

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

**IMPLEMENTACIÓN DE UNA HERRAMIENTA COMPUTACIONAL
PARA EL CÁLCULO DE ANCLAJES PARA VIGAS Y COLUMNAS
METÁLICAS UTILIZANDO UNA APLICACIÓN DEL PROGRAMA
MATLAB**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL
MENCION ESTRUCTURAS**

**CABRERA ALVAREZ EVELYN MELISA
hebellin@hotmail.com**

**SUQUILLO RONQUILLO BETZABETH JESSENIA
betzy_honey15@hotmail.com**

**DIRECTOR: ING. JORGE VINTIMILLA MSC.
jvintimilla@hotmail.com**

Quito, Diciembre 2013

DECLARACIÓN

Nosotras, Cabrera Alvarez Evelyn Melisa, Suquillo Ronquillo Betzabeth Jessenia, declaramos que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

EVELYN CABRERA ALVAREZ

BETZABETH SUQUILLO RONQUILLO

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Cabrera Álvarez Evelyn Melisa, Suquillo Ronquillo Betzabeth Jessenia, bajo mi supervisión.

ING. JORGE VINTIMILLA
DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTOS

Todo el esfuerzo y apoyo de muchas personas importantes en mi vida me han ayudado a cumplir esta meta.

Agradezco con todo el corazón a mis padres que cada día han luchado para apoyarme y guiarme en este camino, por su paciencia, por su comprensión, por su amor y por siempre estar a mi lado.

Agradezco también a mis hermanos que son muy importantes para mí y a pesar de todo nos apoyaremos siempre.

Dios gracias por darme la sabiduría y fuerza cada día de mi vida y llenarme de bendiciones.

Además agradezco a mi tutor y a todos los profesores de la “Escuela Politécnica Nacional” por impartirme conocimientos que me serán útiles para toda la vida.

Gracias a mi jefecito, Ing. Jorge Muñoz por comprenderme y apoyarme.

Evelyn Melisa Cabrera Alvarez

AGRADECIMIENTOS

Con esta oportunidad vaya mi eterno agradecimiento a Dios que me ha bendecido a lo largo del tiempo como estudiante otorgándome la salud y sabiduría necesaria para lograr el anhelo deseado, a mi Abuelita que yo sé que desde el cielo me ha estado guiando todo este tiempo.

Mi reconocimiento más sincero a mis Padres, a la Escuela Politécnica Nacional, institución de tradición e historia que me ha colmado de orgullo, a las autoridades y miembros del cuerpo docente, de manera especial a mi tutor Ing. Jorge Vintimilla por el apoyo brindado y la paciencia para la consecución de mis ideales y por ser protagonistas de mi educación y superación académica.

Betzabeth Jessenia Suquillo Ronquillo

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a Dios que siempre me ha guiado y a iluminado mi camino, a mi familia sobre todo a mis padres q con su esfuerzo me han brindado su apoyo y cariño, a mis amigos que han estado siempre pendientes de mí y a todas las personas que has estado presentes en este largo camino, que ahora es un sueño hecho realidad.

Evelyn Melisa Cabrera Alvarez

DEDICATORIA

Con el sentimiento más profundo que nace de mi corazón dedico el presente trabajo a mis queridos padres por su comprensión y ayuda permanente e incondicional para la consecución de esta etapa, sin duda el aporte valioso brindado me compromete y es una motivación para seguir adelante en procura de encontrar superación y progreso.

Espero padres queridos que estas palabras lleguen a su mente y corazón como fiel testimonio de mi afecto, agradecimiento y admiración por sus fecundas acciones, muchas gracias mami y papi con ustedes todo, sin ustedes nada.

Betzabeth Jessenia Suquillo Ronquillo

CONTENIDO

DECLARACIÓN	II
CERTIFICACIÓN	III
AGRADECIMIENTOS	IV
DEDICATORIA.....	VI
CONTENIDO.....	VIII
INDICE DE TABLAS	XIV
INDICE DE FIGURAS	XVII
RESUMEN	XVIII
ABSTRACT	XIX
PRESENTACIÓN	XXX
 CAPÍTULO I	
GENERALIDADES	1
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 OBJETIVOS	2
1.2.1 OBJETIVO GENERAL.....	2
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
1.3 METODOLOGÍA	2
1.4 ALCANCE	3
1.5 GENERALIDADES.....	4
1.5.1 NORMAS DE DISEÑO	5
1.5.1.1 Norma AISC.....	5
1.5.1.2 Norma AISI.....	6
1.5.2 MÉTODOS DE DISEÑO	7
1.5.2.1 Método ASD.....	7
1.5.2.2 Método LRFD.....	7

1.5.3	COMBINACIONES DE CARGA.....	7
1.5.3.1	Combinaciones de Carga ASD	8
1.5.3.2	Combinaciones de Carga LRFD	9
1.5.4	PROPIEDADES DE LOS MATERIALES	9
1.5.4.1	Acero.....	10
1.5.4.2	Hormigón.....	11
CAPÍTULO II		
FLEXO-COMPRESIÓN UNIAXIAL.....		
12		
2.1	DISEÑO DE PLACAS BASE PARA COLUMNAS METÁLICAS – NORMA AISC Y NORMA AISI	12
2.1.1	CONSIDERANDO ÚNICAMENTE CARGAS AXIALES CON DISTRIBUCIÓN UNIFORME DE ESFUERZOS	12
2.1.1.1	Capacidad de soporte del hormigón.....	13
2.1.1.2	Fluencia de la placa base.....	13
2.1.1.1	Capacidad de soporte del hormigón.....	13
2.1.1.3	Procedimiento de diseño para secciones I y secciones HSS-Norma AISC y Norma AISI.....	14
2.1.2	CONSIDERANDO CARGAS AXIALES Y MOMENTO FLECTOR CON DISTRIBUCIÓN UNIFORME DE ESFUERZOS	21
2.1.2.1	Cuando $e < e_{crit}$	21
2.1.2.2	Cuando $e > e_{crit}$	22
2.1.2.3	Procedimiento de diseño para secciones I y secciones HSS....	22
2.1.3	CONSIDERANDO CARGAS AXIALES, Y MOMENTO FLECTOR CON DISTRIBUCIÓN TRIANGULAR DE ESFUERZOS	32
2.1.3.1	Procedimiento de diseño para secciones I y secciones HSS con $e < e_{crit}$	33
2.1.3.2	Procedimiento de diseño para secciones I y secciones HSS cuando $e > e_{crit}$	40

2.2	DISEÑO DE PLACAS DE SOPORTE PARA VIGAS METÁLICAS – NORMA AISC Y NORMA AISI.....	47
2.2.1	FLUENCIA DE LA PLACA DE SOPORTE	47
2.2.2	PROCEDIMIENTO DE DISEÑO PARA SECCIONES I - NORMA AISC Y NORMA AISI.....	48
2.3	DISEÑO DE PERNOS Y VARILLAS DE ANCLAJE – NORMA AISC Y NORMA AISI.....	56
2.3.1	RESISTENCIA AL CORTANTE.....	56
2.3.2	RESISTENCIA AL APLASTAMIENTO	56
2.3.3	PROCEDIMIENTO DE DISEÑO.....	57
2.4	DISEÑO DE UNIONES SOLDADAS.....	82
2.4.1	PARAMETRO DIMENSIONAL	82
2.4.1.1	Tamaño o cateto mínimo.....	82
2.4.1.2	Largo mínimo en filetes.....	83
2.4.1.3	Largo mínimo en filetes discontinuos o intermitentes.....	83
2.4.2	SELECCIÓN DEL METAL DE APORTACIÓN.....	83
2.4.3	PROCEDIMIENTO DE DISEÑO.....	84
2.4.3.1	Norma AISC.....	84
2.4.3.2	Norma AISI.....	89
CAPÍTULO III		
FLEXO-COMPRESIÓN BIAxIAL		92
3.1	DISEÑO A FLEXO-COMPRESIÓN BIAxIAL DE ANCLAJES PARA COLUMNAS METÁLICAS-NORMA AISC Y NORMA AISI	92
3.1.1	PROCEDIMIENTO DE DISEÑO.....	94
CAPÍTULO IV		
DISEÑO DEL PROGRAMA DE ANCLAJES PARA COLUMNAS Y VIGAS METÁLICAS		103

4.1	DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA.....	103
4.2	DIAGRAMA DE FLUJO.....	103
4.2.1	PLACA BASE	103
4.2.2	PLACA DE SOPORTE	103
4.2.3	PERNOS/VARILLAS DE ANCLAJE	104
4.2.4	SOLDADURA	104
4.3	LIMITACIONES DEL PROGRAMA	104
4.4	MANUAL DE USUARIO	105
4.4.1	REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA	105
4.4.2	SECUENCIA DE EJECUCIÓN DEL PROGRAMA	105

CAPÍTULO V

EJERCICIOS..... 114

5.1	EJEMPLOS NUMÉRICOS DE DISEÑO.....	114
5.1.1	EJEMPLOS DE PLACA BASE	114
5.1.1.1	Ejemplo 1.- Diseño considerando distribución uniforme de esfuerzos y carga axial únicamente.....	114
5.1.1.2	Ejemplo 2.- Diseño de placa base considerando distribución uniforme de esfuerzos y momentos	117
5.1.1.3	Ejemplo 3.- Diseño de placa base considerando distribución triangular de esfuerzos.....	121
5.1.2	EJEMPLOS DE PLACA DE SOPORTE	126
5.1.2.1	Ejemplo 1.- Diseño con el método LRFD	126
5.1.2.2	Ejemplo 2.- Diseño con el método ASD	128
5.1.3	EJEMPLOS DE PERNOS DE ANCLAJE	131
5.1.3.1	Ejemplo 1.- Pernos de anclaje resistiendo combinación de tensión y corte – Norma AISC.....	131

5.1.3.2 Ejemplo 2.- Pernos de anclaje resistiendo combinación de tensión y corte – Norma AISI	139
5.1.4 EJEMPLOS DE SOLDADURA	145
5.1.4.1 Ejemplo 1.- Soldadura – Norma AISC.....	145
5.1.5 EJEMPLO DE FLEXIÓN BIAXIAL	147
5.1.5.1 Ejemplo 1.- Flexión Biaxial– Norma AISC	147
5.2 EJEMPLOS DE DISEÑO MEDIANTE EL USO DEL SOFTWARE.....	156
5.2.1 EJEMPLOS DE PLACA BASE	114
5.2.1.1 Ejemplo 1.- Diseño considerando distribución uniforme de esfuerzos y carga axial únicamente.....	156
5.2.1.2 Ejemplo 2.- Diseño de placa base considerando distribución uniforme de esfuerzos y momentos	157
5.2.1.3 Ejemplo 3.- Diseño de placa base considerando distribución triangular de esfuerzos.....	159
5.2.2 EJEMPLOS DE PLACA DE SOPORTE	126
5.2.2.1 Ejemplo 1.- Diseño con el método LRFD	160
5.2.3 EJEMPLOS DE PERNOS DE ANCLAJE	131
5.2.3.1 Ejemplo 1.- Pernos de anclaje resistiendo combinación de tensión y corte – Norma AISC.....	162
5.2.3.2 Ejemplo 2.- Pernos de anclaje resistiendo combinación de tensión y corte – Norma AISI	163
5.2.4 EJEMPLOS DE SOLDADURA	145
5.2.4.1 Ejemplo 1.- Soldadura – Norma AISC.....	165
CAPÍTULO VI	
6.1 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	167
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	170
ANEXOS	167

ANEXO No1	
DIAGRAMA DE FLUJO-PLACA BASE	167
ANEXO No2	
DIAGRAMA DE FLUJO-PLACA DE SOPORTE	167
ANEXO No3	
DIAGRAMA DE FLUJO-PERNOS/VARILLAS DE ANCLAJE	167
ANEXO No4	
DIAGRAMA DE FLUJO-SOLDADURA	167
ANEXO No5	
MANUAL DE USUARIO-PLACA BASE-VENTANA DE DATOS Y VENTANA DE RESULTADOS.....	207
ANEXO No6	
MANUAL DE USUARIO-PLACA DE SOPORTE VENTANA DE DATOS Y VENTANA DE RESULTADOS.....	167
ANEXO No7	
MANUAL DE USUARIO-PERNOS/VARILLAS DE ANCLAJE VENTANA DE DATOS Y VENTANA DE RESULTADOS	167
ANEXO No8	
MANUAL DE USUARIO-SOLDADURA VENTANA DE DATOS Y VENTANA DE RESULTADOS.....	1673
ANEXO No9	
MANUAL DE USUARIO-DISEÑO GENERAL VENTANA DE DATOS Y VENTANA DE RESULTADOS.....	1675
ANEXO No10	
MANUAL DE USUARIO-FLEXIÓN BIAxIAL VENTANA DE DATOS Y VENTANA DE RESULTADOS.....	1677

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1	Diámetros comerciales para pernos y varillas de anclaje	62
Tabla 2.2	Distancia mínima al borde para agujero estándar en pulgadas	63
Tabla 2.3	Distancia mínima al borde para agujero estándar en milímetros.	63
Tabla 2.4	Pretensión mínima de pernos de anclaje y varillas de anclaje en unidades kips	67
Tabla 2.5	Pretensión mínima de pernos de anclaje y varillas de anclaje en toneladas	67
Tabla 2.6	Factor de Modificación.....	69
Tabla 2.7	Factor de Cortante.....	69
Tabla 2.8	Pretensión de tensión nominal de conectores para norma AISC.....	71
Tabla 2.9	Pretensión de tensión nominal de conectores para norma AISI	72
Tabla 2.10	Resistencia de extracción del hormigón en kips.....	77
Tabla 2.11	Resistencia de extracción del hormigón en toneladas	77
Tabla 2.12	Tamaño para los agujeros de los pernos y varillas de anclaje en pulgadas	79
Tabla 2.13	Tamaño para los agujeros de los pernos y varillas de anclaje en milímetros.....	80
Tabla 2.14	Tamaño para los agujeros de los pernos y varillas de anclaje en pulgadas	80
Tabla 2.15	Tamaño para los agujeros de los pernos y varillas de anclaje en milímetros	80
Tabla 2.16	Tamaño para los agujeros de los pernos y varillas de anclaje en pulgadas	81
Tabla 2.17	Tamaño para los agujeros de los pernos y varillas de anclaje en milímetros	81
Tabla 2.18	Mínimo tamaño de cateto de soldadura de filete en milímetros	82

Tabla 2.19	Número de electrodos	84
Tabla 2.20	Mínimo tamaño de cateto de soldadura de filete en milímetros	85
Tabla 2.21	Resistencia última en tensión del metal de relleno.....	86
Tabla 2.22	Tamaño mínimo de la soldadura de Filete	88
Tabla 5.1	Diámetros comerciales para pernos y varillas de anclaje.....	134
Tabla 5.2	Distancia mínima al borde para agujero estándar en pulgadas...	134
Tabla 5.3	Pretensión de tensión nominal de conectores para norma AISC	136
Tabla 5.4	Pretensión mínima de pernos en varillas de anclaje	139
Tabla 5.5	Diámetros comerciales para pernos y varillas de anclaje.....	142
Tabla 5.6	Distancia mínima al borde para agujero estándar en pulgadas...	144
Tabla 5.7	Número de electrodo	145
Tabla 5.8	Diámetros comerciales para pernos y varillas de anclaje.....	151
Tabla 5.9	Distancia mínima al borde para agujero estándar en pulgadas...	152
Tabla 5.10	Pretensión mínima de pernos en varillas de anclaje	153
Tabla 5.11	Tamaño para los agujeros de pernos y varillas de anclaje.....	153

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	Ejemplos de perfiles estándar laminados en caliente.....	5
Figura 1.2	Ejemplos de perfiles armados.....	6
Figura 1.3	Ejemplos de perfiles de lámina delgada conformados en frío	6
Figura 2.1	Columna con carga axial y distribución uniforme de esfuerzos	12
Figura 2.2	Longitudes críticas de la placa base.....	13
Figura 2.3	Caso I ($A_1=A_2$)	14
Figura 2.4	Caso II ($A_2 \geq 4A_1$) O CASO III ($A_1 < A_2 < 4A_1$).....	15

Figura 2.5	Columna con placa base cuando $e < e_{crit}$	21
Figura 2.6	Columna con placa base cuando $e > e_{crit}$	22
Figura 2.7	Columna con distribución triangular de esfuerzos cuando $e < e_{crit}$	32
Figura 2.8	Columna con distribución triangular de esfuerzos cuando $e > e_{crit}$	33
Figura 2.9	Longitudes críticas de la placa base.....	48
Figura 2.10	Resistencia al deslizamiento de un perno o varilla de anclaje.....	56
Figura 2.11	Dimensiones Teóricas y sección resistente de una junta de filete	83
Figura 3.1	Curva de iteración, flexo-compresión biaxial	92
Figura 3.2	Distribución de esfuerzos de tracción y compresión.....	93
Figura 3.3	Distribución de pernos o varillas en la placa base-dirección X.....	95
Figura 3.4	Distribución de pernos o varillas en la placa base.....	96
Figura 3.5	Distribución de pernos o varillas en la placa base-dirección Y.....	101
Figura 3.6	Curva de Interacción biaxial	102
Figura 4.1	Pantalla de inicio de software implementado.....	106
Figura 4.2	Pantalla de software implementado – Interfaz 2.....	106
Figura 4.3	Pantalla de software implementado – Interfaz 3.....	107
Figura 4.4	Pantalla de software implementado – Interfaz 4.....	107
Figura 4.5	Pantalla de software implementado – Interfaz 5.....	108
Figura 4.6	Pantalla de convertidor de unidades.....	109
Figura 5.1	Ventana de Datos – Placa Base.....	156
Figura 5.2	Ventana de Resultados – Placa Base.....	157
Figura 5.3	Ventana de Datos – Placa Base.....	158
Figura 5.4	Ventana de Resultados – Placa Base.....	158
Figura 5.5	Ventana de Datos – Placa Base.....	159
Figura 5.6	Ventana de Resultados – Placa Base.....	160
Figura 5.7	Ventana de Datos – Placa de Soporte.....	161

Figura 5.8 Ventana de Resultados – Placa de Soporte.....	161
Figura 5.9 Ventana de Datos – Pernos/Varillas de Anclaje.....	162
Figura 5.10 Ventana de Resultados – Pernos/Varillas de Anclaje	163
Figura 5.11 Ventana de Datos – Pernos/Varillas de Anclaje.....	164
Figura 5.12 Ventana de Resultados – Pernos/Varillas de Anclaje	165
Figura 5.13 Ventana de Datos – Soldadura de Filete.....	166
Figura 5.14 Ventana de Resultados – Soldadura de Filete	166

RESUMEN

Este software es una herramienta creada utilizando una aplicación del programa MATLAB llamada GUIDE, que facilita el diseño de los anclajes de vigas y columnas metálicas y además permite realizar la revisión de los mismos, considerando que las uniones son críticas porque aseguran la continuidad del edificio y transmiten fuerzas de un elemento a otro.

Con la utilización de esta herramienta se busca minimizar el tiempo empleado en los cálculos y los posibles errores que se pueden presentar ocasionando un sobredimensionamiento de los elementos que representa pérdidas económicas o a su vez elementos subdimensionados que tienen una resistencia menor a la requerida.

Permite realizar el cálculo de anclajes para vigas y columnas metálicas con cargas y momentos unidireccionales y bidireccionales, de una manera sistemática, para de esta manera poder garantizar mayor seguridad y confiabilidad en el comportamiento de la estructura, aumentando la productividad y disminuyendo los costos por tiempo que se presentan en una empresa de diseño.

Mediante este software se diseña y revisa lo siguiente:

- Placa base para columnas metálicas
- Placa de soporte para vigas metálicas
- Pernos de anclaje tanto para columnas como para vigas metálicas
- Soldadura de filete tanto para el anclaje de columnas y vigas metálicas.

Además se trata de un software amigable ya que permite al usuario elegir con que Norma (Norma AISC o Norma AISI) y que método (ASD o LRFD) desea trabajar.

Adicionalmente se presenta una interfaz gráfica que permite que al usuario se le facilite el ingreso de los datos solicitados.

ABSTRACT

This software is a tool created using a Matlab implementation of the program called Guide, which facilitates the design of anchors for metal columns and beams and also allows the review of the same, considering that unions are critical because they ensure the continuity of the building and transmit forces from one element to another.

The use of this tool is to minimize the time spent on calculations and possible errors that can occur causing an oversized items that represent economic losses or turn undersized elements having less than the required strength.

It allows the calculation of anchors for beam and metal columns with unidirectional and bidirectional loads and moments, in a systematic way, and in this way to ensure greater security and reliability in the behavior of the structure, increasing productivity and reducing costs.

By this software is designed and check the following:

- Base Plate
- Base Plate for beams
- Anchor rods for both columns to steel beams
- Fillet weld

In addition it is a user friendly software that allows users and choose which standard (AISC or AISI) and method (ASD or LRFD) want to work.

Additionally a graphical interface that allows the user will facilitate the entry of the requested data is presented.

PRESENTACIÓN

El presente trabajo consta de 6 capítulos divididos de la siguiente manera:

En el capítulo I, se presentan la introducción, objetivos, generalidades y metodologías utilizadas para el presente estudio y la definición arquitectónica del proyecto.

En el capítulo II, se presenta el diseño a flexo-compresión uniaxial para cada uno de los elementos necesarios para el anclaje de vigas y columnas metálicas. Entre éstos se encuentra el diseño de placa base, placa de soporte, pernos o varillas de anclaje y el diseño de soldadura de filete. En éste capítulo también se encuentran procedimientos detallados para el diseño de los elementos mencionados, dependiendo de las normas y métodos que se requieran utilizar.

En el capítulo III, se muestra el diseño a flexo-compresión biaxial que puedan tener las columnas esquineras o céntricas en una estructura asimétrica. De la misma manera se presenta un procedimiento detallado para el diseño.

En el capítulo IV, se hace la descripción del programa realizada, en conjunto con los diagramas de flujo, limitaciones, requerimientos de sistema y manual del usuario. El programa desarrollado es muy didáctico por lo que cualquier persona puede utilizarlo.

Por último en el capítulo V, se muestra un análisis comparativo de ejercicios realizados manualmente y ejercicios realizados con ayuda del programa implementado. Y en el capítulo VI se presentan las conclusiones y recomendaciones obtenidas del estudio realizado.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN

Las nuevas tecnologías y el diseño de materiales cada vez más ligeros, han incrementado el uso de las estructuras metálicas, por lo que el número de edificios que la utilizan van rápidamente en aumento. Para garantizar la sismo-resistencia de una estructura es de vital importancia el correcto diseño de los anclajes para vigas y columnas, razón por la cuál es de gran utilidad el software a diseñarse, acortando los tiempos de cálculo de las mismas.

Los cálculos de los anclajes para vigas y columnas metálicas se realizarán mediante la herramienta computacional que se pretende implementar por lo que se generará un cambio en los procedimientos comunes disminuyendo el tiempo empleando y los errores que se pueden producir.

También va a solucionar un problema práctico de tipo técnico, ya que busca agilizar y dar mayor seguridad al cálculo de los anclajes para vigas y columnas que son elementos de suma importancia en la estructura, ya que de estos depende en gran medida el comportamiento de la misma frente a la ocurrencia de eventos adversos como son los sismos, tratando de mejorar la infraestructura de nuestro país con cálculos que disminuyan los posibles errores matemáticos que se puedan presentar, contribuyendo también en la economía del país ya que el costo por recuperación de infraestructura sería menor.

El interés para abordar este tema es de tipo profesional ya que en las manos de los ingenieros civiles está diseñar buenas estructuras que garanticen el bienestar de las personas que las ocupan.

Las empresas tanto públicas como privadas que se dedican al diseño y no cuentan con un programa de cálculo tendrían interés en este tema ya que con el programa que se desea implementar podrán aumentar su productividad.

Los estudiantes de Ingeniería Civil, podrán también utilizar este programa para poder comparar los resultados obtenidos en los cálculos de anclajes para vigas y columnas metálicas que realicen.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GENERAL

Dar mayor seguridad y agilidad en el proceso de diseño de anclajes de vigas y columnas metálicas mediante la implementación de una herramienta computacional utilizando una aplicación del programa MATLAB.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desarrollar el proceso de cálculo para anclajes de vigas y columnas metálicas con cargas y momentos bidireccionales.
- Crear controles que impidan el ingreso de información incoherente.
- Realizar el diagrama de flujo correspondiente al diseño de anclajes de vigas y columnas de acero.
- Codificar en el lenguaje del programa MATLAB, en la aplicación GUIDE, el diagrama de flujo correspondiente al diseño.

1.3 METODOLOGÍA

Los métodos que se emplearán en el presente proyecto son los siguientes:

- **Recopilación de Información teórica:**
 - ✓ Método investigativo.

- **Enlistar los datos necesarios para poder diseñar los anclajes.**
 - ✓ Método de Burbuja
 - ✓ Método del Estado Limite

- **Revisión de carga unidireccional:**
 - ✓ Análisis Estructural.
 - ✓ Método LRFD.
 - ✓ Método ASD.

- **Proceso matemático para el diseño de anclajes de vigas y columnas metálicas.**
 - ✓ Método ASD
 - ✓ Método LRFD

- **Diagrama de Flujo de la aplicación que se desea implementar**
 - ✓ Método de Ordenación por Burbuja
 - ✓ Codificación

1.4 ALCANCE

Las uniones son críticas porque aseguran la continuidad del edificio y transmiten fuerzas de un miembro a otro.

En la actualidad para realizar los cálculos de diseño de anclajes para vigas y columnas metálicas no existe una herramienta computacional que esté al alcance de todos, para agilizar y resolver este proceso sistemáticamente, lo que ocasiona que el tiempo empleado para el diseño sea considerable y además puedan presentarse errores en los cálculos, obteniendo elementos como la placa base para columnas y placa de soporte para vigas sobredimensionadas, lo cual

ocasiona la utilización de recursos económicos innecesarios o a su vez elementos subdimensionados que tienen una resistencia menor a la requerida.

En nuestro medio las juntas soldadas son muy utilizadas por facilidades constructivas, por lo cual su diseño es incluido en la herramienta computacional a implementarse.

Si no se crea un software que facilite el cálculo de anclajes para vigas y columnas, los errores de cálculo mencionados anteriormente pueden provocar grandes problemas en el comportamiento de la estructura frente a la ocurrencia de eventos adversos, como grandes pérdidas tanto económicas como humanas para nuestra sociedad.

Con la herramienta computacional que se desea implementar lo que se busca es poder realizar el cálculo de anclajes para vigas y columnas metálicas con cargas y momentos bidireccionales, de una forma sistemática y de esta manera garantizar seguridad y confiabilidad, mejorando el comportamiento de una estructura, aumentando la producción y disminuyendo los costos por tiempo que se presentan en una empresa de diseño.

Este proyecto se realizará bajo la siguiente hipótesis:

La implementación de una herramienta computacional para el cálculo de anclajes de vigas y columnas metálicas utilizando una aplicación del programa MATLAB disminuye el tiempo empleado y los errores producidos en el cálculo de las dimensiones de los elementos de anclaje contribuyendo en la agilidad del proceso de diseño y la seguridad a la estructura.

1.5 GENERALIDADES

La resistencia de los anclajes depende de las propiedades del acero y del tamaño del anclaje. La resistencia de la porción empotrada del anclaje depende de su longitud de empotramiento, de la resistencia del hormigón, de la proximidad de

otros anclajes, de la distancia a los bordes libres, y de las características del extremo empotrado del anclaje.

A continuación se definirá las Normas, los métodos y las combinaciones de carga para cada uno de ellos que se aplicaran para el diseño de anclajes de vigas y columnas metálicas, así como también las características de las secciones para cada norma y las propiedades del acero que se requieren.

1.5.1 NORMAS DE DISEÑO

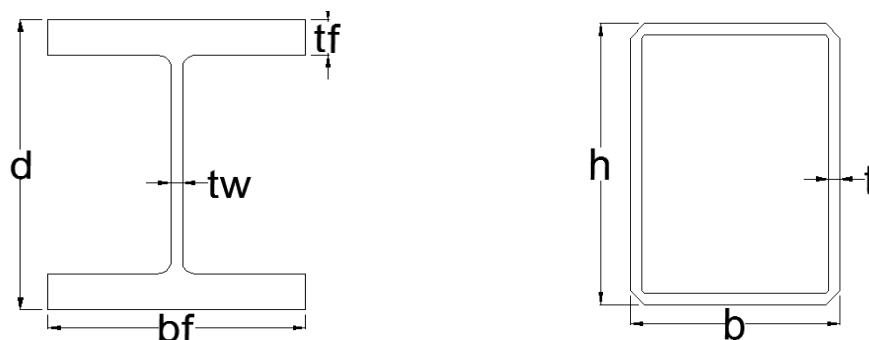
En el presente proyecto se utilizará la Norma AISC y la Norma AISI; aplicando para cada una de ellas el método ASD y el método LRFD.

1.5.1.1 Norma AISC

Se utiliza la Norma AISC 2005 (American Institute of Steel Construction); que es un código de práctica estándar para los puentes y edificios de acero, ésta norma es válida para las siguientes secciones:

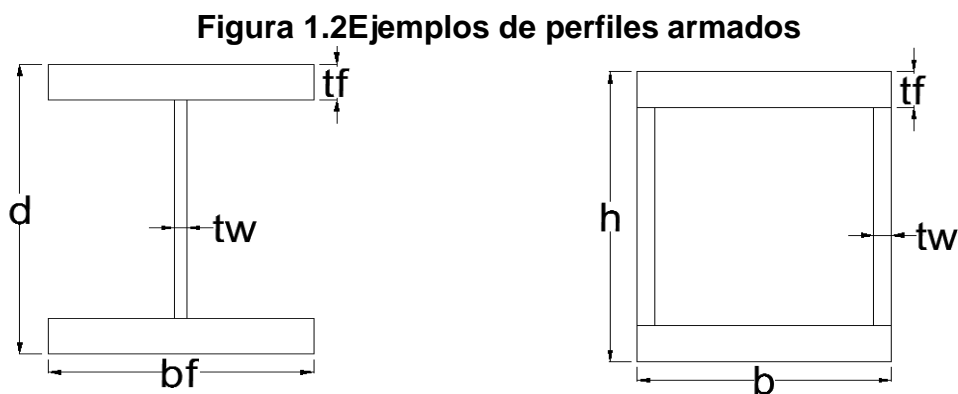
- ✓ **Perfiles estándar laminados en caliente.**- Son las secciones o barras de secciones cuyas dimensiones son normalizadas, como se muestra en la Figura 1.1. Su nombre se debe a que son perfiles americanos fabricados en forma laminar a grandes temperaturas ($> 800^{\circ}\text{C}$).

Figura 1.1 Ejemplos de perfiles estándar laminados en caliente



Elaborado por: Evelyn Cabrera – Betzabeth Suquillo

- ✓ **Perfiles armados.**- Son miembros estructuras que se consiguen mediante la unión de perfiles y/o placas mediante soldaduras o uniones, como se muestra en la Figura 1.2.



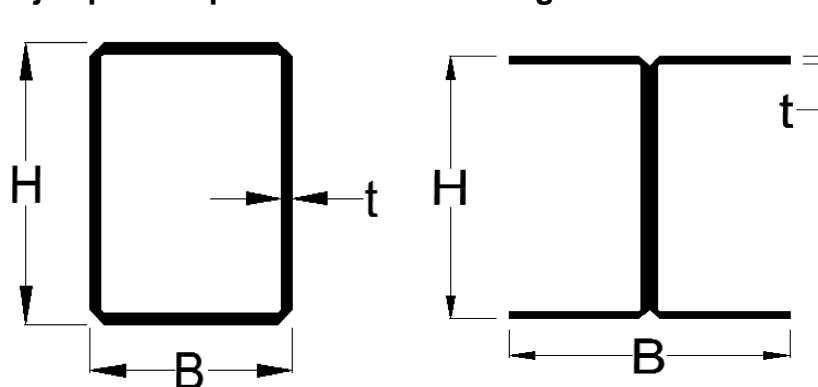
Elaborado por: Evelyn Cabrera – Betzabeth Suquillo

1.5.1.2 Norma AISI

Se utiliza la Norma AISI 2010 (American Iron and Steel Institute); que es una especificación de diseño para miembros estructurales de acero conformados en frío, que se definen a continuación:

- ✓ **Perfiles de lámina delgada conformados en frío.**- Son los perfiles delgados que se consiguen mediante doblado o rolado a temperatura ambiente, como se muestra en la Figura 1.3.

Figura 1.3 Ejemplos de perfiles de lámina delgada conformados en frío



Elaborado por: Evelyn Cabrera – Betzabeth Suquillo

1.5.2 MÉTODOS DE DISEÑO

Tanto para la Norma AISC como en la Norma AISI se emplearán los Métodos ASD y LRFD.

1.5.2.1 Método ASD

El Método ASD (Allowable Strength Design) se basa en el diseño por resistencia admisible para los estados límites de resistencia de las estructuras, por el cual las resistencias requeridas (fuerzas axiales, cortantes y momentos flectores) de los miembros estructurales se calculan mediante los métodos aceptados de análisis estructural con las cargas nominales especificadas por todas las combinaciones de carga ASD del código de construcción aplicable que se definen en la sección 1.5.3.1.

1.5.2.2 Método LRFD

El Método LRFD (Load and Resistance Factor Design) se basa en el diseño para los estados límites de resistencia de las estructuras, mediante el cual ningún estado límite aplicable es excedido cuando la estructura está sujeta a todas las combinaciones apropiadas de cargas factorizadas. Este método consiste en proporcionar a la estructura la resistencia requerida determinada con base a las combinaciones de cargas factorizadas las cuales deben ser menor o igual a la resistencia de diseño de cada componente estructural. Las combinaciones de carga LRFD se definen en la sección 1.5.3.2.

1.5.3 COMBINACIONES DE CARGA

En ausencia de un código de construcción aplicable, las cargas y las combinaciones de carga, serán las estipuladas en las Normas ASCE/SEI 7 (Minimum design loads for buildings and other structures), que se indican a continuación para cada uno de los métodos.

1.5.3.1 Combinaciones de Carga ASD

Para el método ASD se tienen 8 combinaciones de carga posibles, sin embargo se las ha simplificado, eliminando las cargas que no son consideradas en el diseño de las conexiones de vigas y columnas metálicas del presente proyecto.

$$Ra1 = Ra3 = D \quad (1.5.1)$$

$$Ra2 = D + L \quad (1.5.2)$$

$$Ra4 = D + 0.75L \quad (1.5.3)$$

$$Ra5 = D + 0.7E \quad (1.5.4)$$

$$Ra6 = D + 0.525E + 0.75L \quad (1.5.5)$$

$$Ra7 = Ra8 = 0.6D \quad (1.5.6)$$

La resistencia requerida para el método ASD, Ra , es el mayor valor obtenido de las 8 combinaciones anteriores y se realiza tanto para carga axial, cortante y momento flector.

$$Ra = \text{máx} (Ra1, Ra2, Ra3, Ra4, Ra5, Ra6, Ra7, Ra8) \quad (1.5.7)$$

Donde:

D= Carga Muerta

L= Carga Viva

E= Carga debida al sismo

1.5.3.2 Combinaciones de Carga LRFD

Para el método LRFD se tienen 7 combinaciones de carga posibles, sin embargo se las ha simplificado, eliminando las cargas que no son consideradas en el diseño de las conexiones de vigas y columnas metálicas del presente proyecto.

$$Ru1 = 1.4D \quad (1.5.8)$$

$$Ru2 = 1.2D + 1.6L \quad (1.5.9)$$

$$Ru3 = Ru4 = 1.2D + L \quad (1.5.10)$$

$$Ru5 = 1.2D + E + L \quad (1.5.11)$$

$$Ru6 = 0.9D \quad (1.5.12)$$

$$Ru7 = 0.9D + E \quad (1.5.13)$$

La resistencia requerida para el método LRFD, Ru , es el mayor valor obtenido de las 7 combinaciones anteriores y se realiza tanto para carga axial, cortante y momento flector.

$$Ru = \text{máx} (Ru1, Ru2, Ru3, Ru4, Ru5, Ru6, Ru7) \quad (1.5.14)$$

Donde:

D= Carga Muerta

L= Carga Viva

E= Carga debida al sismo

1.5.4 PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Los materiales que intervienen en las conexiones de vigas y columnas metálicas son básicamente el acero y el hormigón, cuyas propiedades de interés son las que se describen a continuación.

1.5.4.1 Acero

Las características del acero que se requieren para diseñar conexiones de vigas y columnas metálicas, para los métodos LRFD y ASD, son las siguientes:

Placa Base/Placa de Soporte

Norma AISC

- Acero ASTM A36/A36 M – 08

$$F_y = 2540 \text{kg/cm}^2$$

$$F_u = 4100 \text{kg/cm}^2$$

$$E = 2043000 \text{kg/cm}^2$$

- Acero ASTM A588/A588 M – 05

$$F_y = 3520 \text{kg/cm}^2$$

$$F_u = 4930 \text{kg/cm}^2$$

$$E = 2043000 \text{kg/cm}^2$$

Norma AISI

- Acero A42E

$$F_y = 2400 \text{kg/cm}^2$$

$$F_u = 4200 \text{kg/cm}^2$$

$$E = 2070000 \text{kg/cm}^2$$

Pernos de Anclaje

- Pernos A325

$$F_y = 5695.92 \text{kg/cm}^2 \text{ a } 6469.44 \text{kg/cm}^2$$

$$F_u = 7383.60 \text{kg/cm}^2 \text{ a } 8438.40 \text{kg/cm}^2$$

- Pernos A490

$$F_y = 8086.80 \text{ kg/cm}^2 \text{ a } 9141.60 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_u = 10548 \text{ kg/cm}^2$$

Varillas de Anclaje

$$F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_u = 6300 \text{ kg/cm}$$

Donde:

F_y = Esfuerzo de fluencia del acero, [kg/cm²]

F_u = Resistencia mínima a la tracción especificada del acero, [kg/cm²]

E = Módulo de elasticidad del acero, [kg/cm²]

1.5.4.2 Hormigón

Las propiedades del hormigón dependen en gran medida de la calidad y proporciones de los componentes en la mezcla y de las condiciones de humedad y temperatura, durante los procesos de fabricación y de fraguado. La propiedad de interés del hormigón para el diseño de conexiones de vigas y columnas metálicas es su resistencia a la compresión que varía entre los siguientes valores:

- Hormigones normales:

$$f'c = (210 - 280) \text{ kg/cm}^2$$

- Hormigones de mediana resistencia:

$$f'c = (350 - 420) \text{ kg/cm}^2$$

Donde:

$f'c$ = Resistencia a la compresión del hormigón, [kg/cm²]

CAPÍTULO II

FLEXO-COMPRESIÓN UNIAxIAL

2.1 DISEÑO DE PLACAS BASE PARA COLUMNAS METÁLICAS – NORMA AISC Y NORMA AISI

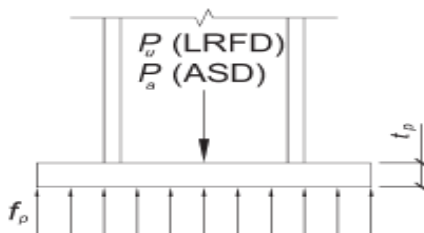
En el diseño de placas base para columnas, el diseño por momento y el diseño por cortante se debe considerar de manera independiente, asumiendo que no existe una interacción significativa entre los dos. El diseño las dos normas AISC y AISI se realiza de manera similar, la diferencia está en las propiedades del acero y tomando en cuenta que las secciones que se emplean para cada Norma se muestra en el Capítulo I, sección 1.5.1.

A continuación se describen los procedimientos de diseño para los diferentes casos que se pueden presentar.

2.1.1 CONSIDERANDO ÚNICAMENTE CARGAS AXIALES CON DISTRIBUCIÓN UNIFORME DE ESFUERZOS

Cuando una columna está sometida únicamente a cargas axiales, la placa base debe ser diseñada de tal manera que sus dimensiones sean suficientes para resistir las presiones ejercidas por el hormigón y la columna, por lo que es necesario conocer como éstos influyen en el dimensionamiento de la placa base, como se muestra en la Figura 2.1.

Figura 2.1 Columna con carga axial y distribución uniforme de esfuerzos



Fuente: Base Plate and Anchor Rod Design – Second Edition – Norma AISC

2.1.1.1 Capacidad de soporte del hormigón

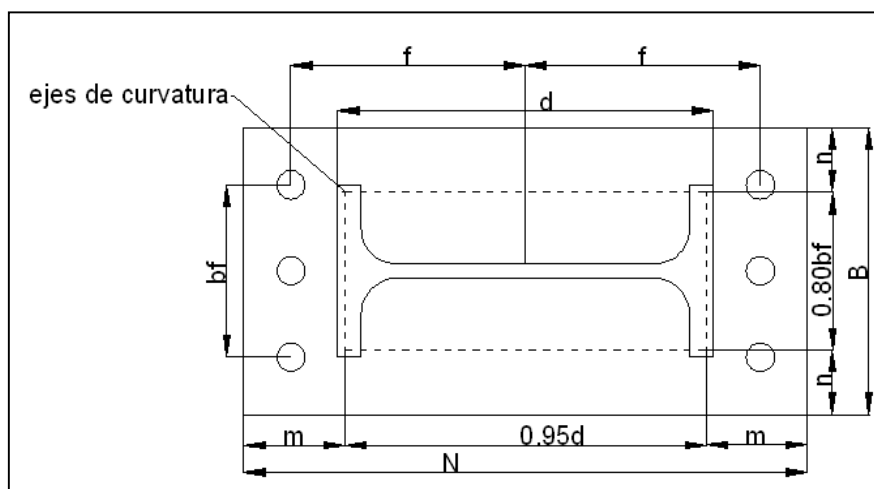
La resistencia de aplastamiento nominal del hormigón “ P_p ”, según la norma AISC 2005, CAPITULO J8, depende del área de apoyo del hormigón, es decir la relación entre las dimensiones de la placa base y las dimensiones de la superficie a la que va a estar apoyada, como es la cimentación.

La presión última ejercida por la placa base para el método de diseño de factores por carga a resistencia (LRFD) y para el método de diseño por resistencia admisible (ASD) no debe ser mayor a la resistencia de aplastamiento máxima del hormigón.

2.1.1.2 Fluencia de la placa base

La presión sobre la placa base de acero genera flexiones, con mayor énfasis en las longitudes o distancias críticas “ m ”, “ n ”, “ m' ”, “ n' ”, por lo que el espesor de la placa es directamente proporcional a la distancia que produzca el momento máximo en la placa base, las longitudes críticas son las distancias que se muestran en la Figura 2.2.

Figura 2.2 Longitudes críticas de la placa base



Fuente: Base Plate and Anchor Rod Design – Second Edition – Norma AISC

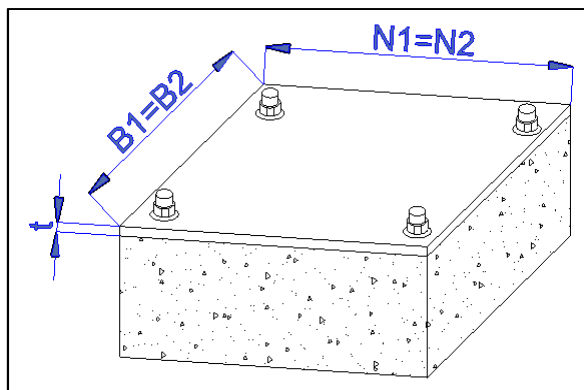
2.1.1.3 Procedimiento de diseño para secciones I y secciones HSS- Norma AISC y Norma AISI

Este procedimiento se basa en la guía de diseño “BASE PLATE AND ANCHOR ROD DESIGN 1, Second Edition” perteneciente a la Norma AISC 2005, Pág. 14. Este procedimiento se acoge para las dos normas AISC y AISI.

Paso 1. Calcular el área requerida de la placa base.

SI PERTENECE AL CASO I ($A_1=A_2$)

Figura 2.3 Caso I ($A_1=A_2$)



Elaborado por: Evelyn Cabrera – Betzabeth Suquillo

Para sección I y sección HSS

Método LRFD:

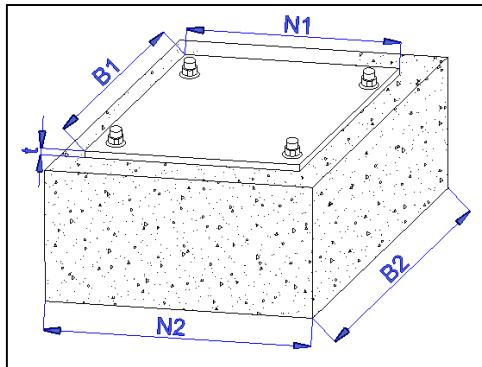
$$A_1 = \frac{P_u}{\phi_c 0.85 f'_c} \quad (2.1.1)$$

Método ASD:

$$A_1 = \frac{\Omega_c P_a}{0.85 f'_c} \quad (2.1.2)$$

SI PERTENECE AL CASO II ($A_2 \geq 4A_1$) O CASO III ($A_1 < A_2 < 4A_1$)

Figura 2.4 Caso II ($A_2 \geq 4A_1$) O CASO III ($A_1 < A_2 < 4A_1$)



Elaborado por: Evelyn Cabrera – Betzabeth Suquillo

Para sección I y sección HSS

Método LRFD:

$$A_1 = \frac{P_u}{2\phi_c 0.85f'_c} \quad (2.1.3)$$

Método ASD:

$$A_1 = \frac{\Omega_c P_a}{2 \times 0.85f'_c} \quad (2.1.4)$$

Donde:

P_u = Resistencia requerida de diseño a compresión que soporta la columna obtenida con las combinaciones de carga por el método LRFD especificadas en el Capítulo I (1.5.3.2), [kg]

P_a = Resistencia requerida admisible a compresión que soporta la columna obtenida con las combinaciones de carga por el método ASD especificadas en el Capítulo I (1.5.3.1), [kg]

f'_c = Esfuerzo de fluencia a compresión del hormigón, [kg/cm²]

Φ_c = Factor de reducción de resistencia al aplastamiento aplicado en el método LRFD, igual a 0.65, [-]

Ω_c = Factor de reducción de resistencia al aplastamiento aplicado para el método ASD, igual a 2.50, [-]

A_1 = Área de la placa base, [cm²]

A_2 = Área de la cimentación, [cm²]

Paso 2. Calcular las dimensiones de la placa N (Longitud de la placa) y B (Ancho de la placa).

PARA EL CASO I ($A_2 = A_1$), CASO II ($A_2 \geq 4A_1$) O CASO III ($A_1 < A_2 < 4A_1$)

La representación de estos casos se pueden observar en la Figura 2.3 y Figura 2.4

Para sección I y sección HSS

$$N = \sqrt{A_1} + \Delta \quad (2.1.5)$$

$$B = \frac{A_1}{N} \quad (2.1.6)$$

Donde:

A_1 = Área de apoyo concéntrico de acero en un soporte de hormigón, es decir área de la placa base, [cm²]

B = Ancho de la placa base, [cm]

N = Longitud de la placa base, [cm]

Δ = Coeficiente de las dimensiones de la columna, [-]

Para sección I

$$\Delta = \frac{0.95d - 0.8bf}{2} \quad (2.1.7)$$

Para sección HSS

$$\Delta = \frac{0.95h - 0.8b}{2} \quad (2.1.8)$$

Donde:

d, h = Alto de la sección de la columna, sean éstas de sección I o de sección HSS respectivamente, [cm]

bf = Ancho del patín de la columna con sección I ó con sección HSS, [cm]

Paso 3. Calcular la resistencia requerida del hormigón.

SI PERTENECE AL CASO I ($A_1=A_2$)

(Ver Figura 2.3)

Para sección I y sección HSS

Método LRFD:

$$\phi_c P_p = \phi_c 0.85 f'_c A_1 \quad (2.1.9)$$

Método ASD:

$$\frac{P_p}{\Omega_c} = \frac{0.85 f'_c A_1}{\Omega_c} \quad (2.1.10)$$

SI PERTENECE AL CASO II ($A_2 \geq 4A_1$) O CASO III ($A_1 < A_2 < 4A_1$)

(Ver Figura 2.4)

Para sección I y sección HSS

Método LRFD:

$$\phi_c P_p = \phi_c 0.85 f'_c A_1 \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \quad (2.1.11)$$

Método ASD:

$$\frac{P_p}{\Omega_c} = \frac{0.85 f'_c A_1}{\Omega_c} \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \quad (2.1.12)$$

Donde:

A_1 = Área de apoyo concéntrico de acero en un soporte de hormigón, es decir área de la placa base, [cm²]

A_2 = Área de la cimentación (este valor es de acuerdo a la cimentación que se haya previsto en la estructura), [cm²]

f'_c = Esfuerzo de fluencia a compresión del hormigón, [kg/cm²]

Φ_c = Factor de reducción de resistencia al aplastamiento aplicado en el método LRFD, igual a 0.65, [-]

Ω_c = Factor de reducción de resistencia al aplastamiento aplicado para el método ASD, igual a 2.50, [-]

Nota: Se debe revisar la siguiente condición, caso contrario se debe aumentar las dimensiones de la placa hasta que cumpla:

SI PERTENECE AL CASO I ($A_1=A_2$)

(Ver Figura 2.3)

Método ASD:

$$P_a \leq \frac{P_p}{\Omega_c} \quad (2.1.13)$$

Método LRFD:

$$P_u \leq \phi_c P_p \quad (2.1.14)$$

SI PERTENECE AL CASO II ($A_2 \geq 4A_1$) O CASO III ($A_1 < A_2 < 4A_1$)

(Ver Figura 2.4)

Método LRFD:

$$\frac{P_p}{A_1} \leq 1.7f'_c = f_{pu} \quad (2.1.15)$$

Método ASD:

$$\frac{P_p}{A_1} \leq 1.7f'_c = f_{pa} \quad (2.1.16)$$

Paso 4. Calcular la longitud crítica “l” para el voladizo de la placa.

PARA EL CASO I ($A_2 = A_1$), CASO II ($A_2 \geq 4A_1$) O CASO III ($A_1 < A_2 < 4A_1$)

(Ver Figura 2.3 y Figura 2.4)

$$l = \text{máx} (m, n, \lambda n', m', n') \quad (2.1.17)$$

Para sección I

$$m = \frac{N - 0.95d}{2} \quad (2.1.18.a)$$

$$n = \frac{B - 0.80bf}{2} \quad (2.1.19.a)$$

$$\lambda n' = \lambda \frac{\sqrt{d \times bf}}{4} \quad (2.1.20.a)$$

Para sección HSS

$$m = \frac{N - 0.95h}{2} \quad (2.1.18.b)$$

$$n = \frac{B - 0.80bf}{2} \quad (2.1.19.b)$$

$$\lambda n' = \lambda \frac{\sqrt{h \times bf}}{4} \quad (2.1.20.b)$$

Para sección I y sección HSS

$$m' = \frac{N - 2m}{\text{número de atiesadores en dirección longitudinal} + 1} \quad (2.1.21)$$

$$n' = \frac{B - 2n}{\text{número de atiesadores en dirección transversal} + 1} \quad (2.1.22)$$

Donde:

l = Longitud crítica del voladizo de la placa (Es la longitud que mayor momento produce en la placa), [cm]

d, h = Alto de la sección de la columna sean éstas de sección I o de sección HSS respectivamente, [cm]

bf = Ancho del patín de la columna con sección I ó con sección HSS, [cm]

B = Ancho de la placa base, [cm]

N = Longitud de la placa base, [cm]

Nota: Se va a colocar atiesadores cada 10 cm, tanto en la dirección longitudinal como en la dirección transversal.

Paso 5. Calcular el espesor mínimo de la placa.

PARA EL CASO I ($A_2 = A_1$), CASO II ($A_2 \geq 4A_1$) O CASO III ($A_1 < A_2 < 4A_1$)

(Ver Figura 2.3 y Figura 2.4)

Para sección I y sección HSS

Método LRFD:

$$t_{\min} = l \sqrt{\frac{2 \times Pu}{\phi_b \times F_y \times B \times N}} \quad (2.1.23)$$

Método ASD:

$$t_{\min} = l \sqrt{\frac{2 \times Pa \times \Omega_b}{F_y \times B \times N}} \quad (2.1.24)$$

Donde:

P_u = Resistencia requerida de diseño a compresión que soporta la columna obtenida con las combinaciones de carga por el método LRFD especificadas en el Capítulo I (1.5.3.2), [kg]

P_a = Resistencia requerida admisible a compresión que soporta la columna obtenida con las combinaciones de carga por el método ASD especificadas en el Capítulo I (1.5.3.1), [kg]

F_y = Esfuerzo de fluencia a tracción del acero, [kg/cm^2]

B = Ancho de la placa base, [cm]

N = Longitud de la placa base, [cm]

l = Longitud crítica del voladizo de la placa (Es la longitud que mayor momento se produce en la placa), [cm]

Φ_b = Factor de reducción de resistencia al aplastamiento aplicado en el método LRFD, igual a 0.90, [-]

Ω_b = Factor de reducción de resistencia al aplastamiento aplicado para el método ASD, igual a 1.67, [-]

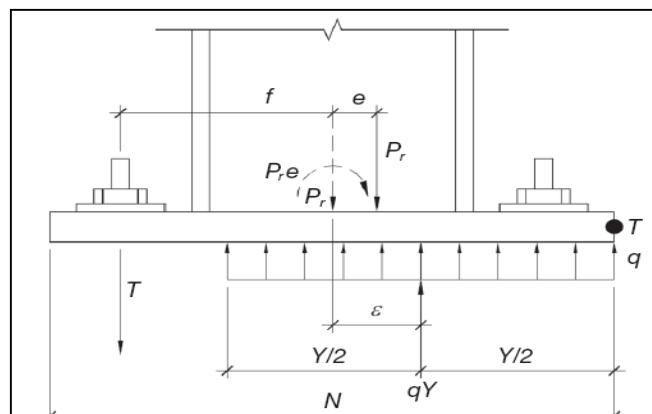
2.1.2 CONSIDERANDO CARGAS AXIALES Y MOMENTO FLECTOR CON DISTRIBUCIÓN UNIFORME DE ESFUERZOS

Cuando una columna está sometida a momento flector, su diseño está relacionado con la excentricidad equivalente, es decir:

2.1.2.1 Cuando $e < e_{crit}$

Para éstas excentricidades, es decir para excentricidades equivalentes menores a excentricidades críticas, la fuerza axial es resistida sólo por aplastamiento, sin fuerza de tensión; no habrá tendencia al volcamiento por lo que el anclaje no interviene en el equilibrio de momentos, como se muestra en la Figura 2.5.

Figura 2.5 Columna con placa base cuando $e < e_{crit}$

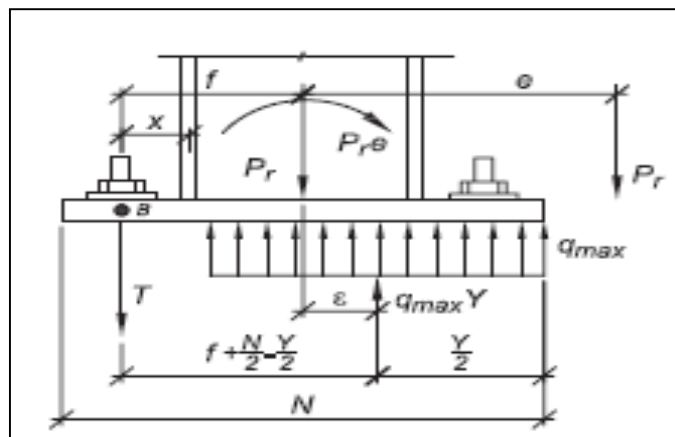


Fuente: Base Plate and Anchor Rod Design – Second Edition – Norma AISC

2.1.2.2 Cuando $e > e_{crit}$

Para éstas excentricidades, es decir cuando la excentricidad equivalente es mayor a la excentricidad crítica, es necesario usar la resistencia a tensión de los pernos o varillas de anclaje, es decir cuando la magnitud del momento de flexión es grande en relación a la carga axial de la columna, los pernos o varillas de anclaje están obligadas a conectar la placa base a la base de hormigón para que la base no se voltee, ni falle el hormigón en la distribución de compresión de esfuerzos, como se muestra en la Figura 2.6.

Figura 2.6 Columna con placa base cuando $e > e_{crit}$



Fuente: Base Plate and Anchor Rod Design – Second Edition – Norma AISC

2.1.2.3 Procedimiento de diseño para secciones I y secciones HSS

Este procedimiento se basa en la guía de diseño “BASE PLATE AND ANCHOR ROD DESIGN 1, Second Edition” perteneciente a la Norma AISC 2005, Pág. 22. Éste procedimiento se acoge para las dos normas AISC y AISI.

Paso 1. Proponer las dimensiones N y B de la placa base, para realizar la primera iteración.

Para sección I

$$N = d + (2)(3in) \quad (2.1.25)$$

$$B = bf + (2)(3in) \quad (2.1.26)$$

Para sección HSS

$$N = h + (2)(3in) \quad (2.1.27)$$

$$B = bf + (2)(3in) \quad (2.1.28)$$

Donde:

d, h = Alto de la sección de la columna sean éstas de sección I o de sección HSS respectivamente, [cm]

bf = Ancho del patín de la columna con sección I ó con sección HSS, [cm]

Paso 2. Determinar la excentricidad equivalente

Para sección I y sección HSS

Método LRFD:

$$e = \frac{M_u}{P_u} \quad (2.1.29)$$

Método ASD:

$$e = \frac{M_a}{P_a} \quad (2.1.30)$$

Donde:

P_u = Resistencia requerida de diseño a compresión que soporta la columna obtenida con las combinaciones de carga por el método LRFD especificadas en el Capítulo I (1.5.3.2), [kg]

P_a = Resistencia requerida admisible a compresión que soporta la columna obtenida con las combinaciones de carga por el método ASD especificadas en el Capítulo I (1.5.3.1), [kg]

M_u = Resistencia requerida de diseño a flexión que soporta la columna obtenida con las combinaciones de carga por el método LRFD especificadas en el Capítulo I (1.5.3.2), [kg-cm]

M_a = Resistencia requerida de diseño a flexión que soporta la columna obtenida con las combinaciones de carga por el método ASD especificadas en el Capítulo I (1.5.3.1), [kg-cm]

Paso 3. Determinar la excentricidad crítica

Para sección I y sección HSS

Método ASD:

$$e_{crit} = \frac{N}{2} - \frac{P_a}{2 \times q_{m\acute{a}x}} \quad (2.1.31)$$

Método LRFD:

$$e_{crit} = \frac{N}{2} - \frac{P_u}{2 \times q_{m\acute{a}x}} \quad (2.1.32)$$

Donde:

P_u = Resistencia requerida de diseño a compresión que soporta la columna obtenida con las combinaciones de carga por el método LRFD especificadas en el Capítulo I (1.5.3.2), [kg]

P_a = Resistencia requerida admisible a compresión que soporta la columna obtenida con las combinaciones de carga por el método ASD especificadas en el Capítulo I (1.5.3.1), [kg]

N = Longitud de la placa base, [cm]

$q_{(m\acute{a}x)}$ = Presión máxima entre la placa base y el hormigón por longitud, [kg/cm²]

NOTA: A partir de este paso se debe verificar a que condición pertenece, es decir:

- Si $e \leq e_{crit}$.
- Si $e > e_{crit}$.
- Si $e = e_{crit}$ el diseño está en equilibrio, es decir la línea de acción de la carga de compresión y el esfuerzo de apoyo del hormigón coinciden.

Paso 4. Verificar si cumple la siguiente inequación. (Este paso se realiza sólo si el diseño pertenece al caso en que $e > e_{crit}$, caso contrario pasar al paso 6) (Ver Figura 2.6)

Para sección I y sección HSS

Método LRFD:

$$\left(f + \frac{N}{2}\right)^2 \geq \frac{2P_u(e+f)}{q_{m\acute{a}x}} \quad (2.1.33)$$

Método ASD:

$$\left(f + \frac{N}{2}\right)^2 \geq \frac{2P_a(e+f)}{q_{m\acute{a}x}} \quad (2.1.34)$$

Donde:

P_u = Resistencia requerida de diseño a compresión que soporta la columna obtenida con las combinaciones de carga por el método LRFD especificadas en el Capítulo I (1.5.3.2), [kg]

P_a = Resistencia requerida admisible a compresión que soporta la columna obtenida con las combinaciones de carga por el método ASD especificadas en el Capítulo I (1.5.3.1), [kg]

N = Longitud de la placa base, [cm]

e = Excentricidad equivalente, [cm]

$q_{(m\acute{a}x)}$ = Presión máxima entre la placa base y el hormigón por longitud, [kg/cm²]

f = Distancia desde el centro de gravedad del perno o varilla de anclaje hasta el centro de gravedad de la placa base, [cm]

$$f = \frac{N}{2} - 3.81 \quad (2.1.35)$$

NOTA: Si no se cumple la condición se deben aumentar las dimensiones de la placa base, hasta que se cumpla y con ello recalculer todos los parámetros.

Paso 5. Calcular la presión máxima entre la placa base y el hormigón (Este paso se realiza sólo si el diseño pertenece al caso en el que $e > e_{crit}$ de lo contrario pasar al paso 6). (Ver Figura 2.6)

Para sección I y sección HSS

$$q_{m\acute{a}x} = f_{p(m\acute{a}x)} \times B \quad (2.1.36)$$

Donde:

B = Ancho de la placa base, [cm]

$f_{p(m\acute{a}x)}$ = Presión máxima entre la placa base y el hormigón, [kg/cm²]

PARA EL CASO I ($A_2 = A_1$)

(Ver Figura 2.3)

Método LRFD:

$$f_{p_{m\acute{a}x}} = \phi_c \times 0.85 \times f'_c \quad (2.1.37)$$

Método ASD:

$$f_{p_{m\acute{a}x}} = \frac{0.85 \times f'_c}{\Omega_c} \quad (2.1.38)$$

PARA EL CASO II ($A_2 \geq 4A_1$) O CASO III ($A_1 < A_2 < 4A_1$)

(Ver Figura 2.4)

Método LRFD:

$$f_{p_{m\acute{a}x}} = (\phi_c \times 0.85 \times f'_c) \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \leq 1.7 \times f'_c \quad (2.1.39)$$

Método ASD:

$$f_{p_{m\acute{a}x}} = \frac{0.85 \times f'_c}{\Omega_c} \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \leq 1.7 \times f'_c \quad (2.1.40)$$

Donde:

A_1 = Área de apoyo concéntrico de acero en un soporte de hormigón, es decir área de la placa base, [cm²]

A_2 = Área de la cimentación (este valor es de acuerdo a la cimentación que se haya previsto en la estructura), [cm²]

f'_c = Esfuerzo de fluencia a compresión del hormigón, [kg/cm²]

Φ_c = Factor de reducción de resistencia al aplastamiento aplicado en el método LRFD, igual a 0.65, [-]

Ω_c = Factor de reducción de resistencia al aplastamiento aplicado para el método ASD, igual a 2.50, [-]

Paso 6. Determinar la longitud de soporte Y

CUANDO $e = e_{crit}$

Para sección I y sección HSS

Método LRFD:

$$Y = \frac{P_u}{q_{m\acute{a}x}} \quad (2.1.41)$$

Método ASD:

$$Y = \frac{P_a}{q_{m\acute{a}x}} \quad (2.1.42)$$

CUANDO $e < e_{crit}$

(Ver Figura 2.5)

Para sección I y sección HSS

$$Y = N - 2e \quad (2.1.43)$$

CUANDO $e > e_{crit}$

(Ver Figura 2.6)

Para sección I y sección HSS

Método LRFD:

$$Y = \left(f + \frac{N}{2}\right) \pm \sqrt{\left(f + \frac{N}{2}\right)^2 - \frac{2Pu(e+f)}{q_{\text{máx}}}} \quad (2.1.44)$$

Método ASD:

$$Y = \left(f + \frac{N}{2}\right) \pm \sqrt{\left(f + \frac{N}{2}\right)^2 - \frac{2Pa(e+f)}{q_{\text{máx}}}} \quad (2.1.45)$$

Donde:

P_u = Resistencia requerida de diseño a compresión que soporta la columna obtenida con las combinaciones de carga por el método LRFD especificadas en el Capítulo I (1.5.3.2), [kg]

P_a = Resistencia requerida admisible a compresión que soporta la columna obtenida con las combinaciones de carga por el método ASD especificadas en el Capítulo I (1.5.3.1), [kg]

N = Longitud de la placa base, [cm]

e = Excentricidad equivalente, [cm]

f = Distancia desde el centro de gravedad del perno o varilla de anclaje hasta el centro de gravedad de la placa base, [cm]

$q_{(\text{máx})}$ = Presión máxima entre la placa base y el hormigón por longitud, [kg/cm²]

Paso 7. Cálculo del espesor requerido para la interface de compresión para

$$e = e_{\text{crit}}, \quad e < e_{\text{crit}} \quad \text{y} \quad e > e_{\text{crit}}$$

Para $Y \geq m$

Para sección I y sección HSS

Método LRFD:

$$t_{\text{preq}} = 1.49m \sqrt{\frac{f_p}{F_y}} \quad (2.1.46)$$

Método ASD:

$$t_{\text{preq}} = 1.83m \sqrt{\frac{f_p}{F_y}} \quad (2.1.47)$$

Para $Y < m$

Para sección I y sección HSS

Método LRFD:

$$t_{\text{preq}} = 2.11 \sqrt{\frac{f_p Y (m - \frac{Y}{2})}{F_y}} \quad (2.1.48)$$

Método ASD:

$$t_{\text{preq}} = 2.58 \sqrt{\frac{f_p Y (m - \frac{Y}{2})}{F_y}} \quad (2.1.49)$$

Donde:

Y = Longitud de soporte, [cm]

m = Longitud crítica del voladizo de la placa (Es la longitud que mayor momento se produce en la placa puede ser también n , n' , m' siendo m' y n' la separación entre atiesadores en dirección longitudinal y transversal respectivamente, por lo que se debe tomar el mayor espesor), [cm]

$f_{p(\text{máx})}$ = Presión máxima entre la placa base y el hormigón, [kg/cm^2]

F_y = Esfuerzo de fluencia a tracción del acero, [kg/cm^2]

Para sección I

$$m = \frac{N - 0.95d}{2} \quad (2.1.50.a)$$

$$n = \frac{B - 0.80bf}{2} \quad (2.1.51.a)$$

Para sección HSS

$$m = \frac{N - 0.95h}{2} \quad (2.1.50.b)$$

$$n = \frac{B - 0.80bf}{2} \quad (2.1.51.b)$$

$$m' = \frac{N - 2m}{\text{número de atiesadores en dirección longitudinal} + 1} \quad (2.1.52)$$

$$n' = \frac{B - 2n}{\text{número de atiesadores en dirección transversal} + 1} \quad (2.1.53)$$

d, h = Alto de la sección de la columna sean éstas de sección I o de sección HSS respectivamente, [cm]

bf = Ancho del patín de la columna con sección I ó con sección HSS, [cm]

N = Longitud de la placa base, [cm]

B = Ancho de la placa base, [cm]

Nota: Se va a colocar atiesadores cada 10 cm, tanto en la dirección longitudinal como en la dirección transversal.

Paso 8. Calcular el espesor requerido para la interface de tensión (Este paso sólo se aplica para la condición de $e > e_{crit}$, ya que para $e < e_{crit}$, la tensión en los pernos o varillas de anclaje no existe)

Método LRFD:

$$t_{preq} = 2.11 \sqrt{\frac{T_u \times X}{B \times F_y}} \quad (2.1.54)$$

Método ASD:

$$t_{preq} = 2.58 \sqrt{\frac{T_a \times X}{B \times F_y}} \quad (2.1.55)$$

Donde:

$q_{(m\acute{a}x)}$ = Presi3n m\acute{a}xima entre la placa base y el hormig3n por longitud, [kg/cm²]

F_y = Esfuerzo de fluencia a tracci3n del acero, [kg/cm²]

B = Ancho de la placa base, [cm]

T_u = Fuerza de tensi3n del perno por el m\acute{e}todo LRFD, [kg]

$$T_u = (q_{m\acute{a}x} \times Y) - P_u \quad (2.1.56)$$

T_a = Fuerza de tensi3n del perno por el m\acute{e}todo ASD, [kg]

$$T_a = (q_{m\acute{a}x} \times Y) - P_a \quad (2.1.57)$$

P_u = Resistencia requerida de dise\~no a compresi3n que soporta la columna obtenida con las combinaciones de carga por el m\acute{e}todo LRFD especificadas en el Cap\~itulo I (1.5.3.2), [kg]

P_a = Resistencia requerida admisible a compresi3n que soporta la columna obtenida con las combinaciones de carga por el m\acute{e}todo ASD especificadas en el Cap\~itulo I (1.5.3.1), [kg]

X = Distancia del centro del perno al centro de la columna, [cm]

Para secci3n I

Secci3n Armada

$$X = \frac{N}{2} - \frac{d}{2} + \frac{t_f}{2} - 3.81 \quad (2.1.58)$$

Secci3n Laminada

$$X = \frac{N}{2} - \frac{d}{2} + \frac{k}{2} - 3.81 \quad (2.1.59)$$

Para secci3n HSS

Secci3n Armada

$$X = \frac{N}{2} - \frac{h}{2} + \frac{t_f}{2} - 3.81 \quad (2.1.60)$$

Sección Laminada

$$X = \frac{N}{2} - \frac{h}{2} + \frac{k}{2} - 3.81 \quad (2.1.61)$$

d, h = Alto de la sección de la columna sean éstas de sección I o de sección HSS respectivamente, [cm]

bf = Ancho del patín de la columna con sección I ó con sección HSS, [cm]

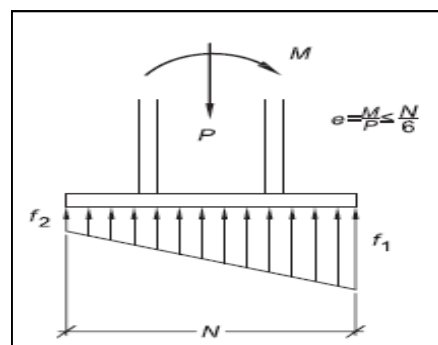
N = Longitud de la placa base, [cm]

2.1.3 CONSIDERANDO CARGAS AXIALES Y MOMENTO FLECTOR CON DISTRIBUCIÓN TRIANGULAR DE ESFUERZOS

Cuando una columna se encuentra sometida a cargas sin excentricidad es decir aplicadas en el centro de la misma se tiene una distribución uniforme de esfuerzos, pero al tener la acción de una carga con excentricidad en cualquiera de las dos direcciones o en ambas se puede considerar una distribución triangular de esfuerzos, es decir si la columna está sometida a momento flector, su diseño está relacionado con la excentricidad, y es la que determina el diseño, como se muestra en la Figura 2.7 y Figura 2.8.

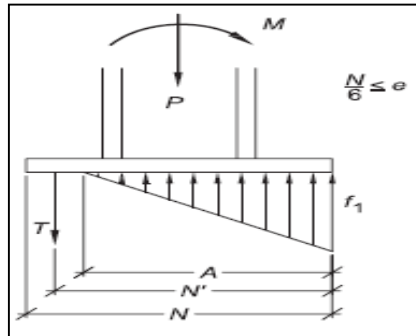
Los componentes de las fuerzas axial y de flexión aplicadas son tratadas de forma independiente para determinar el esfuerzo resultante entre la placa base y la cimentación, y luego son combinadas por superposición para calcular la distribución de esfuerzos a través de la placa base.

Figura 2.7 Columna con distribución triangular de esfuerzos cuando $e < e_{crit}$



Fuente: Base Plate and Anchor Rod Design – Second Edition – Norma AISC

Figura 2.8 Columna con distribución triangular de esfuerzos cuando $e > e_{crit}$



Fuente: Base Plate and Anchor Rod Design – Second Edition – Norma AISC

2.1.3.1 Procedimiento de diseño para secciones I y secciones HSS con $e < e_{crit}$

Este procedimiento se basa en la guía de diseño “BASE PLATE AND ANCHOR ROD DESIGN 1, Second Edition” perteneciente a la Norma AISC 2005, Pág. 58 – Apéndice B. Este procedimiento se basa para normas AISC y AISI.

Paso 1. Proponer las dimensiones N y B de la placa base, para realizar la primera iteración.

Para sección I

$$N = d + (2)(3\text{in}) \quad (2.1.62)$$

$$B = bf + (2)(3\text{in}) \quad (2.1.63)$$

Para sección HSS

$$N = h + (2)(3\text{in}) \quad (2.1.64)$$

$$B = bf + (2)(3\text{in}) \quad (2.1.65)$$

Donde:

d, h = Alto de la sección de la columna sean éstas de sección I o de sección HSS respectivamente, [cm]

bf = Ancho del patín de la columna con sección I ó con sección HSS, [cm]

Paso 2. Determinar la excentricidad

Para sección I y sección HSS

Método LRFD:

$$e = \frac{M_u}{P_u} \quad (2.1.66)$$

Método ASD:

$$e = \frac{M_a}{P_a} \quad (2.1.67)$$

Donde:

P_u = Resistencia requerida de diseño a compresión que soporta la columna obtenida con las combinaciones de carga por el método LRFD especificadas en el Capítulo I (1.5.3.2), [kg]

P_a = Resistencia requerida admisible a compresión que soporta la columna obtenida con las combinaciones de carga por el método ASD especificadas en el Capítulo I (1.5.3.1), [kg]

M_u = Resistencia requerida de diseño a flexión que soporta la columna obtenida con las combinaciones de carga por el método LRFD especificadas en el Capítulo I (1.5.3.2), [kg-cm]

M_a = Resistencia requerida de diseño a flexión que soporta la columna obtenida con las combinaciones de carga por el método ASD especificadas en el Capítulo I (1.5.3.1), [kg-cm]

Paso 3. Determinar la excentricidad crítica

Para sección I y sección HSS

$$e_{\text{kern}} = \frac{N}{6} \quad (2.1.68)$$

Donde:

N = Longitud de la placa base, [cm]

NOTA: A partir de este paso se debe verificar a que condición pertenece, es decir:

- Si $e \leq e_{kern}$, es decir no existe tensiones entre la placa base y la cimentación.
- Si $e > e_{kern}$, debe diseñarse considerando tensiones.

Paso 4. Calcular la base de presiones

DEBIDO A COMPRESIÓN AXIAL

Para sección I y sección HSS

Método LRFD:

$$f_{pu(ax)} = \frac{Pu}{B \times N} \quad (2.1.69)$$

Método ASD:

$$f_{pa(ax)} = \frac{Pa}{B \times N} \quad (2.1.70)$$

DEBIDO A LA APLICACIÓN DE MOMENTO

Para sección I y sección HSS

Método LRFD:

$$f_{p(b)} = \frac{Mu}{S_{pl}} \quad (2.1.71)$$

Método ASD:

$$f_{p(b)} = \frac{Ma}{S_{pl}} \quad (2.1.72)$$

DEBIDO A LA COMBINACIÓN DE FUERZAS

Presión Máxima

Método LRFD Y ASD

$$f_{p(\text{máx})} = (f_{p(\text{ax})} + f_{p(\text{b})}) \leq f_{p \text{ avail}} \quad (2.1.73)$$

Presión Mínima

Método LRFD Y ASD

$$f_{p(\text{min})} = (f_{p(\text{ax})} - f_{p(\text{b})}) \quad (2.1.74)$$

Donde:

Pu = Resistencia requerida de diseño a compresión que soporta la columna obtenida con las combinaciones de carga por el método LRFD especificadas en el Capítulo I (1.5.3.2), [kg]

Pa = Resistencia requerida admisible a compresión que soporta la columna obtenida con las combinaciones de carga por el método ASD especificadas en el Capítulo I (1.5.3.1), [kg]

Mu = Resistencia requerida de diseño a flexión que soporta la columna obtenida con las combinaciones de carga por el método LRFD especificadas en el Capítulo I (1.5.3.2), [kg-cm]

Ma = Resistencia requerida de diseño a flexión que soporta la columna obtenida con las combinaciones de carga por el método ASD especificadas en el Capítulo I (1.5.3.1), [kg-cm]

S_{pl} = Coeficiente que se calcula de la siguiente manera, asumiendo que el momento es paralelo a la longitud de la placa base, [cm³]

$$S_{pl} = \frac{B \times N^2}{6} \quad (2.1.75)$$

N = Longitud de la placa base, [cm]

B = Ancho de la placa base, [cm]

f_{p(ax)} = Base de presión debido a carga axial, [kg/cm²]

$f_{p(b)}$ = Base de presión debido a momentos, [kg/cm²]

$f_{p(avail)}$ = Base de presión resistente del hormigón, [kg/cm²]

Método LRFD:

$$f_{p(avail)} = \phi_c \times 0.85 \times f'_c \quad (2.1.76)$$

Método ASD:

$$f_{p(avail)} = \frac{0.85 \times f'_c}{\Omega_c} \quad (2.1.77)$$

NOTA: Si $f_{p(máx)} \geq f_{p(avail)}$ se debe cambiar las dimensiones de la placa base.

f'_c = Esfuerzo de fluencia a compresión del hormigón, [kg/cm²]

Φ_c = Factor de reducción de resistencia al aplastamiento aplicado en el método LRFD, igual a 0.65, [-]

Ω_c = Factor de reducción de resistencia al aplastamiento aplicado para el método ASD, igual a 2.50, [-]

Paso 5. Determinar la presión para una distancia “m” ó “m’ ” desde la presión máxima

Para sección I y sección HS

$$f_{p(m)} = f_{p(máx)} - 2 f_{p(b)} \left(\frac{m}{N} \right) \quad (2.1.78)$$

Donde:

N = Longitud de la placa base, [cm]

m, m’ = Dimensión del volado de la placa base paralela a la longitud de la placa base y a la aplicación del momento. La longitud “m” es la distancia entre el borde de la placa y la columna, y “m’” es la distancia entre los atiesadores, se debe hacer el cálculo para las dos dimensiones y de esta manera saber que distancia produce el mayor momento en la placa base, [cm]

$f_{p(ax)}$ = Base de presión debido a carga axial, [kg/cm²]

$f_{p(b)}$ = Base de presión debido a momentos, [kg/cm²]

$f_{p(avail)}$ = Base de presión resistente del hormigón, [kg/cm²]

Nota: Se va a colocar atiesadores cada 10 cm, tanto en la dirección longitudinal como en la dirección transversal.

Paso 6. Determinar el momento de la flexión en el plano crítico m, m' y n, n'

Para sección I y sección HSS

Plano "m" y "m'", dirección de aplicación del momento

$$M_{pl} = (f_{p(m)})\left(\frac{m^2}{2}\right) + (f_{p(m\acute{a}x)} - f_{p(m)})\left(\frac{m^2}{3}\right) \quad (2.1.79)$$

Plano "n" y "n'", dirección perpendicular a la aplicación del momento

$$M_{pl} = f_{p(ax)}\left(\frac{n^2}{2}\right) \quad (2.1.80)$$

Donde:

$f_{p(max)}$ = Base de presión máxima debido a la combinación de esfuerzos, [kg/cm²]

$f_{p(m)}$ = Presión a una distancia "m" o "m'" desde la distancia $f_{p(max)}$ siendo m parte del volado de la placa. , [kg/cm²]

m, m' = Dimensión del volado de la placa base paralela a la longitud de la placa base y a la aplicación del momento. La longitud "m" es la distancia entre el borde de la placa y la columna, y "m'" es la distancia entre los atiesadores, se debe hacer el cálculo para las dos dimensiones y de esta manera saber que distancia produce el mayor momento en la placa base, [cm]

n, n' = Dimensión del volado de la placa base perpendicular a la longitud de la placa base y a la aplicación del momento. La longitud “ m ” es la distancia entre el borde de la placa y la columna, y “ m' ” es la distancia entre los atiesadores, se debe hacer el cálculo para las dos dimensiones y de esta manera saber que distancia produce el mayor momento en la placa base, [cm]

NOTA: Se escoge el momento más grande obtenido de las ecuaciones y se van a obtener dos resultados, uno para el método LRFD y otro para el método ASD. Se va a colocar atiesadores cada 10 cm, tanto en la dirección longitudinal como en la dirección transversal.

Paso 7. Determinar el espesor requerido de la placa base

Para sección I y sección HSS

Método LRFD:

$$t_{\text{req}} = \sqrt{\frac{4 \times M_{\text{upl}}}{\phi_c \times B \times F_y}} \quad (2.1.81)$$

Método ASD:

$$t_{\text{req}} = \sqrt{\frac{4 \times M_{\text{apl}} \times \Omega_c}{B \times F_y}} \quad (2.1.82)$$

Donde:

$M_{\text{pl(u)}}$ = Momento de flexión máxima para método LRFD, [kg(cm/cm)]

$M_{\text{pl(a)}}$ = Momento de flexión máxima para método ASD, [kg(cm/cm)]

Φ_b = Factor de reducción de resistencia al aplastamiento aplicado en el método LRFD, igual a 0.90, [-]

Ω_b = Factor de reducción de resistencia al aplastamiento aplicado para el método ASD, igual a 1.67, [-]

F_y = Esfuerzo de fluencia a tracción del acero, [kg/cm²]

B = Ancho de la placa base, [cm]

2.1.3.2 Procedimiento de diseño para secciones I y secciones HSS cuando $e > e_{crit}$

Este procedimiento se basa en la guía de diseño “BASE PLATE AND ANCHOR ROD DESIGN 1, Second Edition” perteneciente a la Norma AISC 2005, Pág. 58 – Apéndice B. Este procedimiento se aplica para las dos normas AISC y AISI, tomando en cuenta los parámetros que cambian dependiendo de la norma.

Paso 1. Proponer las dimensiones N y B de la placa base, para realizar la primera iteración.

Para sección I

$$N = d + (2)(3in) \quad (2.1.83)$$

$$B = bf + (2)(3in) \quad (2.1.84)$$

Para sección HSS

$$N = h + (2)(3in) \quad (2.1.85)$$

$$B = bf + (2)(3in) \quad (2.1.86)$$

Donde:

d, h = Alto de la sección de la columna sean éstas de sección I o de sección HSS respectivamente, [cm]

bf = Ancho del patín de la columna con sección I ó con sección HSS, [cm]

Paso 2. Determinar la excentricidad

Para sección I y sección HSS

Método LRFD:

$$e = \frac{M_u}{P_u} \quad (2.1.87)$$

Método ASD:

$$e = \frac{Ma}{Pa} \quad (2.1.88)$$

Donde:

P_u = Resistencia requerida de diseño a compresión que soporta la columna obtenida con las combinaciones de carga por el método LRFD especificadas en el Capítulo I (1.5.3.2), [kg]

P_a = Resistencia requerida admisible a compresión que soporta la columna obtenida con las combinaciones de carga por el método ASD especificadas en el Capítulo I (1.5.3.1), [kg]

M_u = Resistencia requerida de diseño a flexión que soporta la columna obtenida con las combinaciones de carga por el método LRFD especificadas en el Capítulo I (1.5.3.2), [kg-cm]

M_a = Resistencia requerida de diseño a flexión que soporta la columna obtenida con las combinaciones de carga por el método ASD especificadas en el Capítulo I (1.5.3.1), [kg-cm]

Paso 3. Determinar la excentricidad crítica

Para sección I y sección HSS

$$e_{\text{kern}} = \frac{N}{6} \quad (2.1.89)$$

Donde:

N = Longitud de la placa base, [cm]

NOTA: A partir de este paso se debe verificar a que condición pertenece, es decir:

- Si $e \leq e_{\text{kern}}$ no existe tensiones entre la placa base y la cimentación.
- Si $e > e_{\text{kern}}$ debe diseñarse considerando tensiones.

Paso 4. Calcular la resistencia del hormigón

SI PERTENECE AL CASO I ($A_1=A_2$)

(Ver Figura 2.3)

Para sección I y sección HSS

Método LRFD:

$$\phi_c P_p = \phi_c 0.85 f'_c A_1 \quad (2.1.90)$$

Método ASD:

$$\frac{P_p}{\Omega_c} = \frac{0.85 f'_c A_1}{\Omega_c} \quad (2.1.91)$$

SI PERTENECE AL CASO II ($A_2 \geq 4A_1$) O CASO III ($A_1 < A_2 < 4A_1$)

(Ver Figura 2.4)

Para sección I y sección HSS

Método LRFD:

$$\phi_c P_p = \phi_c 0.85 f'_c A_1 \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \quad (2.1.92)$$

Método ASD:

$$\frac{P_p}{\Omega_c} = \frac{0.85 f'_c A_1}{\Omega_c} \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \quad (2.1.93)$$

Donde:

A_1 = Área de apoyo concéntrico de acero en un soporte de hormigón, es decir área de la placa base, [cm²]

A_2 = Área de la cimentación (este valor es de acuerdo a la cimentación que se haya previsto en la estructura), [cm²]

f'_c = Esfuerzo de fluencia a compresión del hormigón, [kg/cm²]

Φ_c = Factor de reducción de resistencia al aplastamiento aplicado en el método LRFD, igual a 0.65, [-]

Ω_c = Factor de reducción de resistencia al aplastamiento aplicado para el método ASD, igual a 2.50, [-]

Nota: Se debe revisar la siguiente condición:

SI PERTENECE AL CASO I ($A_1=A_2$)

(Ver Figura 2.3)

Método ASD:

$$P_a \leq \frac{P_p}{\Omega_c} \quad (2.1.94)$$

Método LRFD:

$$P_u \leq \phi_c P_p \quad (2.1.95)$$

SI PERTENECE AL CASO II ($A_2 \geq 4A_1$) O CASO III ($A_1 < A_2 < 4A_1$)

(Ver Figura 2.4)

Método LRFD:

$$\phi_c \frac{P_p}{A_1} \leq 1.7f'_c \phi_c = f_{pu} \quad (2.1.96)$$

Método ASD:

$$\frac{P_p}{\Omega_c A_1} \leq \frac{1.7f'_c}{\Omega_c} = f_{pa} \quad (2.1.97)$$

Si no se cumple las condiciones se debe aumentar las dimensiones de la placa.

Paso 5. Calcular la longitud de cortante

SI PERTENECE AL CASO I ($A_1=A_2$)

(Ver Figura 2.3)

Para sección I y sección HSS

Método LRFD:

$$A = \frac{3N' \pm \sqrt{(3N')^2 - \frac{24(P_u \times A' + M_u)}{f_{pu} \times B}}}{2} \quad (2.1.98)$$

Método ASD:

$$A = \frac{3N' \pm \sqrt{(3N')^2 - \frac{24(P_a \times A' + M_a)}{f_{pa} \times B}}}{2} \quad (2.1.99)$$

Donde:

P_u = Resistencia requerida de diseño a compresión que soporta la columna obtenida con las combinaciones de carga por el método LRFD especificadas en el Capítulo I (1.5.3.2), [kg]

P_a = Resistencia requerida admisible a compresión que soporta la columna obtenida con las combinaciones de carga por el método ASD especificadas en el Capítulo I (1.5.3.1), [kg]

M_u = Resistencia requerida de diseño a flexión que soporta la columna obtenida con las combinaciones de carga por el método LRFD especificadas en el Capítulo I (1.5.3.2), [kg-cm]

M_a = Resistencia requerida de diseño a flexión que soporta la columna obtenida con las combinaciones de carga por el método ASD especificadas en el Capítulo I (1.5.3.1), [kg-cm]

f_{pa} , f_{pu} = Esfuerzo bajo la placa base, [kg/cm²]

B = Ancho de la placa base, [cm]

N' = Distancia entre el centro del perno en tensión y la presión máxima de la distribución de presiones, [cm]

A' = Distancia entre el centro del perno y el centro de la columna, [cm]

Nota: Se escoge el menor valor obtenido en el cálculo, cabe recalcar que se va a tener dos resultados, uno para el método LRFD y otro para el método ASD. Si el valor obtenido es igual a N se debe escoger dimensiones más grandes para la placa base.

Paso 6. Determinar la fuerza resultante de tensión del pernoPara sección I y sección HSS

Método LRFD:

$$T_u = \frac{f_{pu} \times A \times B}{2} - P_u \quad (2.1.100)$$

Método ASD:

$$T_a = \frac{f_a \times A \times B}{2} - P_a \quad (2.1.101)$$

Donde:

P_u = Resistencia requerida de diseño a compresión que soporta la columna obtenida con las combinaciones de carga por el método LRFD especificadas en el Capítulo I (1.5.3.2), [kg]

P_a = Resistencia requerida admisible a compresión que soporta la columna obtenida con las combinaciones de carga por el método ASD especificadas en el Capítulo I (1.5.3.1), [kg]

f_{pa} , f_{pu} = Esfuerzo bajo la placa base, [kg/cm²]

B = Ancho de la placa base, [cm]

A' = Distancia entre el centro del perno y el centro de la columna, [cm]

Paso 7. Determinar el esfuerzo de flexiónPara sección I y sección HSS

Método LRFD:

$$f_{p(m)} = f_{pu} \frac{A - m}{A} \quad (2.1.102)$$

Método ASD:

$$f_{p(m)} = f_{pa} \frac{A - m}{A} \quad (2.1.103)$$

Donde:

f_{pa} , f_{pu} = Esfuerzo bajo la placa base, [kg/cm²]

m = Longitud crítica del voladizo de la placa (Es la longitud que mayor momento se produce en la placa, puede ser también m' por lo que se debe tomar la mayor longitud), [cm]

A = Longitud de cortante, [cm]

Paso 8. Calcular los momentos críticos de la placa base

Para sección I y sección HSS

Método LRFD:

$$M_{upl} = f_{p(m)} \times \frac{m^2}{2} + \frac{(f_{pu} - f_{p(m)}) \times m^2}{3} \quad (2.1.104)$$

Método ASD:

$$M_{apl} = f_{p(m)} \times \frac{m^2}{2} + \frac{(f_{pa} - f_{p(m)}) \times m^2}{3} \quad (2.1.105)$$

Donde:

f_{pa} , f_{pu} = Esfuerzo bajo la placa base, [kg/cm²]

$f_{p(m)}$ = Esfuerzo de flexión, [kg/cm²]

m = Longitud crítica del voladizo de la placa (Es la longitud que mayor momento se produce en la placa puede ser también m' por lo que se debe tomar la mayor longitud), [cm]

Paso 9. Calcular el espesor requerido para la placa base

Para sección I y sección HSS

Método LRFD:

$$t_{req} = \sqrt{\frac{4 \times M_{upl}}{\phi_b \times F_y}} \quad (2.1.106)$$

Método ASD:

$$t_{\text{req}} = \sqrt{\frac{4 \times M_{\text{apl}} \times \Omega_b}{F_y}} \quad (2.1.107)$$

Donde:

M_{pl_u} , M_{pl_a} = Momento crítico de la placa base, [kg-cm]

F_y = Esfuerzo de fluencia a tracción del acero, [kg/cm²]

Φ_b = Factor de reducción de resistencia al aplastamiento aplicado en el método LRFD, igual a 0.90, [-]

Ω_b = Factor de reducción de resistencia al aplastamiento aplicado para el método ASD, igual a 1.67, [-]

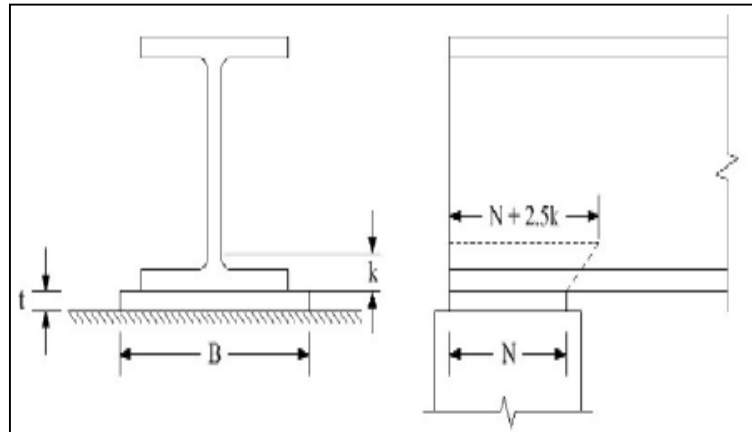
2.2 DISEÑO DE PLACAS DE SOPORTE PARA VIGAS METÁLICAS – NORMA AISC Y NORMA AISI

Las placas de soporte son elementos de transición, que son necesarios cuando los extremos de la viga de acero se apoyan directamente sobre concreto y distribuyen los esfuerzos o reacciones de la viga. La metodología de diseño de placas de soporte es parecida a la de placa base, su diferencia es que el diseño de estas placas se realiza a flexión en una sola dirección y se debe considerar la fluencia y el aplastamiento del alma de la viga.

2.2.1 FLUENCIA DE LA PLACA DE SOPORTE

La norma AISC recomienda que se considere que la placa de soporte o asiento toma el momento flexionante total producido y que la sección crítica para el momento se considere a una distancia “k” del eje longitudinal de la viga. Cabe recalcar que la distancia k es igual al espesor del patín si es una sección armada AISC o igual al espesor del patín más el radio del filete si es una sección laminada AISC o una sección AISI.

Figura 2.9 Longitudes críticas de la placa base



Fuente: Diseño de Estructuras de Acero Método LRFD y Método ASD – Jack Mc Cormac

2.2.2 PROCEDIMIENTO DE DISEÑO PARA SECCIONES I - NORMA AISC Y NORMA AISI

Este procedimiento se basa en la guía de diseño “DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE ACERO MÉTODO LRFD Y MÉTODO ASD”, perteneciente a Jack Mc. Cormac, Pág. 244. Este procedimiento se acoge para las dos normas AISC y AISI.

Paso 1. Calcular el área requerida de la placa de soporte.

SI PERTENECE AL CASO I ($A_1=A_2$)

(Ver Figura 2.3)

Para sección I y sección HSS

Método LRFD:

$$A_{1req} = \frac{R_u}{\phi_c \times 0.85 \times f'_c} \quad (2.2.1)$$

Método ASD:

$$A_{1req} = \frac{\Omega_c \times R_a}{0.85 \times f'_c} \quad (2.2.2)$$

SI PERTENECE AL CASO II ($A_2 \geq 4A_1$)

(Ver Figura 2.4)

Para sección I y sección HSS

Método LRFD:

$$A1_{req} = \frac{Ru}{\phi_c \times 1.7 \times f'c} \quad (2.2.3)$$

Método ASD:

$$A1_{req} = \frac{\Omega_c \times Ra}{1.7 \times f'c} \quad (2.2.4)$$

SI PERTENECE AL CASO III ($A1 < A2 < 4A1$)

(Ver Figura 2.4)

Para sección I y sección HSS

Método LRFD:

$$A1_{req} = \frac{1}{A2} \left(\frac{Ru}{\phi_c \times 0.85 \times f'c} \right)^2 \quad (2.2.5)$$

Método ASD:

$$A1_{req} = \frac{1}{A2} \left(\frac{\Omega_c \times Ra}{0.85 \times f'c} \right)^2 \quad (2.2.6)$$

Donde:

Ru = Reacción requerida de diseño que se produce en la viga, la cual fue obtenida con las combinaciones de carga por el método LRFD especificadas en el Capítulo I (1.5.3.2), [kg]

Ra = Reacción requerida admisible que se produce en la viga, la cual fue obtenida con las combinaciones de carga por el método ASD especificadas en el Capítulo I (1.5.3.1), [kg]

A₁ = Área de apoyo concéntrico de acero en un soporte de hormigón, es decir área de la placa base, [cm²]

A_2 = Área de la cimentación (este valor es de acuerdo a la cimentación que se haya previsto en la estructura), [cm²]

f'_c = Esfuerzo de fluencia a compresión del hormigón, [kg/cm²]

Φ_c = Factor de reducción de resistencia al aplastamiento aplicado en el método LRFD, igual a 0.65, [-]

Ω_c = Factor de reducción de resistencia al aplastamiento aplicado para el método ASD, igual a 2.50, [-]

Paso 2. Determinar la longitud de apoyo N requerida por deformación local del alma

Para sección I y sección HSS

Sección Laminada

Método LRFD:

$$R_u = \phi (2.5k + N) \times F_y \times t_w \quad (2.2.7)$$

Método ASD:

$$R_a = \frac{1}{\Omega} (2.5k + N) \times F_y \times t_w \quad (2.2.8)$$

Sección Armada

Método LRFD:

$$R_u = \phi (2.5t_f + N) \times F_y \times t_w \quad (2.2.9)$$

Método ASD:

$$R_a = \frac{1}{\Omega} (2.5t_f + N) \times F_y \times t_w \quad (2.2.10)$$

Donde:

R_u = Reacción requerida de diseño que se produce en la viga, la cual fue obtenida con las combinaciones de carga por el método LRFD especificadas en el Capítulo I (1.5.3.2), [kg]

Ra = Reacción requerida admisible que se produce en la viga, la cual fue obtenida con las combinaciones de carga por el método ASD especificadas en el Capítulo I (1.5.3.1), [kg]

Fy = Esfuerzo de fluencia especificado para la placa de soporte, [kg/cm²]

tw = Espesor del alma de la viga, [cm]

k, tf = Distancia de la cara exterior del patín al límite del filete del alma, dado en tablas para cada sección (o igual al espesor del patín, más el radio del filete) de sección laminada o armada respectivamente, [cm]

Φ = Factor de reducción de resistencia al aplastamiento aplicado en el método LRFD, igual a 1.00, [-]

Ω = Factor de reducción de resistencia al aplastamiento aplicado para el método ASD, igual a 1.50, [-]

Nota: Esta longitud calculada, N, debe ser menor a la longitud máxima de soporte, que es igual al espesor del muro sobre el que se asienta o la longitud de la columna, de lo contrario no se puede diseñar la placa de soporte porque fallaría por deformación local del alma, siendo una alternativa utilizar un acero de mayor resistencia.

Paso 3. Calcular el valor requerido de N para prevenir el aplastamiento del alma, suponiendo que la relación N/d ó N/h sea mayor a 0.2 mm.

Para sección I (armadas y laminadas)

Método LRFD:

$$R_u = \phi \times 0.40 \times t_w^2 \left[1 + \left(4 \frac{N}{d} - 0.2 \right) \left(\frac{t_w}{t_f} \right)^{1.5} \right] \sqrt{\frac{E \times F_y \times t_f}{t_w}} \quad (2.2.11)$$

Método ASD:

$$R_a = \frac{1}{\Omega} \times 0.40 \times t_w^2 \left[1 + \left(4 \frac{N}{d} - 0.2 \right) \left(\frac{t_w}{t_f} \right)^{1.5} \right] \sqrt{\frac{E \times F_y \times t_f}{t_w}} \quad (2.2.12)$$

Para sección HSS (armadas y laminadas)

Método LRFD:

$$R_u = \phi \times 0.40 \times t_w^2 \left[1 + \left(4 \frac{N}{h} - 0.2 \right) \left(\frac{t_w}{t_f} \right)^{1.5} \right] \sqrt{\frac{E \times F_y \times t_f}{t_w}} \quad (2.2.13)$$

Método ASD:

$$R_a = \frac{1}{\Omega} \times 0.40 \times t_w^2 \left[1 + \left(4 \frac{N}{h} - 0.2 \right) \left(\frac{t_w}{t_f} \right)^{1.5} \right] \sqrt{\frac{E \times F_y \times t_f}{t_w}} \quad (2.2.14)$$

Donde:

R_u = Reacción requerida de diseño que se produce en la viga, la cual fue obtenida con las combinaciones de carga por el método LRFD especificadas en el Capítulo I (1.5.3.2), [kg]

R_a = Reacción requerida admisible que se produce en la viga, la cual fue obtenida con las combinaciones de carga por el método ASD especificadas en el Capítulo I (1.5.3.1), [kg]

F_y = Esfuerzo de fluencia especificado para la placa de soporte, [kg/cm²]

t_w = Espesor del alma de la viga, [cm]

d, h = Alto total de la sección de la viga I o HSS respectivamente, [cm]

E = Módulo de elasticidad de la viga, [kg/cm²]

t_f = Distancia de la cara exterior del patín al límite del filete del alma, dado en tablas para cada sección, [cm]

Φ = Factor de reducción de resistencia al aplastamiento aplicado en el método LRFD, igual a 0.75, [-]

Ω = Factor de reducción de resistencia al aplastamiento aplicado para el método ASD, igual a 2.00, [-]

Nota: Esta longitud calculada, N , debe ser menor a la longitud máxima de soporte, que es igual al espesor del muro sobre el que se asienta o la longitud de la columna, de lo contrario no se puede diseñar la placa de soporte porque fallaría por aplastamiento del alma, siendo una alternativa utilizar un acero de mayor resistencia.

Paso 4. Comprobar la suposición de N/d ó N/h sea mayor a 0.2 mm.

Este paso se debe realizar únicamente si no se cumple lo asumido en el paso anterior, es decir N/d ó N/h es menor o igual a 0.2 mm, entonces se debe recalculer “N” con lo siguiente:

Para sección I (armadas y laminadas)

Método LRFD:

$$R_u = \phi \times 0.40 \times t_w^2 \left[1 + 3 \left(\frac{N}{d} \right) \times \left(\frac{t_w}{t_f} \right)^{1.5} \right] \sqrt{\frac{E \times F_y \times t_f}{t_w}} \quad (2.2.15)$$

Método ASD:

$$R_a = \frac{1}{\Omega} \times 0.40 \times t_w^2 \left[1 + 3 \left(\frac{N}{d} \right) \times \left(\frac{t_w}{t_f} \right)^{1.5} \right] \sqrt{\frac{E \times F_y \times t_f}{t_w}} \quad (2.2.16)$$

Para sección HSS (armadas y laminadas)

Método LRFD:

$$R_u = \phi \times 0.40 \times t_w^2 \left[1 + 3 \left(\frac{N}{h} \right) \times \left(\frac{t_w}{t_f} \right)^{1.5} \right] \sqrt{\frac{E \times F_y \times t_f}{t_w}} \quad (2.2.17)$$

Método ASD:

$$R_a = \frac{1}{\Omega} \times 0.40 \times t_w^2 \left[1 + 3 \left(\frac{N}{h} \right) \times \left(\frac{t_w}{t_f} \right)^{1.5} \right] \sqrt{\frac{E \times F_y \times t_f}{t_w}} \quad (2.2.18)$$

Donde:

R_u = Reacción requerida de diseño que se produce en la viga, la cual fue obtenida con las combinaciones de carga por el método LRFD especificadas en el Capítulo I (1.5.3.2), [kg]

R_a = Reacción requerida admisible que se produce en la viga, la cual fue obtenida con las combinaciones de carga por el método ASD especificadas en el Capítulo I (1.5.3.1), [kg]

F_y = Esfuerzo de fluencia especificado para la placa de soporte, [kg/cm²]

t_w = Espesor del alma de la viga, [cm]

d, h = Alto total de la sección de la viga I o HSS respectivamente, [cm]

E = Módulo de elasticidad de la viga, [kg/cm²]

t_f = Distancia de la cara exterior del patín al límite del filete del alma, dado en tablas para cada sección, [cm]

Φ = Factor de reducción de resistencia al aplastamiento aplicado en el método LRFD, igual a 0.75, [-]

Ω = Factor de reducción de resistencia al aplastamiento aplicado para el método ASD, igual a 2.00, [-]

Nota: Esta longitud calculada, N , debe ser menor a la longitud máxima de soporte, que es igual al espesor del muro sobre el que se asienta o la longitud de la columna, de lo contrario no se puede diseñar la placa de soporte porque fallaría por aplastamiento del alma, siendo una alternativa utilizar un acero de mayor resistencia.

Paso 5. Calcular la dimensión el ancho de la placa de soporte.

Para sección I y sección HSS

Método LRFD y Método ASD:

$$B = \frac{A_1}{N} \quad (2.2.19)$$

Donde:

A_1 = Área de apoyo concéntrico de acero en un soporte de hormigón, es decir área de la placa base, calculada en el paso 1, [cm²]

N = Longitud de la placa de soporte que se puede asumir según los requerimientos, debe ser menor o igual al espesor del muro o a la longitud de la columna, puede ser aproximadamente igual al mayor valor obtenido en los pasos 2, 3 y 4, [cm]

Paso 6. Calcular el espesor requerido para la placa de soporte.

Para sección I y sección HSS

Método LRFD:

$$t = \sqrt{\frac{2.22 \times R_u \times n^2}{B \times N \times F_y}} \quad (2.2.20)$$

Método ASD:

$$t = \sqrt{\frac{2.22 \times R_a \times n^2}{B \times N \times F_y}} \quad (2.2.21)$$

Donde:

R_u = Reacción requerida de diseño que se produce en la viga, la cual fue obtenida con las combinaciones de carga por el método LRFD especificadas en el Capítulo I (1.5.3.2), [kg]

R_a = Reacción requerida admisible que se produce en la viga, la cual fue obtenida con las combinaciones de carga por el método ASD especificadas en el Capítulo I (1.5.3.1), [kg]

F_y = Esfuerzo de fluencia especificado para la placa de soporte, [kg/cm²]

N = Longitud de la placa de soporte, [cm]

B = Ancho de la placa de soporte, [cm]

n = Longitud crítica de la placa de soporte, [cm]

Sección Armada

$$n = \frac{B - 2t_f}{2} \quad (2.2.22)$$

Sección Laminada

$$n = \frac{B - 2k}{2} \quad (2.2.23)$$

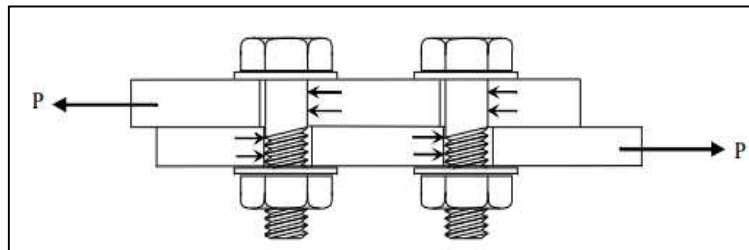
2.3 DISEÑO DE PERNOS Y VARILLAS DE ANCLAJE – NORMA AISC Y NORMA AISI

Los pernos o varillas de anclaje generalmente permiten sujetar una o más piezas en una estructura, por lo general de gran volumen, por lo que son objeto del presente estudio. Los mismos se diseñan en función de la fuerza de tensión a la que van a estar sometidos. Para un completo diseño de los pernos y varillas se debe involucrar los parámetros necesarios constructivamente, los que van a ser abordados en la presente sección.

2.3.1 RESISTENCIA AL CORTANTE

En las conexiones tipo aplastamiento se supone que las cargas por transmitirse son mayores que la resistencia a la fricción generada al apretarlos, como consecuencia se presenta un pequeño deslizamiento entre los miembros conectados, quedando sometidos a corte y aplastamiento.

Figura 2.10 Resistencia al deslizamiento de un perno o varilla de anclaje.



Fuente: Base Plate and Anchor Rod Design – Second Edition – Norma AISC

2.3.2 RESISTENCIA AL APLASTAMIENTO

La resistencia al aplastamiento se basa en la resistencia de las partes conectadas y del arreglo de los pernos o varillas, ésta resistencia depende algunos parámetros como:

- Separación entre pernos o varillas roscadas de anclaje.
- Distancia a los bordes.
- Resistencia F_u del tipo de acero del perno o varilla de anclaje.

2.3.3 PROCEDIMIENTO DE DISEÑO

Este procedimiento se basa en la guía de diseño “BASE PLATE AND ANCHOR ROD DESIGN 1, Second Edition” perteneciente a la Norma AISC para el procedimiento de la Norma AISC Pág. 22 y de las “ESPECIFICACIONES PARA ACERO CONFORMADO EN FRÍO – AISI” 2005, Pág. 97.

Paso 1. Determinar las características del perno o varilla de anclaje (Este paso se realiza para las dos normas AISC y AISI)

a) Grado de material del perno de anclaje (no aplica en varillas de anclaje):

- Grado 36
- Grado 55
- Grado 105

b) Tipo de perno de anclaje (no aplica en varillas de anclaje):

- A325
- A490

c) Forma de perno de anclaje o varilla de anclaje:

- Sin gancho
- Con gancho
 - Gancho de 90°
 - Gancho de 180°

d) Características si el perno de anclaje o varilla de anclaje tiene gancho:

- Si la armadura tiene o no revestimiento epóxico.
- Si el hormigón es o no de agregados livianos.

e) Tipo de superficie de la placa base o placa de soporte:

- **Clase A.-** Superficies de acero sin pintar, limpias con escamas de fábrica o superficies con baño clase A en acero limpiado a chorro de arena y galvanizada en caliente en superficies rugosas.
- **Clase B.-** Superficies de acero sin pintar, limpiadas mediante chorro de arena o superficies con baño clase B en acero limpiado con chorro de arena.

f) Tipo de borde de la placa base o de la placa de soporte:

- Bordes cizallados.
- Bordes laminados.

g) Consideraciones para el cálculo de las resistencias:

- Si el deslizamiento crítico se considera o no como un estado límite.
- Desea considerar o no el aplastamiento de perforaciones de pernos o varillas de anclaje como estado límite.
 - Si la deformación de la perforación del perno bajo cargas de servicio se considera o no en el diseño.
- Si el perno o varilla de anclaje está o no incluido en el plano de corte.
- Si el hormigón de la cimentación está o no agrietado.

Paso 2. Calcular la resistencia requerida a tensión (Este paso se realiza para las dos normas AISC y AISI)

Distribución Uniforme de Esfuerzos

Método LRFD

$$T_u = (q_{\text{máx}} \times Y) - P_u \quad (2.3.1)$$

Método ASD

$$T_a = (q_{\text{máx}} \times Y) - P_a \quad (2.3.2)$$

Distribución Triangular de Esfuerzos

Método LRFD:

$$T_u = \frac{f_{pu} \times A \times B}{2} - P_u \quad (2.3.3)$$

Método ASD:

$$T_a = \frac{f_{pa} \times A \times B}{2} - P_a \quad (2.3.4)$$

Donde:

P_u = Resistencia requerida de diseño a compresión que soporta la columna obtenida con las combinaciones de carga por el método LRFD especificadas en el Capítulo I (1.5.3.2), [kg]

P_a = Resistencia requerida admisible a compresión que soporta la columna obtenida con las combinaciones de carga por el método ASD especificadas en el Capítulo I (1.5.3.1), [kg]

$q_{(máx)}$ = Presión máxima entre la placa base y el hormigón por longitud, [kg/cm²]

$$q_{máx} = f_{p(máx)} \times B \quad (2.3.5)$$

$f_{p(máx)}$ = Presión máxima entre la placa base y el hormigón, [kg/cm²]

PARA EL CASO I (A2 = A1)

Método LRFD:

$$f_{p_{máx}} = \phi_c \times 0.85 \times f'_c \quad (2.3.6)$$

Método ASD:

$$f_{p_{máx}} = \frac{0.85 \times f'_c}{\Omega_c} \quad (2.3.7)$$

PARA EL CASO I ($A_2 = A_1$), CASO II ($A_2 \geq 4A_1$) O CASO III ($A_1 < A_2 < 4A_1$)

Método LRFD:

$$f_{p_{\max}} = (\phi_c \times 0.85 \times f'_c) \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \leq 1.7 \times f'_c \quad (2.3.8)$$

Método ASD:

$$f_{p_{\max}} = \frac{0.85 \times f'_c}{\Omega_c} \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \leq 1.7 \times f'_c \quad (2.3.9)$$

Donde:

A_1 = Área de apoyo concéntrico de acero en un soporte de hormigón, es decir área de la placa base, [cm²]

A_2 = Área de la cimentación (este valor es de acuerdo a la cimentación que se haya previsto en la estructura), [cm²]

f'_c = Esfuerzo de fluencia a compresión del hormigón, [kg/cm²]

Φ_c = Factor de reducción de resistencia al aplastamiento aplicado en el método LRFD, igual a 0.65, [-]

Ω_c = Factor de reducción de resistencia al aplastamiento aplicado para el método ASD, igual a 2.50, [-]

Y = Longitud de soporte para distribución uniforme, [cm]

CUANDO $e = e_{\text{crit}}$

Para sección I y sección HSS

Método LRFD:

$$Y = \frac{P_u}{q_{\max}} \quad (2.3.10)$$

Método ASD:

$$Y = \frac{P_a}{q_{\max}} \quad (2.3.11)$$

CUANDO $e < e_{crit}$

(Ver Figura 2.5)

Para sección I y sección HSS

$$Y = N - 2e \quad (2.3.12)$$

CUANDO $e > e_{crit}$

(Ver Figura 2.6)

Para sección I y sección HSS

Método LRFD:

$$Y = \left(f + \frac{N}{2}\right) \pm \sqrt{\left(f + \frac{N}{2}\right)^2 - \frac{2P_u(e + f)}{q_{m\acute{a}x}}} \quad (2.3.13)$$

Método ASD:

$$Y = \left(f + \frac{N}{2}\right) \pm \sqrt{\left(f + \frac{N}{2}\right)^2 - \frac{2P_a(e + f)}{q_{m\acute{a}x}}} \quad (2.3.14)$$

Donde:

N = Longitud de la placa base, [cm]

e = Excentricidad equivalente, [cm]

f = Distancia desde el centro de gravedad del perno o varilla de anclaje hasta el centro de gravedad de la placa base, [cm]

f_{pu} = Resistencia del hormigón para distribución triangular, [kg/cm²]

Método LRFD:

$$f_{pu} = 1.7 \times \phi_c \times f'_c \quad (2.3.15)$$

Método ASD:

$$f_{pa} = \frac{1.7 \times f'_c}{\Omega_c} \quad (2.3.16)$$

Donde:

A = Longitud de cortante para distribución triangular, [cm]

Método LRFD:

$$A = \frac{3N' \pm \sqrt{(3N')^2 - \frac{24(P_u \times A' + M_u)}{f_{pu} \times B}}}{2} \quad (2.3.17)$$

Método ASD:

$$A = \frac{3N' \pm \sqrt{(3N')^2 - \frac{24(P_a \times A' + M_a)}{f_{pa} \times B}}}{2} \quad (2.3.18)$$

M_u = Resistencia requerida de diseño a flexión que soporta la columna obtenida con las combinaciones de carga por el método LRFD especificadas en el Capítulo I (1.5.3.2), [kg-cm]

M_a = Resistencia requerida de diseño a flexión que soporta la columna obtenida con las combinaciones de carga por el método ASD especificadas en el Capítulo I (1.5.3.1), [kg]

B = Ancho de la placa base, [cm]

N' = Distancia entre el centro del perno en tensión y la presión máxima de la distribución de presiones, [cm]

A' = Distancia entre el centro del perno y el centro de la columna, [cm]

Paso 3. Escoger el diámetro del perno o varilla de anclaje (Este paso se realiza para las dos normas AISC y AISI)

Tabla 2.1 Diámetros comerciales para pernos y varillas de anclaje

No. Varilla	Diametro Nominal	Diametro Nominal
	[plg]	[mm]
4	1/2	12,70
5	5/8	15,88
6	3/4	19,05
7	7/8	22,23
8	1	25,40
9	1 1/8	28,58
10	1 1/4	31,75
11	1 3/8	34,93
12	1 1/2	38,10
13	1 3/4	44,45
14	2	50,80
15	2 1/2	63,50

Fuente: Norma RCSC, Tabla C-2.2, pág. 16.2-11

Nota: El diseño de pernos, es un proceso de iteración, para lo cual se empieza con el menor diámetro de las Tabla 2.1 para pernos de anclaje y para varillas de anclaje y con el mínimo número de pernos necesarios, que son 4.

Cabe recalcar que el diámetro mínimo para varillas de anclaje es el No. 6.

Paso 4. Obtener la distancia mínima al borde del perno o varilla de anclaje (Este paso se realiza para las dos normas AISC y AISI)

NORMA AISC

Tabla 2.2 Distancia mínima al borde para agujero estándar en pulgadas

Distancia Mínima al Borde [a], [in], desde el Centro del Agujero Estándar [b] hasta el Borde de la Parte Conectada		
Diámetro Perno [in]	En bordes Cizallados	En bordes laminados de Planchas, Perfiles o Barras, o en bordes por
1/2	7/8	3/4
5/8	1 1/8	7/8
3/4	1 1/4	1
7/8	1 1/2[d]	1 1/8
1	1 3/4[d]	1 1/4
1 1/8	2	1 1/2
1 1/4	2 1/4	1 5/8
Sobre 1 1/4	1 3/4 x d	1 1/4 x d

[a] Se permite utilizar distancias de borde menor provisto que se satisfacen las disposiciones de la sección J3.10, de forma apropiada.
[b] Para agujeros sobretamaño y ranurados ver tabla J3.5
[c] Se permite que todas las distancias de borde en esta columna sean reducidas 1/8 cuando el agujero esta en un punto donde la resistencia requerida no exceda de 25% de la resistencia máxima en el elemento.
[d] Se permite que estas sean 1 1/4 in en ambos extremos de los ángulos de conexión de vigas y en placas de cabeza de corte.

Fuente: Norma AISC, Tabla J3.4

Tabla 2.3 Distancia mínima al borde para agujero estándar en milímetros.

Distancia Mínima al Borde [a], [mm], desde el Centro del Agujero Estándar [b] hasta el Borde de la Parte Conectada		
Diámetro Perno [mm]	En bordes Cizallados	En bordes laminados de Planchas, Perfiles o Barras, o en bordes por corte térmico [c]
12,70	2,22	1,91
15,88	2,86	2,22
19,05	3,18	2,54
22,23	3,81[d]	2,86
25,40	4,45[d]	3,18
28,58	5,08	3,81
31,75	5,72	4,13
Sobre 31,75	4,45*d	3,18*d

[a] Se permite utilizar distancias de borde menor provisto que se satisfacen las disposiciones de la sección J3.10, de forma apropiada.
[b] Para agujeros sobretamaño y ranurados ver tabla J3.5
[c] Se permite que todas las distancias de borde en esta columna sean reducidas 1/8 cuando el agujero esta en un punto donde la resistencia requerida no exceda de 25% de la resistencia máxima en el elemento.
[d] Se permite que estas sean 1 1/4 in en ambos extremos de los ángulos de conexión de vigas y en placas de cabeza de corte.

Fuente: Norma AISC, Tabla J3.4

NORMA AISI

$$\text{Distancia mínima al borde} = 1.5 D_r \quad (2.3.19)$$

Donde:

D_r = Diámetro del perno o varilla de anclaje, [cm]

**Paso 5. Determinar la separación mínima entre perno o varillas de anclaje.
(Este paso se realiza para las dos normas AISC y AISI)**

NORMA AISC Y NORMA AISI

$$S = 3 D_r \quad (2.3.20)$$

Donde:

D_r = Diámetro del perno o varilla de anclaje, [cm]

Paso 6. Calcular la resistencia disponible de aplastamiento de perforaciones de pernos o varillas de anclaje. (Este paso se realiza únicamente para la norma AISC)

h) PARA AGUJEROS ESTÁNDAR

- Si la deformación de la perforación del perno bajo cargas de servicio se considera en el diseño.

Método LRFD:

$$R_u = \phi \times 1.2 \times L_c \times t \times F_u \leq \phi \times 2.4 \times D_r \times t \times F_u \quad (2.3.21)$$

Método ASD:

$$R_a = \frac{1.2 \times L_c \times t \times F_u}{\Omega} \leq \frac{2.4 \times D_r \times t \times F_u}{\Omega} \quad (2.3.22)$$

- Si la deformación de la perforación del perno bajo cargas de servicio no se considera en el diseño.

Método LRFD:

$$R_u = \phi \times 1.5 \times L_c \times t \times F_u \leq \phi \times 3.0 \times D_r \times t \times F_u \quad (2.3.23)$$

Método ASD:

$$R_a = \frac{1.5 \times L_c \times t \times F_u}{\Omega} \leq \frac{3.0 \times D_r \times t \times F_u}{\Omega} \quad (2.3.24)$$

Dónde:

Distancia mínima al borde = Obtenida en el paso 4, [cm]

D_r = Diámetro escogido para el perno o varilla de anclaje, [cm]

L_c = Distancia libre en la dirección de la carga entre el borde de la perforación y el borde de la placa base o placa de soporte, [cm]

$$L_c = \text{Distancia mínima al borde} + \frac{D_r}{2} \quad (2.3.25)$$

t = Espesor de la placa base o de la placa de soporte, [cm]

F_u = Resistencia última mínima a la tracción del acero, [kg/cm^2]

Φ = Factor de reducción de resistencia al aplastamiento aplicado en el método LRFD, igual a 0.75, [-]

Ω = Factor de reducción de resistencia al aplastamiento aplicado para el método ASD, igual a 2.00, [-]

NOTA: Si no se cumple la condición se debe aumentar el diámetro del perno o varilla de anclaje al inmediato superior, hasta que se cumpla la condición.

Paso 7. Calcular la resistencia disponible por deslizamiento crítico. (Este paso se realiza únicamente para la norma AISC)

a) Cuando se considera la prevención deslizamiento como un estado límite de servicio.

Método LRFD:

$$R_u = \phi_a \times \mu \times D_u \times h_{sc} \times T_b \times N_s \quad (2.3.26)$$

Método ASD:

$$R_a = \frac{\mu \times D_u \times h_{sc} \times T_b \times N_s}{\Omega_a} \quad (2.3.27)$$

b) Cuando no se diseña la conexión para prevenir el deslizamiento para el nivel de resistencia requerida.

Método LRFD:

$$R_u = \phi_b \times \mu \times D_u \times h_{sc} \times T_b \times N_s \quad (2.3.28)$$

Método ASD:

$$R_a = \frac{\mu \times D_u \times h_{sc} \times T_b \times N_s}{\Omega_b} \quad (2.3.29)$$

Dónde:

μ = Coeficiente de deslizamiento promedio para superficies clase A o B, cuando sea aplicable mediante ensayos, [-].

- Superficie CLASE A: $\mu = 0.35$
- Superficie CLASE B: $\mu = 0.50$

D_u = Multiplicador que refleja la razón entre la pretensión media del perno o varilla instalado y la pretensión mínima especificada del perno o varilla, se toma igual a 1.13, [-].

h_{sc} = Factor de perforación, [-]

Agujeros estándar:

$h_{sc} = 1.00$ (Junta Apernada)

N_s = Número de planos de deslizamiento, tomado como 1, [-]

T_b = Pretensión mínima para pernos y varillas de anclaje, la cual se obtiene con la Tabla 2.4 o Tabla 2.5, [kg]

Tabla 2.4 Pretensión mínima de pernos de anclaje y varillas de anclaje en [kips]

Pretensión Mínima de Pernos [kips]*		
Tamaño Perno [in]	Pernos A325	Pernos A490
1/2	12	15
5/8	19	24
3/4	28	35
7/8	39	49
1	51	64
1 1/8	56	80
1 1/4	71	102
1 3/8	85	121
1 1/2	103	148

* Igual a 0.70 veces la resistencia última de los pernos, redondeada al valor entero más cercano, tal como lo especifican las Especificaciones ASTM para pernos A325 y A490 con roscan UNC.

Fuente: Norma AISC, Tabla J3.1

Tabla 2.5 Pretensión mínima de pernos de anclaje y varillas de anclaje en toneladas

Pretensión Mínima de Pernos [Ton]*		
Tamaño Perno [mm]	Pernos A325	Pernos A490
12,70	5443,08	6803,85
15,88	8618,21	10886,16
19,05	12700,52	15875,65
22,23	17690,01	22225,91
25,40	23133,09	29029,76
28,58	25401,04	36287,20
31,75	32204,89	46266,18
34,93	38555,15	54884,39
38,10	46719,77	67131,32

* Igual a 0.70 veces la resistencia última de los pernos, redondeada al valor entero más cercano, tal como lo especifican las Especificaciones ASTM para pernos A325 y A490 con roscan UNC.

Fuente: Norma AISC, J3.1

Φ_a = Factor de reducción de resistencia al deslizamiento como estado límite aplicado en el método LRFD, igual a 1.00, [-]

Ω_a = Factor de reducción de resistencia al deslizamiento como estado límite aplicado para el método ASD, igual a 1.50, [-]

Φ_b = Factor de reducción de resistencia para prevenir deslizamiento aplicado en el método LRFD, igual a 0.85, [-]

Ω_b = Factor de reducción de resistencia para prevenir deslizamiento aplicado para el método ASD, igual a 1.76, [-]

Nota: La resistencia de diseño R_u y la resistencia admisible R_a debe ser mayor a la resistencia por cortante requerida, caso contrario se debe aumentar el diámetro del perno o varilla de anclaje hasta que se cumpla.

Paso 8. Calcular la resistencia disponible por corte. (Este paso se realiza únicamente cuando existe cortante y se aplica sólo a la norma AISI)

- Si no se considera la deformación del perno o varilla de anclaje en el diseño:

Método LRFD:

$$R_u = \phi \times C \times m_f \times D_r \times t \times F_u \quad (2.3.30)$$

Método ASD:

$$R_a = \frac{C \times m_f \times D_r \times t \times F_u}{\Omega} \quad (2.3.31)$$

- Si se considera la deformación del perno o varilla de anclaje en el diseño:

Método LRFD:

$$R_u = \phi \times (4.64\alpha t + 1.53) D_r \times t \times F_u \quad (2.3.32)$$

Método ASD:

$$R_a = \frac{(4.64\alpha t + 1.53) D_r \times t \times F_u}{\Omega} \quad (2.3.33)$$

Donde:

D_r = Diámetro del perno o varilla de anclaje, [cm]

α = Factor de deformación igual a 0.394, [-]

t = Espesor mínimo de la parte conectada, es decir mínimo espesor entre la placa base y columna o placa de soporte y viga, [cm]

F_u = Resistencia última mínima a la tracción del acero, [kg/cm^2]

m_f = Factor de modificación por el tipo de conexión que se calcula con la Tabla 2.6, [-]

Tabla 2.6 Factor de Modificación

Factor de modificación, m_f , por el tipo de Conexión	
Tipo de Conexión de rodamiento	m_f
Conexión de Cortante simple y las láminas exteriores de doble cizalla con arandelas debajo de la cabeza del perno y la tuerca.	1.00
Conexión de Cortante simple y las láminas exteriores de doble cizalla con arandelas debajo de la cabeza del perno y la tuerca, o solo con una arandela.	0.75
Conexión en el interior de la lámina de doble cortante, con o sin arandelas.	1.33

Fuente: Norma AISI, Capítulo E, Sección E3.3.1, Tabla E3.3.1.2

Φ = Factor de reducción de resistencia a corte aplicado para el método LRFD, igual a 0.60, [-]

Ω = Factor de reducción de resistencia a corte aplicado para el método ASD, igual a 2.50, [-]

C = Factor de cortante, que se calcula con la Tabla 2.7 (Si el espesor “ t ” no se encuentra en el rango indicado de la tabla, el diseño se lo debe realizar con la Norma AISC, [-])

Tabla 2.7 Factor de Cortante

FACTOR DE CORTANTE, C		
Espesor de la parte conectada más delgada, t , in. (mm)	Relación del diámetro de agarre al miembro más delgado, d/t	C
$0,024 \leq t < 0,1875$ ($0,61 \leq t < 4,76$)	$d/t < 10$	3
	$10 \leq d/t \leq 22$	$4 - 0,1(d-t)$
	$d/t > 22$	1,8

Fuente: Norma AISI, Capítulo E, Sección E3.3.1, Tabla E3.3.1.1

Nota: Se debe cumplir la siguiente condición, caso contrario aumentar el diámetro del perno o varilla de anclaje

Método LRFD:

$$R_u \geq V_u \quad (2.3.34)$$

Método ASD:

$$R_a \geq V_a \quad (2.3.35)$$

Paso 9. Calcular la resistencia disponible a tracción y corte de pernos o varillas de anclaje. (Este paso se realiza únicamente cuando existe tracción o cortante, no las dos simultáneamente, aplica este paso para las dos normas AISC y AISI)

Método LRFD:

$$R_u = \phi \times F_n \times A_b \quad (2.3.36)$$

Método ASD:

$$R_a = \frac{F_n \times A_b}{\Omega} \quad (2.3.37)$$

Donde:

A_b = área bruta del perno o varilla de anclaje, [cm²]

Φ = Factor de reducción de resistencia a tracción o corte aplicado en el método LRFD, igual a 0.75, [-]

Ω = Factor de reducción de resistencia a tracción o corte aplicado para el método ASD, igual a 2.00, [-]

T_u = Resistencia requerida de diseño a tracción que soporta la placa base o placa de soporte obtenida en el paso 2, [kg]

T_a = Resistencia requerida admisible a tracción que soporta la placa base o placa de soporte obtenida en el paso 2, [kg]

V_u = Resistencia requerida de diseño a corte que soporta la de columna obtenida con las combinaciones de carga por el método LRFD especificadas en el Capítulo I (1.5.3.2), [kg]

V_a = Resistencia requerida de diseño a corte que soporta la columna obtenida con las combinaciones de carga por el método ASD especificadas en el Capítulo I (1.5.3.1), [kg]

F_n = Esfuerzo nominal, F_{nt} , si sólo existe tracción ó F_{nv} si sólo existen corte, [kg/cm²]

F_{nt} = Tensión de tracción nominal, la cual se puede ver en la siguiente Tabla 2.9 si se trabaja con norma AISC o la Tabla 2.10 si se trabaja con norma AISI, [kg/cm²]

F_{nv} = Tensión de corte nominal, la cual se puede ver en la siguiente Tabla 2.9 si se trabaja con norma AISC o la Tabla 2.10 si se trabaja con norma AISI, [kg/cm²]

Tabla 2.8 Pretensión de tensión nominal de conectores para norma AISC

Pretensión Tensión Nominal de Conectores y Partes Roscadas, kgf/cm² (Mpa)		
Descripción del Conector	Tensión de Tracción Nominal F_{nt} kgf/cm² (Mpa)	Tensión de Corte Nominal en Conexiones de Tipo Aplastamiento F_{nv} kgf/cm² (Mpa)
Pernos A307	3160	1680
rosca está incluida en el plano de corte	6320	3360
Pernos A325, cuando la rosca no está incluida en el plano de corte	6320	4220
Pernos A490, cuando la rosca está incluida en el plano de corte	7950	4220
Pernos A490, cuando la rosca no está incluida en el plano de corte	7950	5300
Partes roscadas que cumplen los requisitos de la sección A3.4, cuando la rosca está incluida en el plano de corte	0.75Fu	0.40 Fu
Partes roscadas que cumplen los requisitos de la sección A3.4, cuando la rosca no está incluida en el plano de corte	0.75Fu	0.50 Fu

Fuente: Norma AISC, Capítulo J, Tabla J3.2

Tabla 2.9 Pretensión de tensión nominal de conectores para norma AISI

Resistencias nominales a la tracción y al corte para pernos						
Descripción de los pernos	Resistencia a la tracción			Resistencia al Corte*		
	Factor de seguridad Ω (ASD)	Factor de Resistencia ϕ (LRFD)	Tensión nominal, Fnt, ksi (MPa)	Factor de seguridad Ω (ASD)	Factor de Resistencia ϕ (LRFD)	Tensión nominal, Fnt, ksi (MPa)
Pernos A307, Grado A $\frac{1}{4}$ in. (6,4cm) \leq d < $\frac{1}{2}$ in. (12,7mm)	2,25	0,75	40,5 (279)	2,4	0,65	24,0 (165)
Pernos A307, Grado A d \geq $\frac{1}{2}$ in. (12,7mm)	2,25		45,0 (310)			27,0 (186)
Pernos A325, cuando los filetes no se excluyen de los planos de corte	2		90,0 (621)			54,0 (372)
Pernos A325, cuando los filetes se excluyen de los planos de corte.			90,0 (621)			72,0 (496)
Pernos A354 Grado BD $\frac{1}{4}$ in \leq d < $\frac{1}{2}$ in, cuando los filetes no se excluyen de los planos de corte.			101,0 (696)			59,0 (407)
Pernos A354 Grado BD $\frac{1}{4}$ in \leq d < $\frac{1}{2}$ in, cuando los filetes se excluyen de los planos de corte.			101,0 (696)			90,0 (621)
Pernos A449 $\frac{1}{4}$ in \leq d < $\frac{1}{2}$ in, cuando los filetes no se excluyen de los planos de corte.			81,0 (558)			47,0 (324)
Pernos A449 $\frac{1}{4}$ in \leq d < $\frac{1}{2}$ in, cuando los filetes se excluyen de los planos de corte.			81,0 (558)			72,0 (496)
Pernos A490 , cuando los filetes no se excluyen de los planos de corte.			112,5 (776)			67,5 (465)
Pernos A490 , cuando los filetes se excluyen de los planos de corte.			112,5 (776)			90,0 (621)

* Se aplica para pernos en perforaciones que satisfacen las limitaciones de la Tabla E3. Se debe colocar arandelas o placas de refuerzo sobre las perforaciones de ranura larga y la capacidad de las conexiones en las cuales se utilizan perforaciones de ranura larga se debe determinar mediante ensayos de carga.

Fuente: Norma AISI, Capítulo E, Sección E3.4, Tabla E3.4.1

Nota: Se debe cumplir la siguiente condición, caso contrario aumentar el diámetro del perno o varilla de anclaje:

- Si existe únicamente tracción:

Método LRFD:

$$R_u \geq T_u$$

(2.3.38)

Método ASD:

$$R_a \geq T_a \quad (2.3.39)$$

- Si existe únicamente cortante:

Método LRFD:

$$R_u \geq V_u \quad (2.3.40)$$

Método ASD:

$$R_a \geq V_a \quad (2.3.41)$$

Paso 10. Calcular la resistencia disponible por combinación de tracción y cortante tipo aplastamiento de pernos o varillas de anclaje. (Este paso se realiza cuando existe tracción y cortante simultáneamente y es aplicable para las dos normas AISC y AISI)

Método LRFD:

$$R_u = \phi \times F'_{nt} \times A_b \quad (2.3.42)$$

Método ASD:

$$R_a = \frac{F'_{nt} \times A_b}{\Omega} \quad (2.3.43)$$

Donde:

F'_{nt} = Tensión de tracción nominal modificada para incluir los efectos de la tensión de corte, [kg/cm²]

Método LRFD:

$$F'_{nt} = 1.3F_{nt} - \frac{F_{nt}}{\phi_v F_{nv}} f_v \quad (2.3.44)$$

Método ASD:

$$F'_{nt} = 1.3F_{nt} - \frac{\Omega_v F_{nt}}{F_{nv}} f_v \quad (2.3.45)$$

A_b = Área bruta del perno o varilla de anclaje, [cm²]

t = Espesor de la placa base o de la placa de soporte, [cm]

Φ_v = Factor de reducción de resistencia por combinación de tracción y corte aplicado en el método LRFD, igual a 0.75, [-]

Ω_v = Factor de reducción de resistencia por combinación de tracción y corte aplicado para el método ASD, igual a 2.00, [-]

F_{nt} = Tensión de tracción nominal, la cual se puede ver en la siguiente Tabla 2.8 si se trabaja con norma AISC o la Tabla 2.9 si se trabaja con norma AISI, [kg/cm²]

F_{nv} = Tensión de corte nominal, la cual se puede ver en la siguiente Tabla 2.8 si se trabaja con norma AISC o la Tabla 2.9 si se trabaja con norma AISI, [kg/cm²]

f_v = Tensión requerida de corte, [kg/cm²]

Método LRFD:

$$f_{v_u} = \frac{V_u}{N_r \times A_b} \quad (2.3.46)$$

Método ASD:

$$f_{v_a} = \frac{V_a}{N_r \times A_b} \quad (2.3.47)$$

V_u = Resistencia requerida de diseño a corte que soporta la de columna obtenida con las combinaciones de carga por el método LRFD especificadas en el Capítulo I (1.5.3.2), [kg]

V_a = Resistencia requerida de diseño a corte que soporta la columna obtenida con las combinaciones de carga por el método ASD especificadas en el Capítulo I (1.5.3.1), [kg]

Nr = Número de varillas, [-]

N = Longitud o distancia paralela al momento de la placa base o de soporte, [-]

Dr = Diámetro del perno o varilla de anclaje, [cm]

S = Separación mínima entre varillas, [cm]

Lcp = Longitud necesaria de desarrollo, [cm]

$$L_{cp} = S (N_r - 1) + 2 \text{ (Distancia mínima al borde)} \quad (2.3.48)$$

f_{t_a} = Esfuerzo axial, [kg/cm²]

Método LRFD:

$$f_{t_{a_u}} = \frac{T_u}{N_r \times A_b} \quad (2.3.49)$$

Método ASD:

$$f_{t_a} = \frac{T_a}{N_r \times A_b} \quad (2.3.50)$$

Lever arm = Brazo de palanca, [cm]

$$\text{lever arm} = \frac{t + 1.27}{2} \quad (2.3.51)$$

Ml = Momento producido por el corte que va a soportar la placa base o placa de soporte, [kg-cm]

Método LRFD:

$$M_l = \frac{V_u \times \text{lever arm}}{N_r} \quad (2.3.52)$$

Método ASD:

$$M_l = \frac{V_a \times \text{lever arm}}{N_r} \quad (2.3.53)$$

Z = Distancia de corte, [cm]

$$Z = \frac{Dr^3}{6} \quad (2.3.54)$$

f_t = Esfuerzo de corte, [kg/cm²]

$$f_{tb} = \frac{M_l}{Z} \quad (2.3.55)$$

f_t = Esfuerzo de tensión, [kg/cm²]

$$f_t = f_{ta} + f_{tb} \quad (2.3.56)$$

Nota: Se debe cumplir con la siguiente condición:

Método LRFD:

$$f_t \leq \phi_v \times F'_{nt} \leq \phi_v \times F_{nt} \quad (2.3.57)$$

Método ASD:

$$f_t \leq \frac{F'_{nt}}{\Omega_v} \leq \frac{F_{nt}}{\Omega_v} \quad (2.3.58)$$

Caso contrario, se debe realizar el siguiente proceso hasta que se cumpla la desigualdad, comprobando en cada iteración que $N \geq L_{cp}$:

- Aumentar el diámetro de la varilla utilizando la tabla de pernos.
- Si no se cumple, aumentar el número de varillas de 2 en dos.

Paso 11. Calcular la resistencia disponible de extracción del hormigón (Este paso es aplicable para las dos normas AISC y AISI)

MÉTODO CCD

- Si $h_{ef} < 11\text{in}$

$$\phi N_{cbg} = \phi \times \psi_3 \times 24 \times \sqrt{f'_c} \times h_{ef}^{1.5} \times \frac{A_{NC}}{A_{NCO}} \quad (2.3.59)$$

- Si $h_{ef} \geq 11\text{in}$

$$\phi N_{cbg} = \phi \times \psi_3 \times 16 \times \sqrt{f'c} \times h_{ef}^{1.5} \times \frac{A_{NC}}{A_{NCO}} \quad (2.3.60)$$

Donde:

$A_{brg} = A_b =$ Área bruta del perno o varilla de anclaje, [cm²]

$f'c =$ Esfuerzo de fluencia a compresión del hormigón, [kg/cm²]

$\Phi =$ Factor de reducción de resistencia a la extracción aplicado en el método LRFD, igual a 0.70, [-]

$N_{cbg} =$ Esfuerzo de extracción del hormigón, [kg]

$h_{ef} =$ Profundidad de penetración del perno o varilla de anclaje, para empezar el proceso de iteración se comienza con 20 cm, [cm]

$\psi_3 =$ Factor de agrietamiento, [-]

Si se considera un hormigón agrietado = 1.25

Para todos los demás casos = 1.00

$D_r =$ Diámetro nominal del perno o varilla de anclaje, [cm]

$N_p =$ Esfuerzo de extracción del hormigón, que se puede ver con la Tabla 2.10 ó Tabla 2.11 sólo a partir del diámetro del perno o varilla de anclaje, [kg]

Tabla 2.10 Resistencia de extracción del hormigón en kips

Resistencia de extracción del hormigón de la varilla de anclaje, kips					
Diámetro de la Barra	Área de la Barra (Ab)	Área de Deslizamiento (Ab)	Resistencia de Extracción del Hormigón, ϕN_p		
			$f'c=3000$ psi	$f'c=4000$ psi	$f'c=5000$ psi
[in]	[in ²]	[in ²]			
5/8	0.307	0.689	11.6	15.4	19.3
3/4	0.442	0.906	15.2	20.3	25.4
7/8	0.601	1.22	20.5	27.3	34.1
1	0.785	1.50	25.2	33.6	42.0
1 1/8	0.994	1.81	30.4	40.5	50.7
1 1/4	1.23	2.24	37.7	50.2	62.8
1 1/2	1.77	3.13	52.6	70.1	87.7
1 3/4	2.41	4.17	70.0	93.4	117
2	3.14	5.35	90.0	120	150
2 1/4	3.98	6.69	112	150	187
2 1/2	4.91	8.17	137	183	229
2 3/4	5.94	9.80	165	220	274
3	7.07	11.4	191	254	318
3 1/4	8.30	13.3	223	297	372
3 1/2	9.62	15.3	257	343	429
3 3/4	11.0	17.5	294	393	491
4	12.6	19.9	334	445	557

Fuente: Design Guide, Base Plate and Anchor Rod, Tabla J3.2

Tabla 2.11 Resistencia de extracción del hormigón en toneladas

Resistencia de extracción del hormigón de la varilla de anclaje, ton					
Diámetro de la Barra	Área de la Barra (Ab)	Área de Deslizamiento (Ab)	Resistencia de Extracción del Hormigón, ϕN_p		
			$f'c=210\text{kg/cm}^2$	$f'c=280\text{kg/cm}^2$	$f'c=360\text{kg/cm}^2$
[mm]	[mm ²]	[mm ²]			
15,88	197,93	444,52	5261,64	6985,29	8754,29
19,05	285,02	584,51	6894,57	9207,88	11521,19
22,23	387,95	787,10	9298,60	12383,01	15467,42
25,40	506,71	967,74	11430,47	15240,62	19050,78
28,58	641,30	1167,74	13789,14	18370,40	22997,01
31,75	791,73	1445,16	17100,34	22770,22	28485,45
38,10	1140,09	2019,35	23858,83	31796,66	39779,84
44,45	1551,79	2690,32	31751,30	42365,31	53070,03
50,80	2026,83	3451,61	40823,10	54430,80	68038,50
57,15	2565,21	4316,12	50802,08	68038,50	84821,33
63,50	3166,92	5270,96	62141,83	83006,97	103872,11
69,85	3831,98	6322,57	74842,35	99789,80	124283,66
76,20	4560,37	7354,82	86635,69	115211,86	144241,62
82,55	5352,10	8580,63	101150,57	134716,23	168735,48
88,90	6207,17	9870,95	116572,63	155581,37	194590,11
95,25	7125,57	11290,30	133355,46	178260,87	222712,69
101,6	8107,31967	12838,684	151499,06	201847,55	252649,63

Elaborado por: Evelyn Cabrera – Betzabeth Suquillo

N_r = Número de pernos o varillas de anclaje, [-]

A_{NC} = Cono de ruptura del hormigón para el grupo de pernos o varillas de anclaje, [cm²]

- Si $3.81 h_{ef} > 15.24$ [cm]

$$A_{NC} = [12 \times D_r + (N_r - 1) \times (3 \times D_r)] \times (6 \times D_r + 1.5 \times h_{ef}) \quad (2.3.61)$$

- Si $3.81 h_{ef} \leq 15.24$ [cm]

$$A_{NC} = [3 \times h_{ef} + (N_r - 1) \times (3 \times D_r)] \times (3 \times h_{ef}) \quad (2.3.62)$$

A_{NCO} = Cono de ruptura del hormigón para un perno o varilla de anclaje, [cm²]

- Si $3.81 h_{ef} > 15.24$ [cm]

$$A_{NCO} = (6 \times D_r + 1.5 \times h_{ef})^2 \quad (2.3.63)$$

- Si $3.81 h_{ef} \leq 15.24$ [cm]

$$A_{NCO} = (3 \times h_{ef})^2 \quad (2.3.64)$$

Nota: Revisar que se cumpla la siguiente condición, caso contrario aumentar h_{ef} de 5 cm en 5 cm, hasta que se cumpla:

$$\phi \times N_{cbg} > \phi \times N_p \quad (2.3.65)$$

Paso 12. Calcular la pretensión mínima del perno o varilla de anclaje (Este paso es aplicable para las dos normas AISC y AISI)

Se obtiene a partir de la Tabla 2.4 o la Tabla 2.5 según las unidades deseadas.

Paso 13. Obtener el tamaño recomendado para los agujeros de los pernos y varillas de anclaje (Este paso es aplicable para las dos normas AISC y AISI)

NORMA AISC

Perno de Anclaje

Tabla 2.12 Tamaño para los agujeros de los pernos y varillas de anclaje en pulgadas

Diámetro del Perno	Agujero Estándar [Diámetro]
1/2	9/16
5/8	11/16
3/4	13/16
7/8	15/16
1	1 1/16
≥ 1 1/8	d + 1/16

Fuente: Norma AISC, Tabla J3.3, Capítulo J3

Tabla 2.13 Tamaño para los agujeros de los pernos y varillas de anclaje en milímetros

Diámetro del Perno [mm]	Agujero Estándar
	[Diámetro]
12,70	14,29
15,88	17,46
19,05	20,64
22,23	23,81
25,40	26,99
≥ 28,8	d+1,59

Elaborado por: Evelyn Cabrera – Betzabeth Suquillo

Varilla de Anclaje

Tabla 2.14 Tamaño para los agujeros de los pernos y varillas de anclaje en pulgadas

Diámetro de la Varilla de Anclaje	Diámetro del Agujero
[in]	[in]
3/4	1 5/16
7/8	1 9/16
1	1 13/16
1 1/4	2 1/16
1 1/2	2 5/16
1 3/4	2 3/4
2	3 1/4
2 1/2	3 3/4

Fuente: Norma AISC, Tabla J3.3, Capítulo J3

Tabla 2.15 Tamaño para los agujeros de los pernos y varillas de anclaje en milímetros

Diámetro de la Varilla de Anclaje	Diámetro del Agujero
[mm]	[mm]
19,05	33,34
22,23	39,69
25,40	46,04
31,75	52,39
38,10	58,74
44,45	69,85
50,80	82,55
63,50	95,25

Elaborado por: Evelyn Cabrera – Betzabeth Suquillo

NORMA AISI

Perno y Varilla de Anclaje

Tabla 2.16 Tamaño para los agujeros de los pernos y varillas de anclaje en pulgadas

Diámetro nominal del perno, d, in	Diámetro de la perforación estándar, d _h , in.
< 1/2	d + 1/32
≥ 1/2	d + 1/16

Fuente: Norma AISI, Capítulo E, Sección E3a, Tabla E3a

Tabla 2.17 Tamaño para los agujeros de los pernos y varillas de anclaje en milímetros

Diámetro nominal del perno, d, mm	Diámetro de la perforación estándar, d _h , mm
< 12,7	d + 0,8
≥ 12,7	d + 1,6

Elaborado por: Evelyn Cabrera – Betzabeth Suquillo

Nota:

Si se va a realizar la conexión con soldadura como relleno en los pernos o varillas, el agujero debe ser tipo cono, en la parte inferior la dimensión del agujero es la indicada anteriormente según corresponda y en la parte superior la dimensión del agujero se calcula con la siguiente fórmula:

$$\text{dimensión sup del agujero} = \text{dimensión estándar} + \text{tang}(30) * t_p \quad (2.3.65)$$

Donde:

Dimensión estándar= Diámetro de la perforación estándar, obtenida anteriormente.

t_p= Espesor de la placa base o de la placa de soporte, según corresponda.

2.4 DISEÑO DE UNIONES SOLDADAS

El diseño de uniones soldadas en el que se basará el presente proyecto está tomado del Reglamento AWS D1.1, y se analizará únicamente soldadura de Filete para la unión de placa base/placa de soporte con la columna metálica, porque es aplicable para nuestro caso en estudio.

2.4.1 PARÁMETRO DIMENSIONAL

2.4.1.1 Tamaño o cateto mínimo

El tamaño o cateto (también identificado como lado) mínimo de una soldadura de filete, no debe ser menor que lo especificado en la siguiente tabla tomada del Reglamento AWS D1.1:

Tabla 2.18 Mínimo tamaño de cateto de soldadura de filete en milímetros

Mínimo Tamaño de Cateto en Soldadura de Filete Compatible con los espesores de Elementos o Partes Estructurales a ser Soldadas	
Esesor de material base (T) ¹	Cateto mínimo (E) ²
mm	mm
$T \leq 6$	3 ³
$6 < T \leq 12$	5
$12 < T \leq 20$	6
$20 < T$	8

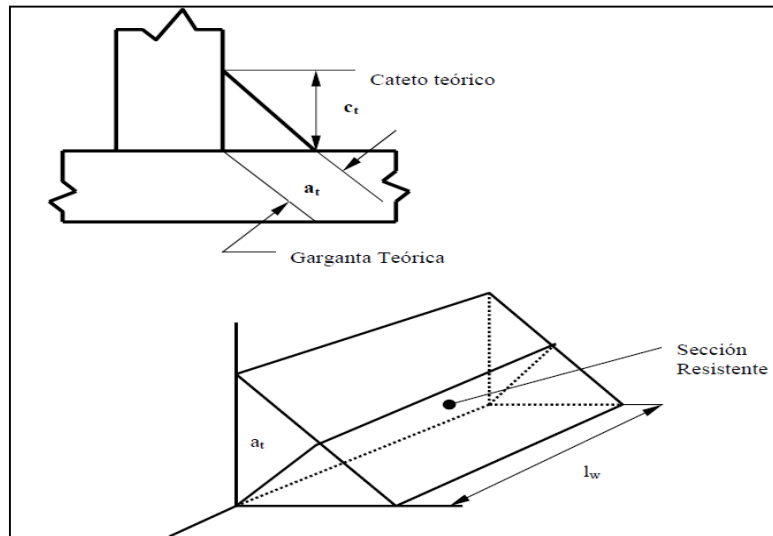
(1) Para procesos de no bajo hidrógeno sin precalentamiento calculado
T es el espesor de la parte más gruesa a ser soldada. Soldadura de una sola pasada debe ser utilizada.
Para procesos de no bajo nitrógeno pero con cálculo de precalentamiento o procesos de bajo nitrógeno, T es igual a la parte más fina a ser soldada.

(2) No debe exceder el espesor de la parte más delgada a ser soldada.

(3) Cateto mínimo para estructuras cargadas cíclicamente, 5mm.

Fuente: Norma AWS D1.1, Capítulo 2, Tabla 2.1

Figura 2.11 Dimensiones Teóricas y sección resistente de una junta de filete



Fuente: Norma AWS D1.1, Capítulo 2

2.4.1.2 Largo mínimo en filetes

El largo mínimo de un filete no deberá ser menor que cuatro veces el tamaño o cateto nominal. Esta es una de las condiciones que debe cumplir la longitud requerida de la soldadura.

2.4.1.3 Largo mínimo en filetes discontinuos o intermitentes

El largo mínimo de los segmentos de filetes discontinuos o intermitentes no deberá ser menor que 40mm. Esta es una de las condiciones que debe cumplir la longitud requerida de la soldadura.

2.4.2 SELECCIÓN DEL METAL DE APORTACIÓN

Se usará el electrodo, o la combinación de electrodo y fundente, adecuados al material base que se esté soldando, teniendo especial cuidado en aceros con altos contenidos de carbón u otros elementos aleados, y de acuerdo con la posición en que se deposite la soldadura. Se deben seguir las instrucciones del fabricante respecto a los parámetros que controlan el proceso de soldadura, como son voltaje, amperaje, polaridad y tipo de corriente.

La resistencia del material depositado con el electrodo debe ser compatible con la del metal base, y para que una soldadura sea compatible con el metal base, tanto el esfuerzo de fluencia mínimo como el esfuerzo mínimo de ruptura en tensión del metal de aportación depositado, sin mezclar con el metal base, deben ser iguales o ligeramente mayores que los correspondientes del metal base.

2.4.3 PROCEDIMIENTO DE DISEÑO

Este procedimiento se basa en el Reglamento AWS D1.1

2.4.3.1 Norma AISC

Paso 1. Elegir el número de electrodo que se va a emplear.

Tabla 2.19 Número de electrodos

Número de Electrodo AWS
E60xx
E70xx
E80xx
E90xx
E100xx
E120xx

Elaborado por: Evelyn Cabrera – Betzabeth Suquillo

Paso 2. Calcular la resistencia disponible por longitud para el metal base.

Método LRFD:

$$R_u = \phi \times 0.6 \times F_y \times t \quad (2.4.1)$$

Método ASD:

$$R_a = \frac{0.6 \times F_y \times t}{\Omega} \quad (2.4.2)$$

Dónde:

F_y = Esfuerzo de fluencia especificado para la placa de soporte, [kg/cm^2]

t = Espesor de placa base o placa de soporte, según sea el caso, [cm]

Φ = Factor de reducción de resistencia del metal base aplicado en el método LRFD, igual a 0.90, [-]

Ω = Factor de reducción de resistencia del metal base aplicado para el método ASD, igual a 1.67, [-]

Paso 3. Calcular la resistencia disponible por longitud para el metal de aportación.

Método LRFD:

$$R_u = \phi \times 0.707 \times w \times F_w \quad (2.4.3)$$

Método ASD:

$$R_a = \frac{0.707 \times w \times F_w}{\Omega} \quad (2.4.4)$$

Dónde:

w = Tamaño mínimo de soldadura de filete, [cm]

Tabla 2.20 Mínimo tamaño de cateto de soldadura de filete en milímetros

Mínimo Tamaño de Cateto en Soldadura de Filete Compatible con los espesores de Elementos o Partes Estructurales a ser Soldadas	
Espesor de material base (T) ¹	Cateto mínimo (E) ²
mm	mm
$T \leq 6$	3 ³
$6 < T \leq 12$	5
$12 < T \leq 20$	6
$20 < T$	8

(1) Para procesos de no bajo hidrógeno sin precalentamiento calculado T es el espesor de la parte más gruesa a ser soldada. Soldadura de una sola pasada debe ser utilizada.
Para procesos de no bajo nitrógeno pero con cálculo de precalentamiento o procesos de bajo nitrógeno, T es igual a la parte más fina a ser soldada.
(2) No debe exceder el espesor de la parte más delgada a ser soldada.
(3) Cateto mínimo para estructuras cargadas cíclicamente, 5mm.

Fuente: Norma AWS D1.1, Capítulo 2, Tabla 2.1

F_w = Resistencia del metal de relleno, [kg/cm²]

$$F_w = 0.60 F_{xx} \quad (2.4.5)$$

F_{xx} = Resistencia última en tensión del metal de relleno en la clasificación de electrodos AWS, determinado con la Tabla 2.21, [kg/cm²]

Tabla 2.21 Resistencia última en tensión del metal de relleno

Número de Electrodo AWS	F_{xx} (ksi)	F_{xx} (kg/cm ²)
E60xx	60	4218.6
E70xx	70	4921.7
E80xx	80	5624.8
E90xx	90	6327.9
E100xx	100	7031
E120xx	120	8437.2

Elaborado por: Evelyn Cabrera – Betzabeth Suquillo

Φ = Factor de reducción de resistencia del metal de aportación aplicado en el método LRFD, igual a 0.75, [-]

Ω = Factor de reducción de resistencia del metal de aportación aplicado para el método ASD, igual a 2.00, [-]

Nota: Tomar en cuenta que la resistencia del metal de aportación calculada es por unidad de longitud, es por tal que se debe multiplicar por la longitud requerida de soldadura.

Paso 4. Obtener la resistencia disponible predominante a corte.

Método LRFD:

$$R_u = \text{máx}[R_{u_{\text{metal base}}}, R_{u_{\text{metal de aportación}}}] \quad (2.4.6)$$

Método ASD:

$$Ra = \text{máx}[Ra_{\text{metal base}}, Ra_{\text{metal de aportación}}] \quad (2.4.7)$$

Nota: Comparar que la resistencia disponible R_u y R_a sea mayor que la resistencia requerida V_u y V_a respectivamente, caso contrario aumentar la longitud de soldadura. Es un proceso iterativo.

Paso 5. Calcular la longitud disponible.

- Para las secciones I estándar laminadas en caliente

$$L_d = 2bf + 2d \quad (2.4.8)$$

- Para las secciones I armadas

$$L_d = 4bf + 2d - 2t_w - 4t_f \quad (2.4.9)$$

- Para las secciones HSS estándar laminadas en caliente

$$L_d = 2b + 2h - 4t \quad (2.4.10)$$

- Para las secciones HSS armadas

$$L_d = 2b + 2h \quad (2.4.11)$$

Dónde:

bf = Ancho del patín de la sección I sea ésta estándar laminada en caliente o armada, [cm]

b = Ancho del patín de la sección HSS sea ésta estándar laminada en caliente o armada, [cm]

d = Altura total de la sección I sea ésta estándar laminada en caliente o armada, [cm]

h = Altura del alma de la sección HSS sea ésta estándar laminada en caliente o armada, [cm]

t_f = Espesor de los patines de la sección I sea ésta estándar laminada en caliente o armada, [cm]

t_w = Espesor del alma de la sección I sea ésta estándar laminada en caliente o armada, [cm]

t = Espesor de los elementos de la sección HSS sea ésta estándar laminada en caliente o armada, [cm]

Paso 6. Calcular el tamaño de la soldadura.

El tamaño mínimo de la soldadura de filete, se calcula con la siguiente tabla:

Tabla 2.22 Tamaño mínimo de la soldadura de Filete

Tamaño Mínimo de Soldadura de Filete	
Espesor de la parte unida más delgada [mm]	Tamaño mínimo de soldadura de filete [a] [mm]
Hasta 6 inclusive	3
Entre 6 y 13	5
Entre 13 y 19	6
Mayor que 19	8

[a] Dimensión del pie de la soldadura de filete. Se deben utilizar soldaduras de paso simple.

Fuente: Norma AISC, Capítulo J, Sección J2, Tabla J 2.4

- ✓ Si se va a diseñar la conexión de una placa base con una columna, el espesor de la parte unida más delgada es el menor entre: el espesor de la placa base, el espesor del alma de la columna y el espesor del patín de la columna.
- ✓ Si se va a diseñar la conexión de una placa de soporte con una viga, el espesor de la parte unida más delgada es el menor entre: el espesor de la placa de soporte, el espesor del alma de la viga, el espesor de los patines de la viga.

2.4.3.2 Norma AISI

Paso 1. Elegir el número de electrodo que se va a emplear.

Los electrodos que se pueden emplear son los que se muestran en la tabla 2.19.

Paso 2. Calcular la longitud disponible.

- Para las secciones I de lámina delgada conformados en frío

$$L = 2B + 2H \quad (2.4.12)$$

- Para las secciones HSS de lámina delgada conformados en frío

$$L = 2B + 2H - 4t \quad (2.4.13)$$

Donde:

B = Ancho del patín de la sección, [cm]

H = Altura del alma de la sección HSS, [cm]

t = Espesor de los elementos de la sección, [cm]

Paso 3. Calcular la resistencia disponible de la soldadura.

Método LRFD:

$$P_u = \phi \times t \times L \times F_u \quad (2.4.14)$$

Método ASD:

$$P_a = \frac{t \times L \times F_u}{\Omega} \quad (2.4.15)$$

Donde:

t = Menor entre el espesor de la placa base o placa de soporte y el espesor de los elementos de la sección de la columna o viga, según corresponda, [cm]

L = Longitud de la soldadura, [cm]

Φ = Factor de reducción de resistencia a corte aplicado en el método LRFD, igual a 0.65, [-]

Ω = Factor de reducción de resistencia a corte aplicado para el método ASD, igual a 2.35, [-]

$t_w = 0.707w$, donde w es el tamaño máximo de la soldadura de filete, [cm]

F_{xx} = Resistencia última en tensión del metal de relleno en la clasificación de electrodos AWS, se utiliza la Tabla 2.21, [kg/cm^2]

Nota: Si $t > 0.254$ [cm] se debe cumplir con la condición:

Método LRFD:

$$P_u \leq \phi \times 0.75 \times t_w \times L \times F_{xx} \quad (2.4.16)$$

Método ASD:

$$P_a \leq \frac{0.75 \times t_w \times L \times F_{xx}}{\Omega} \quad (2.4.17)$$

Caso contrario la resistencia a corte de diseño P_u y admisible P_a se debe calcular con la Ec.2.4.18 y Ec.2.4.19 respectivamente.

Método LRFD:

$$P_u = \phi \times 0.75 \times t_w \times L \times F_{xx} \quad (2.4.18)$$

Método ASD:

$$P_a = \frac{0.75 \times t_w \times L \times F_{xx}}{\Omega} \quad (2.4.19)$$

Paso 4. Comparar las resistencias disponibles con las resistencias requeridas.

Método LRFD:

$$V_u \geq P_u \quad (2.3.20)$$

Método ASD:

$$V_a \geq P_a \quad (2.3.21)$$

Donde:

V_u = Resistencia requerida de diseño a corte que soporta la de columna obtenida con las combinaciones de carga por el método LRFD especificadas en el Capítulo I (1.5.3.2), [kg]

V_a = Resistencia requerida de diseño a corte que soporta la columna obtenida con las combinaciones de carga por el método ASD especificadas en el Capítulo I (1.5.3.1), [kg]

P_u = Resistencia a corte obtenida en el paso 3 por el método LRFD, [kg]

P_a = Resistencia a corte obtenida en el paso 3 por el método ASD, [kg]

Nota: Si no se cumple con esta condición aumentar la longitud de la soldadura, es por tal que es un proceso iterativo en el que se propone una longitud y se compara.

Paso 5. Calcular el tamaño de la soldadura.

El tamaño mínimo de la soldadura de filete, se obtiene de la Tabla 2.22 y se aplica el mismo procedimiento del paso 6 de la Norma AISC.

CAPÍTULO III

FLEXO-COMPRESIÓN BIAxIAL

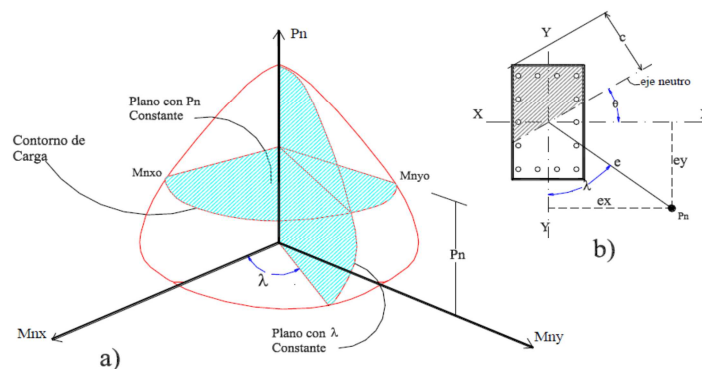
3.1 DISEÑO A FLEXO-COMPRESIÓN BIAxIAL DE ANCLAJES PARA COLUMNAS METÁLICAS-NORMA AISC Y NORMA AISI

En este capítulo se hace referencia únicamente a las columnas ya que las vigas están sujetas únicamente a flexión.

En los edificios, las columnas esquineras y las columnas interiores (cuando su colocación es asimétrica) están sometidas a flexo-compresión biaxial o flexión biaxial, con respecto a los ejes X y Y; que se presenta cuando se aplica una carga no alineada a ninguno de los ejes o cuando existe un desbalance de las cargas en tramos adyacentes de la columna.

Para esto se realizaron los cálculos asumiendo que la flexo-compresión es uniaxial para obtener una curva de iteración por separado para cada dirección y luego mediante una herramienta del programa Matlab obtener una curva de iteración en el plano de acuerdo al ángulo formado por la interacción simultánea de los momentos flectores en las dos direcciones.

Figura 3.1 Curva de iteración, flexo-compresión biaxial

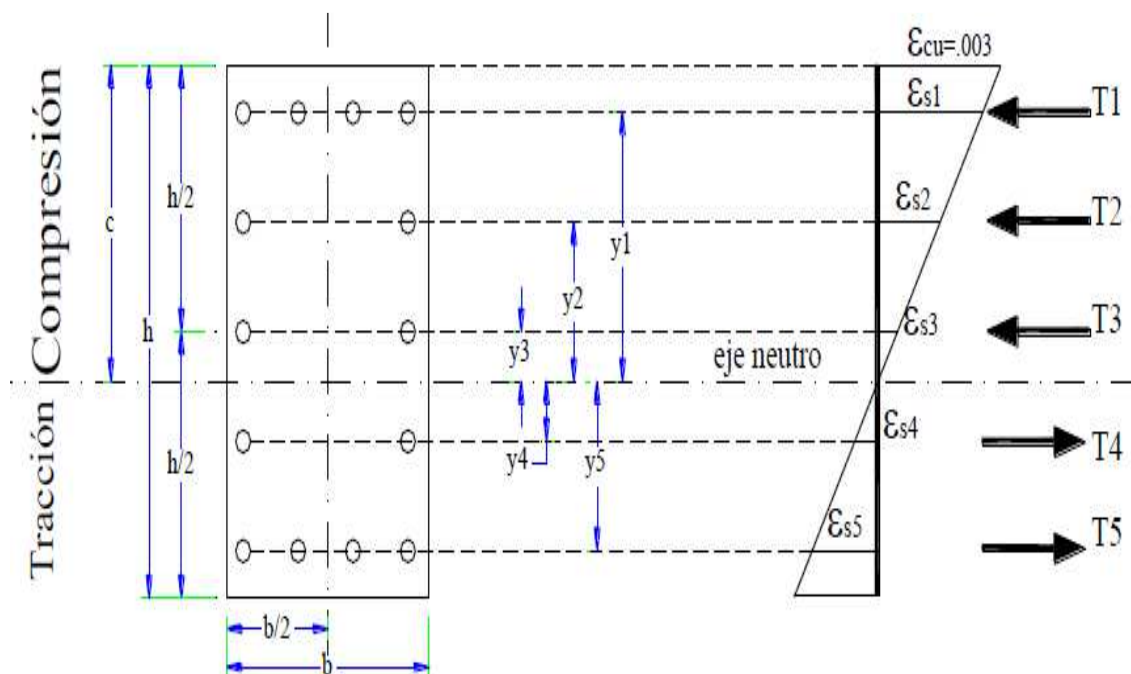


Fuente: Diseño Biaxial para Columnas Rectangulares, Arcesio Ortiz Ballesteros

Los cálculos para flexo-compresión biaxial se han llevado a cabo considerando la placa base y los pernos o varillas de anclaje como un conjunto, en el cual la resistencia se calcula en base a los siguientes principios o hipótesis que se visualizan en la Figura 3.2:

- Las deformaciones unitarias de cada perno o varilla de acero tienen una distribución lineal con las distancias y_i que van al eje neutro.
- Entre el acero y el hormigón presentan una adherencia óptima.
- La deformación máxima permisible del hormigón es:
 - Si $f'_c \leq 500 \text{ kg/cm}^2$ $\epsilon_c = 0.003$
 - Si $f'_c > 500 \text{ kg/cm}^2$ $\epsilon_c = 0.002$
- Se va a considerar que la resistencia a tracción del hormigón es nula.

Figura 3.2 Distribución de esfuerzos de tracción y compresión



Fuente: Diseño Biaxial para Columnas Rectangulares, Arcesio Ortiz Ballesteros

3.1.1 PROCEDIMIENTO DE DISEÑO

Paso 1. Obtener las dimensiones de la placa base (N y B), el diámetro del perno o de la varilla (d_r), número de pernos o varillas en las dos direcciones de la placa base ($\#S$ en N y $\#S$ en B), distancia mínima desde el centro del perno o varilla al borde de la placa base (e), mediante el programa de diseño por flexo-compresión uniaxial en la dirección del momento mayor, como se muestra en la Figura 3.3.

Paso 2. Calcular las resistencia de diseño (P_u , V_u y M_u) para el método LRFD y las resistencia admisibles (P_a , V_a y M_a) para el método ASD.

Las resistencias requeridas se obtienen utilizando las combinaciones de carga especificadas en el capítulo I, sección 1.5.3.

Paso 3. Calcular la altura efectiva de la sección de la columna, d , con la ecuación (3.1.1)

$$d = N - e \quad (3.1.1)$$

Donde:

d = Altura efectiva de la sección de la placa base, [cm]

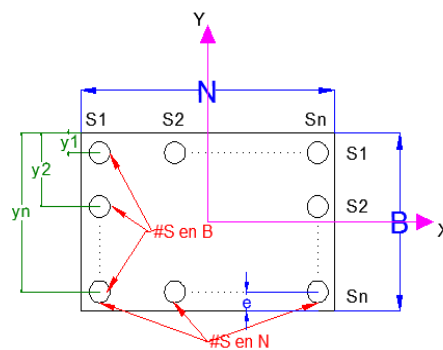
N = Longitud de la placa base, obtenida con el programa de flexo-compresión uniaxial para placa base, [cm]

e = distancia mínima desde el centro del borde o de la varilla hasta el borde de la placa base, obtenido del programa de flexo-compresión uniaxial para pernos, [cm]

Paso 4. Determinar el número de pernos o varillas, el área del acero y la distancia $y(i)$ para cada posición $S(i)$, es decir para cada distancia al borde superior de la placa base, como se muestra en la Figura 3.3.

Donde $i = (1, n)$; $n = (\# S \text{ en } B)$

Figura 3.3 Distribución de pernos o varillas en la placa base-dirección X



Fuente: Diseño Biaxial para Columnas Rectangulares, Arcesio Ortiz Ballesteros

$$\# \phi S_{(1)} = \# \phi S_{(n)} = (\# S \text{ en } N)$$

(3.1.2)

$$\# \phi S_{(2,3,\dots,n-1)} = 2 \quad (3.1.3)$$

$$A_{S(i)} = \frac{\pi d r^2}{4} \phi S_{(i)} \quad (3.1.4)$$

$$y_{(1)} = e \quad (3.1.5)$$

$$y_{(2,3,\dots,n)} = y_{(i-1)} + \frac{d-e}{(\# S \text{ en } B) - 1} \quad (3.1.6)$$

Donde:

$\# \phi S_{(1)}$ = Número de pernos o varillas en la primera fila, $S1$, [-]

$\# \phi S_{(n)}$ = Número de pernos o varillas en la última fila, S_n , [-]

$\phi S_{(i)}$ = Número de pernos o varillas en cualquier fila, S_i , [-]

$\# \phi S_{(2,3,\dots,n-1)}$ = Número de pernos o varillas desde la segunda hasta la penúltima fila, [-]

$\#S$ en N = Número de filas de pernos o varillas en la longitud de la placa base, [-]

$\#S$ en B = Número de filas de pernos o varillas en el ancho de la placa base, [-]

$AS_{(i)}$ = Área de los pernos o varillas en la fila S_i , [cm²]

d_r = Diámetro de los pernos o de las varillas, [cm]

$y_{(1)}$ = Distancia desde la fibra extrema de la placa base hasta el centro de la primera fila de varillas o pernos, [cm]

e = Distancia mínima desde el centro del perno o varilla al borde de la placa base, [cm]

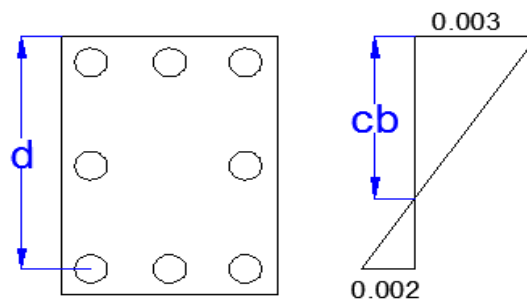
d = Altura efectiva de la sección de la placa base, [cm]

$y_{(2,3,\dots,n)}$ = Distancia desde la fibra extrema de la placa base hasta el centro de las filas de pernos o varillas (2,3,..., n) respectivamente, [cm]

$y_{(i-1)}$ = Distancia desde la fibra extrema de la placa base hasta el centro de la fila (i-1), [cm]

Paso 5. Calcular la distancia desde la fibra extrema a la cual se produce la condición balanceada, es decir la distancia a la que el hormigón y el acero fluyen al mismo tiempo (cb), como se muestra en la Figura 3.4.

Figura 3.4 Distribución de pernos o varillas en la placa base



Elaborado por: Evelyn Cabrera – Betzabeth Suquillo

$$c_b = 0.6d \quad (3.1.7)$$

Donde:

d = Altura efectiva de la sección de la placa base, obtenida con la ecuación 3.1.1, [cm]

Paso 6. Calcular la altura del bloque de compresión, a .

$$a = 0.85c; a \leq B \quad (3.1.8)$$

Donde:

c = Distancia desde la fibra extrema hasta el eje neutro de la distribución de esfuerzos, [cm]

B = Ancho de la placa base, [cm]

Paso 7. Calcular la deformación unitaria utilizando los siguientes criterios:

- Para la fibra extrema:

$$\epsilon_c = 0.003 \quad (3.1.9)$$

- Para $y(i) < c$:

$$\epsilon_{s(i)} = \frac{0.003(c - y_{(i)})}{c} \quad (3.1.10)$$

- Para $y(i) > c$:

$$\epsilon_{s(i)} = \frac{0.003(y_{(i)} - c)}{c} \quad (3.1.11)$$

- Para $y(i) = c$:

$$\epsilon_c = 0.002 \quad (3.1.12)$$

Donde:

ε_c = Deformación unitaria de la fibra extrema de la placa base, [-]

$y_{(i)}$ = Distancia desde la fibra extrema de la placa base hasta el centro de la fila (i), [cm]

c = Distancia desde la fibra extrema hasta el eje neutro de la distribución de esfuerzos, [cm]

$\varepsilon_{s(i)}$ = Deformación unitaria de la fila de acero (i), [-]

Paso 8. Calcular el esfuerzo de tracción o compresión de la conexión con los siguientes criterios:

- Para la fibra extrema:

$$\sigma_c = 0.85 \times f'c \quad (3.1.13)$$

- Para $y(i) \geq c$:

$$\sigma_{s(i)} = -(\varepsilon_{s(i)} \times E_s); \varepsilon_{s(i)} \times E_s \leq F_y \quad (3.1.14)$$

- Para $y(i) < c$:

$$\sigma_{s(i)} = (\varepsilon_{s(i)} \times E_s); \varepsilon_{s(i)} \times E_s \leq F_y \quad (3.1.15)$$

Donde:

σ_c = Esfuerzo de compresión de la fibra extrema de la placa base, [kg/cm²]

$f'c$ = Resistencia a la compresión del hormigón, [kg/cm²]

c = Distancia desde la fibra extrema hasta el eje neutro de la distribución de esfuerzos, [cm]

$\sigma_{s(i)}$ = Esfuerzo de la fila de acero (i), [kg/cm²]

$\varepsilon_{s(i)}$ = Deformación unitaria de la fila de acero (i), [-]

E_s = Módulo de elasticidad del acero, [kg/cm²]

F_y = Esfuerzo de fluencia del acero, [kg/cm²]

Paso 9. Calcular las capacidades nominales de compresión parciales, F_c

- Para la fibra extrema:

$$F_c = \frac{0.85 \times f'_c \times N \times a}{1000} \quad (3.1.16)$$

- Para los demás puntos:

$$F_{(i)} = \frac{\sigma_{s(i)} A_{S(i)}}{1000} \quad (3.1.17)$$

Donde:

F_c = Capacidad nominal de compresión parcial, [t]

f'_c = Resistencia a la compresión del hormigón, [kg/cm²]

N = Largo de la placa base, [cm]

a = Altura del bloque de compresión de la sección, [cm]

$F_{(i)}$ = Capacidad nominal de compresión parcial de la fila (i), [t]

$\sigma_{s(i)}$ = Esfuerzo de la fila de acero (i), [kg/cm²]

$A_{S(i)}$ = Área de los pernos o varillas en la fila Si, [cm²]

Paso 10. Calcular el brazo de la fuerza, Z_c :

- Para la fibra extrema:

$$Z_c = \frac{B}{100} \left(\frac{B}{2} - \frac{a}{2} \right) \quad (3.1.18)$$

- Para los demás puntos:

$$Z_{(i)} = \frac{\left(\frac{B}{2} - y_{(i)}\right)}{100} \quad (3.1.19)$$

Donde:

Z_c = Brazo al que actúa la fuerza, [m]

B = Ancho de la placa base, [cm]

a = Altura del bloque de compresión de la sección, [cm]

$Z_{(i)}$ = Brazo al que actúa la fuerza en la fila de acero (i), [m]

$y_{(i)}$ = Distancia desde la fibra extrema de la placa base hasta el centro de la fila (i), [cm]

Paso 11. Calcular las capacidades nominales de flexión parciales, M

- Para la fibra extrema:

$$M_c = F_c \times Z_c \quad (3.1.20)$$

- Para los demás puntos:

$$M_{(i)} = F_{(i)} \times Z_{(i)} \quad (3.1.21)$$

Donde:

M_c = Capacidad nominal de flexión en la fibra extrema de la placa base, [t-m]

F_c = Capacidad nominal de compresión parcial, [t]

Z_c = Brazo al que actúa la fuerza, [m]

$M_{(i)}$ = Capacidad nominal de flexión en la fila de acero (i), [t-m]

$F_{(i)}$ = Capacidad nominal de compresión parcial de la fila (i), [t]

$Z_{(i)}$ = Brazo al que actúa la fuerza en la fila de acero (i), [m]

Paso 12. Calcular las capacidades nominales de compresión, P_n :

$$P_n = F_c + \sum_{i=1}^{i=\# \text{ Sen B}} F_{(i)} \quad (3.1.22)$$

Donde:

P_n = Capacidad nominal de compresión, [t]

F_c = Capacidad nominal de compresión parcial, [t]

$F_{(i)}$ = Capacidad nominal de compresión parcial de la fila (i), [t]

#S en B = Número de filas de varillas o pernos en el ancho de la placa base, [-]

Paso 13. Calcular las capacidades nominales de flexión, M_n :

$$M_n = M_c + \sum_{i=1}^{i=\# \text{ Sen B}} M_{(i)} \quad (3.1.23)$$

Donde:

M_n = Capacidad nominal de flexión, [t.m]

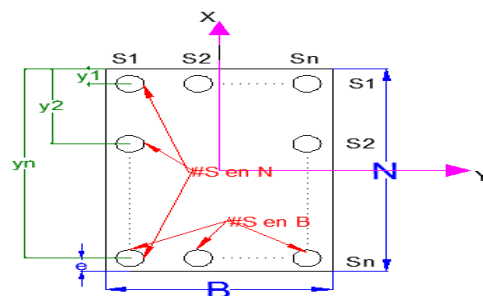
M_c = Capacidad nominal de flexión parcial, [t.m]

$M_{(i)}$ = Capacidad nominal de flexión parcial de la fila (i), [t]

#S en B = Número de filas de varillas o pernos en el ancho de la placa base, [-]

Paso 14. Realizar el procedimiento anterior en la dirección Y.

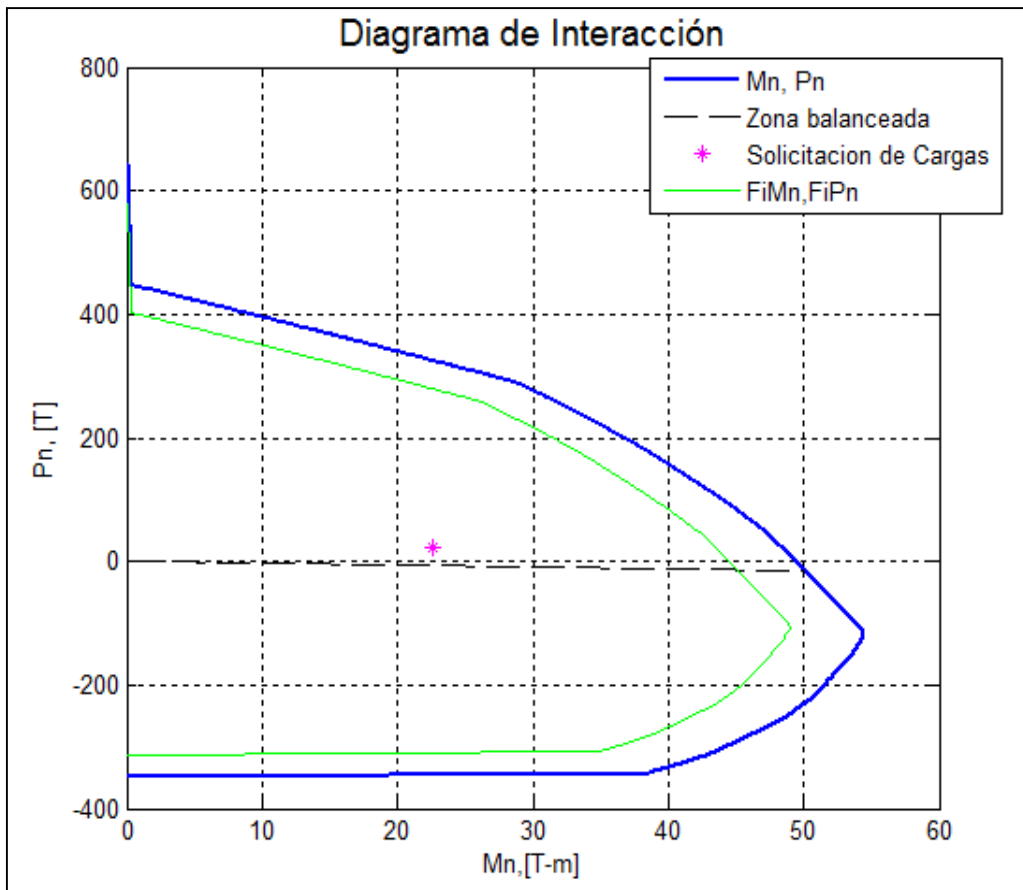
Figura 3.5 Distribución de pernos o varillas en la placa base-dirección Y



Fuente: Diseño Biaxial para Columnas Rectangulares, Arcesio Ortiz Ballesteros

Paso 14. Graficar la curva de interacción biaxial rotada de acuerdo a la acción simultánea de los momentos en ambas direcciones.

Figura 3.6 Curva de Interacción biaxial



Elaborado por: Evelyn Cabrera-Betzabeth Suquillo

CAPÍTULO IV

DISEÑO DEL PROGRAMA DE ANCLAJES PARA COLUMNAS Y VIGAS METÁLICAS

4.1 DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA

El objetivo principal de la presente tesis es desarrollar un programa que facilite el diseño de los anclajes para columnas y vigas de estructuras metálicas, para esto se ha utilizado una herramienta del software MATLAB (Matrix Laboratory) denominada GUIDE que es un entorno de programación gráfica, utilizada para realizar y ejecutar programas de Simulación en forma simple. Contiene varios controles, los cuales se deben programar, cabe recalcar que tiene las características básicas de todos los programas visuales como Visual Basic o Visual C++.

El programa a diseñarse se denomina “Programa para el diseño de anclajes de Vigas y Columnas Metálicas”.

4.2 DIAGRAMA DE FLUJO

4.2.1 PLACA BASE

Los diagramas de flujo realizados para la programación del diseño de la placa base se lo puede visualizar en el Anexo N°1.

4.2.2 PLACA DE SOPORTE

Los diagramas de flujo realizados para la programación del diseño de la placa de soporte se lo puede visualizar en el Anexo N°2.

4.2.3 PERNOS/VARILLAS DE ANCLAJE

Los diagramas de flujo realizados para la programación del diseño de los pernos/varillas de anclaje se lo puede visualizar en el Anexo N°3.

4.2.4 SOLDADURA

Los diagramas de flujo realizados para la programación de la soldadura se lo puede visualizar en el Anexo N°4.

4.3 LIMITACIONES DEL PROGRAMA

El programa “Programa para el diseño de anclajes de Vigas y Columnas Metálicas”, se limita a lo siguiente:

- Normas AISC y Norma AISI únicamente.
- Métodos ASD y LRFD.
- Diseño para cuando la distribución de esfuerzos del suelo sea uniforme o triangular.
- Diseño para secciones I armadas, estándar laminadas en caliente y de lámina delgada conformadas en frío, simétricas.
- Diseño para secciones HSS armadas, estándar laminadas en caliente y de lámina delgada conformadas en frío, simétricas.
- Diseño de soldadura de filete únicamente.
- En el diseño de pernos y varillas de anclaje, los diámetros comprendidos en pernos de anclaje es de $\frac{1}{2}$ [in] hasta $1 \frac{1}{2}$ [in], para varillas de anclaje los diámetros comprendidos es de $\frac{3}{4}$ [in] hasta $2 \frac{1}{2}$ [in].
- La consideración para el diseño de Placa Base y Placa de Soporte es que esté apoyado sobre un bloque de hormigón o una columna de hormigón según el caso.
- El programa comprende la realización de la flexión Uniaxial y flexión Biaxial, si se escoge flexión Biaxial el programa automáticamente pedirá los resultados

necesarios para la ejecución del diseño general, mientras que si se escoge flexión Uniaxial hay la posibilidad de escoger un diseño parcial.

- El diseño parcial consiste en el diseño de un solo elemento de anclaje, sea éste Placa Base/Placa de Soporte, Pernos de Anclaje y Soldadura de Filete.
- La longitud de la soldadura de filete se limita al contorno del perfil a soldar, si la longitud requerida necesita ser mayor aparecerá un mensaje de error y la ventana de resultados nos dará que la longitud requerida es igual a la longitud disponible.

4.4 MANUAL DE USUARIO

Para el correcto funcionamiento del programa es necesario un equipo con características mínimas y un orden preestablecido para el ingreso de los datos necesarios para el programa.

4.4.1 REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA

Es muy importante que el ordenador en el cual va a ser copiado y ejecutado cuente con las siguientes características mínimas:

- Pentium III o superior
- Procesador 1 GHz o mayor
- Memoria RAM 256, como mínimo
- Memoria disponible superior a 1GB (en disco duro)
- Windows Millenium Edition (ME), Windows 2000 ó Windows XP
- Versión de Matlab 7.0.
- Instalar compilador de Matlab MCR (Adjunto)

4.4.2 SECUENCIA DE EJECUCIÓN DEL PROGRAMA

Nota: Al ser el lenguaje de programación en inglés no se puede hacer uso de tildes así como la letra ñ.

- Pantalla Principal

Ejecutado el programa, aparece la siguiente interfaz:

Figura 4.1 Pantalla de inicio de software implementado

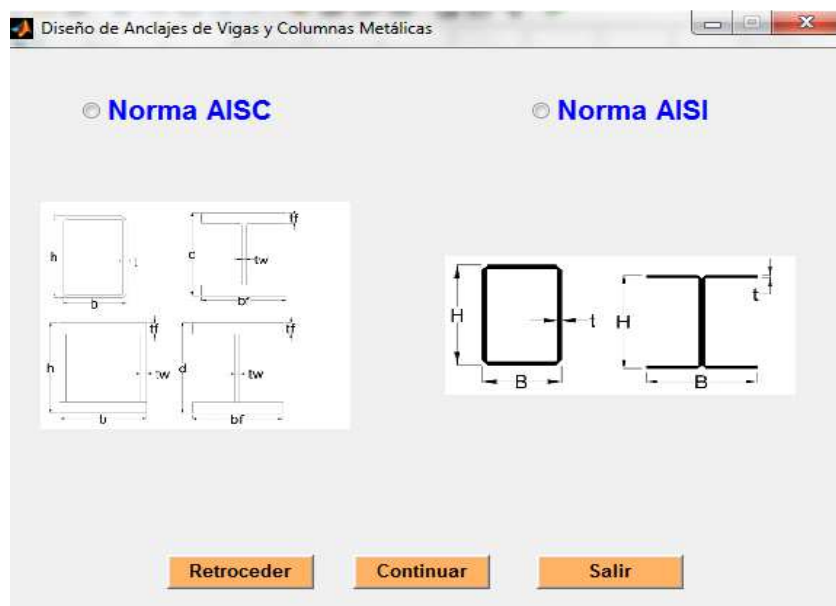


Elaborado por: Evelyn Cabrera – Betzabeth Suquillo

Para que el programa continúe se debe dar clic en **CONTINUAR**.

- La siguiente pantalla permite elegir la Norma AISC (Perfiles Laminados en Caliente) o Norma AISI (Perfiles Laminados en Frío) a ejecutarse:

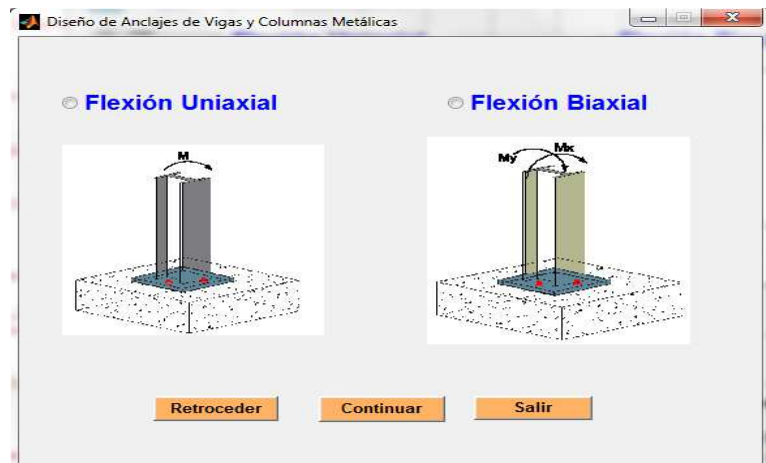
Figura 4.2 Pantalla de software implementado – Interfaz 2



Elaborado por: Evelyn Cabrera – Betzabeth Suquillo

- La siguiente permite elegir el tipo de Flexión al que va a estar sometida la base de la columna metálica si es el caso, es decir Flexión UNIAXIAL ó Flexión BIAxIAL:

Figura 4.3 Pantalla de software implementado – Interfaz 3



Elaborado por: Evelyn Cabrera – Betzabeth Suquillo

Nota: A continuación se presentan las diferentes pantallas que contienen el programa y que se van ejecutando de acuerdo a las opciones que se elija.

- Flexión Uniaxial

En la siguiente pantalla se puede elegir el tipo de diseño, es decir Diseño PARCIAL y Diseño GENERAL.

Figura 4.4 Pantalla de software implementado – Interfaz 4



Elaborado por: Evelyn Cabrera – Betzabeth Suquillo

Si se escogió Diseño Parcial:

- Diseño Parcial

El diseño parcial consiste en diseñar por separado una parte de la conexión, entre las partes de la conexión que abarca el programa es decir: Placa Base - Placa de Soporte - Pernos/Varillas de Anclaje - Soldadura.

La siguiente interfaz nos permite elegir la parte de la conexión que se desee diseñar.

Figura 4.5 Pantalla de software implementado – Interfaz 5



Elaborado por: Evelyn Cabrera – Betzabeth Suquillo

- Placa Base

Si se escogió esta opción, se puede apreciar lo siguiente:

- **Ventana de Datos**

Se debe ingresar los datos de:

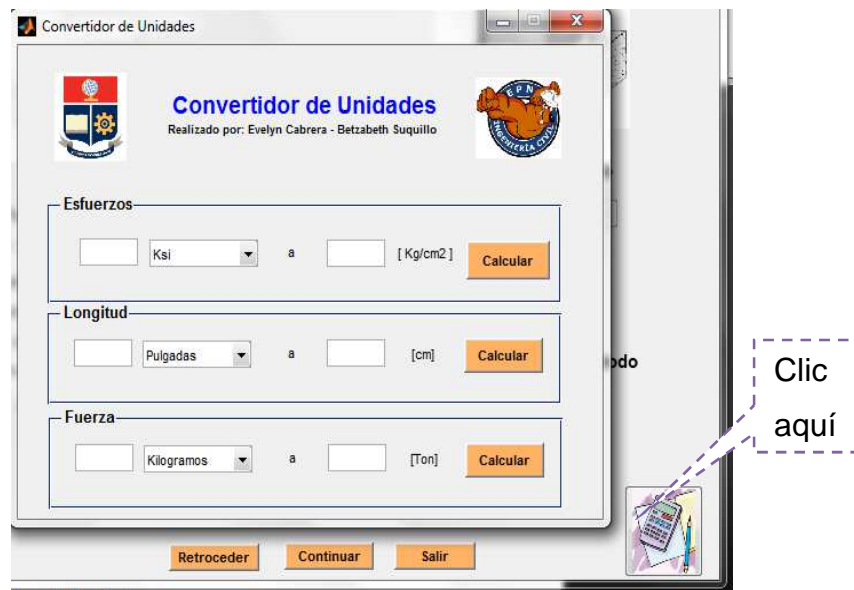
- a) Condiciones de carga a la que está sujeta la base de la columna:
- b) Características del Acero
- c) Características del Hormigón
- d) Características de la Cimentación
- e) Características de la Columna

La ventana de datos del programa se puede ver en el Anexo No.5.

Como un aporte adicional se ha colocado un convertidor de unidades, para que el usuario coloque de manera correcta en las unidades que requiere el programa.

Esta opción tienen todas las interfaces de diseño.

Figura 4.6 Pantalla de convertidor de unidades



Elaborado por: Evelyn Cabrera – Betzabeth Suquillo

- **Ventana de Resultados**

Como resultados se tendrá:

- a) Resistencia Requerida [Ton]
- b) Resistencia Disponible [Ton]
- c) Características de la Placa Base [cm]
- d) Características de la Cimentación [cm]

La ventana de resultados del programa se puede ver en el Anexo No.6.

- Placa de Soporte

Si se escogió esta opción, las pantallas son las siguientes:

- **Ventana de Datos**

Se debe ingresar los datos de:

- a) Condiciones de carga a la que está sujeta la base de la columna:
- b) Características del Acero:
- c) Características del Hormigón:
- d) Características de la Cimentación:
- e) Características de la Viga:

La ventana de datos del programa se puede ver en el Anexo No.6.

- **Ventana de resultados**

Como resultados se tendrá:

- a) Resistencia Requerida [Ton]:
- b) Resistencia Disponible [Ton]:
- c) Características de la Placa de Soporte:

La ventana de resultados del programa se puede ver en el Anexo No.6.

- Pernos/Varillas de Anclaje

Si se escogió esta opción, las pantallas son las siguientes:

- **Ventana de Datos**

Se debe ingresar los datos de:

- a) Condiciones de carga a la que está sujeta la base de la columna:
- b) Características del Acero
- c) Características del Hormigón
- d) Características de la Placa Base
- e) Grado de material del perno de anclaje (no aplica en varillas de anclaje)
- f) Tipo de perno de anclaje (no aplica en varillas de anclaje)
- g) Tipo de agujero
- h) Forma de perno de anclaje o varilla de anclaje
- i) Características si el perno de anclaje o varilla de anclaje tiene gancho
- j) Tipo de superficie de la placa base o placa de soporte
- k) Tipo de borde de la placa base o de la placa de soporte
- l) Consideraciones para el cálculo de las resistencias

La ventana de datos del programa se puede ver en el Anexo No.7.

- **Ventana de resultados**

Como resultados se tendrá:

- a) Resistencia Requerida [Ton]
- b) Resistencia Disponible [Ton]
- c) Características de los Pernos/Varillas de Anclaje

La ventana de resultados del programa se puede ver en el Anexo No.7.

- Soldadura

Si se escogió esta opción, las pantallas son las siguientes:

- **Ventana de Datos**

Se debe ingresar los datos de:

- a) Condiciones de carga a la que está sujeta la base de la columna:
- b) Características del Acero:
- c) Características del Hormigón:
- d) Tipo de Electrodo

La ventana de datos del programa se puede ver en el Anexo No.8.

- **Ventana de resultados**

Como resultados se tendrá:

- a) Resistencia Requerida [Ton]
- b) Resistencia Disponible [Ton]
- c) Características de la Soldadura

La ventana de resultados del programa se puede ver en el Anexo No.8.

- Diseño General

El diseño general consiste en diseñar toda la conexión, entre ellas consta en el programa: Placa Base - Placa de Soporte - Pernos/Varillas de Anclaje - Soldadura.

Si se escogió esta opción:

- **Ventana de Datos**

Se debe ingresar los datos de:

- a) Condiciones de carga a la que está sujeta la base de la columna:
- b) Características del Acero
- c) Características del Hormigón
- d) Características de la Cimentación
- e) Características de la Columna/Viga
- f) Grado de material del perno de anclaje (no aplica en varillas de anclaje)
- g) Tipo de perno de anclaje (no aplica en varillas de anclaje)
- h) Tipo de agujero
- i) Forma de perno de anclaje o varilla de anclaje
- j) Características si el perno de anclaje o varilla de anclaje tiene gancho
- k) Tipo de superficie de la placa base o placa de soporte
- l) Tipo de borde de la placa base o de la placa de soporte
- m) Consideraciones para el cálculo de las resistencias:
- n) Tipo de Electrodo

La ventana de datos del programa se puede ver en el Anexo No.9.

- **Ventana de resultados**

Como resultados se tendrá:

- a) Resistencia Requerida [Ton]
- b) Resistencia Disponible [Ton]
- c) Características de la Placa Base/Placa de Soporte
- d) Características de la Cimentación
- e) Características de los Pernos/Varillas de Anclaje
- f) Características de la Soldadura

La ventana de resultados del programa se puede ver en el Anexo No.9.

- La pantalla de FLEXIÓN BIAXIAL es la siguiente:

- **Ventana de Datos**

Se debe ingresar los datos de:

- a) Condiciones de carga a la que está sujeta la base de la columna
- b) Características del Acero
- c) Características del Hormigón
- d) Características de la Cimentación
- e) Características de la Columna/Viga
- f) Grado de material del perno de anclaje (no aplica en varillas de anclaje)
- g) Tipo de perno de anclaje (no aplica en varillas de anclaje)
- h) Tipo de agujero
- i) Forma de perno de anclaje o varilla de anclaje
- j) Características si el perno de anclaje o varilla de anclaje tiene gancho
- k) Tipo de superficie de la placa base o placa de soporte
- l) Tipo de borde de la placa base o de la placa de soporte
- m) Consideraciones para el cálculo de las resistencias:
- n) Tipo de Electrodo

La ventana de datos del programa se puede ver en el Anexo No.10.

- **Ventana de resultados**

Como resultados se tendrá:

- a) Resistencia Requerida [Ton]
- b) Resistencia Disponible [Ton]
- c) Características de la Placa Base/Placa de Soporte
- d) Características de la Cimentación
- e) Características de los Pernos/Varillas de Anclaje
- f) Características de la Soldadura
- g) Diagrama de Interacción

La ventana de resultados del programa se puede ver en el Anexo No.10.

CAPÍTULO V

EJERCICIOS

5.1 EJEMPLOS NUMÉRICOS DE DISEÑO

5.1.1 EJEMPLOS DE PLACA BASE

5.1.1.1 Ejemplo 1.- Diseño considerando distribución uniforme de esfuerzos y carga axial únicamente

Una columna de sección W12X96 se encuentra sobre una cimentación de hormigón. El esfuerzo mínimo de compresión del hormigón es $f'_c=3\text{ksi}$, el esfuerzo de fluencia del acero de la placa base es $F_y=36\text{ksi}$. Determinar las dimensiones de la placa base y el espesor requerido, asumiendo que el área de la placa base es igual al área de la cimentación. Resolver con los métodos LRFD y ASD.

SOLUCIÓN:

Dado que la sección es estándar laminada en caliente, la Norma que se debe emplear es la Norma AISC.

Debido a que $A_1=A_2$, entonces se trata del Caso I.

- Los datos en las unidades que se emplean en el programa, son los siguientes:

Carga Axial

$$D = 50000 \text{ [kg]}$$

$$L = 5000 \text{ [kg]}$$

$$E_x = 3000 \text{ [kg]}$$

$$E_y = 3000 \text{ [kg]}$$

Utilizando las combinaciones para el método LRFD y método ASD se tiene una resistencias de diseño y admisibles de 70000 [kg] y 55325 [kg] respectivamente.

$$f'_c = 211 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$$

$$F_y = 2531 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$$

$$\text{Cimentación} = 60.96 \text{ [cm]} \times 60.96 \text{ [cm]}$$

- Los datos necesarios de la sección de la columna son los siguientes:

$$b_f = 30.988 \text{ cm}$$

$$d = 32.258 \text{ cm}$$

Paso 1. Calcular el área requerida de la placa base.

LRFD		ASD
$A_{1\text{req}} = \frac{7000}{0.85(0.65)(211)} = 600.46 \text{ [cm}^2\text{]}$		$A_{1\text{req}} = \frac{2.5(55325.0)}{0.85(211)} = 771.79 \text{ [cm}^2\text{]}$

Paso 2. Calcular las dimensiones de la placa base.

$$\Delta = \frac{0.95(32.258) - 0.8(30.988)}{2} = 2.927 \text{ [cm]}$$

LRFD		ASD
$N \approx \sqrt{600.478} + 2.927 = 27.43 \text{ [cm]}$		$N \approx \sqrt{771.19} + 2.927 = 21.89 \text{ [cm]}$
$B = \frac{600.46}{27.43} = 21.89 \text{ [cm]}$		$B = \frac{771.79}{21.89} = 35.26 \text{ [cm]}$

Se tratará para los dos métodos con:

$$N = 47.5 \text{ cm}$$

$$B = 46.23 \text{ cm}$$

Entonces:

$$A_1 = 2190 \text{ [cm}^2\text{]} > 600.46 \text{ [cm}^2\text{]} > 771.79 \text{ [cm}^2\text{]}$$

Paso 3. Chequear la resistencia a compresión axial del hormigón.

LRFD	ASD
$P_u \leq \phi_c P_p$ $= (0.65)(0.85)(211)(2190)(\sqrt{1})$ $= 256000[\text{kg}] > 70000[\text{kg}]$ <p style="text-align: center;">OK.</p>	$P_a \leq \frac{P_p}{\Omega_c}$ $= \frac{(0.85)(211)(2190)(\sqrt{1})}{2.50}$ $= 157520[\text{kg}] > 55325[\text{kg}]$ <p style="text-align: center;">OK.</p>

Paso 4. Calcular el espesor requerido de la placa base.

$$m = \frac{48 - 0.95(32.258)}{2} = 8.68[\text{cm}]$$

$$n = \frac{47 - 0.80(30.988)}{2} = 11.10[\text{cm}]$$

LRFD	ASD
$X = \left[\frac{4(32.258)(30.988)}{(32.258 + 30.988)^2} \right] \frac{70000}{256000} = 0.27$	$X = \left[\frac{4(32.258)(30.988)}{(32.258 + 30.988)^2} \right] \frac{55325}{157520} = 0.35$

$$\lambda = \frac{2\sqrt{0.27}}{1 + \sqrt{1 - 0.27}} = 0.56$$

$$\lambda n' = 0.56 \frac{\sqrt{32.258(30.988)}}{4} = 4.46[\text{cm}]$$

$$l = \text{máx}(8.68\text{cm}, 11.10, 30.64\text{cm}) = 30.64[\text{cm}]$$

LRFD	ASD
$t_{\min} = 30.64 \sqrt{\frac{2(70000)}{0.90(2531)(47)(48)}}$ $= 5.06[\text{cm}]$	$t_{\min} = 30.64 \sqrt{\frac{2(1.67)(55325)}{(2531)(47)(48)}}$ $= 5.51[\text{cm}]$

Para mayor seguridad:

$$t=5.51 \text{ cm}$$

RESPUESTA:

N = 48 cm
B = 47cm
t = 5.51 cm

5.1.1.2 Ejemplo 2.- Diseño de placa base considerando distribución uniforme de esfuerzos y momentos

Diseñe una placa base para las siguientes cargas. La columna es de sección W12X96. Considere que la relación entre el área de la placa base y la cimentación es la unidad. El esfuerzo mínimo de compresión del hormigón es $f'c=3\text{ksi}$, el esfuerzo de fluencia del acero de la placa base es $Fy=36\text{ksi}$.

SOLUCIÓN:

Dado que la sección es estándar laminada en caliente, la Norma que se debe emplear es la Norma AISC.

Debido a que $A_1=A_2$, se trata del Caso I

- Los datos en las unidades que se emplean en el programa, son las siguientes:

	P(kg)	M(Ton-m)
D	45360	25
L	72570	30

$$f'c= 211 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$$

$$Fy= 2531 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$$

- Los datos necesarios de la sección de la columna son los siguientes:

$$bf = 30.988 \text{ [cm]}$$

$$d = 32.258 \text{ [cm]}$$

Paso 1. Calcular la resistencia requerida factorizada para cada método.

LRFD	ASD
$P_u = 1.2(45360) + 1.6(72570)$ $= 170540[\text{kg}]$	$P_a = 145360 + 72570$ $= 117930[\text{kg}]$
$M_u = 1.2(2500000) + 1.6(3000000)$ $= 7800000[\text{kg} \cdot \text{cm}]$	$M_a = 2500000 + 3000000$ $= 5500000[\text{kg} \cdot \text{cm}]$

Paso 2. Calcular las dimensiones tentativas de la placa base.

$$N > 32.258 + 2(7.62) = 47.498[\text{cm}]$$

$$B > 30.988 + 2(7.62) = 46.228[\text{cm}]$$

Por lo tanto se va a empezar el proceso iterativo con:

$$N = 48[\text{cm}]$$

$$N = 47[\text{cm}]$$

Paso 3. Determinar las excentricidades e y e_{crit}

LRFD	ASD
$e = \frac{7800000}{170540} = 45.74[\text{cm}]$	$e = \frac{5500000}{117930} = 46.64[\text{cm}]$
$f_{p(\text{máx})} = (0.65)(0.85)(211)(\sqrt{1})$ $= 116.58[\text{cm}^2]$	$f_{p(\text{máx})} = \frac{(0.85)(211)(\sqrt{1})}{2.50}$ $= 71.74[\text{cm}^2]$
$q_{\text{máx}} = 116.58(46) = 5480[\text{kg/cm}]$	$q_{\text{máx}} = 71.74(46) = 3372[\text{kg/cm}]$
$e_{crit} = \frac{48}{2} - \frac{170540}{2(5480)} = 8.44[\text{cm}]$	$e_{crit} = \frac{48}{2} - \frac{117930}{2(3372)} = 6.51[\text{cm}]$
$e < e_{crit}$	$e < e_{crit}$

Asumiendo que la distancia entre el centro del perno y el borde de la placa base es 3.81cm. Por geometría se tiene:

$$f = \frac{48}{2} - 3.81 = 20.19[\text{cm}]$$

$$\left(f + \frac{N}{2}\right)^2 = \left(20.19 + \frac{48}{2}\right)^2 = 1952.76[\text{cm}^2]$$

Se debe verificar la siguiente inecuación:

LRFD	ASD
$\frac{2P_u(e+f)}{q_{\text{máx}}} = \frac{2(170516)(24.32+20.19)}{7303.33}$ $= 2078.41[\text{cm}^2]$ $2078.41[\text{cm}^2] > 1952.76[\text{cm}^2]$ <p style="text-align: center;">No cumple.</p>	$\frac{2P_a(e+f)}{q_{\text{máx}}} = \frac{2(117910)(24.42+20.19)}{4494.14}$ $= 2340.81[\text{cm}^2]$ $2340.81[\text{cm}^2] > 1952.76[\text{cm}^2]$ <p style="text-align: center;">No cumple.</p>

Debido a que no se cumple la condición, se debe realizar las iteraciones que sean necesarias hasta que se cumpla la desigualdad, por lo que se trata con las siguientes dimensiones:

$$N = 88[\text{cm}]$$

$$N = 87[\text{cm}]$$

Con este cambio se verifica que siga siendo la excentricidad crítica menor a la excentricidad equivalente, si es de esa manera se procede con lo siguiente, sino el proceso es diferente.

Paso 4. Determinar la longitud de cortante, Y, y la tensión del perno, T_a ó T_u

LRFD	ASD
$Y = \left(40.19 + \frac{88}{2}\right) \pm \sqrt{2620.42 - 1915.76}$ $= 125.89[\text{cm}]$ $T_u = (8546.45)(24.64) - 170516$ $= 40068.53[\text{kg}]$	$Y = \left(45.19 + \frac{88}{2}\right) \pm \sqrt{2620.42 - 2157.27}$ $= 143.67[\text{cm}]$ $T_a = (5259.1)(29.67) - 117910$ $= 3812.50[\text{kg}]$

Paso 5. Determinar el mínimo espesor de la placa base.

$$m = \frac{88 - 0.95(32.258)}{2} = 28.68[\text{cm}]$$

Como:

$$Y \geq m$$

El espesor de la placa base se calcula de la siguiente manera:

LRFD	ASD
$t_{p(\text{req})} = 1.49(31.10) \sqrt{\frac{46.13}{2531}} = 6.26[\text{cm}]$	$t_{p(\text{req})} = 1.83(36.10) \sqrt{\frac{27.19}{2531}} = 6.85[\text{cm}]$

En la cara de la tensión:

$$x = \frac{88}{2} - \frac{32.258}{2} + \frac{3}{2} - 3.81 = 25.56[\text{cm}]$$

<p>LRFD</p> $t_{p(\text{req})} = 2.11 \sqrt{\frac{26400(25.56)}{87(2531)}}$ $= 11.60[\text{cm}]$		<p>ASD</p> $t_{p(\text{req})} = 2.58 \sqrt{\frac{387650(30.56)}{87(2531)}}$ $= 14.66[\text{cm}]$
---	--	---

Se debe escoger el espesor máximo, en este caso el espesor por tensión es el que predomina.

RESPUESTA:

N = 88 cm
B = 87 cm
t = 14.66 in

5.1.1.3 Ejemplo 3.- Diseño de placa base considerando distribución triangular de esfuerzos

Diseñe una placa base para las siguientes cargas. La columna es de sección W12X96. Considere que la relación entre el área de la placa base y la cimentación es la unidad. El esfuerzo mínimo de compresión del hormigón es $f'_c=3\text{ksi}$, el esfuerzo de fluencia del acero de la placa base es $F_y=36\text{ksi}$.

SOLUCIÓN:

Dado que la sección es estándar laminada en caliente, la Norma que se debe emplear es la Norma AISC.

- Los datos en las unidades que se emplean en el programa, son las siguientes:

	P(kg)	M(Ton-m)
D	45360	25
L	72570	30

$$f'_c = 281.24 [\text{kg}/\text{cm}^2]$$

$$F_y = 2531 [\text{kg}/\text{cm}^2]$$

- Los datos necesarios de la sección de la columna son los siguientes:

$$bf = 30.988\text{cm}$$

$$d = 32.258\text{cm}$$

Paso 1. Escoger las dimensiones tentativas (N y B) basados en la geometría de la columna y los cuatro pernos o varillas mínimas requeridas.

$$N > 32.258 + 2(7.62) = 47.498[\text{cm}]$$

$$B > 30.988 + 2(7.62) = 46.228[\text{cm}]$$

Por lo tanto se va a empezar el proceso iterativo con:

$$N = 88[\text{cm}]$$

$$N = 87[\text{cm}]$$

Paso 2. Determinar las dimensiones del voladizo de la placa base, m ó n.

$$m = \frac{48 - 0.95(32.258)}{2} = 8.68[\text{cm}]$$

$$n = \frac{47 - 0.80(30.988)}{2} = 11.10[\text{cm}]$$

Paso 3. Calcular la resistencia requerida factorizada para cada método.

LRFD	ASD
$P_u = 1.2(45360) + 1.6(72570)$ $= 170540[\text{kg}]$	$P_a = 145360 + 72570$ $= 117930[\text{kg}]$
$M_u = 1.2(2500000) + 1.6(3000000)$ $= 7800000[\text{kg} \cdot \text{cm}]$	$M_a = 2500000 + 3000000$ $= 5500000[\text{kg} \cdot \text{cm}]$

Paso 4. Determinar las excentricidades e y e_{kern}

$$\text{LRFD} \\ e = \frac{170540}{7800000} = 45.74[\text{cm}]$$

$$\text{ASD} \\ e = \frac{117930}{5500000} = 46.64[\text{cm}]$$

$$e_{kern} = \frac{48}{6} = 8[\text{cm}]$$

$$e > e_{kern}$$

Paso 5. Determinar la presión en la base para una franja de 1in (2.54cm) de la placa.

Para la aplicación de compresión axial:

$$\text{LRFD} \\ f_{pu(ax)} = \frac{170516}{2726} = 62.56[\text{kg/cm}^2]$$

$$\text{ASD} \\ f_{pa(ax)} = \frac{117910}{2726} = 52.27[\text{kg/cm}^2]$$

Para la aplicación del momento:

$$\text{LRFD} \\ f_{pu(b)} = \frac{7800000}{26351} = 296[\text{kg/cm}^2]$$

$$\text{ASD} \\ f_{pa(b)} = \frac{6(117910)(6.35)}{47(48^2)} = 41.49[\text{kg/cm}^2]$$

La presión en la base de la placa base por la combinación de la compresión axial y momento:

LRFD	ASD
$f_{pu(\text{máx})} = 62.56 + 296$ $= 358.56 \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right]$	$f_{pa(\text{máx})} = 52.27 + 41.49$ $= 93.76 \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right]$
$f_{pu(\text{min})} = 62.56 - 296$ $= -233.44 \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right]$	$f_{pa(\text{min})} = 52.27 - 41.49$ $= 10.78 \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right]$

Como no se cumple la condición se realiza la interacción hasta que se cumpla, por lo que se prueba las dimensiones:

Método LRFD

$$N = 88 \text{ [cm]}$$

$$B = 77 \text{ [cm]}$$

Método ASD

$$N = 93 \text{ [cm]}$$

$$B = 82 \text{ [cm]}$$

Paso 6. Determinar la presión en el plano de cortante crítico (m distancia desde $f_{p(\text{max})}$).

LRFD	ASD
$f_{pu(m)} = 103.65 - 2(78.49) \left(\frac{8.68}{88} \right)$ $= 88.18 \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right]$	$f_{pa(m)} = 61.99 - 2(46.53) \left(\frac{8.68}{93} \right)$ $= 53.31 \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right]$

Paso 7. Determinar M_{pl} para el cortante en los planos críticos en m y n .

El cortante en una franja de 1in (2.54cm) de la placa en el plano de m , en la dirección de aplicación del momento:

LRFD	ASD
$M_{upl} = 88.68 \left(\frac{8.68^2}{88} \right) + (103.6 - 88.68) \left(\frac{8.68^2}{3} \right)$ $= 3708.2 \left[\frac{\text{kg} \cdot \text{cm}}{\text{cm}} \right]$	$M_{apl} = 53.31 \left(\frac{8.68^2}{2} \right) + (61.99 - 53.31) \left(\frac{8.68^2}{3} \right)$ $= 2225.1 \left[\frac{\text{kg} \cdot \text{cm}}{\text{cm}} \right]$

Para el cortante en el plano de cortante n , perpendicular a la dirección de aplicación del momento. Para el caso de cargas axiales más momentos pequeños, se puede utilizar el siguiente procedimiento, es decir, utilizando únicamente las cargas axiales.

LRFD	ASD
$M_{upl} = 25.17 \left(\frac{25.79^2}{10} \right) = 1546.8 \left[\frac{\text{kg} \cdot \text{cm}}{\text{cm}} \right]$	$M_{apl} = 52.27 \left(\frac{15.46^2}{2} \right) = 953.496 \left[\frac{\text{kg} \cdot \text{cm}}{\text{cm}} \right]$

El momento crítico es el mayor de M_{pl} acerca de los planos críticos m y n .

LRFD	ASD
$M_{u_{crit}} = 35271 \left[\frac{\text{kg} \cdot \text{cm}}{\text{cm}} \right]$	$M_{a_{crit}} = 21592 \left[\frac{\text{kg} \cdot \text{cm}}{\text{cm}} \right]$

Paso 8. Determinar el espesor requerido de la placa base.

LRFD	ASD'
$t_{p_{req}} = \sqrt{\frac{4(35271)}{0.9(2531)}} = 7.87[\text{cm}]$	$t_{p_{req}} = \sqrt{\frac{4(2251)(1.67)}{2531}} = 7.55[\text{cm}]$

5.1.2 EJEMPLOS DE PLACA DE SOPORTE

5.1.2.1 Ejemplo 1.- Diseño con el método LRFD

Una viga W18x71 tiene uno de sus extremos apoyados sobre un muro de hormigón reforzado con $f'c=3\text{ksi}$. Diseñar una placa de apoyo de acero A36 para la viga. Las cargas requeridas para carga muerta es de 54.42 [Ton], carga viva 10 [Ton] y la longitud máxima de apoyo perpendicular al muro es el espesor total de éste e igual a 40 [cm].

SOLUCIÓN:

Dado que la sección es estándar laminada en caliente, la Norma que se debe emplear es la Norma AISC.

- Los datos en las unidades que se emplean en el programa, son las siguientes:

Resistencia Requerida

$$D = 54420 \text{ [kg]}$$

$$L = 10000 \text{ [kg]}$$

$$f'c = 211 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$$

$$F_y = 2531 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$$

$$E = 2043000 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$$

$$\text{Longitud máxima de apoyo} = 40 \text{ [cm]}$$

- Los datos necesarios de la sección de la viga son los siguientes:

$$b_f = 19.3929 \text{ cm}$$

$$d = 46.9138 \text{ cm}$$

$$t_f = 2.0574 \text{ cm}$$

$$t_w = 1.2573 \text{ cm}$$

$$k = 3.81 \text{ cm}$$

Paso 1. Determinar el área requerida.

$$A_1 = \frac{81304}{0.85(0.65)(211)} = 697.42 \text{ [cm}^2\text{]}$$

Paso 2. Calcular la longitud mínima de apoyo perpendicular al muro requerida por deformación local del alma.

$$R_u = 1.00[2.5(3.81) + N](2531)(1.2573)$$

$$N = \frac{81304}{2531(1.2573)} - 2.5(3.81) = 16.02[\text{cm}] < 40[\text{cm}] \rightarrow \mathbf{OK}.$$

Paso 3. Calcular la longitud mínima de apoyo perpendicular al muro necesaria por el aplastamiento del alma.

Suponiendo que:

$$\frac{N}{d} > 0.2$$

$$64420 = (0.75)(0.4)(1.26^2) \left[1 + \left(4 \frac{N}{46.92} - 0.2 \right) \left(\frac{1.26}{2.06} \right)^{1.5} \right] \sqrt{\frac{(2043000)(2531)(2.06)}{1.26}}$$

$$N = \left(\frac{64420}{(0.75)(0.4)(1.2573^2) \sqrt{\frac{(2043000)(2531)(2.0574)}{1.2573}} - 1} + 0.2 \right) \left(\frac{46.9138}{4} \right)$$

$$N = 23.55[\text{cm}] < 40[\text{cm}] \rightarrow \mathbf{OK}$$

Ahora se debe verificar que la relación de N/d supuesta es verdadera:

$$\frac{N}{d} = \frac{23.55}{46.9138} = 0.5 > 0.2$$

Paso 4. Calcular la longitud y el ancho de la placa de soporte.

Escogemos el máximo ancho de la placa por deformación local y por aplastamiento del alma que es:

$$N = 24[\text{cm}]$$

$$B = \frac{697.42}{24} = 29.06[\text{cm}]$$

Entonces las dimensiones de la placa de soporte son:

$$N = 24[\text{cm}]$$

$$B = 30[\text{cm}]$$

Paso 5. Calcular el espesor de la placa de soporte.

$$n = \frac{30 - 2(3.81)}{2} = 12.94[\text{cm}]$$

$$t = \sqrt{\frac{2.22(81304)(12.94^2)}{30(24)(2531)}} = 4.07[\text{cm}]$$

N = 24 cm
B = 30 cm
t = 4.07 cm

5.1.2.2 Ejemplo 2.- Diseño con el método ASD

Una viga W18x71 tiene uno de sus extremos apoyados sobre un muro de hormigón reforzado con $f'c=3\text{ksi}$. Diseñar una placa de apoyo de acero A36 para la viga. Las cargas requeridas para carga muerta es de 54.42 [Ton], carga viva 10 [Ton] y la longitud máxima de apoyo perpendicular al muro es el espesor total de éste e igual a 40 [cm].

SOLUCIÓN:

Dado que la sección es estándar laminada en caliente, la Norma que se debe emplear es la Norma AISC.

- Los datos en las unidades que se emplean en el programa, son las siguientes:

Resistencia Requerida

$$D = 54420 \text{ [kg]}$$

$$L = 10000 \text{ [kg]}$$

$$f'c = 211 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$$

$$F_y = 2531 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$$

$$E = 2043000 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$$

$$\text{Longitud máxima de apoyo} = 40 \text{ [cm]}$$

- Los datos necesarios de la sección de la viga son los siguientes:

$$b_f = 19.3929 \text{ cm}$$

$$d = 46.9138 \text{ cm}$$

$$t_f = 2.0574 \text{ cm}$$

$$t_w = 1.2573 \text{ cm}$$

$$k = 3.81 \text{ cm}$$

Paso 1. Determinar el área requerida.

$$A_1 = \frac{24420(2.50)}{0.85(211)} = 897.96 \text{ [cm}^2\text{]}$$

Paso 2. Calcular la longitud mínima de apoyo perpendicular al muro requerida por deformación local del alma.

$$R_a = \frac{[2.5(3.81) + N](2531)(1.2573)}{1.5}$$

$$N = \frac{64420(1.5)}{2531(1.2573)} - 2.5(3.81) = 20.84 \text{ [cm]} < 40 \text{ [cm]} \rightarrow \text{OK.}$$

Paso 3. Calcular la longitud mínima de apoyo perpendicular al muro necesaria por el aplastamiento del alma.

Suponiendo que:

$$\frac{N}{d} > 0.2$$

$$31745 = \frac{(0.4)(1.2573^2)}{2} \left[1 + \left(4 \frac{N}{46.9138} - 0.2 \right) \left(\frac{1.2573}{2.0574} \right)^{1.5} \right] \sqrt{\frac{(2043000)(2531)(2.0574)}{1.2573}}$$

$$N = \left(\frac{\frac{31745}{(0.4)(1.2573^2)} \sqrt{\frac{(2043000)(2531)(2.0574)}{1.2573}} - 1}{\left(\frac{1.2573}{2.0574} \right)^{1.5}} + 0.2 \right) \left(\frac{46.9138}{4} \right)$$

$$N = 14.05[\text{cm}] < 40[\text{cm}] \rightarrow \mathbf{OK}$$

Ahora se debe verificar que la relación de N/d supuesta es verdadera:

$$\frac{N}{d} = \frac{14.05}{46.9138} = 0.299 > 0.2$$

Paso 4. Calcular la longitud y el ancho de la placa de soporte.

Se escoge el máximo valor obtenido entre la deformación local y el aplastamiento del alma que es:

$$N = 25[\text{cm}]$$

$$B = \frac{697.42}{25} = 35.96[\text{cm}]$$

Entonces las dimensiones de la placa base son:

$$N = 25[\text{cm}]$$

$$B = 36[\text{cm}]$$

Paso 5. Calcular el espesor de la placa de soporte.

$$n = \frac{36 - 2(3.81)}{2} = 15.94[\text{cm}]$$

$$t = \sqrt{\frac{2.22(64420)(15.94^2)}{30(25)(2531)}} = 3.96[\text{cm}]$$

RESPUESTA:

N = 25 cm
B = 36 cm
t = 3.96 cm

5.1.3 EJEMPLOS DE PERNOS DE ANCLAJE

5.1.3.1 Ejemplo 1.- Pernos de anclaje resistiendo combinación de tensión y corte – Norma AISC

Determinar la medida de los pernos de anclaje para las siguientes características:

Carga Axial

- Carga Muerta = 10 [Ton]
- Carga Viva = 2 [Ton]

Cortante

- Carga Muerta = 5 [Ton]
- Carga Viva = 3 [Ton]

Momento

- Carga Muerta = 5 [Ton]
- Carga Viva = 4 [Ton]

Características del Acero

$$f'c=3 \text{ [ksi]}$$

$$F_y=2540 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$$

$$F_u = 4100 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$$

Características Placa base y Cimentación

$$\text{Ancho placa de base} = 40 \text{ [cm]}$$

$$\text{Longitud placa base} = 40 \text{ [cm]}$$

$$\text{Espesor placa base} = 2 \text{ [cm]}$$

$$\text{Ancho cimentación} = 50 \text{ [cm]}$$

$$\text{Longitud cimentación} = 50 \text{ [cm]}$$

Características Columna

$$\text{Espesor alma} = 3 \text{ [cm]}$$

$$\text{Espesor patín} = 2 \text{ [cm]}$$

Características Perno de Anclaje

$$F_y=5695.92 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$$

$$F_u = 7383.6 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$$

SOLUCIÓN:

Los datos en las unidades que se emplean en el programa, son las siguientes:

- Resistencia requerida de diseño a corte = 16692.11 [kg]
- Resistencia requerida admisible a corte = 10432.57 [kg]
- Resistencia requerida de diseño a tensión = 31660.58 [kg]
- Resistencia requerida admisible a tensión = 19413.65 [kg]

$F_u = 4077.98 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$

Espesor de placa base = 0.4 [cm]

Profundidad del perno = 50.80 [cm]

Determinar las características del perno de anclaje.

a) Grado de material del perno de anclaje:

Grado 36

b) Tipo de perno de anclaje:

A325

c) Forma de perno de anclaje:

Con gancho

Gancho de 90°

d) Características del perno de anclaje con gancho:

El hormigón es con agregados livianos.

e) Tipo de superficie de la placa base o placa de soporte:

Clase A.- Superficies de acero sin pintar, limpias con escamas de fábrica o superficies con baño clase A en acero limpiado a chorro de arena y galvanizada en caliente en superficies rugosas.

f) Tipo de borde de la placa base o de la placa de soporte:

Bordes cizallados

g) Consideraciones para el cálculo de las resistencias:

- No se considera el aplastamiento de perforaciones de pernos de anclaje como estado límite.
- El perno está incluido en el plano de corte.
- El hormigón de la cimentación está agrietado.

Paso 1. Obtener la tensión del perno

Se va a escribir sólo el resultado de la tensión para concentrarnos solamente en el diseño del perno.

La tensión del perno es despreciable porque la excentricidad crítica es mayor a la excentricidad equivalente, es por tal que la tensión del perno es cero.

Paso 2. Escoger el diámetro del perno de anclaje.

Este es un proceso iterativo, es por lo tal que se empieza con el diámetro más pequeño.

Tabla 5.1 Diámetros comerciales para pernos y varillas de anclaje

No. Varilla	Diámetro Nominal [pulg]
4	1/2
5	5/8
6	3/4
7	7/8
8	1
9	1 1/8
10	1 1/4
11	1 3/8
12	1 1/2
13	1 3/4
14	2
15	2 1/2

Fuente: Norma RCSC, Tabla C-2.2, pág. 16.2-11

Se empieza el proceso con el mínimo número de anclajes (4).

Paso 3. Obtener la distancia mínima al borde.

Tabla 5.2 Distancia mínima al borde para agujero estándar en pulgadas

Distancia Mínima al Borde [a], [in], desde el Centro del Agujero Estándar [b] hasta el Borde de la Parte Conectada		
Diámetro Perno [in]	En bordes Cizallados	En bordes laminados de Planchas, Perfiles o Barras, o en bordes por
1/2	7/8	3/4
5/8	1 1/8	7/8
3/4	1 1/4	1
7/8	1 1/2[d]	1 1/8
1	1 3/4[d]	1 1/4
1 1/8	2	1 1/2
1 1/4	2 1/4	1 5/8
Sobre 1 1/4	1 3/4 x d	1 1/4 x d

[a] Se permite utilizar distancias de borde menor provisto que se satisfacen las disposiciones de la sección J3.10, de forma apropiada.
 [b] Para agujeros sobretamaño y ranurados ver tabla J3.5
 [c] Se permite que todas las distancias de borde en esta columna sean reducidas 1/8 cuando el agujero esta en un punto donde la resistencia requerida no exceda de 25% de la resistencia máxima en el elemento.
 [d] Se permite que estas sean 1 1/4 in en ambos extremos de los ángulos de conexión de vigas y en placas de cabeza de corte.

Fuente: Norma AISC, Tabla J3.4

Paso 4. Determinar la separación mínima entre perno de anclaje.

$$S = 3D = 3(1.27) = 3.81[\text{cm}]$$

Paso 5. Calcular la resistencia disponible de aplastamiento de perforaciones de pernos o varillas de anclaje.

$$L_c = 1\frac{1}{2} - \frac{1\frac{1}{8}}{2} = 0.94[\text{in}] = 2.39[\text{cm}]$$

Método LRFD

$$R_u = 0.75(1.5)(2.39)(3.18)(4077.98) \\ \leq 0.75(3)(2.86)(3.18)(4077.98)$$

$$R_u = 34867.65[\text{kg}] \leq 83448.93[\text{kg}]$$

OK.

Método ASD

$$R_a = \frac{(1.5)(2.39)(3.18)(4077.98)}{2}$$

$$\leq \frac{(3)(2.86)(3.18)(4077.98)}{2}$$

$$R_a = 23245.09[\text{kg}] \leq 55632.62[\text{kg}]$$

OK.

Paso 6. Calcular la resistencia por combinación de tracción y cortante tipo aplastamiento de pernos o varillas de anclaje.

Método LRFD

$$F'_{nt} = 1.3F_{nt} - \frac{F_{nt}}{\phi_v} F_{nv} f_v$$

Método ASD

$$F'_{nt} = 1.3F_{nt} - \frac{\Omega_v F_{nt}}{F_{nv}} f_v$$

Tabla 5.3 Pretensión de tensión nominal de conectores para norma AISC

Pretensión Tensión Nominal de Conectores y Partes Roscadas, kgf/cm ² (Mpa)		
Descripción del Conector	Tensión de Tracción Nominal F _{nt} kgf/cm ² (Mpa)	Tensión de Corte Nominal en Conexiones de Tipo Aplastamiento F _{nv} kgf/cm ² (Mpa)
Pernos A307	3160	1680
rosca está incluida en el plano de corte	6320	3360
Pernos A325, cuando la rosca no está incluida en el plano de corte	6320	4220
Pernos A490, cuando la rosca está incluida en el plano de corte	7950	4220
Pernos A490, cuando la rosca no está incluida en el plano de corte	7950	5300
Partes roscadas que cumplen los requisitos de la sección A3.4, cuando la rosca está incluida en el plano de corte	0.75F _u	0.40 F _u
Partes roscadas que cumplen los requisitos de la sección A3.4, cuando la rosca no está incluida en el plano de corte	0.75F _u	0.50 F _u

Fuente: Norma AISC, Capítulo J, Tabla J3.2

$$F_{nt} = 6320 \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right]$$

$$F_{nv} = 3360 \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right]$$

LRFD

$$f_{v_u} = \frac{10800}{4(1.27)} = 2125.98 \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right]$$

$$F'_{nt} = 1.3(6320) - \frac{6320}{0.75(3360)} 2125.98$$

$$= 2884.17 \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right]$$

$$0.75(2884.17) \leq 0.75(6320) \text{ OK}$$

ASD

$$f_{v_a} = \frac{8000}{4(1.27)} = 1574.80 \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right]$$

$$F'_{nt} = 1.3(6320) - \frac{2(6320)}{(3360)} 1574.80$$

$$= 2291.75 \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right]$$

$$0.75(2291.75) \leq 0.75(6320) \text{ OK}$$

Revisando la condición:

$$\text{lever arm} = \frac{2+1.27}{2} = 1.64[\text{cm}]$$

$$Z = \frac{(1.27)^3}{6} = 0.34[\text{cm}^3]$$

Método LRFD

$$M_l = \frac{10800(1.64)}{4} = 4428[\text{kg} \cdot \text{cm}]$$

$$f_{ta} = 0.00 \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right]$$

$$f_{tb} = \frac{4428}{0.34} = 13023.53 \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right]$$

Esfuerzo de Tensión:

$$f_t = 13023.53 + 0 = 13023.53 \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right]'$$

$$13023.53 \leq 2884.17$$

NO CUMPLE

Método ASD

$$M_l = \frac{8000(1.64)}{4} = 3280[\text{kg} \cdot \text{cm}]$$

$$f_{ta} = 0.00 \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right]$$

$$f_{tb} = \frac{3280}{0.34} = 9647.06 \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right]$$

Esfuerzo de Tensión:

$$f_t = 9647.06 + 0 = 9647.06 \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right]'$$

$$9647.06 \leq 2450.91$$

NO CUMPLE

Debido a que no se cumple la condición, se debe realizar las iteraciones necesarias hasta que se cumpla con todas las condiciones, es por tal que se prueba con el diámetro de:

$$D_r = 1.91 [\text{cm}]$$

Número de Pernos = 4

LRFD

$$f_{v_u} = \frac{10800}{4(2.85)} = 947.37 \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right]$$

$$F'_{nt} = 1.3(6320) - \frac{6320}{0.75(3360)} 947.37$$

$$= 5840.06 \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right]$$

$$0.75(5840.06) \leq 0.75(6320) \text{ OK}$$

ASD

$$f_{v_a} = \frac{8000}{4(2.85)} = 701.75 \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right]$$

$$F'_{nt} = 1.3(6320) - \frac{2(6320)}{(3360)} 701.75$$

$$= 5576.08 \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right]$$

$$0.75(5576.08) \leq 0.75(6320) \text{ OK}$$

Revisando la condición:

$$Z = \frac{(1.91)^3}{6} = 1.16 [\text{cm}^3]$$

Método LRFD

$$M_l = \frac{10800(1.64)}{4} = 4428 [\text{kg} \cdot \text{cm}]$$

$$f_{ta} = 0.00 \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right]$$

$$f_{tb} = \frac{4428}{1.16} = 3817.24 \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right]$$

Esfuerzo de Tensión:

$$f_t = 3817.24 + 0 = 3817.24 \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right]$$

$$3817.24 \leq 5840.06$$

OK.

Método ASD

$$M_l = \frac{8000(1.64)}{4} = 3280 [\text{kg} \cdot \text{cm}]$$

$$f_{ta} = 0.00 \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right]$$

$$f_{tb} = \frac{3280}{1.16} = 2827.59 \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right]$$

Esfuerzo de Tensión:

$$f_t = 2827.59 + 0 = 2827.59 \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right]$$

$$2827.59 \leq 5576.08$$

OK.

Paso 7. Calcular la resistencia de extracción del hormigón (Este paso es aplicable para las dos normas AISC y AISI)

Si

$$3.81 h_{ef} > 15.24 [\text{cm}]$$

$$3.81(15) > 15.24 [\text{cm}]$$

$$57.15 [\text{cm}] > 15.24 [\text{cm}]$$

$$A_{NC} = [12 \times 1.91 + (4 - 1) \times (3 \times 1.91)] \times (6 \times 1.91 + 1.5 \times 15) = 1362.14 [\text{cm}^2]$$

$$A_{NCO} = (6 \times 1.91 + 1.5 \times 15)^2 = 1153.28 [\text{cm}^2]$$

$$\phi N_{cbg} = 0.70 \times 1.25 \times 24 \times \sqrt{210.93} \times 15^{1.5} \times \frac{1362.14}{1153.28} = 16741.81 [\text{kg}]$$

La penetración del perno para cumplir con la resistencia de extracción es de 15 cm.

Paso 8. Calcular la pretensión mínima

Tabla 5.4 Pretensión mínima de pernos y varillas de anclajes

Pretensión Mínima de Pernos [kips]*		
Tamaño Perno [in]	Pernos A325	Pernos A490
1/2	12	15
5/8	19	24
3/4	28	35
7/8	39	49
1	51	64
1 1/8	56	80
1 1/4	71	102
1 3/8	85	121
1 1/2	103	148

* Igual a 0.70 veces la resistencia última de los pernos, redondeada al valor entero más cercano, tal como lo especifican las Especificaciones ASTM para pernos A325 y A490 con roscan UNC.

Fuente: Norma AISC, J3.1

5.1.3.2 Ejemplo 2.- Pernos de anclaje resistiendo combinación de tensión y corte – Norma AISI

Determinar la medida de los pernos de anclaje para las siguientes características:

Carga Axial

- Carga Muerta = 10 [Ton]
- Carga Viva = 2 [Ton]

Cortante

- Carga Muerta = 5 [Ton]
- Carga Viva = 3 [Ton]

Momento

- Carga Muerta = 5 [Ton]
- Carga Viva = 4 [Ton]

Características del Acero

$$f'c=3 \text{ [ksi]}$$

$$F_y=2540 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$$

$$F_u = 4100 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$$

Características Placa base y Cimentación

$$\text{Ancho placa de base} = 40 \text{ [cm]}$$

$$\text{Longitud placa base} = 40 \text{ [cm]}$$

$$\text{Espesor placa base} = 2 \text{ [cm]}$$

$$\text{Ancho cimentación} = 50 \text{ [cm]}$$

$$\text{Longitud cimentación} = 50 \text{ [cm]}$$

Características Columna

$$\text{Espesor alma} = 0.4 \text{ [cm]}$$

$$\text{Espesor patín} = 0.4 \text{ [cm]}$$

Características Perno de Anclaje

$$F_y=5695.92 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$$

$$F_u = 7383.6 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$$

SOLUCIÓN:

Paso 1. Determinar las características del perno de anclaje.

a) Grado de material del perno de anclaje:

Grado 36

b) Tipo de perno de anclaje:

A325

c) Forma de perno de anclaje:

Con gancho

Gancho de 90°

d) Características del perno de anclaje con gancho:

La armadura tiene revestimiento epóxico.

El hormigón es con agregados livianos.

e) Tipo de superficie de la placa base o placa de soporte:

Clase A.- Superficies de acero sin pintar, limpias con escamas de fábrica o superficies con baño clase A en acero limpiado a chorro de arena y galvanizada en caliente en superficies rugosas.

f) Tipo de borde de la placa base o de la placa de soporte:

Bordes laminados.

g) Consideraciones para el cálculo de las resistencias:

- El deslizamiento crítico no se considera como un estado límite.
- No se considera el aplastamiento de perforaciones de pernos de anclaje como estado límite.
- No se considera deformación del perno en el diseño.
- El perno está incluido en el plano de corte.
- El hormigón de la cimentación está agrietado.

Paso 2. Escoger el diámetro del perno de anclaje.

Tabla 5.5 Diámetros comerciales para pernos y varillas de anclaje

No. Varilla	Diámetro Nominal [pulg]
4	1/2
5	5/8
6	3/4
7	7/8
8	1
9	1 1/8
10	1 1/4
11	1 3/8
12	1 1/2
13	1 3/4
14	2
15	2 1/2

Fuente: Norma RCSC, Tabla C-2.2, pág. 16.2-11

El diseño de pernos, es un proceso de iteración, para lo cual se trata con un diámetro cualquiera, de preferencia el mínimo. Y se empieza el proceso con el mínimo número de anclajes (4). Para agilizar el proceso se prueba con los siguientes diámetros:

Método LRFD

$$D_r = 2.54 [\text{cm}]$$

Método ASD

$$D_r = 3.18 [\text{cm}]$$

Paso 3. Obtener la distancia mínima al borde.

Método LRFD

$$\text{Distancia mínima al borde} = 1.5(2.54)$$

$$\text{Distancia mínima al borde} = 3.81 [\text{cm}]$$

Método ASD

$$\text{Distancia mínima al borde} = 1.5(3.81)$$

$$\text{Distancia mínima al borde} = 5.72 [\text{cm}]$$

Paso 4. Calcular la resistencia por combinación de tracción y cortante tipo aplastamiento de pernos o varillas de anclaje.

Método LRFD

$$F'_{nt} = 1.3F_{nt} - \frac{F_{nt}}{\phi_v F_{nv}} f_v$$

Método ASD

$$F'_{nt} = 1.3F_{nt} - \frac{\Omega_v F_{nt}}{F_{nv}} f_v$$

$$F_{nt} = 6327.60 \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right]$$

$$F_{nv} = 3796.56 \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right]$$

LRFD

$$f_{v_u} = \frac{10800}{4(5.07)} = 532.54 \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right]$$

$$F'_{nt} = 1.3(6327.60) - \frac{6320}{0.75(3796.56)} 532.54$$

$$= 7043.88 \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right]$$

ASD

$$f_{v_a} = \frac{8000}{4(7.92)} = 252.53 \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right]$$

$$F'_{nt} = 1.3(6327.60) - \frac{2(6327.60)}{(3796.56)} 252.53$$

$$= 7384.11 \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right]$$

Revisando la condición:

$$\text{lever arm} = \frac{2 + 1.27}{2} = 1.64 [\text{cm}]'$$

Método LRFD

$$Z = \frac{(2.54)^3}{6} = 2.73 [\text{cm}^3]$$

$$M_l = \frac{10800(1.64)}{4} = 4428 [\text{kg} \cdot \text{cm}]$$

$$f_{ta} = 0.00 \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right]$$

$$f_{tb} = \frac{4428}{2.73} = 1621.98 \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right]$$

Esfuerzo de Tensión:

$$f_t = 1621.98 + 0 = 1621.98 \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right]'$$

$$1621.98 \leq 7043.88$$

OK.

Método ASD

$$Z = \frac{(3.81)^3}{6} = 9.22 [\text{cm}^3]$$

$$M_l = \frac{8000(1.64)}{4} = 3280 [\text{kg} \cdot \text{cm}]$$

$$f_{ta} = 0.00 \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right]$$

$$f_{tb} = \frac{3280}{9.22} = 355.75 \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right]$$

Esfuerzo de Tensión:

$$f_t = 355.75 + 0 = 355.75 \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right]'$$

$$355.75 \leq 7384.11$$

OK.

Paso 7. Calcular la resistencia de extracción del hormigón.

$$\text{Si } 3.81 h_{ef} > 15.24 \text{ [cm]}$$

$$3.81(20) > 15.24 \text{ [cm]}$$

$$76.20 \text{ [cm]} > 15.24 \text{ [cm]}$$

Método LRFD

$$A_{NC} = [12 \times 2.54 + (4 - 1) \times (3 \times 2.54)] \times (6 \times 2.54 + 1.5 \times 15) = 2013.1 \text{ [cm}^2\text{]}$$

$$A_{NCO} = (6 \times 2.54 + 1.5 \times 15)^2 = 1424.3 \text{ [cm}^2\text{]}$$

$$\phi N_{cbg} = 0.70 \times 1.00 \times 24 \times \sqrt{210.93} \times 15^{1.5} \times \frac{2013.1}{1424.3} = 20037 \text{ [kg]}$$

Método ASD

$$A_{NC} = [12 \times 3.81 + (4 - 1) \times (3 \times 3.81)] \times (6 \times 3.81 + 1.5 \times 15) = 2776.7 \text{ [cm}^2\text{]}$$

$$A_{NCO} = (6 \times 3.81 + 1.5 \times 15)^2 = 1728.90 \text{ [cm}^2\text{]}$$

$$\phi N_{cbg} = 0.70 \times 1.00 \times 24 \times \sqrt{210.93} \times 15^{1.5} \times \frac{2776.7}{1728.9} = 22769 \text{ [kg]}$$

Paso 8. Calcular la pretensión mínima**Tabla 5.6 Pretensión mínima de pernos de anclaje y varillas de anclaje**

Pretensión Mínima de Pernos [kips]*		
Tamaño Perno [in]	Pernos A325	Pernos A490
1/2	12	15
5/8	19	24
3/4	28	35
7/8	39	49
1	51	64
1 1/8	56	80
1 1/4	71	102
1 3/8	85	121
1 1/2	103	148

* Igual a 0.70 veces la resistencia última de los pernos, redondeada al valor entero más cercano, tal como lo especifican las Especificaciones ASTM para pernos A325 y A490 con roscas UNC.

Fuente: Norma AISC, Tabla J3.1

Para asegurar el perno se debe tomar mínimo la pretensión de 51[kips] y 103[kips] respectivamente.

5.1.4 EJEMPLOS DE SOLDADURA

5.1.4.1 Ejemplo 1.- Soldadura – Norma AISC

Determinar las características de la soldadura que se va a emplear en una conexión con una placa base.

Corte

- Carga Muerta = 10000 [kg]
- Carga Viva = 9000 [kg]
- Sismo X = 2000 [kg]
- Sismo Y = 2000 [kg]

$F_y = 2540 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$

$F_u = 4100 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$

Espesor de placa base = 4.00 [cm]

SOLUCIÓN:

Paso 1. Elegir el número de electrodo que se va a emplear.

Tabla 5.7 Número de Electrodo

Número de Electrodo AWS
E60xx
E70xx
E80xx
E90xx
E100xx
E120xx

Elaborado por: Evelyn Cabrera – Betzabeth Suquillo

Se va a utilizar electrodo E60xx

Paso 2. Calcular el tamaño mínimo de la soldadura de filete.

Tamaño Mínimo de Soldadura de Filete	
Espesor de la parte unida más delgada [mm]	Tamaño mínimo de soldadura de filete[a] [mm]
Hasta 6 inclusive	3
Entre 6 y 13	5
Entre 13 y 19	6
Mayor que 19	8

[a] Dimensión del pie de la soldadura de filete. Se deben utilizar soldaduras de paso simple.

Paso 3. Calcular la resistencia disponible por longitud para el metal base.

Método LRFD

$$R_u = 0.9 \times 0.6 \times 2540 \times 4 = 5486.4[\text{kg}]$$

Método ASD'

$$R_u = \frac{0.6 \times 2540 \times 4}{1.67} = 3650[\text{kg}]$$

Paso 4. Calcular la resistencia disponible por longitud para el metal de aportación.

Número de Electrodo AWS	F _{xx} (ksi)	F _{xx} (kg/cm ²)
E60xx	60	4218.6
E70xx	70	4921.7
E80xx	80	5624.8
E90xx	90	6327.9
E100xx	100	7031
E120xx	120	8437.2

$$F_w = 0.6(4218.6) = 2531.16 \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right]$$

Método LRFD

$$R_u = 0.75(0.707)(0.8)(2540) = 715.81[\text{kg}]$$

Método ASD

$$R_u = \frac{(0.707)(0.8)(2540)}{2} = 715.81[\text{kg}]$$

Paso 5. Calcular la longitud total requerida de la soldadura.

Método LRFD

$$L = 74.67[\text{cm}]$$

Método ASD'

$$L = 74.67[\text{cm}]$$

Esta longitud es calculada a partir de la tercera parte del contorno del perfil.

Paso 6. Obtener la resistencia disponible predominante a corte.

Método LRFD

$$R_u = \min[5486.4, 8017] = 8017[\text{kg}]$$

Método ASD

$$R_a = \min[3650, 5345] = 5345[\text{kg}]$$

5.1.5 EJEMPLO DE FLEXIÓN BIAxIAL

5.1.5.1 Ejemplo 1.- Flexión Biaxial- Norma AISC

Determinar las dimensiones del anclaje de una columna metálica de sección W12x9, considere que la relación entre el área de la placa base y la cimentación es la unidad.

$$f'_c = 4 [\text{ksi}]$$

$$F_y = 36 [\text{ksi}]$$

$$F_u = 58 [\text{ksi}]$$

$$b_f = 30.988 [\text{cm}]$$

$$d = 32.258 [\text{cm}]$$

SOLUCIÓN:

Dado que la sección es estándar laminada en caliente, la Norma que se debe emplear es la Norma AISC.

PLACA BASE

Debido a que $A_1=A_2$, entonces se trata del Caso I.

- Los datos en las unidades que se emplean en el programa, son las siguientes:

$$P_u = 170516 \text{ [kg]}$$

$$P_a = 117910 \text{ [kg]}$$

$$M_u = 1082776.6 \text{ [kg-cm]}$$

$$M_a = 748728.5 \text{ [kg-cm]}$$

Paso 1. Calcular las dimensiones tentativas de la placa base.

$$N > 32.258 + 2(7.62) = 47.498[\text{cm}]$$

$$B > 30.988 + 2(7.62) = 46.228[\text{cm}]$$

Por lo tanto se va a empezar el proceso iterativo con:

$$N=48 \text{ [cm]}$$

$$B=47[\text{cm}].$$

Paso 2. Determinar las excentricidades e y e_{crit} **LRFD**

$$e = \frac{7800000}{170540} = 45.74[\text{cm}]$$

$$f_{p(\text{máx})} = (0.65)(0.85)(211)(\sqrt{1}) \\ = 116.58[\text{cm}^2]$$

$$q_{\text{máx}} = 116.58(46) = 5480[\text{kg/cm}]$$

$$e_{\text{crit}} = \frac{48}{2} - \frac{170540}{2(5480)} = 8.44[\text{cm}]$$

$$e < e_{\text{crit}}$$

ASD

$$e = \frac{5500000}{117930} = 46.64[\text{cm}]$$

$$f_{p(\text{máx})} = \frac{(0.85)(211)(\sqrt{1})}{2.50} \\ = 71.74[\text{cm}^2]$$

$$q_{\text{máx}} = 71.74(46) = 3372[\text{kg/cm}]$$

$$e_{\text{crit}} = \frac{48}{2} - \frac{117930}{2(3372)} = 6.51[\text{cm}]$$

$$e < e_{\text{crit}}$$

Paso 3. Determinar la longitud de cortante, Y.

$$Y = 48 - 2(6.35) = 35.6[\text{cm}]$$

Para verificar la presión por cortante:

LRFD		ASD
$q = \frac{170516}{35.3} = 4830.48 \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}} \right]$		$q = \frac{117910}{35.3} = 3340.23 \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}} \right]$
$4830.48 \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}} \right] < 7303.33 \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}} \right]$		$3340.23 \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}} \right] < 4494.14 \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}} \right]$
OK.		OK.

Paso 4. Determinar el mínimo espesor de la placa base.

En la cara del cortante:

$$m = \frac{48 - 0.95(32.258)}{2} = 8.68[\text{cm}]$$

LRFD		ASD
$fp = \frac{170516}{47(35.3)} = 102.78 \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right]$		$fp = \frac{117910}{47(35.3)} = 71.07 \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right]$

Como:

$$Y \geq m$$

El espesor de la placa base se calcula de la siguiente manera:

<p>LRFD</p> $t_{p(\text{req})} = 1.49(8.68) \sqrt{\frac{102.78}{2531}} = 2.61[\text{cm}]$		<p>ASD</p> $t_{p(\text{req})} = 1.83(8.68) \sqrt{\frac{71.07}{2531}} = 2.66[\text{cm}]$
--	--	--

Se debe chequear el espesor calculado para el valor de n .

$$n = \frac{47 - 0.80(30.988)}{2} = 11.10[\text{cm}]$$

<p>LRFD</p> $t_{p(\text{req})} = 1.49(11.10) \sqrt{\frac{102.78}{2531}} = 3.33[\text{cm}]$		<p>ASD</p> $t_{p(\text{req})} = 1.83(11.10) \sqrt{\frac{71.70}{2531}} = 3.40[\text{cm}]$
---	--	---

RESPUESTA:

N = 48cm
B = 47cm
$t_{\text{min}} = 3.4\text{cm}$

PERNOS DE ANCLAJE

Debido a que el diseño de placa base fue con momentos pequeños, los pernos de anclaje no están sometidos a tensión, es por tal que para el diseño se va a utilizar la mínima cantidad de número de pernos, que son 4 con las siguientes características:

Paso 1. Determinar las características del perno de anclaje.

h) Grado de material del perno de anclaje:

Grado 36

i) Tipo de perno de anclaje:

A325

j) Forma de perno de anclaje:

Con gancho

Gancho de 90°

k) Características del perno de anclaje con gancho:

La armadura tiene revestimiento epóxico.

El hormigón es con agregados livianos.

l) Tipo de superficie de la placa base o placa de soporte:

Clase A.- Superficies de acero sin pintar, limpias con escamas de fábrica o superficies con baño clase A en acero limpiado a chorro de arena y galvanizada en caliente en superficies rugosas.

m) Tipo de borde de la placa base o de la placa de soporte:

Bordes laminados.

n) Consideraciones para el cálculo de las resistencias:

- El deslizamiento crítico no se considera como un estado límite.
- No se considera el aplastamiento de perforaciones de pernos de anclaje como estado limite.
- El perno está incluido en el plano de corte.
- El hormigón de la cimentación está agrietado.

Paso 2. Escoger el diámetro del perno de anclaje.

Tabla 5.8 Diámetros comerciales para pernos y varillas de anclaje

No. Varilla	Diámetro Nominal [in]
4	1/2
5	5/8
6	3/4
7	7/8
8	1
9	1 1/8
10	1 1/4
11	1 3/8
12	1 1/2
13	1 3/4
14	2
15	2 1/2

Fuente: Norma RCSC, Tabla C-2.2, pág. 16.2-11

El diseño de pernos, es un proceso de iteración, para lo cual se trata con un diámetro cualquiera, de preferencia el mínimo. Y se empieza el proceso con el mínimo número de anclajes (4).

Paso 3. Obtener la distancia mínima al borde.

Tabla 5.9 Distancia mínima al borde para agujeros estándar

Distancia Mínima al Borde [a], [in], desde el Centro del Agujero Estándar [b] hasta el Borde de la Parte Conectada		
Diámetro Perno [in]	En bordes Cizallados	En bordes laminados de Planchas, Perfiles o Barras, o en bordes por
1/2	7/8	3/4
5/8	1 1/8	7/8
3/4	1 1/4	1
7/8	1 1/2[d]	1 1/8
1	1 3/4[d]	1 1/4
1 1/8	2	1 1/2
1 1/4	2 1/4	1 5/8
Sobre 1 1/4	1 3/4 x d	1 1/4 x d

Fuente: Norma AISC, Tabla J3.4

Paso 4. Determinar la separación mínima entre perno de anclaje.

$$S = 3D = 3(1.27) = 3.81[\text{cm}]$$

Paso 5. Calcular la resistencia disponible de aplastamiento de perforaciones de pernos o varillas de anclaje.

$$L_c = 1\frac{1}{2} - \frac{1\frac{1}{8}}{2} = 0.94[\text{in}] = 2.39[\text{cm}]$$

Método LRFD

$$R_u = 0.75(1.27)(1.2)(3.81)(4077.98)$$

$$\leq 0.75(2.4)(1.27)(3.81)(4077.98)$$

$$R_u = 17758.91[\text{kg}] \leq 35517.82[\text{kg}]$$

OK.

Método ASD

$$R_a = \frac{(1.5)(1.27)(3.81)(4077.98)}{2}$$

$$\leq \frac{(3)(1.27)(3.81)(4077.98)}{2}$$

$$R_a = 14799.09[\text{kg}] \leq 29598.18[\text{kg}]$$

OK.

Paso 6. Calcular la resistencia de extracción del hormigón (Este paso es aplicable para las dos normas AISC y AISI)

Si $3.81 h_{ef} > 15.24$ [cm]
 $3.81(21) > 15.24$ [cm]
 80.01 [cm] > 15.24 [cm]

$$A_{NC} = [12 \times 1.27 + (4 - 1) \times (3 \times 1.27)] \times (6 \times 1.27 + 1.5 \times 21) = 1043.33 [\text{cm}^2]$$

$$A_{NCO} = (6 \times 1.27 + 1.5 \times 21)^2 = 1530.37 [\text{cm}^2]$$

$$\phi N_{cbg} = 0.70 \times 1.25 \times 16 \times \sqrt{211} \times 21^{1.5} \times \frac{1043.33}{1530.37} = 23424.39 [\text{kg}]$$

Paso 7. Calcular la pretensión mínima

Tabla 5.10 Pretensión mínima de pernos y varillas de anclaje

Pretensión Mínima de Pernos [kips]*		
Tamaño Perno [in]	Pernos A325	Pernos A490
1/2	12	15
5/8	19	24
3/4	28	35
7/8	39	49
1	51	64
1 1/8	56	80
1 1/4	71	102
1 3/8	85	121
1 1/2	103	148

* Igual a 0.70 veces la resistencia última de los pernos, redondeada al valor entero más cercano, tal como lo especifican las Especificaciones ASTM para pernos A325 y A490 con roscas UNC.

Fuente: Norma AISC, J3.1

Paso 8. Obtener el tamaño recomendado para los agujeros de los pernos de anclaje.

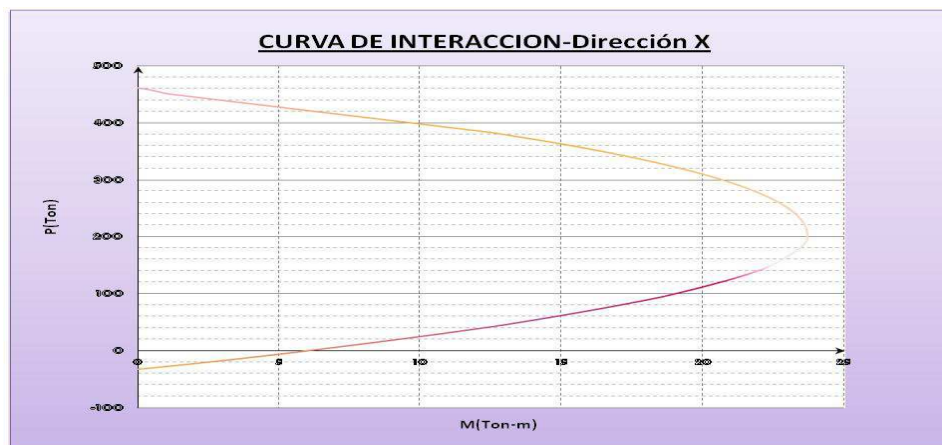
Tabla 5.11 Tamaño para los agujeros de los pernos y varillas de anclaje

Diámetro del Perno	Agujero Estándar
1/2	9/16
5/8	11/16
3/4	13/16
7/8	15/16
1	1 1/16
$\geq 1 1/8$	$d + 1/16$

Fuente: Norma AISC, J3.3, Capítulo J3

Paso 2. Graficar los puntos obtenidos en la dirección X.

RESULTADOS:					
c(cm)	Pn(t)	Mn(tm)	ϕ	$\phi Pn(t)$	$\phi Mn(tm)$
0,000	-21,282	0,000	0,900	-19,154	0
5,411	39,112	12,886	0,776	30,357	10,002
10,823	78,820	19,493	0,750	59,115	14,620
16,234	118,230	24,223	0,750	88,673	18,167
21,646	157,641	27,139	0,750	118,230	20,355
27,057	197,051	28,243	0,750	147,788	21,183
32,468	240,895	26,577	0,750	180,671	19,933
37,880	283,472	23,372	0,750	212,604	17,529
43,291	325,257	18,525	0,750	243,943	13,894
48,703	414,519	2,043	0,750	270,286	1,532
54,114	415,997	1,723	0,750	270,286	1,293
59,525	417,206	1,462	0,750	270,286	1,097
64,937	418,214	1,245	0,750	270,286	0,934
70,348	419,067	1,061	0,750	270,286	0,795
75,760	419,797	0,903	0,750	270,286	0,677
81,171	420,431	0,766	0,750	270,286	0,574
86,582	420,985	0,646	0,750	270,286	0,485
91,994	421,474	0,541	0,750	270,286	0,406
97,405	421,909	0,447	0,750	270,286	0,335
102,817	422,298	0,363	0,750	270,286	0,272
108,228	422,648	0,287	0,750	270,286	0,215
113,639	422,964	0,219	0,750	270,286	0,164
119,051	423,252	0,157	0,750	270,286	0,118
124,462	423,515	0,100	0,750	270,286	0,075
129,874	423,756	0,048	0,750	270,286	0,036
135,285	423,978	0,000	0,750	270,286	0,000



Paso 3. Graficar los puntos obtenidos en la dirección Y

Debido a la excentricidad es de magnitud pequeña, es decir la excentricidad crítica es menor a la excentricidad equivalente, la placa base tiene las dimensiones de 47cm y 48 cm en largo y ancho respectivamente por lo que se la considera una placa cuadrada, por lo tanto el diagrama de interacción en la dirección X y Y son iguales.

5.2 EJEMPLOS DE DISEÑO MEDIANTE EL USO DEL SOFTWARE

5.2.1 EJEMPLOS DE PLACA BASE

5.2.1.1 Ejemplo 1.- Diseño considerando distribución uniforme de esfuerzos y carga axial únicamente (Sin considerar el confinamiento del hormigón)

Una columna de sección W12X96 se encuentra sobre una cimentación de hormigón. El esfuerzo mínimo de compresión del hormigón es $f'_c=3\text{ksi}$, el esfuerzo de fluencia del acero de la placa base es $F_y=36\text{ksi}$. Determinar las dimensiones de la placa base y el espesor requerido, asumiendo que el área de la placa base es igual al área de la cimentación. Resolver con los métodos LRFD y ASD.

DATOS

La pantalla de datos del programa para el diseño de placa base es la siguiente:

Figura 5.1 Ventana de Datos – Placa Base

Resistencia Requerida [Ton]

	Axial	Corte	Momento
D =	50	0	0
L =	5	0	0
Ex =	3	0	0
Ey =	3	0	0

Características de la Columna

Tipo de Sección: I
 Forma de Sección: LAMINADA
 d/h [cm] = 32.258
 ktf [cm] = 3
 bf [cm] = 30.988
 tw [cm] = 2

Características del Acero

Tipo de Acero: A36
 Fy [kg/cm2] = 2531.16
 Fu [kg/cm2] = 4100
 E [kg/cm2] = 2043000

Características del Hormigón

f'c [kg/cm2] = 211

Relación entre cimentación y placa base = 1
 Distribución de Esfuerzos: UNIFORME

Botones: Retroceder, Continuar, Salir

Elaborado por: Evelyn Cabrera – Betzabeth Suquillo

RESULTADOS

La pantalla de resultados luego de realizar el proceso de cálculo es la siguiente:

Figura 5.2 Ventana de Resultados – Placa Base

RESULTADOS PLACA BASE

Resistencia Requerida [Ton]

Método LRFD	Método ASD
Pu = 70	Pa = 55.325
Vu = 0	Va = 0
Mu = 0	Ma = 0

Resistencia Disponible [Ton]

Método LRFD	Método ASD	
Pu = 1.91	Pa = 2.28	Con Atiesadores
Pu = 14.58	Pa = 17.29	Sin Atiesadores

Dimensiones de la Placa Base

	Método LRFD	Método ASD
N [cm]	48	48
B [cm]	47	47
	1.83	2
	5.06	5.51

Dimensiones de la Cimentación

	Método LRFD	Método ASD
N2 [cm]	48	48
B2 [cm]	47	47

Buttons: Retroceder, Salir

Elaborado por: Evelyn Cabrera – Betzabeth Suquillo

5.2.1.2 Ejemplo 2.- Diseño de placa base considerando distribución uniforme de esfuerzos y momento pequeño

Diseñe una placa base para las siguientes cargas. La columna es de sección W12X96. Considere que la relación entre el área de la placa base y la cimentación es la unidad. El esfuerzo mínimo de compresión del hormigón es f'_c 3ksi, el esfuerzo de fluencia del acero de la placa base es $F_y=36$ ksi.

DATOS:

La pantalla en la que se ingresan los datos para resolver este ejercicio es la siguiente:

Figura 5.3 Ventana de Datos – Placa Base

Diseño de Anclajes de Vigas y Columnas Metálicas

Diseño Placa Base

Resistencia Requerida [Ton]

	Axial	Corte	Momento
D =	45.36	0	25
L =	72.57	0	30
Ex =	0	0	
Ey =	0	0	

Características de la Columna

Tipo de Sección: I
 Forma de Sección: ARMADA
 d/h [cm] = 32.258
 k/tf [cm] = 3
 bf [cm] = 30.988
 tw [cm] = 2

Características del Acero

Tipo de Acero: A36
 Fy [kg/cm2] = 2531.16
 Fu [kg/cm2] = 4100
 E [kg/cm2] = 2043000

Características del Hormigón

f'c [kg/cm2] = 211

Relación entre cimentación y placa base = 1
 Distribución de Esfuerzos: UNIFORME

Retroceder Continuar Salir

Elaborado por: Evelyn Cabrera – Betzabeth Suquillo

RESULTADOS

Los resultados para este ejemplo se presentan en la siguiente tabla:

Figura 5.4 Ventana de Resultados – Placa Base

RESULTADOS PLACA BASE

Resistencia Requerida [Ton]

Método LRFD	Método ASD
Pu = 170.544	Pa = 117.93
Vu = 0	Va = 0
Mu = 78	Ma = 55

Resistencia Disponible [Ton]

Método LRFD	Método ASD	
Pu = 34.47	Pa = 54.92	Con Atiesadores
Pu = 76.63	Pa = 122.4	Sin Atiesadores

Dimensiones de la Placa Base

	Método LRFD	Método ASD
N [cm] =	88	98
B [cm] =	87	97
t [cm] =	7.78	9.82
	11.6	14.66

Dimensiones de la Cimentación

	Método LRFD	Método ASD
N2 [cm] =	88	98
B2 [cm] =	87	97

Retroceder Salir

Elaborado por: Evelyn Cabrera – Betzabeth Suquillo

5.2.1.3 Ejemplo 3.- Diseño de placa base considerando distribución triangular de esfuerzos

Diseñe una placa base para las siguientes cargas. La columna es de sección W12X96. Considere que la relación entre el área de la placa base y la cimentación es la unidad. El esfuerzo mínimo de compresión del hormigón es $f'_c=3\text{ksi}$, el esfuerzo de fluencia del acero de la placa base es $F_y=36\text{ksi}$.

DATOS:

La pantalla en la que se ingresan los valores para resolver este ejercicio es la siguiente:

Figura 5.5 Ventana de Datos – Placa Base

Diseño de Anclajes de Vigas y Columnas Metálicas

Diseño Placa Base

Resistencia Requerida [Ton]

	Axial	Corte	Momento
D =	45.36	0	25
L =	72.57	0	30
Ex =	0	0	0
Ey =	0	0	0

Características de la Columna

Tipo de Sección: I
 Forma de Sección: LAMINADA
 d/h [cm] = 32.258
 k/lf [cm] = 3
 bf [cm] = 30.988
 tw [cm] = 2

Características del Acero

Tipo de Acero: A36
 Fy [kg/cm2] = 2531.16
 Fu [kg/cm2] = 4100
 E [kg/cm2] = 2043000

Características del Hormigón

f'c [kg/cm2] = 211

Características de la Cimentación

Relación entre cimentación y placa base = 1
 Distribución de Esfuerzos: TRIANGULAR

Retroceder Continuar Salir

Elaborado por: Evelyn Cabrera – Betzabeth Suquillo

RESULTADOS:

En la siguiente pantalla se muestran los resultados para este ejercicio:

Figura 5.6 Ventana de Resultados – Placa Base

RESULTADOS PLACA BASE

Resistencia Requerida [Ton]

Método LRFD	Método ASD
Pu = 170.544	Pa = 117.93
Vu = 0	Va = 0
Mu = 78	Ma = 55

Resistencia Disponible [Ton]

Método LRFD	Método ASD	
Pu = 3.97	Pa = 3.34	Con Atiesadores
35.27	32.46	Sin Atiesadores

Dimensiones de la Placa Base

	Método LRFD	Método ASD
N [cm] =	88	93
B [cm] =	77	82
Con Atiesadores		
l [cm] =	2.64	2.42
Sin Atiesadores		
l [cm] =	7.87	7.55

Dimensiones de la Cimentación

	Método LRFD	Método ASD
N2 [cm] =	88	93
B2 [cm] =	77	82

Buttons: Retroceder, Salir

Elaborado por: Evelyn Cabrera – Betzabeth Suquillo

5.2.2 EJEMPLOS DE PLACA DE SOPORTE

5.2.2.1 Ejemplo 1 y Ejemplo 2.- Diseño de placa de soporte

Una viga W18x71 tiene uno de sus extremos apoyados sobre un muro de hormigón reforzado con $f'c=3\text{ksi}$. Diseñar una placa de apoyo de acero A36 para la viga. Las cargas requeridas para carga muerta es de 54.42 [Ton], carga viva 10 [Ton] y la longitud máxima de apoyo perpendicular al muro es el espesor total de éste e igual a 8pulg.

DATOS:

En la siguiente pantalla se muestran los datos que se requieren para resolver este ejercicio:

Figura 5.7 Ventana de Datos – Placa de Soporte

Elaborado por: Evelyn Cabrera – Betzabeth Suquillo

RESULTADOS:

En la siguiente pantalla se muestran los resultados del presente ejercicio:

Figura 5.8 Ventana de Resultados – Placa de Soporte

Resistencia Requerida [Ton]		Resistencia Disponible [Ton]	
Método LRFD	Método ASD	Método LRFD	Método ASD
Pu = 81.304	Pa = 64.42	Pu = 82.1006	Pa = 71.1228

Dimensiones de la Placa de Soporte	
Método LRFD	Método ASD
N [cm] = 24	25
B [cm] = 30	36
t [cm] = 4.07	3.99

Dimensiones del Apoyo de la Viga	
Método LRFD	Método ASD
N [cm] = 40	40
B [cm] = 40	40

Elaborado por: Evelyn Cabrera – Betzabeth Suquillo

Nota: La ventaja de realizar con éste programa es que nos da los resultados con los dos métodos LRFD y ASD. De esta manera el usuario puede escoger el diseño.

5.2.3 EJEMPLOS DE PERNOS DE ANCLAJE

5.2.3.1 Ejemplo 1.- Diseño de pernos de anclaje

Determinar la medida de los pernos de anclaje para una columna W10x45.

DATOS:

En la siguiente pantalla se muestran los datos que se requieren para resolver este ejercicio:

Figura 5.9 Ventana de Datos – Pernos/Varillas de Anclaje

Resistencia Requerida [Ton]

	Axial	Corte	Momento
D =	10	5	5
L =	2	3	4
Ex =	0	0	0
Ey =	0	0	0

Características del Hormigón

Hormigón Agrietado
 Hormigón de Agregados Livianos

f'c [kg/cm2] = 211

Características de la Cimentación

N [cm] = 50
B [cm] = 50

Distribución de Esfuerzos: Uniforme

Características Placa Base/Placa Soporte

Columna Viga

Características del Acero

Tipo de Acero: ASTM A36
Fy [kg/cm2] = 2540
Fu [kg/cm2] = 4100

Dimensiones Placa Base/Soporte

N [cm] = 40
B [cm] = 40
t [cm] = 2

Tipo de Superficie: Clase A
Tipo de Borde: Cizallados

Características Perno/Varilla de Anclaje

Perno de Anclaje Varilla de Anclaje

Grado del Perno: Grado 36
Tipo de Perno: A325
Tipo de Anclaje: Con gancho
 Gancho de 90°
 Gancho de 180°

Fy [kg/cm2] = 5695.92
Fu [kg/cm2] = 7383.6

Considerar el Deslizamiento como un Estado Límite
 Incluir Perno/Varilla en el Plano de Corte
 Considerar Deformación de la Perforación
 Armadura con Revestimiento Epóxico

Características / Dimensiones Columna

tw [cm] = 3 tf [cm] = 2

Retroceder Continuar Salir

Elaborado por: Evelyn Cabrera – Betzabeth Suquillo

RESULTADOS:

En la siguiente pantalla se muestran los resultados del presente ejercicio:

Figura 5.10 Ventana de Resultados – Pernos/Varillas de Anclaje

RESULTADOS PERNOS/VARILLAS DE ANCLAJE

Resistencia Requerida [Ton]		Resistencia Disponible [Ton]	
Método LRFD	Método ASD	Método LRFD	Método ASD
Pu = 15.2	Pa = 12	Vu = 52.83	Va = 52.83
Vu = 10.8	Va = 8		
Mu = 12.4	Ma = 9		

Características de Pernos/Varillas de Anclaje

	Método LRFD	Método ASD
Diámetro [pulg] =	1.91	1.91
Número de Pernos/Varillas [-] =	4	4
Distancia Mínima al Borde [cm] =	3.18	3.18
Separación Mínima entre Pernos/Varillas [cm] =	3.81	3.81
Penetración del Perno/Varilla [cm] =	15	15
Pretensión Mínima del Perno/Varilla [Ton] =	12.7	12.7
Juntas Apertadas		
Dimensión del Agujero [cm] =	2.06	2.06
Juntas Soldadas		
Dimensión del Agujero parte superior [cm] =	3.21	3.21
Dimensión del Agujero parte inferior [cm] =	2.06	2.06

Buttons: Retroceder, Salir, Ver Figura (x2)

Elaborado por: Evelyn Cabrera – Betzabeth Suquillo

5.2.3.2 Ejemplo 2.- Pernos de anclaje resistiendo combinación de tensión y corte – Norma AISI

Determinar la medida de los pernos de anclaje para las siguientes características:

Carga Axial

- Carga Muerta = 10 [Ton]
- Carga Viva = 2 [Ton]

Cortante

- Carga Muerta = 5 [Ton]
- Carga Viva = 3 [Ton]

Momento

- Carga Muerta = 5 [Ton]
- Carga Viva = 4 [Ton]

Características del Acero

$$f'c=3 \text{ [ksi]}$$

$$F_y=2540 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$$

$$F_u = 4100 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$$

Características Placa base y Cimentación

$$\text{Ancho placa de base} = 40 \text{ [cm]}$$

$$\text{Longitud placa base} = 40 \text{ [cm]}$$

$$\text{Espesor placa base} = 4 \text{ [cm]}$$

$$\text{Ancho cimentación} = 50 \text{ [cm]}$$

$$\text{Longitud cimentación} = 50 \text{ [cm]}$$

Características Columna

$$\text{Espesor alma} = 0.2 \text{ [cm]}$$

$$\text{Espesor patín} = 0.3 \text{ [cm]}$$

Características Perno de Anclaje

$$F_y=5695.92 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$$

$$F_u = 7383.6 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$$

DATOS:

En la siguiente pantalla se muestran los datos que se requieren para resolver este ejercicio:

Figura 5.11 Ventana de Datos – Pernos/Varillas de Anclaje

Diseño Pernos/Varillas de Anclaje

Resistencia Requerida [Ton]

	Axial	Corte	Momento
D =	10	5	5
L =	2	3	4
Ex =	0	0	0
Ey =	0	0	0

Características del Hormigón

Hormigón Agrietado
 Hormigón de Agregados Livianos

$f'c$ [kg/cm²] = 211

Características de la Cimentación

N [cm] = 50
 B [cm] = 50

Distribución de Esfuerzos: Uniforme

Características Placa Base/Placa Soporte

Columna Viga

Características del Acero

Tipo de Acero: ASTM A36

F_y [kg/cm²] = 2400
 F_u [kg/cm²] = 4200

Dimensiones Placa Base/Soporte

N [cm] = 40
 B [cm] = 40
 t [cm] = 4

Tipo de Superficie: Clase A
 Tipo de Borde: Cizallados

Características Perno/Varilla de Anclaje

Perno de Anclaje Varilla de Anclaje

Grado del Perno: Grado 36
 Tipo de Perno: A325
 Tipo de Anclaje: Con gancho
 Gancho de 90°
 Gancho de 180°

F_y [kg/cm²] = 5695.92
 F_u [kg/cm²] = 7383.6

Considerar el Deslizamiento como un Estado Límite
 Incluir Perno/Varilla en el Plano de Corte
 Considerar Deformación de la Perforación
 Armadura con Revestimiento Epóxico

Características / Dimensiones Columna

tw [cm] = 0.2 tf [cm] = 0.3

Retroceder Continuar Salir

Elaborado por: Evelyn Cabrera – Betzabeth Suquillo

RESULTADOS:

En la siguiente pantalla se muestran los resultados del presente ejercicio:

Figura 5.12 Ventana de Resultados – Pernos/Varillas de Anclaje

RESULTADOS PERNOS/VARILLAS DE ANCLAJE

Resistencia Requerida [Ton]		Resistencia Disponible [Ton]	
Método LRFD	Método ASD	Método LRFD	Método ASD
Pu = 20	Pa = 15	Vu = 12.81	Va = 9
Vu = 12.4	Va = 9		
Mu = 10.8	Ma = 8		

Características de Pernos/Varillas de Anclaje

	Método LRFD	Método ASD
Diámetro [pulg] =	4.45	5.08
Número de Pernos/Varillas [-] =	4	4
Distancia Mínima al Borde [cm] =	6.675	7.62
Separación Mínima entre Pernos/Varillas [cm] =	3.81	3.81
Penetración del Perno/Varilla [cm] =	20	25
Pretensión Mínima del Perno/Varilla [Ton] =	46.72	46.72

Juntas Apernadas

	Método LRFD	Método ASD
Dimensión del Agujero [cm] =	4.6	5.24

Juntas Soldadas

	Método LRFD	Método ASD
Dimensión del Agujero parte superior [cm] =	6.91	7.55
Dimensión del Agujero parte inferior [cm] =	4.6	5.24

Ver Figura (for Juntas Apernadas)

Ver Figura (for Juntas Soldadas)

Retroceder Salir

Elaborado por: Evelyn Cabrera – Betzabeth Suquillo

5.2.4 EJEMPLOS DE SOLDADURA

5.2.4.1 Ejemplo 1.- Diseño de soldadura

Determinar las características de la soldadura que se va a emplear en una conexión con una placa base.

DATOS:

En la siguiente pantalla se muestran los datos que se requieren para resolver este ejercicio:

Figura 5.13 Ventana de Datos – Soldadura de Filete

Diseño de Anclajes de Vigas y Columnas Metálicas

Diseño Soldadura de Filete

Cargas Requeridas [Ton]

Corte

D = 10
L = 9
Ex = 2
Ey = 2

Características de la Columna

Tipo de Sección: Sección I
Forma de Sección: Armada
d/h [cm] = 40
k/tf [cm] = 3
bf [cm] = 40
tw [cm] = 2

Características del Acero

Tipo de Acero: ASTM A36
Fy [kg/cm2] = 2540
Fu [kg/cm2] = 4100
E [kg/cm2] = 2043000

Características del Electrodo

Tipo de Electrodo: E60xx

Ver Figura

Características de la Placa Base/Apoyo
Espesor [cm] = 4

Retroceder Continuar Salir

Elaborado por: Evelyn Cabrera – Betzabeth Suquillo

RESULTADOS:

En la siguiente pantalla se muestran los resultados del presente ejercicio:

Figura 5.14 Ventana de Resultados – Soldadura de Filete

Diseño de Anclajes de Vigas y Columnas Metálicas

RESULTADOS SOLDADURA DE FILETE

Resistencia Requerida [Ton]

Método LRFD: Vu = 26.4
Método ASD: Va = 19

Resistencia Disponible Metal de Aportación [Ton]

Método LRFD: Vu = 80.17
Método ASD: Va = 53.45

Características de la Soldadura

Electrodo [-] = E60xx

Método LRFD: Longitud Disponible [cm] = 224
Método ASD: Longitud Disponible [cm] = 224

Método LRFD: Longitud Requerida [cm] = 74.67
Método ASD: Longitud Requerida [cm] = 74.67

Retroceder Salir

Elaborado por: Evelyn Cabrera – Betzabeth Suquillo

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Una vez que se ha cumplido con los objetivos del presente proyecto se puede concluir lo siguiente:

- Al realizar el diseño mediante este programa se disminuye el tiempo de ejecución de cálculos de anclajes de vigas y columnas metálicas.
- El programa desarrollado analiza dos métodos de cálculo para cada una de las Normas. Los dos métodos son válidos pero se observa que el método LRFD es un método más racional ya que separa la incertidumbre de cada tipo mientras el método ASD los incluye en un solo factor. Con este aporte, al obtener los resultados con los dos métodos el ingeniero puede escoger cualquiera dependiendo del criterio.
- Se han realizado los cálculos utilizando la Norma AISC y la Norma AISI según la sección que se desee emplear, sin embargo en nuestro medio las secciones más empleadas son las secciones armadas ya que no contamos con la tecnología necesaria para fabricar secciones de vigas o columnas metálicas.
- En nuestro medio generalmente se emplean varillas de anclaje en lugar de pernos ya que resultan más económico, sin embargo las normas tanto AISC y AISI indican que lo ideal son los pernos de anclaje, sin embargo tomando las debidas precauciones y utilizando las especificaciones del Código de la Construcción, se las puede utilizar.

- La utilización de atiesadores es muy útil ya que disminuye notablemente el espesor de la placa base además rigidiza los elementos dando mayor seguridad, es por tal que se ha tomado la decisión de tomar en cuenta en el diseño, y se los ha colocado cada 10 centímetros.
- El mínimo número de pernos según la Norma Osha es 4, por lo tanto si la columna o viga no soporta tensión debe tener el mínimo número de pernos, es decir 4 y del menor diámetro comercial que es $\frac{1}{2}$ ", esta consideración se utilizó en el diseño de pernos o varillas de anclaje en el software implementado.
- Para el diseño de soldadura se considera solamente el contorno del perfil, y si esto no es suficiente para alcanzar la resistencia se deben crear cordones adicionales, lo cual no se utiliza en el programa pero puede ser parte de investigaciones próximas.
- Se puede utilizar el mismo concepto del diseño biaxial de columnas de hormigón armado para realizar el análisis del anclaje de columnas metálicas, considerando la rotación producida por la interacción de los momentos flectores.
- Una vez obtenida la curva de iteración biaxial se debe observar que la resistencia requerida de la sección esté en un rango satisfactorio es decir lograr que los elementos del anclaje no se encuentren sobredimensionados o subdimensionados.

RECOMENDACIONES

- Vale la pena señalar que el presente proyecto puede ser ampliado de manera que su alcance sea aún mayor, una opción sería la de diseñar columnas metálicas, de este modo el software sería capaz de proporcionar las dimensiones de la columna así como de su placa base.

- Verificar los datos de entrada antes que el programa continúe a la pantalla de cálculo y así evitar errores posteriores en los resultados.

- Realizar en posteriores investigaciones un complemento al software en el que se considere los pesos y costos, es decir con programas de presupuestos es estructuras.

- Es importante mencionar que para comprender la información del presente trabajo, es necesario poseer conocimientos sobre el análisis estructural y sobre el diseño de estructuras de acero.

- Es conveniente que el usuario revise la bibliografía o repase los procedimientos de diseño de placa base y placa de soporte con la finalidad de que se pueda hacer un buen uso del mismo, porque si bien es cierto es una herramienta muy útil para los usuarios que puedan hacer buen uso del mismo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

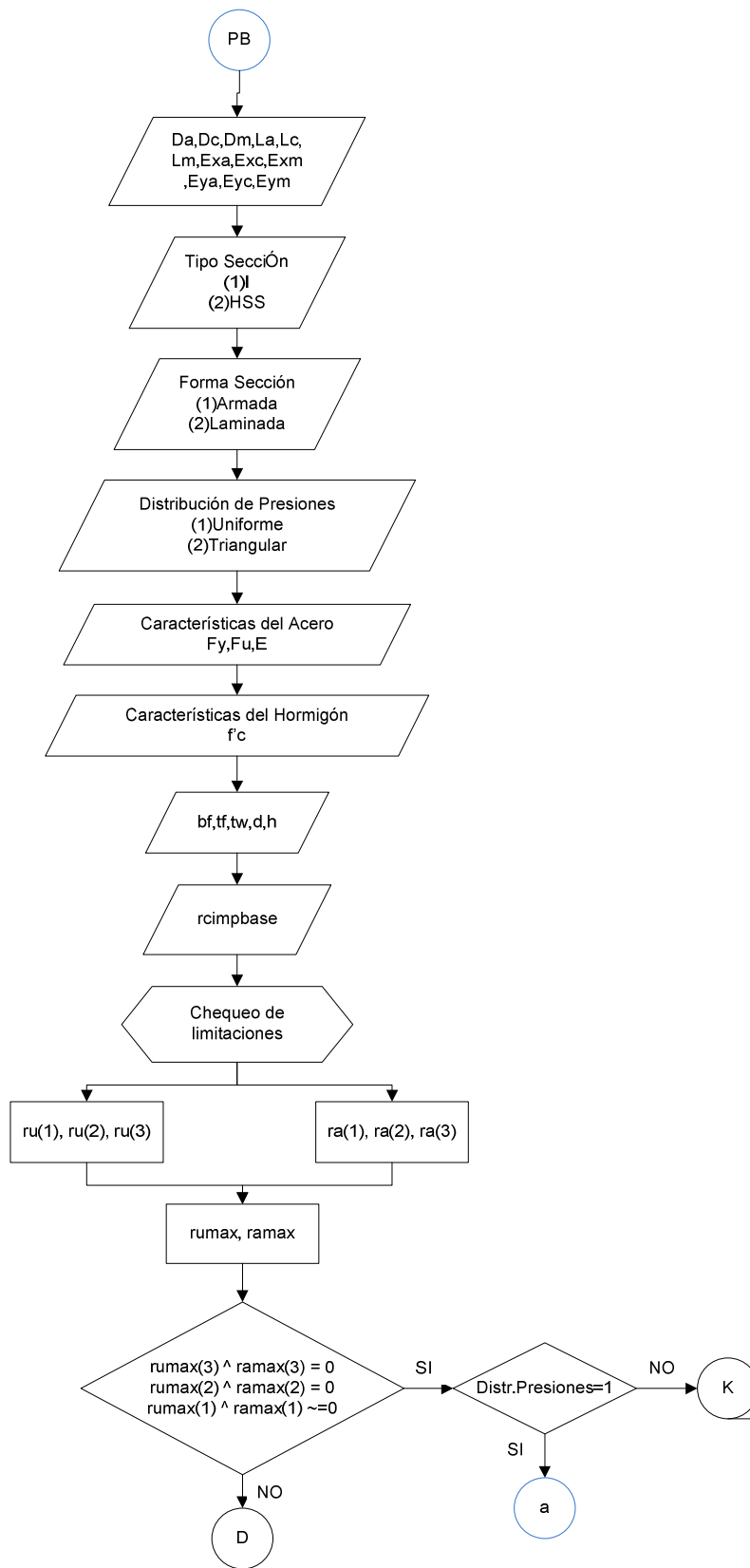
- TESIS DE DAYANA GABRIELA SILVA CRUZ, Programa para el diseño de columnas compuestas sujetas a flexo-compresión biaxial por los Métodos: LRFD, ACI y EUROCODIGOS 3, 2007, E.P.N. Quito, Ecuador.
- TESIS DE NICOLAS ANDRES CHAVEZ MERINO Revisión de los Criterios de Diseño de Pernos de Anclaje, 2011, E.P.N. Quito, Ecuador.
- TESIS DE DAVID OROZCO LEÓN Programa para el diseño y revisión de placas base y anclas para columnas de acero, 2009, Universidad de las Américas Puebla, Puebla, México.
- SERGIO M. ALCOCER, Comportamiento y diseño de estructuras de concreto reforzado-Uniones de Elementos, Centro Nacional de Prevención de Desastres e Instituto de Ingeniería: 271; (2003).
- ING. MARIO P. MORÁN Diseño de Conexiones, Subcomité de Estructuras de Acero-CAPITULO J.
- ANSI/AISC 360-05, Specification for Structural Building, 2005, Chicago - Illinois.
- JAMES M. FISHER Y LAWRENCE A. KLOIBER, Base Plate and Anchor Rod Design-ANSI/AISC 360-05, 2005, Chicago - Illinois.
- ARCESIO ORTIZ BALLESTEROS, Diseño Biaxial para columnas rectangulares, 2001, México-Chicago.

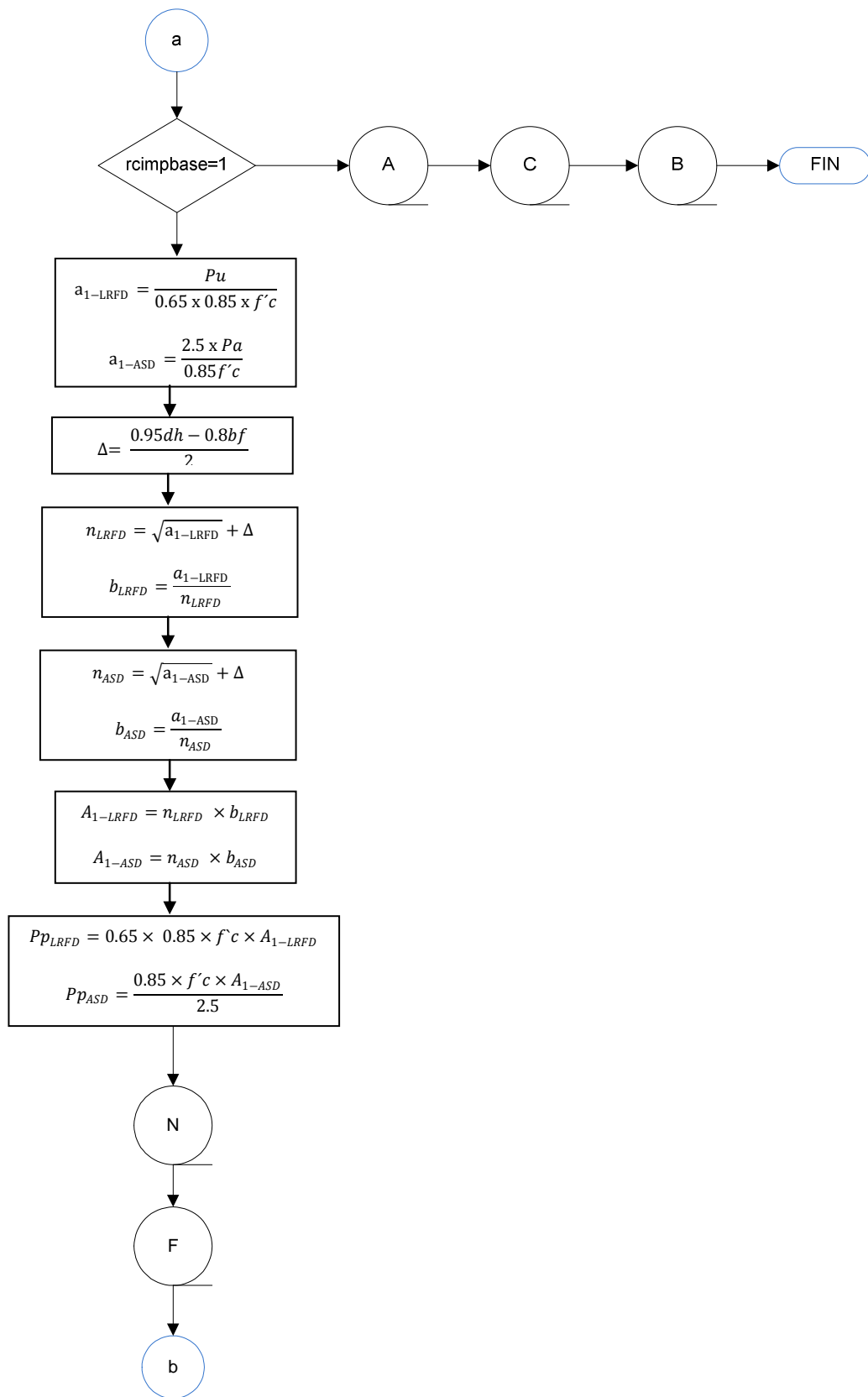
- VALENCIA GABRIEL, Estructuras de Acero. Diseño con factores de carga y resistencia, 2004, Colombia.
- THIMOSHENKO S., Resistencia de Materiales, Décimo Cuarta Edición.
- NAWY EDWARD, Concreto Reforzado, Pretince-Hall Hispaniamerican-México.
- INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION, Código Ecuatoriano de la Construcción. Requisitos Generales de Diseño, 2001, Ecuador.
- AMERICAN CONCRETE INSTITUTE, Requisitos de Reglamento para para Concreto Estructural (ACI 318S-08) y Comentario, 2008.
- ARGUELLES A. R, ARGUELLES B. R, ARRIAGA F. ATIENZA J. R, Estructuras de Acero: Cálculo, Norma Básica y Eurocodigo., Ed. Bellisco Ediciones Técnicas y Científicas.
- GARCÍA J. MARCO, Fundamentos para el Cálculo y Diseño de Estructuras Metálicas de Acero Laminado, Comportamiento del Material y Esfuerzos Básicos aplicados al Eurocódigo 3, Normas AISC, Normativa española (Norma EA-95). Ed. MacGraw-Hill.
- ROGER L. BROKENBROUGH-FREDERICK S. MERRIT Mc Graw Hill, Manual de Diseño de Estructuras de Acero, 1998.
- STRUCTURAL WELDING QUALITY HANDBOOK SSTC, 2001, Michigan.
- <http://www.slideshare.net/ixoni/0402-placas-base>

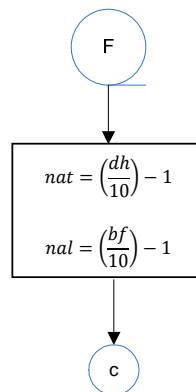
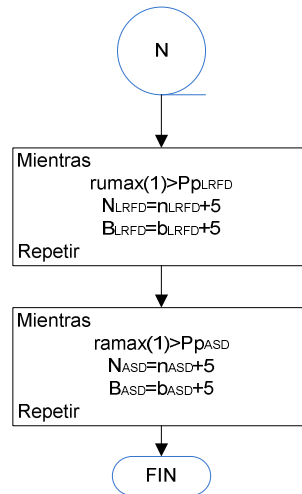
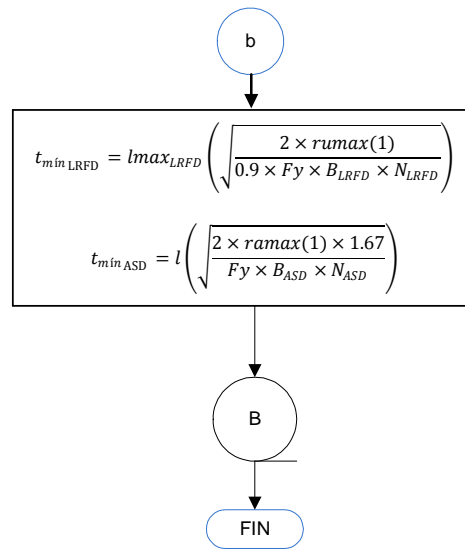
- <http://doc/86002532/disenode-placas-base-para-columna>
- <http://webdelprofesor.ula.ve/nucleotrujillo/americanab/07-conexionesSoldadas/7-2.html>

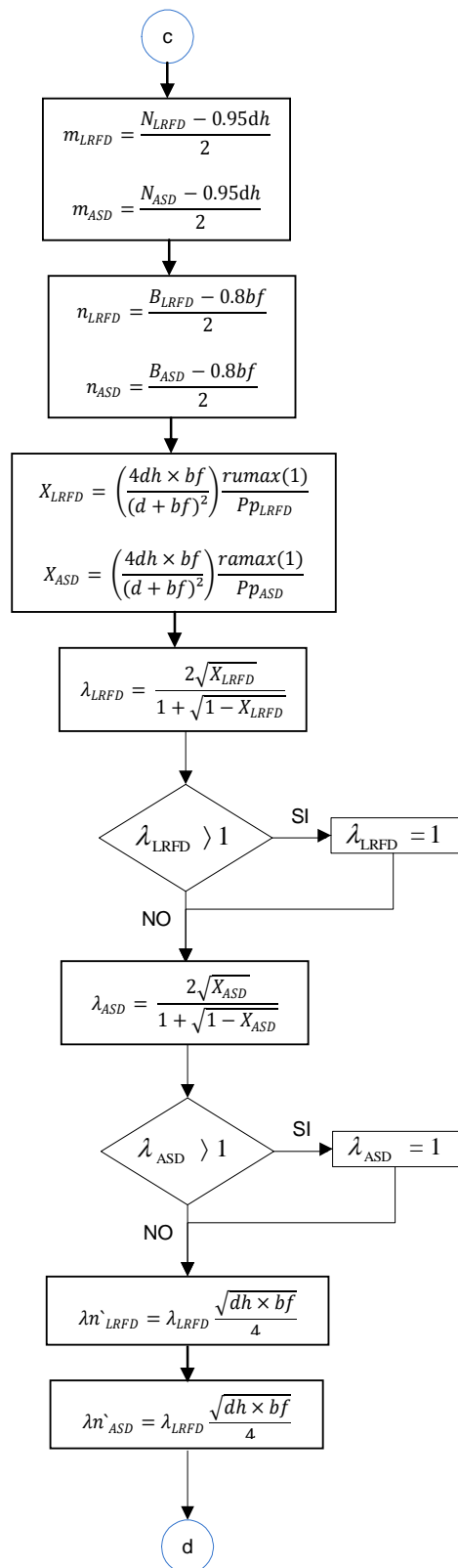
ANEXOS

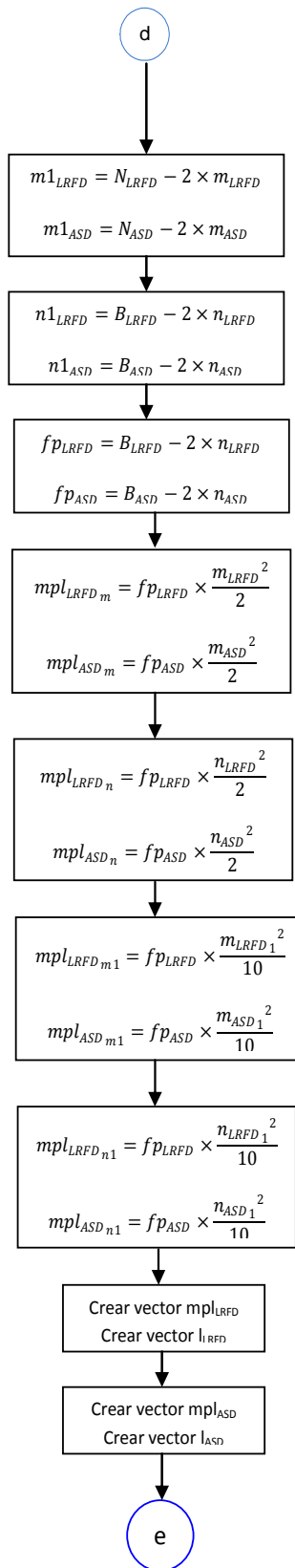
ANEXOS No 1
DIAGRAMA DE FLUJO – PLACA BASE

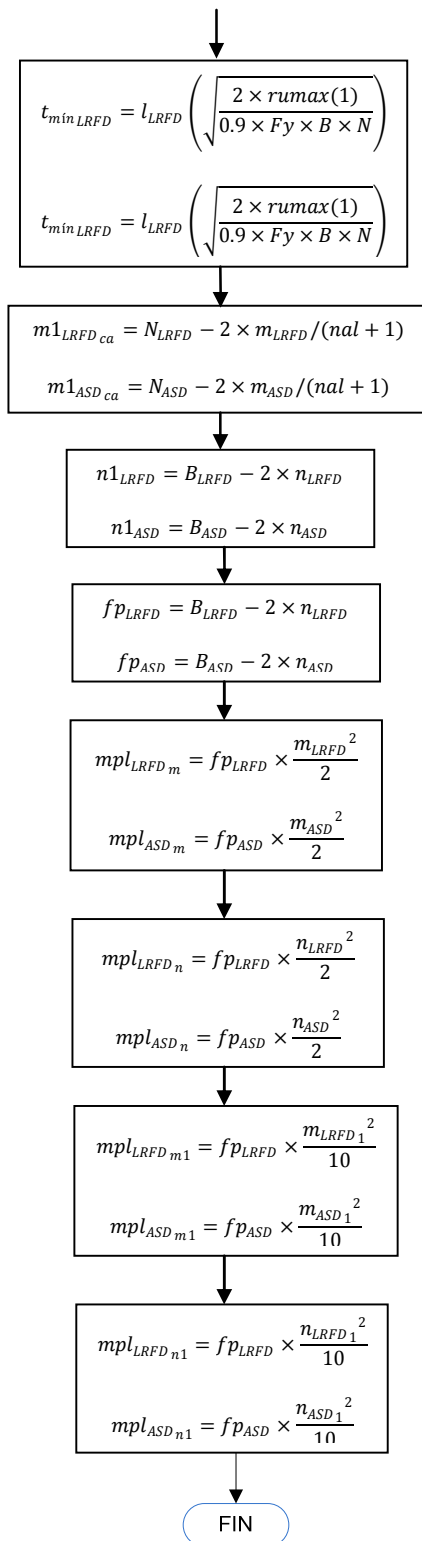


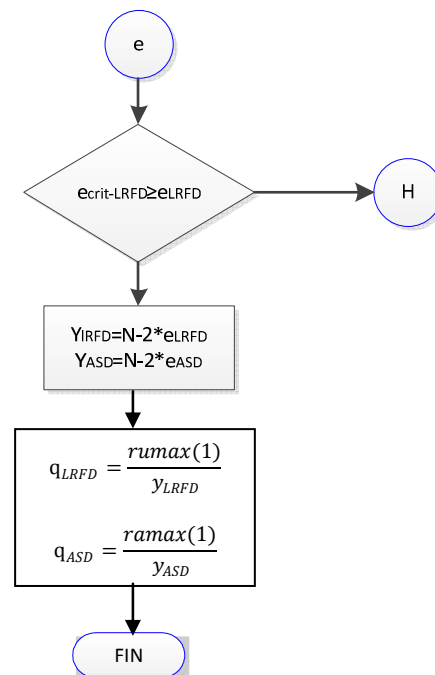
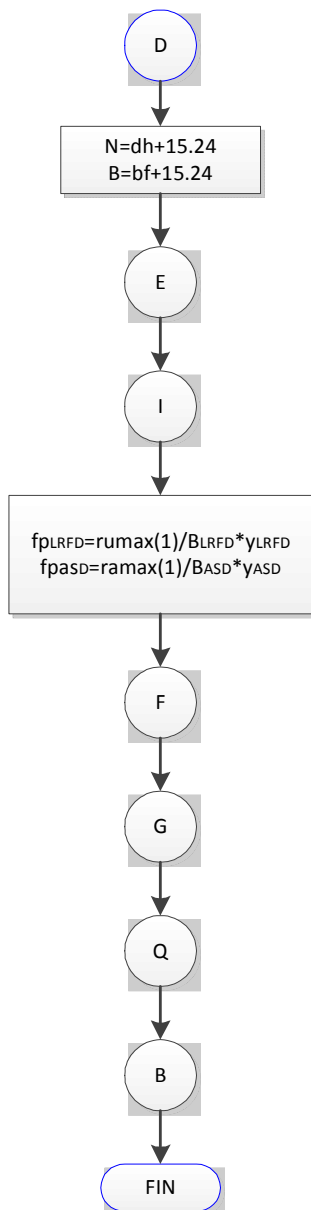


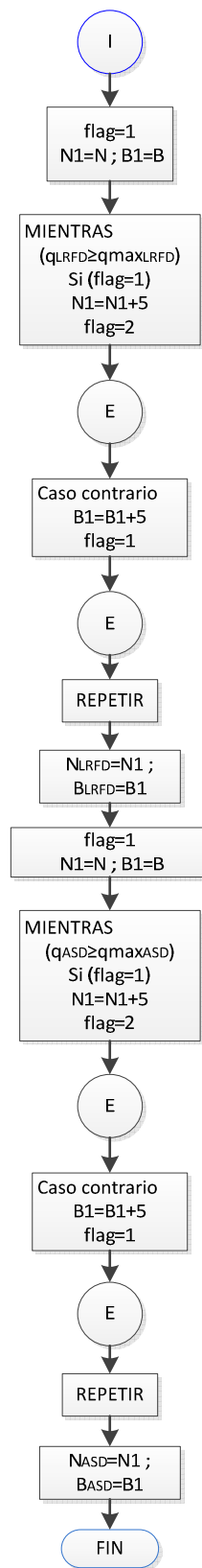


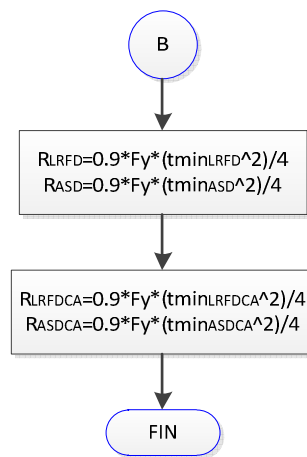




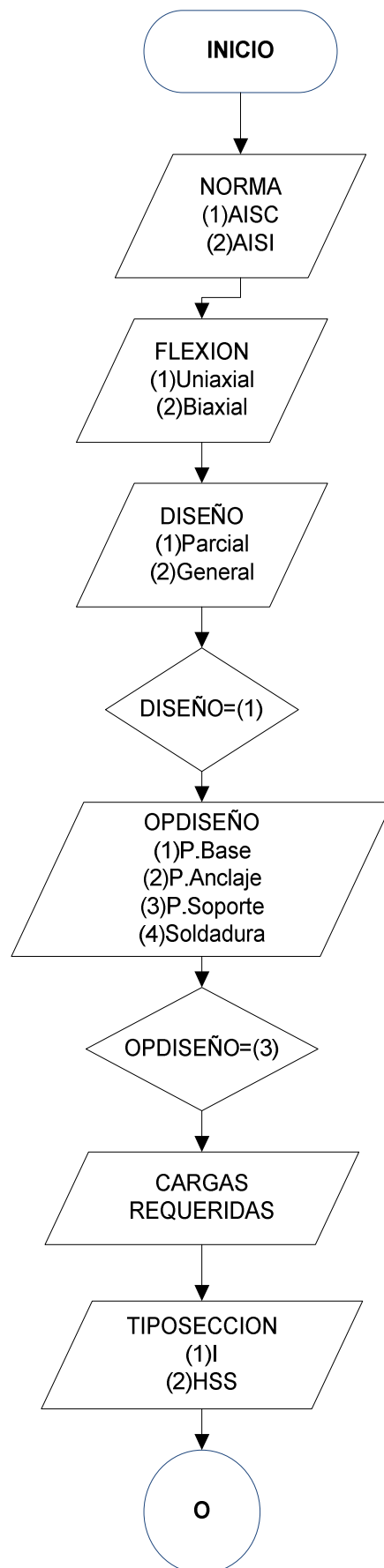


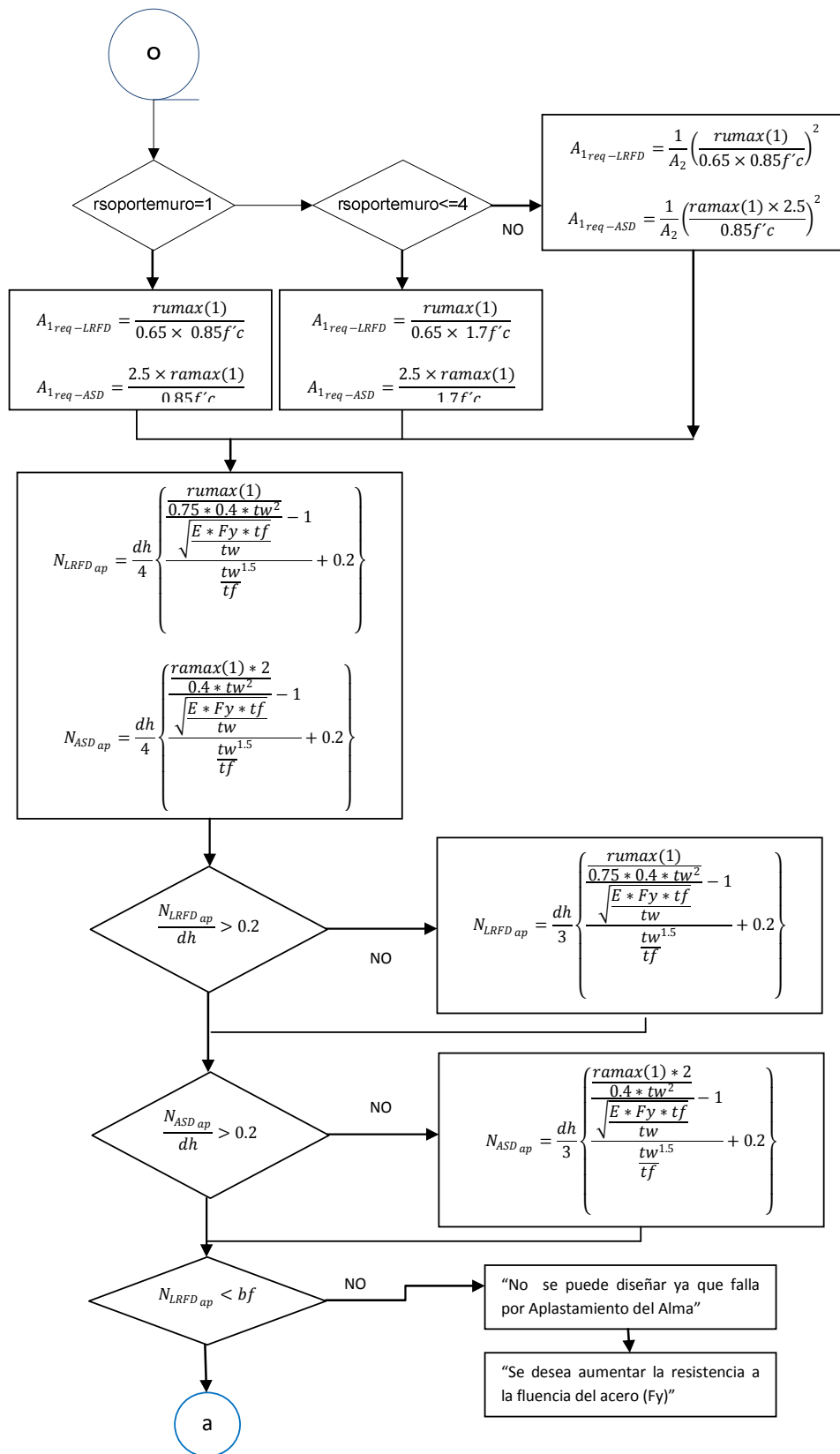


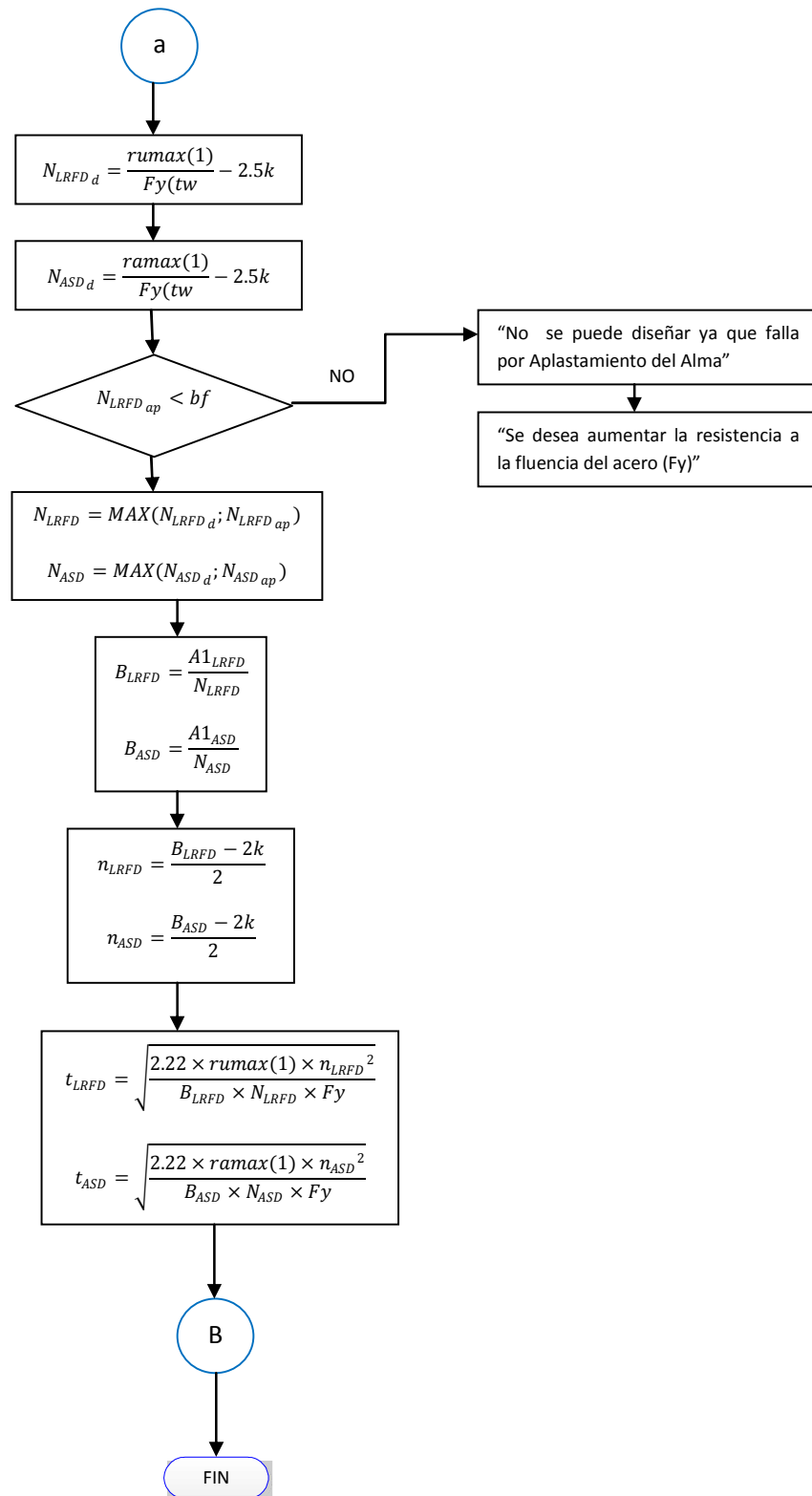




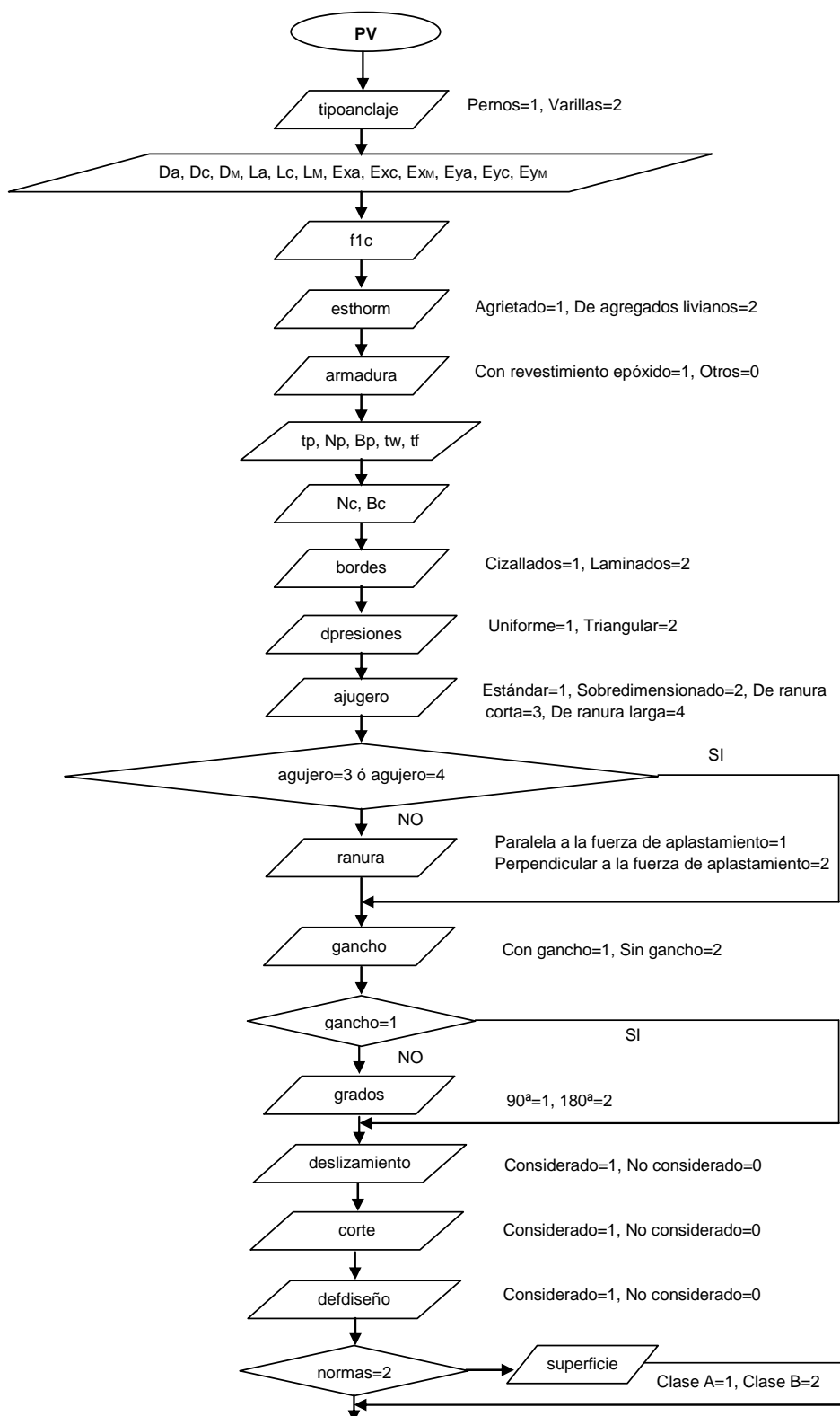
ANEXOS No 2
DIAGRAMA DE FLUJO – PLACA DE SOPORTE

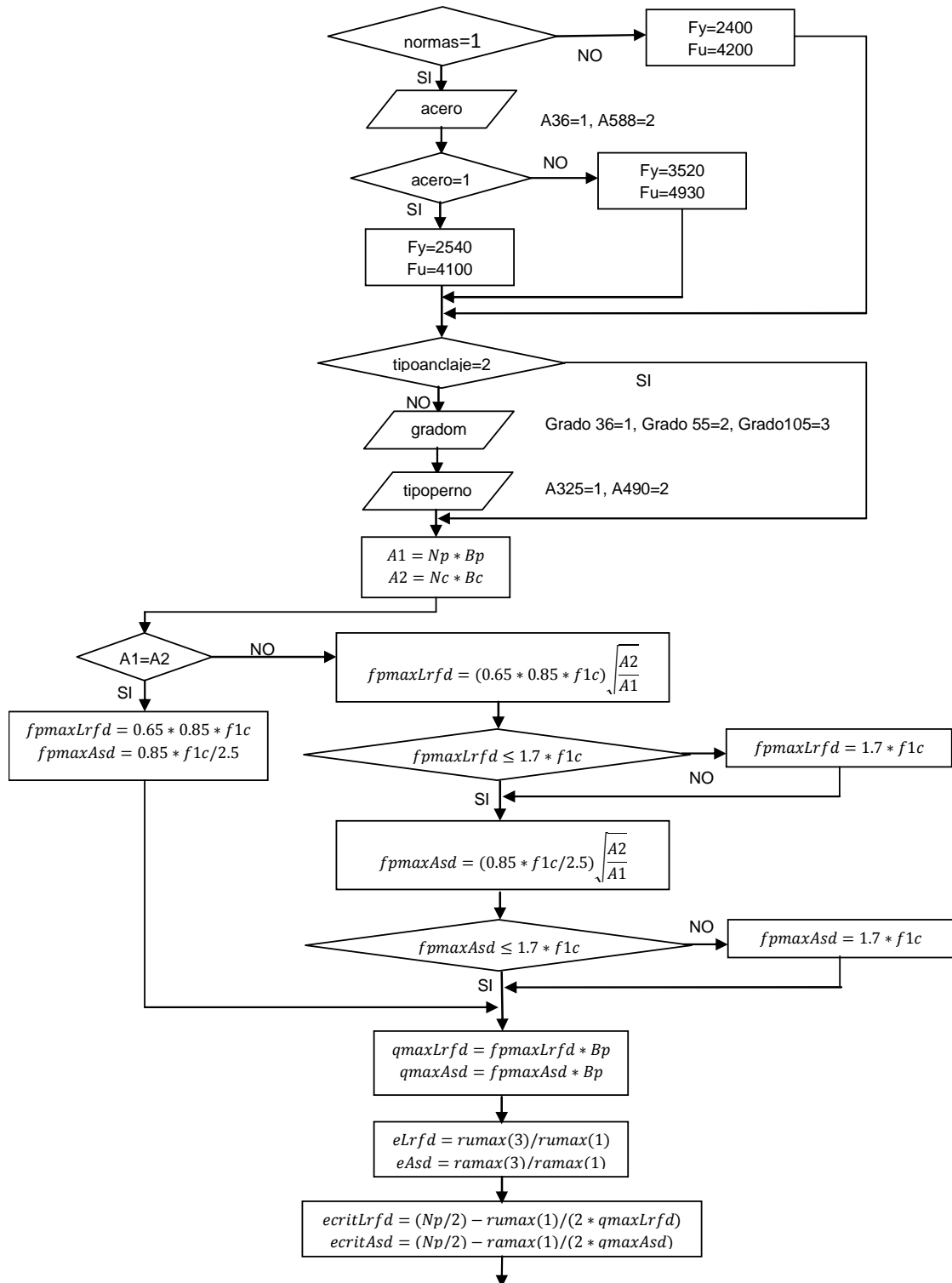


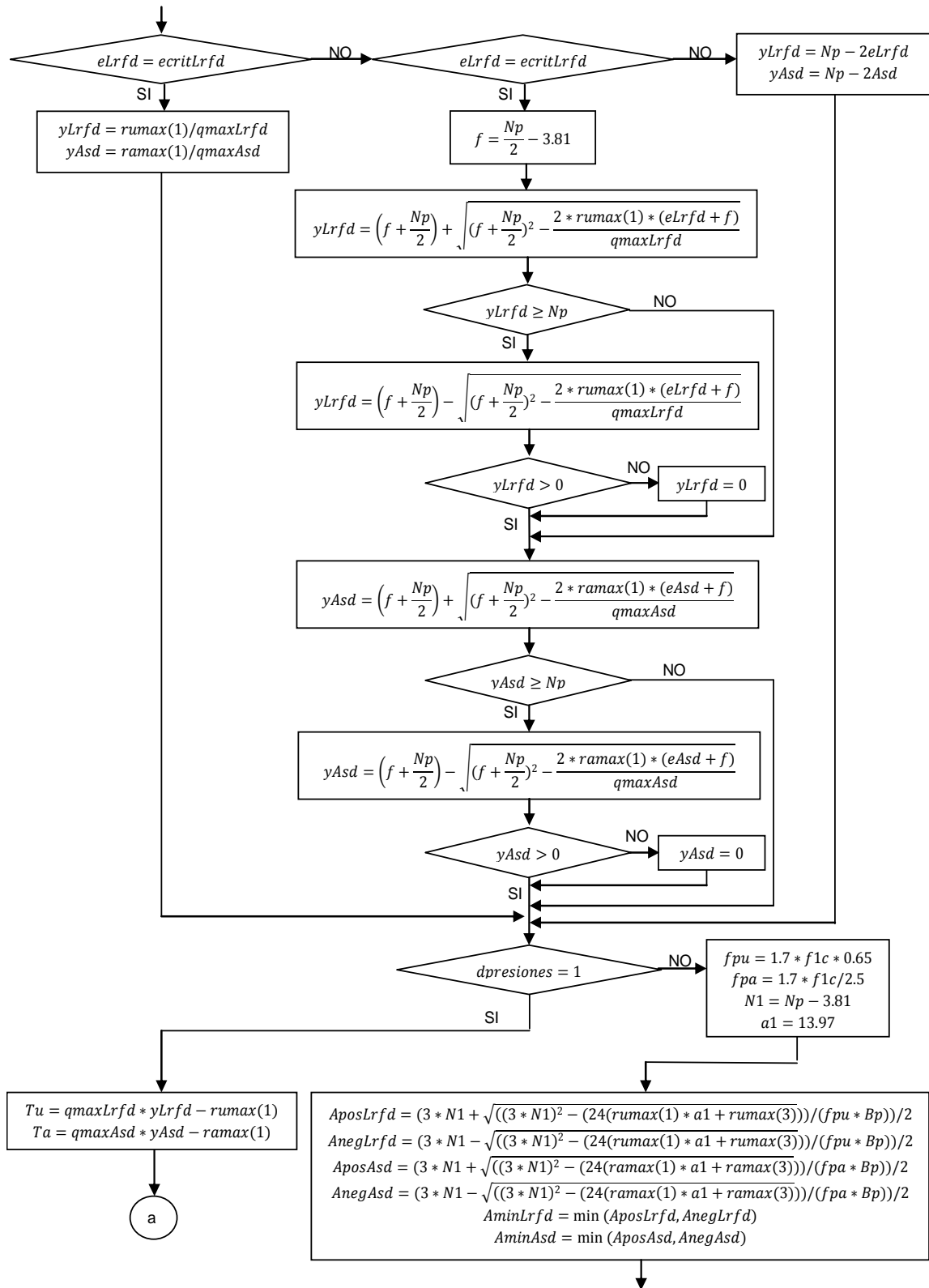


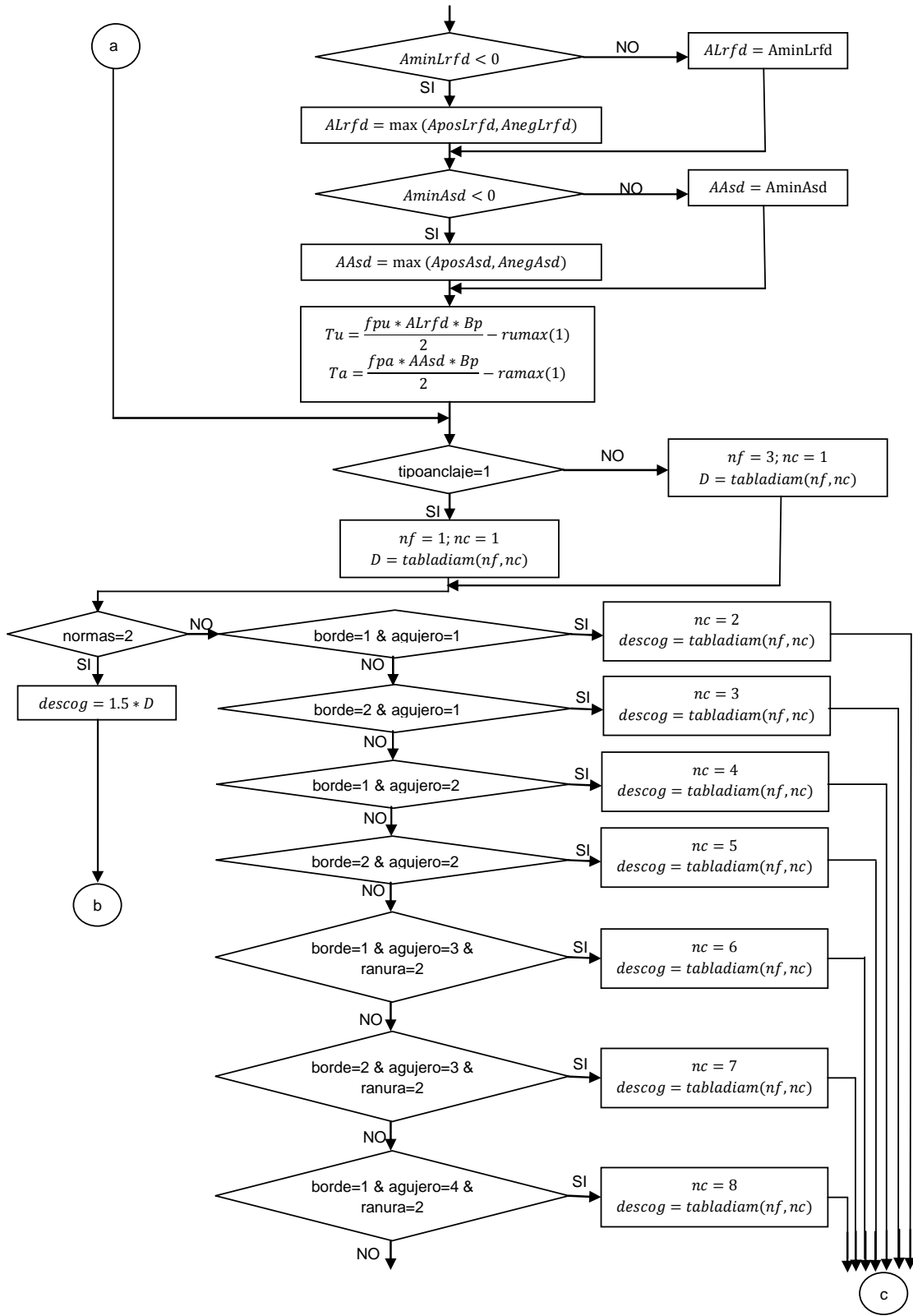


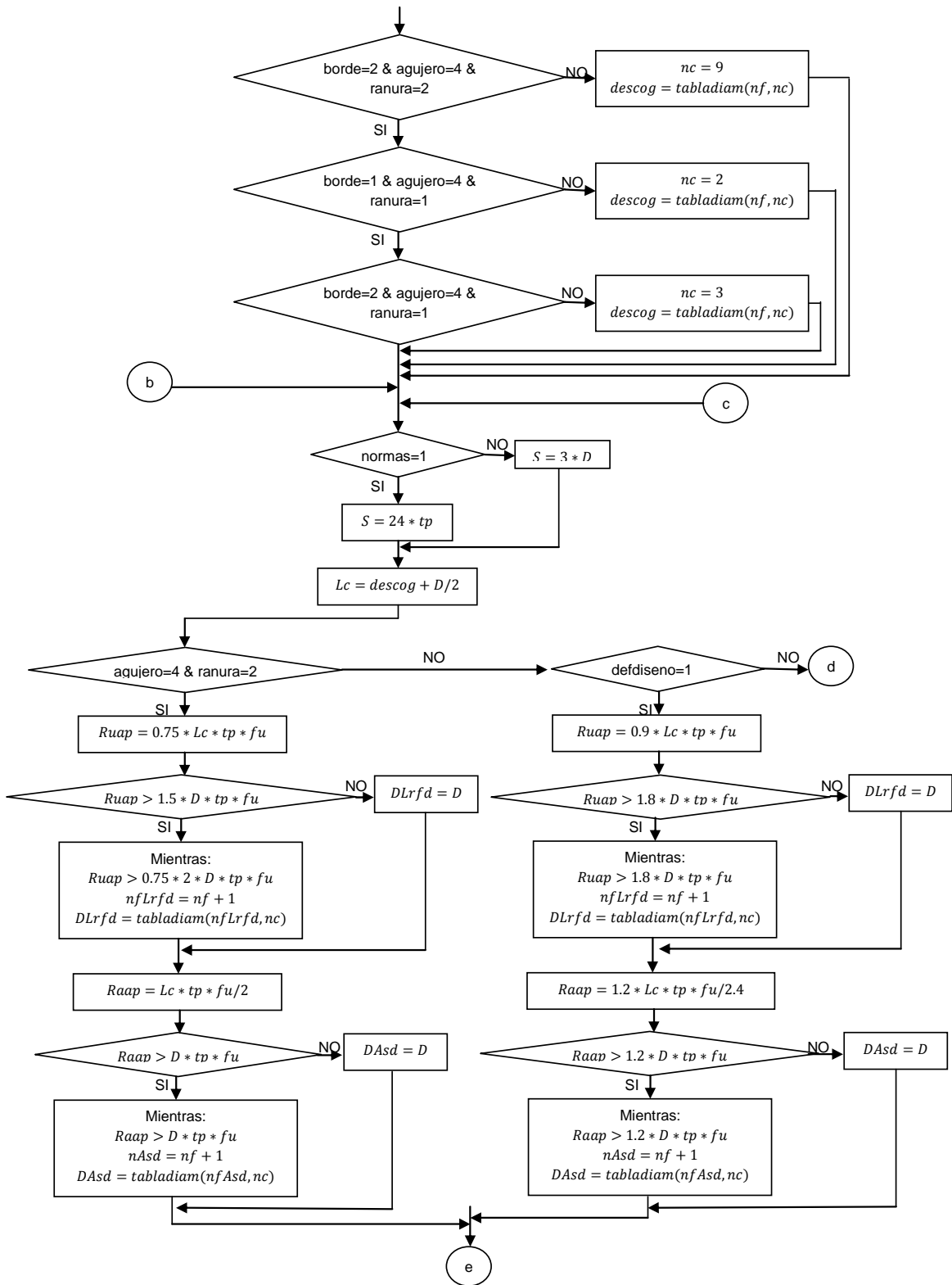
ANEXOS No 3
DIAGRAMA DE FLUJO – PERNOS / VARILLAS DE
ANCLAJE

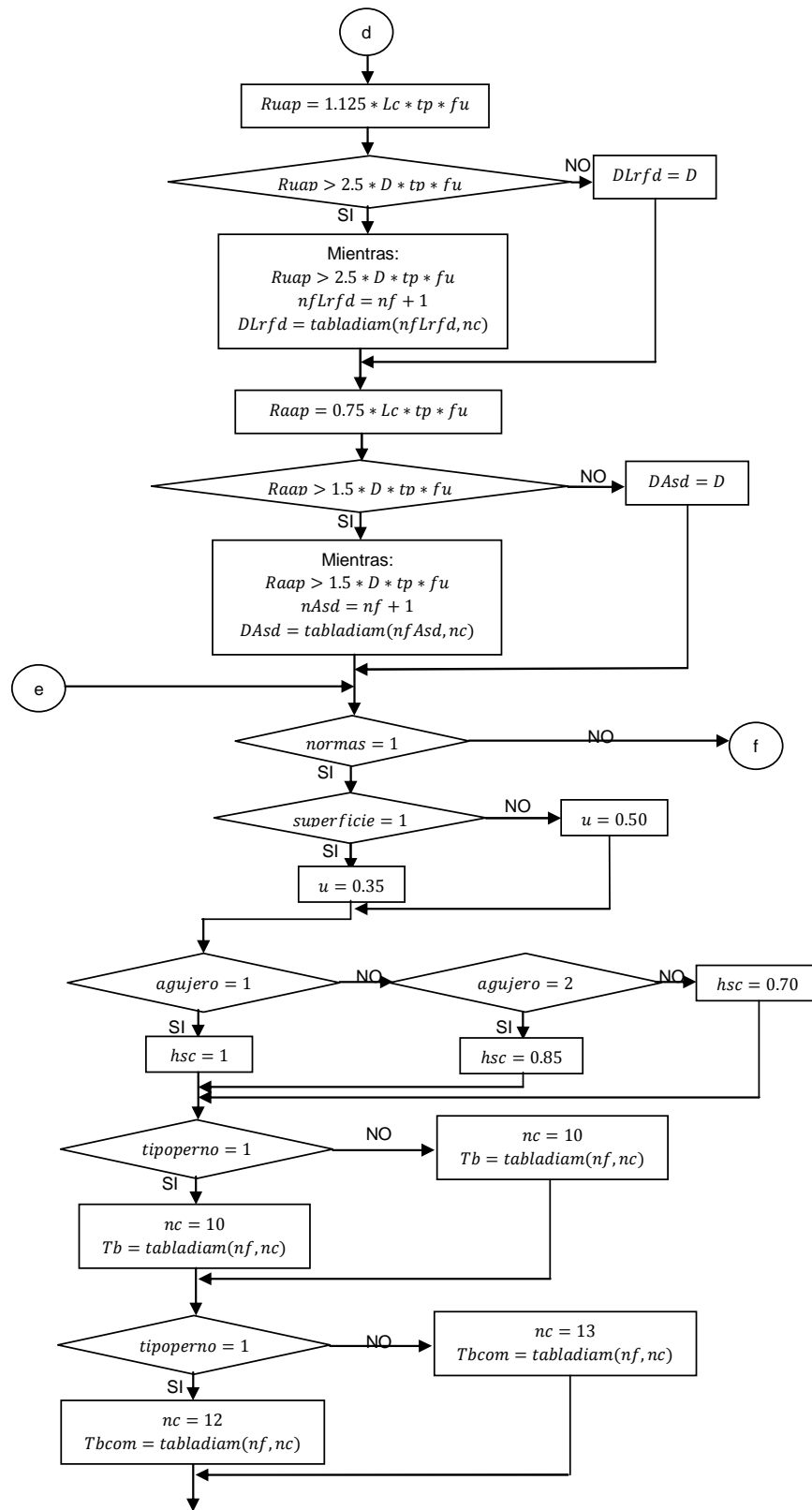


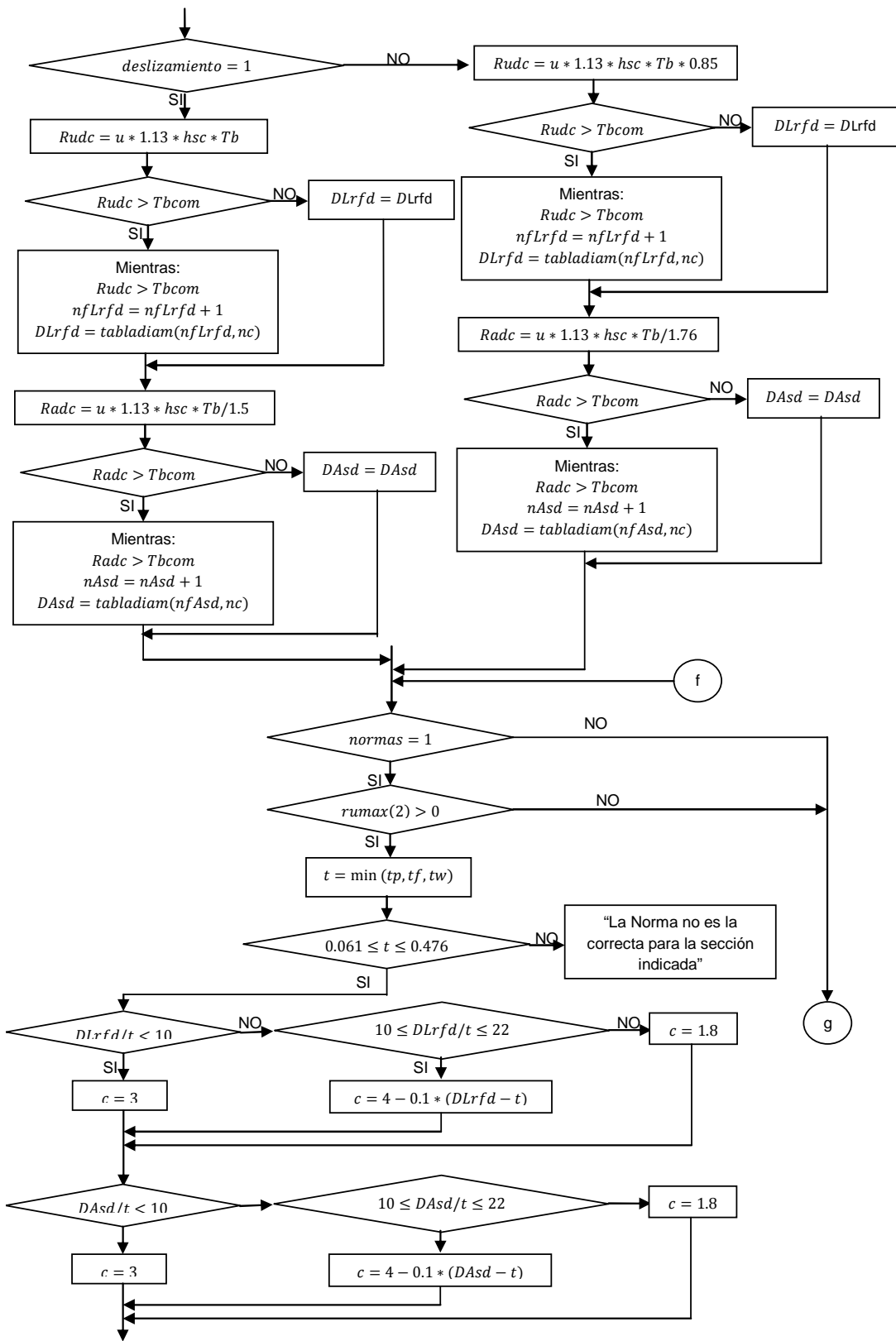


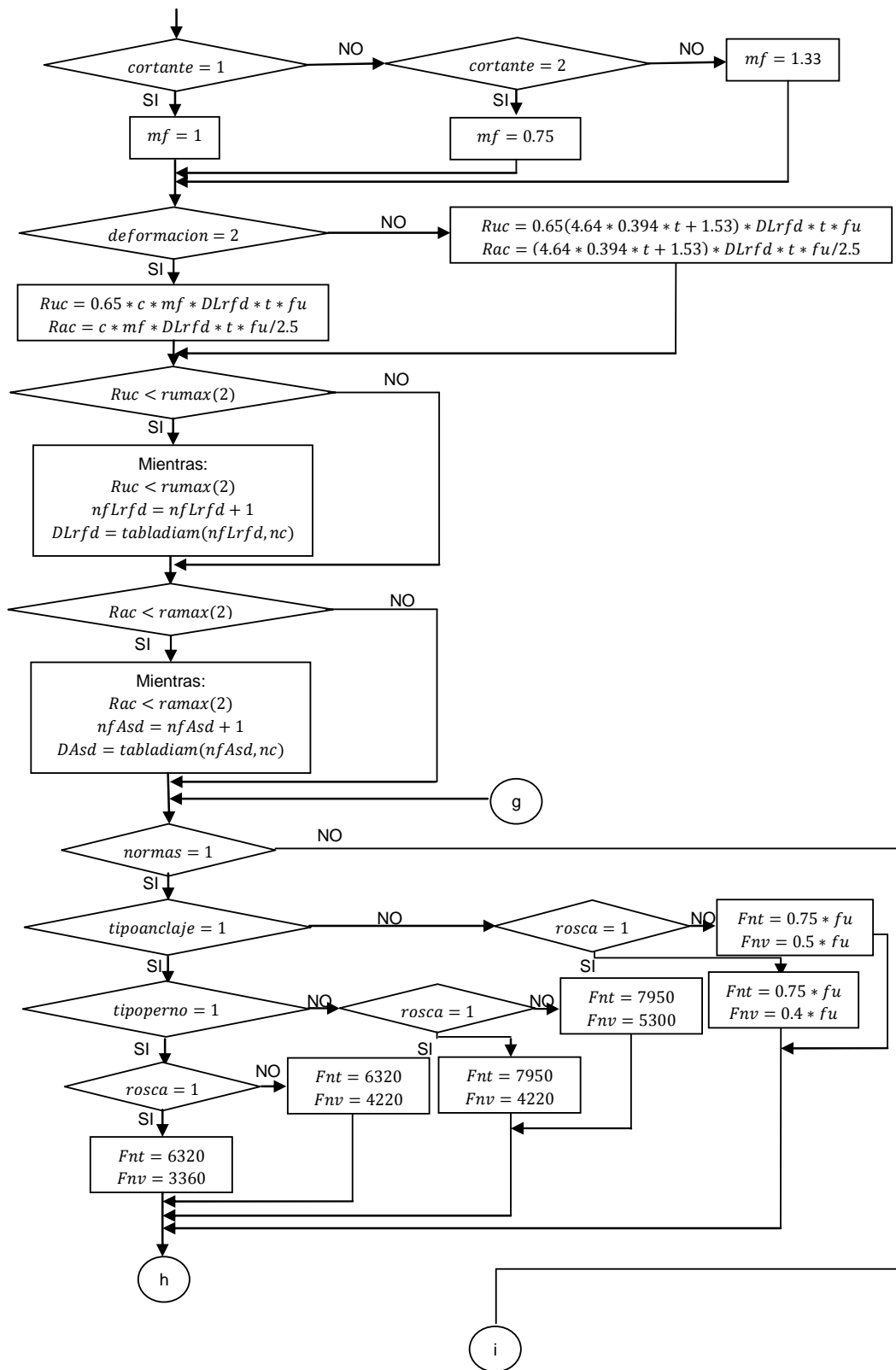


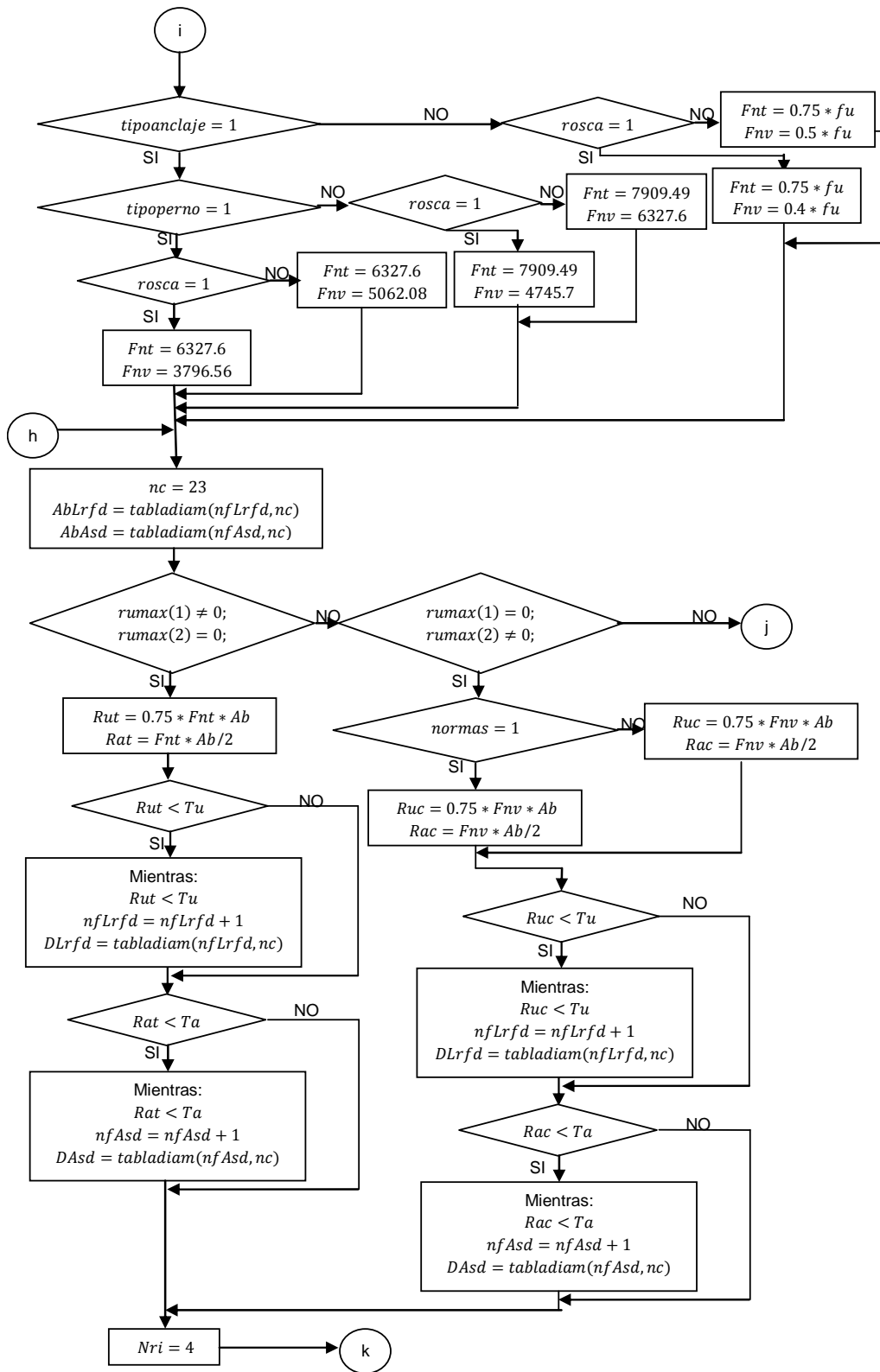


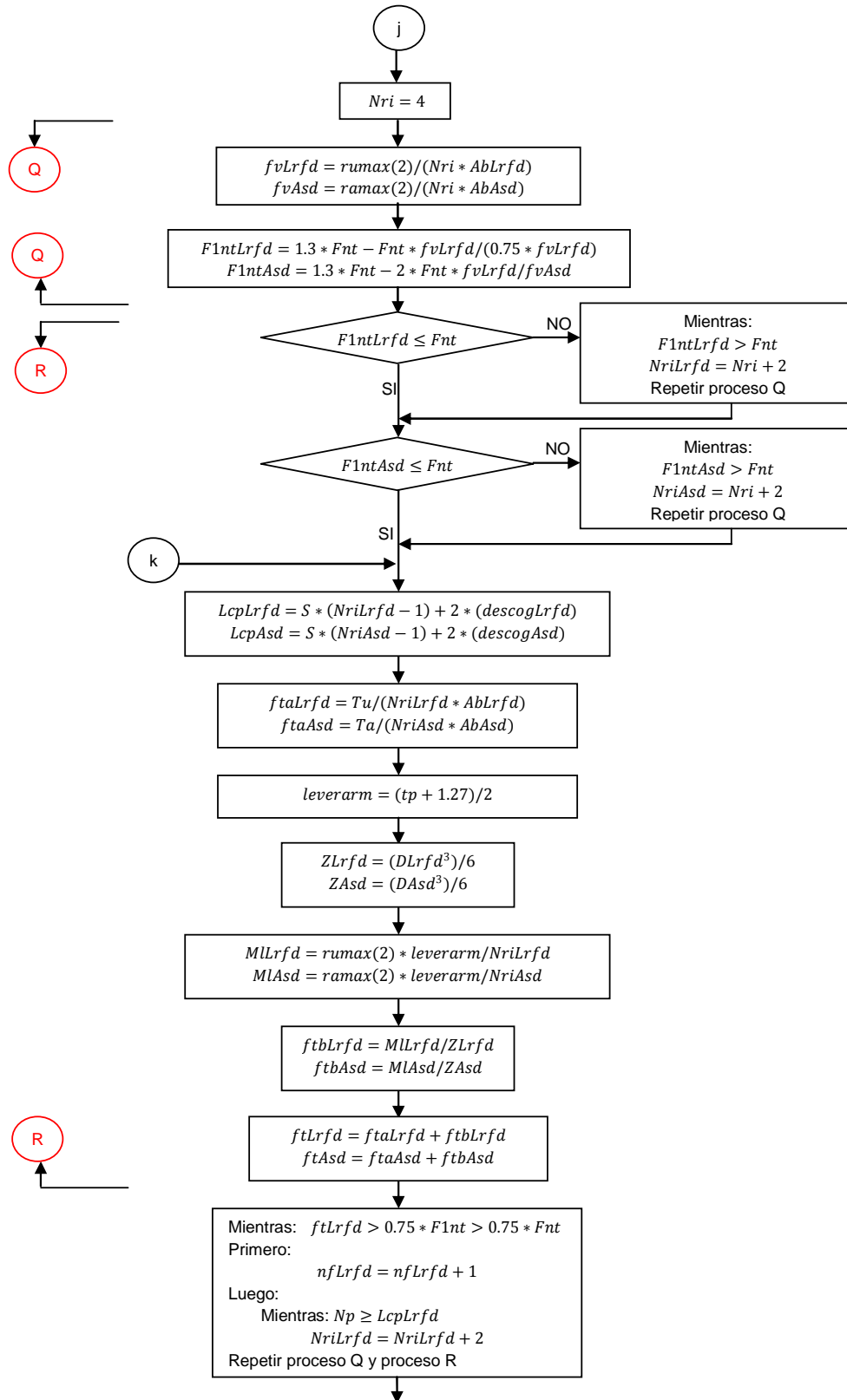


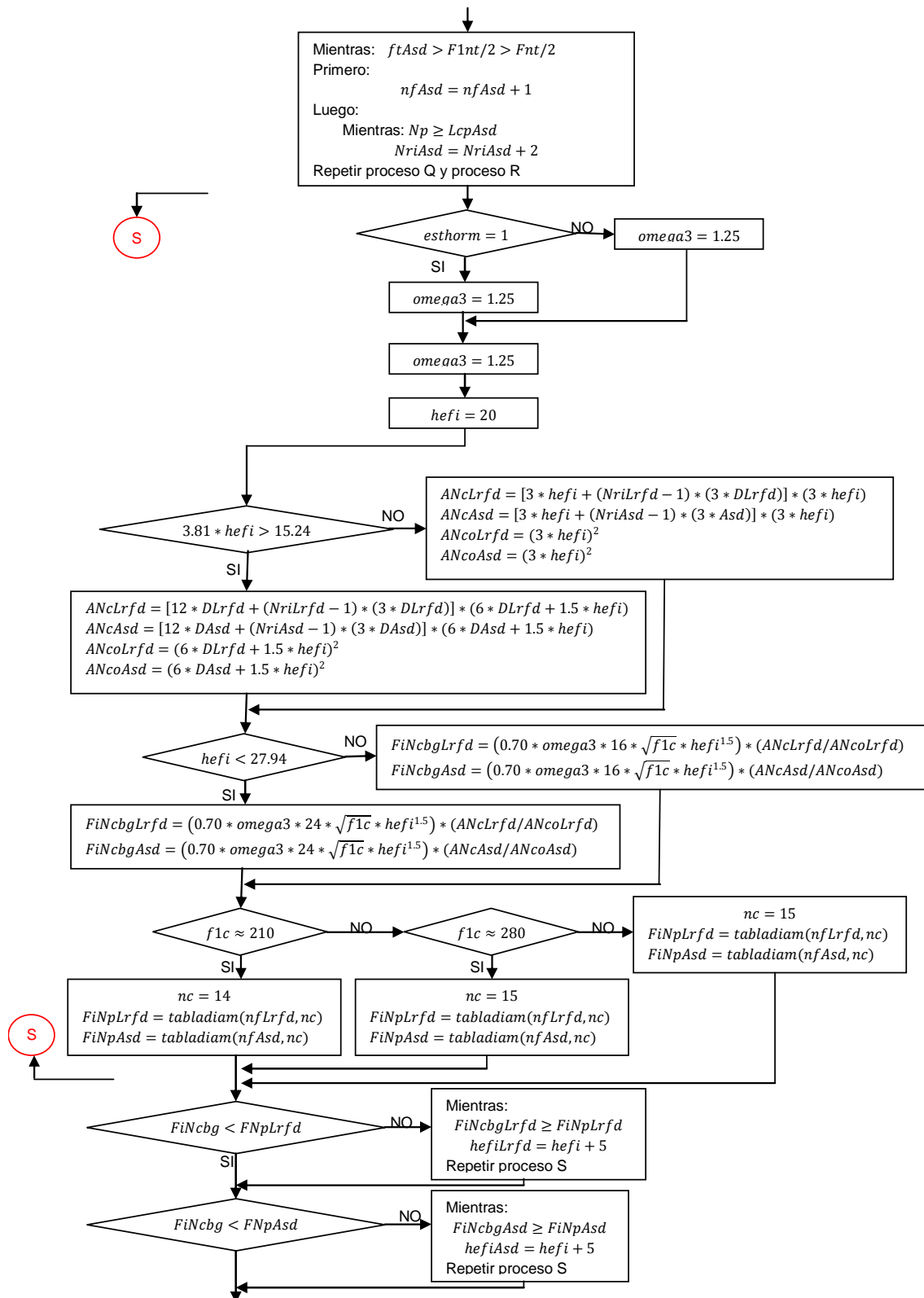


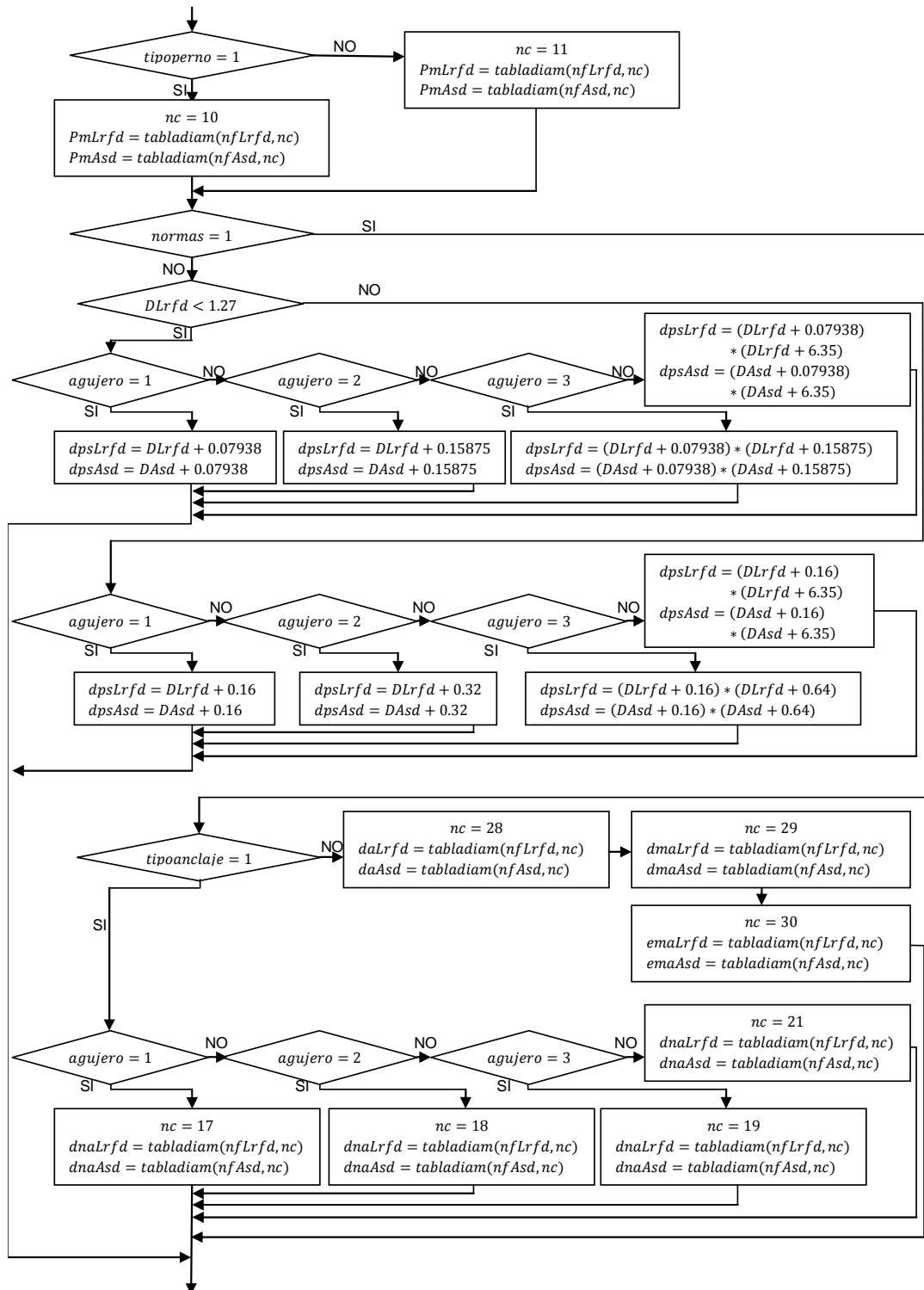


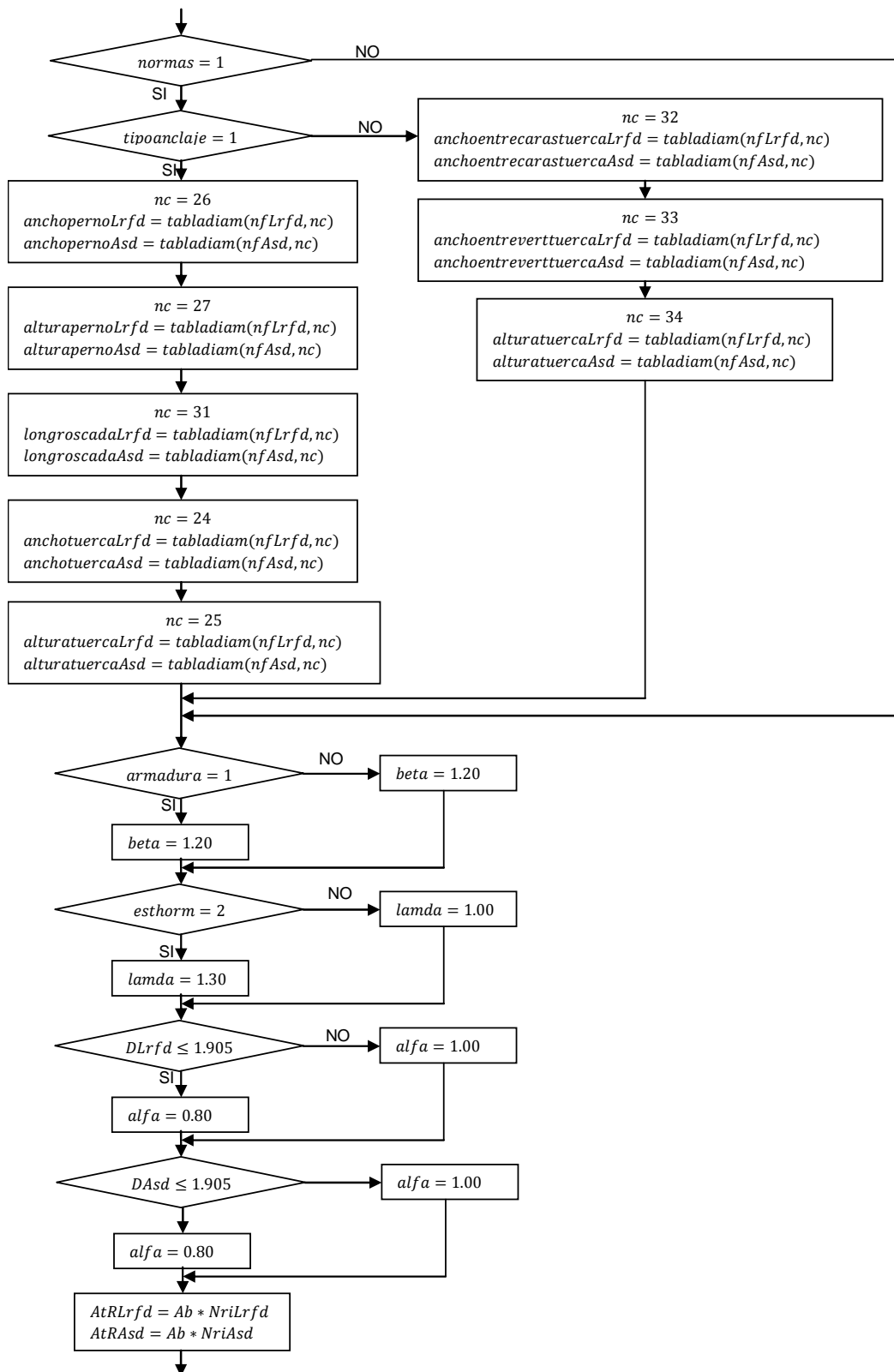


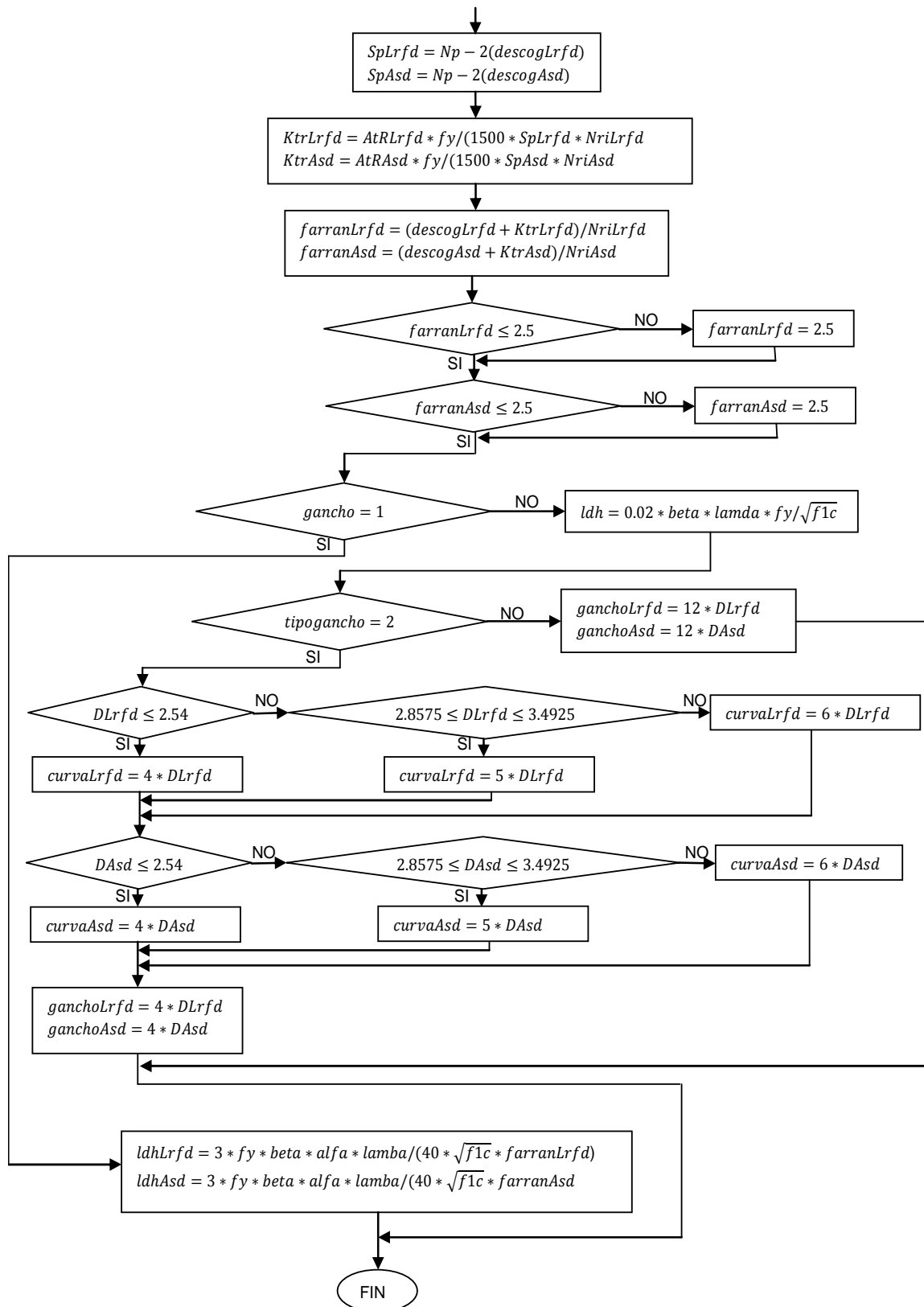




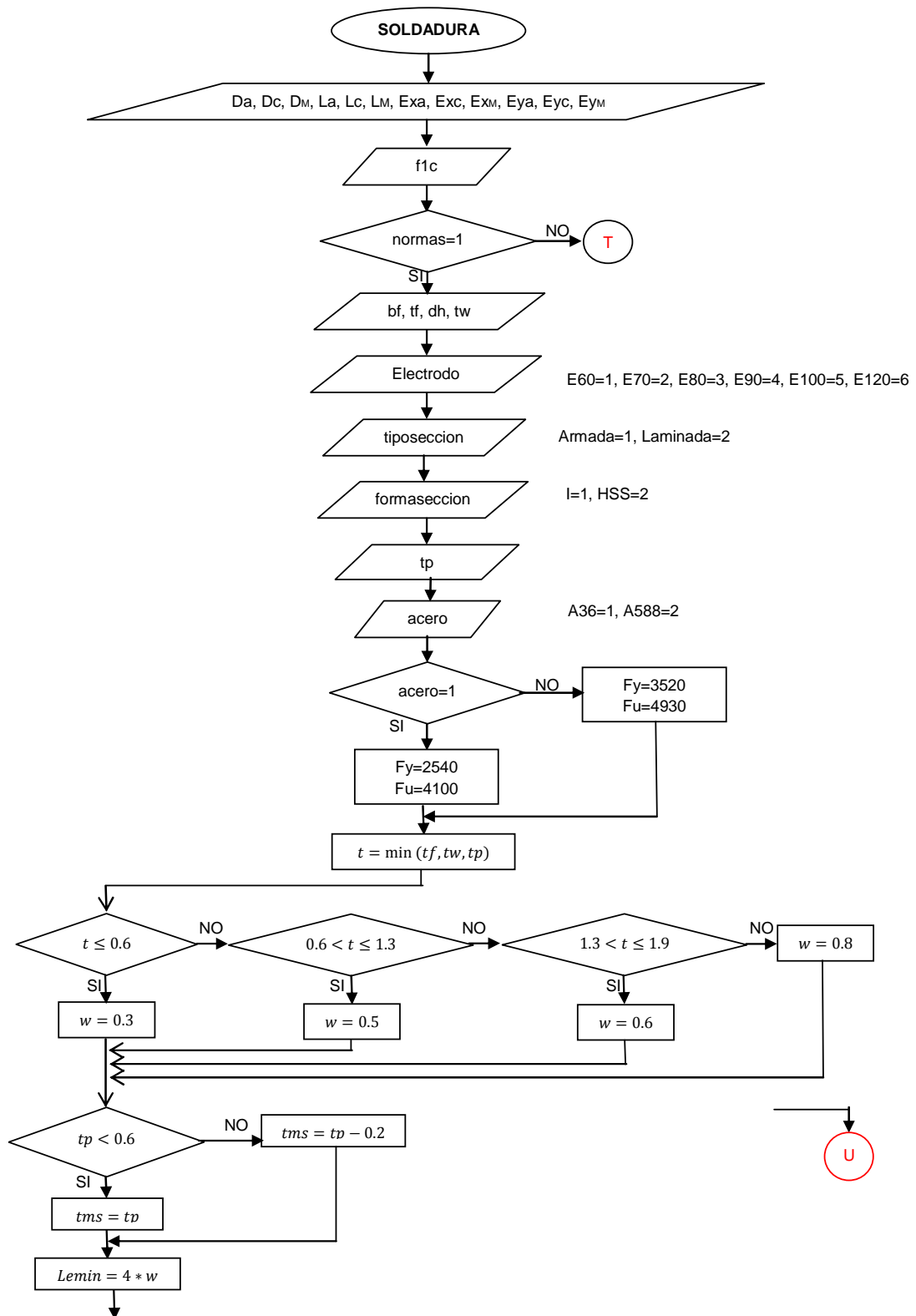


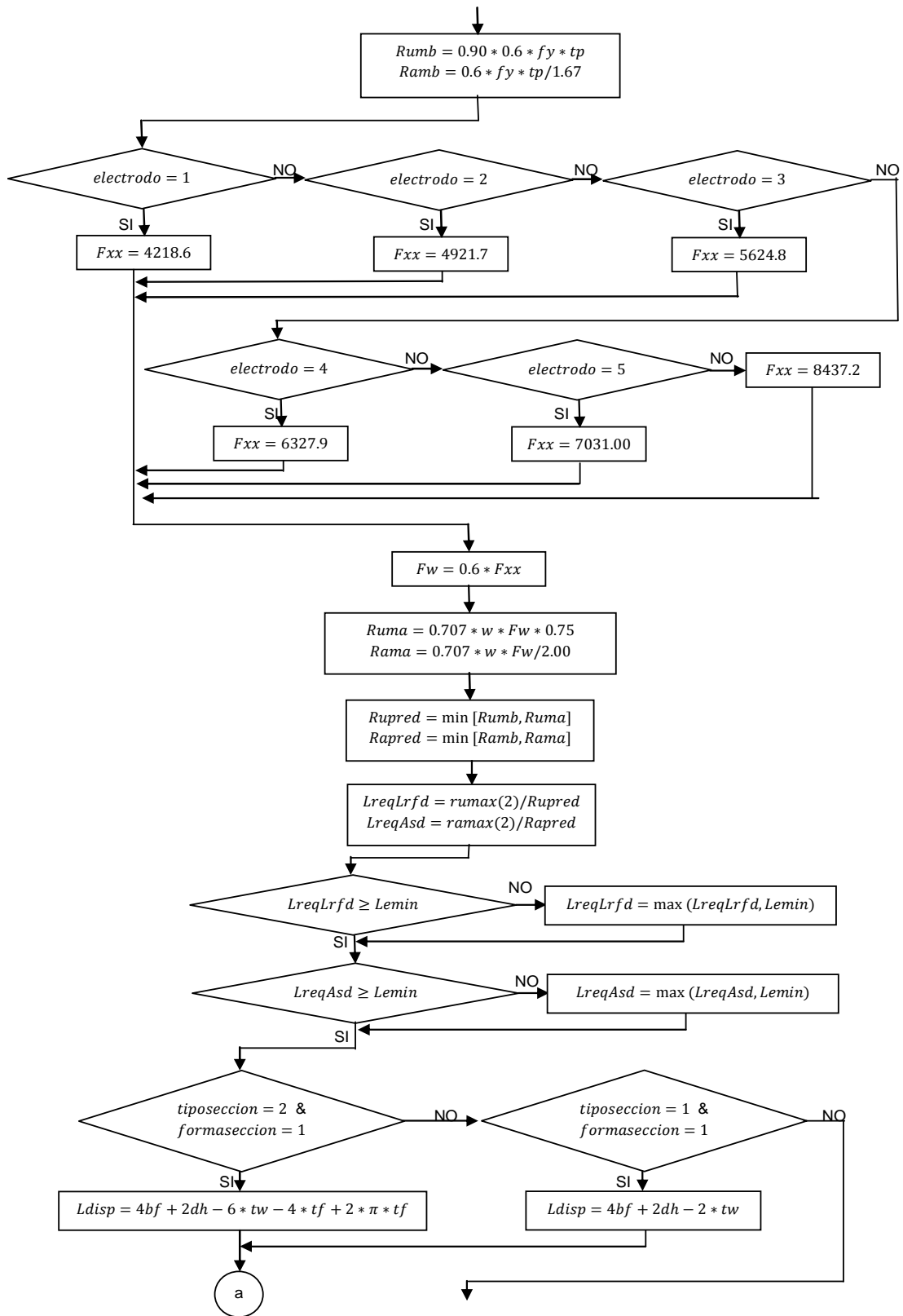


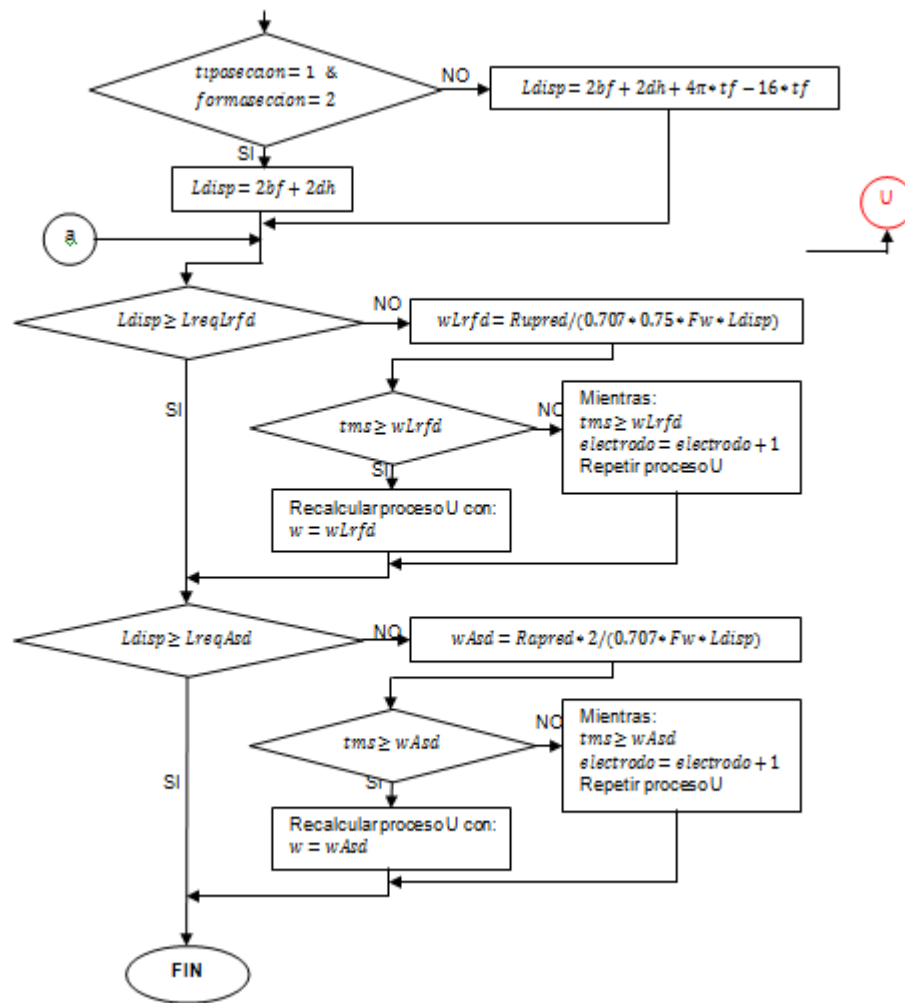




ANEXOS No 4
DIAGRAMA DE FLUJO – SOLDADURA







ANEXOS No 5
MANUAL DEL USUARIO – PLACA BASE
VENTANA DE DATOS Y VENTANA DE RESULTADOS

Diseño de Anclajes de Vigas y Columnas Metálicas

Diseño Placa Base




Resistencia Requerida [Ton]

	Axial	Corte	Momento
D =	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
L =	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Ex =	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Ey =	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Características de la Columna

Tipo de Sección:

Forma de Sección:

d/h [cm] =

k/lf [cm] =

bf [cm] =

tw [cm] =

Características de la Cimentación

Relación entre cimentación y placa base =

Distribución de Esfuerzos:

Características del Acero

Tipo de Acero:

Fy [kg/cm2] =

Fu [kg/cm2] =

E [kg/cm2] =

Características del Hormigón

f'c [kg/cm2] =




Diseño de Anclajes de Vigas y Columnas Metálicas

RESULTADOS PLACA BASE




Resistencia Requerida [Ton]

Método LRFD		Método ASD	
Pu =	<input type="text"/>	Pa =	<input type="text"/>
Vu =	<input type="text"/>	Va =	<input type="text"/>
Mu =	<input type="text"/>	Ma =	<input type="text"/>

Dimensiones de la Placa Base

	Método LRFD	Método ASD
N [cm] =	<input type="text"/>	<input type="text"/>
B [cm] =	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Con Atiesadores		
<input type="text"/>		
Sin Atiesadores		
t [cm] =	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Dimensiones de la Cimentación

	Método LRFD	Método ASD
N2 [cm] =	<input type="text"/>	<input type="text"/>
B2 [cm] =	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Resistencia Disponible [Ton]

Método LRFD		Método ASD	
Pu =	<input type="text"/>	Pa =	<input type="text"/>
Con Atiesadores			
Pu =	<input type="text"/>	Pa =	<input type="text"/>
Sin Atiesadores			



ANEXOS No 6
MANUAL DEL USUARIO – PLACA DE SOPORTE
VENTANA DE DATOS Y VENTANA DE RESULTADOS

Diseño de Anclajes de Vigas y Columnas Metálicas

Diseño Placa de Soporte




Resistencia Requerida [Ton]
Axial

D =
L =
Ex =
Ey =

Características de la Columna

Tipo de Sección
Forma de Sección

d/h [cm] =
k/lf [cm] = Ver Figura
bf [cm] =
tw [cm] =
K [cm] =

Características del Hormigón

f'c [kg/cm2] =

Características del Acero

Tipo de Acero
Fy [kg/cm2] =
Fu [kg/cm2] =
E [kg/cm2] =

Características del Soporte

Relación entre soporte y placa de soporte =
Longitud de Apoyo de Soporte [cm] =
Ancho del Apoyo de Soporte [cm] =



Diseño de Anclajes de Vigas y Columnas Metálicas

RESULTADOS PLACA DE SOPORTE




Resistencia Requerida [Ton]

Método LRFD Método ASD

Pu = Pa =

Resistencia Disponible [Ton]

Método LRFD Método ASD

Pu = Pa =

Dimensiones de la Placa de Soporte

Método LRFD Método ASD

N [cm] =
B [cm] =
t [cm] =

Dimensiones del Apoyo de la Viga

Método LRFD Método ASD

N [cm] =
B [cm] =



ANEXOS No 7
MANUAL DEL USUARIO – PERNOS/VARILLAS DE
ANCLAJE
VENTANA DE DATOS Y VENTANA DE RESULTADOS

Diseño de Anclajes de Vigas y Columnas Metálicas

Diseño Pernos/Varillas de Anclaje

Resistencia Requerida [Ton]

	Axial	Corte	Momento
D =	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
L =	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Ex =	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Ey =	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Características Placa Base/Placa Soporte

Columna Viga

Características del Acero

Tipo de Acero:

Fy [kg/cm2] =

Fu [kg/cm2] =

Dimensiones Placa Base/Soporte

N [cm] =

B [cm] =

t [cm] =

Tipo de Superficie:

Tipo de Borde:

Características Perno/Varilla de Anclaje

Perno de Anclaje Varilla de Anclaje

Grado del Perno:

Tipo de Perno:

Tipo de Anclaje:

Gancho de 90° Gancho de 180°

Fy [kg/cm2] =

Fu [kg/cm2] =

Considerar el Deslizamiento como un Estado Límite

Incluir Perno/Varilla en el Plano de Corte

Considerar Deformación de la Perforación

Armadura con Revestimiento Epóxico

Características / Dimensiones Columna

tw [cm] =

tf [cm] =

Distribución de Esfuerzos:

Diseño de Anclajes de Vigas y Columnas Metálicas

RESULTADOS PERNOS/VARILLAS DE ANCLAJE

Resistencia Requerida [Ton]

Método LRFD	Método ASD
Pu = <input type="text"/>	Pa = <input type="text"/>
Vu = <input type="text"/>	Va = <input type="text"/>
Mu = <input type="text"/>	Ma = <input type="text"/>

Resistencia Disponible [Ton]

Método LRFD	Método ASD
Vu = <input type="text"/>	Va = <input type="text"/>

Características de Pernos/Varillas de Anclaje

	Método LRFD	Método ASD
Diámetro [pulg] =	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Número de Pernos/Varillas [-] =	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Distancia Mínima al Borde [cm] =	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Separación Mínima entre Pernos/Varillas [cm] =	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Penetración del Perno/Varilla [cm] =	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Pretensión Mínima del Perno/Varilla [Ton] =	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Juntas Apernadas

Dimensión del Agujero [cm] =

Juntas Soldadas

Dimensión del Agujero parte superior [cm] =

Dimensión del Agujero parte inferior [cm] =

ANEXOS No 8
MANUAL DEL USUARIO – SOLDADURA
VENTANA DE DATOS Y VENTANA DE RESULTADOS

Diseño de Anclajes de Vigas y Columnas Metálicas

Diseño Soldadura de Filete




Cargas Requeridas [Ton]

Corte

D =

L =

Ex =

Ey =



Características de la Columna

Tipo de Sección

Forma de Sección

d/h [cm] =

k/lf [cm] = Ver Figura

bf [cm] =

tw [cm] =

Características de la Placa Base/Apoyo

Espesor [cm] =

Características del Acero

Tipo de Acero

Fy [kg/cm2] =

Fu [kg/cm2] =

E [kg/cm2] =

Características del Electrodo

Tipo de Electrodo

Retroceder
Continuar
Salir



Diseño de Anclajes de Vigas y Columnas Metálicas

RESULTADOS SOLDADURA DE FILETE




Resistencia Requerida [Ton]

Método LRFD Método ASD

Vu = Va =

Resistencia Disponible Metal Base [Ton]

Método LRFD Método ASD

Vu = Va =

Características de la Soldadura

Electrodo [-] =

Método LRFD Método ASD

Longitud Disponible [cm] =

Longitud Requerida [cm] =

Resistencia Disponible Metal de Aportación [Ton]

Método LRFD Método ASD

Vu = Va =



Retroceder
Salir

ANEXOS No 9
MANUAL DEL USUARIO – DISEÑO GENERAL
VENTANA DE DATOS Y VENTANA DE RESULTADOS

Diseño de Anclajes para Vigas y Columnas Metálicas

Resistencia Requerida [Ton]

	Axial	Corte	Momento
D =	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
L =	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Ex =	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Ey =	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Características del Acero

Tipo de Acero:

Fy [kg/cm2] =

Fu [kg/cm2] =

E [kg/cm2] =

Características Placa Base/Soporte

Tipo de Superficie:

Tipo de Borde:

Características de la Cimentación

Hormigón Agrietado
 Hormigón de Agregados Livianos

f'c [kg/cm2] =

Relación entre cimentación y placa base/soporte =

N [cm] =

B [cm] =

Distribución de Esfuerzos:

Características de la Columna/Viga

Columna Viga

Con atiesadores Sin atiesadores

Tipo de Sección:

Forma de Sección:

d/fh [cm] =

k/tf [cm] =

tf [cm] =

tw [cm] =

K [cm] =

Características de Soldadura

Tipo de Electrodo:

Características Perno/Varilla de Anclaje

Perno de Anclaje Varilla de Anclaje

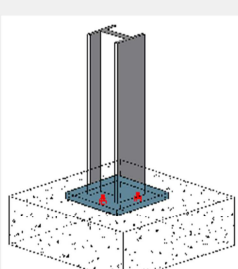
Grado del Material:

Tipo de Perno:

Tipo de Anclaje:

Fy [kg/cm2] =

Fu [kg/cm2] =



- Gancho de 90°
- Gancho de 180°
- Considerar Deformación de la Perforación
- Incluir Perno/Varilla en el Plano de Corte
- Perno/Varilla con Revestimiento Epóxico

Considerar el Deslizamiento como un Estado Límite

RESULTADOS DE ANCLAJE DE VIGAS Y COLUMNAS METÁLICAS

Resistencia Requerida [Ton]

Norma =

Método =

P =

V =

M =



Resistencia Disponible [Ton]

Rdisp =

Perno/Varilla de Anclaje

Resistencia Disponible [Ton]

Rdisp =

Características

Diámetro [cm] =

Número de Pernos/Varillas [-] =

Distancia Mínima al Borde [cm] =

Separación Mínima entre Pernos/Varillas [cm] =

Penetración del Perno/Varilla [cm] =

Pretensión Mínima del Perno/Varilla [Ton] =

Juntas Apertadas

Dimensión del Agujero [cm] =

Juntas Soldadas

Dimensión del Agujero parte superior [cm] =

Dimensión del Agujero parte inferior [cm] =

Placa Base/Placa de soporte

Resistencia Disponible [Ton]

Rdisp =

Dimensiones

N [cm] =

B [cm] =

t [cm] =

Dimensiones Cimentación/Soporte

N2 [cm] =

B2 [cm] =

Soldadura

Resistencia Disponible Metal Base [Ton]

Rdisp =

Resistencia Disponible Metal de Aportación [Ton]

Rdisp =

Características

Electrodo [-] =

Tamaño Máximo [cm] =

Tamaño Mínimo [cm] =

Longitud Disponible [cm] =

Longitud Requerida [cm] =

ANEXOS No 10
MANUAL DEL USUARIO – FLEXIÓN BIAxIAL
VENTANA DE DATOS Y VENTANA DE RESULTADOS

Diseño de Anclajes para Vigas y Columnas Metálicas

Diseño de Anclajes para Vigas y Columnas Metálicas

Método Asd Método Lrfd

Resistencia Requerida [Ton]

	Axial	Corte	Momento en X	Momento en Y
D =	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
L =	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Ex =	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Ey =	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Características del Acero

Tipo de Acero: ASTM A36

Fy [kg/cm2] = 2540

Fu [kg/cm2] = 4100

E [kg/cm2] = 2043000

Características Placa Base/Soporte

Tipo de Superficie: Clase A

Tipo de Borde: Cizallados

Características de Soldadura

Tipo de Electrodo: E60xx

Características Perno/Varilla de Anclaje

Perno de Anclaje Varilla de Anclaje

Grado del Material: Grado 36

Tipo de Perno: A325

Tipo de Anclaje: Con gancho

Fy [kg/cm2] = 5695.92

Fu [kg/cm2] = 7383.6

Gancho de 90° Gancho de 180°

Considerar el Deslizamiento como un Estado Límite Considerar Deformación de la Perforación

Incluir Perno/Varilla en el Plano de Corte Perno/Varilla con Revestimiento Epáxico

Características de la Cimentación

Hormigón Agrietado Hormigón de Agregados Livianos

f'c [kg/cm2] =

Relación entre cimentación y placa base =

N [cm] = [Ver Figura](#)

B [cm] =

Distribución de Esfuerzos:

Características de la Columna

Con atiesadores Sin atiesadores

Tipo de Sección: Sección I

Forma de Sección: Armada

d/h [cm] =

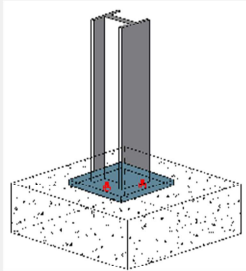
ktf [cm] =

bf [cm] =

tw [cm] =

[Ver Figura](#)

[Retroceder](#) [Continuar](#) [Salir](#)



Diseño de Anclajes de Vigas y Columnas Metálicas

RESULTADOS DE ANCLAJE DE VIGAS Y COLUMNAS METÁLICAS

Resistencia Requerida [Ton]

	Dirección X	Dirección Y
P =	<input type="text"/>	<input type="text"/>
V =	<input type="text"/>	<input type="text"/>
M =	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Norma =

Método =



[Ver Diagrama de Interacción](#)

[Ver Diagrama de Interacción](#)

Perno/Varilla de Anclaje

Resistencia Disponible [Ton]

R =

Características

Diámetro [pulg] =

Distancia Mínima al Borde [cm] =

Separación Mínima entre Pernos/Varillas [cm] =

Penetración del Perno/Varilla [cm] =

Pretensión Mínima del Perno/Varilla [Ton] =

Juntas Apertadas

Dimensión del Agujero [cm] = [Ver Figura](#)

Juntas Soldadas

Dimensión del Agujero parte superior [cm] = [Ver Figura](#)

Dimensión del Agujero parte inferior [cm] =

Número de Pernos/Varillas [-] =

Placa Base

Resistencia Disponible [Ton]

R =

Dimensiones

N [cm] =

B [cm] = [Ver Figura](#)

t [cm] =

Dimensiones Cimentación/Soporte

N2 [cm] = [Ver Figura](#)

B2 [cm] =

Soldadura

Resistencia Disponible Metal Base [Ton]

R =

Resistencia Disponible Metal de Aportación [Ton]

R =

Características

Electrodo [-] =

Tamaño Máximo [cm] =

Longitud Disponible [cm] =

Tamaño Mínimo [cm] =

Longitud Requerida [cm] =

[Retroceder](#) [Salir](#)