

T
671.52
S.I.H.d.



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
Facultad de Ingeniería Mecánica



"DISEÑO DE UNIONES SOLDADAS VIGA — COLUMNA
UTILIZANDO COMPUTADORAS"

PROYECTO DE GRADO

Previa a la Obtención del Título de

INGENIERO MECANICO

Presentado por:

Rodrigo Ivan Silva Vela



Guayaquil

-

Ecuador

**Año
1991**

AGRADECIMIENTO

A la MATER

A mi madre

A mi hermano

A mis amigos y amigas

Al ING. OMAR SERRANO y al ING.
ELOY VELEZ por su valiosa
colaboración y apoyo en todo
momento.

DEDICATORIA

A mi madre

A mi padre que está en el cielo

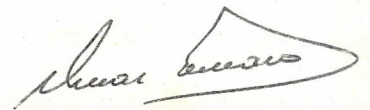
A mi hermano

A todas las personas que
confiaron en mí y de una manera
especial a la MATER.

ING. NELSON CEVALLOS

DECANO

FAC. ING. MECANICA



ING. OMAR SERRANO

DIRECTOR

PROYECTO DE GRADO

ING. EDUARDO ORCES

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

ING. LUIS RODRIGUEZ

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

DECLARACION EXPRESA

"La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestas en este Proyecto de Grado, me corresponden exclusivamente; y, el patrimonio intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL".

(Reglamento de Tópico de Graduación)

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Rodrigo Silva Vela", is written over a horizontal line. The signature is stylized and somewhat cursive.

RODRIGO SILVA VELA

RESUMEN

La utilización de programas computacionales en el diseño de uniones soldadas tiene una gran importancia debido a que se pueden simular las condiciones existentes en la práctica de soldadura, pero con un gran ahorro de tiempo, recursos humanos y materiales.

Particularmente la utilización de computadoras en el diseño de uniones VIGA-COLUMNA ofrece la ventaja de analizar los diferentes tipos de uniones; flexibles, semi-rígidas y rígidas; y además, permite estudiar la influencia que tiene ciertas variables, tales como la carga y las dimensiones de la viga y elementos de conexión, sobre el tamaño de soldadura.

El exceso del tamaño de soldadura es uno de los mayores factores que eleva el costo de las uniones, encontrándose en esto la importancia que los métodos computacionales tienen en la determinación exacta del tamaño de soldadura.

En el presente estudio se comparan dos tipos de uniones soldadas viga-columna; flexible y semi-rígida, utilizando dos vigas de diferentes especificación AISC: W 18*40 y W 14*30. El análisis computacional indica que el tamaño de las soldaduras para diferentes valores de cargas

aplicadas es menor en el caso de la viga uno (W 18*40), debido a que posee un módulo de sección mayor que la viga dos (W 14*30) por ser de mayores dimensiones; lo que repercute en una disminución en el esfuerzo flector de la unión, produciendo con esto una disminución del tamaño de soldadura necesario para resistir la conexión.

La aplicación práctica de este estudio es el diseño de las uniones soldadas viga-columna, de una estructura para el soporte de las tolvas de materia prima que forman parte de la línea de proceso de una planta destinada a la elaboración de alimento balanceado para camarones; en donde se demuestra las ventajas de este tipo de análisis utilizando métodos computacionales.

INDICE GENERAL

	Págs.
RESUMEN	VI
INDICE GENERAL	VIII
INDICE DE FIGURAS	XI
LISTA DE ABREVIATURAS	XIII
CAPITULO I	
INTRODUCCION TEORICA	
1.1 Fundamentos del diseño de soldadura	16
1.1.1 Ventajas de la soldadura en el diseño ..	17
1.1.2 Tamaño de la soldadura	19
1.1.3 Influencia del tamaño de soldadura en el costo	26
1.2 Tipos de uniones soldadas VIGA-COLUMNA	29
1.2.1 Uniones flexibles	29
1.2.2 Uniones semirígidas	31
1.2.3 Uniones rígidas	33
1.3 Diseño de uniones flexibles	34
1.3.1 Asiento de ángulo flexible	34
1.3.1.1 Consideraciones de carga	34
1.3.1.2 Consideraciones de esfuerzos....	41
1.3.1.3 Dimensiones del ángulo.....	42

1.3.2 Placa de conexión superior con resistencia al viento	53
1.4 Diseño de uniones semirígidas	59
1.4.1 Asiento de ángulo flexible	60
1.4.2 Placa superior para conexiones semi-rígidas.	60

CAPITULO II

UTILIZACION DE COMPUTADORAS EN EL DISEÑO DE UNIONES
SOLDADAS VIGA-COLUMNA

2.1 Importancia de los métodos computacionales en este campo	68
2.2 Descripción del programa	69
2.2.1 Diagramas de flujo	70
2.2.1.1 Subrutina para diseño del asien- to de ángulo flexible	71
2.2.1.2 Subrutina para determinación final del tamaño de soldadura del ángulo	74
2.2.1.3 Subrutina para diseño de placa superior con resistencia al viento.	75
2.2.1.4 Subrutina para diseño de placa superior semirígida	78
2.2.1.5 Subrutina para convertir el	

tamaño de soldadura en fracción (16 avos).	81
2.2.1.6 Subrutina para redondear decimales en múltiplos de 0.5.	82
2.2.2 Manual de operación	83
CAPITULO III	
APLICACION DEL PROGRAMA	
3.1 Diseño de unión flexible	94
3.1.1 Ingreso de datos	94
3.1.2 Resultados obtenidos	96
3.2 Diseño de unión semirígida	102
3.2.1 Ingreso de datos	102
3.2.2 Resultados obtenidos	104
3.3 Aplicación práctica del programa para el diseño de soldadura en bases estructurales para maquinaria	112
CAPITULO IV	
ANALISIS DE RESULTADOS	
CAPITULO V	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
APENDICE	
BIBLIOGRAFIA	

INDICE DE FIGURAS

- 1.- Comparación de incremento del metal de aportación.
- 2.- Comparación de bordes de un cordón de soldadura.
- 3.- Unión soldada entre un canal y ala de viga.
- 4.- Tipos de uniones soldadas.
- 5.- Asiento de ángulo flexible.
- 6.- Cordón de soldadura en el asiento de ángulo flexible.
- 7.- Punto de aplicación de la reacción (R).
- 8.- Distorsión de la columna.
- 9.- Dimensiones características para el diseño del ángulo.
- 10.- Nomograma # 1 para determinar excentricidad (ef) de la reacción (R).
- 11.- Nomograma # 2 para determinar espesor del ángulo.
- 12.- Placa de conexión superior con resistencia al viento.
- 13.- Placa superior para conexiones semi-rígidas.
- 14.- Centro de rotación de la viga.
- 15.- Tamaño de soldadura ángulo vs reacción - viga uno (flexible).
- 16.- Tamaño de soldadura ángulo vs reacción - viga dos (flexible).
- 17.- Comparación tamaño de soldadura ángulo (flexible).
- 18.- Tamaño de soldadura placa vs reacción - viga uno (flexible).
- 19.- Tamaño de soldadura placa vs reacción - viga dos (flexible).

- 20.- Comparación tamaño de soldadura placa (flexible).
- 21.- Comparación espesor de la placa (flexible).
- 22.- Tamaño soldadura ángulo vs reacción - viga uno (semi-rígida).
- 23.- Tamaño soldadura ángulo vs reacción - viga dos (semi-rígida).
- 24.- Comparación tamaño soldadura ángulo (semi-rígida).
- 25.- Tamaño soldadura placa vs reacción - viga uno (semi-rígida).
- 26.- Tamaño soldadura placa vs reacción - viga dos (semi-rígida).
- 27.- Comparación tamaño soldadura placa (semi-rígida).
- 28.- Comparación espesor de la placa (semi-rígida).
- 29.- Espesor del ángulo vs reacción.
- 30.- Comparación tamaño soldadura placa (flexible / semi-rígida).
- 31,a.- Aplicación práctica: tolvas, pesadora, mezcladora.
- 31,b.- Aplicación práctica: tolvas, peletizadora, enfriador.

LISTA DE ABREVIATURAS

- AISC - American Institute of Steel Construction.
- AWS - American Welded Society.
- G - Esfuerzo flector.
- M - Momento de fuerza.
- S - Módulo de sección.
- f - Fuerza resultante sobre la soldadura.
- w - Tamaño de soldadura.
- \bar{Q} - Esfuerzo permisible del tipo de soldadura utilizada.
- l - Longitud de la viga.
- ME - Momento de extremo.
- R - Reacción en la conexión a la carga distribuida.
- S_y - Esfuerzo de fluencia.
- t_w - Espesor del alma de la viga.
- N - Longitud de apoyo del extremo de la viga.
- K - Distancia desde la cara exterior del ala hasta el pie del alma de la viga.
- e_f - Excentricidad de la reacción (R) con respecto al ala de la columna.
- a - Separación entre la viga y la columna.
- e - Excentricidad de la reacción (R) con respecto al punto crítico de momento del ángulo.
- t - Espesor del ángulo.
- b - Ancho del ángulo.
- L_h - Longitud horizontal del ángulo.

XIV

- Lv - Longitud vertical del ángulo.
- ff - Fuerza por unidad de longitud que produce el flector.
- fv - Fuerza por unidad de longitud que produce el cortante.
- fue - Resistencia última del electrodo.
- Mx - Momento central de la viga.
- MG - Momento de la carga.
- Mw - Momento del viento.
- F - Fuerza resultante debido al momento de la carga y al momento de viento.
- db - Altura de la viga.
- Am - Area mínima de la placa.
- Gyp - Esfuerzo de fluencia de la placa.
- Lw - Esfuerzo permisible de la soldadura.
- Ap - Area real de la placa.
- Wp - Ancho de la placa.
- Tp - Espesor de la placa.
- Ws - Tamaño de soldadura de la placa.
- PL - Longitud de la sección reducida de la placa.
- Wc - Ancho de la placa de la sección soldada a tope con la columna.
- Sp - Esfuerzo que resiste la placa en su sección más angosta.
- Sc - Esfuerzo que resiste la placa en su sección mayor.
- Aw - Longitud mínima soldada de la placa.

- TL - Longitud total de la placa.
- Rs - Rigidez de la conexión.
- MF - Momento flector que resiste la placa.
- As - Area del cortante.
- Tw - Longitud total del filete soldado de la placa.
- Ab - Area de la sección transversal de la viga.
- Rg - Radio de giro de la viga.
- bf - Ancho del alma de la viga.
- Fyb - Resistencia a la fluencia de la viga.
- Fya - Resistencia a la fluencia del ángulo.
- Fyp - Resistencia a la fluencia de la placa.
- r - Radio del ángulo.
- Tc - Espesor de la columna.
- Wsa - Tamaño de soldadura del ángulo.

CAPITULO I

INTRODUCCION TEORICA

1.1 FUNDAMENTOS DEL DISEÑO DE SOLDADURA

Antes de diseñar una unión soldada es necesario establecer la función que va a desempeñar la parte o estructura propuesta, la transferencia de la carga, las condiciones ambientales y las restricciones físicas impuestas por el mismo proceso de soldadura (ejemplo: distorsión, fisuras, etc).

Gran cantidad de los diseños de soldadura están basados en un análisis de los esfuerzos impuestos sobre la unión soldada. El cálculo de esfuerzos en una unión soldada y en una estructura completa es lo mismo, en principio, como aquellos normalmente usados para componentes no soldados.

Sin embargo, los cálculos son más complicados en análisis de esfuerzo en soldadura por las discontinuidades (físicas y metalúrgicas) y por la presencia de esfuerzos residuales.

El criterio de diseño es mantener los esfuerzos calculados dentro del esfuerzo de trabajo permitido;

el cual es el máximo nivel de esfuerzo para diseñar dictado por un código o especificación. (Ref. 1).

El siguiente diseño de uniones soldadas se basa en las especificaciones dictadas por el código de la AISC (American Institute of Steel Construction).

1.1.1 VENTAJAS DE LA SOLDADURA EN EL DISEÑO

En el diseño de uniones viga-columna la soldadura juega un papel muy importante; ya que presenta muchas ventajas con respecto al remachado. Las más importantes son: la economía, la rigidez, la adaptabilidad, la eficiencia, y el silencio y seguridad de la operación de la soldadura. (Ref.2).

La economía se consigue a causa de la eliminación de ángulos de conexión y cabezas de remaches. Si se utiliza soldadura, los ángulos rigidizadores de una viga remachada, se reduce a una simple placa soldada por sus bordes al alma de la viga, con un considerable ahorro de acero. Las costosas precauciones de seguridad que deben ser tomadas para proteger al público de la caída de remaches en las zonas muy pobladas, por no decir nada del ruido, se eliminan con la construcción soldada. Además, un sólo soldador sustituye a un equipo de

cuatro remachadores.

Como las piezas de la estructura pueden ser soldadas directamente unas a las otras, se puede conseguir un grado de rigidez muy superior al que se logra en la construcción remachada.

Con respecto a la adaptabilidad, puede decirse que cualquier conexión que puede hacerse remachada puede hacerse soldada, y con mayor eficiencia.

Por el contrario, existe tipos de uniones que pueden hacerse fácilmente por soldaduras, que sería imposible de hacer con remaches.

La resistencia de una pieza soldada sometida a tracción puede alcanzar un 100% de eficiencia en contraste con sólo el 80% que es posible con los remaches, ésto último debido a los agujeros que se construyen en la piezas para los mismos. (Ref. 2).

Entre los inconvenientes de la soldadura, comparado con el trabajo de remachado, se mencionan generalmente, la dificultad y gastos que originan la inspección, la incertidumbre de encontrar soldadores diestros y la tendencia a la distorsión que, a veces, acompañan a los procesos de

soldadura.

1.1.2 TAMAÑO DE LA SOLDADURA

Puesto que los esfuerzos dependen de la orientación de la superficie sobre la cual actúan las fuerzas, un área dentro de la soldadura es escogida para ser el área efectiva de soldadura para el cálculo de esfuerzos. Esta asunción simplifica grandemente el procedimiento de cálculo para esfuerzos en soldadura.

El código AWS (American Welded Society) define que el área efectiva de la garganta de un filete soldado es igual a la longitud efectiva de la soldadura por la garganta efectiva. La garganta efectiva está definida como la menor distancia desde la raíz del cordón hasta la cara superior del mismo. (Ref. 3).

De acuerdo al código AWS el tamaño de soldadura de un filete soldado es medido por el mayor triángulo rectángulo que puede ser inscrito dentro del cordón.

Esta definición va a permitir cordones de

soldaduras de bordes desiguales (figura 1,a). Otra definición de la AWS estipula que el mayor triángulo rectángulo inscrito debe ser isósceles limitando de esta manera que el tamaño de soldadura (W) del filete sea igual (figura 1,b). (Ref. 3).

Los tamaños del filete soldado desiguales son varias veces utilizados para obtener un área adicional de garganta cuando el tamaño vertical de la soldadura no puede ser incrementado (figura 2,a).

Cuando el espacio lo permite, una forma más eficiente de obtener el mismo incremento en el área de la garganta o resistencia es incrementar ambos bordes del cordón para mantener un tamaño de filete soldado igual, con un menor incremento en metal de aporte (figura 2,b).

Un ejemplo de esto puede ser la unión soldada entre un canal y el ala de una viga (figura 3).

Aquí, el tamaño vertical del filete soldado depende del espesor del ala del canal (a); por lo tanto, una resistencia adicional debe ser obtenida incrementando el tamaño horizontal del filete.

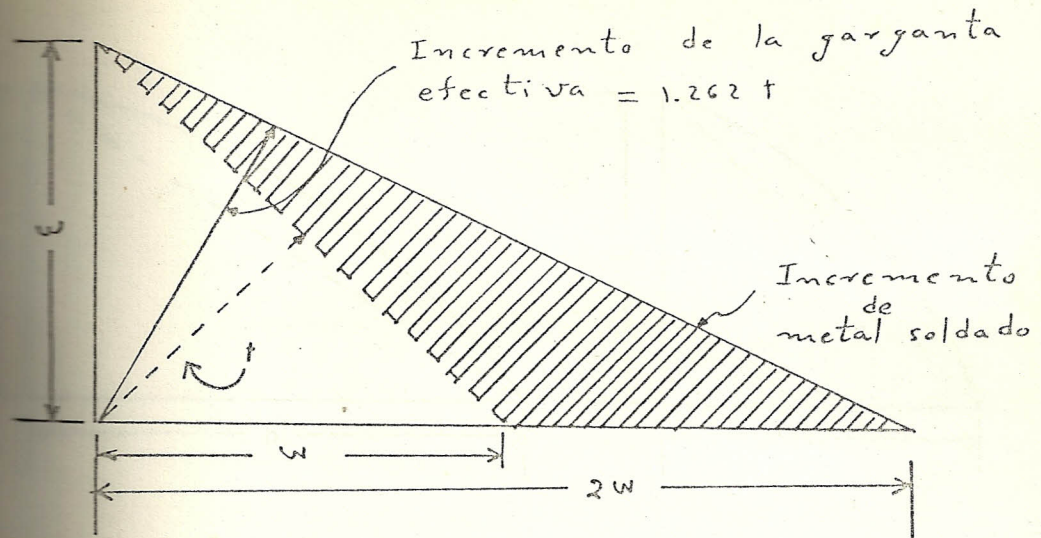


Figura 1,a

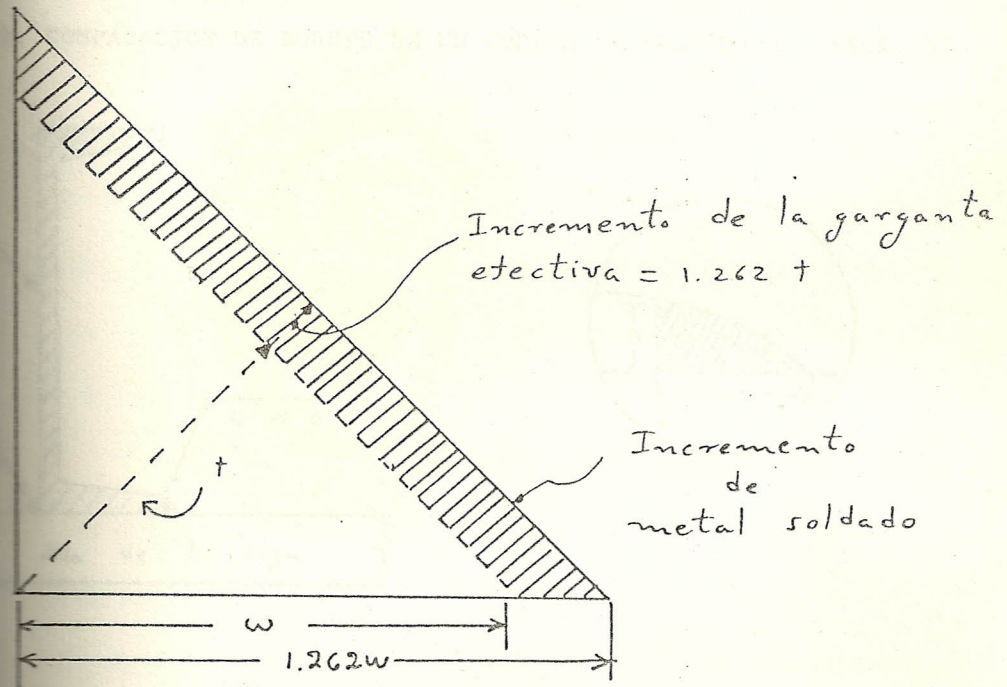


Figura 1,b

FIG. 1 COMPARACION DE INCREMENTO DEL METAL DE APORTACION

(Ref. 3)

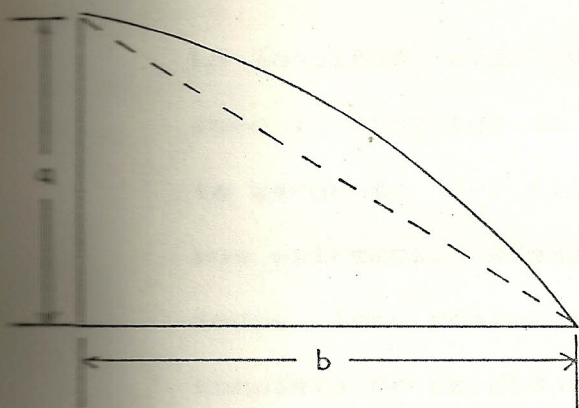


Figura 2,a

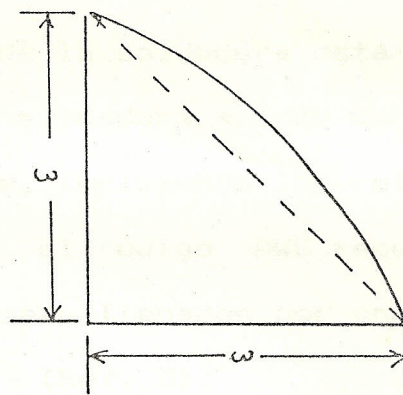


Figura 2,b

FIG. 2. COMPARACION DE BORDES DE UN CORDON DE SOLDADURA (Ref. 3)

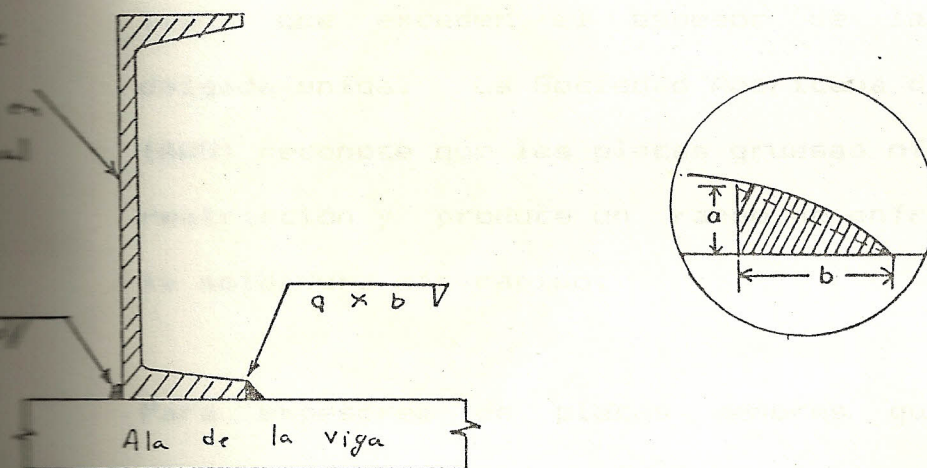

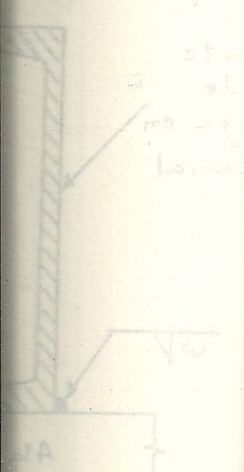


Figura 3

UNION SOLDADA ENTRE UN CANAL Y ALA DE VIGA (Ref. 3)



La longitud efectiva de la soldadura está definida como la longitud de la soldadura a todo lo largo de la garganta del filete, incluyendo los retornos en sus extremos. Además, el código AWS requiere que todos los cráteres sean llenados por una sección completa de soldadura. (Ref. 3).



En uniones conectadas sólo por filetes o cordones soldados el tamaño mínimo de soldadura corresponde a la tabla 1 (Ref. 3). Este está determinado por el espesor de la parte más gruesa unida, pero no tiene que exceder el espesor de la parte más delgada unida. La Sociedad Americana de Soldadura (AWS) reconoce que las placas gruesas ofrecen mayor restricción y produce un rango de enfriamiento de la soldadura más rápido.

Para espesores de placas menores que $1/4$ de pulgada, el tamaño de soldadura efectivo máximo del filete soldado debe ser igual al espesor de la placa.

Visualizando la conexión soldada como una línea simple se puede entender el área soldada como la longitud total del cordón.

TABLA 1

TAMAÑO MINIMO DE SOLDADURA
(AWS)

ESPESOR DE LA PLACA MAS GRUESA DE LA UNION A SOLDAR	MINIMO TAMAÑO DEL FILETE DE SOLDADURA
t	w
hasta 1/2" incl.	3/16"
sobre 1/2" hasta 3/4"	1/4"
sobre 3/4" hasta 1 1/2"	5/16"
sobre 1 1/2" hasta 2 1/4"	3/8"
sobre 2 1/4" hasta 6"	1/2"
sobre 6"	5/8"

Utilizando las fórmulas de diseño estándar:

$$G = \frac{M}{S} \quad (1)$$

donde:

G = esfuerzo flector

M = momento

S = módulo de sección;

la fuerza en la soldadura (f) puede ser encontrada en términos de libras por pulgada lineal de soldadura ($f = \frac{M}{Sw}$).

Normalmente el uso de estas fórmulas de diseño estándar resultan en unidades de esfuerzo (psi); sin embargo, cuando la soldadura es tratada como una línea, estas fórmulas resultan en una fuerza sobre la soldadura en libras por pulgada lineal de soldadura.

Si hay más de una fuerza aplicada a la soldadura, estas son encontradas y combinadas en forma vectorial. Si son dos fuerzas en ángulo recto la resultante está dada por: $f = \sqrt{f_1^2 + f_2^2}$.

El tamaño de soldadura (w) de una unión es obtenida dividiendo la fuerza resultante sobre la soldadura (f), encontrada con el método anterior,

para el esfuerzo permisible (Q_{bar}) del tipo particular de soldadura utilizada (filete o ranura) obtenido del código de la AISC . (Ref. 3).

$$w = \frac{f}{Q_{bar}} \quad (2)$$

1.1.3 INFLUENCIA DEL TAMAÑO DE SOLDADURA EN EL COSTO

La sobresoldadura es uno de los mayores factores que elevan el costo de la soldadura, es decir, a mayor tamaño de la soldadura mayor costo. Por lo tanto, para obtener una disminución del costo se debe en primer lugar determinar el tamaño de soldadura correcto para la unión.

Hay varios métodos que pueden ser usados para estudiar el costo de la soldadura. Un buen método para estimar costos debería dar el costo final rápidamente e indicar que parte de la operación es más cara.

Debido a que el objetivo de este trabajo no es realizar un análisis completo de costos, a continuación se presenta un breve estudio del costo del metal de aportación.

En el Manual de Procedimiento de soldadura de Arco de la Lincoln (Ref. 5), se presentan tablas de las cuales se puede obtener el peso del material de aporte requerido por unidad de longitud en lbs/pie.

Este valor depende en unos casos del tamaño de soldadura y en otros del espesor de la placa y la configuración de la junta.

Estas tablas son utilizadas en la práctica, ya que a más de dar el peso del material requerido proporcionan otros valores de gran interés en el proceso de soldadura, tales como: tipo de electrodos, su diámetro, número de pasadas, corriente utilizada en amperios, velocidad del área en pulgadas mínimas y el tiempo total del trabajo en horas por pie de soldadura.

El valor del peso del electrodo requerido por unidad de longitud se lo multiplica por la longitud total en pies de la soldadura, obteniéndose el peso total. Con este valor y con el precio de una libra de electrodos se determina el costo total del material de aportación requerido en el proceso.

Muy pocas personas se dan cuenta del gran incremento en metal de aportación y costos que resulta de un leve incremento en el tamaño de soldadura.

El área de la sección transversal de una soldadura generalmente varía como el cuadrado del tamaño de soldadura (Ref. 3). Por ejemplo, realizar un filete con tamaño de soldadura de $5/16$ de pulgada cuando se requiere de sólo $1/4$ de pulgada, esto incrementa el tamaño de la soldadura en un 25%; mientras que el área es incrementada en un 56%.

Un leve incremento en la abertura de la raíz del cordón aumenta en gran medida la cantidad de metal de aportación para el espesor y longitud total de la soldadura.

Los diseñadores frecuentemente tienen que calcular el peso del metal de aportación requerido para un determinado trabajo, como una manera de estimar costos o determinar la cantidad de material (electrodos) a ser ordenado para realizar el trabajo. Varias veces este cálculo esta basado en el tamaño y configuración de la junta.

1.2 TIPOS DE UNIONES SOLDADAS VIGA-COLUMNA

Las especificaciones AISC, permiten tres tipos de diseños de conexión soldada viga-columna; las cuales se clasifican de acuerdo con sus características de rotación en flexibles, semirígidas y rígidas.

1.2.1 UNIONES FLEXIBLES

Las conexiones flexibles tienen ángulos de rotación grandes y transmiten momentos despreciables (figura 4,a); las deformaciones y los momentos en las vigas con conexiones flexibles se toman como las de vigas idealizadas libremente apoyadas.

La conexión se la diseña para transmitir solamente la reacción cortante vertical, asumiendo que no hay momento flector presente en la conexión. Sin embargo la viga simplemente apoyada, bajo carga, se deflejará causando una leve rotación en sus extremos. La conexión debe ser diseñada para rotar la cantidad sin fracturarse y flexar lo suficiente para absorber el momento en el extremo de la viga.

Para conseguir una unión flexible, también se utiliza una placa superior, en este caso el extremo de la placa es biselada y soldada a tope con la

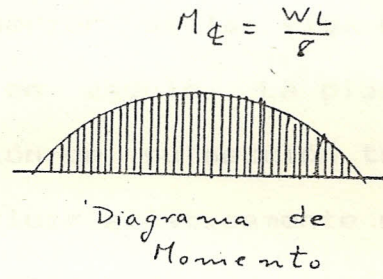
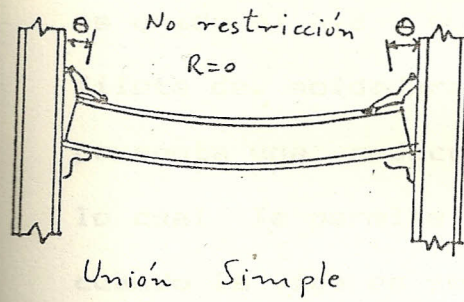


Figura 4,a

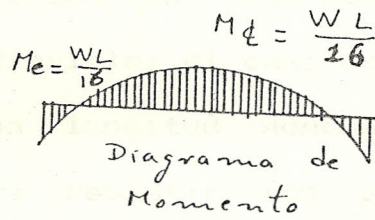
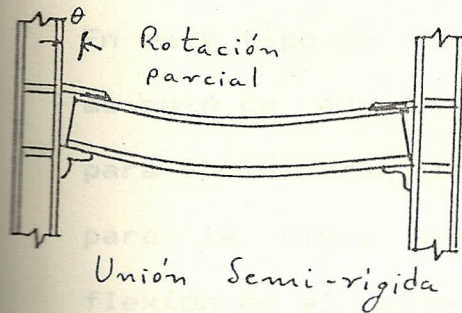


Figura 4,b

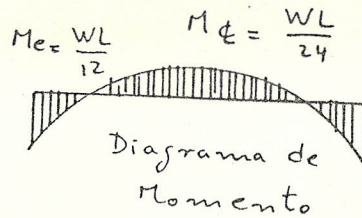
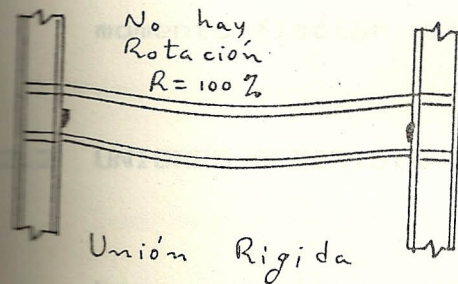


Figura 4,c

Fig. 4. TIPOS DE UNIONES SOLDADAS (Ref. 3)

columna mientras que el otro extremo de la misma, es unido al ala superior de la viga mediante un filete de soldadura en ángulo. La placa superior presenta una reducción de su sección transversal, lo cual le permite fluir elásticamente sin fallar, cuando la viga es sobrecargada.

En este tipo de conexión, la viga descansa en un asiento de ángulo flexible; el cual debe diseñarse para suministrar una longitud adecuada de apoyo para la viga, para resistir con seguridad la flexión en el talón del ángulo y para proporcionar una soldadura que resista el cortante directo y el momento flector producidos por la reacción.

1.2.2 UNIONES SEMIRIGIDAS

Las conexiones semirígidas permiten un poco de rotación en los extremos, pero al hacerlo transmiten considerables momentos de extremos (figura 4,b).

La ventaja de una viga simplemente apoyada es que su mayor momento se encuentra localizado en la parte central de la viga, teniendo un valor de $M = \frac{1}{8} w l^2$ si está cargada uniformemente, en donde:

w = carga distribuida

l = longitud de la viga

Si a la conexión en los extremos se le dá un grado de rigidez se reduce el momento de la parte central de la viga, con un correspondiente incremento en el momento en los extremos. La reducción del momento en el centro es sumada al momento de extremo.

La rigidez de la conexión se define a menudo como el porcentaje del momento resultante en el extremo, con respecto al momento de empotramiento (Ref. 3).

La utilización de conexiones semirígidas permiten una redistribución de momentos en el marco, lo cual resulta a menudo en una reducción de los valores de los momentos máximos y en secciones más ligeras para las vigas.

La conexión semirígida también utiliza un asiento de ángulo flexible para soportar la viga. La diferencia con la conexión flexible está en que la conexión semirígida utiliza una placa superior de diferentes características; lo cual le permite una cierta restricción en la rotación de los extremos de la viga.

1.2.3 UNIONES RIGIDAS

Una conexión completamente rígida no permite, teóricamente, ninguna rotación entre la viga y la columna, y transmite momentos de extremos de gran magnitud: $M_E = \frac{1}{12} w l^2$.

Este tipo de unión se consigue soldando directamente las alas de la viga al soporte rígido o ala de la columna (figura 4,c).

La conexión debe tener suficiente rigidez para mantener virtualmente invariable el ángulo original entre los miembros conectados.

Una disminución en la rigidez ocurrirá si las alas de las columnas son muy delgadas o si no se utilizan rigidizadores entre las alas de las columnas en línea con las alas de la viga.

En las secciones siguientes se analizará el diseño de las uniones flexibles y semirígidas, para lo cual se cuenta con un programa computacional.

1.3 DISEÑO DE UNIONES FLEXIBLES

A continuación se presenta el diseño de uniones flexibles para lo cual se analiza el asiento de ángulo flexible y la placa de conexión superior con resistencia al viento.

1.3.1 ASIENTO DE ANGULO FLEXIBLE

El asiento de ángulo flexible se lo diseña en base a las siguientes consideraciones: de carga, de esfuerzos y dimensiones del ángulo.

1.3.1.1 CONSIDERACIONES DE CARGA

Las conexiones de asiento de ángulo flexible para vigas facilitan el montaje y son adecuadas para reacciones moderadas en los extremos. El asiento se suelda usualmente a la columna en el taller y la viga se suelda al asiento en el campo, al efectuar el montaje.

Cuando se diseña un asiento de ángulo flexible es importante saber, como este se encuentra cargado y como reacciona a dicha carga. El ala horizontal del ángulo, está sujeta a esfuerzos de

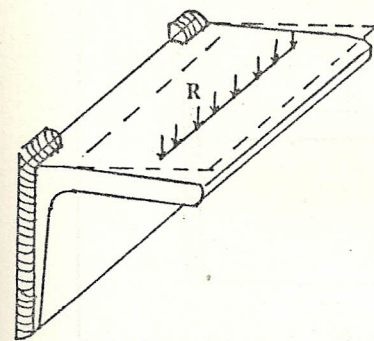
flexión y por lo tanto, se deflechará hacia abajo (figura 5,a).

Debido a la reacción vertical (R), la conexión soldada del ángulo está sometida a un cortante directo (figura 5,b) y a fuerzas flectoras (figura 5,c).

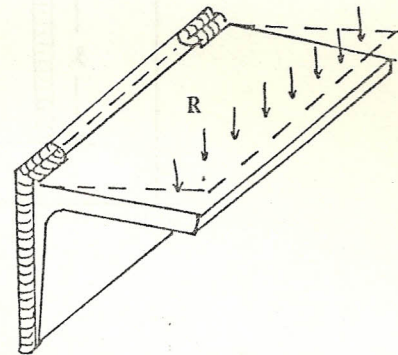
Si el espesor del asiento del ángulo es muy delgado, la conexión soldada superior tiende a romperse; porque sólo esta porción de la soldadura resiste la acción de flexión (figura 5,d). Si se tiene espesores de ángulos más gruesos, la longitud total de la conexión soldada puede soportar la carga de flexión.

Los dos filetes de soldadura vertical deben ser enganchados en la parte superior del ángulo (figura 6), una distancia de aproximadamente dos veces el tamaño de soldadura del filete o 1/2 pulgada, previniendo que el ancho del ala de la columna sea mayor que el ancho del asiento del ángulo.

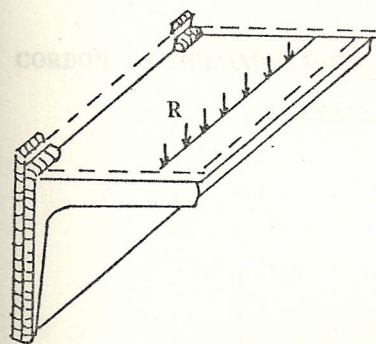
El filete horizontal en la parte superior del ángulo incrementa grandemente su resistencia a las fuerzas flectoras.



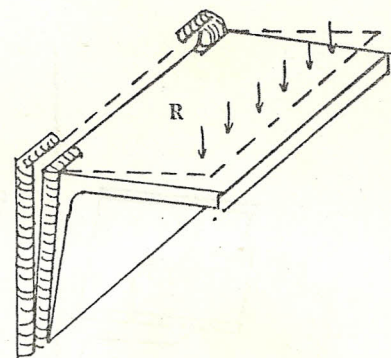
(a)



(d)



(b)



(c)

Figura 5

ASIENTO DE ANGULO FLEXIBLE (Ref.3)

retorno de cordón mínimo = $2 \times W_s$

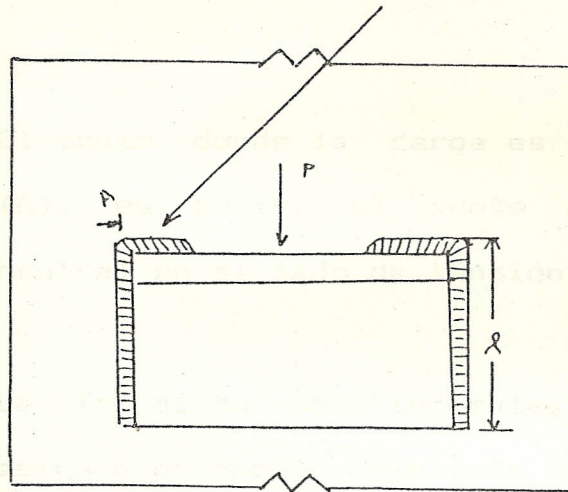


Figura 6

CORDON DE SOLDADURA EN EL ASIENTO DE ANGULO
FLEXIBLE (Ref. 3)

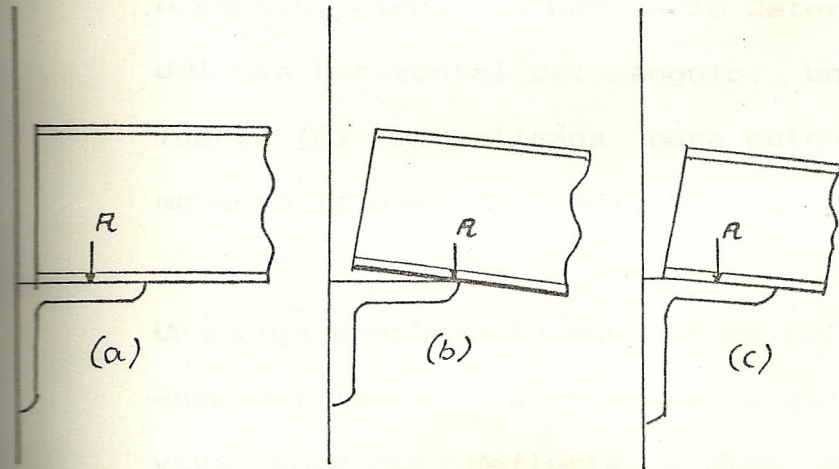


Figura 7

PUNTO DE APLICACION DE LA REACCION (R) (Ref. 3)

El punto donde la carga es crítica es el punto (A); es decir, el punto más lejano del eje neutral en el lado de tensión.

De lo dicho anteriormente, se establece que el asiento de ángulo flexible debe diseñarse para suministrar una longitud adecuada de apoyo para la viga, para resistir con seguridad la flexión en el talón del ángulo y para proporcionar una soldadura que resista con seguridad el cortante directo y el momento producido por la reacción.

A continuación, es necesario determinar el punto del ala horizontal del ángulo; en el cual, la fuerza (R) es aplicada para obtener el brazo de momento (figura 7). (Ref. 3).

Una viga simplemente apoyada es colocada sobre el ángulo (figura 7,a). Debido a la carga sobre la viga esta se deflece y sus extremos rotan (figura 7,b). Consecuentemente el punto de contacto de la reacción (R) tiende a moverse hacia afuera del ángulo. Este incremento en el brazo de momento incrementa el momento flector sobre el asiento causando que el ala horizontal se deflece hacia abajo.

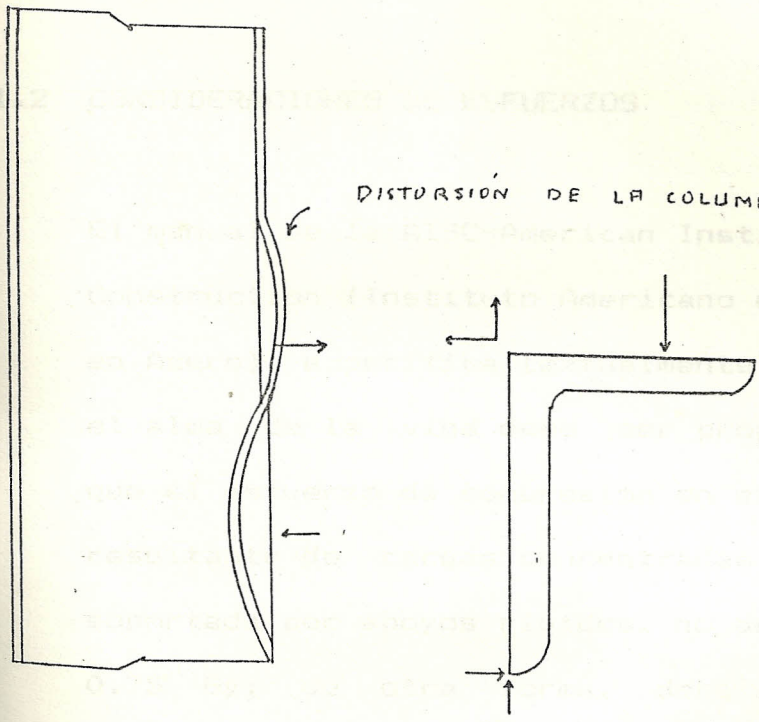
Como el ala deflecionada toma la misma forma de la viga, el punto de contacto se mueve hacia atrás (figura 7,c). Si el ala del ángulo fue construida más gruesa, ésta se defleccará menos.

Consecuentemente el punto de contacto podría extenderse más hacia afuera a lo largo del ala, incrementando de este modo el momento flector.

Si el ala del ángulo fue construida muy delgada, ésta podría defleccarse muy fácilmente y el punto de contacto podría trasladarse al extremo de la viga no produciendo de éste modo suficiente longitud de contacto para proporcionar soporte al alma de la viga.

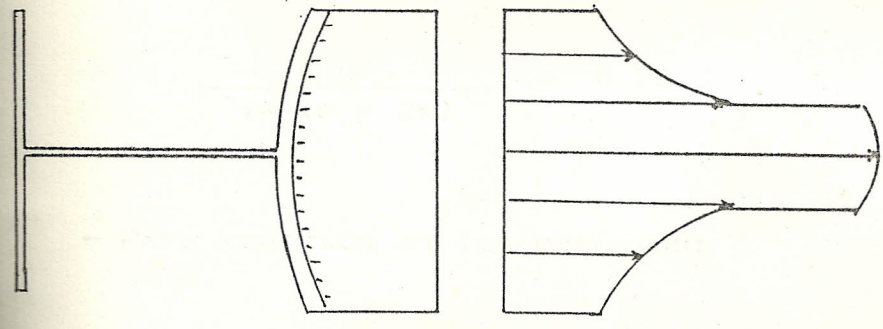
Para obtener una conexión flexible, la fijación del asiento a la columna debe hacerse a lo largo de los lados verticales del ángulo (figura 6) y no en la parte superior e inferior. La conexión en estas últimas tiende a distorsionar los patines de la columna y ocasiona grandes concentraciones de esfuerzos y posibles fallas de soldadura superiores cerca del alma de la columna (figura 8).

1.3.1.2 DISTRIBUCIÓN DE ESFUERZOS EN LOS FUERZOS



DISTORSIÓN DE LA COLUMNA

- Para cargas interiores:



DISTRIBUCIÓN DE ESFUERZOS EN LA SOLDADURA SUPERIOR

DISTORSION DE LA COLUMNA (Ref. 3)
Figura 8

1.3.1.2 CONSIDERACIONES DE ESFUERZOS

El manual de la AISC-American Institute of Steel Construction (Instituto Americano de Construcción en Acero), especifica textualmente lo siguiente: el alma de la viga debe ser proporcionada para que el esfuerzo de compresión en el pie del alma, resultante de cargas concentradas en una viga no soportada por apoyos rígidos, no debe exceder de 0.75 Gy; de otra forma, debe ser provista de apoyos rígidos. Las fórmulas que gobiernan esto son: (Ref. 4).

- Para cargas interiores:

$$\frac{R}{tw (N + 2K)} \leq 0.75 Gy \quad (3)$$

- Para reacción en los extremos:

$$\frac{R}{tw (N + K)} \leq 0.75 Gy \quad (4)$$

donde:

R = carga concentrada o reacción, Klbs/plg².

tw = espesor del alma, plg.

N = longitud de apoyo (no menor que K para reacción en los extremos), plg.

K = distancia desde la cara exterior del ala hasta el pie del alma de la viga, plg.

G_y = esfuerzo de fluencia, Klbs/plg².

Esto significa que la sección del alma de la viga ($N + K$), puede ser comprimida hasta $0.75 G_y$; es decir, 0.75 de la resistencia a la fluencia de la viga. Este plano descansa en el extremo superior del filete del alma de la viga, a una altura K (figura 9). Este puede ser proyectado a 45 grados hacia la base del ala de la viga para obtener la longitud mínima de apoyo (N). Se asume que la reacción (R) se encuentra concentrada en la mitad de dicha longitud (N). (Ref. 3).

2.3.1.3 DIMENSIONES DEL ANGULO

El Manual de la AISC recomienda el siguiente método para obtener las dimensiones requeridas del asiento de ángulo flexible. El punto de aplicación del momento flector crítico, que se encuentra en el ala horizontal del ángulo, está localizado a $3/8$ de pulgada desde la cara

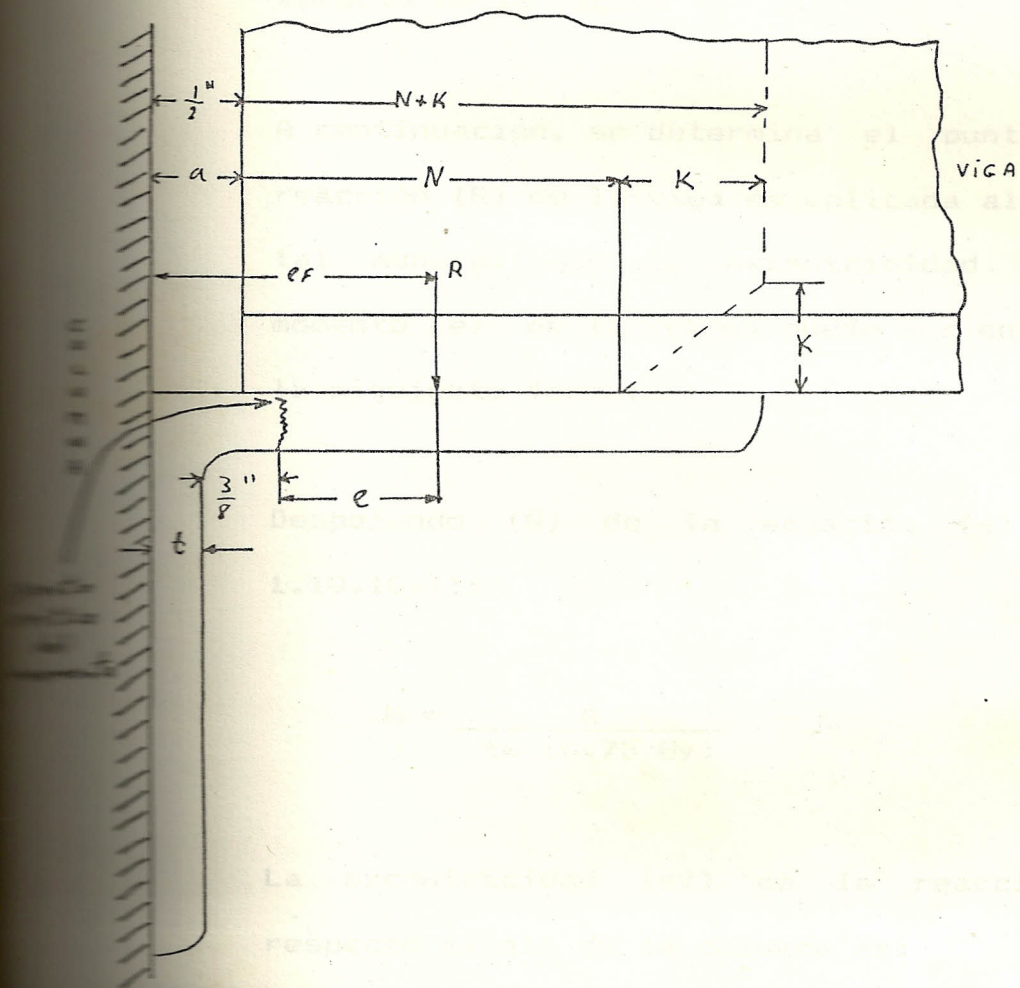


Figura 9

DIMENSIONES CARACTERISTICAS PARA EL DISEÑO
DEL ANGULO (Ref. 3)

interior del ala vertical del ángulo, como se aprecia en la figura 9. (Ref. 3).

A continuación, se determina el punto donde la reacción (R) de la viga es aplicada al ángulo; de tal manera, que la excentricidad o brazo de momento (e) de la carga puede ser encontrado de la siguiente forma:

Despejando (N) de la ecuación (4) AISC (Sec 1.10.10.1):

$$N = \frac{R}{tw (0.75 Gy)} - K \quad (5)$$

La excentricidad (ef) de la reacción (R) con respecto al ala de la columna es:

$$ef = a + \frac{N}{2} \quad (6)$$

donde:

a = separación entre la viga y la columna, plg.

Finalmente, en la figura 9, se observa que la excentricidad (e) está dada por:

$$e = e_f - t - 3/8 \quad (7)$$

donde:

t = espesor del ángulo.

El valor (ef) se lo puede obtener también por un método gráfico, mediante la utilización del nomograma # 1 (figura 10) para aceros A 36 (resistencia a la fluencia, $G_y = 36$ ksi).

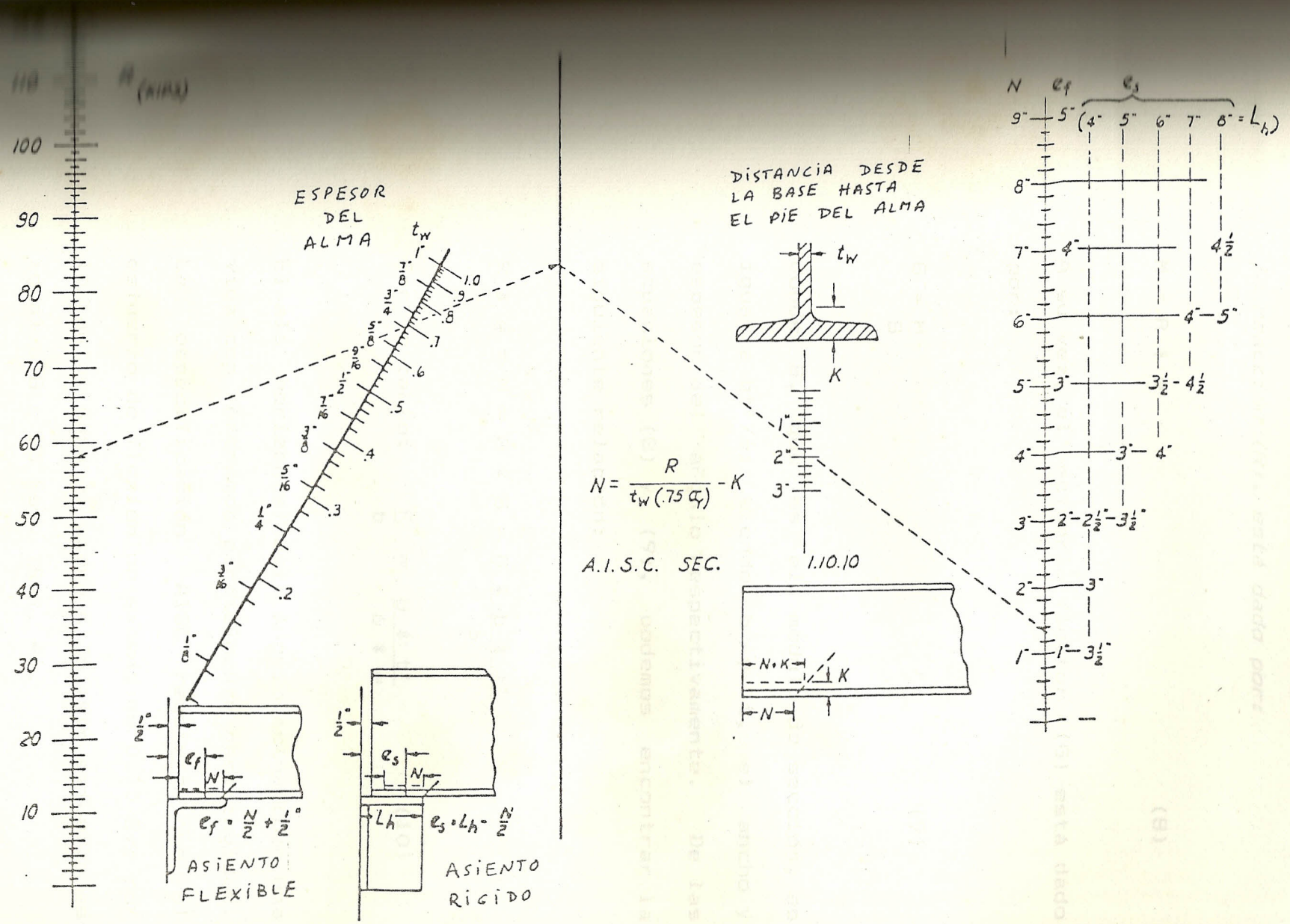
Los valores conocidos necesarios para usar el nomograma # 1 son: la reacción (R) en Klbs; el espesor del alma de la viga (t_w), en pulgadas; y la distancia desde la base del ala de la viga hasta el extremo del filete del alma de la viga (K) también en pulgadas y obtenida el manual de la AISC.

Las dimensiones características del ángulo son 3:

a) Espesor del Angulo:

El espesor requerido del ángulo se lo determina para proveer suficiente resistencia a la flexión debida a la reacción (R) de la viga.

1 PARA DETERMINAR EXCENRICIDAD (e_f) de la reaccion (R)
 Figura 10 (Ref. 3)



El momento (M) en el punto crítico, debido a la reacción (R), está dado por:

$$M = R * e \quad (8)$$

A su vez, el esfuerzo flector (G) está dado por:

$$G = \frac{M}{S} \quad (9)$$

donde S, que es el módulo de sección, es igual a $bt^2/6$; siendo b y t, el ancho y espesor del ángulo respectivamente. De las ecuaciones (8) y (9), podemos encontrar la siguiente relación:

$$R * e = M = G * S = \frac{G * b * t^2}{6}$$

$$\text{Por lo tanto: } \frac{R}{b} = \frac{G * t^2}{6 * e} \quad (10)$$

El ala horizontal del ángulo actúa como una viga con extremos parcialmente restringidos. La especificación AISC requiere que el esfuerzo de flexión no exceda de 0.75 Gy; por lo tanto, para el acero A 36 este esfuerzo es igual a $G = 26 \text{ ksi}$. (Ref. 4).

Reemplazando el valor de (G) y el valor de (e) de la ecuación (7) en la ecuación (10), tenemos que:

$$\frac{R}{b} = \frac{(4 + 1/3) * t^2}{ef - t - 3/8} \quad (11)$$

Resolviendo para (t):

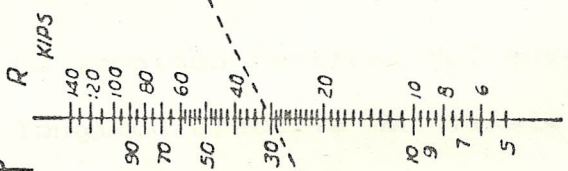
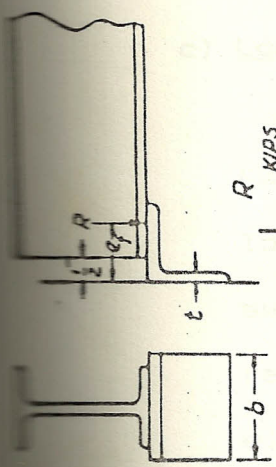
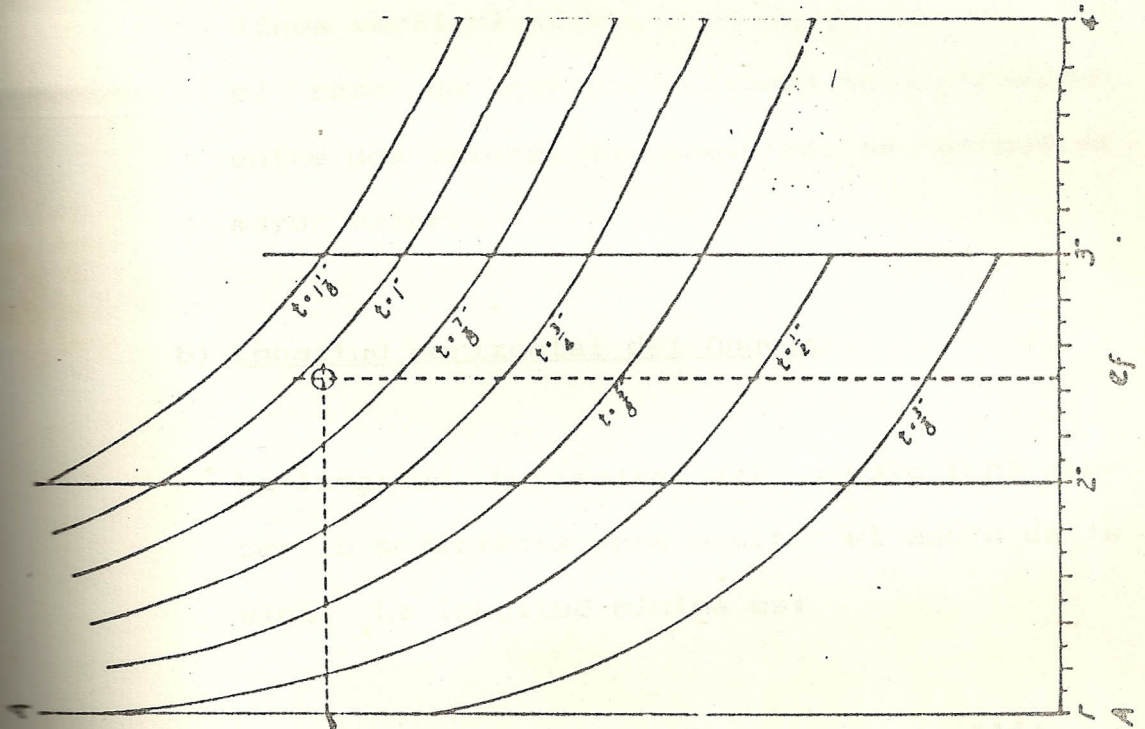
$$t = 0.25 A^2 + A(ef - 3/8) - 0.5 A \quad (12)$$

$$\text{donde: } A = \frac{R}{(4 + 1/3) * b} \quad (13)$$

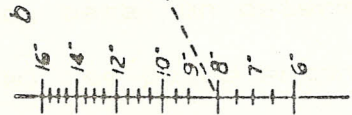
Conociendo los valores de (A) y (ef), el espesor del ángulo puede ser determinado de la ecuación (12).

El espesor del ángulo también se lo puede encontrar utilizando el nomograma # 2 (figura 11). Este nomograma se basa en la ecuación (11) para encontrar el valor del espesor (t) del ángulo. El ancho del ángulo es conocido, puesto que usualmente se lo prolonga 1/2 pulgada a cada lado del ala de la viga. (Ref.3).

Una línea es trazada desde este valor de (b) a través del valor (R) hasta el eje vertical



ANCHO DEL ASIENTO DE ANGULO



$$R = \frac{4\frac{1}{3} t^2}{b ef - t - \frac{3}{8}}$$

2 PARA DETERMINAR ESPESOR DEL ANGULO

(Ref. 3)

Figura 11

A-A. El espesor (t) requerido del ángulo es encontrado en la intersección de la línea horizontal trazada desde el eje A-A y una línea vertical dada por el valor de ef . En el caso de que estas líneas se intersecten entre dos valores de espesores, se escoge el mayor valor.

b) Longitud Horizontal del Angulo

La longitud horizontal del ángulo (L_h) debe ser lo suficiente para permitir el apoyo de la viga. La longitud mínima es:

$$L_h = a + N \quad (14)$$

c) Longitud Vertical del Angulo

La longitud vertical del ángulo es igual a la longitud efectiva del filete soldado; pero a su vez, esta longitud efectiva está relacionada con el tamaño de soldadura (w) en el área efectiva de la garganta del cordón. Por lo tanto, para un determinado tamaño de soldadura (w) se puede encontrar la longitud vertical del ángulo (L_v) o viceversa.

El programa de computación en este trabajo utiliza el valor de la longitud vertical del ángulo para determinar el tamaño de soldadura que tendrá el filete.

Para conseguir esto, el programa se basa en las fórmulas estándar de diseño para el cálculo de esfuerzo flector y cortante; además, se considera al cordón de soldadura como una línea simple; consiguiéndose de esta manera que las unidades estén dadas en fuerza por unidad de longitud:

$$f_r = \frac{M}{S} \quad (15)$$

$$f_r = \frac{R * e_r}{S} \quad (16)$$

$$f_r = \frac{3 * R * e_r}{Lv^2} \quad \text{(fuerza por unidad de longitud que produce el flector)} \quad (17)$$

$$f_v = \frac{R}{2Lv} \quad \text{(fuerza por unidad de longitud que produce el cortante)} \quad (18)$$

La fuerza resultante (f) está dada por:

$$f = \sqrt{f_v^2 + f_r^2} \quad (19)$$

$$f = \sqrt{\left(\frac{R}{2Lv}\right)^2 + \left(\frac{3 * R * e_r}{Lv^2}\right)^2} \quad (20)$$

$$f = \frac{R}{2Lv} \sqrt{1 + \left(\frac{6 e_r}{Lv} \right)^2} \quad (21)$$

El esfuerzo permisible ($Qbar$) de la soldadura que depende del tipo de soldadura utilizada (filete o ranura) está dado por el código de la AISC dependiendo de su aplicación: (Ref.1).

$$\text{Para edificio: } Qbar = 0.3 \text{ fue } 0.707 \quad (22)$$

$$\text{Para puente: } Qbar = 0.27 \text{ fue } 0.707 \quad (23)$$

donde: fue = resistencia última del electrodo con que se suelda la placa, en Klbs/plg².

Finalmente el tamaño de soldadura, que depende de la longitud vertical del ángulo, se lo encuentra dividiendo la fuerza resultante para el esfuerzo permisible en la soldadura. (Ref. 3).

$$w = \frac{f}{Qbar} \quad (24)$$

1.3.2 PLACA DE CONEXION SUPERIOR CON RESISTENCIA AL VIENTO

Una placa de conexión superior es diseñada para ser esforzada a su fluencia lo cual producirá una conexión flexible, útil para vigas simples y fácilmente adaptada para soportar el momento adicional debido al viento.

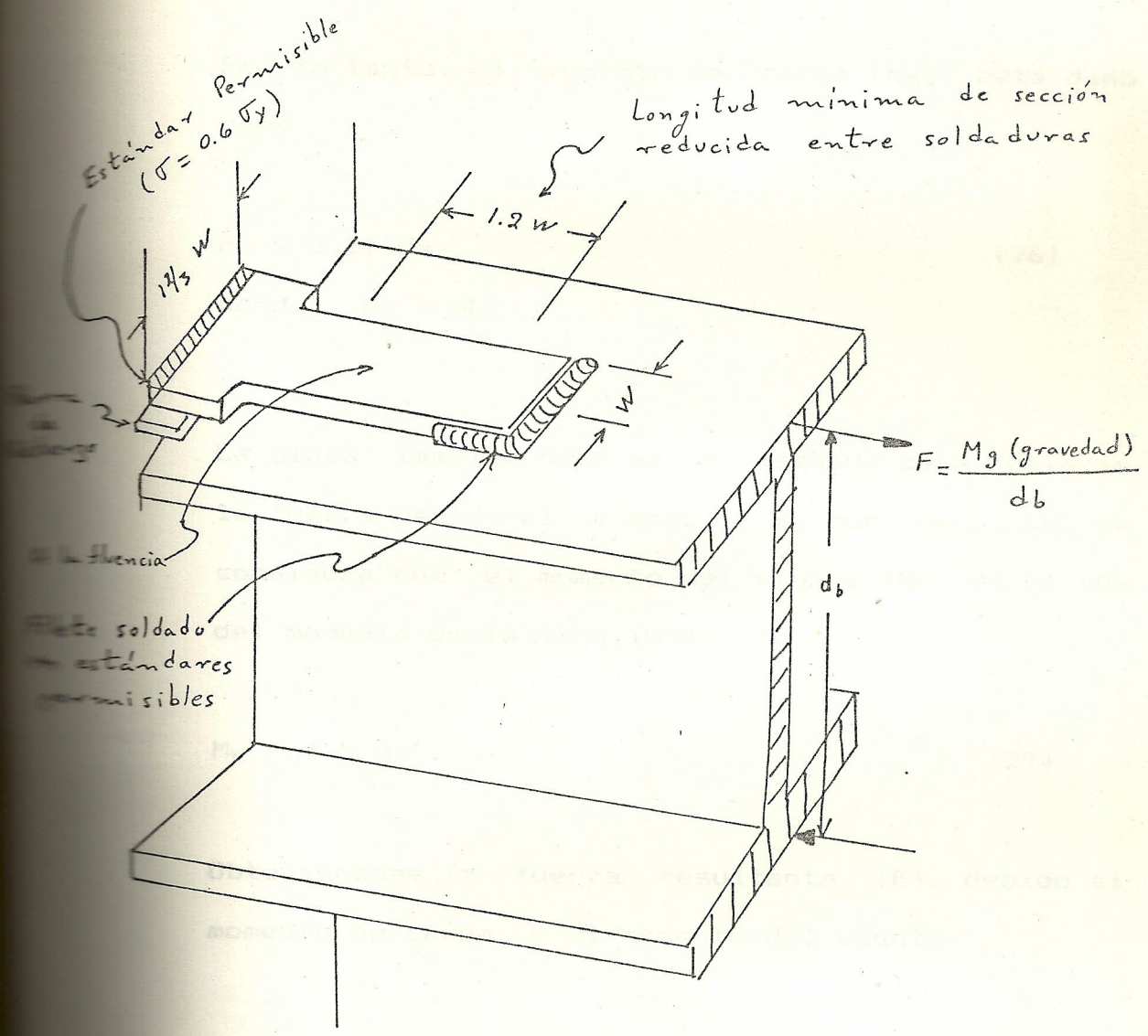
La placa debe ser capaz de fluir plásticamente una distancia equivalente al movimiento del extremo del ala superior de la viga a medida que ésta rota bajo carga, si la conexión no ofrece acción restrictiva.

Cualquier ensanchamiento de la placa para la conexión soldada a tope con la columna debe ser realizado con una suave transición en su ancho.

En la figura 12, el extremo de la placa de conexión superior es biselado y soldado en ranura directamente a la columna. La ranura soldada y la placa adyacente están diseñadas para resistir un 25% del momento de la viga (M_x) utilizando el esfuerzo de flexión estándar permisible (G), que para este tipo de conexión está dado por: (Ref. 1).

$$G = 0,6 G_y$$

(25)



PLACA DE CONEXION SUPERIOR CON RESISTENCIA AL VIENTO (Ref. 3)
Figura 12

Por lo tanto, el momento de carga (M_c) está dado por:

$$M_c = 0.25 M_x \quad (26)$$

donde: $M_x = \frac{wL^2}{8}$

La placa también debe estar diseñada para resistir la fuerza debido al viento. Es por esto, que se considera que el momento del viento (M_w) es el 50% del momento de la viga (Ref. 1).

$$M_w = 0.5 M_x \quad (27)$$

Obteniéndose la fuerza resultante (F) debido al momento de carga y al momento del viento.

$$F = \frac{M_c + M_w}{db} \quad (28)$$

donde:

db = altura de la viga, plg.

El código de la AISC en su sección 1.5.6, recomienda que el diseño de la placa superior con resistencia al viento se lo realice con un incremento de 1/3 en el valor de los esfuerzos estándares permisibles. (Ref. 4).

Para determinar las dimensiones de la placa es necesario primero encontrar el área mínima (A_m) de la misma; la cual está basada en este incremento de $1/3$ del esfuerzo permisible:

$$A_m = \frac{F}{(1 + 1/3) (0.6) G_p} \quad (29)$$

donde:

G_p = esfuerzo de fluencia de la placa, Klbs/plg².

Este incremento de $1/3$ también es aplicado a la soldadura (AISC Sec 1.5.3-1.5.6) para determinar su esfuerzo permisible (L_w). (Ref. 4)

$$L_w = (1 + 1/3) (0.3) f_{ue} \quad (30)$$

donde: f_{ue} = resistencia última del electrodo
con que se suelda la placa,
Klbs/plg².

El área real de la placa (A_P) está dada por:

$$A_P = W_P * T_P \quad (31)$$

donde:

W_P = ancho de la placa, plg.

T_P = espesor de la placa, plg.

Asumiendo la misma consideración de error para las áreas (real y mínima) y el mismo análisis para el cálculo de la longitud soldada de la placa que en el caso semirígido (ver sección 1.4.2), se determina que la longitud mínima (A_w) soldada de la placa a la viga (con el incremento de 1/3) está dada por: (Ref. 1).

$$A_w = \frac{\frac{F}{L_w * W_s * 0.707} - W_p}{2} \quad (32)$$

donde:

W_s = tamaño de soldadura de la placa que se asume igual a T_p , plg.

Justo después de la soldadura de ranura a tope con la columna, la placa es reducida en su sección de tal manera que la misma carga va a producir un esfuerzo de fluencia localizado.

La longitud de esta sección reducida (PL) debe ser por lo menos 1.2 veces su ancho (W_p) para asegurar una fluencia dúctil; mientras que el ancho (W_c) de la sección soldada a tope con la columna está dada por: (Ref. 1).

$$W_c = 1.25 W_p \quad (33)$$

A continuación se calcula el esfuerzo que resiste la placa en sus dos secciones:

$$S_P = \frac{F}{A_P} \quad (34)$$

$$S_C = \frac{F}{1.25 A_P} \quad (35)$$

Si el esfuerzo que resiste la placa en su sección más angosta (S_P) es menor o igual que el esfuerzo que resiste la soldadura (L_w), ésto indica que no es necesario incrementar en su ancho la placa; es decir:

$$W_c = W_P$$

Pero en el caso de que este esfuerzo sea mayor habría que chequear si el esfuerzo que resiste la placa en su sección mayor (S_C) es menor o igual que L_w .

2.4 DISCRO D'AMORCES D'INTERIORS

Si lo fuera, se asume que $W_c = 1.25 W_P$ (Ref. 1); en caso contrario, se calcula el valor de W_c en base a los esfuerzos tanto el que resiste la placa en su sección menor (S_P) como el que resiste la soldadura (L_w), ésto es:

$$W_c = \frac{S_p}{L_w} * W_p \quad (36)$$

Finalmente, la longitud total de la placa (TL) está dada por la suma de la longitud no soldada de la sección reducida ($PL = 1.2 W_p$) y la longitud mínima soldada (A_w) de la placa:

$$TL = PL + A_w \quad (37)$$

Para determinar el tamaño de soldadura de la placa (W_s); que generalmente se asume igual al espesor de la placa (T_p), se recomienda que se cumpla con la condición de que el espesor de la placa sea mayor o igual que $1/24$ de la longitud no soldada (Ref. 1); es decir:

$$T_p \geq \frac{PL}{24} \quad (38)$$

2.4 DISEÑO DE UNIONES SEMIRÍGIDAS

El diseño de uniones semirígidas se lo realiza tomando en consideración el asiento de ángulo flexible y la placa superior para conexiones semirígidas.

1.4.1 ASIENTO DE ANGULO FLEXIBLE

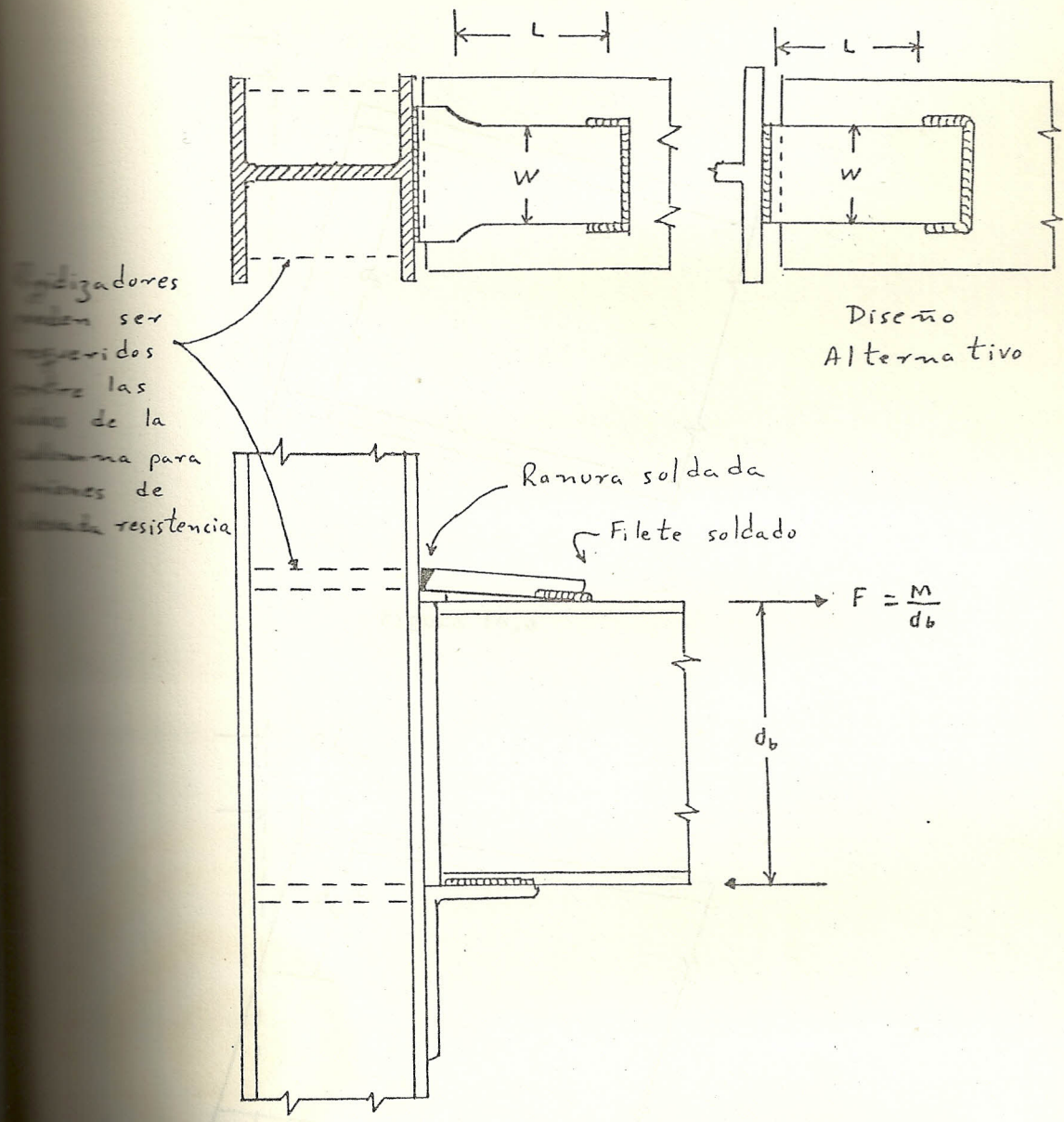
Para el diseño de una unión semirígida se utiliza el mismo asiento de ángulo flexible que se diseñó para la unión flexible (ver sección 1.3.1). Lo que varía en este caso es el diseño de la placa superior que se analiza en la siguiente sección.

1.4.2 PLACA SUPERIOR PARA CONEXIONES SEMIRIGIDAS

Para conseguir una conexión semirígida se utiliza una placa superior la cual es diseñada para trabajar sólo bajo su punto de fluencia. La porción reducida de la placa requiere tener una longitud (L) suficiente para permitir la elongación elástica de la misma y así poder dar la cantidad adecuada de rotación a la unión (figura 13).

El análisis de este tipo de conexión requiere localizar el centro de rotación de la viga; el cual depende de la rigidez relativa de la parte superior e inferior de la conexión. (Ref. 3).

Para el tipo más flexible de conexión semirígida, la rotación ocurrirá justo en el punto inferior de la viga (figura 14,a); mientras que para el tipo más rígido de esta conexión, la rotación ocurrirá



PLACA SUPERIOR PARA CONEXIONES SEMI-RIGIDAS (Ref. 3)
 Figura 13

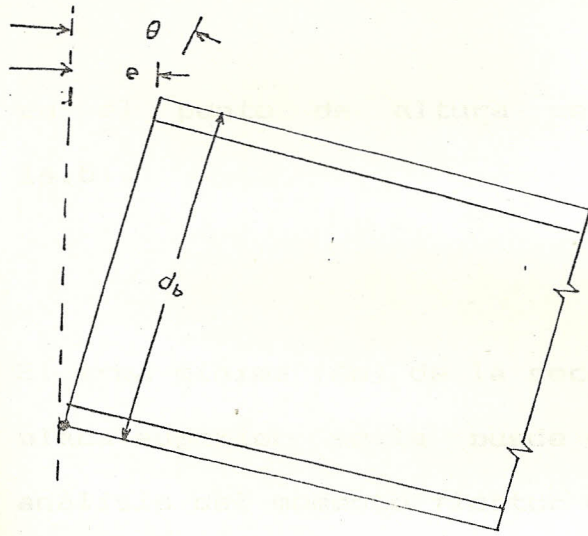


Figura 14,a

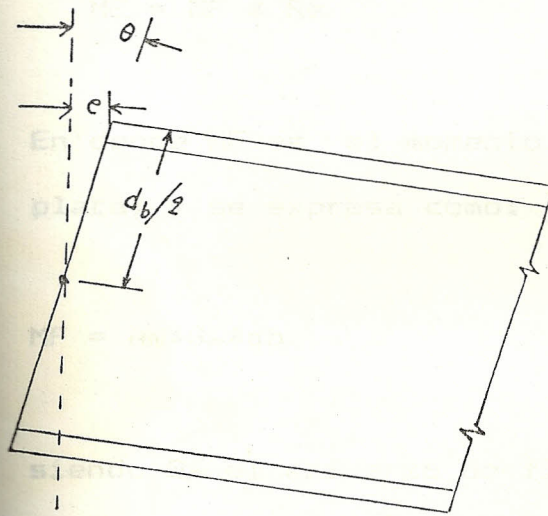


Figura 14,b

14. CENTRO DE ROTACION DE LA VIGA (Ref. 3)

Am = ...
 mientras que el área ...
 transverse ...
 $A_p = W_p \dots$

en el punto de altura media de la viga (figura 14,b).

El área mínima (A_m) de la sección transversal de la placa superior se la puede determinar en base al análisis del momento flector de la conexión (ME); el cual depende de la rigidez (R_s) de la misma; es decir:

$$ME = MF * R_s \quad (39)$$

En donde MF es el momento flector que resiste la placa; y se expresa como:

$$MF = A_m * G_p * db \quad (40)$$

siendo G_p el esfuerzo de flexión; el cual, según la especificación AISC (Sec. 1.5.1) para este tipo de conexión está dado por: $G_p = 0.6 G_y$. (Ref. 4).

Por lo tanto se deduce que:

$$A_m = \frac{ME}{0.6 * G_y * db} \quad (41)$$

mientras que el área real (A_p) de la sección transversal de la placa está dada por:

$$A_p = W_p * T_p \quad (42)$$

El valor absoluto de la diferencia entre el área real (A_P) y el área mínima (A_m) debe ser menor o igual que el 5% del área mínima; con lo cual se consigue que el área real cumpla las condiciones de seguridad suficientes para resistir el esfuerzo que produce la carga en la viga.

$$\text{Matemáticamente: } | W_P * T_P - A_m | \leq 0,05 A_m \quad (43)$$

El extremo de la placa superior es biselado y soldado a tope, con penetración completa, con la columna; mientras que el otro extremo es unido al ala superior de la viga mediante un filete de soldadura en ángulo.

El esfuerzo permisible (L_w) para esta soldadura, está dado por la especificación AISC (Sec. 1.5.3): (Ref. 4).

$$L_w = 0.3 \text{ fue} \quad (44)$$

donde: fue = resistencia última del electrodo con que se suelda la placa, en Klbs/plg².

El extremo de la placa soldado a la viga tiene dos retornos continuos de filetes de soldadura. Si se

analiza el esfuerzo cortante que resiste la soldadura en este extremo, basado en el esfuerzo permisible (L_w), se puede determinar la mínima longitud de filete soldado (A_w) que debe tener el retorno de soldadura por cada lado de la placa.

$$L_w = \frac{F}{A_s} \quad (45)$$

$$A_s = 0.707 * W_s * T_w \quad (46)$$

$$L_w = \frac{F}{0.707 * W_s * T_w}$$

$$T_w = \frac{F}{0.707 * L_w * W_s} \quad (47)$$

donde: $F =$ fuerza dada por el momento flector = $\frac{MF}{db}$

$A_s =$ área del cortante, plg^2 .

$W_s =$ tamaño de soldadura del filete, plg .

$T_w =$ longitud total del filete soldado,,
 plg .

$$\text{Por lo tanto: } T_w = 2 A_w + W_p \quad (48)$$

$$A_w = \frac{T_w - W_p}{2}$$

reemplazando:

$$A_w = \frac{\frac{F}{0.707 * W_s * L_w} - W_p}{2} \quad (49)$$

Si A_w es menor que 0.5 pulgadas se considera que $A_w = 0.5$ pulgadas, que es la longitud mínima; en caso contrario, si fuera mayor, se redondea el valor al múltiplo de 0.5 pulgadas mayor.

Como se dijo anteriormente, la placa superior presenta una reducción en su sección transversal para permitir su elongación elástica. La parte más ancha de la placa (W_c) se la diseña 1/4 más largo que el ancho de la placa (W_p) (Ref. 3), es decir:

$$W_c = 1.25 W_p \quad (50)$$

Este ensanchamiento de la sección transversal de la placa se lo utiliza para reducir los esfuerzos en la soldadura a tope entre la placa superior y la columna.

El esfuerzo (S_c) en esta sección ensanchada está dado por:

$$S_c = \frac{F}{W_c * T_p} \quad (51)$$

donde: T_p es el espesor de la placa.

Si este esfuerzo (S_c) es mayor que el esfuerzo permisible en la soldadura (L_w), la conexión fallará; por lo tanto se debe recalcular el ensanchamiento (W_c) en base al esfuerzo (L_w).

$$W_c = \frac{F}{L_w * T_p} \quad (52)$$

Finalmente la longitud de la placa sin soldar (PL) se la calcula aplicando la siguiente fórmula: (Ref.1).

$$PL = \frac{3 * L_b * db^2}{(R_g^2) \left(\frac{AP}{Ab} \right) \left(\frac{1-R_s}{R_s} \right)} \quad (53)$$

Si a esta longitud se le suma la longitud mínima de filetes soldados (A_w) se obtiene la longitud total de la placa (T_L).

$$T_L = PL + A_w \quad (54)$$

Bajo ciertas condiciones la placa superior puede quedar sometida a compresión. Para evitar el pandeo de la placa y para determinar el tamaño de soldadura requerido (W_s) se debe cumplir de que el espesor de la placa (T_p) debe ser mayor o igual que $1/30$ de la longitud no soldada de la misma (Ref. 2); esto es:

$$T_p \geq \frac{PL}{30} \quad (55)$$

CAPITULO II

UTILIZACION DE COMPUTADORAS EN EL DISEÑO DE UNIONES SOLDADAS VIGA-COLUMNA

2.1 IMPORTANCIA DE LOS METODOS COMPUTACIONALES EN ESTE CAMPO

Un programa de computación es una secuencia de instrucciones codificadas; las cuales controlan las operaciones de un computador.

Estas instrucciones deben ser presentadas al computador como una sucesión lógica de eventos; porque los sistemas computacionales solamente responden los comandos en el orden preciso en el cual ellos son presentados.

En el campo del diseño una de las mejores ventajas de los métodos computacionales sobre los métodos manuales de cálculo, es la velocidad con la cual realizan el trabajo.

Otra de las ventajas importantes es la reducción notable en costos; es decir, si uno necesita diseñar un objeto (máquina, pieza, proceso, etc.) en primer lugar realiza los cálculos para luego construir el

prototipo y realizar las pruebas; en cambio, si se utilizan los métodos computacionales se puede simular fácilmente (con seguridad de que el programa de resultados verdaderos) la construcción del mismo, sin necesidad de invertir dinero en la fabricación del prototipo.

Por lo tanto, se resume que la importancia de los métodos computacionales en el campo del diseño es en tiempo y costos.

2.2 DESCRIPCION DEL PROGRAMA

El programa para el diseño de uniones soldadas viga-columna, está escrito en lenguaje basic con un número de 7.950 instrucciones.

Este programa a su vez está constituido por varias subrutinas, de las cuales seis son las más importantes ya que realizan todos los cálculos; mientras que las otras, sirven tan sólo para presentar las pantallas al usuario (manual de operación).

2.2.1 DIAGRAMAS DE FLUJO

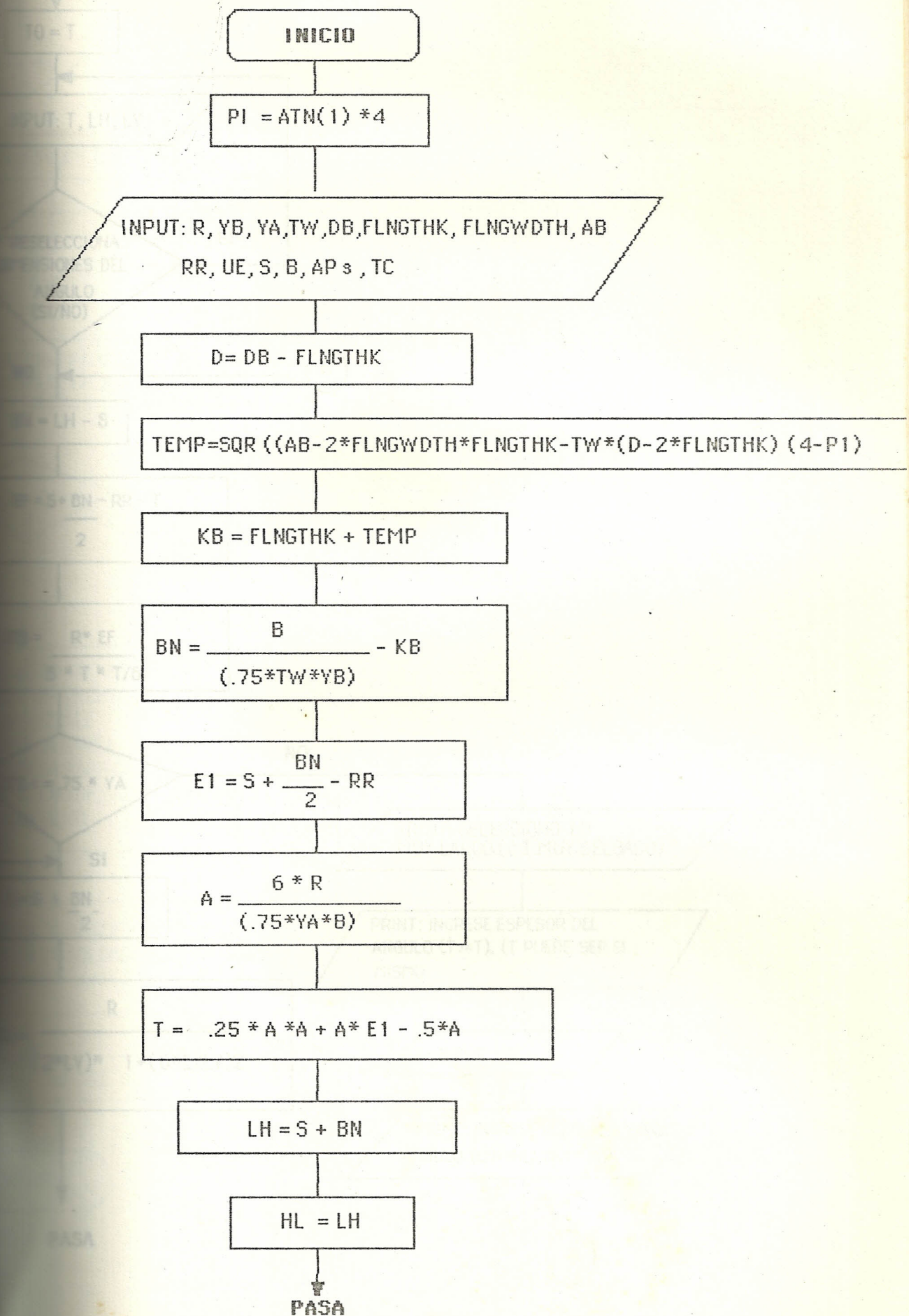
Es imposible escribir un programa sin tener primero un íntimo conocimiento del problema a resolver y la forma de su solución.

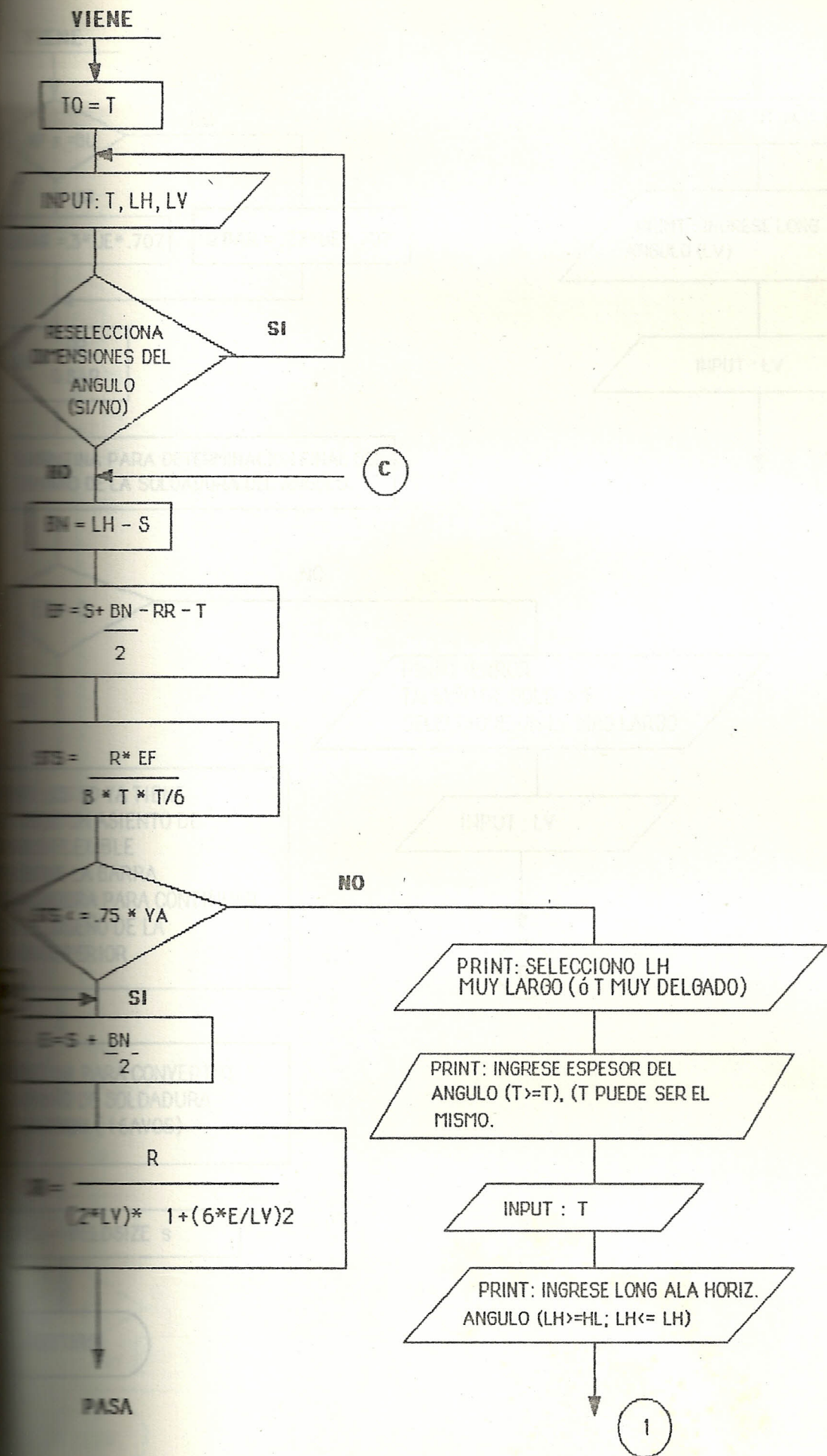
Una vez con el conocimiento del problema, el desarrollo del programa es ayudado si se construye un diagrama de flujo. Es importante anotar, que el lenguaje del computador es peculiar; ya que tiene su propio vocabulario y sintáxis.

De acuerdo a lo complicado del programa este puede ser escrito en forma de subrutinas (como lo está en este caso), lo cual ayuda a entender mejor el programa.

A continuación se presentan los diagramas de flujo de las seis subrutinas más importantes del programa.

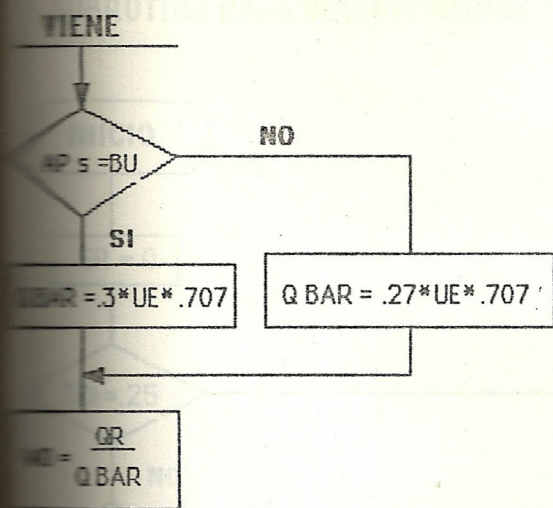
SUBROUTINA PARA DISEÑO DEL ASIENTO DE ANGULO FLEXIBLE



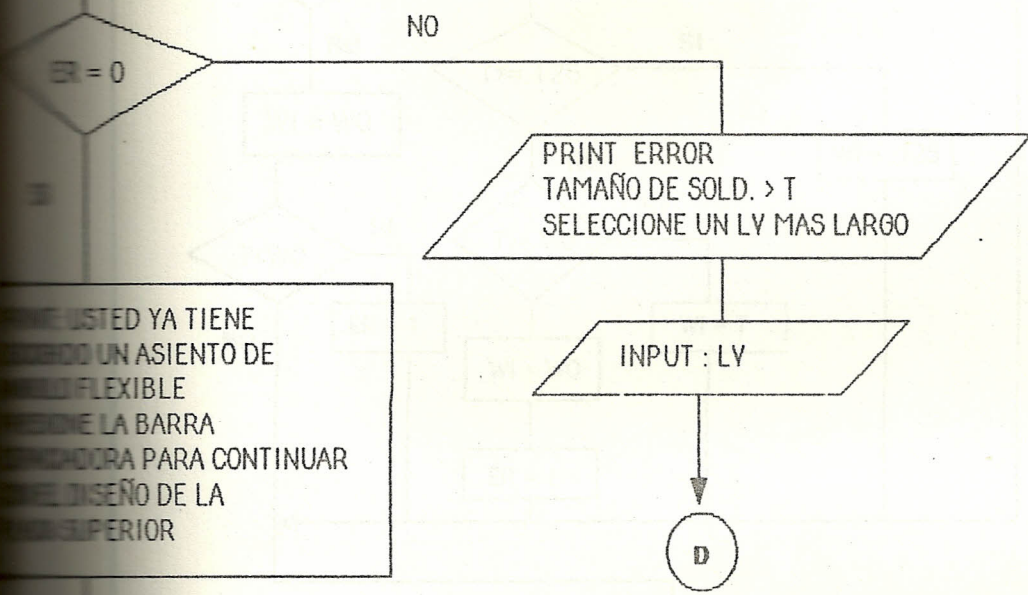


(C)

(1)



ROUTINA PARA DETERMINACION FINAL DEL TAMAÑO DE LA SOLDADURA DEL ANGULO.

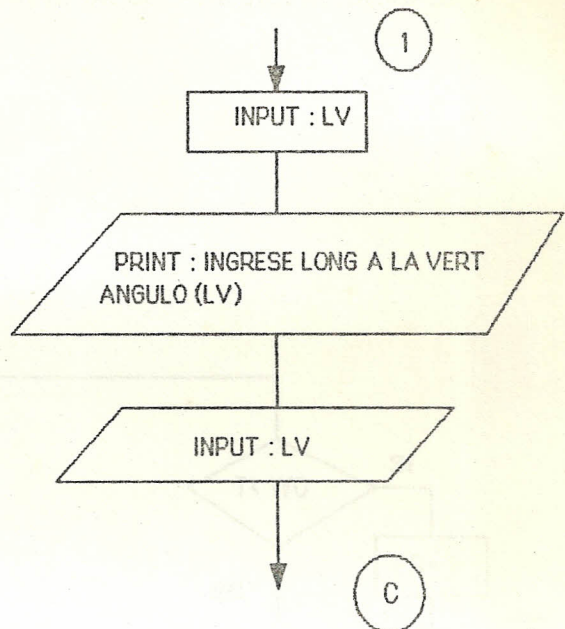


¿HA USTED YA TIENE
UN ASIENTO DE
FLEXIBLE
PRESIONE LA BARRA
CONTINUA PARA CONTINUAR
EL DISEÑO DE LA
SUPERIOR

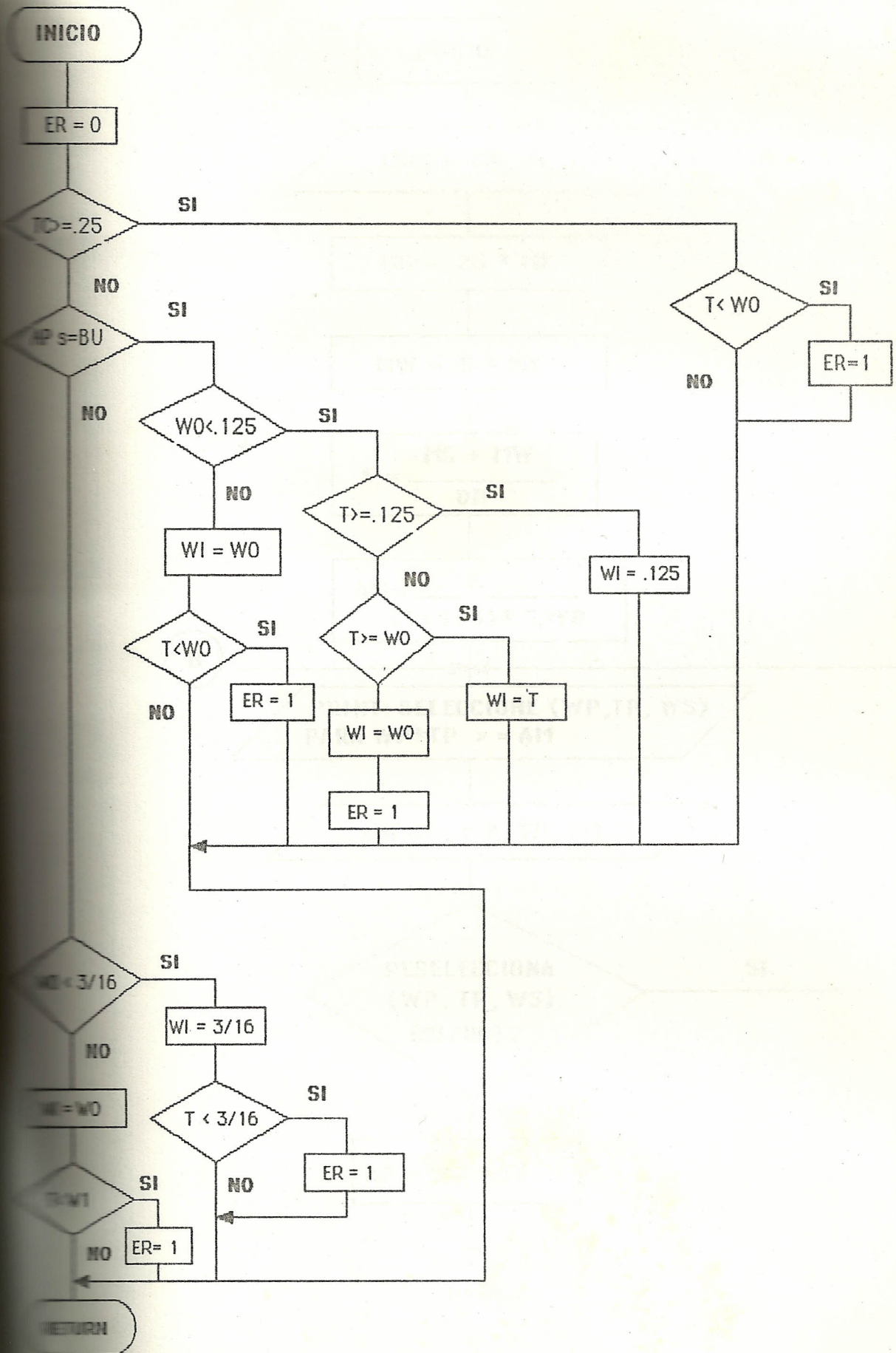
ROUTINA PARA CONVERTIR
TAMAÑO DE SOLDADURA
(16AVOS)

WELDSIZE s

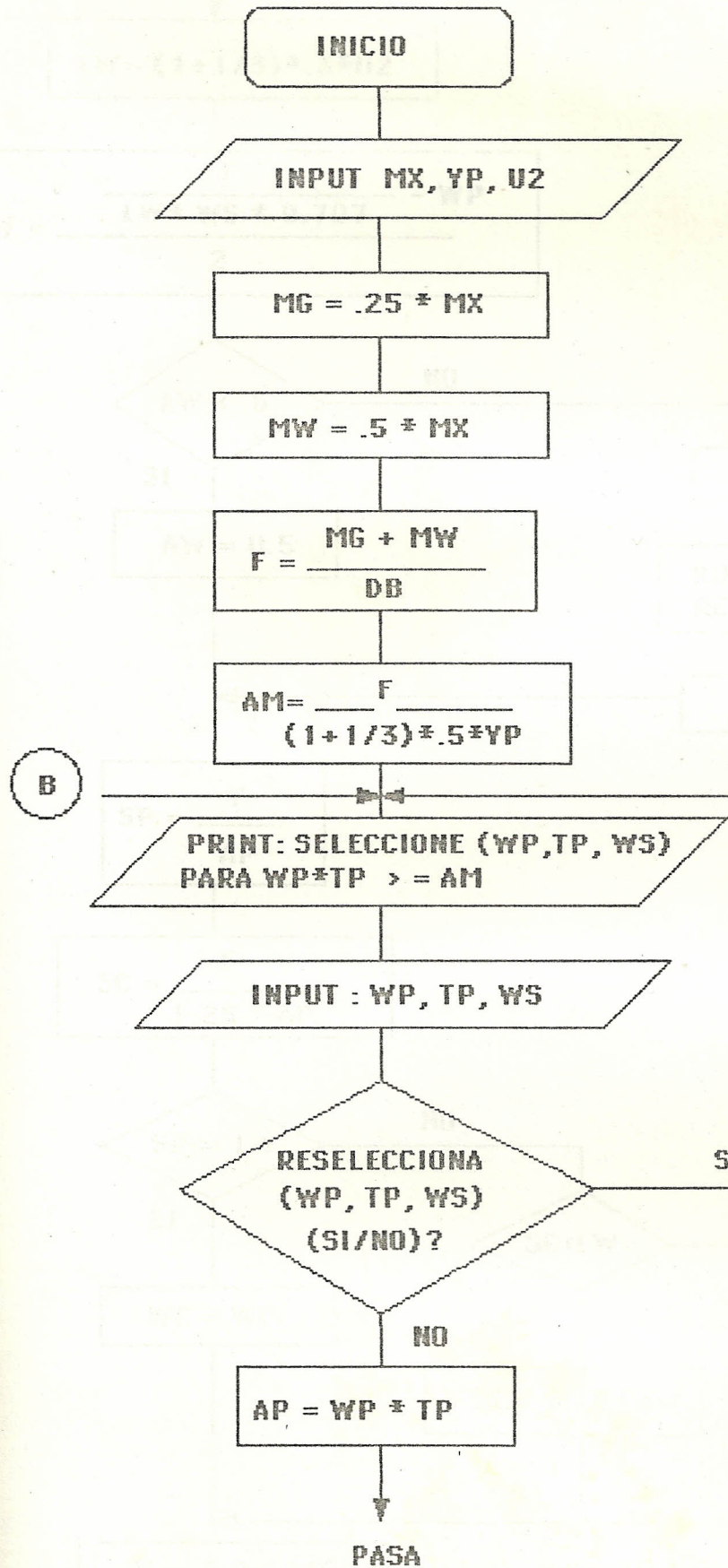
RETURN



SUBROUTINA PARA DETERMINACION FINAL DEL TAMAÑO DE SOLDADURA AL ANGULO



SUBROUTINA PARA DISEÑO DE PLACA SUPERIOR CON RESISTENCIA AL VIENTO



VIENE

$$LW = (1 + 1/3) \cdot 0.3 \cdot U2$$

$$AW = \frac{F}{LW \cdot WS \cdot 0.707} - WP$$

$$AW = \frac{\quad}{2}$$

AW < .5

NO

SI

$$X = AW$$

SUBROUTINA PARA
REDONDEAR

$$AW = X$$

$$AW = 0.5$$

$$SP = \frac{F}{AP}$$

$$SC = \frac{F}{1.25 \cdot AP}$$

SP <= LW

NO

SI

$$WC = WP$$

SC < LW

NO

SI

$$WC = 1.25 \cdot WP$$

$$WC = \frac{SP}{LW} \cdot WP$$

$$PL = 1.2 \cdot WP$$

PASA

YIENE

X = PL

ROUTINA PARA
BUNDEAR

PL = X

WC = WP

NO

WC > WP

NO

SI

BL = PL

$$PL = \frac{(WC - WP)}{2} + 1$$

PL = BL + AY

$\frac{PL}{TP} < 24$

NO

PRINT: RAZON MUY GRANDE
SELECCIONE UN TP MAS GRANDE
YIEJO TP = TP

B

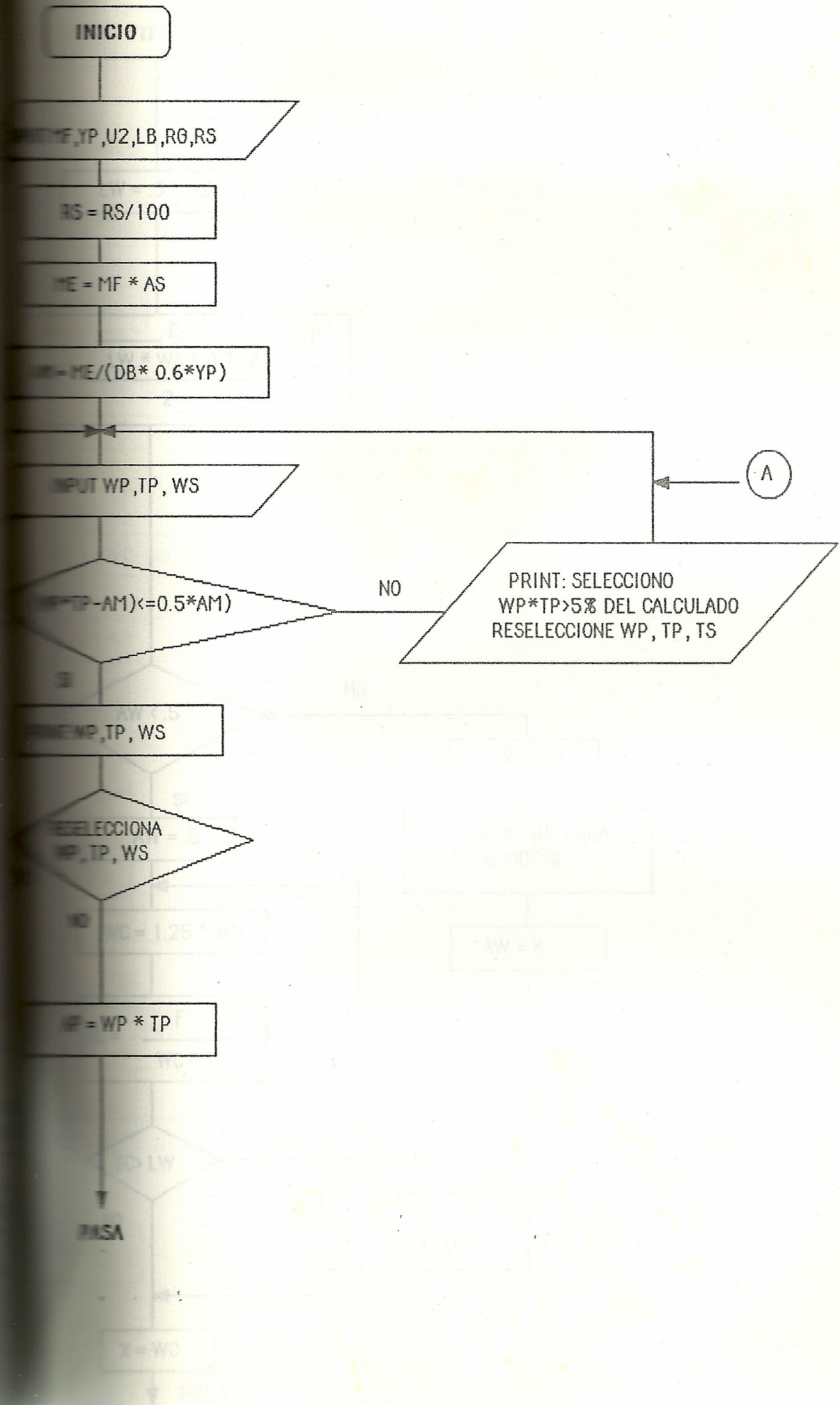
WC = WS

ROUTINA PARA
MOSTRAR TAMAÑO DE
BARRA EN 16AYOS

YIELD SIZE s

RETURN

SUBROUTINA PARA DISEÑO DE PLACA SUPERIOR SEMIRIGIDA



YIENE
PARA RE
MULTIPL

YIENE

$$LW = .3 * U2$$

$$WP = \frac{\frac{F}{LW * WS * 0.707} - WP}{2}$$

AW < .5

SI
AW = .5

$$WC = 1.25 * WP$$

$$X = \frac{F}{WC * TP}$$

50 LW

SI
$$WC = \frac{F}{TP * LW}$$

NO
X = WC

PASA

NO

X = AW

SUBROUTINA PARA REDONDEAR

AW = X

ROUTINA PARA REDONDEAR
A LOS MULTIPLOS DE 0.5

$$WC = X$$

$$X = DB * DB / (RO * RO) * AP / AB * (1 / RS - 1)$$

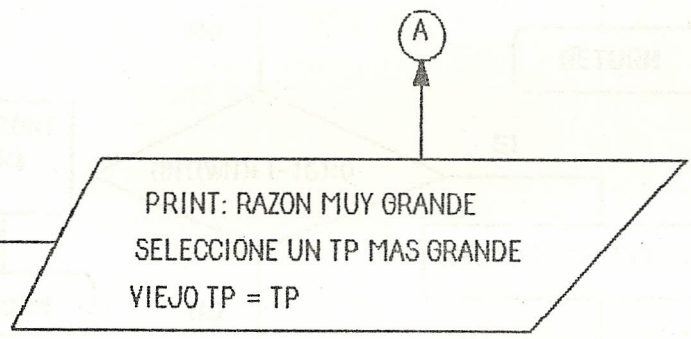
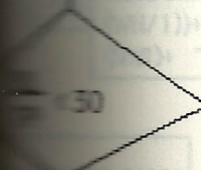
$$X = PL$$

ROUTINA PARA REDONDEAR

$$PL = X$$

$$BL = PL + (WC - WP) / 2 + 1$$

$$TP = BL + AW$$



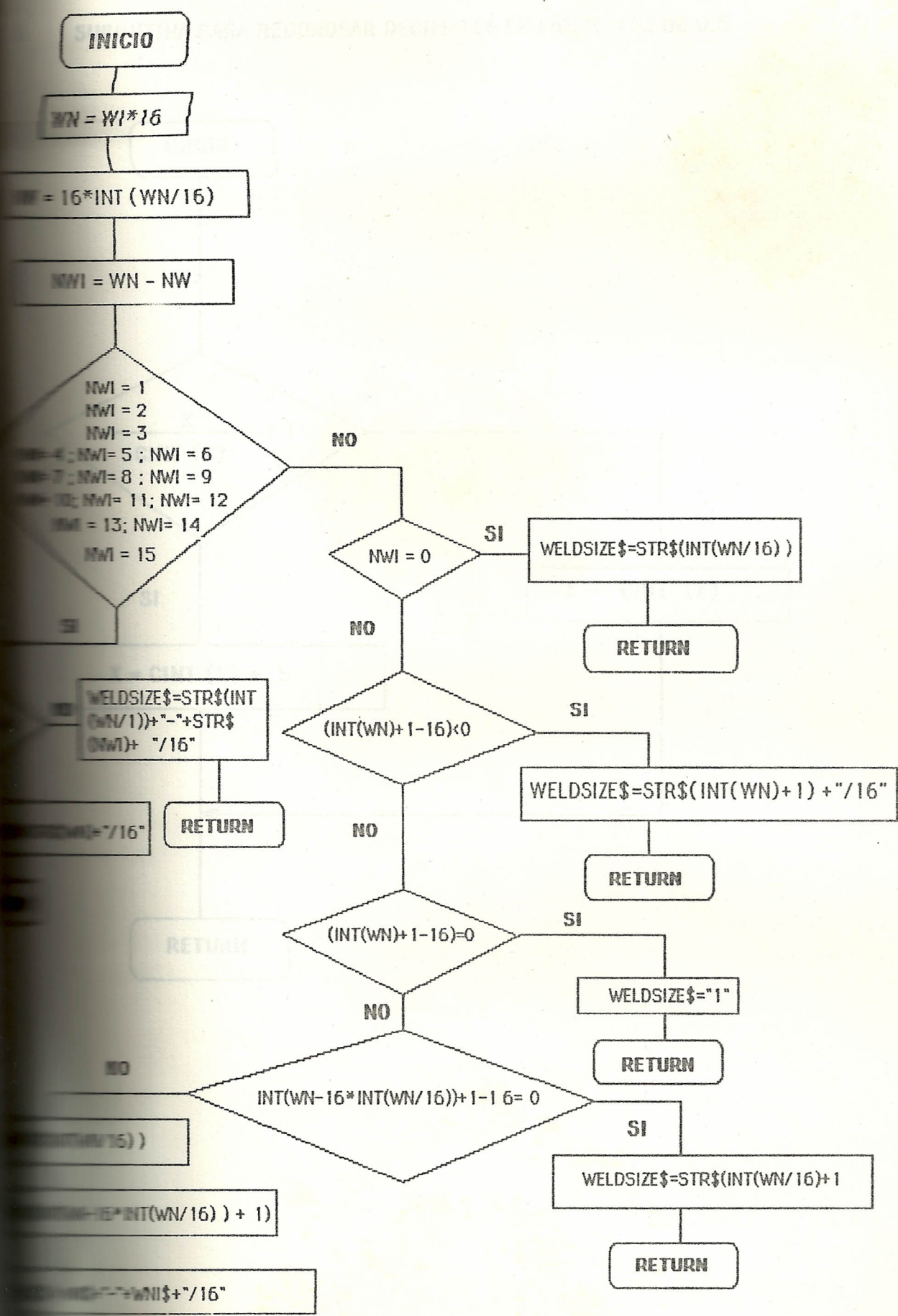
$$WC = WS$$

ROUTINA PARA
DETERMINAR TAMAÑO DE
CORONA DE 16AVOS

$$WC = WELDSIZE \$$$

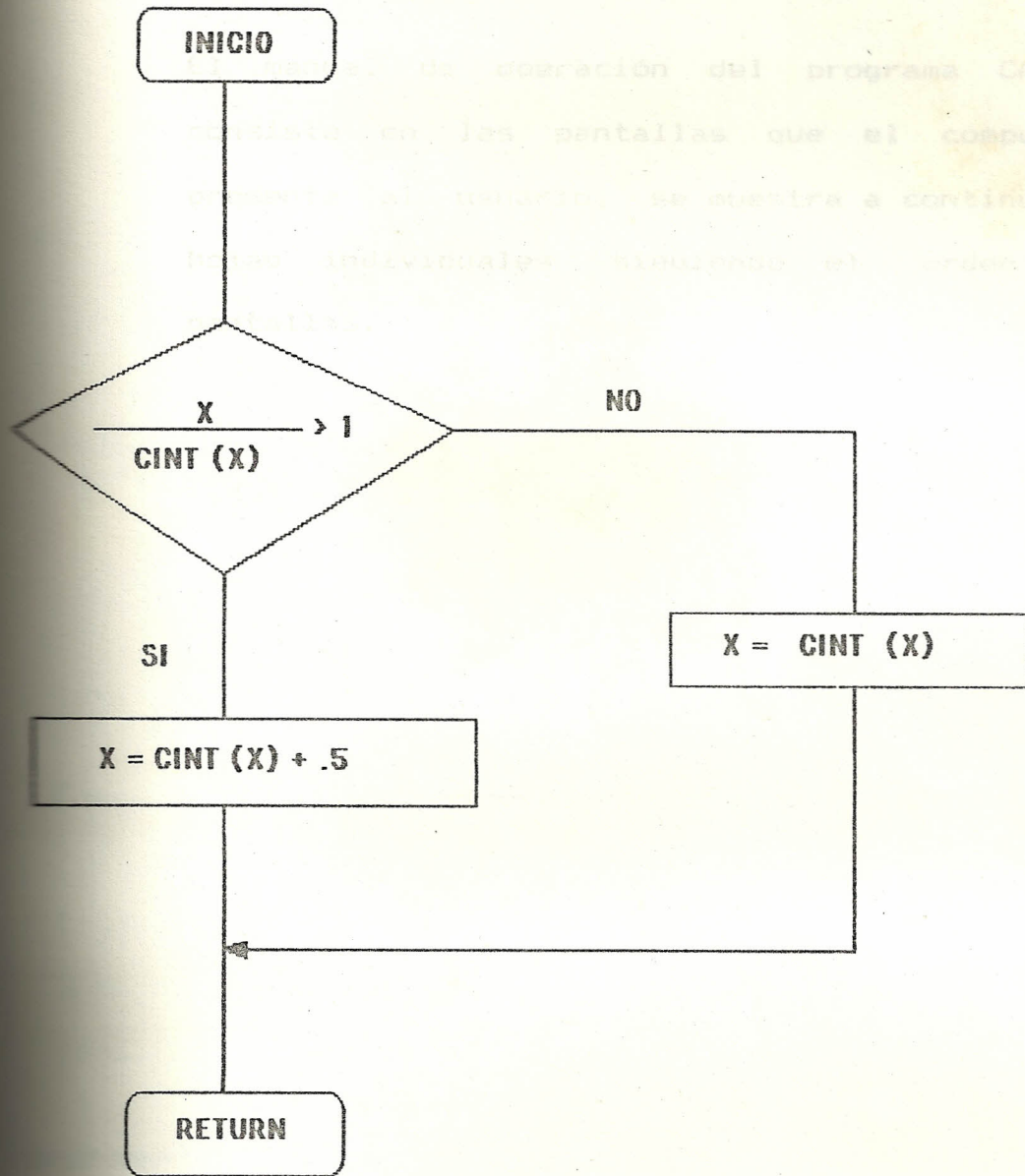
RETURN

ROUTINE PARA CONVERTIR EL TAMAÑO DE SOLDADURA EN FRACCION (16AVOS)



SUBROUTINA PARA REDONDEAR DECIMALES EN MULTIPLOS DE 0.5

2.2.2 MANUAL DE OPERACION



2.2.2 MANUAL DE OPERACION

El manual de operación del programa CAWD, que consiste en las pantallas que el computador le presenta al usuario, se muestra a continuación en hojas individuales siguiendo el orden de las pantallas.

*DISEÑO DE SOLDADURA
USANDO COMPUTADORA*

Conexion Viga-Columna

BIENVENIDO!!

Este programa esta escrito por:
Hsing-Sen Steven Hsiao

Consultor: Prof. C. L. Tsai
Enero 1986
THE OHIO STATE UNIVERSITY

Traduccion : Rodrigo Silva Vela

Derechos reservados

pres. la BARRA esp. para continuar.

Que tipo de minitor esta usted usando:

1. RGB monitor a color
2. monitor monocromatico

====>

Este programa esta escrito para
ayudar al diseno de soldadura
de conexiones viga-columna usando
un angulo de asiento flexible con
una placa superior con resistencia
al viento o con una placa superior
semi-rigida

Para disenar Placa Superior con
Resistencia al Viento con Asiento
de Angulo Flexible ?

DIGITE =====> 1

Para Disenar Placa Superior
Semi-Rigida con Asiento de Angulo
Flexible?

DIGITE =====> 2

INGRESE SU TIPO DE COMPUTADORA:

1. IBM 3270

2. IBM PC

? █



Desea Ud. imprimir su nombre en el grafico? (s/n) #

Por Favor ingrese su nombre (maximo 10 caracteres):

====>

Desea ud. ver primero
una lista de explicacion
de simbolos? (s/n)

====>

SIMBOLOS

- Fuerza de Reaccion en el Asiento de Angulo
- Resistencia a la Fluencia de la Viga
- Resistencia a la Fluencia del Angulo
- Resistencia a la Fluencia de la Placa Superior
- Espesor del Alma
- Altura de la Viga
- Altura Efectiva de la Viga
- Espesor del Alma
- Ancho del Alma
- Area de la Seccion Transversal de la Viga
- Radio del Angulo
- Resistencia Ultima del Electrodo
- set back del angulo
- Ancho del Angulo
- Espesor del Angulo
- Longitud del Ala Horizontal del Angulo
- Longitud del Ala Vertical del Angulo

pres. 'ESC' para salir

Pres. cualquier otra tecla para continuar

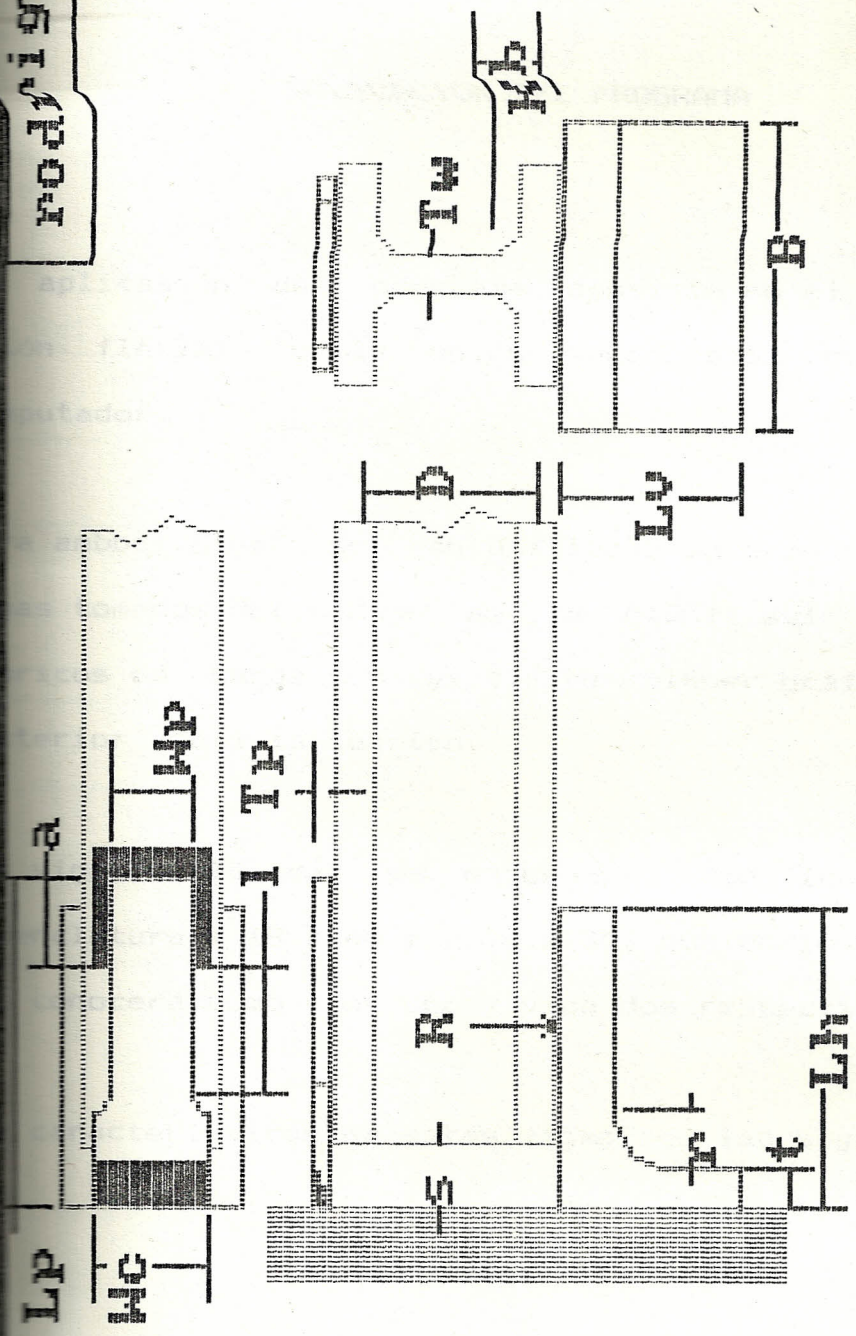
SIMBOLOS

- Momento Flector de Empotramiento
- Maximo Momento Flector
- Espesor de la Columna
- Espesor de la Placa Superior
- Ancho de la Placa Superior en el Final de la Viga
- Ancho de la Placa Superior en el Final de la Columna
- Longitud de la Placa Superior
- Longitud de la Parte de la Placa Superior Soldada a la Viga
- Longitud de la Parte de la Placa Superior No Soldada
- Longitud Total de la Viga
- Distancia entre el Filete Superior e Inferior de la Viga
- Radio de Giro de la Viga
- Rigidez de la Conexion
- Tamano del Filete de Soldadura para Conexion Placa Sup.-Viga
- Tamano del Filete para Conexion Asiento de Angulo-Viga

pres. 'ESC' para salir

Pres. cualquier otra tecla para continuar

rodigo



Ingrese Fuerza de Reaccion (kips)
R====>

CAPITULO III

APLICACION DEL PROGRAMA

La aplicación del programa consiste en el diseño de la unión flexible y la unión semi-rígida con ayuda del computador.

Para ambos diseño se han utilizado valores reales de dos vigas tomados del Código de la AISC; así como valores teóricos de carga con el fin de obtener gráficos para un posterior análisis teórico.

Las vigas utilizadas se encuentran codificadas bajo la nomenclatura W 18 x 40 y W 14 x 30, que en lo posterior se las conocerá como viga uno y viga dos respectivamente.

Las características de estas vigas son las siguientes:

	VIGA - 1 (W 18 x 40)	VIGA - 2 (W 14 x 30)
F_{yb} (Klbs/plg ²)	36	36
t_w (pulg)	0.315	0.27
I_x (pulg ⁴)	17.90	13.84
r_x (pulg)	0.525	0.385
r_y (pulg)	6.015	6.73
J (pulg ²)	11.8	8.85
S_x (pies)	12	12
S_y (pulg)	7.21	5.73

VIGA - 1 (W 18 x 40)

R (Klbs)	15	20	25	30	35
Lh (plg)	2	2.5	2.5	3	4
Lv (plg)	3.5	3.5	4	4.5	4.5
t (plg)	1/2	0.54	5/8	3/4	1
B (plg)	8	8	8	8	8
r (plg)	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375
F y a (Klbs/plg ²)	36	36	36	36	36
Wp (plg)	4	4	4	4	4
Tp (plg)	0.21	0.28	0.34	0.41	0.48
Fue (Klbs/plg ²)	60	60	60	60	60
S.B. (plg)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Tc (plg)	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Mx (Klbs-plg)	540	720	900	1080	1260
F y p (Klbs/plg ²)	36	36	36	36	36
APLICACION	EDIFICIO	EDIFICIO	EDIFICIO	EDIFICIO	EDIFICIO

VIGA - 1 (W10 x 40)

R (Klbs) 15 **VIGA - 2 (W 14 x 30)**

R (Klbs)	15	20	25	30	35
Lh (plg)	2	2.5	3.2	3.7	4.4
Lv (plg)	3.1	3.5	4	4	4.4
t (plg)	1/2	5/8	3/4	1	1-1/8
B (plg)	8	8	8	8	8
r (plg)	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375
Fya (Klbs/plg ²)	36	36	36	36	36
Wp (plg)	4	4	4	4	4
Tp (plg)	0.27	0.35	0.44	0.53	0.62
Fue (Klbs/plg ²)	60	60	60	60	60
S.B. (plg)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Tc (plg)	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Mx (Klbs-plg)	540	720	900	1080	1260
Fyp (Klbs/plg ²)	36	36	36	36	36
APLICACION	EDIFICIO	EDIFICIO	EDIFICIO	EDIFICIO	EDIFICIO

VIGA - 1 (W18 x 40)

R (Klbs)	15	20	25	30	35
Wsa (plg)	7/16	10/16	10/16	11/16	1
Ws (plg)	4/16	5/16	6/16	7/16	8/16
Lp (plg)	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5
l (plg)	5	5	5	5	5
a (plg)	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
wc (plg)	5	5	5	5	5

VIGA - 2 (W14 x 30)

R (Klbs)	15	20	25	30	35
Wsa (plg)	8/16	10/16	12/16	1	1-12/16*
Ws (plg)	5/16	6/16	8/16	9/16	10/16
Lp (plg)	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5
l (plg)	5	5	5	5	5
a (plg)	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
wc (plg)	5	5	5	5	5

Figura # 15

TAMANO DE SOLDADURA ANGULO VS REACCION

FLEXIBLE

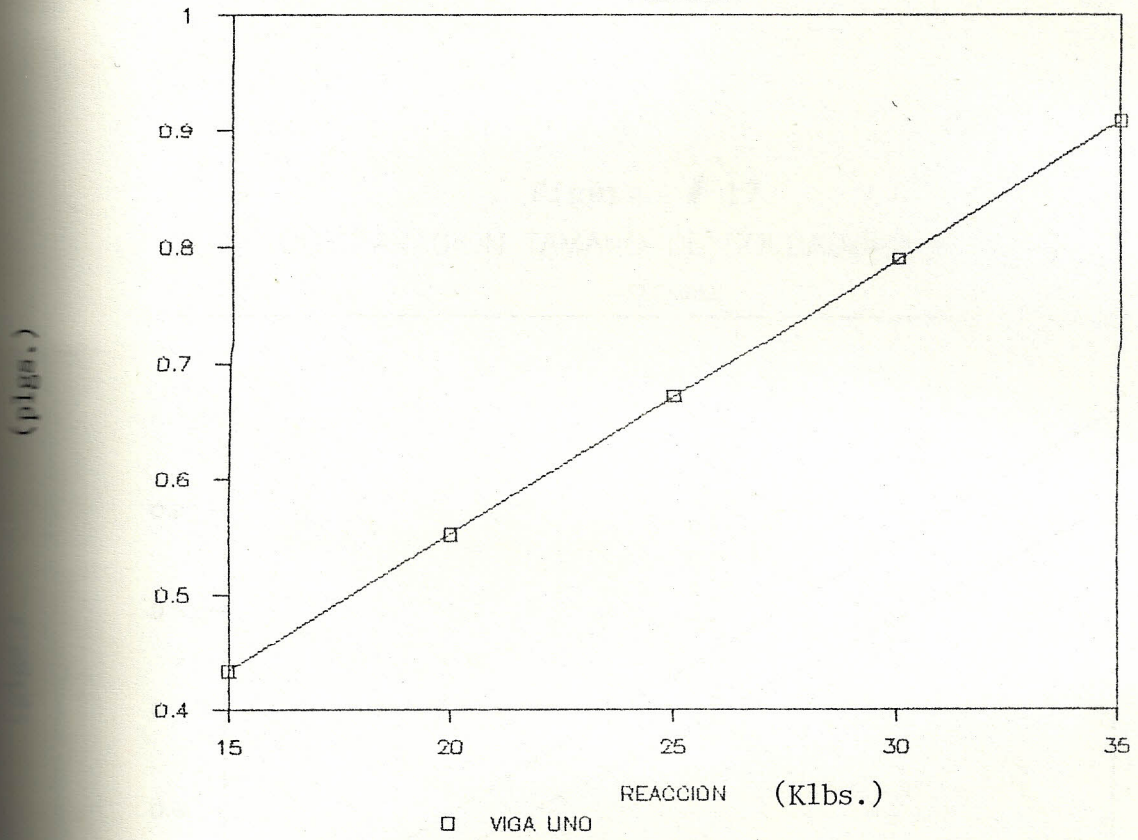


Figura # 16

TAMANO DE SOLDADURA ANGULO VS REACCION

FLEXIBLE

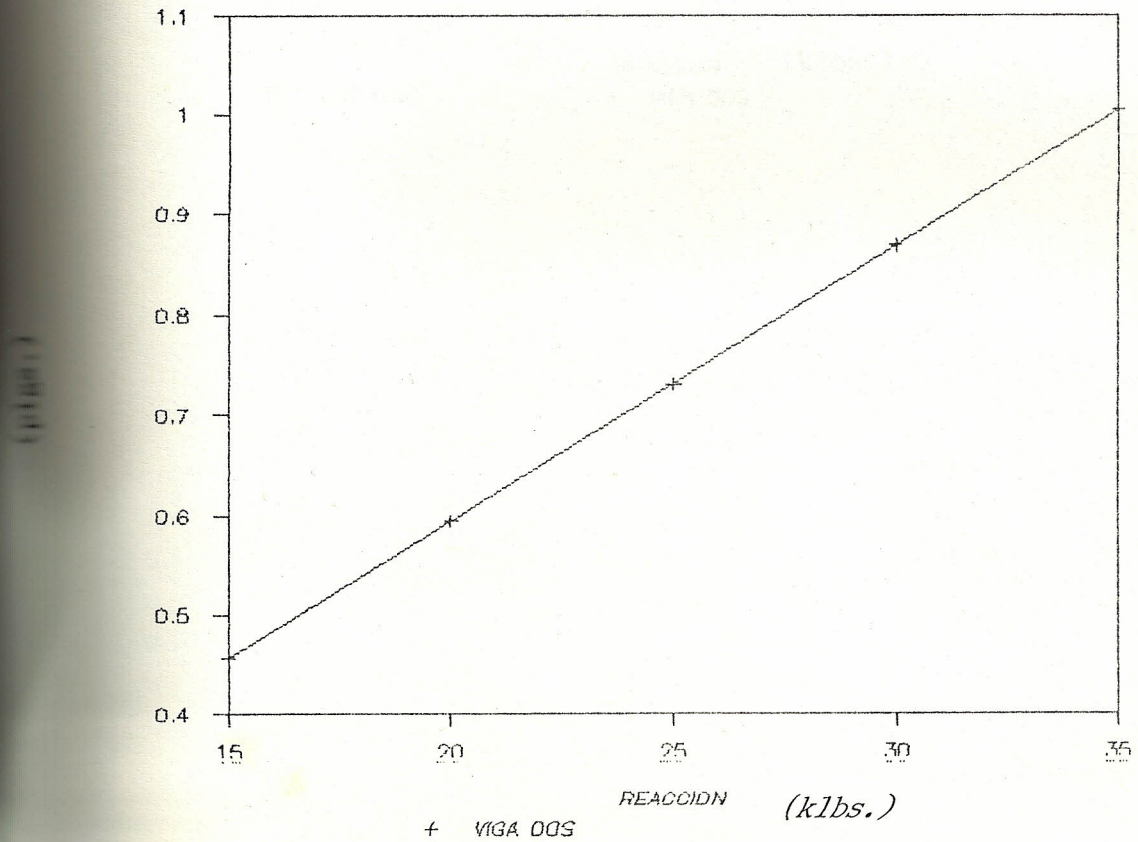


Figura # 17
COMPARACION TAMANO DE SOLDADURA ANGULO
FLEXIBLE

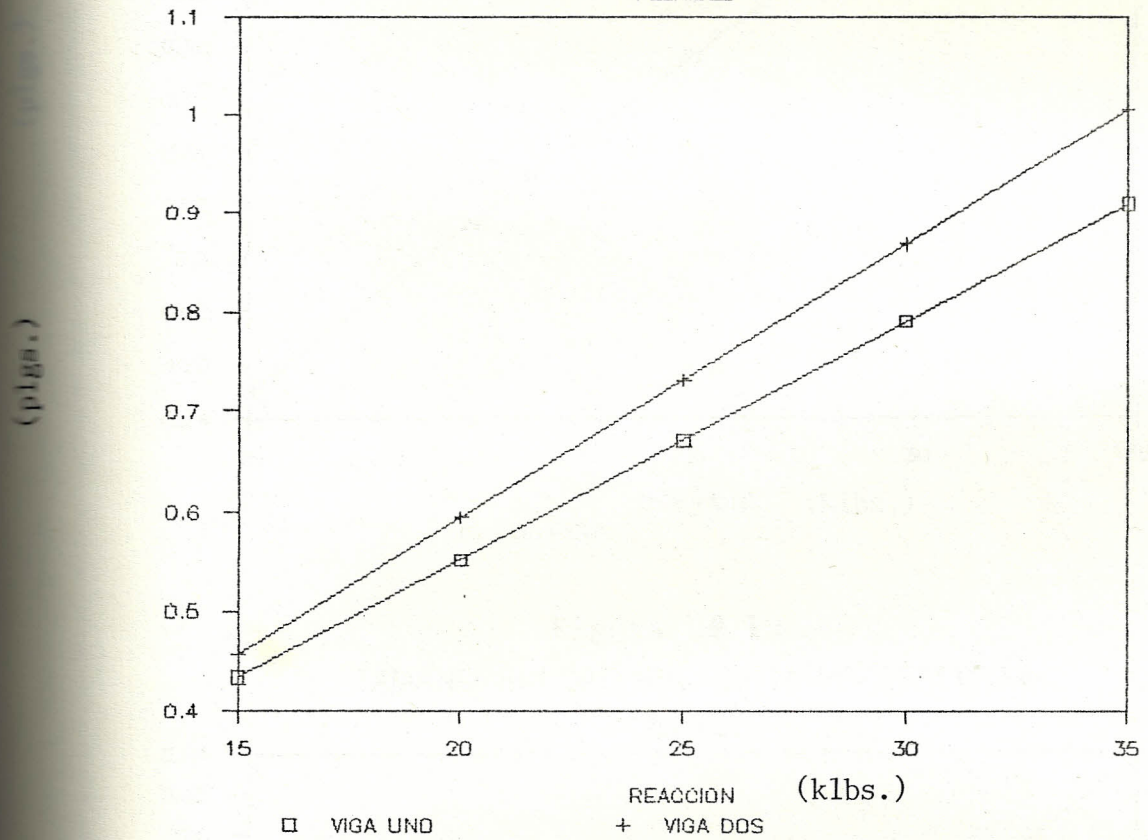


Figura # 18

TAMANO SOLDADURA PLACA VS REACCION

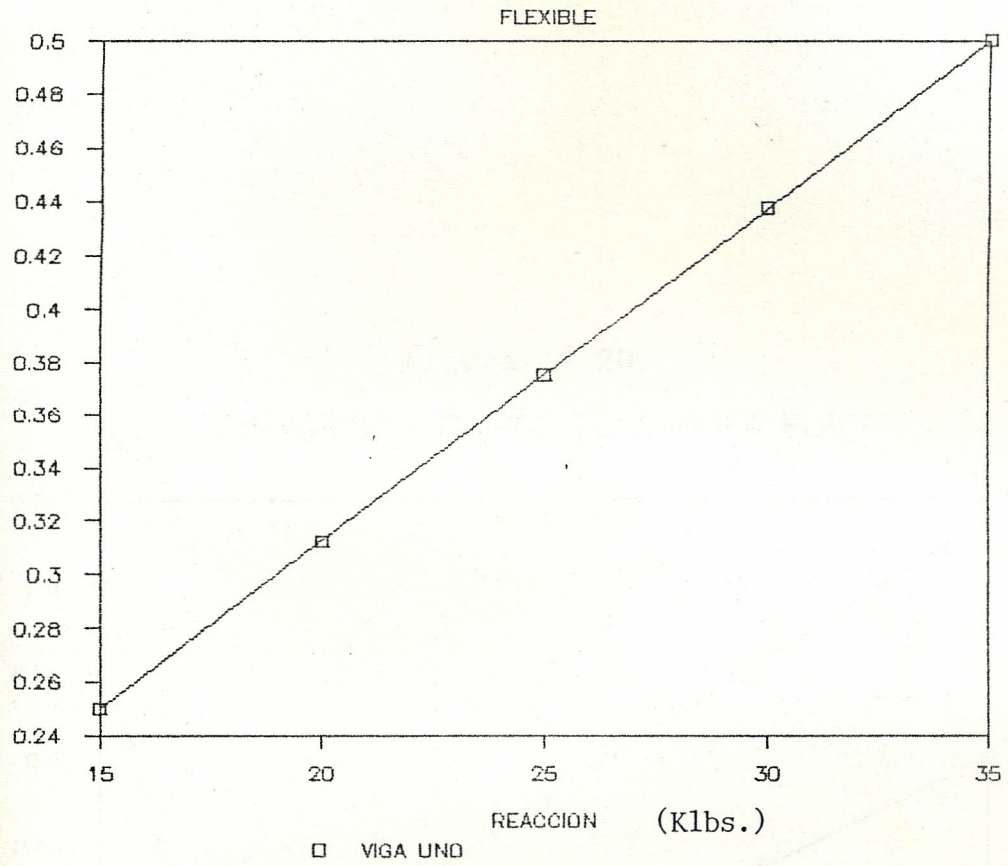


Figura # 19

TAMANO SOLDADURA PLACA VS REACCION

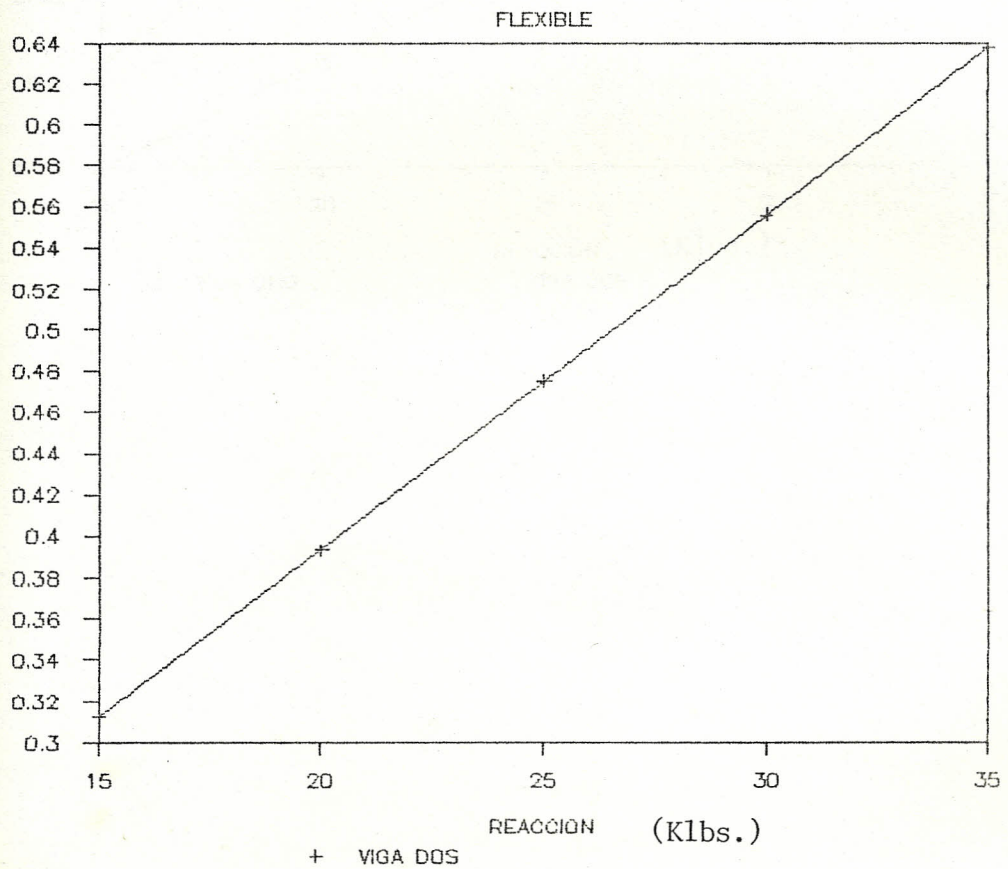


Figura # 20

COMPARACION TAMANO SOLDADURA PLACA

FLEXIBLE

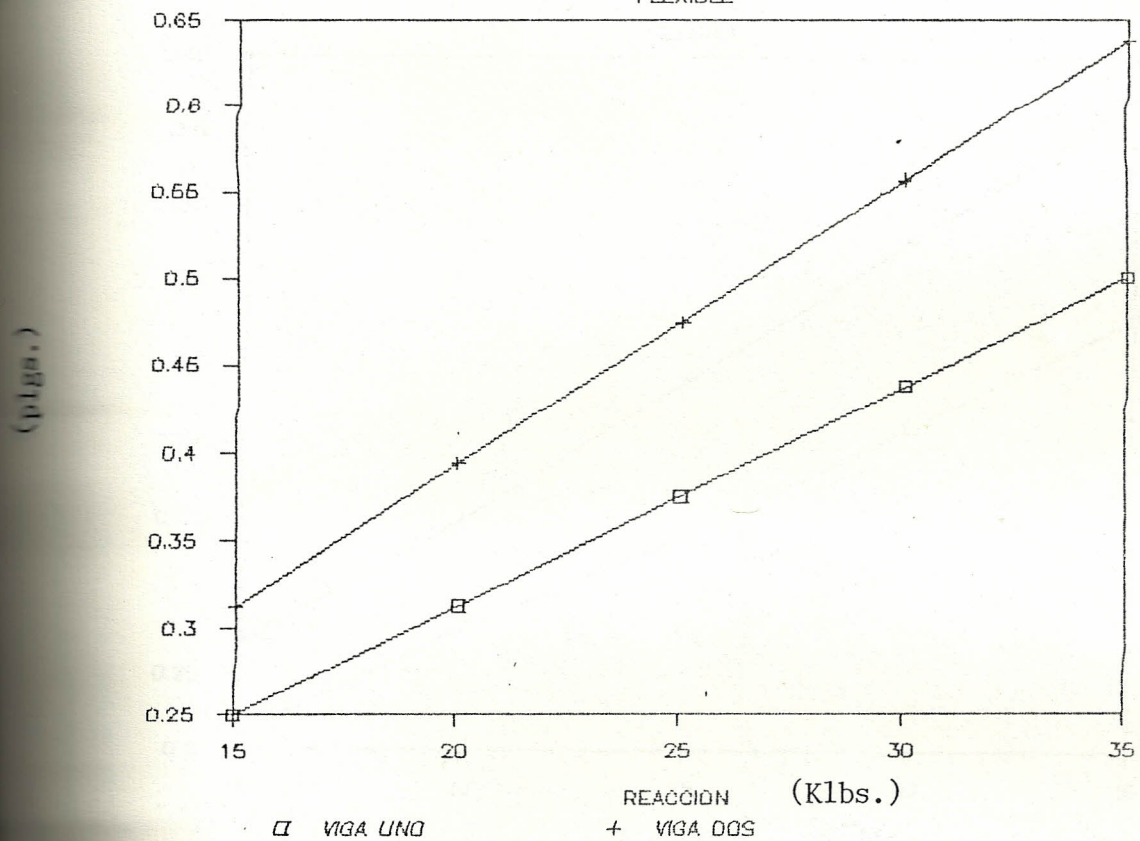
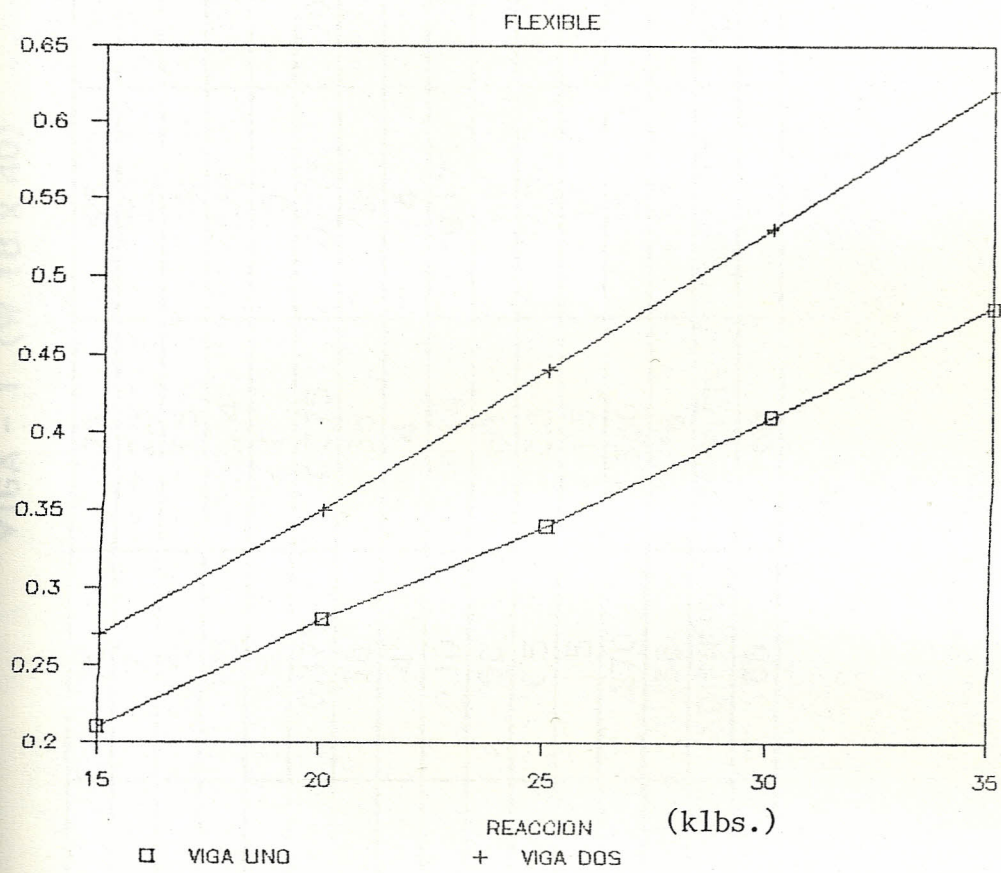


Figura # 21

COMPARACION ESPESOR DE LA PLACA



VIGA - 1 (W 18 x 40)

R (Klbs)	15	20	25	30	35
Lh (plg)	2	2.5	2.5	3	4
Lv (plg)	3.5	3.5	4	4.5	4.5
t (plg)	1/2	3/4	5/8	3/4	1
B (plg)	8	8	8	8	8
r (plg)	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375
Fya (Klbs/plg ²)	36	36	36	36	36
Wp (plg)	4	4	4	4	4
Tp (plg)	0.10	0.14	0.17	0.20	0.24
Fue (Klbs/plg ²)	60	60	60	60	60
S.B. (plg)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Tc (plg)	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
mf (Klbs-plg)	270	360	450	540	630
Fyp (Klbs/plg ²)	36	36	36	36	36
APLICACION	EDIFICIO	EDIFICIO	EDIFICIO	EDIFICIO	EDIFICIO
Rs (%)	60	60	60	60	60

VIGA - 2 (W 14 x 30)

R (Klbs)	15	20	25	30	35
L1 (plg)	2	2.5	3	4	5
Lv (plg)	3.5*	3.5*	4	4.5	5
t (plg)	1/2	5/8	3/4	1	1-1/8*
B (plg)	8	8	8	8	8
r (plg)	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375
Fye (Klbs/plg ²)	36	36	36	36	36
Wp (plg)	4	4	4	4	4
Tp (plg)	0.13	0.18	0.22	0.26	0.31
Fue (Klbs/plg ²)	60	60	60	60	60
S.B. (plg)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Tc (plg)	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
mf (Klbs-plg)	270	360	450	540	630
Fyp (Klbs/plg ²)	36	36	36	36	36
APLICACION	EDIFICIO	EDIFICIO	EDIFICIO	EDIFICIO	EDIFICIO
Rs (%)	60	60	60	60	60

VIGA - 1 (W 18 x 40)

R (Klbs)	15	20	25	30	35
Wsa (plg)	7/16	10/16	10/16	11/16	1
Ws (plg)	2/16	3/16	3/16	4/16	4/16
lp (plg)	7	7	7	7	7
l (plg)	5	5	5	5	5
a (plg)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Wc (plg)	5	5	5	5	5

VIGA - 2 (W 14 x 30)

R (Klbs)	15	20	25	30	35
Wsa (plg)	7/16	10/16	12/16	14/16	1
Ws (plg)	3/16	3/16	4/16	5/16	5/16
lp (plg)	7	7	7	7	7
l (plg)	5	5	5	5	5
a (plg)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Wc (plg)	5	5	5	5	5

Figura # 22
TAMANO SOLDADURA ANGULO VS REACCION

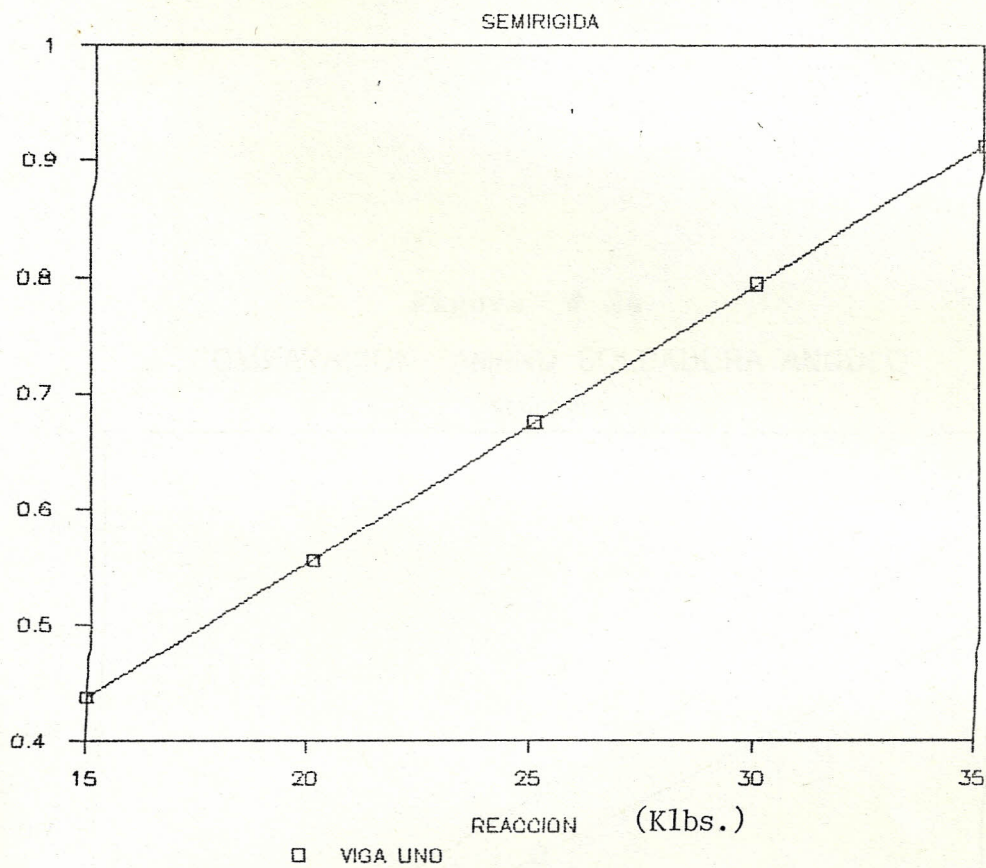


Figura # 23
TAMANO SOLDADURA ANGULO VS REACCION

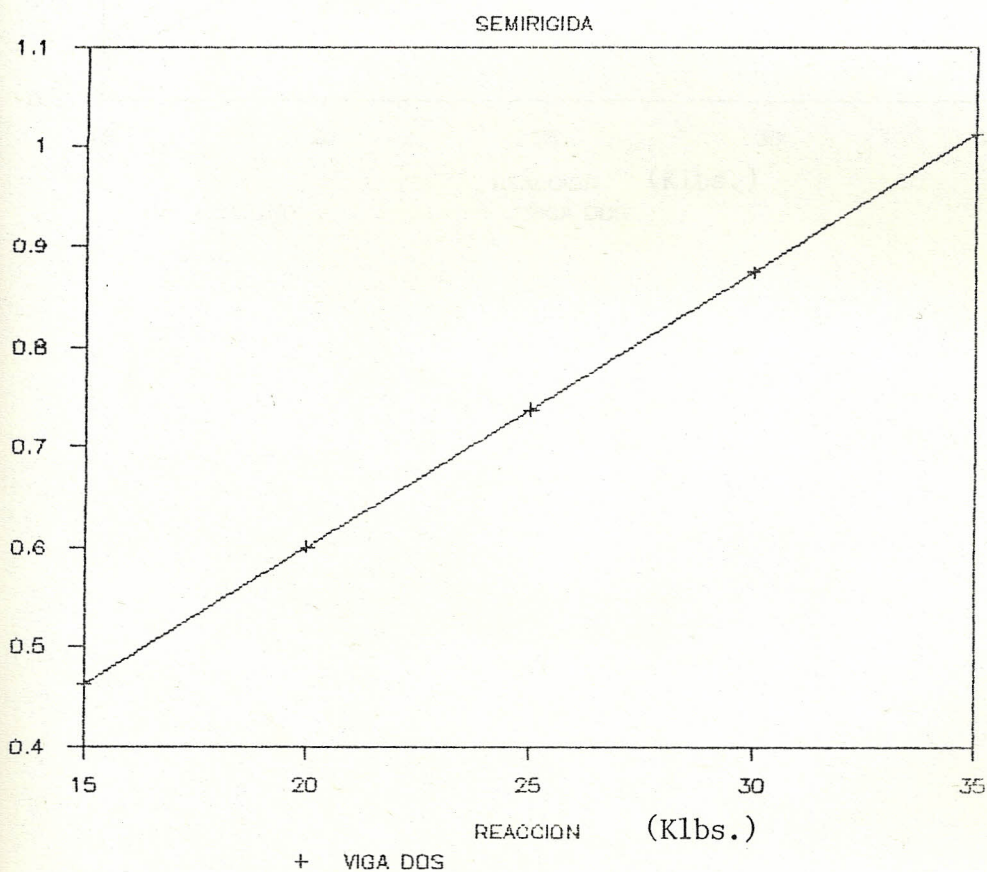


Figura # 24

COMPARACION TAMANO SOLDADURA ANGULO

SEMIRIGIDA

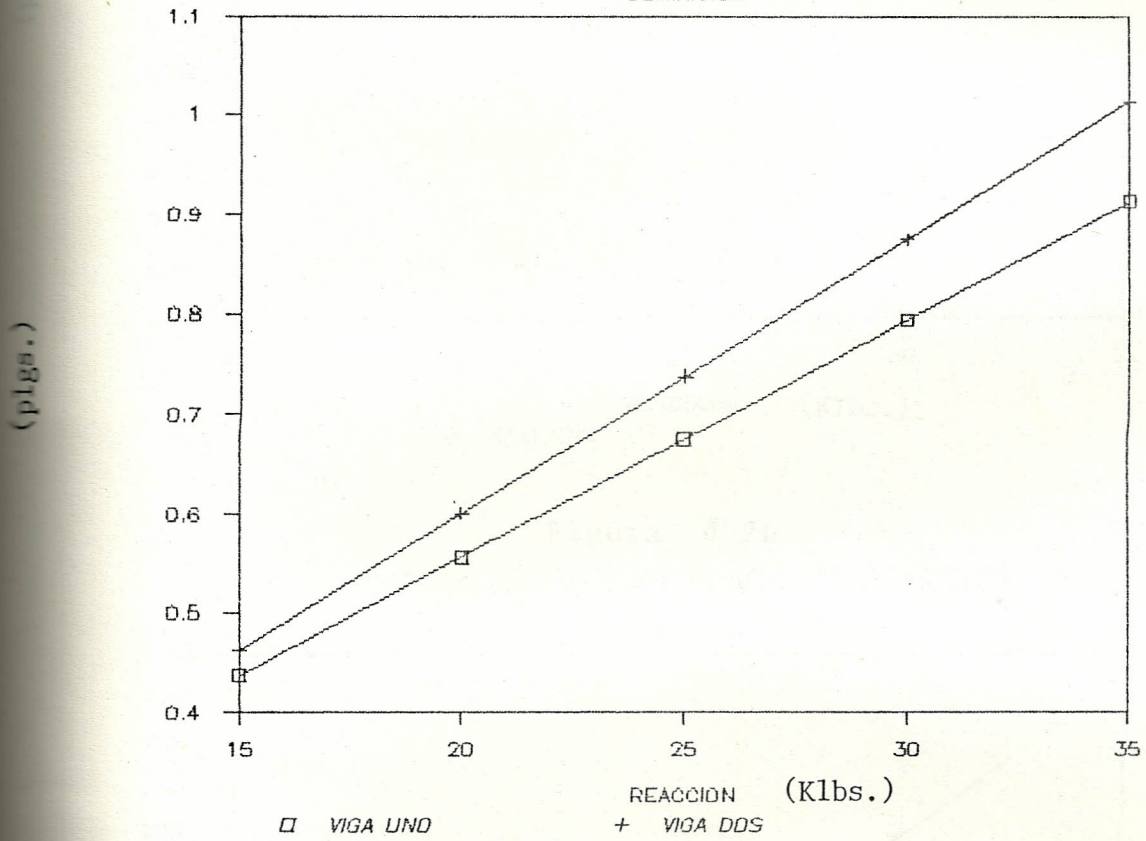


Figura # 25

TAMANO SOLDADURA PLACA VS REACCION

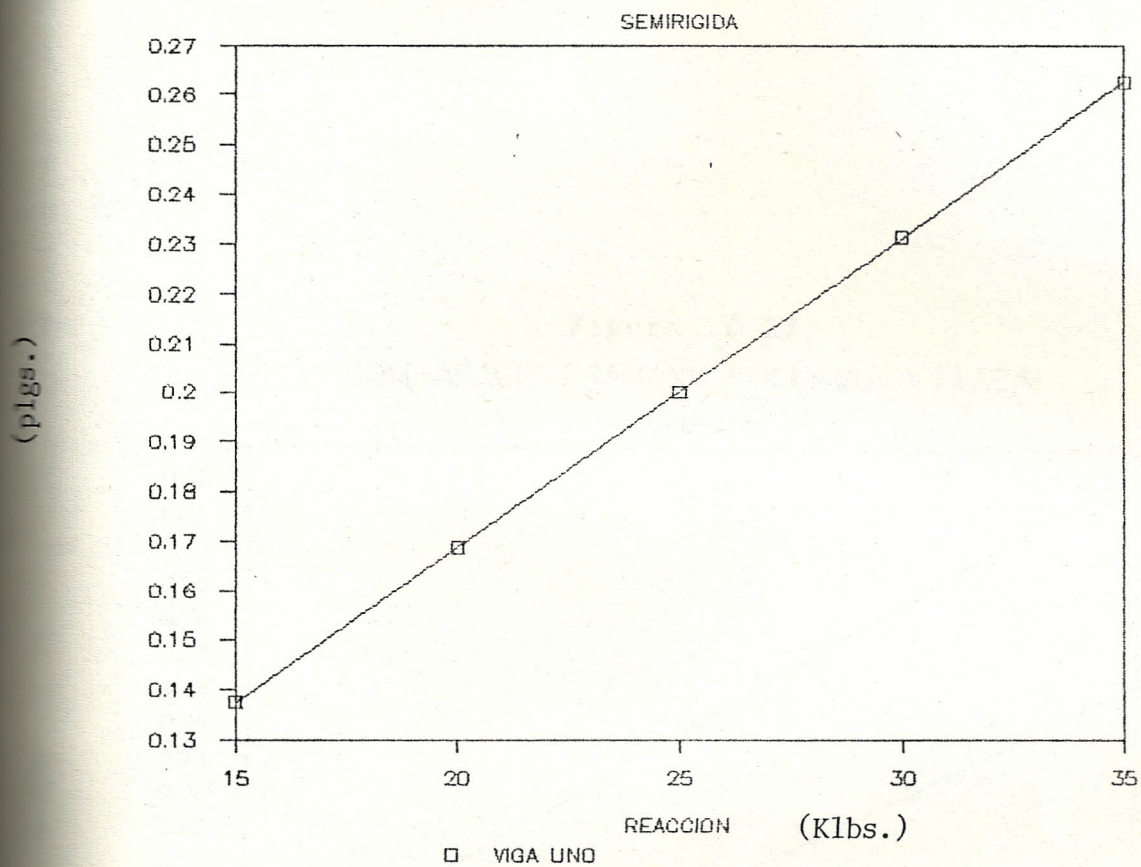


Figura # 26

TAMANO SOLDADURA PLACA VS REACCION

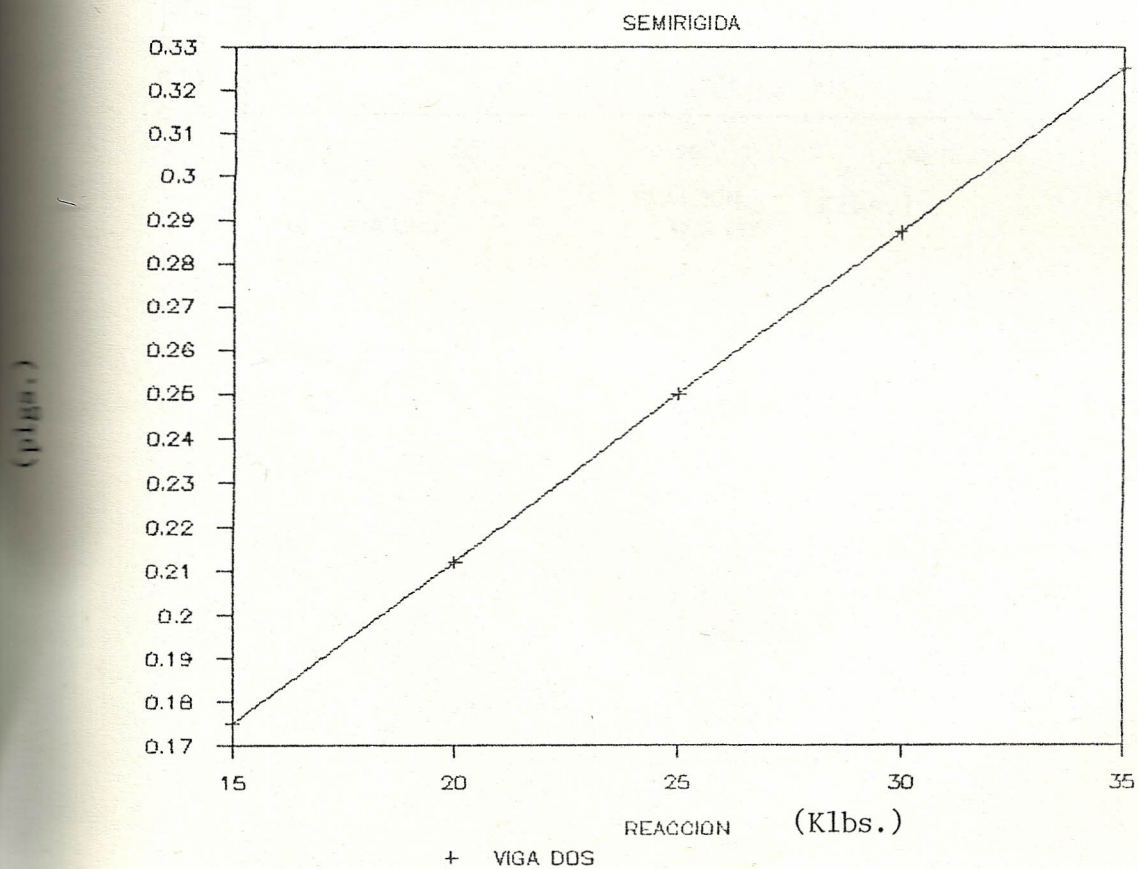


Figura # 27
COMPARACION TAMANO SOLDADURA PLACA

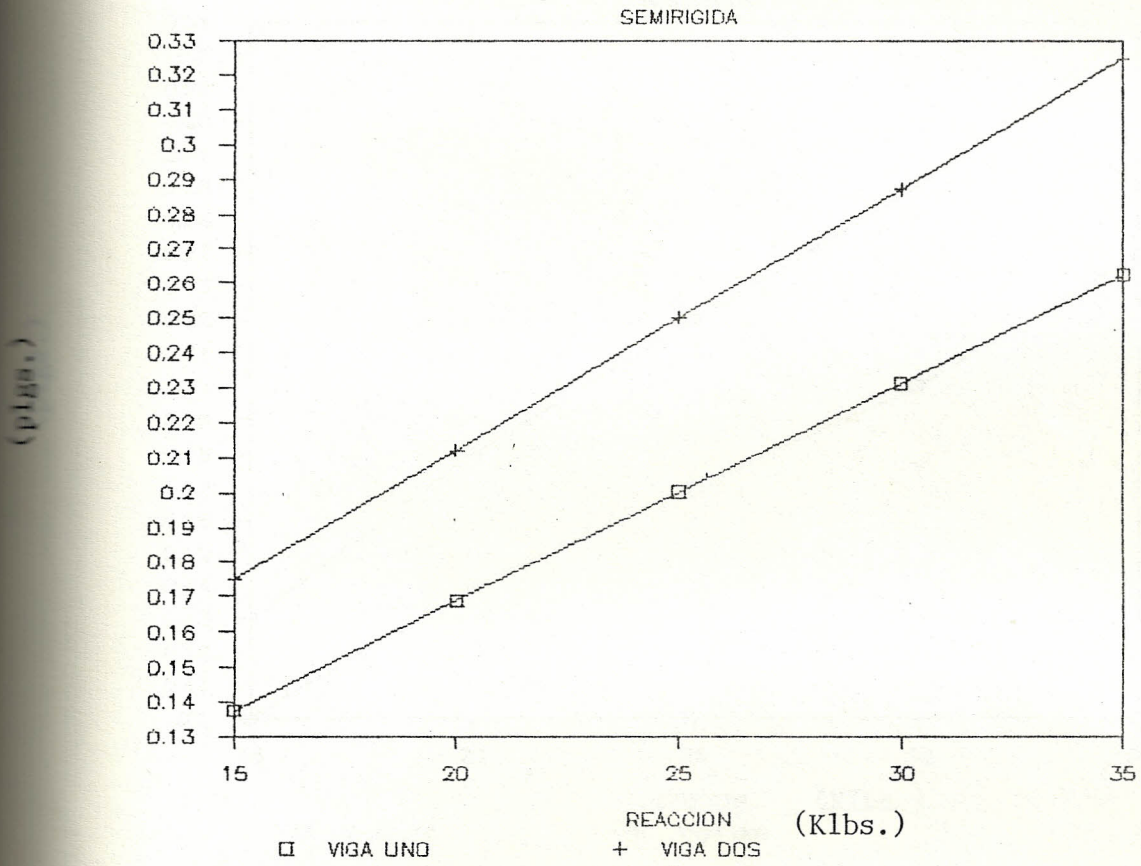


Figura # 28

COMPARACION ESPESOR DE LA PLACA

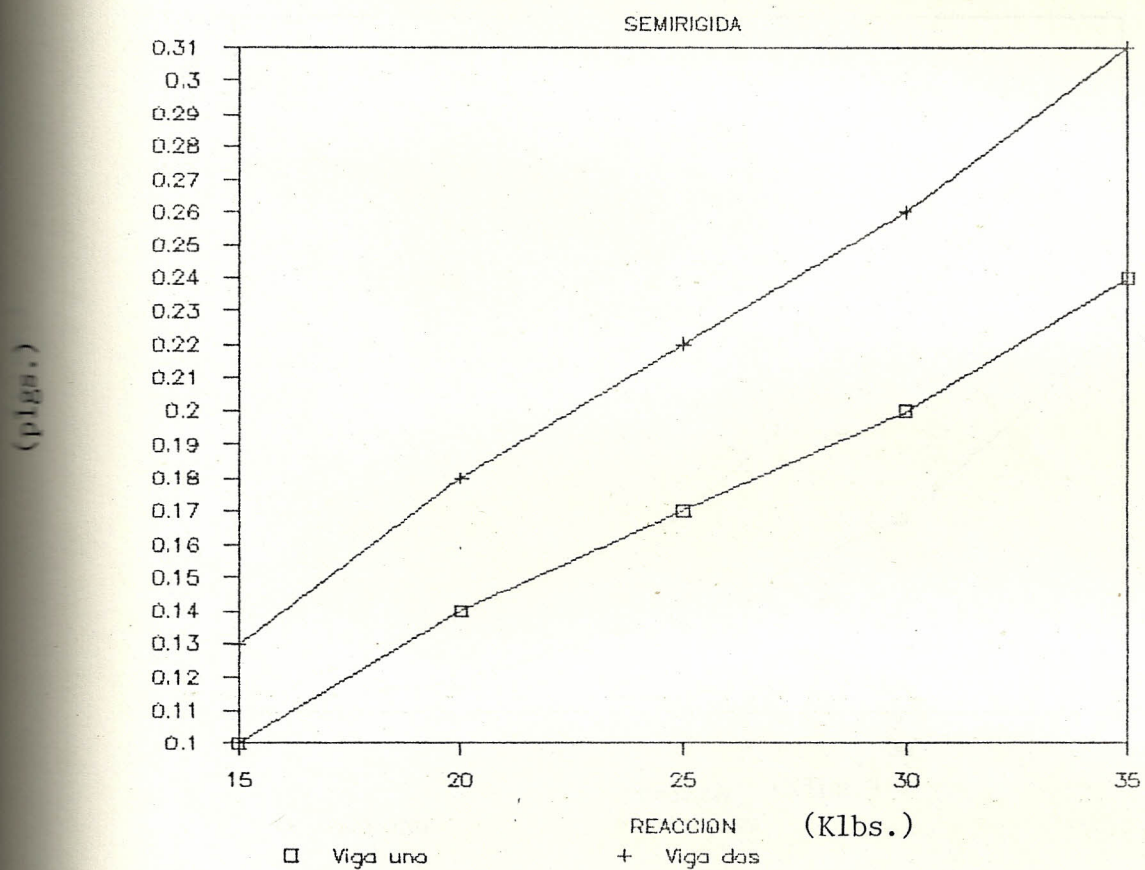


Figura # 29
ESPESOR DEL ANGULO VS REACCION

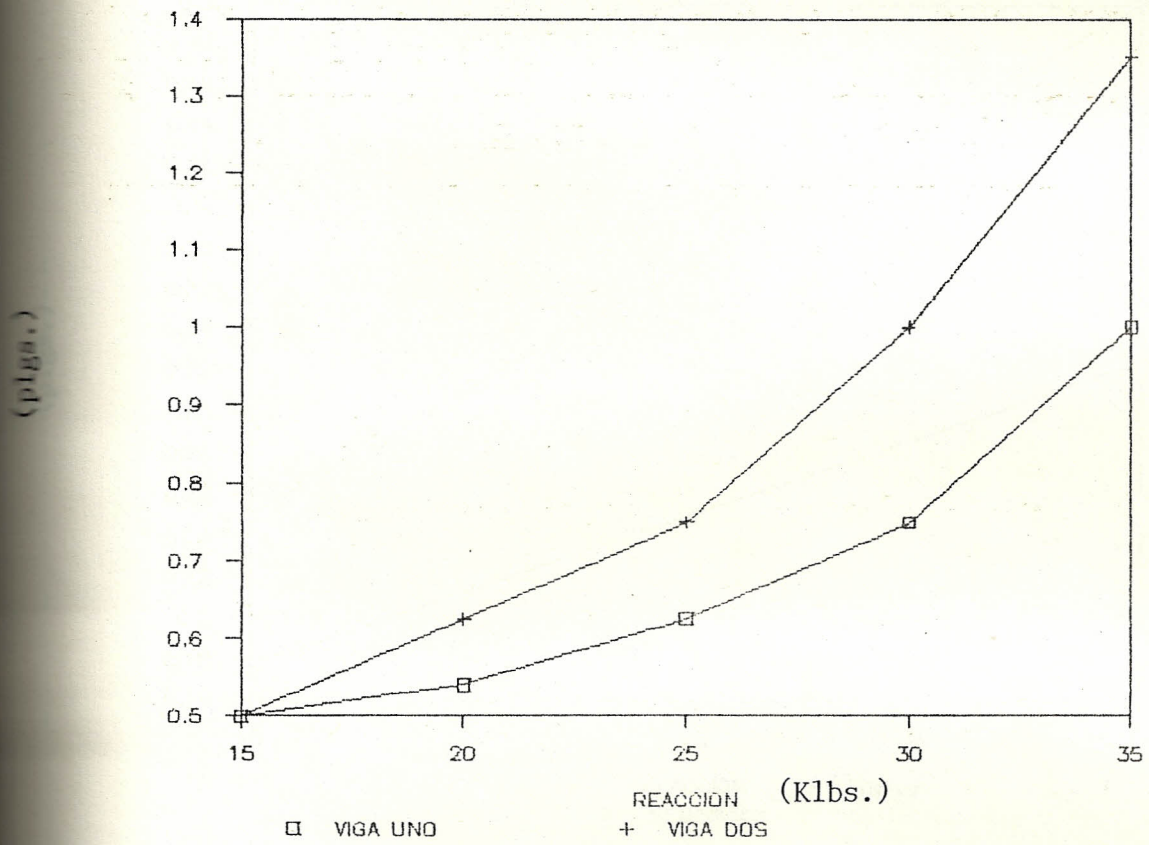
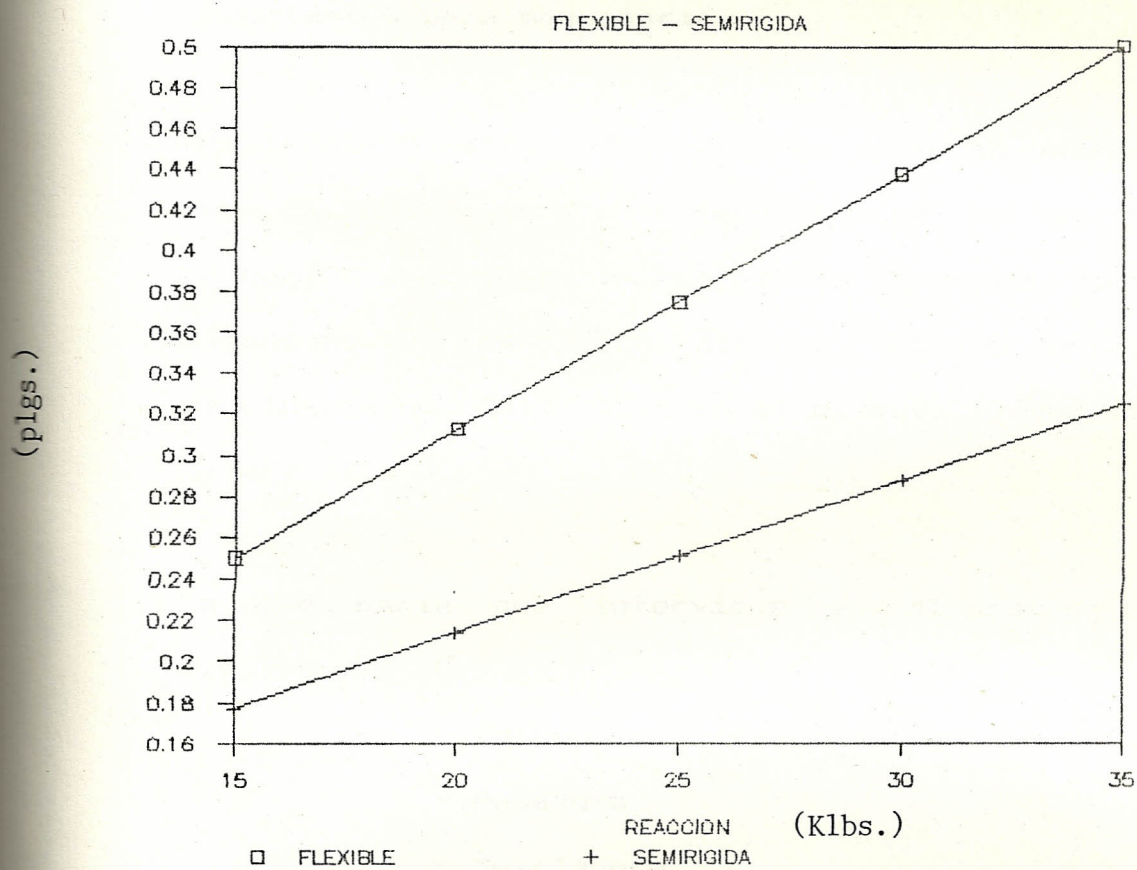


Figura # 30
COMPARACION TAMANO SOLDADURA PLACA



3.3 APLICACION PRACTICA DEL PROGRAMA PARA EL DISEÑO DE SOLDADURA EN BASES ESTRUCTURALES PARA MAQUINARIA.

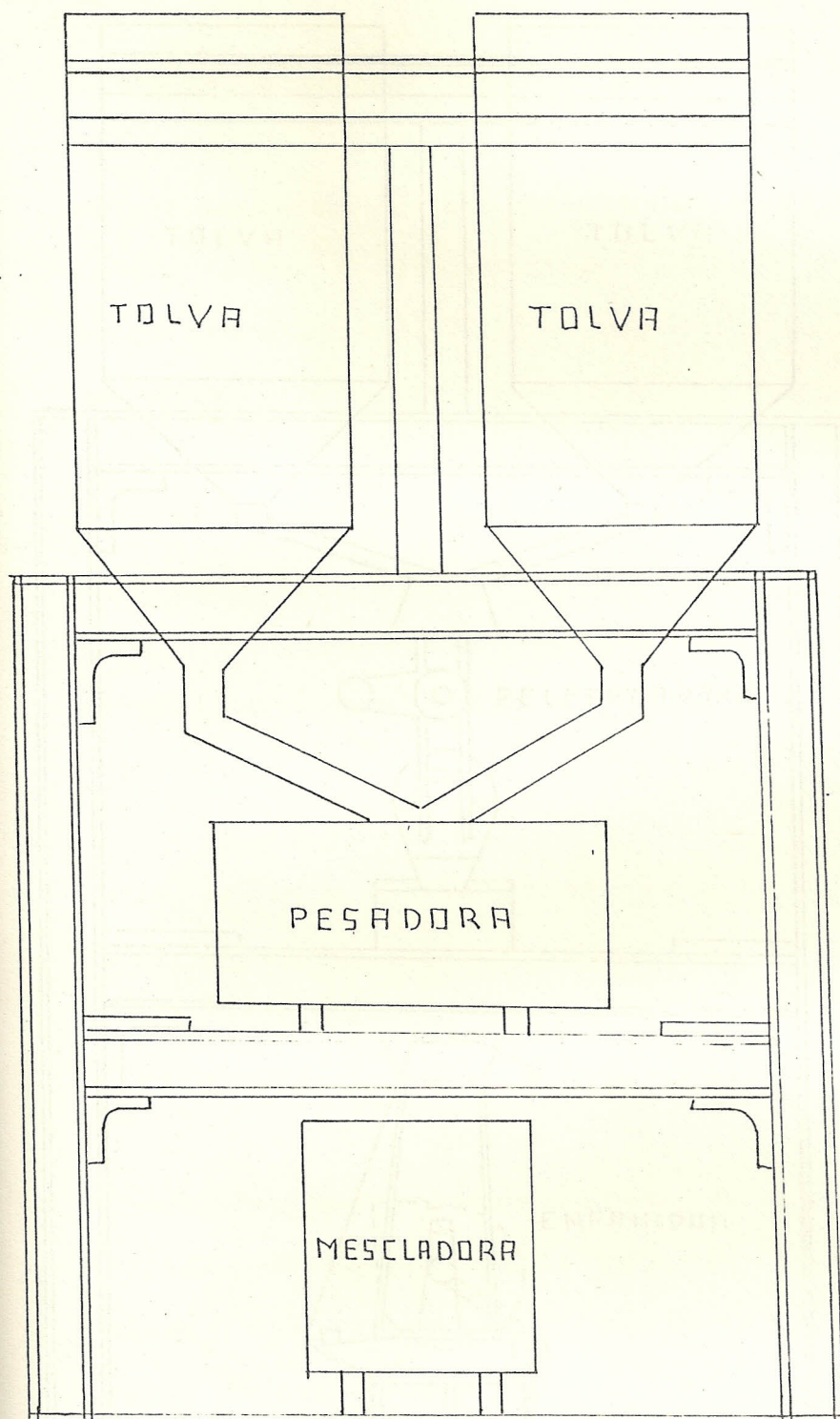
El diseño de uniones soldadas VIGA-COLUMNA encuentra su aplicación en la construcción de estructuras soportantes para maquinaria.

Una planta para la elaboración de alimento balanceado para camarones es una aplicación ideal de este caso: ya que el proceso se lo realiza en dirección vertical diseñando varios pisos para el soporte de toda la maquinaria que interviene en el mismo. (Ver figura 31,a y 31,b).

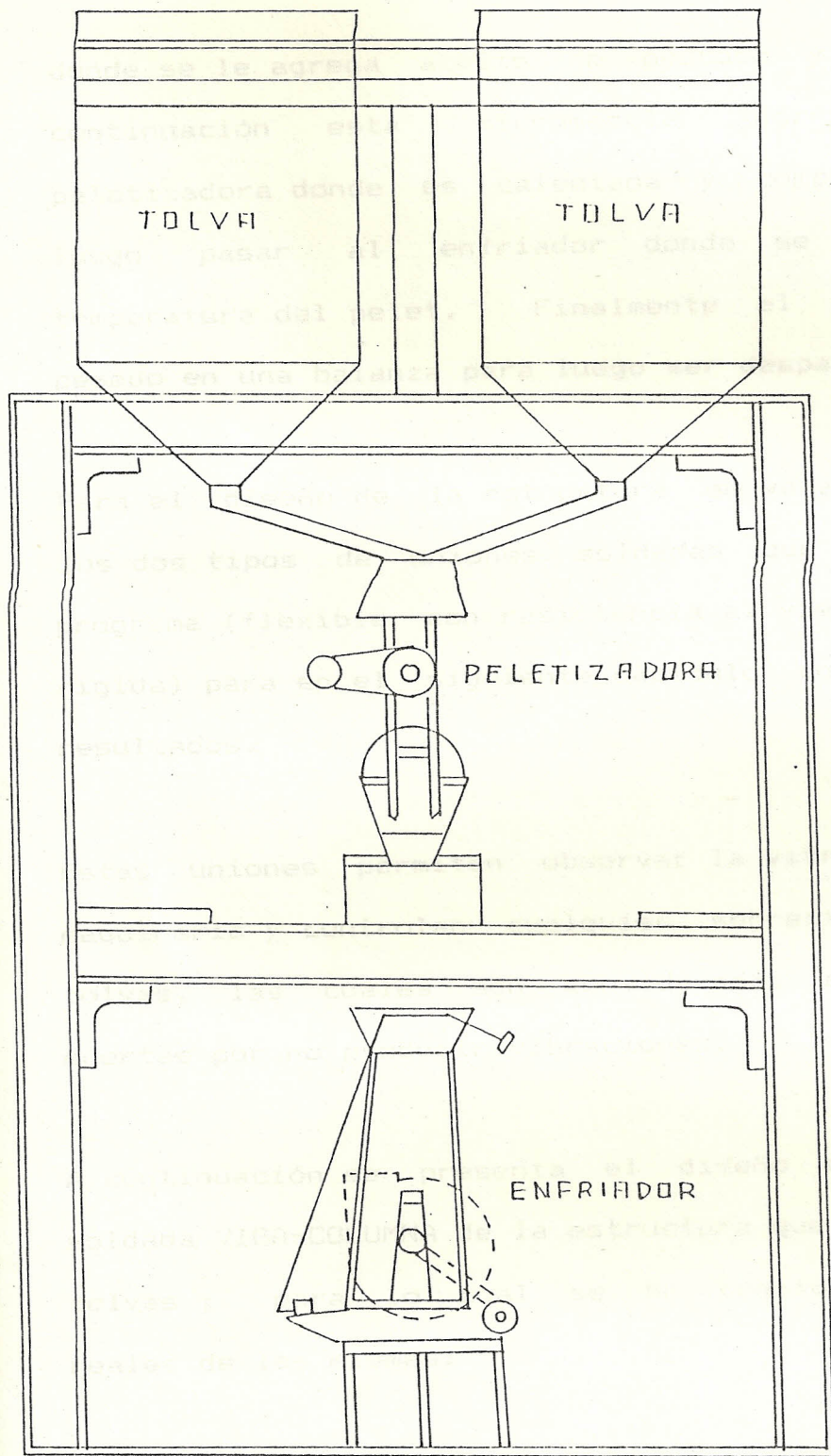
La maquinaria que interviene en el proceso es la siguiente.

- Tolvas
- Pesadora
- Mezcladora
- Peletizadora
- Enfriadora
- Balanza

La materia prima (harina de pescado, harina de trigo, harina de banano, harina de soya, harina de yuca, trigo en grano, polvillo de arroz) que se deposita en las tolvas, una vez pesada, pasa a la mezcladora



APLICACION PRACTICA: TOLVAS, PESADORA, MESCLADORA
Figura 31,a



APLICACION PRACTICA: TOLVAS, PELETIZADORA, ENFRIADOR
Figura 31, b

donde se le agrega aceite de pescado y agua. A continuación esta micromezcla ingresa a la peletizadora donde es calentada y comprimida para luego pasar al enfriador donde se regula la temperatura del pelet. Finalmente el producto es pesado en una balanza para luego ser despachado.

Para el diseño de la estructura se va a considerar los dos tipos de uniones soldadas que analiza el programa (flexible con resistencia al viento y semi-rigida) para en el siguiente capítulo comparar sus resultados.

Estas uniones permiten observar la vibración de la maquinaria y controlan cualquier sobrecarga en las tolvas, las cuales son consideradas como cargas muertas por no producir vibraciones.

A continuación se presenta el diseño de la unión soldada VIGA-COLUMNA de la estructura que soporta las tolvas ; para lo cual se ha considerado cargas reales de las mismas:

TABLA DE DATOS

	DISEÑO FLEXIBLE CON RESISTENCIA AL VIENTO	DISEÑO SEMIRIGIDO
R (Klbs)	11	11
VIGA	W 12 x 40	W 12 x 40
MOMENTO (plg-klbs)	$m_x = 396$	$m_f = 198$
L_h (plg)	2	3
L_v (plg)	3	3
t (plg)	1/2	5/8
B (plg)	8	8
h_o (plg)	4	4
R_s	---	80

TABLA DE RESULTADOS

	DISEÑO FLEXIBLE CON RESISTENCIA AL VIENTO	DISEÑO SEMIRIGIDO
TP (plg)	0.23	0.15
Lo (plg)	6.5	7
Wc (plg)	5	5
T (plg)	5	5
e (plg)	1.5	0.5
r (plg)	0.5	0.5
Ws (plg)	4/16	3/16
Wsa (plg)	7/16	9/16

Un análisis de costo del material depositado se puede hacer en función al peso por unidad de longitud del material depositado; el cual se lo encuentra en el código de la Lincoln y depende del tamaño de soldadura aplicado.

El análisis para la placa superior es el siguiente:

Peso por unidad de longitud del material depositado
= 0.867 lbs/pie. (Ref. 5).

La longitud de la soldadura a tope con la columna es de 5 plg. Como se trata de 8 placas para construir el cuadro estructural tenemos:

Longitud soldada = (5 plg.) (8) = 40 plg.

Por lo tanto el peso total del material depositado es:

Peso = (0.867 lb/pie) $\frac{(1 \text{ pie})}{12 \text{ plg.}}$ (40 plg.) = 2.89 lb.

En catálogos de AGA se encuentra que el precio de una libra de electrodo E 6013 es: \$442; entonces el costo de las 2.89 lbs es:

$$\underline{\text{costo}} = \$ 1277.38$$

Si ahora se analiza el costo del filete de soldadura

que une la placa superior con el ala superior de la viga, tenemos:

Peso por unidad de longitud del material depositado =
0.0922 lb/pie. (Ref. 5).

Longitud soldada = (4 plg) (8) + (1plg) (8) = 40 plg.

Peso = (0.0922 lb/pie) $\frac{(1 \text{ pie})}{12 \text{ plg.}}$ (40 plg.) = 0.31 lb.

$$\text{costo}_2 = \$ 135.84$$

En el análisis del asiento de ángulo flexible se considera el filete que une la longitud vertical del ángulo con la columna:

Peso por unidad de longitud del material depositado
= 0.936 lb/pie. (Ref. 5).

Longitud soldada = (3plg) (2) (8) = 48 plg.

Peso = (0.936 lb/pie) $\frac{(1 \text{ pie})}{12 \text{ plg.}}$ (48 plg.) = 3.74 lb.

$$\text{costo}_3 = \$ 1654.85$$

COSTO TOTAL DE SOLDADURA = COSTO ₁ + COSTO ₂ + COSTO ₃ =

$$\text{COSTO TOTAL} = \$ 3068$$

CAPITULO IV

ANALISIS DE RESULTADOS

Si se analiza los gráficos del tamaño de soldadura del ángulo versus la reacción (figuras 15, 16, 22, 23). Tanto para la unión flexible como para la semi-rígida, se observa que la grafica es lineal e incrementa a medida que la reacción aumenta.

Con esto se demuestra la formula para el cálculo del tamaño de soldadura del ángulo (sección 1.3.1.3.c.); la cual depende de la reacción (R) en una forma lineal.

Al comparar la viga uno con la viga dos para el caso flexible (figura 17), se tiene que la pendiente de la viga dos es mayor que la uno; mientras que para el caso semi-rígido (figura 24), son casi paralelas. Esto se debe al efecto del viento que se considera en el caso flexible afectando en mayor forma a la viga dos.

Si se hace un analisis entre las vigas consideradas, tanto para el caso flexible como para el semi-rígido (figura 17 y 24), se observa que para conseguir este tipo de uniones, se necesita un mayor tamaño de soldadura con la viga dos que con la uno.

Esto se debe a que las dimensiones de la viga dos son menores con respecto a la viga uno; lo que implica que se necesita un mayor tamaño de soldadura para resistir la misma carga; ya que al ser la viga de menor dimensiones ofrece una menor resistencia a la carga, lo cual tiene que ser recompensado por el tamaño de soldadura.

De esto se deduce que la placa (figuras 18, 19, 25, 26) también tiene una correspondencia lineal con la carga (R) como se puede observar en los diagramas de flujo de las secciones (2.2.1.3.) y (2.2.1.4).

Los gráficos obtenidos demuestran que el tamaño de soldadura de placa (w_s) depende linealmente del área mínima de la placa (A_M) que a su vez depende, también en forma lineal, de la fuerza (F) en donde esta incluido el valor de la reacción (R).

El mismo comportamiento presenta el espesor de la placa (T_p) versus la reacción (R) (figuras 21 y 28); ya que en el programa se ingresan valores iguales de w_s y T_p con la finalidad de que el tamaño de soldadura de la placa (w_s) sea menor o igual al espesor (T_p) de la misma.

Si se compara las gráficas del tamaño de soldadura de la placa (figuras 20 y 27), tanto para el caso flexible como para el semi-rigido, se observa que el tamaño de soldadura

es menor para la viga dos, de lo que se deduce su ventaja.

Pero si se observa la gráfica del espesor de la placa versus la reacción (figuras 21 y 28), se encuentra que el espesor de la placa es menor para la viga uno, lo que implica una ventaja en reducción del material de construcción de la placa.

En este momento es importante comparar los tamaños de soldadura del ángulo y de la placa de la viga uno con la viga dos, para ambos casos, con la finalidad de escoger cual de las dos vigas es más conveniente.

Si se analiza las escalas o valores de los gráficos del tamaño de soldadura de la placa, se observa que son considerablemente menores con respecto a los valores del tamaño de soldadura del ángulo, para ambos casos.

Basándonos en esto y en el análisis anterior sobre el espesor de la placa, se deduce que la viga uno es más conveniente para los dos tipos de diseño.

Si se analiza la figura 29, se observa que el espesor del ángulo tiene un desarrollo parabólico con respecto a la reacción. Con esto se demuestra la fórmula para el cálculo del espesor del ángulo, la cual es una función cuadrática de la reacción (R) (ver sección 1.3.1.3.a).

Como se observa, con la viga uno se necesita un menor espesor del ángulo para los dos tipos de diseño.

Si se compara los dos tipos de diseño, flexible y semi-rígido, se observa que el tamaño de soldadura del ángulo para los dos casos es el mismo; lo que indica que la diferencia en el tipo de unión se encuentra en el diseño de la placa de conexión superior.

Si se analiza la figura 30, se observa que el tamaño de soldadura requerido para la unión flexible es mayor que para el otro caso. Además, si se comparan los valores de la longitud soldada de la placa a la viga (a), en las tablas de resultados, se encuentra que esta longitud es mayor en una pulgada para el caso flexible que para la unión semi-rígida. Este incremento, tanto del cordón de soldadura como de su tamaño, es necesario para resistir el incremento de los esfuerzos debido al efecto del viento sobre la unión.

Analizando los resultados de la aplicación práctica (sección 3.3) se observa que para el diseño flexible se obtuvo un tamaño de soldadura (W_{sa}) menor que para el diseño semi-rígido. Esto se debe a que en el caso flexible, al ser el espesor del ángulo menor, presenta un área efectiva de soldadura menor con la consiguiente disminución del tamaño de soldadura.

Es importante resaltar que en el diseño flexible se necesita una longitud de ala horizontal del ángulo menor que en el caso semi-rígido; obteniéndose con esto una disminución de material y por lo tanto de costos.

Si se analiza la placa superior se observa que el espesor (T_p) diseñado para el caso flexible con resistencia al viento es mayor que en el otro caso. Este es uno de los motivos para que el tamaño de soldadura resulte mayor en la unión flexible; ya que al ser el espesor mayor presenta una área efectiva de soldadura mayor para el filete.

Es interesante anotar que la longitud total de la placa superior (L_p) es mayor para el caso semi-rígido; ya que al ofrecer la unión una mayor rigidez, necesita que la longitud de la placa sea incrementada con lo cual se reduce el ángulo de rotación de la conexión; tomando en cuenta también el incremento de la longitud del ala horizontal del ángulo.

Se observa también que la longitud soldada de la placa (a) con el ala superior de la viga para el caso flexible es mayor. Esto se debe a que en este tipo de unión, para conseguir la resistencia al viento, se incrementa en $1/3$ la resistencia de la soldadura (como se analizó en la sección 1.3.2) y para poder conseguir esto, es necesario incrementar la longitud del filete de soldadura.

El motivo principal para que el tamaño de soldadura de la placa superior sea mayor en el caso flexible, es que con esto se consigue resistir el incremento de $1/3$, debido al viento, en el esfuerzo permisible que recomienda el Código de la AISC para este tipo de unión.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En base al estudio desarrollado se obtienen las siguientes conclusiones:

- 1.- El diseño de uniones soldadas viga-columna utilizando computadora es más ventajoso que cualquier método manual de cálculo, debido a su rapidez y a que no se necesita construir un prototipo para ser ensayado, disminuyéndose así los costos.
- 2.- Una de las mayores ventajas que ofrece el programa para el diseño de uniones soldadas viga-columna, es el cálculo exacto del tamaño de soldadura requerido; evitándose con esto el exceso del tamaño de soldadura, que es uno de los mayores factores que elevan el costo de la misma.
- 3.- En base al análisis computacional se determina que el tamaño de soldadura utilizado para conseguir la unión en la viga uno (W 18*40) es menor que para la viga dos (W 14*30); presentando además, una ventaja en reducción del material para la construcción de la placa superior. El tamaño de soldadura es menor debido a que el módulo de sección de la viga uno es

mayor por ser de mayores dimensiones que la viga dos; lo cual influye en el esfuerzo flector de la unión disminuyéndolo, con la consiguiente disminución del tamaño de soldadura por existir una dependencia lineal entre estas dos variables.

- 4.- Dependiendo del grado de vibración de la aplicación de la carga, se debe diseñar una unión viga-columna: para maquinaria de elevada vibración se necesita una unión flexible que la absorva; mientras que para cargas muertas o maquinaria de leve vibración se puede utilizar uniones semi-rígidas o rígidas.

Entre las recomendaciones podemos citar las siguientes:

- 1.- Debido a los resultados satisfactorios obtenidos en este estudio, se recomienda la utilización de este programa en otras aplicaciones, tales como: el diseño de uniones soldadas viga-columna para la construcción de un carro de desplazamiento longitudinal para un varadero; así como, para cualquier diseño de estructuras para el soporte de maquinaria, construcción de edificios o puentes, etc.
- 2.- Se recomienda también, modificar el programa para que ofrezca la oportunidad de graficar los resultados y así poder analizar el comportamiento del tamaño de

soldadura con respecto a la variación de cualquier variable del problema. Además, se debe incluir en el programa el cálculo de la reacción (R) con el solo ingreso del valor de la carga distribuida (w). Con esto se consigue una mayor versatilidad; ya que se evita el realizar cálculos manuales.

- 3.- Se recomienda además, que se traduzca el lenguaje Basic actual del programa en un lenguaje Basic Estructurado; para evitar el uso del GOTO que en el momento de analizar el diagrama de flujo del programa crea complicaciones en el sentido de que no permite una fácil comprensión del mismo.

A P E N D I C E

LISTADO DEL PROGRAMA

"DISEÑO DE UNIONES SOLDADAS VIGA-COLUMNA"

```

10
20 KEY OFF :CLS : SCREEN 1,0 : COLOR 0,0
30 CHOSEN = 0
40 FOR I=1 TO 4
50 LINE(I,I)-(320-I,200-I),2,B
60 NEXT I
70 LOCATE 3,5:PRINT "*DISEÑO DE SOLDADURA"
80 LOCATE 5,14:PRINT "USANDO COMPUTADORA*"
90 LOCATE 7,9:PRINT "Conexion Viga-Columna"
100 LOCATE 9,15 :PRINT"BIENVENIDO!!"
110 LOCATE 11,5 :PRINT"Este programa esta escrito por:"
120 LOCATE 12,10 :PRINT "Hsing-Sen Steven Hsiao"
130 LOCATE 14,5 :PRINT"Consultor:"
140 LOCATE 15,10 :PRINT"Prof. C.L. Tsai"
150 LOCATE 16,12 :PRINT"Ene. 1986"
160 LOCATE 18,5 :PRINT"Traduccion : Rodrigo Silva Vela"
170 LOCATE 20,5 :PRINT"Derechos reservados"
180 LINE(5,160)-(315,195),1,BF
190 LOCATE 22,5 :PRINT "pres. la BARRA esp. para continuar."
200 A$=INPUT$(1)
210 IF A$<>CHR$(32) GOTO 190
220 SCREEN 0:COLOR 14,0:WIDTH 80:CLS
230 LOCATE 10,5:PRINT "Que tipo de monitor esta usted usando:"
240 LOCATE 13,8:PRINT "1. RGB monitor a color"
250 LOCATE 15,8:PRINT "2. monitor monocromatico"
260 LOCATE 18,5:INPUT "===> ",MONTYPE
270 IF MONTYPE <> 1 AND MONTYPE <> 2 THEN LOCATE 18,5:PRINT "
": GOTO 260
280 SCREEN 1,0:COLOR 0,0:CLS
290 IF MONTYPE = 2 THEN COLOR 0,1
300 FOR I=1 TO 4
310 LINE(I,I)-(320-I,200-I),2,B
320 NEXT I
330 IF MONTYPE = 2 THEN GOTO 350
340 LINE(5,5)-(315,195),1,BF
350 LOCATE 5,4 :PRINT" Este programa esta escrito para"
360 LOCATE 6,4 :PRINT" ayudar al diseno de soldadura"
370 LOCATE 7,4 :PRINT" de conexiones viga-columna usando"
380 LOCATE 8,4 :PRINT" un angulo de asiento flexible con"
390 LOCATE 9,4 :PRINT" una placa superior con resistencia"
400 LOCATE 10,4 :PRINT" al viento o con una placa superior"
410 LOCATE 11,4 :PRINT" semi-rigida"
420 LOCATE 15,4 :PRINT" Para disenar Placa Superior con"
430 LOCATE 16,4 :PRINT" Resistencia al Viento con Asiento"
440 LOCATE 17,4 :PRINT" de Angulo Flexible ? "
450 LOCATE 18,10 :PRINT"DIGITE =====> 1"
460 LOCATE 20,4 :PRINT" Para Disenar Placa Superior "
470 LOCATE 21,4 :PRINT" Semi-Rigida con Asiento de Angulo "
480 LOCATE 22,4 :PRINT" Flexible? "
490 LOCATE 23,10 :PRINT"DIGITE =====> 2" :LOCATE 24,5
500 INPUT J

```

```

510 PI=3.141593
520 GOSUB 720          'PARA MOSTRAR GRAFICO DE LA CONEXION
530 'label the name user$
540 IF USER$ <> "" AND USER$ <> " " THEN GOSUB 7470
550 GOSUB 2040        'PARA DISENAR ASIENTO DE ANGULO FLEXIBLE
560 ON J GOSUB 3510, 4290
570 'subrutina 3000 para diseno de PLACA SUPERIOR RIGIDA
580 'subrutina 4000 para diseno de PLACA SUPERIOR SEMI-RIGIDA
590 GOSUB 5510        'mostrar los resultados
600 LINE(5,180)-(635,195),,BF
610 LOCATE 25,5 : PRINT "presione ENTER para continuar el programa.";
620 LOCATE 24,5 : PRINT "presione ESC para salir."; : LOCATE 1,1
630 A$=INPUT$(1)
640 IF A$=CHR$(13) GOTO 280
650 IF A$=CHR$(27) THEN RUN "GREET"
660 PRINT CHR$(7) : LINE(5,170)-(635,215),,BF : GOTO 610
670 END
680 '
690 '
700 '
710 '
720 'subrutina pantalla asiento de angulo y placa superior
730 KEY OFF: CLS: SCREEN 1,0: COLOR 7,0 'white background for hard c
740 IF MONTYPE = 2 THEN COLOR 0,1
750 IF CHOSEN THEN GOTO 890
760 FOR I=1 TO 4
770 LINE (0+I,80+I)-(320-I,145-I),3,B
780 NEXT I
790 LOCATE 12,2 : PRINT "INGRESE SU TIPO DE COMPUTADORA:"
800 LOCATE 14,10:PRINT "1. IBM 3270"
810 LOCATE 15,10 : PRINT "2. IBM PC"
820 LOCATE 17,10:PRINT SPC(29)
830 LOCATE 17,10:INPUT ANSWER
840 IF ANSWER = 1 THEN VASPECT = .8
850 IF ANSWER = 2 THEN VASPECT = 1.2
860 IF ANSWER <> 1 AND ANSWER <> 2 THEN GOTO 820
870 ASPECT=1/VASPECT '3270--0.8 PC--1.2
880 CHOSEN = 1
890 GOSUB 7330
900 IF MONTYPE = 2 THEN COLOR 7,0 ELSE COLOR 12,1
910 CLS
920 LOCATE 6,7:PRINT "Desea ud. ver primero"
930 LOCATE 7,7:PRINT "una lista de explicacion"
940 LOCATE 8,7:PRINT "de simbolos? (s/n)"
950 LOCATE 11,7:INPUT "===> ",A$
960 IF A$ = "s" OR A$ = "S" THEN GOSUB 6770
970 SCREEN 1,0:COLOR 7,0:CLS
980 IF MONTYPE = 2 THEN COLOR 0,1:CLS
990 FOR I=1 TO 4
1000 LINE (0+I,0+I)-(320-I,200-I),3,B
1010 NEXT I
1020 'subrutina pantalla asiento de angulo

```

```

1030 LINE (40,53)-(55,147),1,BF
1040 LINE (55,61)-(122,64),2,B
1050 LINE(55,61)-(64,61),2 : LINE-(55,64),2:LINE-(55,61),2:
    PAINT(56,62),3,2
1060 LINE(80,61)-(80,64),2
1070 LINE(68,65)-(195,105),1,B : LINE(68,72)-(195,72),1 :
    LINE(68,98)-(195,98),1
1080 LINE(92,90)-(92,106),3 : LINE(94,103)-(92,106),3 :
    LINE-(90,103),3
1090 LINE(55,106)-(116,106),2 : LINE-(116,106+8.100001*VASPECT),2 :
    LINE-(75,106+8.100001*VASPECT),2
1100 IF VASPECT=1.2 GOTO 1130
1110 CIRCLE(75,106+8.100001*VASPECT+12*ASPECT),12*ASPECT,2,PI/2,PI,
    ASPECT
1120 GOTO 1140
1130 CIRCLE(75,106+8.100001*VASPECT+12*ASPECT),12,2,PI/2,PI,ASPECT
1140 LINE(63,106+8.100001*VASPECT+12*ASPECT)-(63,139),2 :
    LINE-(55,139),2
1150 LINE(223,65)-(269,65),1 : LINE-(269,65),1 : LINE-(269,72),1 :
    LINE-(256,72),1
1160 LINE(250,72+6*ASPECT)-(250,98-6*ASPECT),1
1170 LINE(256,98)-(269,98),1 : LINE-(269,105),1 : LINE-(223,105),1
1180 LINE-(223,98),1 : LINE-(236,98),1
1190 LINE(242,(98-6*ASPECT))-(242,72+6*ASPECT),1
1200 LINE(236,72)-(223,72),1 : LINE-(223,65),1
1210 IF VASPECT=1.2 GOTO 1270
1220 CIRCLE(256,72+6*ASPECT),6*ASPECT,1,PI/2,PI,ASPECT
1230 CIRCLE(256,(98-6*ASPECT)),6*ASPECT,1,PI,3*PI/2,ASPECT
1240 CIRCLE(236,(98-6*ASPECT)),6*ASPECT,1,3*PI/2,0,ASPECT
1250 CIRCLE(236,72+6*ASPECT),6*ASPECT,1,0,PI/2,ASPECT
1260 GOTO 1310
1270 CIRCLE(256,72+6*ASPECT),6,1,PI/2,PI,ASPECT
1280 CIRCLE(256,(98-6*ASPECT)),6,1,PI,3*PI/2,ASPECT
1290 CIRCLE(236,(98-6*ASPECT)),6,1,3*PI/2,0,ASPECT
1300 CIRCLE(236,72+6*ASPECT),6,1,0,PI/2,ASPECT
1310 LINE(214,106)-(278,139),2,B
1320 LINE(214,106+8.100001*VASPECT)-(278,106+8.100001*VASPECT),2
1330 LINE(226,61)-(266,64),2,B
1340 LINE(231,61)-(231,64),2 : LINE(261,61)-(261,64),2
1350
1360 LINE(50,84)-(55,84),3 : LINE(68,84)-(72,84),3
1370 LOCATE 11, 8 : PRINT "S"
1380 LOCATE 11,12 : PRINT "R"
1390 LOCATE 11,25 : PRINT " "
1400 LOCATE 12,25 : PRINT " "
1410 LINE (195,80) - (192,84),1
1420 LINE - (198,90),1
1430 LINE - (195,95),1

```

```

1440 LINE(195,70)-(207,70),3:LINE(195,102)-(207,102),3:
      LINE(201,70)-(201,102),3
1450 LOCATE 11,26 :PRINT"D"
1460 LINE(130,61)-(150,61),3 :LINE(140,58)-(140,61),3 :
      LINE(140,64)-(140,70),3
1470 LOCATE 7,18 :PRINT"Tp"
1480 LINE(75,118)-(75,132),3 :LINE(60,130)-(63,130),3 :
      LINE(75,130)-(78,130),3
1490 LOCATE 17, 9 :PRINT"r"
1500 LINE(55,148)-(55,158),3:LINE(63,140)-(63,152),3:
      LINE(116,118)-(116,158),3
1510 LINE(55,148)-(63,148),3
1520 LOCATE 19,9 :PRINT"t"
1530 LINE(55,154)-(116,154),3
1540 LOCATE 20,11 :PRINT"Lh"
1550 LINE(237,82)-(242,82),3 :LINE(250,82)-(255,82),3
1560 LOCATE 11,33 :PRINT"Tw"
1570 LINE(256,(98-6*ASPECT))-(300,(98-6*ASPECT)),3
1580 LINE(284,105)-(300,105),3 :
      LINE(290,(98-6*ASPECT))-(290,105),3
1590 LOCATE 13,36 :PRINT"Kb"
1600 LINE(197,106)-(207,106),3 :LINE(197,139)-(207,139),3
1610 LINE(200,106)-(200,139),3
1620 LOCATE 16,25 :PRINT"Lv"
1630 LINE(214,142)-(214,148),3:LINE(278,142)-(278,148),3
1640 LINE(214,145)-(278,145),3
1650 LOCATE 19,32 :PRINT"B"
1660 `subroutine top plate
1670 LINE(55,15)-(116,48),2,B :LINE(116,19)-(116,44),0
1680 LINE(67,19)-(193,44),1,B :LINE(67,21)-(67,42),0
1690 LINE(104,21)-(128,42),3,BF :LINE(104,24)-(122,39),0,BF
1700 LINE(55,21)-(64,42),3,BF
1710 LINE(74,42)-(55,42),2 :LINE-(55,21),2 :LINE-(74,21),2
1720 LINE((74+3/ASPECT),24)-(122,24),2 :LINE-(122,39),2
1730 LINE-((74+3/ASPECT),39),2
1740 IF VASPECT=1.2 GOTO 1780
1750 CIRCLE((74+3/ASPECT),21),3,2,PI,3*PI/2,ASPECT
1760 CIRCLE((74+3/ASPECT),42),3,2,PI/2,PI,ASPECT
1770 GOTO 1800
1780 CIRCLE((74+3/ASPECT),21),3/ASPECT,2,PI,3*PI/2,ASPECT
1790 CIRCLE((74+3/ASPECT),42),3/ASPECT,2,PI/2,PI,ASPECT
1800 LINE(36,21)-(53,21),3 :LINE(36,42)-(53,42),3 :
      LINE(43,21)-(43,42),3
1810 LOCATE 4,5 :PRINT"Wc"
1820 LINE(55,5)-(55,13),3 :LINE(122,5)-(122,18),3 :
      LINE(50,6)-(122,6),3
1830 LOCATE 2,5 :PRINT"Lp"
1840 LINE(74+3/ASPECT,40)-(74+3/ASPECT,56),3 :
      LINE(104,43)-(104,56),3
1850 LINE(74+3/ASPECT,52)-(120,52),3
1860 LINE(104,9)-(104,20),3 :LINE(104,12)-(128,12),3
1870 LOCATE 7,16 :PRINT"l" :LOCATE 2,17 :PRINT"a"

```

```

1880 LINE(130,24)-(150,24),3:LINE(130,39)-(150,39),3:
      LINE(140,24)-(140,39),3
1890 LOCATE 5,19 :PRINT"Wp"
1900 LOCATE 4,25 :PRINT" "
1910 LOCATE 5,25 :PRINT" "
1920 LINE (193,24) - (190,28),1
1930 LINE - (196,35),1
1940 LINE - (193,40),1
1950 LINE(5,165)-(315,195),2,BF
1960 RETURN
1970 '
1980 '
1990 '
2000 LINE(5,165)-(315,195),2,BF
2010 RETURN
2020 '
2030 '
2040 'subr. diseno de asiento de angulo
2050 PI = ATN(1)*4
2060 LOCATE 23,3 :PRINT "Ingrese Fuerza de Reaccion (kips)"
2070 LOCATE 24,3 :PRINT "R===> ";LOCATE 22,31
2080 INPUT R
2090 LINE(5,165)-(315,195),2,BF
2100 LOCATE 23,3 :PRINT "Ingrese Resistencia a la Fluencia"
2110 LOCATE 24,3:PRINT "de la Viga (kpsi) Fyb===> ";
      LOCATE 22,31
2120 INPUT YB
2130 LINE(5,165)-(315,195),2,BF
2140 LOCATE 23,3 :PRINT "Ingrese Resistencia a la Fluencia"
2150 LOCATE 24,3:PRINT "del Angulo (kpsi) Fya===> ";
      LOCATE 22,31
2160 INPUT YA
2170 LINE(5,165)-(315,195),2,BF
2180 LOCATE 23,3 :PRINT "Ingrese Espesor del Alma de "
2190 LOCATE 24,3:PRINT "la Viga (in) tw===> ";
      LOCATE 22,31
2200 INPUT TW
2210 GOSUB 2000
2220 LOCATE 23,3 :PRINT "Ingrese Altura de la "
2230 LOCATE 24,3:PRINT "Viga (in) Db===> ";LOCATE 22,31
2240 INPUT DB
2250 GOSUB 2000
2260 LOCATE 23,3 :PRINT "Ingrese Espesor del Ala de "
2270 LOCATE 24,3:PRINT "la Viga (in) tf===> ";LOCATE 22,31
2280 INPUT FLNGTHK
2290 D = DB - FLNGTHK
2300 GOSUB 2000
2310 LOCATE 23,3 :PRINT "Ingrese Ancho del Ala de "
2320 LOCATE 24,3:PRINT "la Viga (in) bf===> ";LOCATE 22,31
2330 INPUT FLNGWDTH
2340 GOSUB 2000
2350 LOCATE 23,3 :PRINT "Ingrese Area de la Seccion"

```

```

2360 LOCATE 24,3:PRINT "Transversal de la Viga (in^2) Ab===> ";:
      LOCATE 22,31
2370 INPUT AB
2380 TEMP = SQR((AB - 2*FLNGWDTH*FLNGTHK - TW*(D - 2*FLNGTHK)) /
      (4 - PI))
2390 KB = FLNGTHK + TEMP
2400 LINE(5,165)-(315,195),2,BF
2410 LOCATE 23,3 :PRINT "Ingreso Radio del Angulo (in) r===>"
2420 LOCATE 24,3 :PRINT "Ud. puede ingresar .375 para r."; :
      LOCATE 22,31
2430 INPUT RR
2440 LINE(5,165)-(315,195),2,BF
2450 LOCATE 23,3 :PRINT "Ingreso Resistencia Ultima del"
2460 LOCATE 24,3 :PRINT "Electrodo (ksi) Fue===> ";:LOCATE 22,31
2470 INPUT UE
2480 LINE(5,165)-(315,195),2,BF
2490 LOCATE 23,3 :PRINT "Ingreso dist. viga-col.(in) s===> " :
      LOCATE 22,31
2500 INPUT S
2510 LINE(5,165)-(315,195),2,BF
2520 LOCATE 23,3 :PRINT "Ingreso Ancho del Angulo (in). B===> " :
      LOCATE 22,31
2530 INPUT B
2540 LINE(5,165)-(315,195),2,BF
2550 LOCATE 23,3 :PRINT "Ingreso Aplicacion. AP$ ===> "
2560 LOCATE 24,3 :PRINT "BU para Edificio, BR para Puente."; :
      LOCATE 22,31
2570 INPUT AP$
2580 LINE(5,165)-(315,195),2,BF
2590 LOCATE 23,3 :PRINT "Ingreso Esp. Colum.(in). Tc===> " :
      LOCATE 22,31
2600 INPUT TC
2610 LINE(5,165)-(315,195),2,BF
2620 '
2630 '
2640 '
2650 BN=R/(.75*TW*YB)-KB
2660 E1=S+BN/2-RR
2670 A=6*R/(.75*YA*B)
2680 T = (.25*A*A+A*E1)^.5-.5*A
2690 LH=S+BN
2700 HL=LH : T0=T
2710 'seleccion dimensiones del angulo
2720 LOCATE 23,3 :PRINT "Ingreso Esp. del Angulo (in) t===>"
2730 LOCATE 24,5 :PRINT"t>="; :PRINT USING "##.###";T; :
      PRINT" (in)"; : LOCATE 22,31
2740 INPUT T
2750 LINE(5,165)-(315,195),2,BF
2760 LOCATE 23,3 :PRINT"Ingreso Ala H. del Angulo (in).Lh===>"
2770 LOCATE 24,5 :PRINT"Lh>="; :PRINT USING "##.###";LH; :
      PRINT" (in)"; :LOCATE 22,31
2780 INPUT LH
2790 LINE(5,165)-(315,195),2,BF

```

```

2800 LOCATE 23,3 :PRINT"Ingresa Ala V. del Angulo (in).Lv===>" :
      LOCATE 22,31
2810 INPUT LV
2820 LINE(5,165)-(315,195),2,BF
2830 LOCATE 22,3 :PRINT"Desea cambiar las dimensiones"
2840 LOCATE 23,3 :PRINT"del Angulo?(s/n)" :LOCATE 22.31
2850 A$=INPUT$(1)
2860 IF A$="s" OR A$="S" THEN LINE(5,165)-(315,195),2,BF :GOTO 2720
2870 IF A$="n" OR A$="N" GOTO 2910
2880 PRINT CHR$(7) :GOTO 2830
2890 '
2900 '
2910 'rechequeo de datos seleccionados
2920 BN=LH-S
2930 EF=S+BN/2-RR-T
2940 STS=R*EF/(B*T*T/6)
2950 IF STS <= (.75*YA) GOTO 3170
2960 LINE(5,165)-(315,195),2,BF
2970 LOCATE 22,3 :PRINT"seleccione Lh muy largo (o t muy delgado)"
2980 LOCATE 23,4 :PRINT"Lh="; :PRINT USING "###.###";LH;
      :PRINT"      t="; :PRINT USING "###.###";T
2990 LOCATE 24,5 :PRINT"pres. BARRA esp. para continuar."; :
      LOCATE 22,39
3000 A$=INPUT$(1)
3010 IF A$<>CHR$(32) GOTO 2960
3020 're-seleccionar dimensiones del angulo
3030 LINE(5,165)-(315,195),2,BF
3040 LOCATE 23,3 :PRINT"Ingresa Espesor de Angulo (in) t===> "
3050 LOCATE 24,2 :PRINT"t>="; :PRINT USING "##.###";T; :PRINT" (in)";
      :PRINT" t puede ser la misma"; : LOCATE 22,31
3060 INPUT T
3070 LINE(5,165)-(315,195),2,BF
3080 LOCATE 23,3 :PRINT"Ingresa Ala H. del angulo (in). Lh===> "
3090 LOCATE 24,2 :PRINT"Lh>="; :PRINT USING "##.###";HL;
      :PRINT" Lh<="; :PRINT USING "##.###";LH; :LOCATE 22,31
3100 INPUT LH
3110 LINE(5,165)-(315,195),2,BF
3120 LOCATE 23,3 :PRINT"Ingresa Ala V. del angulo (in). Lv===> " :
      LOCATE 22,31
3130 INPUT LV
3140 GOTO 2920
3150 '
3160 '
3170 E=S+BN/2
3180 QR=R/(2*LV)*(1+(6*E/LV)^2)^.5
3190 IF ((AP$="bu") OR (AP$="BU")) THEN QBAR=.3*UE*.707
      ELSE QBAR=.27*UE*.707
3200 W0=QR/QBAR
3210 GOSUB 6190
3220 IF ER=0 GOTO 3390
3230 LINE(5,165)-(315,195),2,BF
3240 LOCATE 22,3 :PRINT"error: welsiz > t."
3250 LOCATE 23,4 :PRINT"seleccione un Lv mas largo."
3260 LOCATE 24,5 :PRINT"pres. BARRA esp. para continuar."; :
      LOCATE 22,36

```

```

3270 A$=INPUT$(1)
3280 IF A$<>CHR$(32) GOTO 3230
3290 LINE(5,165)-(315,195),2,BF
3300 LOCATE 23,3 :PRINT "Ingr. Ala V. del angulo (in). Lv===>" :
LOCATE 22,31
3310 LOCATE 24,4 :PRINT "Lv>"; :PRINT USING "####.###"; LV; :
LOCATE 22,36
3320 INPUT LV
3330 E=S+BN/2
3340 QR=R/(2*LV)*(1+(6*E/LV)^2)^.5
3350 IF ((AP$="bu") OR (AP$="BU")) THEN QBAR=.3*UE*.707
ELSE QBAR=.27*UE*.707
3360 W0=QR/QBAR
3370 GOSUB 6190
3380 GOTO 3220
3390 LINE(5,165)-(315,195),3,BF
3400 LOCATE 22,3 :PRINT "Escoja un asiento de angulo."
3410 LOCATE 23,5 :PRINT "Pres. BARRA esp. para continuar";
3420 LOCATE 24,5 :PRINT "diseno de placa superior."; :LOCATE 23,38
3430 A$=INPUT$(1)
3440 IF A$<>CHR$(32) GOTO 3400
3450 GOSUB 5300
3460 W1$=WELDSIZE$
3470 RETURN
3480 '
3490 '
3500 '
3510 'subrutina para disenar placa superior rigida
3520 LINE(5,165)-(315,195),1,BF
3530 LOCATE 23,3 :PRINT "Ingrese Maximo Momento Flector"
3540 LOCATE 24,12 :PRINT "mx(in-kips) ===> "; :LOCATE 22,23
3550 INPUT MX
3560 LINE(5,165)-(315,195),1,BF
3570 LOCATE 23,3 :PRINT "Ingrese Resistencia de Fluencia"
3580 LOCATE 24,3 :PRINT "de la Placa Superior (ksi) Fyp===>"; :
LOCATE 22,31
3590 INPUT YP
3600 LINE(5,165)-(315,195),1,BF
3610 LOCATE 23,3 :PRINT "Ingrese Resistencia Ultima"
3620 LOCATE 24,3 :PRINT "del Electrodo (ksi) Fue2===> "; :
LOCATE 22,31
3630 INPUT U2
3640 LINE(5,165)-(315,195),1,BF
3650 MG=.25*MX 'MG: momento gravedad; MX: max. momento central
de carga
3660 MW=.5*MX 'MW: momento de viento
3670 F=(MG+MW)/D
3680 AM=F/((1+1/3)*.6*YP) 'AM: min. area sec. req. para placa
superior
3690 LINE(5,165)-(315,195),1,BF
3700 LOCATE 22,3 :PRINT "Seleccione (Wp,Tp,Ws) Combinacion:"
3710 LOCATE 23,3 :PRINT "para Wp*Tp >= "; :PRINT USING "####.###";AM
3720 LOCATE 24,5 :PRINT "pres. BARRA esp. para continuar."; :
LOCATE 22,35
3730 A$=INPUT$(1)
3740 IF A$<>CHR$(32) GOTO 3700

```

```

3750 LINE(5,165)-(315,195),1,BF
3760 LOCATE 22,3 :PRINT"Ingr. Ancho de la Pl. Sup. (in) Wp==>"
3770 LOCATE 23,4 :PRINT"Wp*Tp >= "; :PRINT USING "####.##";AM; :
LOCATE 24,34
3780 INPUT WP
3790 LINE(5,165)-(315,195),1,BF
3800 LOCATE 22,3 :PRINT"Ingr. Esp. de la Pl-Sup.(in)Tp==>"
3810 LOCATE 23,4 :PRINT USING "Tp >= ###.###";AM/WP; :LOCATE 24,34
3820 INPUT TP
3830 LINE(5,165)-(315,195),1,BF
3840 LOCATE 22,3 :PRINT"Ingr. Tam-Sold Pl. Sup.(in). Ws===>"
3850 LOCATE 23,4 :PRINT"Tp = "; :PRINT USING "##.###";TP; :
LOCATE 24,30
3860 INPUT WS
3870 LINE(5,165)-(315,195),1,BF
3880 LOCATE 23,3 :PRINT"re-seleccion (Wp, Tp, Ws)? (s/n)" :
LOCATE 22,30
3890 A$=INPUT$(1)
3900 IF A$="s" OR A$="S" GOTO 3690
3910 '
3920 '
3930 AP=WP*TP 'AP: area de la placa superior
3940 LW=(1+1/3)*.3*U2 'lw=esfuerzo permitido para soldadura
3950 AW=(F/(LW*WS*.707)-WP)/2 'AW: min. longitud del filete
de soldadura por lado
3960 IF AW < .5 THEN AW=.5 :GOTO 4000
3970 X=AW
3980 GOSUB 6730 'round AW up to .5
3990 AW=X
4000 SP=F/AP 'SP: esfuerzo sobre seccion Wp*Tp
4010 SC=F/(1.25*AP) 'SC: esfuerzo sobre seccion Wp*Wc si Wc=1.25*Wp
4020 IF SP <= LW THEN WC=WP : GOTO 4050
4030 IF SC < LW THEN WC=1.25*WP :GOTO 4050
4040 WC=(SP/LW)*WP
4050 PL=1.2*WP 'PL: longitud media placa superior, AW no incluida
4060 X=PL
4070 GOSUB 6730
4080 PL=X
4090 IF WC=WP THEN BL=PL+(WC-WP)/2+1 'BL: top plate length for
buckling cal.
4100 IF WC > WP THEN BL=PL
4110 TL=BL+AW 'TL: longitud total de la placa superior
4120 '
4130 '
4140 'chequea radio slender
4150 IF (BL/TP) < 24 GOTO 4230
4160 LOCATE 22,3 :PRINT"radio slenderness demasiado largo."
4170 LOCATE 23,3 :PRINT"seleccione un Tp! mas largo (old Tp=";
:PRINT USING "####.##";TP; :PRINT")"
4180 LOCATE 24,5 :PRINT"pres. BARRA esp. para continuar."; :
LOCATE 22,36
4190 A$=INPUT$(1)
4200 IF A$<>CHR$(32) GOTO 4160
4210 LINE(5,165)-(315,195),1,BF

```

```

4220 GOTO 3700
4230 W1=WS
4240 GOSUB 5300 'convertir tamaño de soldadura numerico en
una cadena de caracteres
4250 WS$=WELDSIZE$
4260 RETURN
4270 '
4280 '
4290 'subrutina para disenar placa superior semi-rigida
4300 LINE(5,165)-(315,195),1,BF
4310 LOCATE 23,3 :PRINT "Ingr. Momento Flector de Empotram.";
4320 LOCATE 24,5 :PRINT "in (in-kips) mf===> "; LOCATE 22,23
4330 INPUT MF
4340 LINE(5,165)-(315,195),1,BF
4350 LOCATE 23,3 :PRINT "Ingreso Resistencia a la Fluencia"
4360 LOCATE 24,3 :PRINT "de la placa superior (ksi) Fyp===> ";
LOCATE 22,31
4370 INPUT YP
4380 LINE(5,165)-(315,195),1,BF
4390 LOCATE 23,3 :PRINT "Ingreso Resistencia Ultima"
4400 LOCATE 24,7 :PRINT "del Electrodo (ksi) Fue2===> ";
LOCATE 22,31
4410 INPUT U2
4420 LINE(5,165)-(315,195),1,BF
4430 LOCATE 23,3 :PRINT "Ingreso Longitud Total de la"
4440 LOCATE 24,3 :PRINT "Viga (ft) Lb===> ";LOCATE 22,31
4450 INPUT LB
4460 LINE(5,165)-(315,195),1,BF
4470 LOCATE 23,3 :PRINT "Ingreso Radio de Giro de la"
4480 LOCATE 24,3 :PRINT "Viga (ft) Rg===> ";LOCATE 22,31
4490 INPUT RG
4500 LINE(5,165)-(315,195),1,BF
4510 LOCATE 23,3 :PRINT "Ingreso Rigidez (%) Rs===> ";
LOCATE 22,30
4520 INPUT RS
4530 RS=RS/100
4540 LINE(5,165)-(315,195),1,BF
4550 '
4560 ME=MF*RS
4570 AM=ME/(DB*.6*YP)
4580 LINE(5,165)-(315,195),1,BF
4590 LOCATE 22,3 :PRINT "seleccione (Wp,Tp,Ws) combinacion:"
4600 LOCATE 23,3 :PRINT "para Wp*Tp >= "; :PRINT USING "####.#";AM
4610 LOCATE 24,5 :PRINT "pres. BARRA para continuar."; :LOCATE 22,35
4620 A$=INPUT$(1)
4630 IF A$<>CHR$(32) GOTO 4590
4640 LINE(5,165)-(315,195),1,BF
4650 LOCATE 23,3 :PRINT "Ingr. Ancho de la Pl-Sup. (in)Wp==>"
4660 LOCATE 24,4 :PRINT "Wp*Tp >= "; :PRINT USING "####.#";AM; :
LOCATE 22,30
4670 INPUT WP
4680 LINE(5,165)-(315,195),1,BF
4690 LOCATE 23,3 :PRINT "Ingr. Espesor de la Pl-Sup. (in)Tp===>"

```

```

4700 LOCATE 24,4 :PRINT USING "###.## <= ";AM*.95/WP;
4710 PRINT "Tp";
4720 PRINT USING " <= ###.##";AM*1.05/WP;:LOCATE 22,30
4730 INPUT TP
4740 LINE(5,165)-(315,195),1,BF
4750 LOCATE 23,3 :PRINT"Ing. T-Sold. Pl. Sup-Viga (in) Ws==>"
4760 LOCATE 24,4 :PRINT"Tp = "; :PRINT USING "###.##";TP; :
LOCATE 22,30
4770 INPUT WS
4780 IF ABS((WP*TP)-AM) <= (.05*AM) GOTO 4860
4790 LINE(5,165)-(315,195),1,BF
4800 LOCATE 22,3 :PRINT"Selecciono Wp*Tp > 5% de"
4810 LOCATE 23,3 :PRINT"Calculado Wp*Tp "
4820 LOCATE 24,5 :PRINT"pres. BARRA esp. para reeleccionar
Wp, Tp, Ws"; :LOCATE 22,36
4830 A$=INPUT$(1)
4840 IF A$<>CHR$(32) GOTO 4800
4850 GOTO 4580
4860 LINE(5,165)-(315,195),1,BF
4870 LOCATE 24,3 :PRINT "Wp = ";WP;" Tp = ";TP;" Ws = ";WS;
4880 LOCATE 23,3 :PRINT"re-selecciona (Wp,Tp,Ws)? (s/n)" :
LOCATE 22,30
4890 A$=INPUT$(1)
4900 IF A$="s" OR A$="S" GOTO 4580
4910 '
4920 '
4930 AP=WP*TP 'AP: area de la placa superior
4940 LW=.3*U2 'lw: esfuerzo permitido para soldadura
4950 AW=(F/(LW*WS*.707)-WP)/2 'AW: min. longitud de filete
de soldadura por lado
4960 IF AW < .5 THEN AW=.5 :GOTO 5000
4970 X=AW
4980 GOSUB 6730 'round AW up to .5
4990 AW=X
5000 WC=1.25*WP
5010 SC=F/(WC*TP)
5020 IF SC>LW THEN WC=F/(TP*LW)
5030 X=WC
5040 GOSUB 6730
5050 WC=X
5060 PL=3*LB*DB*DB/(RG*RG)*AP/AB*(1/RS-1)
'PL: longitud media de la placa sup.
5070 X=PL
5080 GOSUB 6730
5090 PL=X
5100 BL=PL+(WC-WP)/2+1
5110 TL=BL+AW 'TL: longitud total de la placa superior
5120 '
5130 '
5140 'chequear radio slender
5150 IF (BL/TP) < 230 GOTO 5230
5160 LOCATE 22,3 :PRINT"radio slender demasiado largo."
5170 LOCATE 23,3 :PRINT"seleccione un Tp! mas largo (old Tp=";
:PRINT USING "###.##";TP; :PRINT")"
5180 LOCATE 24,5 :PRINT"pres. BARRA esp. para continuar."; :
LOCATE 22,36

```

```

5190 A$=INPUT$(1)
5200 IF A$<>CHR$(32) GOTO 5160
5210 LINE(5,165)-(315,195),1,BF
5220 GOTO 4590
5230 W1=WS
5240 GOSUB 5300 'convertir tamaño de soldadura numerico en cadena
      literal
5250 WS$=WELDSIZE$
5260 CLS
5270 RETURN
5280 '
5290 '
5300 'subrutina para convertir tamaño de soldadura en cadena literal
5310 '
5320 '
5330 WN = W1*16
5340 NW=16*INT(WN/16) : NW1=WN-NW
5350 IF NW1=1 OR NW1=2 OR NW1=3 OR NW1=4 OR NW1=5 OR NW1=6 OR
      NW1=7 OR NW1=8 OR NW1=9 OR NW1=10 OR NW1=11 OR NW1=12 OR
      NW1=13 OR NW1=14 OR NW1=15 THEN GOTO 5380 ELSE
      IF NW1=0 T
5360 IF (INT(WN)+1-16) < 0 THEN GOTO 5460 ELSE
      IF (INT(WN)+1-16) = 0 THEN WELDSIZE$="1" ELSE
      IF INT(WN-16*INT(WN/16))+1-16=0 THEN
      WELDSIZE$=
5370 RETURN
5380 IF NW=0 THEN WELDSIZE$=STR$(WN)+"/16" ELSE
      WELDSIZE$=STR$(INT(WN/16))+ "-" + STR$(NW1)+"/16"
5390 RETURN
5400 WELDSIZE$=STR$(INT(WN/16))
5410 RETURN
5420 WN$ = STR$(INT(WN/16))
5430 WN1$=STR$(INT(WN-16*INT(WN/16))+1)
5440 WELDSIZE$ = WN$+"-"+WN1$+"/16"
5450 RETURN
5460 WELDSIZE$=STR$(INT(WN)+1)+"/16"
5470 RETURN
5480 '
5490 '
5500 '
5510 'subrutina para imprimir los resultados
5520 CLS: KEY OFF : SCREEN 2
5530 FOR I=1 TO 4
5540 LINE(I ,I )-(639-I,199-I),,B
5550 NEXT I
5560 FOR I=1 TO 4
5570 LINE(318+I,33)-(318+I,176),,B
5580 NEXT I
5590 LOCATE 2,22 :PRINT"DISENO DE SOLDADURA APLICANDO COMPUTADORA"
5600 LOCATE 3,4 :PRINT"para Asiento Angulo Flexible y";
5610 ON J GOSUB 6150,6170
5620 LOCATE 5,9 : PRINT "ASIENTO ANGULO FLEXIBLE"
5630 LOCATE 7,2 :PRINT "Fuer. de Reac. R ==>";
      :PRINT USING "####.###";R; :PRINT " kips"

```

```

5640 LOCATE 8,2 :PRINT "Dis Sp-In Viga Kb==>";
      :PRINT USING "#####.###";KB; :PRINT" in"
5650 LOCATE 9,2 :PRINT "Esf-Flue Viga Fyb==>";
      :PRINT USING "#####.###";YB; :PRINT" ksi"
5660 LOCATE 10,2 :PRINT "Esf-Flue Angl Fya==>";
      :PRINT USING "#####.###";YA; :PRINT" ksi"
5670 LOCATE 11,2 :PRINT "Esf-Ult Elec Fue==>";
      :PRINT USING "#####.###";UE; :PRINT" ksi"
5680 LOCATE 12,2 :PRINT "Esp. Alm. Viga Tw==>";
      :PRINT USING "#####.###";TW; :PRINT" in"
5690 LOCATE 13,2 :PRINT "Radio Angulo r ==>";
      :PRINT USING "#####.###";RR; :PRINT" in"
5700 LOCATE 14,2 :PRINT "Set Back s ==>";
      :PRINT USING "#####.###"; S; :PRINT" in"
5710 LOCATE 15,2 :PRINT "Esp. Colum. Tc ==>";
      :PRINT USING "#####.###";TC; :PRINT" in"
5720 IF AP$="bu" OR AP$="BU" THEN AP$="EDIFICIO"
5730 IF AP$="br" OR AP$="BR" THEN AP$="PUENTE"
5740 LOCATE 16,2 :PRINT "Aplicacion AP$ ==>"; SPC(4); AP$;
5750 LOCATE 17,2 :PRINT "Dimension. Angl Lh==>";
      :PRINT USING "#####.###";LH; :PRINT " in"
5760 LOCATE 18,2 :PRINT " Lv==>";
      :PRINT USING "#####.###";LV; :PRINT " in"
5770 LOCATE 19,2 :PRINT " t ==>";
      :PRINT USING "#####.###"; T; :PRINT " in"
5780 LOCATE 20,2 :PRINT " B ==>";
      :PRINT USING "#####.###"; B; :PRINT " in"
5790 LOCATE 21,2 :PRINT "Tam. Sold. Flt Wsa==>"; :LOCATE 21,27 :
      PRINT W1$ :LOCATE 21,34 :PRINT" in"
5800 LOCATE 5,55 : PRINT "PLACA SUPERIOR"
5810 IF J=2 THEN LOCATE 7,42 :PRINT"Mom. Flec. Empot Mf==>";
      :PRINT USING "#####.###." ;MF; :PRINT" in-kip" :GOTO 5830
5820 LOCATE 7,42 :PRINT "Mx. cl. Mom. Flec Mx==>";
      :PRINT USING "#####.###." ;MX; :PRINT " in-kip"
5830 LOCATE 8,42 :PRINT "Esf-Flu. Placa Fyp==>";
      :PRINT USING "#####.###";YP; :PRINT" ksi"
5840 LOCATE 9,42 :PRINT "Esf-Ult Elec Fue==>";
      :PRINT USING "#####.###";U2; :PRINT" ksi"
5850 IF J=2 THEN LOCATE 10,42 :PRINT"Alt-Totl. Viga Db==>";
      :PRINT USING "#####.###";DB; :PRINT" in" :GOTO 5870
5860 LOCATE 10,42 :PRINT "Alt-Efe. Viga D ==>";
      :PRINT USING "#####.###"; D; :PRINT" in"
5870 IF J=1 GOTO 5920
5880 LOCATE 11,42 :PRINT "Long-Tot. Viga Lb==>";
      :PRINT USING "#####.###";LB; :PRINT" ft"
5890 LOCATE 12,42 :PRINT "Area-Sec. Viga Ab==>";
      :PRINT USING "#####.###";AB; :PRINT" in^2"
5900 LOCATE 13,42 :PRINT "Rad. Giro. Viga Rg==>";
      :PRINT USING "#####.###";RG; :PRINT" in"
5910 LOCATE 14,42 :PRINT "Rigidez Rs==>";
      :PRINT USING "#####.###";RS
5920 LOCATE 15,42 :PRINT "Dimsn. Pl. Sup Tp==>";
      :PRINT USING "#####.###";TP; :PRINT" in"
5930 LOCATE 16,42 :PRINT " Wp==>";
      :PRINT USING "#####.###";WP; :PRINT" in"

```

```

5940 LOCATE 17,42 :PRINT "                Wc==>";
      :PRINT USING "#####.###";WC; :PRINT" in"
5950 LOCATE 18,42 :PRINT "                Lp==>";
      :PRINT USING "#####.###";TL; :PRINT" in"
5960 LOCATE 19,42 :PRINT "                l ==>";
      :PRINT USING "#####.###";PL; :PRINT" in"
5970 RA=(WC-WP)/2
5980 IF RA=0 GOTO 6010
5990 LOCATE 20,42 :PRINT "                Radio ==>";
      :PRINT USING "#####.###";RA; :PRINT" in"
6000 GOTO 6020
6010 LOCATE 20,42 :PRINT "                Radio ==> N/A"
6020 LOCATE 21,42 :PRINT "Lng.Fil.Pl.Sup a ==>";
      :PRINT USING "#####.###";AW; :PRINT" in"
6030 LOCATE 22,42 :PRINT "Tam.Sold.Flt Ws==>"; :LOCATE 22,67 :
      PRINT WS$ :LOCATE 22,74 :PRINT"in"
6040 LINE(5,180)-(634,194),,BF
6050 LOCATE 23,15 : PRINT "pres. 'H' para ver una explicacion
      de simbolos usados"
6060 LOCATE 24,15 : PRINT "pres. BARRA esp. para continuar."; :
      LOCATE 1,1
6070 'label the name user$
6080 IF USER$ <> "" AND USER$ <> " " THEN GOSUB 7540
6090 A$=INPUT$(1)
6100 IF A$ = "H" OR A$ = "h" THEN GOSUB 6770:GOTO 5520
6110 IF A$<>CHR$(32) GOTO 6040
6120 LOCATE 23,15:PRINT SPC(64)
6130 RETURN
6140 '
6150 'subrutina, imprimir para caso 1
6160 PRINT" Coneccion con Placa Superior Rigida" : RETURN
6170 'subrutina, imprimir para caso 2
6180 PRINT" Coneccion con Placa Superior Semi-Rigida" : RETURN
6190 'subrutina para determinacion final de tamano de soldadura
6200 ER=0
6210 IF TC>=.25 GOTO 6410
6220 IF AP$="bu" OR AP$="BU" GOTO 6300
6230 IF W0 < 3/16 GOTO 6270
6240 W1=W0
6250 IF T<W1 THEN ER=1
6260 RETURN
6270 W1=3/16
6280 IF T<(3/16) THEN ER=1
6290 RETURN
6300 IF W0<.125 GOTO 6340
6310 W1=W0
6320 IF T<W0 THEN ER=1
6330 RETURN
6340 IF T>=.125 THEN W1=.125 :RETURN
6350 IF T >= W0 THEN W1=T : RETURN
6360 W1=W0 : ER=1
6370 RETURN
6380 '

```

```

6390 '
6400 '
6410 IF TC>=.5 GOTO 6530
6420 IF W0 < 3/16 GOTO 6460
6430 W1=W0
6440 IF T < W1 THEN ER=1
6450 RETURN
6460 IF T >= 3/16 THEN W1=3/16 : RETURN
6470 IF T >= W0 THEN W1=T : RETURN
6480 W1=W0 : ER=1
6490 RETURN
6500 '
6510 '
6520 '
6530 IF TC >= .75 GOTO 6650
6540 IF W0 < .25 GOTO 6580
6550 W1=W0
6560 IF T<W1 THEN ER=1
6570 RETURN
6580 IF T >= .25 THEN W1=.25 : RETURN
6590 IF T>=W0 THEN W1=T : RETURN
6600 W1=W0 : ER=1
6610 RETURN
6620 '
6630 '
6640 '
6650 IF W0 < 5/16 GOTO 6690
6660 W1=W0
6670 IF T < W1 THEN ER=1
6680 RETURN
6690 IF T>= 5/16 THEN W1=5/16 : RETURN
6700 IF T >=W0 THEN W1=T : RETURN
6710 W1=W0 : ER=1
6720 RETURN
6730 'subroutine round up to .5
6740 IF(X/CINT(X)) > 1 THEN X=CINT(X)+.5 :RETURN
6750 X=CINT(X)
6760 RETURN
6770 SCREEN 0:COLOR 7,1:WIDTH 80
6780 IF MONTYPE = 2 THEN COLOR ,0
6790 CLS
6800 PRINT:PRINT
6810 CLRTTL = 13
6820 COLOR CLRTTL
6830 PRINT TAB(30) "SIMBOLOS"
6840 COLOR 15
6850 PRINT
6860 PRINT "          R      ";:COLOR 7:PRINT "---
Fuerza de Reaccion en el Asiento de Angulo"
6870 COLOR 15:PRINT "          Fyb      ";:COLOR 7:PRINT "---
Resistencia a la Fluencia de la Viga"
6880 COLOR 15:PRINT "          Fya      ";:COLOR 7:PRINT "---
Resistencia a la Fluencia del Angulo"
6890 COLOR 15:PRINT "          Fyp      ";:COLOR 7:PRINT "---
Resistencia a la Fluencia de la Placa Superior"

```

```

6900 COLOR 15:PRINT "tw";:COLOR 7:PRINT "---- Espesor del Alma"
6910 COLOR 15:PRINT "D";:COLOR 7:PRINT "---- Altura de la Viga"
6920 COLOR 15:PRINT "Db";:COLOR 7:PRINT "---- Altura Efectiva de
la Viga"
6930 COLOR 15:PRINT "tf";:COLOR 7:PRINT "---- Espesor del Alma"
6940 COLOR 15:PRINT "bf";:COLOR 7:PRINT "---- Ancho del Alma"
6950 COLOR 15:PRINT "Ab";:COLOR 7:PRINT "---- Area de la Seccion
Transversal de la Viga"
6960 COLOR 15:PRINT "r";:COLOR 7:PRINT "---- Radio del Angulo"
6970 COLOR 15:PRINT "Fue";:COLOR 7:PRINT "---- Resistencia
Ultima del Electrodo"
6980 COLOR 15:PRINT "s";:COLOR 7:PRINT "---- set back del angulo"
6990 COLOR 15:PRINT "B";:COLOR 7:PRINT "---- Ancho del Angulo"
7000 COLOR 15:PRINT "t";:COLOR 7:PRINT "---- Espesor del Angulo"
7010 COLOR 15:PRINT "Lh";:COLOR 7:PRINT "---- Longitud del Ala
Horizontal del Angulo"
7020 COLOR 15:PRINT "Lv";:COLOR 7:PRINT "---- Longitud del Ala
Vertical del Angulo"
7030 GOSUB 7040:GOTO 7070
7040 COLOR 12:LOCATE 23,45:PRINT "pres. ";:COLOR 30:PRINT "ESC";:
COLOR 12:PRINT " para salir"
7050 LOCATE 24,45:PRINT "pres. cualquier otra tecla para continuar";
7060 RETURN
7070 GOSUB 7310:IF A$ = CHR$(27) THEN RETURN
7080 CLS:PRINT:PRINT
7090 COLOR CLR TTL:PRINT TAB(30) "SIMBOLOS"
7100 COLOR 15
7110 PRINT
7120 PRINT "          Mf ";:COLOR 7:PRINT "----
Momento Flector de Empotramiento"
7130 COLOR 15:PRINT "          Mx ";:COLOR 7:PRINT "----
Maximo Momento Flector"
7140 COLOR 15:PRINT "          Tc ";:COLOR 7:PRINT "----
Espesor de la Columna"
7150 COLOR 15:PRINT "          Tp ";:COLOR 7:PRINT "----
Espesor de la Placa Superior"
7160 COLOR 15:PRINT "          Wp ";:COLOR 7:PRINT "----
Ancho de la Placa Superior en el Final de la Viga"
7170 COLOR 15:PRINT "          Wc ";:COLOR 7:PRINT "----
Ancho de la Placa Superior en el Final de la Columna"
7180 COLOR 15:PRINT "          Lp ";:COLOR 7:PRINT "----
Longitud de la Placa Superior"
7190 COLOR 15:PRINT "          a ";:COLOR 7:PRINT "----
Longitud de la Parte de la Placa Superior Soldada a la Viga"
7200 COLOR 15:PRINT "          l ";:COLOR 7:PRINT "----
Longitud de la Parte de l
7210 COLOR 15:PRINT "          Lb ";:COLOR 7:PRINT "----
Longitud Total de la Viga"
7220 COLOR 15:PRINT "          Kb ";:COLOR 7:PRINT "----
Distancia entre el Filete Superior e Inferior de la Viga"
7230 COLOR 15:PRINT "          Rg ";:COLOR 7:PRINT "----
Radio de Giro de la Viga"
7240 COLOR 15:PRINT "          Rs ";:COLOR 7:PRINT "----
Rigidez de la Conexion"

```

```
7250 COLOR 15:PRINT "      Ws  ";:COLOR 7:PRINT "---  
      Tamano del Filete de Soldadura para Conexion Placa Sup.-Viga"  
7260 COLOR 15:PRINT "      Wsa  ";:COLOR 7:PRINT "---  
      Tamano del Filete para Conexion Asiento de Angulo-Viga"  
7270 GOSUB 7040  
7280 GOSUB 7310  
7290 IF A$ <> CHR$(27) THEN GOTO 6790  
7300 RETURN  
7310 A$ = INKEY$: IF A$ = "" THEN GOTO 7310  
7320 RETURN  
7330 `  
7340 SCREEN 0:WIDTH 80  
7350 IF MONTYPE = 2 THEN COLOR 5,0 ELSE COLOR 5,1  
7360 CLS  
7370 LOCATE 10,5:PRINT "Desea Ud. imprimir su nombre en el  
      grafico? (s/n)";  
7380 INPUT " ",ANS$  
7390 IF ANS$ <> "s" AND ANS$ <> "S" THEN USER$ = " ":GOTO 7430  
7400 LOCATE 13,5:PRINT "Por Favor Ingrese su nombre  
      (maximo 10 caracteres):"  
7410 LOCATE 15,5:INPUT "===> ",USER$  
7420 IF LEN(USER$) > 10 THEN LOCATE 17,5:PRINT  
      "Longitud muy larga!":LOCATE 15,5:PRINT " ":GOTO 7410  
7430 RETURN  
7440 `  
7450 `  
7460 `  
7470 `  
7480 LOCATE 2,40 - LEN(USER$):PRINT USER$  
7490 LINE (8*(40 - LEN(USER$)) - 16,20) - (317,2),,B  
7500 RETURN  
7510 `  
7520 `  
7530 `  
7540 `  
7550 LOCATE 2,2:PRINT USER$  
7560 LINE (8*LEN(USER$) + 12,20) - (2,2),,B  
7570 RETURN
```

BIBLIOGRAFIA

- 1.- COMPUTER AIDED WELDING ENGINEERING DESIGN AND ANALYSIS, by Chon - Liang Tsai
Departament of Welding Engineering The Ohio State University Columbus - 1987.
- 2.- DISEÑO DE ESTRUCTURAS METÁLICAS, por John Lothers
Editorial Prentice/Hall Internac.
- 3.- DESIGN OF WELDED STRUCTURES, by Omer W. Blodgett
The Jamer F. Lincoln Arc Welding Foundation - Jun 1966.
- 4.- MANUAL DE CONSTRUCCION EN ACERO (AISC)
Facultad de Ingeniería Mecánica de la ESPOL - 1990.
- 5.- THE PROCEDURE HAND BOOK OF ARC WELDING
The Lincoln Eléctric Company - Cleveland Ohio - Jun 1973.