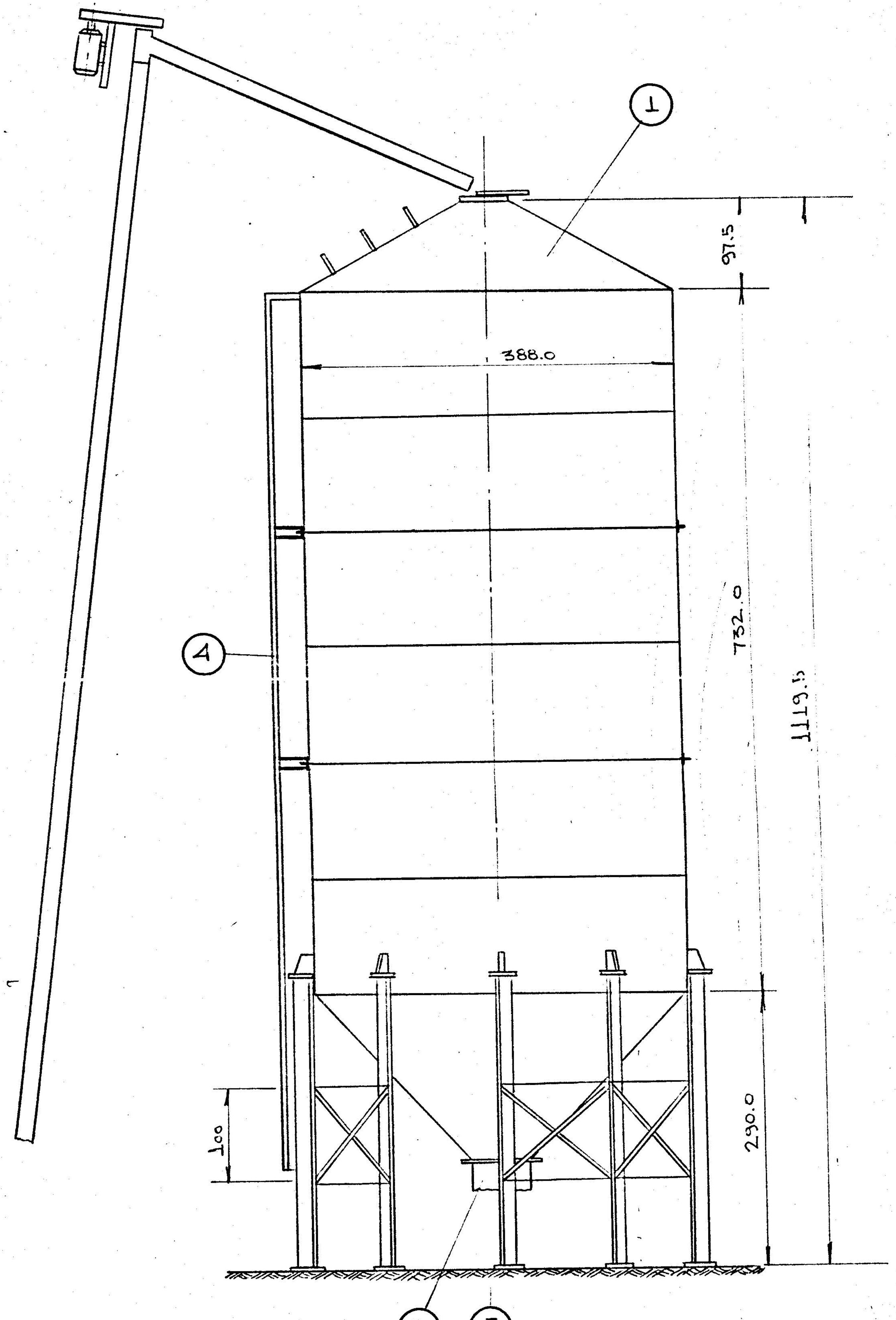


Gráfico Nº 4

DEFORMACIONES DE MEMBRANA Y

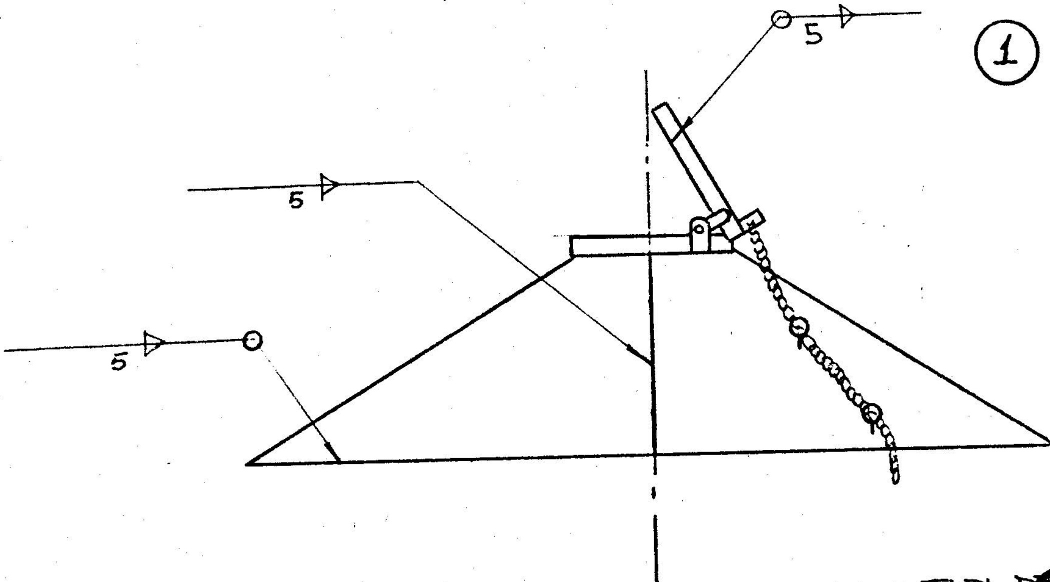
MOMEMTO FLECTOR

PLANOS



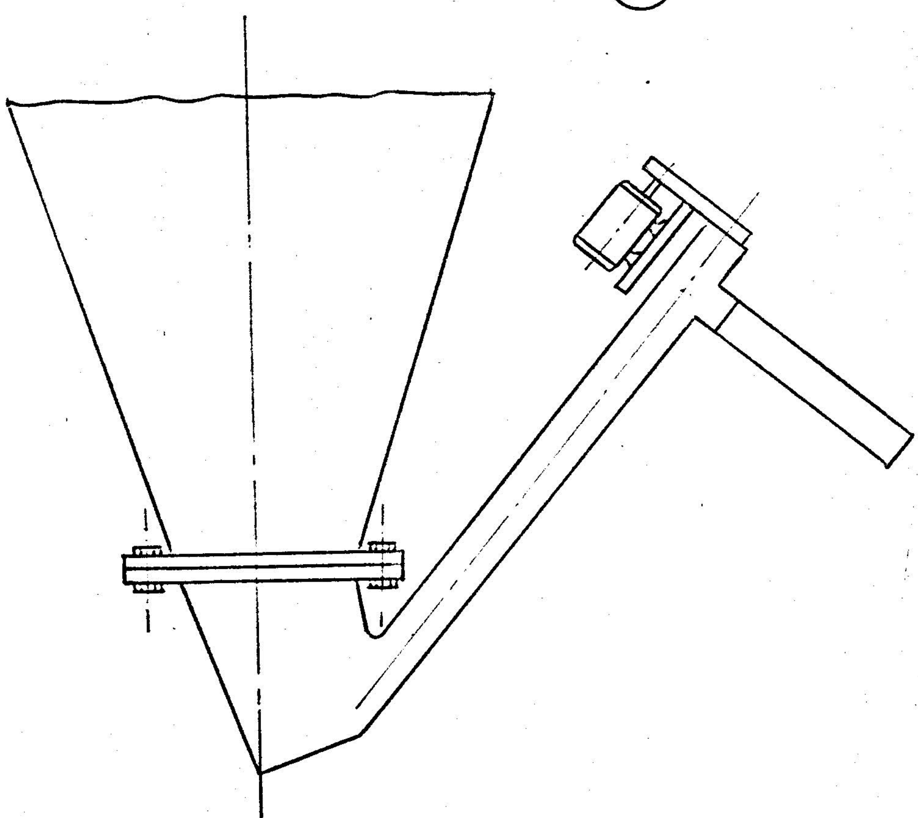
Escala 1:50

1

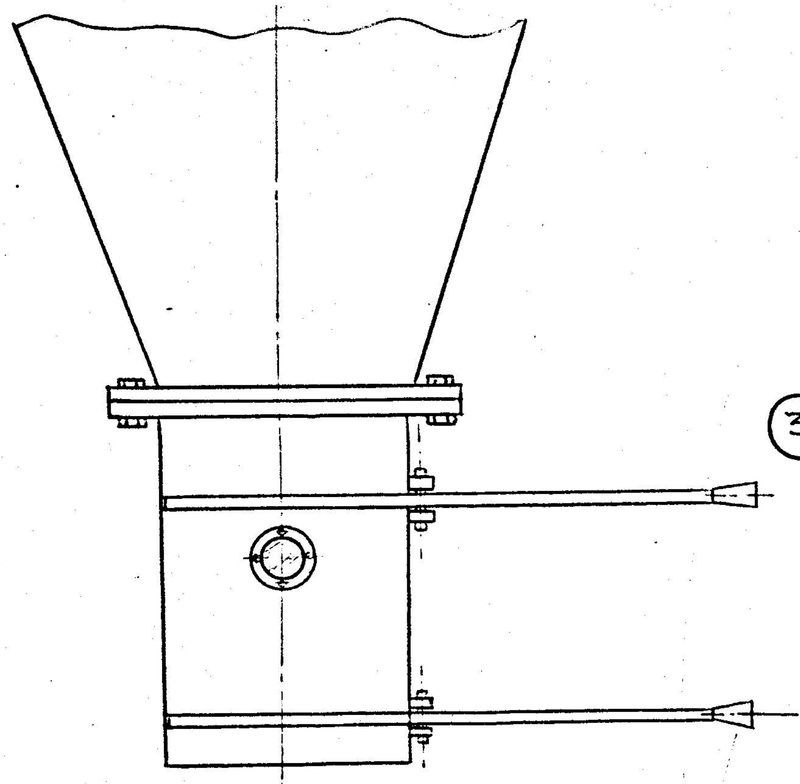


OPERACION TAPA DE LLENADO

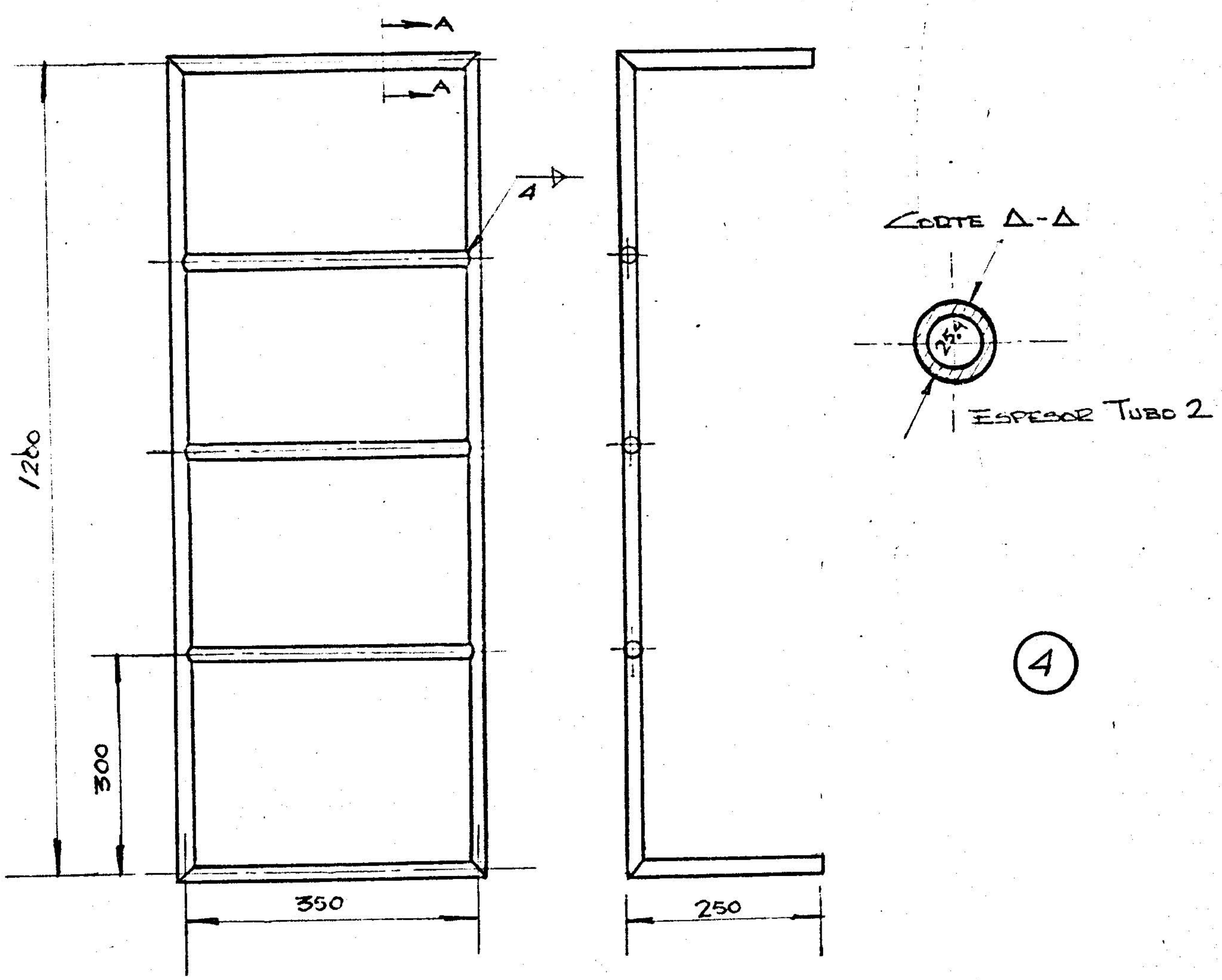
2



VACIADO POR TORNILLO SIN FIN



3



4

REFERENCIAS

1.- LL. E. BROWNELL - E. H. YOUNG, " *PROCESS EQUIPMENT DESING*", *John Wiley & Sons, 1era. edición 1959.*

2.- S. TIMOSHENKO - J. M. GERE, " *THEORY OF ELASTIC STABILITY*", *Mc Gran Hill, 2da. edición, 1961.*

3.- OIL & GAS INTERNATIONAL, *8, Vol. 11, Agosto 1971.*

4.- H. KRAUS, " *THIN ELASTIC SHELLS*", *John Wiley & Sons, 1era. edición, 1967.*

5.- S. TIMOSHENKO - S. KRIEGER, " *THEORY OF PLATES AND SHELLS*", *Mc Graw Hill Koga Kusa, 2da. edición, 1959.*

6.- FERDINAN L. SINGER, " *RESISTENCIA DE MATERIALES*", *Harped & Row Publishers Inc., 2da. edición, 1971.*

7.- C. E. WILLIAMS - E. C. HARRIS, " *DISENO DE ESTRUCTURAS METALICAS*", *Compañía Editorial Continental S.A., 2da. edición, 1970.*

8.- WILHELM FLUGGE, "*STRESS IN SHELLS*", *Sping-Verlag Berlin, 2da. edición, 1973.*

9.- JHON E. LOTHERS, "*DISENO DE ESTRUCTURAS METALICAS*, *Prentice Hall International, 3era. edición, 1972.*

10.- E. C. TAYLOR - JR. E. WENK, "*ANALYSIS OF STRESSES IN THE CONICAL ELEMENTS OF SHELL STRUCTURES*,

11.- W. G. WATTS - A. H. LANG, " *STRESSES IN A PRESSURE VESSEL WITH A CONICAL HEAD*", ASME, 74, 315-326, 1952.