



UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
DE CUENCA

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA**

*Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo*

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA,  
INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**OPTIMIZACION PARA EL PREDIMENSIONAMIENTO  
DE PLACAS BASE DE COLUMNAS UTILIZANDO  
SMATH STUDIO**

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

**AUTOR: MARLON ALEXIS CARAGUAY PANGOL**

**DIRECTOR: MSC. ING. EDUARDO DIONEY PALMA  
ZAMBRANO.**

**CUENCA - ECUADOR**

**2024**

**DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA**

*Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo*

**UNIDAD ACADÉMICA INGENIERÍA, INDUSTRIA  
Y CONSTRUCCIÓN**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**OPTIMIZACION PARA EL PREDIMENSIONAMIENTO DE  
PLACAS BASE DE COLUMNAS UTILIZANDO SMATH  
STUDIO**

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

**AUTOR: MARLON ALEXIS CARAGUAY PANGOL**

**DIRECTOR: MSC. ING. EDUARDO DIONEY PALMA  
ZAMBRANO.**

**CUENCA – ECUADOR**

**2024**

**DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO**

## **DECLARATORIA DE AUTORÍA Y RESPONSABILIDAD**

**Marlon Alexis Caraguay Pangol**, portador de la cedula de ciudadanía N° **1105214868**.

Declaro ser autor de la obra: **“Optimización para el predimensionamiento de placas base de columnas utilizando Smath Studio”**, sobre la cual me hago responsable sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaro que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximo a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaro finalmente que mi obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación e innovación, sobre la que también me responsabilizo y eximo a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

Cuenca, **25 de marzo de 2024**

F: .....

**Marlon Alexis Caraguay Pangol**

**C.I. 1105214868**

**CERTIFICACIÓN**

Yo, Ing. M.s.C. Eduardo Palma Zambrano, certifico que el presente trabajo de titulación realizado por el Sr. Marlon Alexis Caraguay Pangol, egresado de la UNIDAD ACADEMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN, fue desarrollado bajo mi supervisión y tutoría con el tema **“OPTIMIZACIÓN PARA EL PREDIMENSIONAMIENTO DE PLACAS BASE DE COLUMNAS UTILIZANDO SMATH STUDIO”**.

Atentamente,

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO

F: ..... 

**Ing. M.s.C. Eduardo Palma Zambrano**

**C.I. 1716685191**

**DOCENTE-TUTOR**



**DEDICATORIA**

*Este trabajo va dedicado especialmente a Dios, por haberme regalado la vida y demostrarme que todo en la vida tiene un propósito sea bueno o malo.*

*A mis padres, por ser quienes me apoyaron en todo momentos y su cariño fue mi pilar fundamental en la vida para poder seguir adelante cumpliendo mis propósitos, y demostrarme que a pesar de mis errores siempre seguirán apoyándome.*

*A mis hermanas por estar siempre presentes en todo momento dándome ánimos y apoyo, a toda mis familiares que me han demostrado que a pesar de todo siempre estarán para apoyarse mutuamente.*

*A mis abuelitos, quienes han sido un gran pilar para el desarrollo de mi vida, enseñándome el valor de la vida, apreciar cada momento, apreciar cada detalle y ser desarrollarme como persona para ser mejor ser humano que aporte a la sociedad.*

*-Marlon Caraguay*

## AGRADECIMIENTOS

*A Dios, por darme el regalo de la vida, por demostrarme a su manera que todos podemos superarnos, teniendo fe y fuerza de voluntad.*

*A mi Padre por ser mi apoyo en mi momentos más difíciles, por encaminarme a esta carrera desde pequeño.*

*A mi Madre, por ayudarme en todo este camino, brindándome cariño y apoyo en los momentos difíciles y sobre todo por hablarme las verdades de la vida en forma cruda pero real.*

*A toda mi Familia, por siempre estar conmigo y apoyarme en todo el proceso de estudio.*

*A la Universidad Católica de Cuenca, por haberme dado un espacio en la formación como profesional, regalándome espacios cómodos, conocimientos necesarios y docentes de calidad.*

*Al Ing. Eduardo Palma que, con su conocimiento, enseñanza, apoyo y exigencias he logrado realizar este trabajo de la mejor manera.*

*A mis todos mis amigos, dentro y fuera de las aulas, que de alguna manera me han apoyado para poder seguir adelante, a toda la gente que se ha ido de mi lado por diferentes circunstancias y aun así han logrado enseñarme diferentes cosas que atesorare.*

*-Marlon Caraguay*

## RESUMEN

La presente investigación se centra en el desarrollo de una herramienta digital para optimizar el diseño y verificación de la unión entre columna, placa base y cimentación. Esta unión crítica en estructuras de edificación requiere un análisis preciso y eficiente para garantizar la seguridad y el rendimiento del conjunto.

El objetivo principal es desarrollar una herramienta digital que automatice el predimensionamiento de la unión columna-placa base-cimentación, agilizando el proceso de diseño y verificación para los ingenieros civiles.

La metodología de la investigación comprende de una revisión bibliográfica que analizará la normativa y literatura técnica relevante para identificar los parámetros y criterios de diseño de la unión, un desarrollo de la herramienta donde se implementará la herramienta digital utilizando el software Smath Studio, integrando algoritmos para el cálculo y verificación de la unión según las normas NEC 15, ACI 318-19, AISC 360-16, AISC 341-16 y AWS D1.1, para pórticos SMF.

La herramienta digital desarrollada proporcionará los resultados, dando así una optimización del tiempo de diseño, reducción significativa del tiempo dedicado al predimensionamiento de la unión, cálculos y verificaciones precisas de la capacidad de la unión para resistir las fuerzas y momentos actuantes, datos de salida.

*Palabras clave:* Placas de anclaje, Smath Studio, SMF, Conexión.

**ABSTRACT**

This research focuses on developing a digital tool to optimize the design and verify the connection between the column, base plate, and foundation. This critical connection in building structures requires precise and efficient analysis to ensure safety and performance.

This study aims to develop a digital tool that automates the pre-sizing of the column-base plate-foundation connection, streamlining the design and verification process for civil engineers.

The research methodology includes a literature review to analyze relevant regulations and technical literature to identify the parameters and design criteria of the connection. A tool development phase will implement the digital tool using Smath Studio software, integrating algorithms for the calculation and verification of the connection according to NEC 15, ACI 318-19, AISC 360-16, AISC 341-16, and AWS D1.1 standards for Special Moment Frames (SMF) portals.

The developed digital tool will provide results, thus optimizing the design time, significantly reducing the time dedicated to pre-sizing the connection, and providing precise calculations and verifications of the connection's capacity to withstand acting forces and moments.

*Keywords:* anchor plates, Smath Studio, SMF, connection.

## TABLA DE CONTENIDOS

<b>DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y RESPONSABILIDAD.....</b>	<b>i</b>
<b>CERTIFICACIÓN.....</b>	<b>ii</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>iii</b>
<b>AGRADECIMIENTOS.....</b>	<b>iv</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>vi</b>
<b>TABLA DE CONTENIDOS .....</b>	<b>vii</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>x</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>xi</b>
<b>Capítulo 1 Introducción. ....</b>	<b>1</b>
Formulación del Problema.....	1
Delimitación del Problema .....	2
Justificación del Problema .....	3
Objetivos .....	4
<b>General.....</b>	<b>4</b>
<b>Específicos.....</b>	<b>4</b>
<b>Capítulo 2 Marco teórico y estado del arte.....</b>	<b>5</b>
Estado del Arte.....	5
Marco Teórico.....	7
<b>Conceptos Claves .....</b>	<b>7</b>
Hormigón .....	7
Tipos de Hormigón .....	7
Resistencia a compresión del hormigón .....	7
Acero.....	8
Clasificación de los Aceros.....	8
Grados de los Aceros .....	8
Acero de Refuerzo .....	8
Resistencia a la fluencia del acero .....	9
Barras de Anclaje.....	9
Tamaño de las Barras de Anclaje según su grado.....	9
Soldadura .....	11
Tipos de Soldadura .....	11
Placa Base o Placa de anclaje .....	11
Pernos de Anclaje .....	12
Aplicaciones de los Pernos de Anclaje .....	12
Llaves de Corte .....	13
Solicitaciones de Diseño .....	14
Sobrecargas.....	14
Smath Studio.....	14
Fuerza Axial.....	15
Fuerza Cortante.....	15
Resistencia a la flexión .....	15

Bases de Columnas y aplastamiento del concreto (Verificación de excentricidad)	16
Excentricidad de la Fuerza Axial .....	17
Excentricidad Crítica de la unión Placa-Columna .....	17
Resistencia requerida a flexión en dirección “m” .....	18
Resistencia requerida a flexión en dirección “n” .....	22
Fuerzas de tracción en las barras de anclaje .....	23
Flexión de la plancha base, en interfaz de tracción .....	24
Espesor final de la plancha base .....	26
Diseño de las barras de anclaje .....	26
Verificación de diseño de las barras de anclaje .....	32
Soldadura .....	32
Rotura en tracción del anclaje.....	34
Resistencia por arrancamiento en concreto.....	35
Refuerzo de anclaje.....	38
Longitud de desarrollo de las barras de refuerzo .....	39
Verificación de resistencia al arrancamiento del concreto .....	40
Resistencia a la extracción por el deslizamiento en tracción.....	40
Resistencia a la extracción mediante uso de barras de anclaje con cabeza .....	41
Resistencia al desprendimiento lateral del concreto .....	42
Diseño de llave de corte.....	43
Esfuerzos cortante .....	44
Dimensionamiento de placa base.....	45
SQLite: La base de datos embebida.....	46
<b>Normativas Empleadas.....</b>	<b>47</b>
NEC 15 (Estructuras de Acero) .....	47
ACI 318-19 .....	48
ANSI/AISC 360-16.....	48
ANSI/AISC 341-16.....	48
AWS D1.1/D1.1M .....	49
Evaluación del comportamiento de los anclajes mecánicos para instalar en hormigón endurecido (ACI 355.2). .....	49
<b>Capítulo 3 Materiales y métodos. ....</b>	<b>51</b>
<b>Capítulo 4 Resultados y discusión. ....</b>	<b>74</b>
Ejemplo 1.....	83
Ejemplo 2.....	86
Ejemplo 3.....	87
<b>Capítulo 5 Conclusiones y recomendaciones.....</b>	<b>89</b>
Conclusiones .....	89
Recomendaciones .....	90
<b>Referencias Bibliográficas.....</b>	<b>91</b>
<b>Índice de Anexos .....</b>	<b>95</b>
<b>Anexo 1 Codificación del Programa.....</b>	<b>96</b>
<b>Anexo 2 Ejemplo dado por GORA TOOLS y Comparado con PLACASTUDIO .....</b>	<b>134</b>
<b>Anexo 3 Programación en IDEASTATICA del ejemplo de GORA TOOLS .....</b>	<b>139</b>
<b>Anexo 4 Ejemplo 4.6 del libro Base Plate and Anchor Rod Design .....</b>	<b>143</b>

<b>Anexo 5 Ejemplo 4.7 del libro base Plate and Anchor Rod Design.....</b>	<b>146</b>
--	------------

**ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1 .....	10
Tabla 2 .....	10
Tabla 3 .....	11
Tabla 4 .....	27
Tabla 5 .....	29
Tabla 6 .....	33



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Plano en detalle de una placa Base.....	12
Figura 2. Aplicación de pernos de anclaje .....	13
Figura 3. Perspectiva de llave de corte .....	14
Figura 4. Resistencia a flexión en dirección "m".....	18
Figura 5. Perspectiva frontal de la placa.....	19
Figura 6. Resistencia a flexión en dirección "n" .....	22
Figura 7. Resistencia de la plancha base.....	25
Figura 8. Cálculos de separación entre pernos.....	36
Figura 9. Vista en planta de la base de concreto.....	37
Figura 10. Perspectiva frontal de refuerzo de anclaje.....	39
Figura 11. Esfuerzos cortantes del perfil .....	45
Figura 12. Vista Superior del dimensionamiento .....	45
Figura 13. Vista frontal del plano .....	46
Figura 14. Programa SQLite .....	47
Figura 15. Pernos de anclaje .....	50
Figura 16. Diagrama de Flujo de Placa base.....	52
Figura 17. Diagrama de Flujo para Barras de Anclaje.....	53
Figura 18. Diagrama de Flujo para Soldadura .....	54
Figura 19. Diagrama de Flujo para Arandelas y Llaves de Corte.....	55
Figura 20. Pestañas de PLACASTUDIO.....	56
Figura 21. Datos estructurales.....	57
Figura 22. Opciones de listas despegables.....	57
Figura 23. Datos Generales.....	58
Figura 24. Numeric Up-down para las cantidades de pernos .....	58
Figura 25. Programación de datos .....	59
Figura 26. Tabla de comprobación .....	59
Figura 27. Programación de elementos.....	60
Figura 28. Comando Line .....	61
Figura 29. Programación de tamaños de pernos con matrices.....	62
Figura 30. Comando If.....	63
Figura 31. Comando max.....	63
Figura 32. Comando min .....	64
Figura 33. Ingreso de datos.....	64
Figura 34. Datos de salida.....	65
Figura 35. Datos de salida mostrados .....	66
Figura 36. Programación de figuras.....	67
Figura 37. Comando For .....	67
Figura 38. Programación de cotas.....	68
Figura 39. Plano en vista superior.....	69
Figura 40. Plano en vista frontal .....	69
Figura 41. Guía de Usuario .....	70
Figura 42. Opciones de guardado, impresión de resultados .....	72
Figura 43. Pestaña de Datos de entrada (Datos Estructurales, Datos Generales).....	74
Figura 44. Pestaña de Datos de Entrada (Barra de anclaje, Soldadura, Barras de refuerzo.) ..	75
Figura 45. Pestaña de Datos de Entrada (Arandela y Llave de Corte) .....	75
Figura 46. Pestaña de Verificaciones (Placas base, Barras de anclaje, Soldadura, Barra de refuerzo longitudinal).....	76
Figura 47. Pestaña de Verificaciones (Arandela, Llave de corte).....	76

Figura 48. Datos de Salida (Predimensionamiento de: Placas base, barras de anclaje, barras de refuerzo, arandela, llave de corte).....	77
Figura 49. Plano Final Vista Superior.....	77
Figura 50. Plano Final, Vista frontal.....	78
Figura 51. Guía de Usuario.....	78
Figura 52. Guía de Usuario (Datos de entrada) .....	79
Figura 53. Guía de Usuario (Datos Generales).....	79
Figura 54. Guía de Usuario (Datos de entrada, Barras de anclaje, soldadura, Barras de refuerzo).....	80
Figura 55. Guía de Usuario (Datos de entrada, Barras de refuerzo, Longitud de desarrollo) .	80
Figura 56. Guía de Usuario (Datos de entrada, Arandelas, Llave de corte) .....	81
Figura 57. Guía de Usuario (Comprobación de solicitudes).....	81
Figura 58. Guía de Usuario (Comprobación de solicitudes, Datos de salida) .....	82
Figura 59. Guía de Usuario (Datos de salida y Plano).....	82

## **Capítulo 1**

### **Introducción.**

Las placas base metálicas también conocidas como placas de anclaje sísmico o placas de acero son elementos fundamentales en la ingeniería, diseño u obras civiles que se desempeñan un cargo especial en la seguridad y estabilidad distintas obras civiles. Las placas cumplen la función de anclar componentes estructurales a los cimientos de hormigón armado o soportes, asegurando que las fuerzas sísmicas, de viento u otras cargas sean resistidas de manera efectiva (Machado, 2019).

Existen en la actualidad diferentes tipos y dimensiones de placas de anclaje dependiendo de las obras estructurales a las serán utilizadas, y su instalación debe realizarse cuidadosamente para evitar errores, como la estabilidad y resistencia de una estructura. Es importante seguir las normas y regulaciones locales al instalar placas de anclaje para garantizar su correcto funcionamiento y seguridad.

Actualmente el avance tecnológico permite tener programas computacionales que han ayudado a automatizar procesos lógicos, brindando así un resultado preciso y optimizado en poco tiempo. Se ha desarrollado una herramienta empleando el software libre “Smath Studio”, el cual permite llevar a cabo el dimensionamiento, cálculo y verificación de placas de anclaje destinadas a columnas metálicas.

### **Formulación del Problema**

El problema planteado de la investigación será la necesidad de diseñar y optimizar una placa base metálica que evite los problemas de inestabilidad estructural, desplazamientos laterales, separación entre componentes y fatigas estructurales. Actualmente en el mercado digital los programas disponibles para este propósito no son muy extensas ya que el enfoque de la mayoría se va en la estructura y no en su unión. Programas disponibles actualmente en este enfoque no son de muy publicitados ni accesibles a profesionales o estudiantes debido a

su costo o accesibilidad. La investigación propondrá abordar problemas mediante el desarrollo de un programa accesible, fácil de entender y usar para el dimensionamiento simple y optimo con sus respectivas verificaciones.

### **Delimitación del Problema**

En relación a lo planteado anteriormente, se requiere elaborar un programa digital que permita el análisis, dimensionamiento y calculo para una placa de anclaje metálica, en la cual conste dentro de las selecciones los tamaños de pernos, barras, longitudes y espesores necesarios.

Además, se debe tener en cuenta las normativas que se rigen para estos diseños, de manera principal en la cual se usan las normas del Instituto Americano de Construcción en Acero (AISC) con el cual se usara como base para apoyarse en la “American Society for Testing and Materials” (ASTM) que ayudara en las propiedades de los materiales y tamaños que de las diferentes piezas necesarias en el desarrollo de la placa base, se usará también la norma del Instituto Americano del Concreto (ACI) enfocada en el anclaje de placa-concreto; en la parte metodológica será enfocado en el Special Moment Frame (SMF) para la parte estructural, para la parte de unión es enfocada específicamente en columnas metálica Tipo W que son las más usadas y de mejor anclaje con las placas metálicas.

El programa brindara las opciones de modificar todos los datos de entrada como pueden ser las cargas solicitadas, el tipo de columna, la resistencias de materiales, números de pernos utilizados, predimensionamiento deseado, tamaño de pernos y barras de anclaje, tipo de soldadura, barras de refuerzo y longitud de desarrollo, llaves de corte; de tal manera que después se realizara un análisis automático de verificación de cumplimiento de los requerimientos estructurales para evitar problemas; una vez comprobado que todos los requerimientos se cumplen se darán los datos de salida en donde se dará a conocer el dimensionamiento completo para cada parámetro requerido y por último dando un gráfico

detallado de las dimensiones de la placa, su espesor, sus número de pernos, sus tamaños, sus barras de anclaje con su respectiva cabeza con su correcta distribución.

### **Justificación del Problema**

Para un constructor es de uso cotidiano el uso de las placas base, puesto que se utilizan los mismos cuando es requiere hacer la unión entre columna a la cimentación de manera correcta para poder aprovechar su distribución de cargas.

El cálculo óptimo de estas placas es un proceso lógico e iterativo que nos ayudara a optimizar y reducir la probabilidad de errores en los cálculos si se programa de manera adecuada.

Sin embargo, el tiempo y los distintos tipos de metodologías que se necesitan para realizar dichos cálculos es alto debido a la cantidad de iteraciones y comprobaciones que se necesita realizar ya que en muchas ocasiones algunas medidas no se encontraran en el mercado por lo que se optimizara aquellos cálculos para dar unas dimensiones óptimas para garantizar un correcto diseño de las placas.

## **Objetivos**

### **General**

Desarrollar un programa gratuito empleando el software Smath Studio para el predimensionamiento y optimización de las placas base de columnas en estructuras metálicas con metodología pórticos SMF.

### **Específicos**

- Desarrollar un diagrama de flujo, un algoritmo y la programación necesaria que permitan dar a conocer el proceso lógico con su respectiva verificación de parámetros que seguirá el programa.
- Validar el programa mediante la comparación de los resultados obtenidos de casos presentados en diversas fuentes bibliográficas y software privado, asegurando su validez con alta confiabilidad.
- Elaborar una guía de usuario del programa que facilite a los usuarios comprender su funcionamiento y utilizarlo de manera intuitiva.

## Capítulo 2

### Marco teórico y estado del arte.

#### Estado del Arte

Las placas de anclaje son un tema de mucha importancia en cuanto al soporte y distribución de cargas de la estructura hacia el suelo. Su diseño y desarrollo adecuado debe ser de vital importancia para tener una estructura resistente, confiable durante su tiempo de vida útil (Crea, 2023).

Muchos programas han sido creados por diferentes personas, son de mucha ayuda para los profesionales hasta cierto punto, ya que la mayoría de programas computacionales son pagadas y enfocadas más a toda la estructura, por lo que analizar solo la placa base no tiene mucho alcance de análisis profundo, sino que utiliza el método más básico el LRFD. De manera similar la metodología de los programas gratuitos tiene algunas limitaciones que generan un poco de malestar al momento de utilizarlos (Contreras & Berni, 2022).

Uno de estos programas de construcción es el SAP2000 que tiene un costo de \$2700 cotizado a fecha del 30 de abril de 2021 y es de pago único, aquel valor da una licencia vitalicia, aquella licencia también incluirán las próximas versiones que salgan a futuro. Aquel software de análisis y diseño estructural desarrollado por la compañía CSI (Computers and Structures) que es de gran ayuda y utilización en el área de ingeniería civil gracias a las ventajas como: Modelado de estructuras, análisis estático y dinámico, análisis de elementos finitos, análisis no lineal, cargas y combinaciones de carga, resultados y visualización de la estructura, comportamiento de la estructura e integración con otros programas (*CSI Spain | SAP2000*, 2024).

SKYCIV es otro software constructivo de paga en el que su precio va dependiendo de la versión que se necesite y la suscripción siendo de manera mensual o anual, siendo la versión “Basic” el más económico con un costo de \$69 el mes y la versión de mayor valor

“Enterprise” que tiene un valor de \$5000 anualmente. Repasando con la ventaja de este software, se analiza sus tipos de precios que son mucho más flexibles sumando a que es un software versátil y accesible para ingenieros estructuras que tienen una interfaz basada en la web que permite colaborar en línea, facilitando la comunicación y la revisión de diseños entre equipos también un punto atractivo que tiene es en la generación de informes detallados del proyecto (SkyCiv, 2013).

El software ETABS tiene un costo de \$5875 por una licencia vitalicia, valor cotizado desde el 30 de abril de 2021 y significa “Extended Three-dimensional Analysis of Building Systems” programa desarrollado por la misma compañía que el SAP2000 con unos complementos más amplios como análisis y diseño de edificios en múltiples pisos modelando de manera detallada las estructuras tridimensionales, así como también ventajas como el análisis estático y dinámico, diseño de sistemas de cimentación más completos al igual que la generación de informes automáticamente (CSI, 2024).

En el apartado de las verificaciones estructurales se puede recurrir a Robot Structural Analysis que tiene una variedad de precios dependiendo del tiempo sea mensual o anual, dando un costo de \$435 por mes. Es un programa computacional desarrollado por Autodesk para evaluar y diseñar una variedad de estructuras, sin embargo, es más utilizado a lo que se refiere en elementos de conexión utilizados en estructuras para anclar como vigas, columnas, tensores, placas base, etc. (Autodesk, 2024).

El CYPECAD es un software de análisis y diseño estructural que incluye herramientas para el diseño de estructuras metálicas. Tiene un costo de \$3896.20 la versión completa que contiene un modelado de precisión en la geometría de cualquier elemento al igual que su conexión a la estructura principal, utiliza mucho el análisis de elementos finitos dando también una integración de otros programas como CYPE 3D dando una generación de informes con una imagen precisa de los comportamientos de la estructura (Cype, 2022).



GUIDE es un programa que da cálculos de diseño rápidos, el cumple una variedad de estándares de diseño, incluyendo American, europeas, y normas australianas. Con informes completos y claros paso a paso, también comprenderá exactamente lo que está haciendo el software, actualmente tiene un costo único de adquisición de \$160 (Melisa, 2013).

## **Marco Teórico**

### **Conceptos Claves**

#### **Hormigón**

El hormigón es una mezcla de agua, cementos y distintos tipos de agregados, en algunos casos se complementa con el uso de aditivos, su principal característica estructural es la resistencia a los esfuerzos de compresión, pero no tienen buen comportamiento frente a otros tipos de esfuerzos (tracción, flexión, cortante, etc.) por este motivo es habitual usarlo asociado al acero (Steeven et al., 2019).

#### **Tipos de Hormigón**

El hormigón por su variada composición de materiales y con distintos aditivos puede dar a lugar la creación de distintos tipos como: Hormigón ordinario, hormigón en masa, hormigón armado, hormigón pretensado, mortero, hormigón ciclópeo, hormigón sin finos, hormigón aireado y hormigón de alta densidad. Cada uno de estos tipos tiene una cualidad que los diferencia de los demás y que ayuda en diferentes campos de la construcción (RUBI, 2022).

#### **Resistencia a compresión del hormigón**

Los valores de  $f'c$  (Resistencia a la Compresión) debe estar de acuerdo al capítulo 19 del ACI 318-19 en el apartado 19.2.1.1. (ACI (318), 2019)

Para la normativa ecuatoriana de la Construcción (NEC) establece un valor mínimo de  $f'c = 21MPa$  para hormigones normales, esto debido a que el hormigón

debe cumplir con requisitos para condiciones de exposición ambiental (NEC 15, 2015).

### **Acero**

El acero es uno de los materiales más importantes actualmente en la construcción, se sabe que aproximadamente el 80% de los metales producidos corresponden al acero (Maldonado Flores, 1996), quien obtienen distinto tipo de grado de importancia debido a su combinación de materiales, resistencia, facilidad de fabricación y un rango de propiedades con bajo costo. Este material es una combinación de aleaciones de hierro y carbono dependiendo del porcentaje de carbono en el acero (Maldonado Flores, 1996).

### **Clasificación de los Aceros**

Según la SAE, clasifica los aceros en: acero al carbono, acero de media aleación, aceros de fácil maquinabilidad o aceros resulfurados, aceros aleados para aplicaciones en construcciones comunes, aceros inoxidables y aceros de alta resistencia y baja aleación (Aceromafe, 2022).

### **Grados de los Aceros**

La ASTM aprobó las normas para las placas y laminados en caliente que son A36, A572, A242, A588, A709, A852, A514, A913 Y A992 (Maldonado Flores, 1996). Cada uno cuenta con sus especificaciones técnicas, sus verificaciones, esfuerzos y espesores (ASTM, 2018).

### **Acero de Refuerzo**

Se diferencia de los Aceros Estructurales ya que es de un grado menor y su límite de fluencia puede variar, es muy utilizado en las construcciones de estructuras para fortalecer y reforzar estructuras de hormigón. También se conoce como varillas de refuerzo o varillas de acero (UNAM, 2010).

Las varillas de grado A42 con un esfuerzo de 420 MPa y A52 con un esfuerzo de 520 MPa, son de las más comunes en nuestro medio (*VARILLA G-42 – Global Aceros – Construyendo México*, 2020).

### **Resistencia a la fluencia del acero**

Es la capacidad mecánica que tiene el acero de soportar las deformaciones permanentes bajo una carga constante a una temperatura específica. Esta resistencia se le conoce en aceros como límite elástico o de fluencia del acero, que es el nivel de tensión al que el material comienza a deformarse permanentemente (Maldonado Flores, 1996).

En el ACI 318-19, se trata sobre este tema en el capítulo 20 que trata sobre el refuerzo de acero, como las características del acero y las cualidades que se deben emplear en el diseño (ACI (318), 2019).

### **Barras de Anclaje**

Son elementos constructivos para proporcionar una sujeción y resistencia de arrancamiento de la estructura de acero con la mampostería. Se instalan principalmente para mejorar la capacidad de carga, resistencia a fuerzas de tracción, mejorar estabilidad y la resistencia estructural en general (Celigüeta, 2017).

Según la AISC 360-16 los materiales de las barras de anclaje debe estar de acuerdo con las especificaciones acordes a la ASTM, en donde se recomienda la norma ASTM F1554 con su respectivo grado de fluencia (AISC 360-16, 2016).

### **Tamaño de las Barras de Anclaje según su grado**

Debido a que existen distintos grados de acero en la norma F1554, en donde los grados se dividen en: Grado 36, Grado 55 y Grado 105.

En el grado 36 se puede tener distintos tamaños, rendimientos, reducción de área, etc. Como se verifica en la siguiente tabla:

**Tabla 1**

Resistencia a la fluencia de 36 ksi (F1554 grado 36)

Grado	Tamaño	Tensión	Rendimiento	Rendimiento	% Elong	% De reducción de área
	in	ksi	ksi min	MPa min		
36	1/2 a 4	58 a 80	36	248	23	40

**Nota.** Fuente: Pernos de Anclaje de Acero F1554 S.A.S.

En el grado 55 se puede tener un poco más de variedad en tamaños, rendimientos, reducción de área, etc. Como se verifica en la siguiente tabla:

**Tabla 2**

Resistencia a la fluencia de 55 ksi (F1554 grado 55)

Grado	Tamaño	Tensión	Rendimiento	Rendimiento	% Elong	% De reducción de área
	in	ksi	ksi min	MPa min		
55	1/4 a 2	75 a 95	55	380	21	30
	2+1/4 a 2+1/2	75 a 95	55	380	21	22
	2+3/4 a 3	75 a 95	55	380	21	20
	3+1/4 a 4	75 a 95	55	380	21	18

**Nota.** Fuente: Pernos de Anclaje de Acero F1554 S.A.S.

En el grado 105 cuenta con la variedad de solo 2 tamaños, rendimientos, reducción de área, etc. Como se verifica en la siguiente tabla:

**Tabla 3**

105 ksi de límite de fluencia en mínimo (F1554 grado 105)

Grado	Tamaño	Tensión	Rendimiento	Rendimiento	% Elong	% De reducción de área
	in	ksi	ksi min	MPa min		
105	1/2 a 3	125 a 150	105	724	15	45

**Nota.** Fuente: Pernos de Anclaje de Acero F1554 S.A.S.

### **Soldadura**

La soldadura es el proceso de unión de 2 o más piezas de metal mediante la aplicación de calor, presión o combinación de ambos. Su función principal es una conexión sólida y duradera entre las piezas de modo que funcione como una sola estructura (American Welding Society, 2010).

Se aplican las disposiciones del código “Structural Welding Code-Steel (AWS D1.1)” o “Código de Soldadura Estructural”

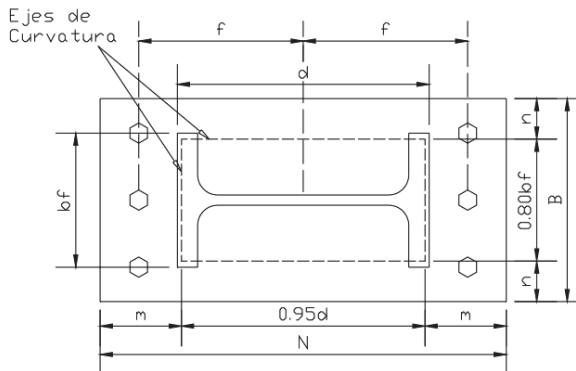
### **Tipos de Soldadura**

Existen varios métodos de soldadura en el cual el proceso implica fundir o ablandar los extremos de las piezas que se solidifiquen y formen una conexión fuerte, algunos de los métodos son: Soldadura por arco eléctrico, Soldadura por gas, Soldadura por resistencia, Soldadura por fricción, Soldadura laser y Soldadura con haz de electrones (AISC 360-16, 2016).

### **Placa Base o Placa de anclaje**

Las placas base son elementos estructurales de conexión, que constituyen la interface entre columna-cimentación (Crea, 2023). Aquella placa recibe las cargas de la columna de acero y su función es distribuirla en un área de concreto localizado en

la parte inferior de la placa. En donde el área de distribución de cargas debe ser correctamente dimensionada para evitar sobredimensionamiento, evitar que sobresfuerce y se fracture por aplastamiento (Carlos Saavedra, 2018).



**Figura 1. Plano en detalle de una placa Base**

**Fuente: Guía de diseño de acero “Base Plate and Anchor Rod Design”.**

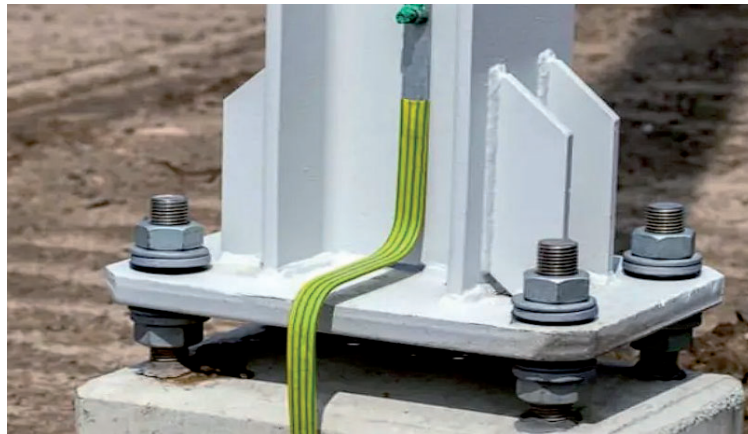
### **Pernos de Anclaje**

Los pernos de anclaje son una barra de acero con la característica que al sumergirse en cemento o anclarse a un elemento endurecido transmite diferentes fuerzas aplicadas al sujetar la superficie (Colombia, 2018). Este elemento es considerado como soporte metálico con su objetivo de trabajo es realizado por la resistencia mecánica al desplazamiento en toda la longitud (Lemus & Meneses, 2019).

### **Aplicaciones de los Pernos de Anclaje**

Empezaremos con los anclajes que son utilizados en distintas situaciones que requieren de conexiones entre el suelo y un elemento de fijación para soportar un estado de esfuerzos, según (Celigüeta, 2017) los pernos desempeñan un papel crucial en el respaldo de taludes durante excavaciones y en situaciones donde se busca estabilizar la masa del suelo en un muro de tierra para prevenir posibles colapsos al reducir la resistencia al corte del terreno. En algunas circunstancias, es común utilizar

anclajes post instalados, como los de inyección, con el fin de evitar el colapso y garantizar la seguridad estructural (Colombia, 2018).



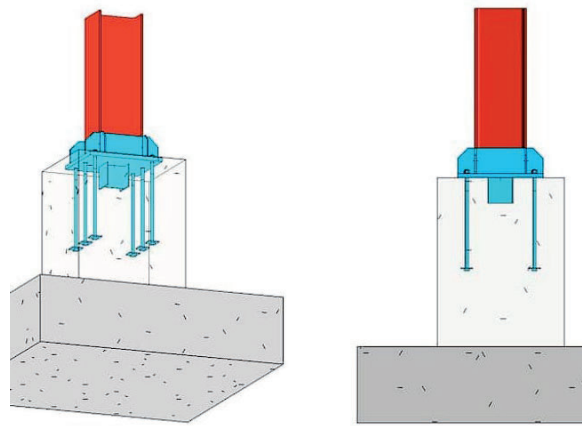
*Figura 2. Aplicación de pernos de anclaje*

*Fuente: tomado de la MULTIPERNOS 2023*

### **Llaves de Corte**

La llave de corte o cortante es un elemento estructural que se utiliza en conexiones de placa base articulada con el objetivo de resistir las fuerzas de cortante elevadas. Va soldada a la cara inferior de la placa base y debe tenerse cuidado en el detallado constructivo para evitar interferencias con los pernos de anclaje (Armijo, 2014).

Su diseño está basado en las normativas ACI 318-19 para el apartado de concreto y en la norma AISC 360-16 en el apartado G2.



***Figura 3. Perspectiva de llave de corte***

***Fuente: Tomado de Estructuras y CO.***

### **Solicitaciones de Diseño**

Las solicitaciones de diseños se refieren a las fuerzas, cargas o condiciones que actúan en sobre una estructura realizada, en la cual las condiciones deben ser analizadas de manera interna o externa, también podemos analizar en conjunto las mayoraciones de carga que serán las sobre cargas (Juan Roldán Ruiz, 2010).

### **Sobrecargas**

Las sobrecargas son las cargas ocasionales que se pueden generar en la estructura, tales como mantenimiento o algún suceso natural, para ello el diseño de las estructuras se utilizan factores de seguridad que se aplican a las cargas normales y para cada miembro sea en la acción que este realizando (McCormac, 2013).

### **Smath Studio**

Smath-Studio es una aplicación matemática convincente. Permite realizar cálculos simbólicos y numéricos rápidos y eficientes, lo que lo convierte en una mejor alternativa. Los desarrolladores continúan agregando nuevas características y funcionalidades a este programa con regularidad (Sergey Grunenko, 2022).



Smath Studio es un programa matemático de ligero peso, pero a su vez con potente editor WYSIWYG con soporte completo para unidades de medida, donde proporciona numerosas funciones informáticas y un interfaz sencillo de fácil manejo.

Smath Studio empieza a darse un lugar dentro del ámbito de la investigación y un gran enfoque en el desarrollo electrónico para realizar análisis preliminares en un software gratuito para la ingeniería (Andrey Ivashov, 2021).

### **Fuerza Axial**

La resistencia axial requerida se basa en la normativa “Seismic Provisions for Structural Steel Buildings” (Juan Roldán Ruiz, 2010) en donde las cargas, se calcularan como la suma de las distancias verticales entre los componentes de las resistencias de vinculación necesarias con elementos de acero que se encuentran conectados al pedestal de columna, conforme al artículo D2.6, sección A de la AISC 341-16 (Contreras & Berni, 2022).

### **Fuerza Cortante**

La resistencia a cortante requerida se basa en la normativa “Seismic Provisions for Structural Steel Buildings” (Juan Roldán Ruiz, 2010) en donde las cargas, será la sumatoria de las componentes horizontales de las resistencias de conexión requeridas de los elementos de acero que están conectados a la base de la columna en la siguiente manera, para nuestro estudio usaremos el artículo D2.6 apartado B de la normativa (Piedra & Gutiérrez, 2006).

### **Resistencia a la flexión**

La resistencia a flexión requerida se basa en la normativa Seismic Provisions for Structural Steel Buildings (ANSI/AISC (341-16), 2016), será la sumatoria de los requisitos requeridos Resistencias de conexión de los componentes de acero que estén unidas a la soporte de la columna como se dicta en el apartado D2.6 c .

### **Bases de Columnas y aplastamiento del concreto (Verificación de excentricidad).**

Se empieza a realizar la adaptación de las medidas adecuados para la transferencia de carga y momentos de columna a las placas y estas a su vez a las zapatas (Machado et al., 2019).

La normativa AISC 360-16 en el apartado J8 (Soportes de Columnas y compactación del concreto) evalúa la incorporación de la resistencia a la compresión en el diseño, la resistencia de aplastamiento que admite el material y el estado límite de aplastamiento de concreto con los siguientes datos. (AISC 360-16, 2016)

$$P_p = 0.85 * f'c * A_2 * \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \leq 1.7 * A_1 * f'c \quad (1)$$

Donde:

$P_p$ : Resistencia al aplastamiento del concreto.

$f'c$ : Resistencia a compresión del hormigón.

$A_1$ : área de aplastamiento concéntrico de acero sobre un soporte de concreto en  $cm^2$ .

$A_2$ : Área de la porción de la superficie de apoyo concéntrica en el área de carga en  $cm^2$ .

Para valores técnicos podemos usar la misma fórmula en 2 variables en donde con ellas lograremos obtener la máxima presión de contacto sobre el pedestal de concreto

$$f_{p\_max} = \min \left( 0.85 * f'c * A_2 * \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \quad \text{ó} \quad 1.7 * A_1 * f'c \right) \quad (2)$$

Donde:

$f_{p\_max}$ : Máxima presión de contacto sobre el pedestal de concreto.

$f'_c$ : Resistencia a compresión del hormigón.

$A_1$ : área de aplastamiento concéntrico de acero sobre un soporte de concreto en  $cm^2$ .

$A_2$ : Área de la porción de la superficie de apoyo concéntrica con el área de carga en  $cm^2$ .

### **Excentricidad de la Fuerza Axial**

Se refiere al desplazamiento lateral de la línea de acción hacia una carga axial con respecto al centro de la resistencia de una sección estructural. En donde analizaremos la flexión y carga axial en la unión de placa-columna (Contreras & Berni, 2022).

$$e = \frac{M_u}{P_u} \quad (3)$$

Donde:

$e$ : Excentricidad de la fuerza axial.

$M_u$ : Momento Flector

$P_u$ : Carga Axial

### **Excentricidad Crítica de la unión Placa-Columna**

Consiste en el valor máximo de la excentricidad que una estructura puede soportar las cargas sin perder la estabilidad sin poner en riesgo la estructura, la excentricidad crítica varía dependiendo del tipo de la estructura y el material utilizado por lo que se debe tener en cuenta esta variable para garantizar un diseño seguro y eficiente (Contreras & Berni, 2022).

$$e_{crit} = \frac{N}{2} - \frac{P_u}{2 * B * f_{p\_max}} \quad (4)$$

Donde:

$f_{p\_max}$ : Máxima presión de contacto sobre el pedestal de concreto.

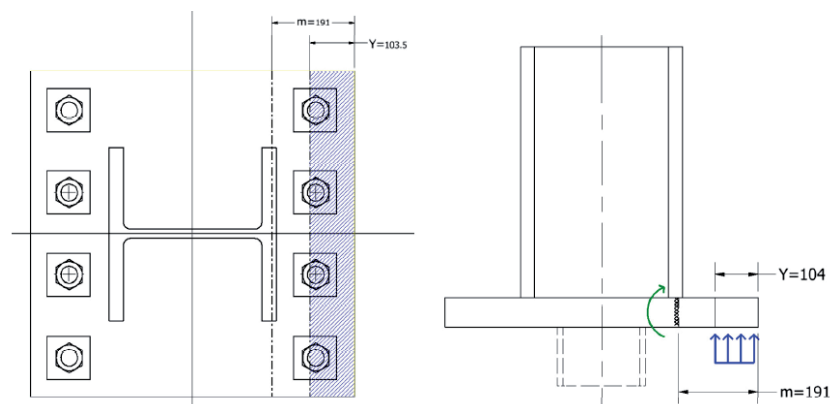
$N$ : Ancho de placa.

$B$ : Largo de placa

$P_u$ : Carga Axial.

### Resistencia requerida a flexión en dirección “m”

Se debe cumplir la resistencia requerida a flexión de la placa base la cual se guía bajo las ecuaciones del equilibrio estático para una viga en voladizo y una carga distribuida sobre el ancho Y.



**Figura 4. Resistencia a flexión en dirección "m"**

**Fuente: tomado de la GORA TOOLS (Diseño de placa base)**

Así mismo primero debemos calcular la distancia “M” que tiene la placa.

$$m = \frac{N - 0.95 * d}{2} \quad (5)$$

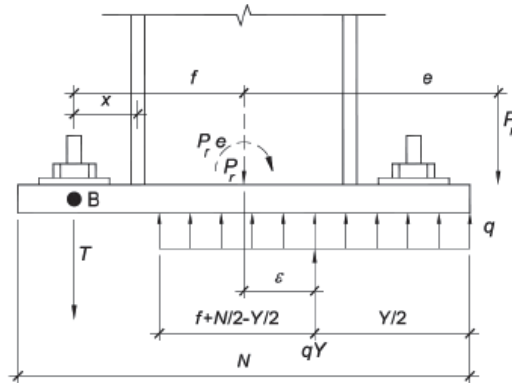
Donde:

$m$ : Distancia en la dirección m.

$N$ : Ancho de placa.

$d$ : Altura del perfil escogido

Se procede con el cálculo del momento por unidad de ancho, consiste en la correcta distribución del momento flector actuante en la unión dividido por la anchura de la placa de unión.



**Figura 5. Perspectiva frontal de la placa**

**Fuente: Guía de diseño de acero “Base Plate and Anchor Rod Design”.**

Aquí se tiene la condición de la distancia  $Y$  para ello debemos calcular el resto de parámetros.

$$f = \frac{N}{2} - S_v \quad (6)$$

Donde:

$f$ : Distancia “f”

$N$ : Ancho de placa.

$S_v$ : Distancia del centro del perno hasta el borde de la placa base

Una vez realizados estos cálculos procedemos a realizar el cálculo “ $Y$ ” definitivo

$$Y = \left(f + \frac{N}{2}\right)^2 - \sqrt{\left(f + \frac{N}{2}\right)^2 - \frac{2 * P_u * (e + f)}{f_{p\_max} * B}} \quad (7)$$

Donde:

$Y$ : Distancia del borde hasta la excentricidad.

$N$ : Ancho de placa.

$f$ : Distancia “f”

$P_u$ : Carga Axial.

$e$ : Excentricidad de la fuerza axial.

$B$ : Largo de placa

$f_{p\_max}$ : Máxima presión de contacto sobre el pedestal de concreto ( $f_p$ ).

Una vez determinado los parámetros “Y” y “M” se procede hacer el análisis para el momento por unidad de ancho.

El momento por unidad de ancho consiste en la correcta distribución del momento flector actuante en la unión dividido por la anchura de la placa de unión.

**a)** Primero debemos verificar el parámetro en el cual  $Y \geq m$

$$M_{pl} = f_p * Y * \left(m - \frac{Y}{2}\right) \quad (8)$$

Donde:

$M_{pl}$ : Momento por unidad de ancho

$f_p$ : Máxima presión de contacto sobre el pedestal de concreto.

$Y$ : Distancia del borde hasta la excentricidad.

$m$ : Distancia en la dirección m.

Continúan los cálculos de espesores de placa para poder cumplir el momento por ancho de unidad al igual se calcula dependiendo del parámetro entre “Y” y “m”.

En este caso tenemos:

$$t_{preq} = \sqrt{\frac{4 * M_{pl}}{0.9 * F_y}} \quad ( 9 )$$

Donde:

$t_{preq}$ : Espesor requerido

$M_{pl}$ : Momento por grosor de unidad

$F_y$ : Módulo de fluencia del acero.

**b)** Debemos verificar el parámetro en el cual  $Y < m+$

$$M_{pl} = f_p * \left(\frac{m^2}{2}\right) \quad ( 10 )$$

Donde:

$M_{pl}$  =: Momento por unidad de ancho

$f_p$ : Máxima presión de contacto sobre el pedestal de concreto.

$m$ : Distancia en la dirección m.

Nuevamente en este parámetro se debe calcular un espesor para este aparatado el cual será el siguiente formulación:

$$t_{preq} = 1.5 * m * \sqrt{\frac{f_p}{F_y}} \quad ( 11 )$$

Donde:

$t_{preq}$ : Espesor requerido

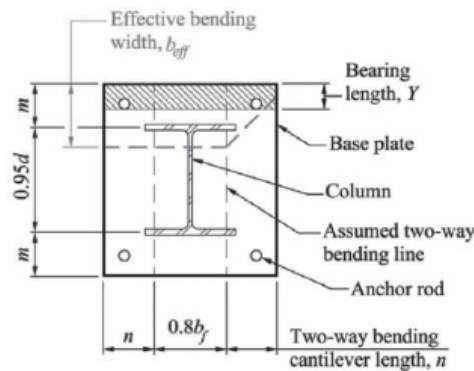
$m$ : Distancia en la dirección m.

$f_p$ : Máxima presión de contacto sobre el pedestal de concreto.

$F_y$ : Modulo de fluencia del acero.

### Resistencia requerida a flexión en dirección “n”

Aquí se basa en los modelos propuestos por Edward Haninger and Bruce Tong con el tema “Doblado bidireccional de placas base bajo una fuerza uniaxial con enfoque alternativo de carga de momento”



**Figura 6. Resistencia a flexión en dirección "n"**

**Fuente: tomado de la GORA TOOLS (Diseño de placa base)**

Así mismo primero se debe calcular la distancia “n” que tiene la placa.

$$n = \frac{N - 0.8 * b_f}{2} \quad ( 12 )$$

Donde:

$n$ : Distancia en la dirección n.

$N$ : Ancho de placa.

$b_f$ : Base efectiva del perfil escogido

Una vez determinado los parámetro “n” se procede hacer el ancho efectivo a flexión dependiendo de la longitud de apoyo “Y”, en donde igualmente debe seguir ciertos parámetros

**a)** Primero debemos verificar el parámetro en el cual  $Y < 2 * n$



$$b_{eff} = \frac{Y}{2} + n \quad ( 13 )$$

Donde:

$b_{eff}$  : Ancho efectivo a flexión

$n$ : Distancia en la dirección  $n$ .

$Y$ : Distancia del borde hasta la excentricidad.

**b)** Verificamos el parámetro en el cual  $Y > 2 * n$

$$b_{eff} = Y \quad ( 14 )$$

Donde:

$b_{eff}$  : Ancho efectivo a flexión

$Y$ : Distancia del borde hasta la excentricidad.

Nuevamente se empieza con los cálculos de espesores de placa para poder cumplir el requerimiento para las fuerzas de tracción en las barras de anclaje, en la cual tendremos la siguiente ecuación:

$$t_{preq} = \sqrt{\frac{4 * M_{pl}}{0.9 * F_y}} \quad ( 15 )$$

Donde:

$t_{preq}$ : Espesor requerido

$M_{pl}$  : Momento por unidad de ancho

$F_y$ : Modulo de fluencia del acero.

### **Fuerzas de tracción en las barras de anclaje**

La fuerza de tracción en una barra de anclaje se refiere a la fuerza que actúa para estirar o alargar la barra de anclaje en dirección a la que este aplicada, este tipo

de fuerza esta opuesta a la compresión, por lo que se debe calcular una barra resistente a esta fuerza (Melisa, 2013).

Primero se determina la fuerza que se ejerce en cada barra de anclaje.

$$T_u = f_{p\_max} * B * Y - P_u \quad ( 16 )$$

Donde:

$T_u$ : Fuerza de Tracción.

$f_{p\_max}$ : Máxima presión de contacto sobre el pedestal de concreto ( $f_p$ ).

$P_u$ : Carga Axial.

$Y$ : Distancia del borde hasta la excentricidad.

$B$ : Largo de placa

Una vez determinado la fuerza de tracción en cada barra de anclaje se procede a calcular la carga de tracción en cada perno de anclaje.

$$T_{u\_rod} = \frac{T_u}{n_t} \quad ( 17 )$$

Donde:

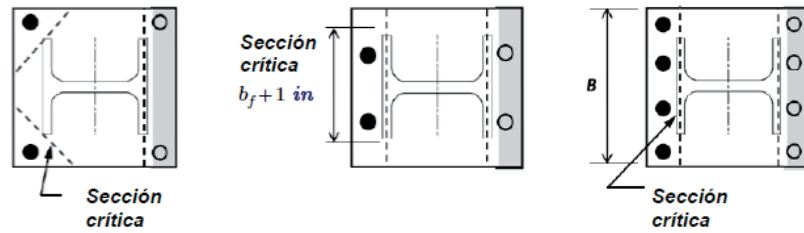
$T_{u\_rod}$ : Fuerza de Tracción en cada perno de anclaje.

$T_u$ : Fuerza de Tracción.

$n_t$ : Numero de pernos a tracción

### **Flexión de la plancha base, en interfaz de tracción**

Una vez calculados todas las cargas de tracción en los pernos, se procede a la flexión de la plancha base con referencia a la tracción.



**Figura 7. Resistencia de la plancha base**

**Fuente: Guía de diseño de acero “Base Plate and Anchor Rod Design”.**

Se desea calcular el espesor necesario para prevenir la flexión de la plancha y las fuerzas de tracción que van sobre cada uno de los pernos dando como base cada uno de los casos de flexión que se ven en la imagen anterior.

$$w = B \quad ( 18 )$$

Donde

$w$ : Ancho de la sección crítica.

$B$ : Largo de placa base.

Se empieza calculando las distancia desde el centro del patín o ala hasta el centro del perno en tracción.

$$x = \frac{N - (d - t_f)}{2} - s_v \quad ( 19 )$$

Donde

$x$ : Distancia desde el centro de ala hasta el eje de tracción.

$N$ : Ancho de placa.

$s_v$ : Distancia del centro del perno hasta el borde de la placa base

$d$ : Altura del perfil escogido

$t_f$ : Espesor del patín.

Para acabar con este apartado, se requiere calcular el espesor para la flexión de la plancha base en donde se tiene la siguiente formula:

$$t_{p_{req}} = \sqrt{\frac{4 * T_u * x}{0.9 * F_y * w}} \quad ( 20 )$$

Donde:

$t_{p_{req}}$ : Espesor requerido

$T_u$ : Fuerza de Tracción.

$x$ : Distancia desde el centro del patín o ala hasta el centro del perno en tracción

$F_y$ : Modulo de fluencia del acero.

$w$ : Ancho de la sección critica.

### **Espesor final de la plancha base**

Para este apartado se van a requerir los espesores calculados de los apartados de flexión de la plancha base y las flexiones de plancha en zonas de compresión en dirección “m” y “n”.

Se realiza una comparación de los espesores requeridos en cada apartado, los cuales se deberán comparar y seleccionar el valor máximo que se tiene entre los 3 apartados dando un espesor seleccionado.

### **Diseño de las barras de anclaje**

En el enfoque de las barras de anclaje se referirá a la especificación y disposición de las barras de acero que se utiliza para proporcionar la tenacidad en estructuras de concreto. Las barras de anclaje son importantes para garantizar la estabilidad y seguridad de estructuras en conexiones (Lemus & Meneses, 2019).

La selección de las barras de anclaje se define por su grado del material, dependiendo de cada grado se especifica un tamaño.

**Tabla 4**

Tamaños de la barra de anclaje según el grado en la norma F1554

TAMAÑO DEL DIÁMETRO DE LA BARRA DE ANCLAJE DEPENDIENDO DE SU GRADO, SEGUN NORMA F1554						
	Tamaño (in)	Tensión (ksi)	Rendimiento Mínimo (ksi)	Rendimiento Mínimo (MPa)	% min. de elong.	% Reducción de Área
<b>Grado 36</b>	1/2 a 4	58-80	36	248	23	40
<b>Grado 55</b>	1/2 a 4	75-95	55	380	21	30
	2+1/4 a 2+1/2	75-95	55	380	21	30
	2+3/4 a 4	75-95	55	380	21	30
	3+1/4 a 4	75-95	55	380	21	30
<b>Grado 105</b>	1/2 a 3	125	105	724	15	45

**Nota.** Fuente de Pernos de Anclaje para cimientos

Para el estudio tendremos en cuenta la relación que tiene la carga longitudinal existente, las fuerzas de corte analizada y la flexión en las barras de anclaje, todo esto en base a la normativa (AISC 360-16, 2016) formula J3.3a “Combinación de tracción y corte en Conexión Tipo Aplastamiento” en donde dicta que la resistencia de tracción y corte debe estar de acuerdo con los estados límites de rotura y corte de acuerdo con la siguiente especificación (AISC 360-16, 2016):

$$\phi = 0.75 \text{ (LRFD)} \quad (J3 - 2)$$

$$f_t \leq \phi * F'_{nt} = \phi * \left( 1.3 * F_{nt} - \left( \frac{F_{nt}}{\phi * F_{nv}} \right) * f_v \right) \quad (21)$$

$$(AISC 360 - J3.3a)$$

De aquella formula se podrán sacar diferentes parámetros, todos y cada uno de ellos tomado según la AISC.

$$F_{nt} = 0.75 * F_u \quad ( 22 )$$

(AISC 360 – Tabla J3.2)

Donde:

$F_{nt}$ : Resistencia de tracción nominal en tensión.

$F_u$ : Resistencia Ultima del material

$$F_{nv} = 0.40 * F_u \quad ( 23 )$$

(AISC 360 – Tabla J3.2)

Donde:

$F_{nv}$ : Resistencia de Tensión a corte nominal, con rosca incluida en corte.

$F_u$ : Resistencia Ultima del material

Una vez calculados los parámetros necesarios, se empieza a calcular los parámetros necesarios como la tracción en cada perno, la cantidad de anclajes que se encuentren bajo la fuerza de corte, el cortante dado en los perno, el diámetro de perno, área del perno y su modulo plástico de anclaje (Celigüeta, 2017).

Empezando la selección con las dimensiones recomendadas de agujeros y arandelas mediante la AISC (Steel Construcción Manual 13th), basándose en la tabla 14-2 (Tamaños máximos para las perforaciones de las barras de anclaje en las placas de anclaje (AISC, 2014)).

**Tabla 5**

Tamaño para pernos según AISC Manual Construction

**Tabla 14-2****Tamaños máximos recomendados para orificios para varillas de anclaje en placas base**

<i>Diámetro de la varilla de anclaje</i>	<i>Diámetro máximo del agujero</i>	<i>Tamaño mínimo de la arandela</i>	<i>Espesor mínimo de la arandela</i>	<i>Diámetro de la varilla de anclaje</i>	<i>Diámetro del agujero</i>	<i>Tamaño mínimo de la arandela</i>	<i>Espesor mínimo de la arandela</i>
<i>in</i>	<i>in</i>	<i>in</i>		<i>in</i>	<i>in</i>	<i>in</i>	
3/4	1+5/16	2	1/4	1+1/2	2+5/16	3+1/2	1/2
7/8	1+9/16	2+1/2	1+3/4	1+3/4	2+3/4	4	5/8
1	1+13/16	3	3/8	2	3+1/4	5	3/4
1+1/4	2+1/16	3	1/2	2+1/2	3+3/4	5+1/2	7/8

**Nota:**

1. Se aceptan arandelas circulares o cuadradas que cumplan con el tamaño de la arandela.
2. Se debe considerar el espacio libre al elegir la ubicación adecuada del orificio de la varilla de anclaje, nada afecta la posición de la varilla en el orificio con respecto a la columna, el tamaño de la soldadura y otras interferencias.
3. Cuando las placas base son menores que 1+1/4 in, perforar los orificios puede ser una opción económica; en este caso, 3/4 in se pueden usar varillas de anclaje de 1+1/16 y orificios perforados con ASTM F844 arandelas en lugar de arandelas de placa fabricadas.

**Nota.** Fuente: Tabla 14.2 del AISC Manual Construction 15 edición

Una recomendación que se da para prevenir el punzonamiento de las arandelas del anclaje donde usamos la tabla 14-2 en donde especifican el tamaño del agujero, dimensiones y espesores mínimos de la arandela con respecto a su diámetro nominal, procedemos a calcular los espesores de la arandela mediante su grado de acero.

- a) Cálculo para espesor de arandela si el grado es 36

$$t_{washer} \geq \text{Tabla 14} - 2$$

- b) Cálculo para espesor de arandela si el grado es 36

$$t_{washer} \geq 0.40 * d_{rod}$$

Donde:

$t_{washer}$  : Espesor de arandela.

$d_{rod}$ : Tamaño de barra.

c) Cálculo para espesor de arandela si el grado es 36

$$t_{washer} \geq 0.69 * d_{rod}$$

Donde:

$t_{washer}$  : Espesor de arandela.

$d_{rod}$  : Tamaño de barra.

Al tener el espesor de la arandela, se empieza con los cálculos estructurales de tensión cortante, tensión axial por tracción, el alcance de la flexión, un momento flector actuante, la tensión axial por flexión, Tensión total. (McCormac, 2013).

**a) Tensión Cortante**

$$f_v = \frac{V_u}{n_v * A_a} \quad ( 24 )$$

Donde:

$f_v$  : Tensión cortante.

$V_u$  : Fuerza Cortante.

$n_v$  : Numero de anclajes sometidos a corte.

$A_a$  : Área del perno.

**b) Tensión axial por tracción**

$$f_{ta} = \frac{T_u}{n_t * A_a} \quad ( 25 )$$

Donde:

$f_{ta}$  : Tensión axial por tracción.

$T_u$  : Fuerza de tracción en anclajes.

$n_t$  : Numero de pernos a tracción.

$A_a$  : Área del perno.

**c) Longitud de flexión**



$$l_a = t_p + \frac{1}{2} * t_{washer} \quad ( 26 )$$

Donde:

$l_a$  : Longitud de flexión.

$t_p$  : Espesor de la plancha o placa.

$t_{washer}$  : Espesor de arandela.

**d)** Momento flector

$$M_{tb} = \frac{V_u * l_a}{2 * n_v} \quad ( 27 )$$

Donde:

$M_{tb}$  : Momento Flector.

$l_a$  : Longitud de flexión.

$V_u$  : Fuerza Cortante.

$n_v$ : Numero de anclajes sometidos a corte.

**e)** Tensión axial por flexión

$$f_{tb} = \frac{M_{tb}}{Z_a} \quad ( 28 )$$

Donde:

$f_{tb}$  : Tensión Axial por flexión.

$M_{tb}$  : Momento Flector.

$Z_a$  : Modulo Plástico del anclaje.

**f)** Tensión axial total

$$f_t = f_{ta} + f_{tb} \quad ( 29 )$$

Donde:

$f_t$  : Tensión Axial total.

$f_{ta}$  : Tensión axial por tracción.

$f_{tb}$  : Tensión Axial por flexión.

### **Verificación de diseño de las barras de anclaje**

Para poder verificar el diseño de barras de anclaje que cumplan con los parámetros establecidos anteriormente se recurren a las ecuaciones de la AISC 360 (J3.3). Primero debemos resolver las primeras ecuaciones y comparar con la tensión axial total donde si cumplen esta correctamente el diseño (AISC 360-16, 2016).

$$\phi F'_{nt} = \phi * (1.3 * \left( \frac{F_{nt}}{\phi * F_{nv}} \right) * f_v) \quad ( 30 )$$

Donde:

$F_{nt}$ : Resistencia de tracción nominal en tensión.

$F_{nv}$ : Resistencia de Tensión a corte nominal, rosca incluida en plano de corte.

$f_v$  : Tensión cortante.

Se debe hacer el calculo  $\phi * F_{nt}$  donde se calcula de la siguiente manera:

$$\phi F_{nt} = 0.75 * F_{nt} \quad ( 31 )$$

En el paso final de verificación, se debe comparar la tensión axial total comparada con los parámetros anteriores:

$$f_t \leq \min(\phi F'_{nt}, \phi F_{nt}) \quad ( 32 )$$

### **Soldadura**

Se debe realizar el cálculo de la soldadura entre columna y la placa base, en este apartado verificaremos que la soldadura debe ser capaz de desarrollar la capacidad de la resistencia del material de aporte (Vera Argullo, 2009).

Para el tema se utilizan las soldadura en las alas como una soldadura de penetración compleja (CJP).

Para la soldadura que se hace en el alma se debe realizar el cálculo de la resistencia del material con el espesor requerido del tipo de soldadura.

**Tabla 6**

Tipos de Filete para soldadura estructural

Clasificación	Valores mínimos	
	Resistencia a la tensión (lb/pulg)	Resistencia a la cedencia (lb/pulg)
E60XX	62000	50000
E70XX	70000	57000
E80XX	80000	67000
E90XX	90000	77000
E100XX	100000	87000
E110XXX	110000	95000
E120XXX	120000	107000

a. En este tipo de electrodos se utiliza el recubrimiento tipo bajo hidrogeno unicamente

**Nota.** Fuente: Tabla 4.13 Grupo de clasificación de electrodos tomados del código de soldadura estructural AWS D1.1

Se recuerda que todos estos parámetros están sujetos a la normativa AWS D1.1 que es el Código de soldadura estructural – acero.

Una vez realizado el análisis completos de los parámetros necesarios, para empezar, se tiene que dar con los factores de seguridad dada en la AISC 360-16 en la Tabla J2.5 ( $\phi$ ).

$$\phi * 0.6 * F_{EXX} * (2) * w * L_w * \frac{\sqrt{2}}{2} \geq 0.6 * R_y * F_y * t_w * l_w \quad ( 33 )$$

AISC 360 – J2.5

De esta igualdad se debe encontrar los parámetros establecidos para encontrar el espesor del filete requerido contra el espesor del filete propuesto.

En donde:

A)  $F_{EXX}$  es la resistencia del metal de aporte y varía según el tipo de filete  
(E70XX es lo más recomendado)

B) Calcular el  $w_{req}$

$$w_{req} = \frac{0.6 * R_y * F_y * t_w}{\phi * 0.6 * F_{EXX} * \sqrt{2}} \quad ( 34 )$$

Donde:

$R_y$ : Factor de Sobrerresistencia del acero.

$F_y$ : Esfuerzo de fluencia del material.

$t_w$  : Espesor del alma.

$F_{EXX}$  : Resistencia del metal de aporte E70XX.

### **Rotura en tracción del anclaje**

Se usan los estados límites de rotura en tracción y en corte de acuerdo con los siguientes factores de seguridad:  $\phi = 0.75$  (LRFD)

Primero se va a realizar el cálculo de la resistencia nominal del acero de anclaje en tracción, para ello se va a utilizar una combinación de las normativa ACI 318-19 con Steel Construction Manual 14th (AISC, 2014).

Primero se va a calcular el número de hilos por pulgada, tomado de las tablas C-1 ASME B1.1 – Tabla 7.17 Steel Construction Manual 14th.

$$P = 6 * \frac{1}{in} \quad ( 35 )$$

Donde:

P = Es la cantidad de hilos que se tiene por pulgada.

Para complementarlo se busca el área efectiva de las barras de anclaje mediante el apartado (ACI (318), 2019) R.17.6.1.2 , deben tener una sección

disminuida en cualquier lugar dentro del anclaje con el concreto, como es el caso del área de sección efectiva del anclaje que deber ser tomada por la ASME B1.1

definiendo lo siguiente:

$$A_{seN} = \frac{\pi}{4} * (d_a - \frac{0.9743}{P})^2 \quad ( 36 )$$

Donde:

$A_{seN}$  : Área efectiva de la barra de anclaje.

$d_a$  : Tamaño nominal de la barra.

P : Es el número de hilos por pulgada.

### **Resistencia por arrancamiento en concreto**

Los estados límites para el arrancamiento del concreto para anclajes en tracción según se define en el capítulo 17 de la (ACI (318), 2019), en el cual primero debe ser calculado una área de arrancamiento.

Para este apartado de la investigación se enfocan en la normativa ACI 318.19 (17.6.2) Resistencia al arrancamiento del concreto de anclajes en tracción,  $N_{cb}$  (ACI (318), 2019).

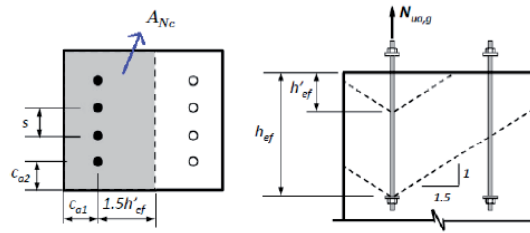
Como el estudio está enfocado en un grupo de anclajes se usa el apartado que dicta la resistencia nominal en desprendimiento del concreto para la tracción,  $N_{cb}$  de una asociación de anclajes que debe calcularse por medio apartado 17.6.2.1. sección (b), en donde:

$$N_{cbg} = \frac{A_{NC}}{A_{NCO}} * \Psi_{ec,N} * \Psi_{ed,N} * \Psi_{c,N} * \Psi_{cp,N} * N_{cb} \quad ( 37 )$$

Esta ecuación los factores  $\Psi_{ec,N} * \Psi_{ed,N} * \Psi_{c,N} * \Psi_{cp,N}$  se encuentran definidos por las tablas 17.6.2.3, 17.6.2.4, 17.6.2.5 y 17.6.2.6 respectivamente.

del apartado B

Se verifica la resistencia de diseño en donde dicta que para anclajes en las estructuras analizadas y asignadas CDS, C, D, E y F deben cumplirse los requisitos adicionales de 17.10 (Requisitos de diseño sismo resistente de anclajes).



**Figura 8. Cálculos de separación entre pernos**

**Fuente: tomado de la GORA TOOLS (Diseño de placa base)**

Primero se debe calcular la “s” separación entre anclajes que se define como mayor e igual a 4 veces el diámetro nominal del anclaje, las separaciones  $C_{a1}$  y  $C_{a2}$  entre el borde de la placa hasta el perno en ambas direcciones, mediante las siguientes ecuaciones:

$$1) \ C_{a1} = \frac{(N-d)}{2} \quad (38)$$

$$2) \ C_{a2} = \frac{(B-b_f)}{2} \quad (39)$$

Donde:

$C_{a1}$  : Distancia del borde de la placa hasta el perno.

$C_{a2}$  : Distancia del borde de la placa hasta el perno.

$N$ : Ancho de placa.

$B$ : Largo de placa

$d$ : Altura del perfil escogido

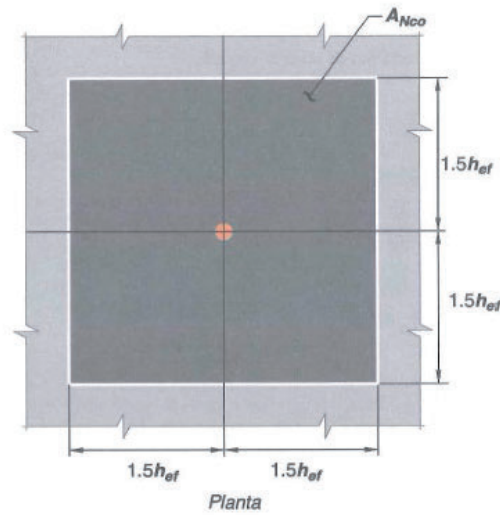
$b_f$ : Base efectiva del perfil escogido

Calculadas las distancias de las separaciones entre el grupo de anclajes  $h_{ef}$  que es la longitud de empotramiento efectiva.

$$h'_{ef} = \max\left(\frac{\max(c_{a1}, c_{a2})}{1.5}, \frac{s_a}{3}\right) \quad (40)$$

ACI 318-19 (17.6.2.1.2).

Se empieza con el área de arrancamiento de un anclaje individual en donde se verifica que físicamente estas distancias se cumplan en el pedestal.



**Figura 9. Vista en planta de la base de concreto**

**Fuente: tomado de la ACI 318-19**

Acaba este apartado con el cálculo del área planeada a la superficie de falla de un anclaje con una separación calculada igual o mayor a  $1.5 h_{ef}$  (Carlos Saavedra, 2018) y debe calcularse de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$A_{Nco} = 9 * h_{ef}^2 \quad (41)$$

ACI 318 – 19 (17.6.2.1.4)

### Refuerzo de anclaje

Se necesita poner atención al elegir y colocar el refuerzo del anclaje (UNAM, 2010). El refuerzo debe residir en estribos, ganchos y amarres colocadas lo más cerca posible del anclaje al concreto. Únicamente los refuerzos con un espacio menor a  $0.5 \cdot h_{ef}$  del eje central del anclaje, deben ser incluidos como refuerzo de anclaje (UNAM, 2010).

Se calcula el área de acero requerida, la cantidad de varillas necesarias y verificar si están diseñadas correctamente o si se debe aumentar el tamaño de varilla, partiremos con el tipo de Acero según la ACI para este apartado será un A36.

Se empieza calculando el área de acero requerida, para el caso eludimos la fuerza de tracción incrementada exceda la resistencia del arrancamiento del concreto.

$$A_{s_{req}} = \frac{N_{wag}}{0.75 * f_{y\_bar}} \quad ( 42 )$$

Donde:

$A_{s_{req}}$  : Cantidad de acero requerido.

$N_{wag}$  : Fuerza de tracción en anclajes ( $T_u$ ).

$f_{y\_bar}$  : Modulo de fluencia de la barra de refuerzo.

Una vez calculado la cantidad de acero requerido para soportar las fuerzas a tracción, se procede a seleccionar un acero de refuerzo, por lo general es recomendable una varilla No 8 (1 in) para fines de trabajabilidad. Donde se procede a realizar el cálculo número de varillas requeridas.

$$No_{req} = \left( \frac{A_{s_{req}}}{A_{No8}} \right) \quad ( 43 )$$

Donde:

$A_{s_{req}}$  : Cantidad de acero requerido.



$A_{N08}$  : Área de acero de refuerzo para barra número 8.

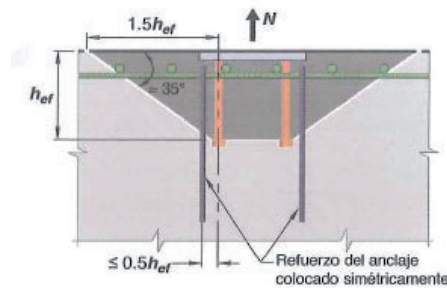
### Longitud de desarrollo de las barras de refuerzo

Para el apartado se basa fácilmente en la norma ACI 318-19 en el apartado 25.4.2.4 (a) en donde dicta la fórmula para barras corrugadas  $ld$  debe evaluarse por medio de:

$$ld = \left( \frac{f_y}{1.1 * \lambda * \sqrt{f'_c}} * \frac{\Psi_t * \Psi_e * \Psi_s * \Psi_g}{\left( \frac{c_b + K_{tr}}{d_b} \right)} \right) * d_b \quad (44)$$

Según indica la normativa  $\left( \frac{c_b + K_{tr}}{d_b} \right)$  no debe tomarse mayor a 2.5, mientras que  $K_{tr}$  puede tomarse como 0 para simplificar el diseño.

Se debe poner los valores determinados de  $\Psi_t$  (Factor de modificación de ubicación), de  $\Psi_e$  (Factor de modificación mediante epóxico), de  $\Psi_s$  (Factor de modificación por tamaño),  $\Psi_g$  (Factor de modificación por su grado del refuerzo) y  $\lambda$  (Factor de modificación por tipo de concreto), cada uno de estos apartados están designados mediante la Tabla 25.4.2.5 (ACI 318-19)



**Figura 10. Perspectiva frontal de refuerzo de anclaje**

**Fuente: tomado de la ACI 318-19**

### Verificación de resistencia al arrancamiento del concreto

La verificación de la resistencia al arrancamiento del concreto en las barras de refuerzo se basa igualmente en la norma ACI 318-19 en el apartado 17.6.2. en donde dictan las resistencia al arrancamiento del concreto de anclajes (ACI (318), 2019).

$$\phi N_n = \phi * N_o * A_{No8} * f_{y\_bar} \quad ( 45 )$$

Donde:

$\phi N_n$  : Resistencia al arrancamiento.

$\phi$  : Factor de resistencia en tracción.

$N_o$  : Numero de varillas de acero de refuerzo requerido.

$A_{No8}$  : Área de acero de refuerzo para barra número 8.

$f_{y\_bar}$  : Modulo de fluencia de la barra de refuerzo.

Ahora para realizar la verificación se procede a comparar la resistencia al arrancamiento en las barras de refuerzo donde debe esta fuerza ser mayor a la tracción en los pernos, donde si se cumplía el diseño es correcto, caso contrario se realizaba un aumento de tamaño de varilla de refuerzo o aumentar las cantidades de varillas.

### Resistencia a la extracción por el deslizamiento en tracción

Apartado en la cual se utiliza la norma (ACI (318), 2019) en el apartado 17.6.3. Resistencia a la extracción por deslizamiento en tracción de un anclaje pretensado o un solo anclaje post-instalado de expansión o de sobre perforación en su base o anclaje de tornillo, mediante el cual se explora los límites del rango de variables asumiendo un concreto agrietado.

$$\phi N_{pn} = 0.75 * \phi * N_p * \Psi_{cp} \quad ( 46 )$$

ACI 318 – 19 (17.6.3.1)

Donde:

$\phi N_{pn}$ : Resistencia a la extracción por deslizamiento.

$\phi$  : Factor de resistencia en tracción.

$N_p$  : Resistencia básica de un solo anclaje por deslizamiento.

$\Psi_{cp}$  : Factor de fisuración por deslizamiento

Para calcular estos parámetros se necesita hacer un cálculo anterior a este que es la resistencia inicial de un solo anclaje dado por deslizamiento dado en el apartado de la ACI 318-19 (17.6.3.2.2):

$$N_p = 0.9 * f'c * e_h * d_a \quad ( 47 )$$

Donde:

$N_p$  : Resistencia básica de un solo anclaje por deslizamiento.

$f'c$  : Resistencia a compresión del acero

$e_h$  : Límites de anclaje ( $4.5 * d_a$ )

$d_a$  : Tamaño de barra de anclaje

### **Resistencia a la extracción mediante uso de barras de anclaje con cabeza**

Para resistir la resistencia a extracción por deslizamiento dado en el apartado anterior, se debe calcular una área requerida de la cabeza de anclaje para que cumpla el requisito de extracción por deslizamiento en tracción dados en la Norma AC 318-19 (17.10.5.4) en donde dicta que el área requerida será la siguiente:

$$A_{brgreq} = \frac{N_{wa}}{0.75 * \phi * \psi_{cp} * 8 * f'c} \quad ( 48 )$$

Donde:

$A_{brgreq}$  : Área requerida de la cabeza de anclaje

$N_{wa}$  : Fuerza de tracción en anclajes ( $T_u$ ).

$\phi$  : Factor de resistencia en tracción.

$\psi_{CP}$  : Factor asumido como concreto agrietado dado en la normativa ACI 318-19 (17.6.3.3.1.)

$f'c$  : Resistencia a compresión del hormigón

Una vez analizada el área requerida se procede a seleccionar las dimensiones de una cabeza de anclaje tipo cuadrada, donde cuente un área de base y altura restando el agujero de la barra de anclaje.

### **Resistencia al desprendimiento lateral del concreto**

Se enfoca netamente a la resistencia al desprendimiento lateral del concreto para anclajes con cabeza en tracción dado en la ACI 318-19 (Piedra & Gutiérrez, 2006).

A partir de este encabezado, se dirige hacia el análisis de un conjunto de anclajes con cabezas que tienen una penetración profunda y se encuentran cercanos al borde, con una distancia específica entre ellos.

La resistencia nominal de estos anclajes, que son propensos a fallos debido al desprendimiento lateral del concreto debe calcularse mediante el siguiente proceso:

$$N_{sbg} = \left(1 + \frac{s}{6 * C_{a1}}\right) * N_{sb} \quad (49)$$

Donde:

$N_{sbg}$  : Resistencia nominal

$C_{a1}$  : Distancia del borde de la placa hasta el centro de la barra (ACI 318-19 17.6.4.1.1.).

$s$  : Distancia total entre el primer barra de anclaje hasta la última barra de anclaje

$N_{sbg}$  : Resistencia nominal de un anclaje individual (ACI 318-19 17.6.4.1)

### **Diseño de llave de corte**

El diseño de llave de corte ayudará en la resistencia a corte que tendrá la unión placa – columna en donde se basa en la normativa AISC 360-16 en la sección G2 dictando los diseños de miembros en corte (AISC 360-16, 2016).

Para realizar las llaves de corte la normativa se da unas condiciones en el cual define que se puede utilizar la ASTM A6 de perfiles W, S, HP como perfiles ideales para el diseño con la excepción de los siguientes perfiles: “W44x230, W40x149, W36x136, W33x118, W30x90, W24x55, W16x26, y W12x14” (AISC 360-16, 2016).

Otra norma que tiene el diseño de corte es que el material del acero será un Grado 50, es decir una fluencia de 50ksi para ayudar a facilitar la norma constructiva y la trabajabilidad.

Se empieza a realizar el coeficiente de corte del alma, dada por las siguientes igualdades.

$$C_{v1} = \left( 1 \quad \text{ó} \quad \frac{1.1 * \sqrt{\frac{k_v * E}{F_y}}}{\frac{T}{t_w}} \right) \quad (50)$$

*AISC 360 – 16 (G2 – 3, G2 – 4)*

Donde:

$C_{v1}$  : Coeficiente de corte del alma.

$k_v$  : Coeficiente de pandeo por corte del alma sin atizadores transversales

(5.34) tomado de AISC 360-16 (G2-4)

$E$  : Modulo elástico del acero

$F_y$  : Modulo de fluencia del acero

$T$  : Distancia libre entre alas menos el filete de cada ala

$t_w$  : Espesor del alma

La resistencia por corte que se deberá calcular se dará en la AISC 360-16 desde el apartado G2 hasta el apartado G7.

$$\phi_v V_n = \phi_v * 0.6 * F_y * t_w * d * C_{v1} \quad ( 51 )$$

Donde:

$\phi_v V_n$  : Resistencia por corte.

$F_y$  : Modulo de fluencia del acero

$t_w$  : Espesor del alma

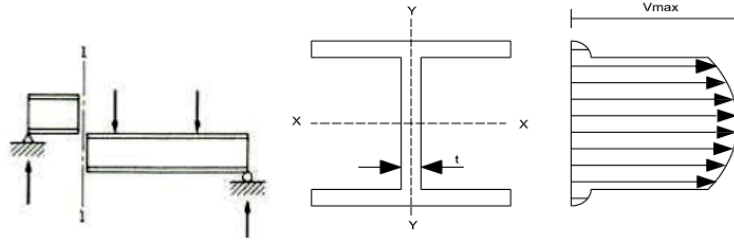
$C_{v1}$  : Coeficiente de corte del alma.

$d$  : Alto del perfil.

$\phi_v$  : Factor de modificación para sección doble T.

### **Esfuerzos cortante**

En los elementos o piezas que están sujetos a fuerzas actuantes como la compresión y tracción se producen los esfuerzos cortantes en la cual tienden a cortar o desgarrar la pieza, no es constante a lo largo de la sección transversal, la mayoría de veces es nulo en la fibra más alejada y máxima en el eje neutro (Chazaro Rosario, 2018).



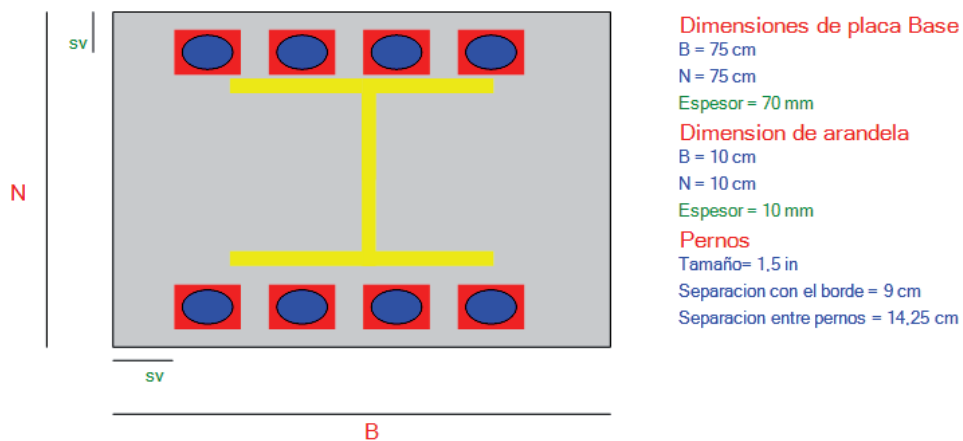
**Figura 11. Esfuerzos cortantes del perfil**

**Fuente: tomado de Esfuerzos de Corte de Ing. Rosario Chazaro**

### Dimensionamiento de placa base

Para el dimensionamiento de la placa base, se recurren a 2 vistas que ayudan con la mejor visión de elementos y cotas de los mismos.

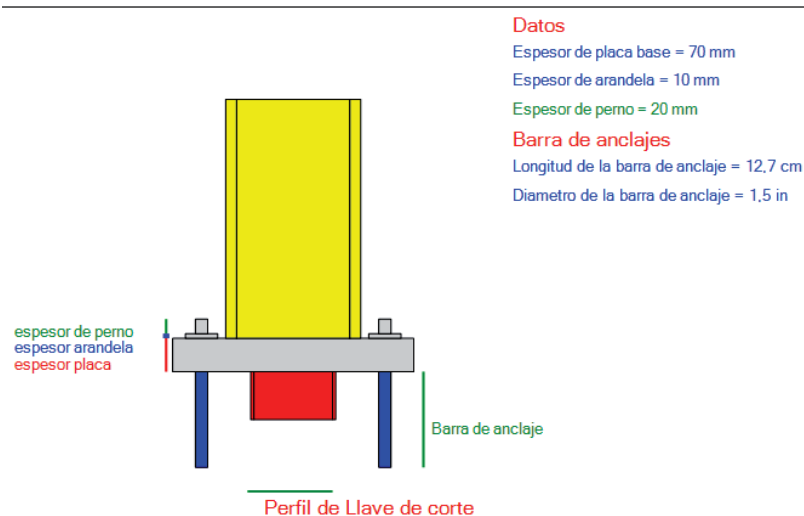
Para ello se utiliza la vista superior y frontal, en la vista superior se procede a observar las dimensiones de las placas base, dimensiones de las arandelas, número de pernos, separamiento entre pernos y borde de placa, separación entre barras, tipo de pernos.



**Figura 12. Vista Superior del dimensionamiento**

**Fuente: Elaborada por el autor.**

Mientras que en la parte frontal se podrá observar la placa base con su respectivo espesor, el espesor de las arandelas, espesor de los pernos, una porción de la vista del perfil metálica y la llave de corte, se observará también las barras de anclaje y sus separaciones.



**Figura 13. Vista frontal del plano**

**Fuente: Elaborada por el autor.**

### **SQLite: La base de datos embebida**

Para el manejo de datos solicitados se procede a usar el programa SQLITE en el cual es una herramienta de software libre, esta tecnología facilita el almacenamiento de información en dispositivos empotrados de manera fácil, eficiente y veloz, siendo especialmente útil en dispositivos con limitadas capacidades de hardware, como un PDA o un teléfono celular garantizando un rendimiento optimo incluso en entornos con recursos limitados (Rommel, 2016).

El programa brindara una facilidad en el manejo de datos de los perfiles metálicos usados en nuestro programa, para ello brindaran ventajas en la base de datos que se encuentran en un solo archivo. Además de que brindara un acceso de



información a todo tipo de plataformas como Windows, Mac, Linux, PlamOS, Symbian, etc. (Rommel, 2016).

ID	Perfil	h_min	b_min	h_max	b_max	r1_min	d_min	k_min	k1_min	A_cm2	Iy_cm4	Iz_cm4	Ip_cm4	Ix_min
1	W 40x3	109.7	103.1	7.1	8.9	87.9	6.3	75.2	15.2	24.71	470.34	169.67	631.01	43.7
2	W 50x6	127.3	127.0	6.1	9.1	109.0	7.6	93.7	16.8	11.2	30.19	886.57	312.59	1190.16
3	W 50x9	130.8	127.8	6.9	10.9	109.0	7.6	93.7	18.5	11.2	35.74	1090.53	380.02	1470.55
4	W 60x5	148.1	100.1	4.3	4.8	138.4	6.4	125.7	11.2	12.7	16.19	616.02	82.41	698.44
5	W 60x9	149.9	100.1	4.3	5.6	138.7	6.3	126.0	11.9	12.7	17.29	682.62	91.15	773.77
6	W 60x12	153.2	101.6	5.8	7.1	138.9	6.3	126.2	13.5	14.2	22.9	919.87	124.45	1044.32
7	W 60x16	159.5	102.4	6.6	10.4	138.7	6.4	126.0	16.8	14.2	30.58	1336.1	184.39	1520.49
8	W 60x25	159.1	152.1	5.8	6.6	138.9	7.6	123.7	14.2	14.2	28.58	1211.23	387.03	1599.16
9	W 60x30	157.5	152.9	6.6	9.4	138.7	7.4	124.0	16.8	14.2	37.87	1223.2	553.59	2276.79
10	W 60x35	162.1	154.4	8.1	11.7	138.7	7.4	124.0	19.0	14.2	47.35	2222.68	711.76	2934.43
11	W 80x10	200.4	100.1	4.3	5.3	189.7	7.6	174.5	13.0	12.7	19.1	1281.99	86.99	1368.99
12	W 80x13	202.9	101.6	5.8	6.6	189.7	7.6	174.5	14.2	14.2	24.77	1648.28	113.63	1761.91
13	W 80x15	206.0	102.1	6.3	8.1	189.7	7.6	174.5	15.7	14.2	28.65	1907.91	141.93	2139.85
14	W 80x18	206.8	133.3	5.8	8.4	190.0	7.6	174.8	16.0	14.2	33.94	2576.47	331.74	2908.21
15	W 80x21	210.3	133.9	6.3	10.2	190.0	7.6	174.8	17.8	14.2	39.74	3134.22	406.66	3540.88
16	W 80x24	201.4	105.1	6.3	10.2	181.1	9.9	161.3	20.1	14.2	45.08	3446.4	761.7	4208.1
17	W 80x28	204.7	166.1	7.4	11.9	180.8	9.9	161.0	21.8	16.0	53.23	4079.07	903.22	4982.29
18	W 80x31	203.2	203.2	7.4	11.2	180.8	9.9	161.0	21.1	19.0	58.9	4578.55	1544.22	6522.76
19	W 80x35	206.2	203.7	7.9	12.7	180.8	9.9	161.0	22.6	20.6	66.45	5286.14	1773.15	7059.28
20	W 80x40	209.5	205.0	9.1	14.2	181.1	9.9	161.3	24.1	20.6	75.48	6076.98	2043.7	8120.68
21	W 80x48	215.9	206.0	10.2	17.5	180.8	9.9	161.0	27.4	20.6	90.97	7658.66	2534.85	10193.51
22	W 80x58	222.3	208.8	13.0	20.6	181.1	9.9	161.3	30.5	22.4	110.32	9400.08	3125.9	12615.97
23	W 80x67	230.6	210.3	14.5	21.9	180.8	9.9	161.0	33.8	22.9	127.1	11771.48	3687.81	14990.11

**Figura 14. Programa SQLite**

**Fuente: tomado de la Escuela de Ingeniería de Sistemas Informáticos**

## Normativas Empleadas

### NEC 15 (Estructuras de Acero)

La Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) es la normativa que contiene las disposiciones descritas por el estado ecuatoriano en el cual contienen una combinación de normas extranjeras usadas como la ANSI/ASIC 341-05, ANSI/AISC 341-10, 358-05 y FEMA 350.

Esta normativa esta descrita con el código NEC-SE-AC, contiene reglas y especificaciones técnicas que deben ser seguidas en la construcción de edificios y estructuras en el país (NEC 15, 2015).

En la NEC, las disposiciones sísmicas para edificios de acero estructural, regirán los diseños, montajes y fabricaciones de los elementos de acero, así como sus conexiones a sistemas resistentes a cargas sísmicas o SRCSS.

**ACI 318-19**

Los Requisitos de reglamento para concreto estructural, son dados por el Instituto Americano de concreto (ACI (318), 2019), en la cual es la última versión de la norma técnica para el diseño y construcción de estructuras de hormigón en los Estados Unidos de América. (ACI (318), 2019)

Este código abarca temas como requisitos generales, materiales, diseño estructural, construcción, juntas de construcción y control , evaluación y preparación de estructuras de concreto, sismos resistencia, estados límites de servicio, estados límites últimos, es importante tener en cuenta que la normativa puede actualizarse con tiempo y algún apartado puede ser reformado.

**ANSI/AISC 360-16**

La ANSI/ASIC es el Instituto Americano de construcción en aceros, el apartado 360-16 es la especificación para construcciones de Acero, quien provee un tratamiento integrado de los métodos de Diseño por tensiones Admisibles y del Diseño por factores de Carga y Resistencia (LRFD) (AISC 360-16, 2016). Esta normativa esta realizada gracias a las deliberaciones de un comité de ingenieros estructurales en la que establecen los requisito para el diseño, fabricación y la construcción de edificios de acero (AISC 360-16, 2016).

La normativa AISC 360-16 está unido en si a las normas ASTM para las especificaciones del material. La especificación 360-16 de la AISC se encarga de los requisitos generales, materiales, diseño estructural, conexiones, control de calidad, inspección, cargas sísmicas y la estabilidad (ASTM, 2018).

**ANSI/AISC 341-16**

La normativa se centra en las disposiciones sísmicas para estructuras metálicas, dadas por el Instituto Americano de la construcción en acero en la cual se

centra en los requisitos específicos para el diseño sísmico de edificios de acero, proporcionando algunos criterios y un análisis más profundo para garantizar las estructuras de acero sean capaces de resistir y soportar las fuerzas generadas por eventos sísmicos (Celigüeta, 2017).

La normativa establece los requisitos generales para el diseño sísmica, las cargas sísmicas, los análisis sísmicos, el diseño de sistemas estructurales resistentes a los sismos, los detalles de conexión sísmica, la verificación de la estabilidad lateral, así como la inspección y el control de calidad (Machado et al., 2019).

### **AWS D1.1/D1.1M**

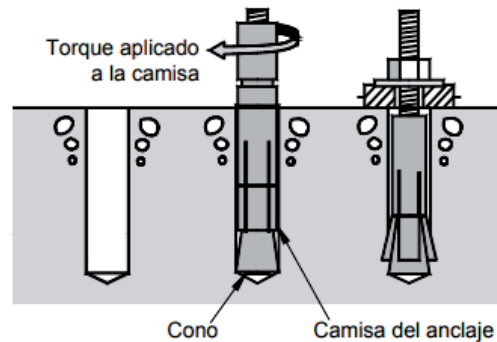
La AWS D1.1 es el código de soldadura estructural de acero, dado por la American Welding Society (AWS) en el que establece los requisitos para la fabricación y la inspección de soldaduras en estructuras de acero, la última actualización fue dada en 2021 en la cual se han modificado algunos apartados de la normativa (American Welding Society, 2010).

En esta normativa se puede encontrar requisitos generales para la soldadura, calificación de procedimientos de soldadura y soldadores, ejecución de soldadura, inspección y pruebas de soldadura, soldadura en condiciones sísmicas, materiales para el filete.

### **Evaluación del comportamiento de los anclajes mecánicos para instalar en hormigón endurecido (ACI 355.2).**

Este apartado viene dado por una especificación ACI 355.2 en la cual especifica los programas de ensayo y requisitos para anclajes mecánicos instalados en el hormigón endurecido que se utilizan conforme a los diseños de hormigón dado en la ACI 318.19. (Wollmershauser et al., 2002)

Se da una especificación para verificar si los anclajes son aceptables en hormigón fisurado o no fisurado (Richard M., 2019). Esta especificación contiene los requisitos para la identificación de los anclajes, requisitos generales, requisitos para las muestras a ensayar, instalación de los anclajes y realización de los ensayos, ensayos de referencia y ensayos de confiabilidad.



*Figura 15. Pernos de anclaje*

*Fuente: tomado de la ACI 355.2*

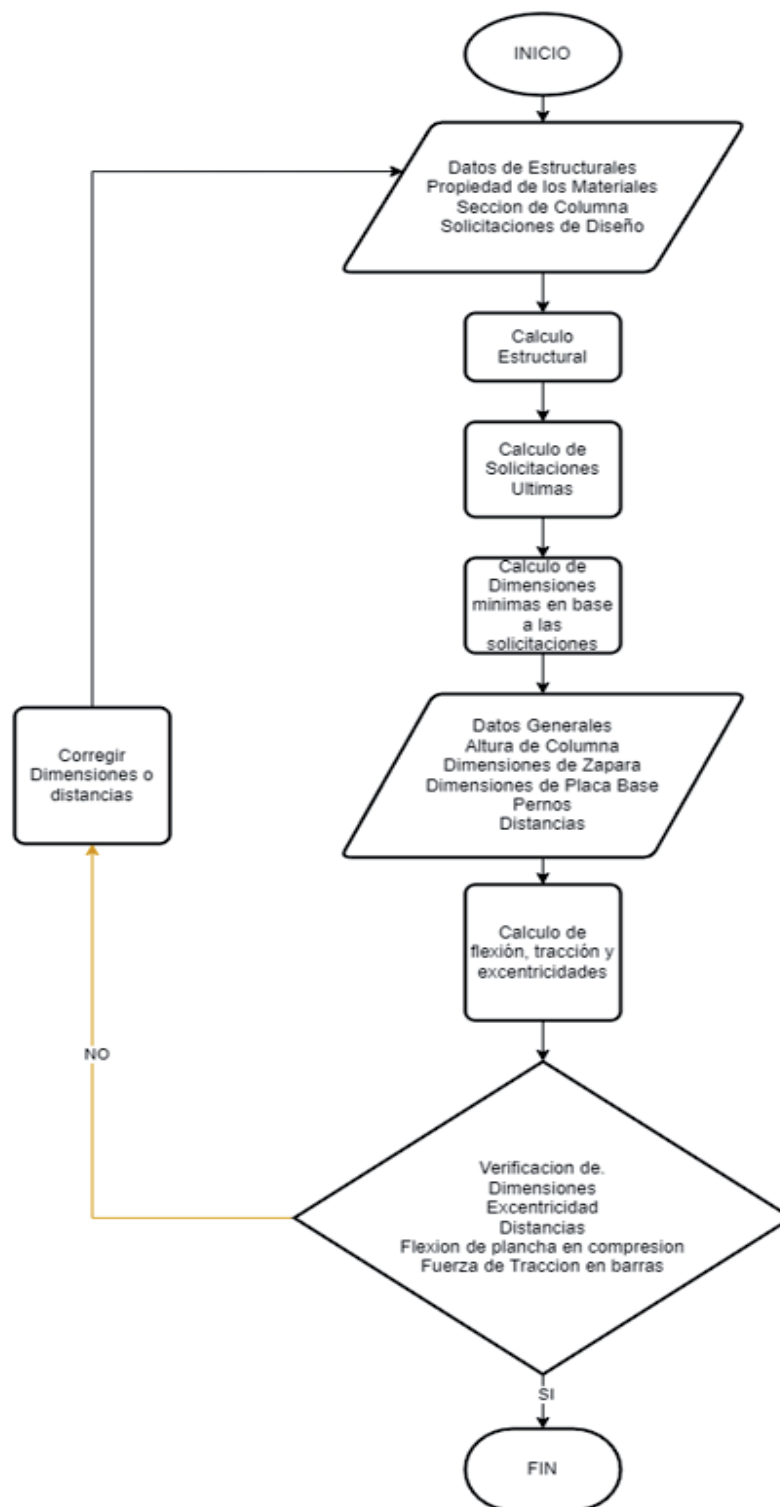
### **Capítulo 3**

#### **Materiales y métodos.**

La metodología empleado en el proyecto será la siguiente:

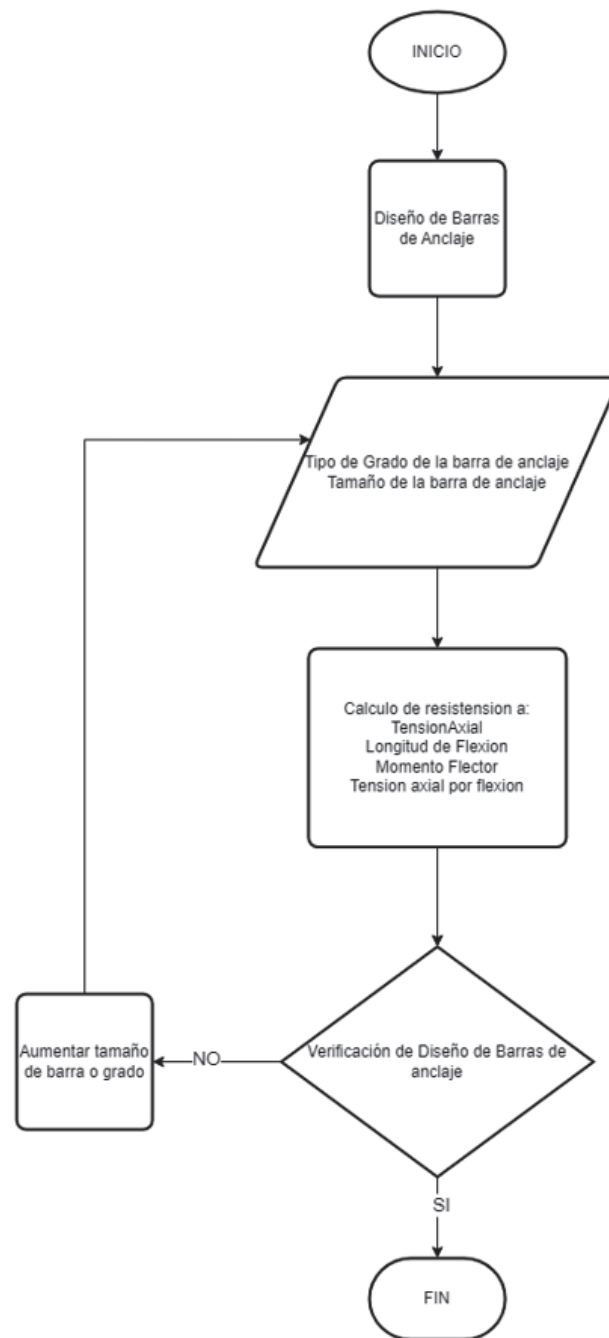
- Recopilación de Información teórica.
- Recopilar de datos para diseño de anclaje.
- Recopilar de datos para union de columna-placa-zapata.
- Revisión de cargas.
- Proceso matemático para el diseño de anclaje.
- Diagrama de Flujo de la aplicación que se desea implementar.

Este trabajo, se han llevado a cabo diferentes fases en el proceso de investigación y aplicación para la creación del programa de dimensionamiento y verificación de muros en voladizo. Se ha empezado por el diagrama de flujo, que permita visualizar los pasos y procesos que se deben realizar en el programa.



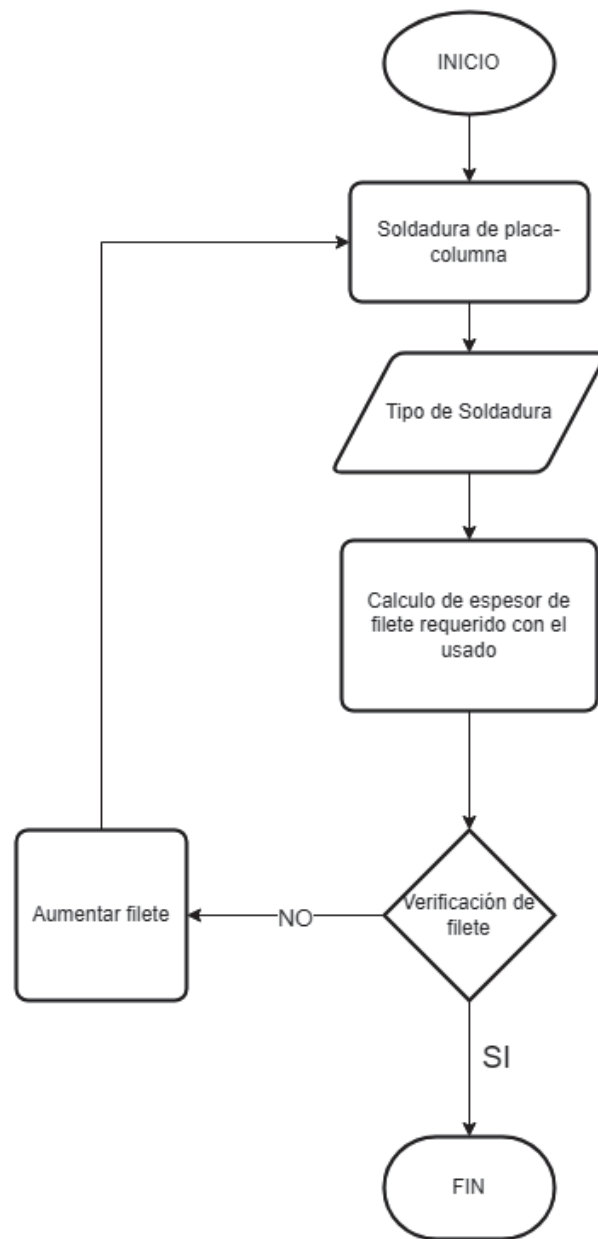
**Figura 16. Diagrama de Flujo de Placa base**

**Fuente: Elaborada por el autor.**



**Figura 17. Diagrama de Flujo para Barras de Anclaje**

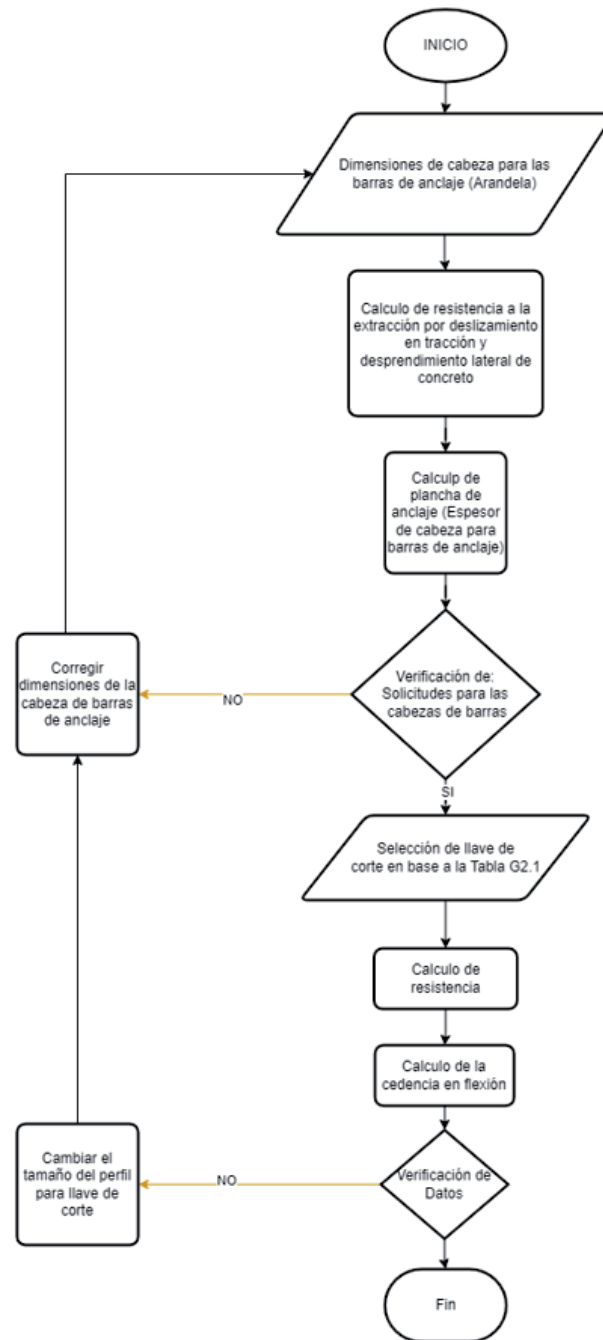
**Fuente: Elaborada por el autor.**



**Figura 18. Diagrama de Flujo para Soldadura**

**Fuente: Elaborada por el autor.**





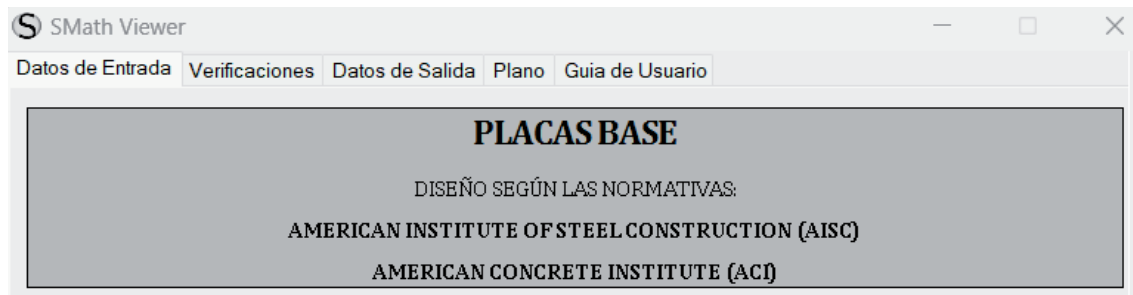
**Figura 19. Diagrama de Flujo para Arandelas y Llaves de Corte**

**Fuente: Elaborada por el autor.**

Una vez ya definidos los diagrama de flujo, las condiciones, análisis y pasos a seguir se procede a utilizar el software Smath Studio para proceder a desarrollar el programa.

Se empieza con la interfaz del programa en la cual se dividirá en 5 secciones para que sea de fácil uso y entendimientos.

Se dividirá en las siguientes pestañas: datos iniciales, verificaciones, Datos de salida, Plano y la guía de usuario como se muestra en el siguiente anexo.



***Figura 20. Pestañas de PLACASTUDIO***

A continuación, en el Smath Studio se procede a iniciar con la programación de los datos de entrada que van hacer utilizadas dentro del programa, análisis y calculo como el tipo de acero. Debido a que los datos de entrada se dividen en diferentes partes como son Datos estructurales, Datos estructurales, Barras de anclaje, Soldadura, Barra de refuerzo, Longitud de desarrollo, Arandela, Llave de corte.

En la parte de datos estructurales se tendrán los datos iniciales necesario para empezar con el tipo de acero utilizado, la sección del perfil, la resistencia a concreto del hormigón, cargas axiales, fuerza cortante y el momento flector.

Datos Estructurales		
1. Tipo de Acero de la estructura	A572_gr_50	
2. Perfil Escogido	W14X176	
3. Resistencia del concreto de Hormigon	28	MPa
4. Ingrese la carga axial	62	tonnef
5. Ingrese la Fuerza Cortante	34200	kgf
6. Momento flector	99	tonnef m

**Figura 21. Datos estructurales**

En el tipo de Acero de la estructura apoyara una lista desplegable que designa el tipo de Acero que se va a usar mediante el comando *ComboBoxList* misma que contiene los diferentes tipos de acero que existen según la norma ASTM.

De la misma manera se abrirá una lista desplegable con el tipo de perfil que se va a usar en la estructura y es de tipo W que se usan en la página DLUBAL.

1. Tipo de Acero de la estructura	2. Perfil Escogido
A572_gr_50	W14X176
A572_gr_50	W14X176
A572_gr_55	W14X159
A572_gr_60	W14X145
A572_gr_65	W14X132
A618_gr_I&II	W14X120

**Figura 22. Opciones de listas desplegables**

Continúa con los Datos generales donde se encuentran los datos generales de la construcción como la altura libre de la columna, largo y ancho del pedestal o zapata de concreto, los valores mínimos “B” y “N”, Ingreso de valores “B” y “N” seleccionados, selección de diámetro de perno, la cantidad de pernos y una distancia deseada del borde hasta el primer perno.

Datos Generales		
7. Altura libre de la columna	3450	mm
8. Ingrese el largo del pedestal o zapata de concreto	1200	mm
9. Ingrese el ancho del pedestal o zapata de concreto	1200	mm
10. Valor minimo "B"	0.5512	m
11. Valor minimo "N"	0.5385	m
12. INGRESE VALOR B QUE DESEA EN LA PLACA	750	mm
13. INGRESE VALOR N QUE DESEA EN LA PLACA	750	mm
14. Seleccione el Diametro del Perno	1+1/4 in	
15. Ingrese la cantidad de pernos ...	4	
16. Ingrese una distancia deseada del borde hasta el primer perno	90	mm

**Figura 23. Datos Generales**

Aquí se aprecia que la selección del diámetro del perno esta usada una lista desplegable mediante el comando *ComboBoxList* en la que consta los tipos de perno según la AISC Steel manual Construction.

En lo de ingresar la cantidad de pernos en cada lado se usa un comando *Numeric Up-down* en la que nos ayudara en el aumento o reducción de la cantidad de pernos.

4	15. Ingrese la cantidad de pernos por lado
---	--

**Figura 24. Numeric Up-down para las cantidades de pernos**

A lo que respecta la sección de las barras de anclaje, soldaduras, barras de refuerzo, longitud de desarrollo, y las llaves de corte todas son utilizadas una barra desplegable para seleccionar cada uno de los parámetros que se necesita.

Ahora se continua a la pestaña de verificaciones donde se observa las comprobación de solicitaciones para cada una de las necesidades en la cual involucra las solicitaciones para las placas base, barras de anclaje, soldadura, barras de refuerzo longitudinal, arandela y llave de corte.

Se empieza con la comprobación de solicitaciones en las placas base, en donde se deben comprobar cada uno de los apartados necesarios para un buen funcionamiento, en donde vemos la programación para la comprobación de excentricidad, Distancia del centro del perno hasta el borde de la placa, dimensiones y pernos, flexión de la plancha en compresión y fuerzas de tracción en barras en donde la verificación será “Correcto” o “Error, No cumple”.

Para verificar cada uno de los parámetros se va a utilizar una variable para el comando *table* en donde se mostrará cada uno de los resultados mediante el comando *if* en donde se verifica que cumplan cada una de las especificaciones.

Tabla_placa :=	"Excentricidad AISC 360-10 (J8-2)"	if $e > e_{critic}$ "Correcto" else "ERROR, No Cumple"
	"Distancia del centro del perno hasta el borde de Placa"	if $s_v \geq (2 \cdot d_{bolt})$ "Correcto" else "ERROR, No Cumple"
	"Dimensiones y pernos AISC 360-10 (J8-1)"	if $\left(f + \frac{N}{2}\right)^2 \geq \frac{2 \cdot Pu \cdot (e + f)}{f_{p\_max} \cdot B}$ "Correcto" else "ERROR, No Cumple"
	"Flexion de la plancha en compresion y fuerzas de traccion en barras"	if $t_p \geq t_{p\_req}$ "Correcto" else "ERROR, No Cumple"

**Figura 25. Programación de datos**

Comprobaciones De:	Verificaciones
Excentricidad AISC 360-10 (J8-2)	Correcto
Distancia del centro del perno hasta el borde de Placa	Correcto
Dimensiones y pernos AISC 360-10 (J8-1)	Correcto
Flexion de la plancha en compresion y fuerzas de traccion en barras	Correcto

**Figura 26. Tabla de comprobación**

Para poder realizar el grafico en donde se muestre los resultados del cálculo será con figuras 2D compuestos por rectángulos, cuadrados, círculos, líneas.

Dichos comandos fueron realizados por el ingeniero Álvaro Gavilán Rojas quien le debemos la atribución de muchos desarrollos de códigos, tutoriales y consejos para el uso del

Smath Studio todo esto mediante video de YouTube y con sus ejercicios subidos a su plataforma donde podremos descargarlos y revisarlos.

Debido a estos códigos se puede mostrar las dimensiones reales de como quedaría la placa base con sus respectivas dimensiones que cumplirían todos los parámetros requeridos.

```

CreateRect (pp; lc; w; fc) := out_1 := "rect"
                           out_2 := pp
                           out_3 := lc
                           out_4 := "solid"
                           out_5 := w
                           out_6 := fc
                           out

CreateLine (pp; lc; w) := out_1 := "line"
                        out_2 := pp
                        out_3 := lc
                        out_4 := "solid"
                        out_5 := w
                        out

CreateCircle (pp; lc; w; fc) := out_1 := "circle"
                               out_2 := pp
                               out_3 := lc
                               out_4 := "solid"
                               out_5 := w
                               if fc = "none"
                               1
                               else
                               out_6 := fc
                               out
  
```

**Figura 27. Programación de elementos**

Para poder lograr una correcta programación rápida y eficiente en el campo utilizaremos el comando *line* que ayudara a realizar los cálculos que se requieran de manera rápida y organizada sin necesidad de estar atento a cada campo, este comando se utiliza mucho en la agrupación de series de comandos de la estructura de la programación.

En este caso se utiliza para cada campo de estudio y análisis para realizarlo de manera rápida y eficiente con todas las variables dadas, analizadas, comparadas y mostradas en la parte de datos de salida.

$$\begin{aligned}
 M_p &:= Z_x \cdot F_y \\
 V_{u2} &:= \frac{2 \cdot R_y \cdot M_p}{H} \\
 V_{u3} &:= \frac{0,7 \cdot M_p}{H} \\
 V_{ur} &:= \text{Min} \left( V_{u2} ; V_{u3} \right) \\
 V_u &:= \text{Max} \left( Vu ; \text{Min} \left( V_{u2} ; V_{u3} \right) \right)
 \end{aligned}$$

**Figura 28. Comando Line**

Ahora para poder programar las barras despegables, se va a tener que utilizar una variable en donde consten todas las variables de texto y numérico de los parámetros requeridos, en nuestro caso utilizamos para seleccionar el tipo de acero, tipo de grado de acero para las barras, tamaño de perno o barra de anclaje, etc.

Para el primer ejemplo será los diámetros de los pernos que se van a utilizar esto claro siguiendo el AISC manual Construction donde nos dan los parámetros de los tamaños que se pueden utilizar, ahora se pondrá la variable  $d_{bolt}$  en donde contendrá una variable en forma de matriz en donde la parte izquierda nos saldrá como texto los tamaños y en el lado derecho el tamaño en forma numérica.

$d_{\text{bolt}} :=$	"1/4 in"	$\frac{1}{4}$ in	=	"1/4 in"	0,0064 m
	"5/16 in"	$\frac{5}{16}$ in		"5/16 in"	0,0079 m
	"3/8 in"	$\frac{3}{8}$ in		"3/8 in"	0,0095 m
	"7/16 in"	$\frac{7}{16}$ in		"7/16 in"	0,0111 m
	"1/2 in"	$\frac{1}{2}$ in		"1/2 in"	0,0127 m
	"9/16 in"	$\frac{9}{16}$ in		"9/16 in"	0,0143 m
	"5/8 in"	$\frac{5}{8}$ in		"5/8 in"	0,0159 m
	"3/4 in"	$\frac{3}{4}$ in		"3/4 in"	0,019 m
	"7/8 in"	$\frac{7}{8}$ in		"7/8 in"	0,0222 m
	"1 in"	1 in		"1 in"	0,0254 m
	"1+1/8 in"	$\left(1 + \frac{1}{8}\right)$ in		"1+1/8 in"	0,0286 m
	"1+1/4 in"	$\left(1 + \frac{1}{4}\right)$ in		"1+1/4 in"	0,0318 m
	"1+1/2 in"	$\left(1 + \frac{1}{2}\right)$ in		"1+1/2 in"	0,0381 m
	"2 in"	2 in		"2 in"	0,0508 m

**Figura 29. Programación de tamaños de pernos con matrices**

Luego para seguir realizando la correcta programación se debe realizar el chequeo de cada uno de los diseños, para ello se enfoca en la primera parte de las revisiones para ver un buen diseño en donde se va a utilizar el comando *if* que es un elemento para el control del flujo, permite que el programa ejecute un conjunto de sentencias si cierta condición es verdadera, y si no, ejecutar otro conjunto de sentencias o simplemente omitir las sentencias si no son verdaderas. (Urroz, 2012)



```

if e > ecritic
    "Aplica Grandes Momentos"
else
    "Revisar las cargas establecidas"
    fp := fp_max
    f :=  $\frac{N}{2} - s_v$ 
     $\frac{2 \cdot Pu \cdot (e + f)}{f_{p\_max} \cdot B}$ 
     $\left(f + \frac{N}{2}\right)^2$ 
    if  $\left(f + \frac{N}{2}\right)^2 \geq \frac{2 \cdot Pu \cdot (e + f)}{f_{p\_max} \cdot B}$ 
        "Dimensiones de Placa Base Correcta"
    else
        "Aumentar las Dimensiones de Placa Base"
    Y :=  $\left(f + \frac{N}{2}\right) - \sqrt{\left(f + \frac{N}{2}\right)^2 - \frac{2 \cdot Pu \cdot (e + f)}{f_{p\_max} \cdot B}}$ 

```

**Figura 30. Comando If**

A continuación, en la programación para encontrar los espesores requeridos en la placa base en referencia a las flexiones en plancha con la compresión se debe realizar una programación en donde se dará una toma de decisiones con el comando *if* que a su vez también se usará el comando *max* en donde se selecciona el mayor espesor utilizado.

```

tp_req_1_2 := if Y ≥ m
    tp_req_1 :=  $1,5 \cdot m \cdot \sqrt{\frac{f_p}{F_y}}$ 
else
    tp_req_1 :=  $2,11 \cdot \sqrt{\frac{f_p \cdot Y \cdot \left(m - \frac{Y}{2}\right)}{F_y}}$ 
tp_req_1 := (Max(tp_req_1_1; tp_req_1_2))

```

**Figura 31. Comando max**

De esta forma ya estará lista la mayor parte de comandos que se va a utilizar en la parte de datos de entrada donde la mayoría de parámetros se basan en estos códigos de

programación y opciones, en las partes de barras de anclaje, soldadura, longitud de desarrollo para las barras de refuerzo y llave de corte.

Sin embargo, dentro se utilizará un nuevo comando *min* que ayudará a seleccionar el valor mínimo entre 2 variables, inicialmente lo se utiliza para seleccionar la longitud de desarrollo menor existente entre 2 formulas.

$$\begin{aligned}
 ld1 &:= \left( \frac{f_{y\_bar}}{1,1 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c \text{ MPa}}} \cdot \left( \frac{\Psi_s \cdot \Psi_e \cdot \Psi_t}{\phi} \right) \right) \cdot d_b \\
 ld2 &:= \left( \frac{f_{y\_bar}}{3,5 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}}} \cdot \left( \frac{\Psi_s \cdot \Psi_e \cdot \Psi_t}{\phi} \right) \right) \cdot d_b \\
 ld_{min} &:= \text{Min}(ld1; ld2)
 \end{aligned}$$

**Figura 32. Comando min**

Una vez ya verificada la programación existente para el programa, se procede a insertar las variables de cada una de las variables necesarias, en donde se usará una sucesión numérica de pasos para la entrada de datos, en donde para cada uno de las variables se pondrá un texto descriptivo en donde explicara las cosas que se tendrán que ingresar.

10. Valor minimo "B"

$B_{min} = 0,5512 \text{ m}$

11. Valor minimo "N"

$N_{min} = 0,5385 \text{ m}$

12. INGRESE VALOR B QUE DESEA EN LA PLACA

$B := 750 \text{ mm}$

13. INGRESE VALOR N QUE DESEA EN LA PLACA

$N := 750 \text{ mm}$

**Figura 33. Ingreso de datos**

Una vez acabado la programación, los datos de entrada y revisado las verificaciones existentes para cada una de las partes de la placa base, procedemos a ir a la pestaña de Datos

de salida en donde se mostrarán los valores necesarios para el desarrollo correcto de la placa base.

En esta sección procede a dictarse las dimensiones de la placa de anclaje, su espesor, sus distancias entre el borde y los pernos, separación entre pernos, número total de pernos y barras de anclaje, nos dirá el tipo de acero de la placa base, el tipo de acero para las barras de anclaje, tamaño de perno y barra de anclaje, las longitudes de desarrollo, el número de barras de refuerzo necesario, las longitudes mínimas para las barras de refuerzo, dimensiones y espesor de arandelas, el tipo de llave de corte, dimensiones.

Datos de Placa Base	
BASE DE PLACA BASE	$B = 0,75 \text{ m}$
ANCHO DE PLACA BASE	$N = 0,75 \text{ m}$
TOTAL DE PERNOS EN PLACA	$n_v = 8$
ESPESOR DE PLACA REQUERIDA	$t_p = 0,07 \text{ m}$
Datos de Barra de Anclaje	
TAMAÑO DE BARRA DE ANCLAJE	$d_a = 0,0381 \text{ m}$
SEPARACION ENTRE PERNOS	$s_{pernos} = 0,1524 \text{ m}$
SEPARACION ENTRE EL CENTRO DEL PERNO HASTA EL BORDE DE LA PLACA	$s_v = 0,09 \text{ m}$

**Figura 34. Datos de salida**

Una vez revisado los datos de salida que se van a mostrar hacia los usuarios, se procede a instalar una variable en donde contengan todos los datos necesarios de información, una vez revisado se procede a mostrarlos en una tabla con su respectiva titulación.

DATOS DE SALIDA		
Descripcion	Variable	Resultado
Longitud de la Base de la Placa	B	0.75 m
Longitud de Ancho de la Placa	N	0.75 m
Espesor de Placa requerida	tp	0.07 m
Numero de pernos en cada lado	nt	4
Separacion del Borde hasta el primer perno	sv	0.09 m
Separacion entre pernos	Spernos	0.14 m
Placas Base		
Descripcion	Variable	Resultado
Tamaño de la barra de anclaje	da	0.04 m
Total de barras de anclaje	nv	8
Placas Base		
Descripcion	Variable	Resultado
Tamaño de la barra de refuerzo	db	0.03 m
Cantidad de Barras de Refuerzo Necesarias	No	9
Longitud Minima de Desarrollo	ld min	0.72 m
Longitud de Desarrollo para barras de Refuerzo		
Descripcion	Variable	Resultado
Tamaño de la base de arandela	Narandela	0.1 m
Tamaño del ancho de las randelas	Barandela	0.1 m
Espesor de la arandela	tp_usado	0.01 m
Dimensiones de la Arandela		

**Figura 35. Datos de salida mostrados**

En la creación del plano final donde se dará especificando cada una de las partes utilizadas se van a realizar nuevos comandos, en donde se utilizarán los comandos dados por Álvaro Gavilán, dentro de estos códigos se va a utilizar el comando *stack* aquel comando ayuda en el posicionamiento y la dimensión de la figura que se va a realizar, va cambiando dependiendo de la forma que se realizará, en caso de ser una figura rectangular el comando será (i; k; j ;m ).

Donde la variable “i” será el posicionamiento en X del plano, la variable “k” será el posicionamiento en Y, la variable “j” será el largo de la figura y la variable “m” será el ancho asignado.

Siguiendo el mismo comando utilizado para crear la figura, una vez definidos el posicionamiento y las dimensiones de la figura, procedemos a darle su color de línea, su tipo de línea y el color de relleno dentro de este.

Se usan mucho estos comandos en la creación de las figuras de la placa base, arandelas y el perfil de la estructura utilizada.

```

perfil := CreateRect (stack (  $\frac{b}{2}; \frac{h}{2}; es_{per\_al}; \frac{hp}{2}$  ); "black"; 0; "yellow" )
perfil2 := CreateRect (stack (  $\frac{b}{2}; \frac{h}{2} - \frac{hp}{2}; es_{per\_al}; hp$  ); "black"; 0; "yellow" )
perfil3 := CreateRect (stack (  $\frac{b}{2}; \frac{h}{2} - \frac{hp}{2}; \frac{bp}{2}; es_{per\_pat}$  ); "black"; 0; "yellow" )
perfil4 := CreateRect (stack (  $\frac{b}{2} - \frac{bp}{2}; \frac{h}{2} - \frac{hp}{2}; \frac{bp}{2}; es_{per\_pat}$  ); "black"; 0; "yellow" )
perfil5 := CreateRect (stack (  $\frac{b}{2}; \frac{h}{2} + \frac{hp}{2}; \frac{bp}{2}; es_{per\_pat}$  ); "black"; 0; "yellow" )
perfil6 := CreateRect (stack (  $\frac{b}{2} - \frac{bp}{2}; \frac{h}{2} + \frac{hp}{2}; \frac{bp}{2}; es_{per\_pat}$  ); "black"; 0; "yellow" )

```

**Figura 36. Programación de figuras**

Para acabar con la programación utilizada se va a utilizar el comando *for*, este parámetro ayuda en la creación de elementos gráficos similares a la creación del bucle, con la ventaja de que se procede a crear las variables dependiendo del parámetro que se desea.

En este caso se va a utilizar el comando *for* para poder graficar los números de pernos que se tienen a cada lado con una separación ya dada.

```

for i ∈ [1..NB]
  per_i := CreateCircle (stack (  $(0 + i \cdot S_{pernos})$ ; Borde; perno ); "black"; 1; "blue" )
for i ∈ [1..NB]
  per_sup_i := CreateCircle (stack (  $(0 + i \cdot S_{pernos})$ ; h - Borde; perno ); "black"; 1; "blue" )

```

**Figura 37. Comando For**

Para poder realizar las acotaciones del plano se utiliza la creación de líneas para marcar las delimitaciones de cada parámetro, así mismo se usa la creación de texto mediante vectores.

En este caso se va a utilizar los comandos *concat* para especificar las variables que se usan, también el comando *var2str* que ayuda a seleccionar la variable que se necesitara mostrar en formato de texto en el plano.

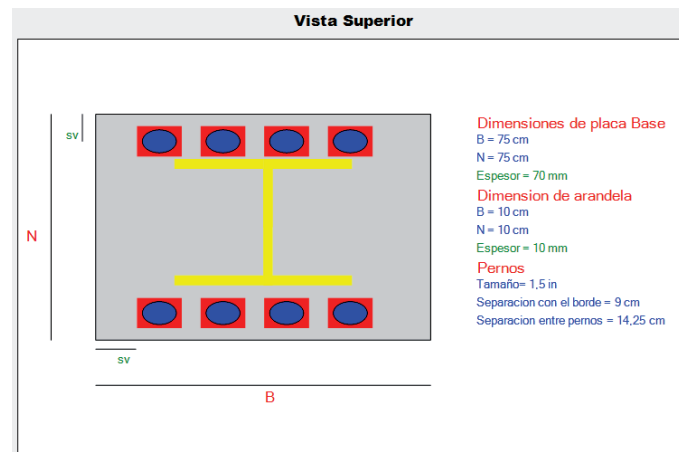
Para lograr realizar una buena acotación, se procede a crear una variable que contenga los títulos, dicha variable será en formato vector, el vector constara de 1 fila y 5 columnas en donde cada una tiene un objetivo específico, se procede con la primera columna en donde indica la posición en X del texto, siguiendo con la 2 columna que indica la altura en el valor Y del texto, en la 3 columna se procede a utilizar el texto que se requiera mostrar o a su vez las variables, en la 4 fila se designa el tamaño de la letra y en la quinta fila se pone el color del texto que se desea.

$titulos_{L2} :=$	$b + 10$	$h$	"Dimensiones de placa Base"	10	"red"
	$b + 10$	$h - 6$	$concat("B = "; var2str(b); " cm")$	8	"blue"
	$b + 10$	$h - 12$	$concat("N = "; var2str(h); " cm")$	8	"blue"
	$b + 10$	$h - 18$	$concat("Espesor = "; var2str(espesorplaca); " mm")$	8	"green"
	$b + 10$	$h - 24$	"Dimension de arandela"	10	"red"
	$b + 10$	$h - 30$	$concat("B = "; var2str(N_{ara}); " cm")$	8	"blue"
	$b + 10$	$h - 36$	$concat("N = "; var2str(Bara); " cm")$	8	"blue"
	$b + 10$	$h - 42$	$concat("Espesor = "; var2str(\frac{t_{p\_usado}}{mm}); " mm")$	8	"green"
	$b + 10$	$h - 48$	"Pernos"	10	"red"
	$b + 10$	$h - 54$	$concat("Tamaño = "; var2str(\frac{d_a}{in}); " in")$	8	"blue"
	$b + 10$	$h - 60$	$concat("Separacion con el borde = "; var2str(\frac{S_v}{cm}); " cm")$	8	"blue"
	$b + 10$	$h - 66$	$concat("Separacion entre pernos = "; var2str(S_{pernos}); " cm")$	8	"blue"

**Figura 38. Programación de cotas**

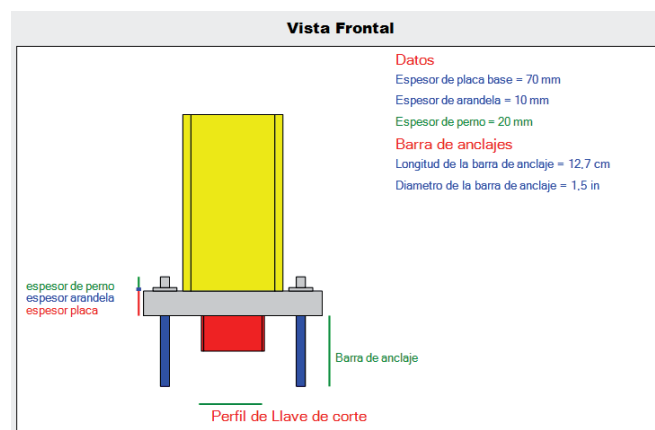
Una vez realizado el plano final, se podrá revisarlo en 2 vistas. Escogiendo así las vistas superior y frontal donde se podrá observar de manera detallada cada uno de los elementos utilizados.

En la parte superior se puede apreciar las dimensiones de base y altura de la placa base, también los pernos utilizados, las dimensiones de las arandelas, las separaciones de los pernos, la separación entre pernos y borde, y de manera simbólica también el perfil utilizado.



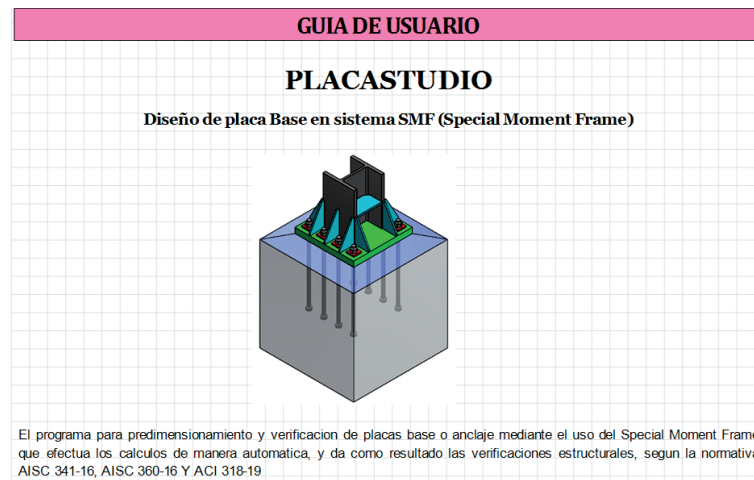
**Figura 39. Plano en vista superior**

Mientras que en la parte frontal se puede apreciar el perfil de una mejor manera con sus respectivos espesores en patín, se observa también los espesores de la placa base, espesor de las arandelas, espesor del perno, longitudes de la barra de anclaje.



**Figura 40. Plano en vista frontal**

Para finalizar la parte de plano, se observa la última pestaña del programa el cual está destinado a la guía del usuario, en lo que se especifica como se debe utilizar el programa, que variables existe en cada dato de entrada, como ingresar los datos correctamente.



*Figura 41. Guía de Usuario*

Se inicia con una breve explicación acerca del programa cuál es su objetivos, porque se usó, que comprobaciones que se van a usar, las normativas empleados.

Se empieza el Uso de programa, en donde se da un breve resumen de que pestañas tiene el programa, luego se empieza con los datos de entrada en la cual da una definición de las variables que se deberán ingresar en base a los catálogos oficiales existentes en el mercado.

Se empieza con los datos estructurales en donde se va a ver los siguientes parámetros:

- El tipo de Acero de la cual será realizado la placa base.
- El perfil W que va a usarse en la estructura.
- Resistencia del concreto de Hormigón que puede ser en **MPa o en kgf/cm2**
- Ingresar las carga axial a la que está sometida la estructura en **tonnef**
- Ingresar la Fuerza Cortante a al que está sometida la estructura en **tonnef**
- Ingresar el momento Flector del análisis estructural que tiene en **Tonnef\*m**

Se pasa a lo siguiente que son los datos generales que se van a utilizar siguiendo los siguientes parámetros:



- Altura libre de la columna (Altura que va desde la placa hasta el borde de la union con la viga) **(mm)**
- Área del pedestal de concreto o zapata **(m<sup>2</sup>)**
- Valor mínimo en N son variables ya calculadas y que son parámetros iniciales para el comienzo del predimensionamiento **(mm)**
- Valor mínimo en B son variables ya calculadas y que son parámetros iniciales para el comienzo del predimensionamiento **(mm)**
- El valor B que nos pide ingresar decidiremos cual medida escoger **(mm)**
- El valor N que nos pide ingresar decidiremos cual medida escoger **(mm)**
- Selecciones el tamaño del perno **(in)**
- Ingrese la cantidad de pernos por lado **(2 es el valor mínimo)**
- Ingresar la distancia desde el borde de la placa hasta el centro del perno **(mm)**

Como recomendación la distancia del borde hasta el centro del perno debe ser 6 veces el diámetro nominal del anclaje (McCormac, 2013).

En lo que respecta a las barras de anclaje se dan los datos que norma se utiliza, por qué existen esos tipos de grados utilizados y dependiendo del tipo de grado se debe seleccionar el tamaño para las barras de anclaje.

Para el apartado de soldadura vamos a seleccionar cual filete usar en la union de placa-columna en el cual se verifica la resistencia del metal de aporte del electrodo con las cargas que se dirigen y si soportan, también dando una imagen de los tipos de filete con los valores mínimos de las resistencias y límites.

Para las barras de refuerzo se explican el tamaño de la barra de refuerzo y sus áreas respectivas mediante los datos dados en la AINEC, asimismo con la longitud de desarrollo para las barras de refuerzo brindara una explicación de cada una de las variables.

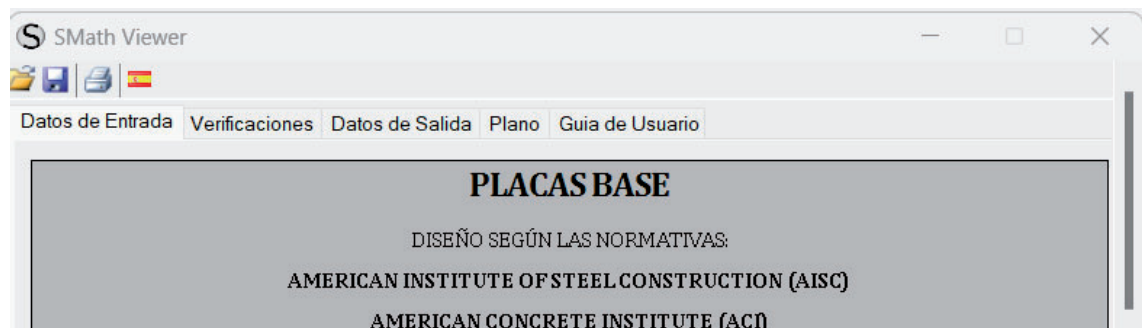
En las arandelas se explica la resistencia de las arandelas y las variables que se van a utilizar. Igualmente, para las Llaves de corte se va a seleccionar el tipo de perfil de la estructura que se puede usar, acompañado con una imagen en donde se especifica que tipo de perfil se puede utilizar para la llave de corte.

Para las verificaciones igualmente se ofrece una explicación de que se verifica en cada apartado y que variables interfieren para el cumplimiento de cada una de ellas.

En el apartado de plano se ofrece una vista de cómo quedaría de manera predefinida las vistas utilizadas para la formación del plano.

De igual manera el programa ofrece la opción de guardar los proyectos realizados en el momento, se puede guardar un archivo y abrir desde el mismo programa para que se pueda visualizar los resultados.

De la misma manera tenemos la opción de imprimir para poder guardar los resultados como archivos PDF o imprimir en físico que nos ayudara en la visualización de todos los parámetros.



***Figura 42. Opciones de guardado, impresión de resultados***

Una vez realizado por completo el desarrollo del software para el dimensionamiento de las placas, dimensionamiento de placas, longitudes de desarrollo de refuerzo. Verificar los parámetros asignados para cada parte de la placa base, desarrollar el plano de fácil lectura y entendible, procede a darle un nombre al programa.

Para poder asignar un nombre se va a utilizar el primer término “placa” en combinación con el término “Studio” para poder dar un toque original al primer programa enfocado en los pórticos SMF que muy pocos tienen.

De esta manera hemos asignado el nombre “PlacaStudio”

## Capítulo 4

### Resultados y discusión.

Acabada la codificación del programa, las verificaciones, los datos de entrada y salida, sus planos con la guía de usuario ya realizada, se procede a verificar el programa con algunos ejemplos que al momento de realizarlos se ha logrado obtener el siguiente programa que cumplen con las normativas y estándares de los materiales:

**PLACAS BASE**

DISEÑO SEGÚN LAS NORMATIVAS:  
**AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION (AISC)**  
**AMERICAN CONCRETE INSTITUTE (ACI)**

Este programa se distribuye de forma **Gratuita** y no se ofrece ningún tipo de garantía expresa o implícita.  
**Autor:** Marlon Alexis Caraguay Pangol  
**Co Autor:** Ing. Eduardo Dionei Palma Zambrano

**Datos Estructurales**

1. Tipo de Acero de la estructura	A572_gr_50	
2. Perfil Escogido	W 14x176	
3. Resistencia del concreto de Homigon	28	MPa
4. Ingrese la carga axial	62	tonnef
5. Ingrese la Fuerza Cortante	34200	kgf
6. Momento flector	99	tonnef m

**Datos Generales**

7. Altura libre de la columna	3450	mm
8. Ingrese el largo del pedestal o zapata de concreto	1200	mm
9. Ingrese el ancho del pedestal o zapata de concreto	1200	mm
10. Valor mínimo "B"	0.5499	m
11. Valor mínimo "N"	0.539	m
12. INGRESE VALOR B QUE DESEA EN LA PLACA	750	mm
13. INGRESE VALOR N QUE DESEA EN LA PLACA	750	mm
14. Seleccione el Diametro del Perno	1+1/2 in	
15. Ingrese la cantidad de pernos por lado	4	

**Figura 43. Pestaña de Datos de entrada (Datos Estructurales, Datos Generales)**

16. Ingrese una distancia deseada del borde hasta el primer perno 90 mm

**BARRAS DE ANCLAJE**

17. Seleccione el nuevo Grado para la barra de anclaje Grado 105

Dependiendo su grado seleccione un tamaño recomendado

**F1554 Mechanical Properties**

Grade	Marking	Size inches	Tensile, ksi	Yield, ksi min	Yield, MPa min	Elong, % min	RA % min
36	36 AB36	1/2 - 4	58 - 80	36	248	23	40
55	55 AB55	1/2 - 2	75 - 95	55	380	21	30
		2 1/4 - 2 1/2	75 - 95	55	380	21	30
		2 1/2 - 3	75 - 95	55	380	21	30
		3 1/4 - 4	75 - 95	55	380	21	30
105	105 AB105	1/2 - 3	125 - 150	105	724	15	45

18. Seleccione el tamaño para las barras de anclaje 1+1/2 in

**SOLDADURAS**

19. Seleccione el tipo de electrodo usado en la Soldadura E70XX

**BARRAS DE REFUERZO**

20. Seleccione el tamaño de la barra de refuerzo 1 in

21. Seleccione el Area de la barra dependiendo de su tamaño 1 in

**LONGITUD DE DESARROLLO**

λ Concreto de peso Normal

ψ<sub>e</sub> Refuerzo sin recubrimiento o refuerzo

ψ<sub>s</sub> Para barras No.22 y mayores

ψ<sub>t</sub> Otra (Refuerzo Inferior)

22. Ingrese una distancia G 250 mm

**Figura 44. Pestaña de Datos de Entrada (Barra de anclaje, Soldadura, Barras de refuerzo.)**

22. Ingrese una distancia G 250 mm

**ARANDELAS**

23. INGRESE UN TAMAÑO BASE DE ARANDELA 100 mm

24. INGRESE UN TAMAÑO ANCHO DE ARANDELA 100 mm

**LLAVE DE CORTE**

Mediante la normativa AISI 360-16 (G2.1) En el apartado Cedencia por corte, debemos tener en cuenta la siguiente norma para las llaves de corte.

**User Note:** All current ASTM A6 W, S and HP shapes except W44x230, W40x149, W36x135, W33x118, W30x90, W24x55, W16x26 and W12x14 meet the criteria stated in Section G2.1(a) for  $F_y = 50$  ksi (345 MPa).

25. Perfil de análisis W 10x68

**Figura 45. Pestaña de Datos de Entrada (Arandela y Llave de Corte)**

SMath Viewer

No se permite la venta o uso comercial

Datos de Entrada Verificaciones Datos de Salida Plano Guía de Usuario

### COMPROBACION DE SOLICITACIONES

#### PLACAS BASE

Comprobaciones De:	Normativa	Verificaciones
Excentricidad AISC 360-10 (J8-2)	ACI 360-16 (J8.2)	Correcto
Distancia del centro del perno hasta el borde de Placa		Correcto
Dimensiones y pernos AISC 360-10 (J8-1)	ACI 360-16 (J8.1)	Correcto
Flexion de la plancha en compresion y fuerzas de traccion en barras		Correcto

#### BARRAS DE ANCLAJE

Comprobaciones De:	Normativa	Verificaciones
Diseño de Barra de Anclaje	AISC 360-16 (J3.3a)	Correcto

#### SOLDADURA

Comprobaciones De:	Normativa	Verificaciones
Soldadura en Alma y Alas	AISC 360-16 (J2.4)	Correcto

#### BARRAS DE REFUERZO LONGITUDINAL

Comprobaciones De:	Normativa	Verificaciones
Refuerzo de anclaje		Correcto
Resistencia al arrancamiento del concreto	ACI 318-19 (17.4.1.2)	Correcto

*Figura 46. Pestaña de Verificaciones (Placas base, Barras de anclaje, Soldadura, Barra de refuerzo longitudinal)*

#### ARANDELA

Comprobaciones De:	Normativa	Verificaciones
Resistencia a la extraccion por deslizamiento en traccion	ACI 318-19 (17.4.3.1.)	Correcto
Resistencia al desprendimiento lateral de concreto	ACI 318-19 (17.6.4)	Correcto
Diseño de la plancha de anclaje (Espesor de arandela)		Correcto

#### LLAVE DE CORTE

Comprobaciones De:	Normativa	Verificaciones
Resistencia a Corte AISC	AISC 360-16 (G2.1)	Correcto
Resistencia al aplastamiento de concreto	ACI 349-13 (D.4.6.2.)	Correcto
Resistencia al corte de Concreto	ACI 349-13 (D.11.2)	Correcto
Cedencia en Flexion	AISC 360-16 (F2.1)	Correcto

*Figura 47. Pestaña de Verificaciones (Arandela, Llave de corte)*

SMath Viewer

Datos de Entrada Verificaciones Datos de Salida Plano Guia de Usuario

### DATOS DE SALIDA

Descripción	Variable	Resultado
Longitud de la Base de la Placa	B	0.75m
Longitud de Ancho de la Placa	N	0.75m
Espesor de Placa requerida	Espesor Final	0.05m
Numero de pernos en cada lado	nt	4
Separacion del Borde hasta el primer perno	sv	0.09m
Separacion entre pernos	Spernos	0.14m
Perfil de la estructura	name	W 12x96

#### Placas Base

Descripción	Variable	Resultado
Tamaño de la barra de anclaje	da	0.04m
Total de barras de anclaje	nv	8

#### Barra de Anclaje

Descripción	Variable	Resultado
Tamaño de la barra de refuerzo	db	0.03m
Cantidad de Barras de Refuerzo Necesarias	No	1
Longitud Minima de Desarrollo	ld min	0.72m

#### Longitud de Desarrollo para barras de Refuerzo

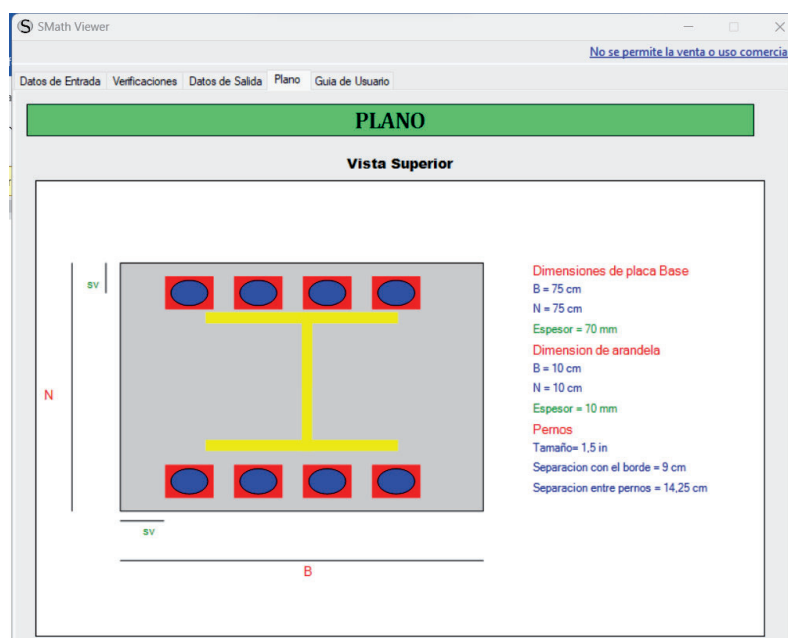
Descripción	Variable	Resultado
Tamaño de la base de arandela	Narandela	0.1m
Tamaño del ancho de las randelas	Barandela	0.1m
Espesor de la arandela	tp_usado	0

#### Dimensiones de la Arandela

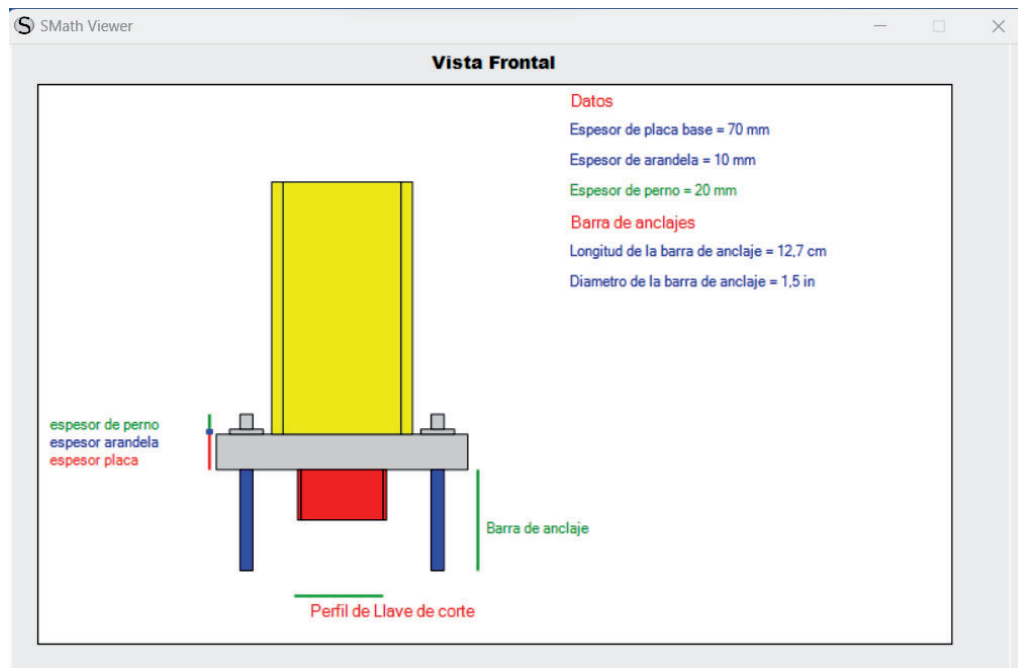
Descripción	Variable	Resultado
Tipo de Perfil de llave de corte	name_2	W 10x68

#### Llave de Corte

**Figura 48. Datos de Salida (Predimensionamiento de: Placas base, barras de anclaje, barras de refuerzo, arandela, llave de corte)**



**Figura 49. Plano Final Vista Superior**



*Figura 50. Plano Final, Vista frontal*



*Figura 51. Guía de Usuario*



SMath Viewer

Una vez el programa ejecutado, nos vamos a encontrar con una barra de menus, que contendran las siguientes pestañas: Datos de Entrada, Verificaciones, Datos de Salida, Plano y Guia de Usuario.

Datos de Entrada Verificaciones Datos de Salida Plano Guia de Usuario

### DATOS DE ENTRADA

En el apartado de Datos de Entrada, vamos a tener todas las variables necesarias en ser seleccionadas o ingresadas para que el programa pueda realizar los calculos y las verificaciones estructurales de las placas base que se pretende pre-dimensionar.

Como variables iniciales a ingresar debemos tener los materiales que se van a utilizar en el diseño de las placas, estos materiales son definidos previamente mediante los catalogos oficiales existentes en el mercado.

#### Datos Estructurales

##### Datos Estructurales

Tipo de Acero de la estructura	A572_gr_50
Perfil Escogido	W14x176
Resistencia del concreto de Hormigon	28 MPa
Ingrese la carga axial del analisis estructural	62 tonnef
Ingrese la Fuerza Cortante del analisis estructural	34200 kgf
Momento flector del analisis estructural	99 tonnef m

Ahora las variables a ingresar en los Datos Estructurales son:

- El tipo de Acero de la cual sera realizado la placa base.
- El perfil W que va a usarse en la estructura.
- Resistencia del concreto de Hormigon que puede ser en MPa o en kgf/cm2
- Ingresar las carga axial a la que esta sometida la estructura en tonnef
- Ingresar la Fuerza Cortante a al que esta sometida la estructura en tonnef
- Ingresar el momento Flector del analisis estructural que tiene en Tonnef\*m

#### Datos Generales

Ahora vamos a revisar la parte de Datos generales:

**Figura 52. Guía de Usuario (Datos de entrada)**

SMath Viewer

- Ingresar la Fuerza Cortante a al que esta sometida la estructura en tonnef
- Ingresar el momento Flector del analisis estructural que tiene en Tonnef\*m

#### Datos Generales

Ahora vamos a revisar la parte de Datos generales:

##### Datos Generales

Altura libre de la columna	3450	mm
Ingrese el area del pedestal de concreto	1	m <sup>2</sup>
Valor minimo "B"	0.5512	m
Valor minimo "N"	0.5385	m
INGRESE VALOR B QUE DESEA EN LA PLACA	750	mm
INGRESE VALOR N QUE DESEA EN LA PLACA	750	mm
Seleccione el Diametro del Perno	1-1/2 in	
Ingrese la cantidad de pernos por.	4	
Ingrese una distancia deseada del borde hasta el primer perno	90	mm

Ahora revisaremos y analizaremos las variables que nos da el apartado de Datos Generales:

- Altura libre de la columna (Altura que va desde la placa hasta el borde de la union con la viga) (mm)
- Area del pedestal de concreto o zapata (m<sup>2</sup>)
- Valor minimo en N son variables ya calculadas y que son parametros iniciales para el comienzo del predimensionamiento (mm)
- Valor minimo en B son variables ya calculadas y que son parametros iniciales para el comienzo del predimensionamiento (mm)
- El valor B que nos pide ingresar decidremos cual medida escoger (mm)
- El valor N que nos pide ingresar decidremos cual medida escoger (mm)
- Selecciones el tamaño del perno (in)
- Ingrese la cantidad de pernos por lado (2 es el valor minimo)
- Ingresar la distancia del borde de la placa hasta el centro del perno (mm)

Como recomendacion la distancia del borde hasta el centro del perno debe ser 6 veces el diametro nominal del anclaje

#### Barra de Anclaje

Debido a la norma F1554 tenemos 3 tipos de grados que se pueden utilizar, en cada uno de ellos tienen una tension minima y maxima, asi como que el tamaño de cada uno depende del tipo de grado

##### BARRAS DE ANCLAJE

Seleccione el nuevo Grado para la barra de anclaje

Grado 105

**Figura 53. Guía de Usuario (Datos Generales)**

SMath Viewer

### BARRAS DE ANCLAJE

Seleccione el nuevo Grado para la barra de anclaje:

Dependiendo su grado seleccione un tamaño recomendado

#### F1554 Mechanical Properties

Grade	Marking	Size inches	Tensile, ksi	Yield, ksi min	Yield, MPa min	Elong, % min	RA % min
36	36	$\frac{1}{2}$ - 4	58 - 80	36	248	23	40
55	55	$\frac{1}{2}$ - 2	75 - 95	55	380	21	30
		$2\frac{1}{2}$ - $2\frac{1}{2}$	75 - 95	55	380	21	30
		$2\frac{1}{2}$ - 3	75 - 95	55	380	21	30
		$3\frac{1}{2}$ - 4	75 - 95	55	380	21	30
105	105	$\frac{1}{2}$ - 3	125 - 150	105	724	15	45

Seleccione el tamaño para las barras de anclaje:

Tomado de: Portland Bolt and manufacturing company

### Soldadura

En este apartado vamos a seleccionar cual filete usar en la union de placa-columna en el cual verificaremos la resistencia del metal de aporte del electrodo con las cargas que se dirigen y si soportan

Clasificación AWS	Valores Mínimos	
	Resistencia a la tensión (lb/in <sup>2</sup> )	Límite de cedencia (lb/in <sup>2</sup> )
E60XX	62,000	50,000
E70XX	70,000	57,000
E80XX	80,000	67,000
E90XX	90,000	77,000
E100XX	100,000	87,000
E110XX	110,000	95,000
E120XX	120,000	107,000

En este tipo de electrodos se utiliza recubrimiento tipo bajo hidrogeno-aminicamente

Tomado de Flores, 2014

### Barras de Refuerzo

Aquí vamos a referenciar a las barras de refuerzo para las verificaciones de arrancamientos de anclaje individual y las resistencias al arrancamiento del concreto general.

**Figura 54. Guía de Usuario (Datos de entrada, Barras de anclaje, soldadura, Barras de refuerzo)**

SMath Viewer

Tomado de Flores, 2014

### Barras de Refuerzo

Aquí vamos a referenciar a las barras de refuerzo para las verificaciones de arrancamientos de anclaje individual y las resistencias al arrancamiento del concreto general.

Aquí vamos a tener 2 barras de seleccion en donde vamos a seleccionar primero el tamaño de la barra de la refuerzo y a su vez seleccionaremos el área de la barra dependiendo del tamaño seleccionado.

Esto se hace respecto a que el área que se tiene ya esta dado por las especificaciones del mercado.

#### BARRAS DE REFUERZO

Seleccione el tamaño de la barra de refuerzo:

Seleccione el Área de la barra dependiendo de su tamaño:

Ahora vamos a seleccionar una medida existente que tenemos en catalogo para ayudarnos en el proceso del calculo y verificaciones estructurales.

No. Designación de varilla	Medida	Diámetro		Área de sección transversal		Peso Nominal	
		in	mm	in <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>	lb/ft	kg/m
4	1/2"	0.500	12.7	0.20	127	0.668	0.994
5	5/8"	0.625	15.9	0.31	199	1.043	1.552
6	3/4"	0.750	19.1	0.44	284	1.502	2.225
8	1"	1.000	25.4	0.79	510	2.670	3.971
10	1 1/4"	1.270	32.3	1.27	819	4.303	6.404

Tomado de AINEC

### Longitud de Desarrollo

#### LONGITUD DE DESARROLLO

**Figura 55. Guía de Usuario (Datos de entrada, Barras de refuerzo, Longitud de desarrollo)**

SMath Viewer  
Longitud de Desarrollo

**LONGITUD DE DESARROLLO**

$\lambda$ : Concreto de peso Normal  
 $\Psi_e$ : Refuerzo sin recubrimiento o re  
 $\Psi_s$ : Para barras No 22 y mayores  
 $\Psi_t$ : Otro (Refuerzo inferior)  
 Ingrese una distancia G: 250 mm

Para las variables de la longitud de Desarrollo tenemos que seleccionar dependiendo de cada uno de las variables anteriormente seleccionadas:

- $\lambda$  es el peso que tiene el pedestal puede ser Normal y Liviano
- $\Psi_e$  es el refuerzo con el tipo de recubrimiento que se piensa usar
- $\Psi_s$  es el tamaño de las barras utilizadas
- $\Psi_t$  si tiene refuerzo en la parte superior o el refuerzo en la parte inferior
- G: Ingresar una distancia G (Distancia mas alejada entre acero de refuerzo y anclaje) (mm)

**Arandelas**

**ARANDELAS**

INGRESE UN TAMAÑO BASE DE ARANDELA: 100 mm  
 INGRESE UN TAMAÑO ANCHO DE ARANDELA: 100 mm

En el caso de arandelas las vamos a usar para analizar la resistencia a la extraccion por deslizamiento en traccion al igual que la resistencia al desprendimiento lateral del concreto.

- Las variables de la placa son
- Ingresar un tamaño de la base (mm)
- Ingresar un tamaño ancho (mm)

**Llave de Corte**

**User Note:** All current ASTM A6 W, S and HP shapes except W44x230, W40x149, W36x135, W33x118, W30x90, W24x55, W16x26 and W12x14 meet the criteria stated in Section G2.1(a) for  $F_y = 50$  ksi (345 MPa).

Para el apartado de las llaves de corte nos dan ciertos parametros que nos recomienda la AISC 360-16 en la cual debemos evitar ciertos perfiles como se muestra en la imagen anterior.

25. Perfil de analisis: W10x68

**Figura 56. Guía de Usuario (Datos de entrada, Arandelas, Llave de corte)**

SMath Viewer

**COMPROBACION DE SOLICITACIONES**

Para la comprobacion de solicitaciones que vamos a realizar, procedemos a analizar cada una de las partes como son:

- Placa Base
- Barra de Anclaje
- Soldadura
- Barras de refuerzo longitudinal
- Arandela
- Llave de Corte

**COMPROBACION DE SOLICITACIONES**

**PLACAS BASE**

Comprobaciones De:	Normativa	Verificaciones
Excentricidad AISC 360-16 (D8-1)	ACI 308-16 (28-4)	Correcto
Distancia del centro del perno hasta el borde de la placa	ACI 308-16 (28-1)	Correcto
Excentricidad y fuerza AISC 360-16 (D8-1)	ACI 308-16 (28-1)	Correcto
Excentricidad de la fuerza de compresión y fuerza de tensión en la placa	ACI 308-16 (28-1)	Correcto

**BARRAS DE ANCLAJE**

Comprobaciones De:	Normativa	Verificaciones
Excentricidad de la fuerza de tensión	ACI 308-16 (28-1)	Correcto

**SOLDADURA**

Comprobaciones De:	Normativa	Verificaciones
Excentricidad de la fuerza de tensión	ACI 308-16 (28-1)	Correcto

**BARRAS DE REFUERZO LONGITUDINAL**

Comprobaciones De:	Normativa	Verificaciones
Excentricidad de la fuerza de tensión	ACI 308-16 (28-1)	Correcto

**ARANDELA**

Comprobaciones De:	Normativa	Verificaciones
Excentricidad y la resistencia por deslizamiento en tracción	ACI 308-16 (28-1)	Correcto
Excentricidad al desprendimiento lateral de concreto	ACI 308-16 (28-1)	Correcto
Excentricidad de la fuerza de tensión y fuerza de compresión	ACI 308-16 (28-1)	Correcto

**LLAVE DE CORTE**

Comprobaciones De:	Normativa	Verificaciones
Excentricidad y la resistencia por deslizamiento en tracción	ACI 308-16 (28-1)	Correcto
Excentricidad al desprendimiento lateral de concreto	ACI 308-16 (28-1)	Correcto
Excentricidad de la fuerza de tensión y fuerza de compresión	ACI 308-16 (28-1)	Correcto

Para el primer caso de comprobacion en las placas base podemos ver las excentricidades, distancias del centro del perno hasta el borde de la placa, las dimensiones y pernos que se van a utilizar, la flexion de la plancha en compresion y fuerzas de traccion en las barras.

**Figura 57. Guía de Usuario (Comprobación de solicitaciones)**

SMath Viewer

Cada uno de estas comprobaciones tiene una normativa que se deben cumplir y en la columna de verificación se observa si se cumple o no.

Así mismo para las barras de anclaje se observa si su diseño esta cumpliendo la normativa de la AISC en donde en caso de no cumplirla deberan aumentar el tamaño de la barra o a su vez el grado del acero.

Para la soldadura igualmente sera el requerimiento del espesor del filete que cumpla con el espesor requeridos en la union de estructura y la placa.

En verificaciones de las arandelas podemos denotar las verificaciones de la resistencia a la extraccion por deslizamiento en traccion, resistencia al desprendimiento lateral de concreto, diseño de la plancha de anclaje o espesor en donde cada una cumple una normativa de la ACI 318.19 y en caso de ocurrir algun error debemos reducir o aumentar el tamaño de la arandela.

Por ultimo las verificaciones de las llaves de corte tendran un poco mas de trabajo en la comprobacion de la resistencia a corte, la resistencia al aplastamiento de concreto, resistencia al corte de concreto y la cedencia a flexion donde lo mas recomendable y para reducir los datos procedemos a aumentar o reducir el perfil hasta que cumplan con lo requerido.

### DATOS DE SALIDA

Descripcion	Variable	Resultado
Longitud de la base de la Placa	B	0.75m
Longitud del ancho de la Placa	N	0.75m
Espesor de Placa requerida	tp	0.07m
Numero de pernos en cada lado	nt	4
Separacion del Bordo hacia el primer perno	qv	0.09m
Separacion entre pernos	Spernos	0.14m

**Placas Base**

Descripcion	Variable	Resultado
Tamaño de la base de anclaje	da	0.04m
Total de barras de anclaje	nv	4

**Placas Base**

Descripcion	Variable	Resultado
Tamaño de la base de refuerzo	da	0.03m
Cantidad de Barras de Refuerzo Necesarias	Nb	9
Longitud Minima de Desarrollo	ld min	0.72m

**Longitud de Desarrollo para barras de Refuerzo**

Descripcion	Variable	Resultado
Tamaño de la base de arandela	Arandela	0.1m
Tamaño del ancho de las arandelas	Arandela	0.1m
Espesor de la arandela	tp_ usado	0.01m

**Dimensiones de la Arandela**

Figura 58. Guía de Usuario (Comprobación de solicitaciones, Datos de salida)

SMath Viewer

Para los datos de salida se nos mostraran en tabla todos los datos necesarios para la construccion de la placa base con sistema SMF en donde nos daran las dimensiones, espesores, tamaños, separaciones, cantidades de material, cada uno especificada mediante un cuadro didactico que resume de mejor manera las partes de la estructura.

### PLANO

Para la pestaña de plano, podremos apreciar 2 vistas de la figura en donde se pueden apreciar todos los elementos compuestos que vamos a utilizar, en cada uno determina las dimensiones de cada uno de los lementos, sus tamaños, sus espesores, sus separaciones y la cantidad de cada una de ellas.

Tenemos 2 vistas en la parte superior podemos apreciar de buena manera la forma del perfil utilizado, los pernos, arandelas y separaciones

En la vista frontal podemos apreciar de manera singular como van en combinacion las partes de cada una de ellas.

SMath Viewer

**Dimensiones de placa Base**  
 B = 75 cm  
 N = 75 cm  
 Espesor = 20 mm

**Dimension de arandela**  
 B = 10 cm  
 N = 10 cm  
 Espesor = 10 mm

**Pernos**  
 Tamaño 1.5 in  
 Separacion con el borde = 9 cm  
 Separacion entre pernos = 14.25 cm

**Vista Frontal**

**Datos**  
 Espesor de placa base = 20 mm  
 Espesor de arandela = 10 mm  
 Espesor de perno = 20 mm

**Barra de anclaje**  
 Longitud de la barra de anclaje = 12.7 cm  
 Diámetro de la barra de anclaje = 1.5 in

espesor de perno  
 espesor arandela  
 espesor placa

Barra de anclaje

Perfil de llave de corte

Figura 59. Guía de Usuario (Datos de salida y Plano)

Una vez realizado el programa completo, con todas las especificaciones, variables e imágenes ya realizadas se puede concluir que se ha completado todo el proceso de programación y comprobación dando así el producto final, el mismo que se deberá realizar una validación del mismo, utilizando algunos ejercicios propuestos de bibliografía que se ha utilizado a lo largo de la indagación investigativa.

Una vez completada la codificación del software, junto con las verificaciones, datos de entrada y salida, y la creación de planos acompañados de la guía del usuario, se procede a evaluar el programa mediante diversos ejemplos.

### Ejemplo 1.

Ejemplo completo por GORA TOOLS en diseño de placa base pórtico SMF (Special Moment Frame)

GORA TOOLS nos presenta un ejemplo de diseño de placa base que utiliza el sistema SMF, facilitando la conexión entre la placa de anclaje sísmico con la columna metálica en un pórtico resistente a momento.

Calcular las medidas de la placa de anclaje en donde se apoye las cargas proporcionadas, el diseño de barras de anclaje, la soldadura que se va a utilizar, las arandelas necesarias con su espesor y la llave de corte que nos ayude.

**Tabla comparativa de datos**

Bibliografía		PLACASTUDIO		IDEASTATICA
Bibliografía Base	% Diferencia	Comparativa entre Bibliografía con PLACASTUDIO	%Diferencia	Comparativa entre Bibliografía e IDEASTATICA
$f'c = 280 \frac{kgf}{cm^2}$	0 %	$f'c = 280 \frac{kgf}{cm^2}$	0 %	$f'c = 280 \frac{kgf}{cm^2}$
$fy = 3515 \frac{kgf}{cm^2}$	0 %	$fy = 3515 \frac{kgf}{cm^2}$	0 %	$fy = 3515 \frac{kgf}{cm^2}$
$fu = 4570 \frac{kgf}{cm^2}$	0 %	$fu = 4570 \frac{kgf}{cm^2}$	0 %	$fu = 4570 \frac{kgf}{cm^2}$

<b>Tipo de perfil</b> = W14x176		<b>Tipo de perfil</b> = W14x176		<b>Tipo de perfil</b> = W14x176
$P_u = 62.166 \text{ tonnef}$	0 %	$P_u = 62.166 \text{ tonnef}$	0 %	$P_u = 62.166 \text{ tonnef}$
$V_u = 34200 \text{ kgf}$	0%	$V_u = 34200 \text{ kgf}$	0 %	$V_u = 34200 \text{ kgf}$
$M_u = 99.18 \text{ tonnef} * m$	0 %	$M_u = 99.18 \text{ tonnef} * m$	0 %	$M_u = 99.18 \text{ tonnef} * m$
$L_{pedestal} = 1200 \text{ mm}$	0%	$L_{pedestal} = 1200 \text{ mm}$	3 %	$L_{pedestal} = 1000 \text{ mm}$
$N_{pedestal} = 1200 \text{ mm}$	0%	$N_{pedestal} = 1200 \text{ mm}$	3 %	$N_{pedestal} = 1000 \text{ mm}$
$S_v = 88 \text{ mm}$	1 %	$S_v = 90 \text{ mm}$	2 %	$S_v = 100 \text{ mm}$
4 pernos por lado		4 pernos por lado		4 pernos por lado
<b>Placas Base</b> $B = 750 \text{ mm}$	0 %	<b>Placas Base</b> $B = 750 \text{ mm}$	0 %	<b>Placas Base</b> $B = 750 \text{ mm}$
$N = 750 \text{ mm}$	0 %	$N = 750 \text{ mm}$	0 %	$N = 750 \text{ mm}$
$e = 68.9 \text{ mm}$  <b>Barra de Anclaje</b> <i>Grade 55</i>	2 %	$e = 70 \text{ mm}$  <b>Barra de Anclaje</b> <i>Grade 105</i>	1 %	$e = 69 \text{ mm}$  <b>Barra de Anclaje</b> <i>Grade 105</i>
$D_{perno} = 1 + \frac{3}{4}in$	0 %	$D_{perno} = 1 + \frac{3}{4}in$	0 %	$D_{perno} = 1 + \frac{3}{4}in$
<b>Arandela</b> $L_{arandela} = 120 \text{ mm}$	2 %	<b>Arandela</b> $L_{arandela} = 100 \text{ mm}$	0 %	<b>Arandela</b> $L_{arandela} = 100 \text{ mm}$

<i>Nanrandela</i> = 120 mm	2 %	<i>Nanrandela</i> = 100 mm	0 %	<i>Nanrandela</i> = 100 mm
<b><i>espesoranrandela</i></b> = <b>10.2 mm</b>	1%	<b><i>espesoranrandela</i></b> = <b>10 mm</b>	1%	<b><i>espesoranrandela</i></b> = <b>10 mm</b>
<b>Llave de Corte</b> W 8 x 40	0 %	<b>Llave de Corte</b> W 8 x 40	0 %	<b>Llave de Corte</b> W 8 x 40
<b>Cargas de corte en anclaje</b> <i>Tu</i> = 130.5 tonnef	1 %	<b>Cargas de corte en anclaje</b> <i>Tu</i> = 131.2 tonnef	1 %	<b>Cargas de corte en anclaje</b> <i>Tu</i> = 131.5 tonnef
<b>Chequeo de bloque de compresión del concreto</b> $\phi_{pcmax} = 23.05 \text{ MPA}$	1 %	<b>Chequeo de bloque de compresión del concreto</b> $\phi_{pcmax} = 24. \text{ MPA}$	1 %	<b>Chequeo de bloque de compresión del concreto</b> $\phi_{pcmax} = 24 \text{ MPA}$
<p>Para apreciar los últimos se pueden observar los porcentajes de errores que se tienen en los diferentes elementos, donde denotan una diferencia entre <b>1 a 2%</b> en los espesores de las placas base.</p> <p>En lo que respecta a los espesores de las arandelas también denotan una diferencia entre un <b>1%</b> en cada comparación.</p> <p>Para cualquier verificación se puede consultar el <b>Anexo 2</b> que cuenta con la comparación del ejercicio bibliográfico y PLACASTUDIO al final del documento.</p> <p>Para lograr revisar el desarrollo en IDEASTATICA pueden consultar el <b>Anexo 3</b> al final del documento</p>				

Una vez verificado que los resultados del programa y los del ejercicio dado procedemos a representarlos de manera grafica para ver el paso a paso, con sus respectivas



verificaciones estructurales, datos de salida y sus planos con las acotaciones e información necesaria.

### Ejemplo 2.

Ejemplo 4.6 Diseño de placa base de momento pequeño.

Diseñar una placa base para cargas vivas y muertas axiales iguales a 100 y 160 kips, respectivamente, y momentos de entre los muertos y cargas vivas iguales a 250 y 400 kip-in respectivamente. Se utiliza una columna de ala ancha W12×96 con  $d = 12,7$  pulgadas y  $bf = 12,2$  pulgadas. La relación entre el hormigón y el área de la placa base es la unidad;  $F_y$  de la placa base es 36 ksi y  $f'_c$  del concreto es 4 ksi.

**Tabla comparativa de datos**

<b>Comparación Bibliográfica</b>	<b>% Diferencia</b>	<b>Comparación de PLACASTUDIO</b>
$f'_c = 4 \text{ ksi}$ $f_y = 36 \text{ ksi}$ <i>Tipo de perfil = W12x96</i> $L_d = 100 \text{ kips}$ $L_l = 160 \text{ kips}$	0 % 0 % 0 % 0 %	$f'_c = 4 \text{ ksi}$ $f_y = 36 \text{ ksi}$ <i>Tipo de perfil = W12x96</i> $L_d = 100 \text{ kips}$ $L_l = 160 \text{ kips}$
<b>Cargas</b> $P_u = 376 \text{ kips}$ $M_u = 940 \text{ kip} - \text{in}$	0 % 0 %	<b>Cargas</b> $P_u = 376 \text{ kips}$ $M_u = 940 \text{ kip} - \text{in}$
<b>Tipos de momentos</b> <i>Aplica Pequeños momentos</i>	0 %	<b>Tipos de momentos</b> <i>Aplica Pequeños momentos</i>
<b>Placas Base</b>  $B = 19 \text{ in}$  $N = 19 \text{ in}$	0 %  0 %	<b>Placas Base</b>  $B = 19 \text{ in}$  $N = 19 \text{ in}$
$e = 41.2 \text{ mm}$	1 %	$e = 42 \text{ mm}$



Se puede verificar que las comparaciones que se tienen tanto en la bibliografía como en el programa PLACASTUDIO se da entre un porcentaje menor a **1%** en lo que respecta en los espesores.

Para cualquier verificación puede consultar el **Anexo 4** que cuenta con la comparación del ejercicio bibliográfico y PLACASTUDIO al final del documento.

### Ejemplo 3.

Ejemplo 4.7 Diseño de placa base de grandes momentos.

Diseñe una placa base para cargas vivas y muertas axiales iguales a 100 y 160 kips, respectivamente, y momentos de entre los muertos y cargas vivas iguales a 1.000 y 1.500 kip-in respectivamente.

La flexión se trata del eje fuerte para una brida de ancho W12×96 column con  $d = 12,7$  pulgadas y  $bf = 12,2$  pulgadas. De manera conservadora, considere que la relación entre el área del concreto y la placa base es la unidad;  $F_y$  de la placa base es 36 ksi y  $f'_c$  del concreto es 4 ksi.

**Tabla comparativa de datos**

Comparación Bibliográfica	% Diferencia	Comparación de PLACASTUDIO
$f'_c = 4 \text{ ksi}$ $f_y = 36 \text{ ksi}$ <i>Tipo de perfil = W12x96</i> $L_d = 100 \text{ kips}$ $L_l = 160 \text{ kips}$	0 % 0 % 0 % 0 %	$f'_c = 4 \text{ ksi}$ $f_y = 36 \text{ ksi}$ <i>Tipo de perfil = W12x96</i> $L_d = 100 \text{ kips}$ $L_l = 160 \text{ kips}$
<b>Cargas</b> $P_u = 376 \text{ kips}$ $M_u = 4600 \text{ kip} - \text{in}$	0 % 0 %	<b>Cargas</b> $P_u = 376 \text{ kips}$ $M_u = 4600 \text{ kip} - \text{in}$
<b>Tipos de momentos</b> <i>Aplica Grandes momentos</i>	0 %	<b>Tipos de momentos</b> <i>Aplica Grandes momentos</i>

<b>Placas Base</b>		<b>Placas Base</b>
$B = 19 \text{ in}$	0 %	$B = 19 \text{ in}$
$N = 19 \text{ in}$	0 %	$N = 19 \text{ in}$
$e = 48.1 \text{ mm}$	2 %	$e = 50 \text{ mm}$
<p>Se puede verificar que las comparaciones que se tienen tanto en la bibliografía como en el programa PLACASTUDIO se da entre un porcentaje menor a <b>2%</b> en lo que respecta en los espesores.</p> <p>Para cualquier verificación puede consultar el <b>Anexo 5</b> que cuenta con la comparación del ejercicio bibliográfico y PLACASTUDIO al final del documento.</p>		

## Capítulo 5

### Conclusiones y recomendaciones.

#### Conclusiones

El programa se desarrolló de manera exitosa, permitiendo realizar el predimensionamiento simple y verificable de la unión columna-placa base-cimentación en donde incluye: cálculos con pórticos SMF, predimensionamiento para placas base, diseño para barra de anclaje, soldadura a utilizar, barras de refuerzo, predimensionamiento de arandelas y el perfil de llave de corte a utilizar.

El programa PLACASTUDIO representa una herramienta útil para optimizar el tiempo y la precisión en el diseño de cada elemento que represente la unión de columna-placa base-cimentación.

Se logro realizar una comparativa del Ejemplo 1 donde se analiza la comparación que tiene el ejemplo bibliográfico con el programa PLACASTUDIO y en donde también se comparó con el programa IDEASTATICA en donde existe una diferencia de no mayor a 2% en espesores, mientras que en dimensiones de cada elemento no sobrepasa el 3% de diferencia entre ellos.

Se logro también revisar las comparaciones entre el Ejemplo 2 y 3, en donde se analizo el ejemplo bibliográfico con el programa PLACASTUDIO donde en los 2 ejemplos el espesor tiene una diferencia no mayor a 2%

En caso de que algún usuario sienta alguna curiosidad o pregunta hemos realizado la elaboración de la guía del usuario, e incluirla en el programa ubicándola dentro de una pestaña final en donde se podrán encontrar normativas, el paso a paso, o algunas fuentes tomadas para la ayuda del desarrollo del programa.


**Recomendaciones**

En el desarrollo del programa se ha podido constatar que es importante en la ingeniería civil, para brindar una seguridad, optimización y desarrollo correcto en los diseños de elementos para una correcta unión, optimizando así el tiempo y verificación de cada elemento estructural, en lo cual recomendamos implementar más trabajo de este tipo para cada una de las estructuras civiles.

Se recomienda dar continuidad a las actualizaciones de este tipo de programas ya que algunas normativas se van actualizando y asimismo deben incorporar las actualizaciones en los programas libres dando así más seguridad.

### Referencias Bibliográficas

- Aceromafe, R. (2022, agosto 2). Identifica los diferentes tipos de acero. *Aceromafe*.  
<https://www.aceromafe.com/tipos-de-acero/>
- ACI (318). (2019). *Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318-19)*.  
 American Concrete Institute.
- AISC. (2014). *Steel Construction Manual*.
- AISC 360-16. (2016). *ANSI/AISC 360-16 Specification for Structural Steel Buildings*.
- American Welding Society, A. (2010). *Código de soldadura estructural*.
- Andrey Ivashov. (2021). *Explicacion de los parametros en SMath Studio*.  
<https://smath.com/en-US/view/SMathStudio/reviews>
- ANSI/AISC (341-16). (2016). *Seismic Provisions for Structural Steel Buildings*.
- Armijo, O. I. N. (2014). *ESTUDIO NUMÉRICO DE LLAVES DE CORTE DE ACERO EN CRUZ PARA PLACAS BASE DE COLUMNAS*.
- ASTM. (2018). *Grados del Acero*.
- Autodesk. (2024). *Robot Structural Analysis Professional | Download & Pricing*.  
<https://www.autodesk.com/products/robot-structural-analysis/overview>
- Carlos Saavedra. (2018). *DISEÑO DE PLACAS BASES PARA COLUMNAS METÁLICAS*.  
 CONSULTORES Saavedra y Uribe.
- Celigüeta, J. T. (2017). *DISEÑO DE UNIONES A LA CIMENTACIÓN CON PLACA BASE DE ANCLAJE*.
- Chazaro Rosario, C. (2018). *Diseño de conexiones*. Artroom Innovate Thinking.
- Colombia, M., Ingeniería y Construcción MIC SAS Bogotá. (2018). *Ficha Técnica sobre los pernos de anclaje*. <https://www.estructurasmetalicascolombia.com>.  
<https://www.estructurasmetalicascolombia.com/anclajes-y-fijaciones/pernos-de-anclaje-para-cimientos/ficha-tecnica-sobre-los-pernos-de-anclaje>

- Contreras, S. A. P., & Berni, W. R. T. (2022). *ESTUDIO ANALÍTICO DE PLACAS BASE ADAPTADAS CON LA GUÍA DE DISEÑO 1 DEL AISC, CONSIDERANDO COLUMNAS TUBULARES HUECAS PARA EL CASO DE UN EDIFICIO DE ACERO ESTRUCTURAL DE NUEVE NIVELES.*
- Crea, A. (2023, octubre 26). *¿Qué son las Placas de Anclaje de Acero y cómo funcionan?*  
 <https://aceroscrea.com/blog/placas-de-anclaje-de-acero/>
- CSI. (2024). *CSI Spain | ETABS*. <http://www.csiespana.com/software/5/etabs>
- CSI Spain | SAP2000*. (2024). <http://www.csiespana.com/software/2/sap2000>
- Cype. (2022). *CYPECAD*. CYPE. <https://info.cype.com/es/software/cypecad/>
- Juan Roldán Ruiz. (2010). *Solicitaciones en estructuras de edificación*. Fundacion Universitaria San Antonio.
- Lemus, J. P. P., & Meneses, J. N. T. (2019). *GUÍA METODOLÓGICA PARA EL DISEÑO DE CONEXIONES DE COLUMNA-PLACA BASE Y PERNOS DE ANCLAJE METODO LRFD.*
- Machado, N. A. L., Garrido, R. D. U., & Herrera, R. I. (2019). *ANÁLISIS DE UNA PLACA BASE DE UNIÓN ENTRE COLUMNA DE CONCRETO-COLUMNA DE ACERO EN EL RANGO NO LINEAL ANALYSIS OF A JOINT BASE PLATE BETWEEN CONCRETE COLUMN-STEEL COLUMNS IN THE NON-LINEAR RANGE.*  
<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.21271.83363>
- Maldonado Flores, J. L. (1996). *Aceros y sus aplicaciones*.
- McCormac, J. C. (2013). *Diseño de estructuras de Acero* (5 edición). Alfaomega.
- Melisa, C. A. E. (2013). *IMPLEMENTACIÓN DE UNA HERRAMIENTA COMPUTACIONAL PARA EL CÁLCULO DE ANCLAJES PARA VIGAS Y COLUMNAS METÁLICAS UTILIZANDO UNA APLICACIÓN DEL PROGRAMA MATLAB.*

- NEC 15. (2015). *Norma Ecuatoriana de la Construcción*. Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/documentos-normativos-nec-norma-ecuatoriana-de-la-construccion/>
- Piedra, D. E. V., & Gutiérrez, O. O. V. (2006). *ESTUDIO DE LA OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS DE FABRICACIÓN DE VIGAS Y COLUMNAS METÁLICAS SOLDADAS PARA ESTRUCTURAS DE EDIFICIOS*.
- Richard M. (2019). *Características y comportamiento de las placas base para columnas y las placas de sorporte para vigas*. Universidad de las Americas Puebla.
- Rommel, F. (2016). *SQLite: La Base de Datos Embebida*. SG Buzz. <https://sg.com.mx/revista/17/sqlite-la-base-datos-embebida>
- RUBI. (2022, julio 13). TIPOS DE HORMIGÓN Y SUS USOS EN LA OBRA. *RUBI Blog ES*. <https://www.rubi.com/es/blog/tipos-de-hormigon/>
- Sergey Grunenkov. (2022). *Smath Studio—SMath*. <https://smath.com/en-US/>
- SkyCiv. (2013, enero 6). *Análisis y Diseño Estructural | SkyCiv Engineering*. <https://skyciv.com/es/>
- Steeven, C. H. F., Manuel, C. V. O., Andres, C. T. F., Celine, G. H. C., Fernando, G. I. F., & Sam, G. S. M. (2019). *IMPORTANCIA DEL HORMIGÓN EN LA INGENIERÍA CIVIL*.
- UNAM. (2010). *Acero de Refuerzo*. Universidad Nacional de Mexico.
- Urroz, G. (2012). *Introducción a la Programación con SMath Studio*. Universidad Estatal de Utah. <https://smath.com/wiki/GetFile.aspx?File=Tutorials%2FProgramarConSMathStudio2012.pdf>
- VARILLA G-42 – Global Aceros – Construyendo México. (2020). <https://globalaceros.mx/producto/varilla-g-42/>

Vera Argullo, J. (2009). *Filamento de carbono en hormigones*. Universidad de Malaga.

Wollmershauser, R. E., Chambers, H., Alderman, W. H., Aziz, T., Bandyopadhyay, R. L.,

Carrato, P. J., Cook, R. A., Eligehausen, R., Ernst, R. J., Graves, H. L., Heinert, K. D.,

Heinz, C., Ireland, B., Klingner, R. E., Lancelot, H. B., Makitka, A., Mattis, L.,

McGlohn, R. R., Meinheit, D. F., ... Wiewel, H. (2002). *Evaluación del*

*Comportamiento de los Anclajes Mecánicos para Instalar en Hormigón Endurecido.*



## Índice de Anexos

<b>Anexo 1 Codificación del Programa.....</b>	<b>96</b>
<b>Anexo 2 Ejemplo dado por GORA TOOLS y Comparado con PLACASTUDIO.....</b>	<b>134</b>
<b>Anexo 3 Programación en IDEASTATICA del ejemplo de GORA TOOLS .....</b>	<b>139</b>
<b>Anexo 4 Ejemplo 4.6 del libro Base Plate and Anchor Rod Design .....</b>	<b>143</b>
<b>Anexo 5 Ejemplo 4.7 del libro base Plate and Anchor Rod Design.....</b>	<b>146</b>

## Anexo 1

### Codificación del Programa

— Datos de Entrada —

#### PLACAS BASE

DISEÑO SEGÚN LAS NORMATIVAS:

AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION (AISC)

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE (ACI)

Este programa se distribuye de forma **Gratuita** y no se ofrece ningún tipo de garantía expresa o implícita.

**Autor:** Marlon Alexis Caraguay Pangol

**Co Autor:** Ing. Eduardo Dionei Palma Zambrano

### Datos Estructurales

— Detalles del material —

Acero :=	"A36"	36 ksi 58 ksi
	"A53GRB"	35 ksi 60 ksi
	"A500_gr_B"	42 ksi 58 ksi
	"A500_gr_C"	46 ksi 62 ksi
	"A501"	36 ksi 58 ksi
	"A529_gr50"	50 ksi 65 ksi
	"A529_gr55"	55 ksi 70 ksi
	"A572_gr_42"	42 ksi 60 ksi
	"A572_gr_50"	50 ksi 65 ksi
	"A572_gr_55"	55 ksi 70 ksi
	"A572_gr_60"	60 ksi 75 ksi
	"A572_gr_65"	65 ksi 80 ksi
	"A618_gr_I&II"	50 ksi 70 ksi
	"A618_gr_III"	50 ksi 65 ksi
	"A913_gr_50"	50 ksi 60 ksi
	"A913_gr_60"	60 ksi 75 ksi
	"A913_gr_65"	65 ksi 80 ksi
	"A913_gr_70"	70 ksi 90 ksi
	"A992"	50 ksi 65 ksi
	"A242_42"	42 ksi 63 ksi
	"A242_46"	46 ksi 67 ksi
+	"A242_50"	50 ksi 70 ksi
	"A588"	50 ksi 70 ksi
	"A847"	50 ksi 70 ksi

Table 2-3  
Applicable ASTM Specifications  
for Various Structural Shapes

Steel Type	ASTM Designation	F <sub>y</sub> Min. Yield Stress (ksi)	F <sub>u</sub> Tensile Stress <sup>a</sup> (ksi)	Applicable Shape Series											
				W	M	S	HP	C	MC	L	HSS		Pipe		
				Rect.	Round										
Carbon	A36	36	58-80 <sup>b</sup>												
	A53 Gr. B	35	60												
	Gr. B	42	58												
		46	58												
		46	62												
	Gr. C	50	62												
		50	62												
	A501	36	58												
	A529 <sup>c</sup>	Gr. 50	50	65-100											
		Gr. 55	55	70-100											
High-Strength Low-Alloy	A572	Gr. 42	42	60											
		Gr. 50	50	65 <sup>d</sup>											
		Gr. 55	55	70											
	Gr. 60 <sup>e</sup>	60	75												
		65	80												
		65	80												
	A618 <sup>f</sup>	Gr. I & II	50 <sup>g</sup>	70 <sup>h</sup>											
		Gr. III	30	65											
		50	50 <sup>h</sup>	60 <sup>h</sup>											
	A913	60	60	75											
65		65	80												
70		70	90												
A992	50-65 <sup>i</sup>	65 <sup>j</sup>													
Corrosion Resistant High-Strength Low-Alloy	A242	42	63 <sup>k</sup>												
		46 <sup>l</sup>	67 <sup>k</sup>												
		50 <sup>l</sup>	70 <sup>l</sup>												
	A588	50	70												
	A847	50	70												

Zoom

```
perfil := SQLiteQuery("C:\Users\LENOVO\OneDrive\Basededatos\Perfil_W.db"; "SELECT ID, PERFIL FROM Perfil_W ;")
```

1. Tipo de Acero de la estructura

A572\_gr\_50

F<sub>y</sub>

## 2. Perfil Escogido

W 14x176



### Propiedades del perfil

$$k := \begin{bmatrix} \text{concat}(\text{"SELECT h\_mm FROM Perfil\_W Where ID "}; "="; \text{var2str}(A)) \\ \text{concat}(\text{"SELECT b\_mm FROM Perfil\_W Where ID "}; "="; \text{var2str}(A)) \\ \text{concat}(\text{"SELECT tw\_mm FROM Perfil\_W Where ID "}; "="; \text{var2str}(A)) \\ \text{concat}(\text{"SELECT tf\_mm FROM Perfil\_W Where ID "}; "="; \text{var2str}(A)) \\ \text{concat}(\text{"SELECT wply\_cm3 FROM Perfil\_W Where ID "}; "="; \text{var2str}(A)) \\ \text{concat}(\text{"SELECT PERFIL FROM Perfil\_W Where ID "}; "="; \text{var2str}(A)) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{"SELECT h\_mm FROM Perfil\_W Where ID = 90"} \\ \text{"SELECT b\_mm FROM Perfil\_W Where ID = 90"} \\ \text{"SELECT tw\_mm FROM Perfil\_W Where ID = 90"} \\ \text{"SELECT tf\_mm FROM Perfil\_W Where ID = 90"} \\ \text{"SELECT wply\_cm3 FROM Perfil\_W Where ID = 90"} \\ \text{"SELECT PERFIL FROM Perfil\_W Where ID = 90"} \end{bmatrix}$$

```
d := SQLiteQuery("C:\Users\LENOVO\OneDrive\Basededatos\Perfil_W.db"; k1) mm
bf := SQLiteQuery("C:\Users\LENOVO\OneDrive\Basededatos\Perfil_W.db"; k2) mm
tv := SQLiteQuery("C:\Users\LENOVO\OneDrive\Basededatos\Perfil_W.db"; k3) mm
tf := SQLiteQuery("C:\Users\LENOVO\OneDrive\Basededatos\Perfil_W.db"; k4) mm
Zx := SQLiteQuery("C:\Users\LENOVO\OneDrive\Basededatos\Perfil_W.db"; k5) cm3
name := SQLiteQuery("C:\Users\LENOVO\OneDrive\Basededatos\Perfil_W.db"; k6)
```

#### Altura de Perfil

$d = 386,6 \text{ mm}$

#### Nomnbre del perfil

name = "W 14x176"

#### Ancho del Patin

$b_f = 397,5 \text{ mm}$

#### Espesor del alma

$t_v = 21,1 \text{ mm}$

#### Espesor del patin

$t_f = 33,3 \text{ mm}$

#### Modulo de seccion plastica respecto al eje X

$Z_x = 5243,86 \text{ cm}^3$

## 3. Resistencia del concreto de Hormigon

$f'_c := 28 \text{ MPa}$

### 4. Ingrese la carga axial

$P_u := 62,16 \text{ tonnef}$

### 5. Ingrese la Fuerza Cortante

$V_u := 34200 \text{ kgf}$

### 6. Momento flector

$M_{u1} := 99,18 \text{ tonnef m}$

## Datos Generales

7. Altura libre de la columna

$$H := 3450 \text{ mm}$$

☐—Cálculos iniciales—

$$M_p := Z_x \cdot F_y$$

$$R_y := 1,1$$

$$V_{u2} := \frac{2 \cdot R_y \cdot M_p}{H}$$

$$V_{u3} := \frac{0,7 \cdot M_p}{H}$$

$$V_{ur} := \text{Min}(V_{u2}; V_{u3})$$

$$V_u := \text{Max}(V_u; \text{Min}(V_{u2}; V_{u3}))$$

$$M_{u2} := 1,1 \cdot R_y \cdot M_p$$

$$M_u := \text{Min}(M_{u1}; M_{u2})$$

$$M_u = 99,18 \text{ tonnef m}$$

$$P_u = 62,16 \text{ tonnef}$$

$$V_u = 37,4023 \text{ tonnef}$$

8. Ingrese el largo del pedestal o zapata de concreto

$$L_{\text{pedestal}} := 1200 \text{ mm}$$

9. Ingrese el ancho del pedestal o zapata de concreto

$$A_{\text{pedestal}} := 1200 \text{ mm}$$

☐—Verificación de la excentricidad—

$$A_1 := L_{\text{pedestal}} \cdot A_{\text{pedestal}}$$

$$B_{\min} := b_f + 2 \cdot 3 \text{ in}$$

$$N_{\min} := d + 2 \cdot 3 \text{ in}$$

10. Valor mínimo "B"

$$B_{\min} = 0,5499 \text{ m}$$

11. Valor mínimo "N"

$$N_{\min} = 0,539 \text{ m}$$

12. INGRESE VALOR B QUE DESEA EN LA PLACA

$B := 750 \text{ mm}$

13. INGRESE VALOR N QUE DESEA EN LA PLACA

$N := 750 \text{ mm}$

□—Diametro de perno

$$d_{\text{bolt}} := \begin{bmatrix} "1/4 \text{ in}" & \frac{1}{4} \text{ in} \\ "5/16 \text{ in}" & \frac{5}{16} \text{ in} \\ "3/8 \text{ in}" & \frac{3}{8} \text{ in} \\ "7/16 \text{ in}" & \frac{7}{16} \text{ in} \\ "1/2 \text{ in}" & \frac{1}{2} \text{ in} \\ "9/16 \text{ in}" & \frac{9}{16} \text{ in} \\ "5/8 \text{ in}" & \frac{5}{8} \text{ in} \\ "3/4 \text{ in}" & \frac{3}{4} \text{ in} \\ "7/8 \text{ in}" & \frac{7}{8} \text{ in} \\ "1 \text{ in}" & 1 \text{ in} \\ "1+1/8 \text{ in}" & \left(1 + \frac{1}{8}\right) \text{ in} \\ "1+1/4 \text{ in}" & \left(1 + \frac{1}{4}\right) \text{ in} \\ "1+1/2 \text{ in}" & \left(1 + \frac{1}{2}\right) \text{ in} \\ "2 \text{ in}" & 2 \text{ in} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} "1/4 \text{ in}" & 0,0064 \text{ m} \\ "5/16 \text{ in}" & 0,0079 \text{ m} \\ "3/8 \text{ in}" & 0,0095 \text{ m} \\ "7/16 \text{ in}" & 0,0111 \text{ m} \\ "1/2 \text{ in}" & 0,0127 \text{ m} \\ "9/16 \text{ in}" & 0,0143 \text{ m} \\ "5/8 \text{ in}" & 0,0159 \text{ m} \\ "3/4 \text{ in}" & 0,019 \text{ m} \\ "7/8 \text{ in}" & 0,0222 \text{ m} \\ "1 \text{ in}" & 0,0254 \text{ m} \\ "1+1/8 \text{ in}" & 0,0286 \text{ m} \\ "1+1/4 \text{ in}" & 0,0318 \text{ m} \\ "1+1/2 \text{ in}" & 0,0381 \text{ m} \\ "2 \text{ in}" & 0,0508 \text{ m} \end{bmatrix}$$

14. Seleccione el Diametro del Perno

1+1/2 in

4

15. Ingrese la cantidad de pernos por lado

16. Ingrese una distancia deseada del borde hasta el primer perno

$S_v := 90 \text{ mm}$

□—Calculos de excentricidad

```

D_perno := d_bolt
if S_v ≥ (2 · d_bolt)
    "OK"
else
    "Aumente la distancia desde el borde hasta el perno"
    = "OK"

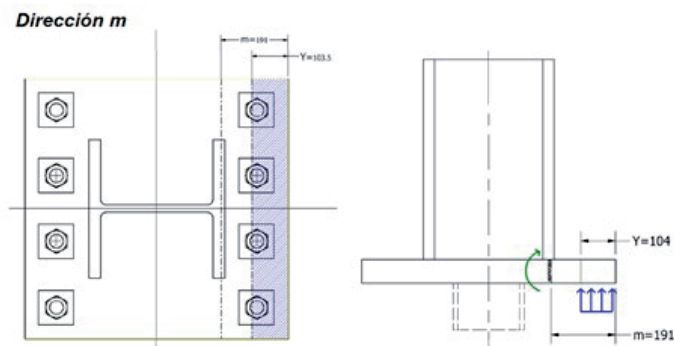
```

```

 $\phi := 0,65$ 
 $f_{p\_max} := \text{Min} \left( \phi \cdot 0,85 \cdot f'c \cdot \sqrt{\frac{A_1}{A_2}} ; \phi \cdot 1,7 \cdot f'c \right)$ 
 $e := \frac{M_u}{Pu}$ 
 $e_{critic} := \frac{N}{2} - \frac{Pu}{2 \cdot B \cdot f_{p\_max}}$ 
if  $e > e_{critic}$ 
  "Aplica Grandes Momentos"
else
  "Revisar las cargas establecidas"
   $f_p := f_{p\_max}$ 
   $f := \frac{N}{2} - s_v$ 
   $\frac{2 \cdot Pu \cdot (e + f)}{f_{p\_max} \cdot B}$ 
   $\left( f + \frac{N}{2} \right)^2$ 
  if  $\left( f + \frac{N}{2} \right)^2 \geq \frac{2 \cdot Pu \cdot (e + f)}{f_{p\_max} \cdot B}$ 
    "Dimensiones de Placa Base Correcta"
  else
    "Aumentar las Dimensiones de Placa Base"
   $y := \left( f + \frac{N}{2} \right) - \sqrt{\left( f + \frac{N}{2} \right)^2 - \frac{2 \cdot Pu \cdot (e + f)}{f_{p\_max} \cdot B}}$ 

```

☐—Flexion de la plancha en la zona a compresion

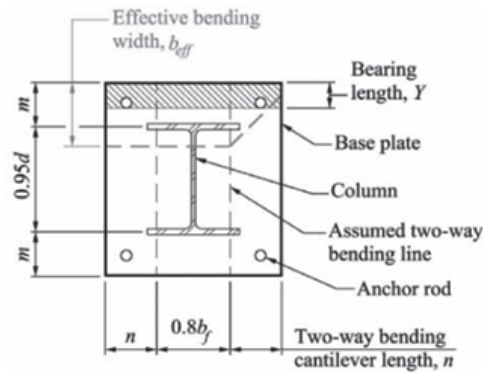


## Dirección m

La resistencia requerida a flexion de la placa base se determina bajo las siguientes ecuaciones. Estas se deducen del equilibrio estatico para una viga en voladizo y una carga distribuida sobre el ancho Y

$$\begin{aligned}
 m &:= \frac{N - 0,95 \cdot d}{2} \\
 M_{pl} &:= \text{if } Y < m \\
 &\quad f_p \cdot Y \cdot \left( m - \frac{Y}{2} \right) \\
 &\quad \text{else} \\
 &\quad f_p \cdot \left( \frac{m^2}{2} \right) \\
 t_{p\_req\_1\_1} &:= \sqrt{\frac{4 \cdot M_{pl}}{0,9 \cdot F_y}} \\
 t_{p\_req\_1\_2} &:= \text{if } Y \geq m \\
 &\quad t_{p\_req\_1} := 1,5 \cdot m \cdot \sqrt{\frac{f_p}{F_y}} \\
 &\quad \text{else} \\
 &\quad t_{p\_req\_1} := 2,11 \cdot \sqrt{\frac{f_p \cdot Y \cdot \left( m - \frac{Y}{2} \right)}{F_y}} \\
 t_{p\_req\_1} &:= \left( \text{Max} \left( t_{p\_req\_1\_1}; t_{p\_req\_1\_2} \right) \right)
 \end{aligned}$$

□—Flexion de la plancha en la zona a compresion (Direccion N)



## Direccion N

Para el diseño a flexion sobre la direccion corta, nos basamos en los modelos propuestos por Edward haninger and bruce tong, donde se presenta un modelo alterno para el diseño de placas base de columnas a momento uniaxial basado en las propuestas de la guia del diseño 1

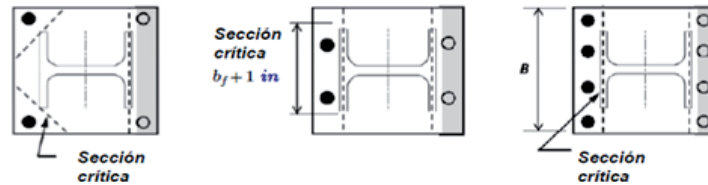
$$\begin{aligned}
 n &:= \frac{N - 0,8 \cdot b_f}{2} \\
 b_{eff} &:= \text{if } Y < 2 \cdot n \\
 &\quad \frac{Y}{2} + n \\
 &\quad \text{else} \\
 &\quad Y \\
 t_{p\_req\_2} &:= \sqrt{\frac{2 \cdot f_p \cdot Y \cdot n^2}{0,9 \cdot F_y \cdot b_{eff}}}
 \end{aligned}$$

☐—Fuerza de traccion en las barras de anclaje—

$$\left| \begin{array}{l} T_u := (f_{p\_max} \cdot B \cdot Y) - Pu \\ T_{u\_roda} := \frac{T_u}{n_t} \end{array} \right.$$

$$n_t = 4$$

☐—Flexion de la plancha base, en la interfaz de traccion—



$$t_{p\_req\_3} = \sqrt{\frac{4 \cdot T_u \cdot X}{0,9 \cdot F_y \cdot W}}$$

$$\left| \begin{array}{l} X := \frac{N - (d - t_f)}{2} - s_v \\ W := B \\ t_{p\_req\_3} := \sqrt{\frac{4 \cdot T_u \cdot X}{0,9 \cdot F_y \cdot W}} \end{array} \right.$$

☐—Espesor final de la plancha base—

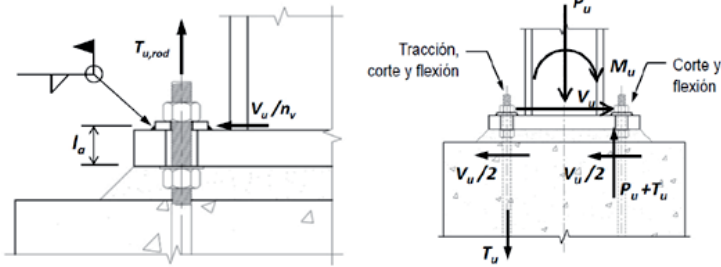
$$\left| \begin{array}{l} t_{p\_req} := \text{Max}(t_{p\_req\_1}; t_{p\_req\_2}; t_{p\_req\_3}) \\ t_p := \text{round}(t_{p\_req} + 3 \text{ mm}; 2) \\ \text{if } t_p \geq t_{p\_req} \\ \quad \text{"Sin Problemas"} \\ \text{else} \\ \quad \text{"Aumente espesor"} \\ t_p = 70 \text{ mm} \end{array} \right.$$

### BARRAS DE ANCLAJE

☐—Diseño dependiendo del Grado—

$$OPCIONB := \left[ \begin{array}{l} \text{"Grado 36"} \quad 36 \text{ ksi} \quad 58 \text{ ksi} \\ \text{"Grado 55"} \quad 55 \text{ ksi} \quad 75 \text{ ksi} \\ \text{"Grado 105"} \quad 105 \text{ ksi} \quad 125 \text{ ksi} \end{array} \right]$$





Diametrosbarras :=

"1/4 in"	$\frac{1}{4}$ in
"3/8 in"	$\frac{3}{8}$ in
"1/2 in"	$\frac{1}{2}$ in
"3/4 in"	$\frac{3}{4}$ in
"1 in"	1 in
"1+1/8 in"	$\left(1 + \frac{1}{8}\right)$ in
"1+1/4 in"	$\left(1 + \frac{1}{4}\right)$ in
"1+1/2 in"	$\left(1 + \frac{1}{2}\right)$ in
"2 in"	2 in
"2+1/8 in"	$\left(2 + \frac{1}{8}\right)$ in
"2+1/4 in"	$\left(2 + \frac{1}{4}\right)$ in
"2+1/2 in"	$\left(2 + \frac{1}{2}\right)$ in
"3 in"	(3) in
"4 in"	4 in

=

"1/4 in"	0,0064 m
"3/8 in"	0,0095 m
"1/2 in"	0,0127 m
"3/4 in"	0,019 m
"1 in"	0,0254 m
"1+1/8 in"	0,0286 m
"1+1/4 in"	0,0318 m
"1+1/2 in"	0,0381 m
"2 in"	0,0508 m
"2+1/8 in"	0,054 m
"2+1/4 in"	0,0572 m
"2+1/2 in"	0,0635 m
"3 in"	0,0762 m
"4 in"	0,1016 m




17. Seleccione el nuevo Grado para la barra de anclaje

Grado 105

+

Dependiendo su grado seleccione un tamaño recomendado

F1554 Mechanical Properties

Grade	Marking	Size inches	Tensile, ksi	Yield, ksi min	Yield, MPa min	Elong. % min	RA % min
36		1/2 - 4	58 - 80	36	248	23	40
55		1/2 - 2	75 - 95	55	380	21	30
		2 1/4 - 2 1/2	75 - 95	55	380	21	30
		2 3/4 - 3	75 - 95	55	380	21	30
		3 1/4 - 4	75 - 95	55	380	21	30
105		1/2 - 3	125 - 150	105	724	15	45

18. Seleccione el tamaño para las barras de anclaje

1+1/2 in



☐—Calculo para las barras de anclaje

$$\phi := 0,75$$

$$F_{nt} := 0,75 \cdot F_u$$

$$F_{nv} := 0,40 \cdot F_u$$

$$n_v := 2 \cdot n_t$$

$$F_u = 125 \text{ ksi}$$

+

$$T_{u\_roda} = 32,4208 \text{ tonnef}$$

☐—Ensayos

$$V_{u\_rod} := \frac{V_u}{n_v}$$

$$A_a := \frac{n \cdot d_{an}^2}{4}$$

$$Z_a := \frac{d_{an}^3}{6}$$

$$d_{an} = 38,1 \text{ mm}$$

+

☐—Dimensiones recomendadas

```

 $t_{washerf} := 0,4 \cdot d_{an}$ 
 $t_{washer} := \text{round}(t_{washerf} + 2 \text{ mm}; 2)$ 
 $f_v := \frac{V_u}{n_v \cdot A_a}$ 
 $f_{ta} := \frac{T_u}{n_t \cdot A_a}$ 
 $l_a := t_p + \frac{1}{2} \cdot t_{washer}$ 
 $M_{tb} := \frac{V_u \cdot l_a}{2 \cdot n_v}$ 
 $f_{tb} := \frac{M_{tb}}{Z_a}$ 
 $f_t := f_{ta} + f_{tb}$ 
 $\phi F'_{nt} := \phi \cdot \left( 1,3 \cdot F_{nt} - \left( \frac{F_{nt}}{\phi \cdot F_{nv}} \right) \cdot f_v \right)$ 
if  $f_t \leq \text{Min}(\phi F'_{nt}; \phi \cdot F_{nt})$ 
  "Sin Problemas"
else
  "No cumple"
 $S_{pernos} := (4) \cdot d_{an}$ 

```

Tension cortante

Tension axial por traccion

Longitud de flexion

Momento Flector

Tension axial por flexion

Tension axial total

## SOLDADURAS

☐—Tipos de electrodos para acero-carbono

Electrodos :=

"E60XX"	62 ksi
"E70XX"	70 ksi
"E80XX"	80 ksi
"E90XX"	90 ksi
"E100XX"	100 ksi
"E110XX"	110 ksi
"E1200XX"	120 ksi

19. Seleccione el tipo de electrodo usado en la Soldadura

E70XX

☐—Calculo de verificacion en soldadura

$F_{EXX} = 4921,4871 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$  Resistencia del metal de aporte del electrodo

$w_{req} := \frac{0,6 \cdot R_y \cdot F_y \cdot t_v}{\phi \cdot 0,6 \cdot F_{EXX} \cdot \sqrt{2}} = \text{"Sin Problemas"}$

$w_{req} := \text{round}(w_{req}; 2)$

if  $w \geq w_{req}$

"Sin Problemas"

else

"Aumentar Filete"

### BARRAS DE REFUERZO

☐—Resistencias de diseño y factores de resistencia

$\phi \cdot N_{sa}$	$\phi = 0,75$	Rotura del anclaje
$0,75 \cdot \phi \cdot N_{cbg}$	$\phi = 0,75$	Arrancamiento del concreto
$\phi \cdot N_n$	$\phi = 0,75$	Refuerzo de anclaje (Si es que aplica)
$0,75 \cdot \phi \cdot N_{cp}$	$\phi = 0,70$	Extraccion por deslizamiento en traccion
$0,75 \cdot \phi \cdot N_{sbq}$	$\phi = 0,75$	Desprendimiento lateral

☐—Rotura en traccion del anclaje

$$\begin{aligned}
 \phi &:= 0,75 \\
 N_{va} &:= T_{u\_roda} \\
 P &:= 6 \cdot \frac{1}{in} \\
 N_{an} &:= 6 \cdot \frac{1}{in} \\
 d_p &:= d_a - \frac{0,649519}{N_{an}} \\
 d_r &:= d_a - \frac{1,299038}{N_{an}} \\
 A_{tension} &:= \left( \frac{\pi}{4} \cdot \left( \frac{d_p + d_r}{2} \right)^2 \right) \\
 A_{seN} &:= \left( \frac{\pi}{4} \cdot \left( d_a - \frac{0,9743}{P} \right)^2 \right) \\
 \phi \cdot N_{sa} &= \phi \cdot A_{seN} \cdot f_{uta} \\
 d_a &= 38,1 \text{ mm} \\
 \text{Grados} &:= \begin{bmatrix} \text{"Grado 36"} & 36 \text{ ksi} & 58 \text{ ksi} \\ \text{"Grado 55"} & 55 \text{ ksi} & 75 \text{ ksi} \\ \text{"Grado 105"} & 105 \text{ ksi} & 125 \text{ ksi} \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$

# Resistencias al arrancamiento del concreto

$$\begin{aligned}
 \phi &:= 0,75 \\
 N_{uag} &:= T_u \\
 s_a &:= 6 \cdot d_a \\
 c_{a1} &:= \frac{(N - d)}{2} \\
 c_{a2} &:= \frac{(B - b_f)}{2} \\
 c_{a\_max} &:= \text{Max}(c_{a1}; c_{a2}) \\
 h'ef &:= \text{Max}\left(\frac{c_{a\_max}}{1,5}; \frac{s_a}{3}\right) \\
 A_{NC} &:= 1200 \text{ mm} \cdot (c_{a1} + 1,5 \cdot h'ef)
 \end{aligned}$$

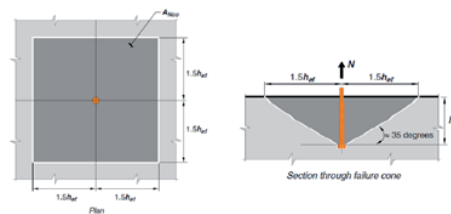
La maxima separacion entre el grupo de anclajes

$h'ef = 0,1211 \text{ m}$

$$\phi N_{cbg} = 0,75 \cdot \phi \cdot \frac{A_{Nc}}{A_{Nco}} \cdot \Psi_{ecN} \cdot \Psi_{edN} \cdot \Psi_{cN} \cdot \Psi_{cpN} \cdot N_b \geq N_{uag}$$

# Area de arrancamiento de un anclaje individual

$$\begin{aligned}
 1,5 \cdot h'ef &= 181,7 \text{ mm} \\
 A_{Nco} &:= 9 \cdot (h'ef)^2 = 1320,5956 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$



# Factor de Modificacion por excentricidad de la carga

$$\begin{aligned}
 \Psi_{ecN} &:= 1 \\
 c_{a\_min} &:= \text{Min}(c_{a1}; c_{a2}) = 176,25 \text{ mm} \\
 \Psi_{edN} &:= \text{if } c_{a\_min} \geq 1,5 \cdot h'ef \quad = 0,991 \\
 &\quad 1 \\
 &\quad \text{else} \\
 &\quad 0,7 + 0,3 \cdot \left( \frac{c_{a\_min}}{1,5 \cdot h'ef} \right) \\
 \Psi_{cN} &:= 1 \quad \text{Factor de agrietamiento} \\
 \Psi_{cpN} &:= 1 \quad \text{Factor por instalacion posterior}
 \end{aligned}$$

Capacidad basica de un solo anclaje en traccion embebido en concreto fisurado

$\lambda := 1$

$pre := \text{"preinstalados"}$

$k_c := \text{if } pre = \text{"preinstalados"} = 10$ 

$10$

$\text{else}$

$7$

$N_b := k_c \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c} \cdot h'ef^{1,5} = 2230,8713 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \frac{\text{m}}{\text{s}}$

Refuerzo de anclaje

No. Designación de varilla	Medida	Diámetro		Área de sección transversal		Peso Nominal	
		in	mm	in²	mm²	lb/ft	kg/m
4	1/2"	0.500	12.7	0.20	127	0.668	0.994
5	5/8"	0.625	15.9	0.31	199	1.043	1.552
6	3/4"	0.750	19.1	0.44	284	1.502	2.235
8	1"	1.000	25.4	0.79	510	2.670	3.973
10	1 1/4"	1.270	32.3	1.27	819	4.303	6.404

$Diametro\text{barraderefuerto} := \begin{bmatrix} \text{"1/2 in"} & \frac{1}{2} \text{ in} & 127 \text{ mm}^2 \\ \text{"5/8 in"} & \frac{5}{8} \text{ in} & 199 \text{ mm}^2 \\ \text{"3/4 in"} & \frac{3}{4} \text{ in} & 284 \text{ mm}^2 \\ \text{"1 in"} & 1 \text{ in} & 510 \text{ mm}^2 \\ \text{"1+1/4 in"} & \left(1 + \frac{1}{4}\right) \text{ in} & 819 \text{ mm}^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{"1/2 in"} & 0,0127 \text{ m} & 0,0001 \text{ m}^2 \\ \text{"5/8 in"} & 0,0159 \text{ m} & 0,0002 \text{ m}^2 \\ \text{"3/4 in"} & 0,019 \text{ m} & 0,0003 \text{ m}^2 \\ \text{"1 in"} & 0,0254 \text{ m} & 0,0005 \text{ m}^2 \\ \text{"1+1/4 in"} & 0,0318 \text{ m} & 0,0008 \text{ m}^2 \end{bmatrix}$

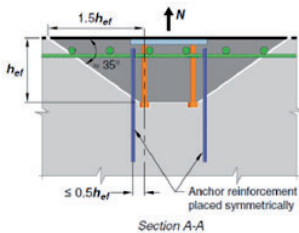
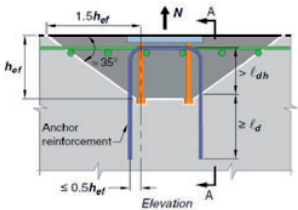


Fig. R17.5.2.1a—Anchor reinforcement for tension.

$f_{y\_bar} := 4200 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$

$A_{s\_req} := \frac{N_{vag}}{0,75 \cdot f_{y\_bar}} = 41,1693 \text{ cm}^2$

Fluencia de barras de refuerzo

Area de acero requerida

20. Seleccione el tamaño de la barra de refuerzo

1 in

21. Seleccione el Area de la barra dependiendo de su tamaño

1 in

$$A_{No\beta} = 5,1 \text{ cm}^2$$

$$No_{req} := \frac{A_{s_{req}}}{A_{No\beta}} = 8,0724$$

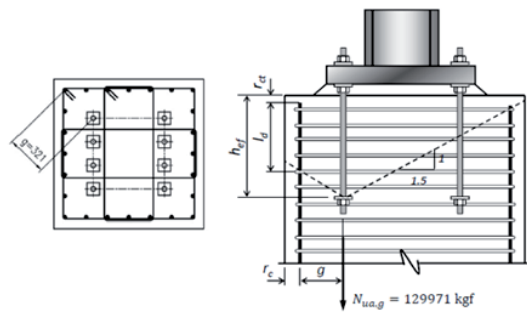
$$A_{no} := \pi \cdot d_b^2 = 20,2683 \text{ cm}^2$$

$$No := \text{round}(No_{req} + 1; 0) = 9$$

```

if No ≥ No_req    = "Sin Problemas"
  "Sin Problemas"
else
  "Aumentar"

```



### LONGITUD DE DESARROLLO

Longitud de desarrollo

$$l_d = \left( \frac{f_{y,bar}}{1.1 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c}} \cdot \frac{\Psi_t \cdot \Psi_e \cdot \Psi_s}{\left( \frac{c_b + K_{tr}}{d_b} \right)} \right) \cdot d_b$$

$$\frac{c_b + K_{tr}}{d_b} \leq 2.50$$

$$K_{tr} = \frac{40 \cdot A_{tr}}{s \cdot n}$$

$$\text{Factor por peso} := \begin{bmatrix} \text{"Concreto de peso Normal"} & 1 \\ \text{"Concreto de peso Liviano"} & 0,75 \end{bmatrix}$$

$$\text{Factor de recubrimiento} := \begin{bmatrix} \text{"Refuerzo con recubrimiento epoxico o zinc y barras con recubrimiento dual de zinc y epoxico con menos de 3 db de recubrimiento o separacion de 3 db"} & 1,3 \\ \text{"Refuerzo con recubrimiento epoxico o zinc y barras con recubrimiento dual de zinc y epoxico para todas las otras condiciones"} & 1 \\ \text{"Refuerzo sin recubrimiento o refuerzo recubierto con Zinc (Galvanizado)"} & 0,8 \end{bmatrix}$$

$$\text{Factor de tamaño} := \begin{bmatrix} \text{"Para barras No.22 y mayores"} & 1 \\ \text{"Para barras No.19 y menores"} & 0,8 \end{bmatrix}$$

$$\text{Factor de ubicacion} := \begin{bmatrix} \text{"Mas de 300mm de concreto fresco colocado bajo el refuerzo horizontal (Refuerzo Superior)"} & 1,3 \\ \text{"Otra (Refuerzo Inferior)"} & 1 \end{bmatrix}$$

Concreto de peso Normal

Refuerzo sin recubrimiento o refuerzo recubierto con Zinc (Galvanizado)

Para barras No.22 y mayores

Otra (Refuerzo Inferior)

22. Ingrese una distancia G

$g := 250 \text{ mm}$

□

Distancia mas alejada entre acero de refuerzo y anclaje

$\phi := 2,5$

$\lambda = 1$

$f_{y\_bar} = 4200 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$

$\psi_t = 1$

$\psi_e = 1$

$\psi_s = 1$

$d_b = 25,4 \text{ mm}$

$$ld1 := \left( \frac{f_{y\_bar}}{1,1 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c \text{ MPa}}} \cdot \left( \frac{\psi_s \cdot \psi_e \cdot \psi_t}{\phi} \right) \right) \cdot d_b$$

$$ld2 := \left( \frac{f_{y\_bar}}{3,5 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}}} \cdot \left( \frac{\psi_s \cdot \psi_e \cdot \psi_t}{\phi} \right) \right) \cdot d_b$$

$ld_{min} := \text{Min}(ld1; ld2)$

$r_{ct} := 50 \text{ mm}$

Recubrimiento vertical de las barras de refuerzo sobre el pedestal

$h_{ef\_req} := ld_{min} + r_{ct} + \left( \frac{g}{1,5} \right)$

$h_{ef} := \text{round}(h_{ef\_req}; 2)$

if  $h_{ef} \geq h_{ef\_req}$

"Sin Problemas"

else

"Aumentar"

if  $g \leq 0,5 \cdot h_{ef}$

"Sin problemas"

else

"Aumentar distancia "g"

+

□—Verificacion resistencia al arrancamiento del concreto—

$\phi = 0,75$

$N_o = 9$

$A_{No\theta} = 5,1 \text{ cm}^2$

$f_{y\_bar} = 4200 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$

$\phi N_n := \phi \cdot N_o \cdot A_{No\theta} \cdot f_{y\_bar}$

if  $\phi N_n \geq N_{vag}$

"Cumple"

else

"Aumentar"

$N_{vag} = 129,6834 \text{ tonnef}$

ARANDELAS



## 23. INGRESE UN TAMAÑO BASE DE ARANDELA

 $B_{\text{arandela}} := 100 \text{ mm}$ 

## 24. INGRESE UN TAMAÑO ANCHO DE ARANDELA

 $N_{\text{arandela}} := 100 \text{ mm}$ 
☐—Resistencia a la extraccion por deslizamiento en traccion

```

 $\phi := 0,70$ 
 $e_h := 4,5 \cdot d_a$ 
 $N_p := 0,9 \cdot f'c \cdot e_h \cdot d_a$ 
 $\Psi_{cP} := 1$ 
 $\phi N_{pn} := 0,75 \cdot \phi \cdot \Psi_{cP} \cdot N_p$ 
if  $\phi N_{pn} \geq N_{vag}$ 
  "OK"
else
  "NG"

 $A_{brg\_req} := \frac{N_{va}}{0,75 \cdot \phi \cdot \Psi_{cP} \cdot 8 \cdot f'c}$ 
 $d_h := d_a + 3 \text{ mm}$ 

 $A_{brg} := N_{arandela} \cdot B_{arandela} - \frac{\pi \cdot d_h^2}{4}$ 
if  $A_{brg} \geq A_{brg\_req}$ 
  "Cumple"
else
  "NG"

```

 $A_{brg\_req} = 27,0357 \text{ cm}^2$ 
 $N_{vag} = 129,6834 \text{ tonnef}$ 

Diametro de anclaje

 $d_a = 38,1 \text{ mm}$ 

Se usaran barras de anclaje con cabeza

Se estima el area requerida de la cabeza del anclaje para que cumpla el requisito de extraccion por deslizamiento en traccion

 $N_{va} = 32,4208 \text{ tonnef}$

☐—Resistencia al desprendimiento lateral del concreto

if  $h_{ef} > 2,5 \cdot C_{a1} = \text{"Aplica"}$

"Aplica"

else

"Revisar"

if  $s_a < 6 \cdot C_{a1} = \text{"Aplica"}$

"Aplica"

else

"Revisar"

$\phi := 0,75$

$$N_{sb} := \left( 42,5 \cdot C_{a1} \cdot \sqrt{A_{brg}} \right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}}$$

$$s := (n_v - 1) \cdot s_a$$

$$\phi N_{sbg} := 0,75 \cdot \phi \cdot \left( 1 + \frac{s}{6 \cdot C_{a1}} \right) \cdot N_{sb}$$

if  $\phi N_{sbg} \geq N_{vag}$

"Ok"

else

"Revisar"

$$N_{vag} = 129,6834 \text{ tonnef}$$

☐—Diseño de la plancha de anclaje

$\phi := 0,90$

= "Ok"

$$f_{pu} := \frac{T_{u \text{ roda}}}{A_{brg}}$$

$$W_{hex} := d_h + D_{perno}$$

$$x := \frac{100 \text{ mm} - W_{hex}}{2}$$

$$t_{p\_req\_arandela} := \sqrt{\frac{4 \cdot f_{pu} \cdot x^2}{\phi \cdot F_y}}$$

$$t_{p\_usado} := \text{round}(t_{p\_req\_arandela} + 2 \text{ mm}; 2)$$

if  $t_{p\_usado} \geq t_{p\_req\_arandela}$

"Ok"

else

"Revisar"

#### LLAVE DE CORTE

Mediante la normativa AISC 360-16 (G2.1) En el apartado Cedencia por corte, debemos tener en cuenta la siguiente norma para las llaves de corte.

**Nota de Usuario:** Esta permitido usar todas las formas actuales de la ASTM A6 de los perfiles W, S y HP con excepción de los siguientes perfiles: W44x230, W40x149, W36x135, W33x118, W30x90, W24x55, W16x26 y W12x14.

Cumpliendo así todos los criterios establecidos en la Sección G2.1 (a) de la normativa AISC 360-16 para  $F_y = 50 \text{ ksi}$  (345 MPa).

☐—Perfiles

```
perfil := SQLiteQuery("C:\Users\LENOVO\OneDrive\Basededatos\Perfil_W.db"; "SELECT ID, PERFIL FROM Perfil_W ;")
```

☐—Propiedades del perfil

```
k := [
  concat("SELECT h_mm FROM Perfil_W Where ID "; "= "; var2str(A))
  concat("SELECT b_mm FROM Perfil_W Where ID "; "= "; var2str(A))
  concat("SELECT tw_mm FROM Perfil_W Where ID "; "= "; var2str(A))
  concat("SELECT tf_mm FROM Perfil_W Where ID "; "= "; var2str(A))
  concat("SELECT wply_cm3 FROM Perfil_W Where ID "; "= "; var2str(A))
  concat("SELECT PERFIL FROM Perfil_W Where ID "; "= "; var2str(A))
] = [
  "SELECT h_mm FROM Perfil_W Where ID = 37"
  "SELECT b_mm FROM Perfil_W Where ID = 37"
  "SELECT tw_mm FROM Perfil_W Where ID = 37"
  "SELECT tf_mm FROM Perfil_W Where ID = 37"
  "SELECT wply_cm3 FROM Perfil_W Where ID = 37"
  "SELECT PERFIL FROM Perfil_W Where ID = 37"
]
```

```
d_2 := SQLiteQuery("C:\Users\LENOVO\OneDrive\Basededatos\Perfil_W.db"; k_1) mm
b_f_2 := SQLiteQuery("C:\Users\LENOVO\OneDrive\Basededatos\Perfil_W.db"; k_2) mm
t_w_2 := SQLiteQuery("C:\Users\LENOVO\OneDrive\Basededatos\Perfil_W.db"; k_3) mm
t_f_2 := SQLiteQuery("C:\Users\LENOVO\OneDrive\Basededatos\Perfil_W.db"; k_4) mm
z_x_2 := SQLiteQuery("C:\Users\LENOVO\OneDrive\Basededatos\Perfil_W.db"; k_5) cm^3
name_2 := SQLiteQuery("C:\Users\LENOVO\OneDrive\Basededatos\Perfil_W.db"; k_6)
```

Altura de Perfil

$d_2 = 264,2 \text{ mm}$

Espesor del alma

$t_{w_2} = 11,9 \text{ mm}$

Ancho del Patin

$b_{f_2} = 257,3 \text{ mm}$

Espesor del patin

$t_{f_2} = 19,6 \text{ mm}$

Modulo de seccion plastica respecto al eje X

$z_{x_2} = 1397,82 \text{ cm}^3$

☐

Acero A992 Grado 50

$d_a := d_{bolt}$

$F_{y\_llave} := 50 \text{ ksi}$

$d_{llave} := 250 \text{ mm}$

$\phi_v := 1$

$C_{v1} := 1$

$t_{v\_req\_llave} := \frac{V_u}{\phi_v \cdot 0,6 \cdot F_{y\_llave} \cdot d_{llave} \cdot C_{v1}}$

$T := b_{f_2} - 4 \cdot t_{f_2}$

☐—Resistencia a corte

$k_v := 5,34$  = "Correcto"

$E := 200000 \text{ MPa}$

$C_{v1} := \text{if } \frac{T}{t_{v_2}} \leq \sqrt{\frac{k_v \cdot E}{F_{y\_llave}}}$

1

else

$1,1 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot E}{F_{y\_llave}}}$

$\phi_{vN} := \phi_v \cdot 0,6 \cdot F_{y\_llave} \cdot t_{v_2} \cdot d_2 \cdot C_{v1}$

if  $\phi_{vN} \geq V_u$

"Correcto"

else

"Error, Aumente perfil"

☐—Resistencia al aplastamiento del concreto—

```

 $A_{seN} = 0,0009 \text{ m}^2$ 
 $F_u = 125 \text{ ksi}$ 
 $f_{ya} := 3867 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$ 
 $= \text{"Correcto"}$ 
 $K_c := 1,60$ 
 $\phi_c := 0,85$ 
 $\phi := 0,65$ 
 $n_{llave} := n_t$ 
 $A_{lug} := \frac{V_u - \phi_c \cdot K_c \cdot \left( (n_{llave} \cdot A_{seN} \cdot f_{ya} - T_u) \right)}{\phi \cdot 1,30 \cdot f'_c}$ 
 $t_{grout} := 65 \text{ mm}$ 
 $h_{lug\_req} := \frac{A_{lug}}{b_{f\_2}} + t_{grout}$ 
 $h_{lug} := \text{round}(h_{lug\_req} + 25 \text{ mm}; 2)$ 
if  $h_{lug} \geq h_{lug\_req}$ 
  "Correcto"
else
  "Error, Revisar"

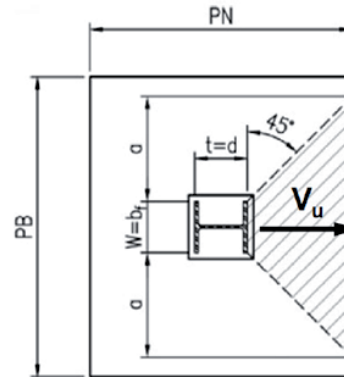
```

☐—Resistencia al corte de concreto—

```

 $\phi := 0,80$ 
 $de := h_{lug} - t_{grout}$ 
 $t_{llave} := d_2$ 
 $W_{llave} := b_{f\_2}$ 
 $PN := L_{pedestal}$ 
 $PB := A_{pedestal}$ 
 $c_{llave} := \frac{PN - t_{llave}}{2}$ 
 $b_{llave} := de + c_{llave}$ 
 $a_{llave} := \text{Min} \left( \frac{PB - W_{llave}}{2}; c_{llave} \right)$ 
 $A_v := b_{llave} \cdot (2 \cdot a_{llave} + W_{llave}) - de \cdot W_{llave}$ 
 $\phi V_n := \phi \cdot 1,05 \cdot \sqrt{f'_c \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}} \cdot A_v$ 
if  $\phi V_n \geq V_u$ 
  "Correcto"
else
  "Error, Revisar"

```



☐—Cedencia a Flexion—

```
phi := 0,90
g := t_grout
Mu_llave := Vu * (g + de/2)
phiMn_llave := phi * Fy_llave * Zx
if phiMn_llave >= Mu_llave
    "Correcto"
else
    "Error, Revisar"
```

Verificaciones

COMPROBACION DE SOLICITACIONES

PLACAS BASE

Placas Tabla

Tabla_placa :=	"Excentricidad"	"ACI 360-16 (J8.2)"	if e > e_critic "Correcto" else "ERROR, No Cumple"
	"Distancia del centro del perno hasta el borde de Placa"	" "	if sv >= (2 * dbolt) "Correcto" else "ERROR, No Cumple"
	"Dimensiones y pernos"	"ACI 360-16 (J8.1)"	if (f + N/2)^2 >= 2 * Pu * (e + f) / (fp_max * B) "Correcto" else "ERROR, No Cumple"
	"Flexion de la plancha en compresion y fuerzas de traccion en barras"	" "	if tp >= tp_req "Correcto" else "ERROR, No Cumple"

cabecera := [ "Comprobaciones De:" "Normativa" "Verificaciones" ]

Comprobaciones De:	Normativa	Verificaciones
Excentricidad	ACI 360-16 (J8.2)	Correcto
Distancia del centro del perno hasta el borde de Placa		Correcto
Dimensiones y pernos	ACI 360-16 (J8.1)	Correcto
Flexion de la plancha en compresion y fuerzas de traccion en barras		Correcto

BARRAS DE ANCLAJE

### ☐—Barras de Anclaje

```

Tabla_anclaje := [
    if  $f_t \leq \text{Min}(\phi F'_{nt}; \phi \cdot F_{nt})$ 
    "Diseño de Barra de Anclaje" "AISC 360-16 (J3.3a)" "Correcto"
    else
    "Error, Revisar"
]

```

```
cabecera_barra := ["Comprobaciones De:" "Normativa" "Verificaciones"]
```

Comprobaciones De:	Normativa	Verificaciones
Diseño de Barra de Anclaje	AISC 360-16 (J3.3a)	Correcto

## SOLDADURA

### ☐—Respaldo Soldadura

```

Tabla_soldadura := [
    if  $w \geq w_{req}$ 
    "Soldadura en Alma y Alas" "AISC 360-16 (J2.4)" "Correcto"
    else
    "Error, Aumente Filete"
]

```

```
cabecera_soldadura := ["Comprobaciones De:" "Normativa" "Verificaciones"]
```

## BARRAS DE REFUERZO LONGITUDINAL

### ☐—Barras de Refuerzo Longitudinal

```

tabla_refuerzo := [
    "Refuerzo de anclaje" ""
    if  $N_o \geq N_{o\_req}$ 
    "Correcto"
    else
    "Error, Aumente tamaño"
    if  $\phi N_n \geq N_{vag}$ 
    "Correcto"
    else
    "Error, Revisar"
]

```

```
cabecera_refuerzo := ["Comprobaciones De:" "Normativa" "Verificaciones"]
```

Comprobaciones De:	Normativa	Verificaciones
Refuerzo de anclaje		Correcto
Resistencia al arrancamiento del concreto	ACI 318-19 (17.4.1.2)	Correcto

## ARANDELA

☐—Arandelas

```

Tabla_arandela := [
  "Resistencia a la extraccion por deslizamiento en traccion" "ACI 318-19 (17.4.3.1.)"
    if  $A_{brg} \geq A_{brg\_req}$ 
    "Correcto"
    else
    "Error, Aumente tamaño"
  "Resistencia al desprendimiento lateral de concreto" "ACI 318-19 (17.6.4)"
    if  $\phi N_{sbg} \geq N_{req}$ 
    "Correcto"
    else
    "Error, Revisar"
  "Diseño de la plancha de anclaje (Espesor de arandela)" ""
    if  $t_{p\_usado} \geq t_{p\_req\_arandela}$ 
    "Correcto"
    else
    "Error, revisar"
]

cabecera_arandela := [ "Comprobaciones De:" "Normativa" "Verificaciones" ]

```

Comprobaciones De:	Normativa	Verificaciones
Resistencia a la extraccion por deslizamiento en traccion	ACI 318-19 (17.4.3.1.)	Correcto
Resistencia al desprendimiento lateral de concreto	ACI 318-19 (17.6.4)	Correcto
Diseño de la plancha de anclaje (Espesor de arandela)		Correcto

## LLAVE DE CORTE

☐—LLAVE DE CORTE

```

Tabla_llave := [
  "Resistencia a Corte AISC" "AISC 360-16 (G2.1)"
    if  $\phi_v V_N \geq V_u$ 
    "Correcto"
    else
    "Error, Aumente perfil"
  "Resistencia al aplastamiento de concreto" "ACI 349-13 (D.4.6.2.)"
    if  $h_{lug} \geq h_{lug\_req}$ 
    "Coorrecto"
    else
    "Error, Revisar"
  "Resistencia al corte de Concreto" "ACI 349-13 (D.11.2)"
    if  $\phi V_n \geq V_u$ 
    "Correcto"
    else
    "Error, Revisar"
  "Cedencia en Flexion" "AISC 360-16 (F2.1)"
    if  $\phi M_{n\_llave} \geq M_{u\_llave}$ 
    "Correcto"
    else
    "Error, Revisar"
]

cabecera_llave := [ "Comprobaciones De:" "Normativa" "Verificaciones" ]

```

Comprobaciones De:	Normativa	Verificaciones
Resistencia a Corte AISC	AISC 360-16 (G2.1)	Correcto
Resistencia al aplastamiento de concreto	ACI 349-13 (D.4.6.2.)	Coorrecto
Resistencia al corte de Concreto	ACI 349-13 (D.11.2)	Correcto
Cedencia en Flexion	AISC 360-16 (F2.1)	Correcto

—Datos de Salida

☐—Datos de placa base—

$$S_{\text{pernos}} := \frac{B - 2 \cdot s_v}{n_t} = 0,1425 \text{ m}$$

tabla_datos_salida_placa :=	"Longitud de la Base de la Placa"	"B"	B
	"Longitud de Ancho de la Placa"	"N"	N
	"Espesor de Placa requerida"	"tp"	t <sub>p</sub>
	"Numero de pernos en cada lado"	"nt"	n <sub>t</sub>
	"Separacion del Borde hasta el primer perno"	"sv"	s <sub>v</sub>
	"Separacion entre pernos"	"Spernos"	S <sub>pernos</sub>
	"Perfil de la estructura"	"name"	name

Cabecera\_dato\_salida := [ "Descripcion" "Variable" "Resultado" ]

FOOTER\_SALIDA := [ "Placas Base" ]

Descripcion	Variable	Resultado
Longitud de la Base de la Placa	B	0.75 m
Longitud de Ancho de la Placa	N	0.75 m
Espesor de Placa requerida	tp	0.07 m
Numero de pernos en cada lado	nt	4
Separacion del Borde hasta el primer perno	sv	0.09 m
Separacion entre pernos	Spernos	0.14 m
Perfil de la estructura	name	W 14x176
Placas Base		

☐—Datos de Barra de Anclaje—

tabla\_datos\_salida\_placa := [ "Tamaño de la barra de anclaje" "da" d<sub>a</sub>  
"Total de barras de anclaje" "nv" n<sub>v</sub> ]

FOOTER\_SALIDA\_barras := [ "Placas Base" ]

Descripcion	Variable	Resultado
Tamaño de la barra de anclaje	da	0.04 m
Total de barras de anclaje	nv	8
Barras de Anclaje		

☐—Datos de salida Longitud de desarrollo para barras de refuerzo—

tabla\_datos\_salida\_placa := [ "Tamaño de la barra de refuerzo" "db" d<sub>b</sub>  
"Cantidad de Barras de Refuerzo Necesarias" "No" No  
"Longitud Minima de Desarrollo" "ld min" ld<sub>min</sub> ]

FOOTER\_SALIDA\_barrasderefuerto := [ "Longitud de Desarrollo para barras de Refuerzo" ]



Descripcion	Variable	Resultado
Tamaño de la barra de refuerzo	db	0.03 m
Cantidad de Barras de Refuerzo Necesarias	No	9
Longitud Minima de Desarrollo	ld min	0.72 m
<b>Longitud de Desarrollo para barras de Refuerzo</b>		

☐—Datos de Salida para Arandelas

```
tabla_datos_salida_placa := [
  "Tamaño de la base de arandela"  "Narandela"  Narandela
  "Tamaño del ancho de las randelas" "Barandela" Barandela
  "Espesor de la arandela"          "tp_usado"  tp_usado
]
```

```
FOOTER_SALIDA_arandela := [ "Dimensiones de la Arandela" ]
```

Descripcion	Variable	Resultado
Tamaño de la base de arandela	Narandela	0.1 m
Tamaño del ancho de las randelas	Barandela	0.1 m
Espesor de la arandela	tp_usado	0.01 m
<b>Dimensiones de la Arandela</b>		

☐—Datos de Salida para Arandelas

```
tabla_datos_salida_llave := [ "Tipo de Perfil de llave de corte" "name_2" name_2 ]
```

```
FOOTER_SALIDA_llave := [ "Llave de Corte" ]
```

Descripcion	Variable	Resultado
Tipo de Perfil de llave de corte	name_2	W 10x68
<b>Llave de Corte</b>		

☐—Plano

## PLANO

☐—Grafica

```
CreateRect (pp; lc; w; fc) := | out1 := "rect"
                             | out2 := pp
                             | out3 := lc
                             | out4 := "solid"
                             | out5 := w
                             | out6 := fc
                             | out
```

```
CreateLine(pp; lc; w) := | out_1 := "line"
                        | out_2 := pp
                        | out_3 := lc
                        | out_4 := "solid"
                        | out_5 := w
                        | out_6 :=
```

```
CreateCircle(pp; lc; w; fc) := | out_1 := "circle"
                              | out_2 := pp
                              | out_3 := lc
                              | out_4 := "solid"
                              | out_5 := w
                              | if fc = "none"
                              |   1
                              | else
                              |   out_6 := fc
                              | out_7 :=
```

$$d_{bolt} = 0,0381 \text{ m}$$

$$s_v = 90 \text{ mm}$$

$$espesorplaca := \frac{t_p}{\text{mm}} = 70$$

$$h := \frac{N}{\text{cm}} = 75$$

$$C_{a1} = 181,7 \text{ mm}$$

$$NB := n_t = 4$$

$$espesor arandela := \frac{(t_{p\_usado})}{\text{mm}} = 10$$

$$b := \frac{B}{\text{cm}} = 75$$

$$75 - 9 - 9 = 57$$

$$\text{Borde} := \frac{s_v}{\text{cm}} = 9$$

$$\frac{57}{4} = 14,25$$

$$\text{perno} := \frac{d_{bolt}}{\text{cm}} = 3,81$$

$$S_{pernos} := \frac{b - 2 \cdot \text{Borde}}{NB} = 14,25$$

Altura del perfil

$$d = 386,6 \text{ mm}$$

$$hp := \frac{d}{\text{cm}}$$

Ancho del patin

$$b_f = 15,6496 \text{ in}$$

$$bp := \frac{b_f}{\text{cm}}$$

$$\text{Bara} := \frac{B_{arandela}}{\text{cm}}$$

Espesor del alma

$$t_v = 0,8307 \text{ in}$$

$$es_{per\_al} := \frac{t_v}{\text{cm}}$$

$$N_{ara} := \frac{N_{arandela}}{\text{cm}}$$

Espesor del patin

$$t_f = 1,311 \text{ in}$$

$$es_{per\_pat} := \frac{t_f}{\text{cm}}$$

```

perfil := CreateRect ( stack (  $\frac{b}{2}; \frac{h}{2}; es_{per\_al}; \frac{hp}{2}$  ); "black"; 0; "yellow" )
perfil2 := CreateRect ( stack (  $\frac{b}{2}; \frac{h}{2} - \frac{hp}{2}; es_{per\_al}; hp$  ); "black"; 0; "yellow" )
perfil3 := CreateRect ( stack (  $\frac{b}{2}; \frac{h}{2} - \frac{hp}{2}; \frac{bp}{2}; es_{per\_pat}$  ); "black"; 0; "yellow" )
perfil4 := CreateRect ( stack (  $\frac{b}{2} - \frac{bp}{2}; \frac{h}{2} - \frac{hp}{2}; \frac{bp}{2}; es_{per\_pat}$  ); "black"; 0; "yellow" )
perfil5 := CreateRect ( stack (  $\frac{b}{2}; \frac{h}{2} + \frac{hp}{2}; \frac{bp}{2}; es_{per\_pat}$  ); "black"; 0; "yellow" )
perfil6 := CreateRect ( stack (  $\frac{b}{2} - \frac{bp}{2}; \frac{h}{2} + \frac{hp}{2}; \frac{bp}{2}; es_{per\_pat}$  ); "black"; 0; "yellow" )

for i ∈ [1..NB]
  per_i := CreateCircle ( stack ( (0 + i · S_pernos); Borde; perno ); "black"; 1; "blue" )
for i ∈ [1..NB]
  per_sup_i := CreateCircle ( stack ( (0 + i · S_pernos); h - Borde; perno ); "black"; 1; "blue" )

pernos := per

pernoinferio := per_sup

for i ∈ [1..NB]
  araninfe_i := CreateRect ( stack (  $0 - \frac{Bara}{2} + i \cdot S_{pernos}; Borde - \frac{N_{ara}}{2}; Bara; N_{ara}$  ); "black"; 0; "red" )

for i ∈ [1..NB]
  aransup_i := CreateRect ( stack (  $0 - \frac{Bara}{2} + i \cdot S_{pernos}; h - Borde - \frac{N_{ara}}{2}; Bara; N_{ara}$  ); "black"; 0; "red" )

a_inf := araninfe

a_sup := aransup

Dimension := CreateRect ( stack (0; 0; b; h); "black"; 1; "lightgray" )

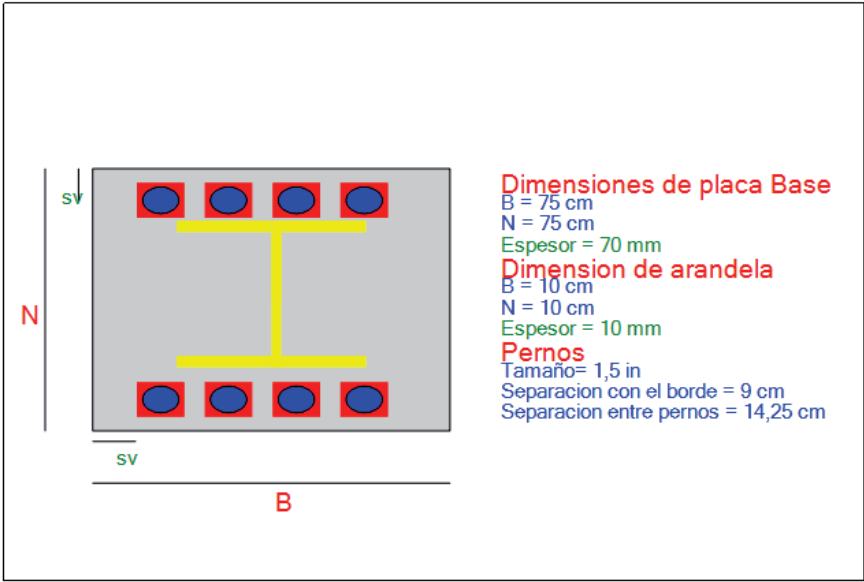
plot_1 :=  $\begin{bmatrix} Dimension \\ perfil3 \\ perfil4 \\ perfil5 \\ perfil6 \\ perfil \\ perfil2 \end{bmatrix}$ 

□— Acotacion —
cotaN := CreateLine ( stack (0; -15; b; -15); "black"; 1)
cotaH := CreateLine ( stack (-10; 0; -10; h); "black"; 1)
cotasv := CreateLine ( stack (0; -3; Borde; -3); "black"; 1)
cotasv_2 := CreateLine ( stack (-3; h; -3; h - Borde); "black"; 1)

```

$$\begin{aligned}
cotas &:= \begin{bmatrix} cotaN \\ cotaH \\ cotasv \\ cotasv\_2 \end{bmatrix} \\
titulos_{L1} &:= \begin{bmatrix} \frac{b}{2} & -16 & "B" & 10 & "red" \\ -16 & \frac{h}{2} & "N" & 10 & "red" \\ \frac{Borde}{2} & -4 & "sv" & 8 & "green" \\ -7 & h - \frac{Borde}{2} & "sv" & 8 & "green" \end{bmatrix} + \\
titulos_{L2} &:= \begin{bmatrix} b+10 & h & "Dimensiones de placa Base" & 10 & "red" \\ b+10 & h-6 & \text{concat}("B = "; \text{var2str}(b); " cm") & 8 & "blue" \\ b+10 & h-12 & \text{concat}("N = "; \text{var2str}(h); " cm") & 8 & "blue" \\ b+10 & h-18 & \text{concat}("Espesor = "; \text{var2str}(espesorplaca); " mm") & 8 & "green" \\ b+10 & h-24 & "Dimension de arandela" & 10 & "red" \\ b+10 & h-30 & \text{concat}("B = "; \text{var2str}(\frac{N_{ara}}{cm}); " cm") & 8 & "blue" \\ b+10 & h-36 & \text{concat}("N = "; \text{var2str}(Bara); " cm") & 8 & "blue" \\ b+10 & h-42 & \text{concat}("Espesor = "; \text{var2str}(\frac{t_{p\_usado}}{mm}); " mm") & 8 & "green" \\ b+10 & h-48 & "Pernos" & 10 & "red" \\ b+10 & h-54 & \text{concat}("Tamaño = "; \text{var2str}(\frac{a_a}{in}); " in") & 8 & "blue" \\ b+10 & h-60 & \text{concat}("Separacion con el borde = "; \text{var2str}(\frac{s_v}{cm}); " cm") & 8 & "blue" \\ b+10 & h-66 & \text{concat}("Separacion entre pernos = "; \text{var2str}(s_{pernos}); " cm") & 8 & "blue" \end{bmatrix}
\end{aligned}$$

Vista Superior



[plot<sub>1</sub>]  
títulos<sub>L1</sub>  
[a<sub>inf</sub>]  
[a<sub>sup</sub>]  
[pernos]  
[pernoinferio]  
[cotas]  
títulos<sub>L2</sub>

Gráfica 2

```
CreateRect (pp; lc; w; fc) :=  
  out1 := "rect"  
  out2 := pp  
  out3 := lc  
  out4 := "solid"  
  out5 := w  
  out6 := fc  
  out
```

```
CreateLine (pp; lc; w) :=  
  out1 := "line"  
  out2 := pp  
  out3 := lc  
  out4 := "solid"  
  out5 := w  
  out
```

```

CreateCircle(pp; lc; w; fc) :=
  out_1 := "circle"
  out_2 := pp
  out_3 := lc
  out_4 := "solid"
  out_5 := w
  if fc = "none"
  1
  else
    out_6 := fc
  out

```

$$\text{espesor} := \frac{\tau_p}{\text{cm}}$$

$$\text{espesorperfi} := \frac{d - t_f}{\text{cm}} \quad \text{espesorpatin} := \frac{t_f}{\text{cm}} = 3,33$$

```
placa := CreateRect(stack(0; 0; b; espesor); "black"; 1; "lightgray")
```

```
perfilfrontal := CreateRect(stack(b/2 - espesorperfi/2; espesor; espesorperfi; 50); "black"; 1; "yellow")
```

```
Espesordeperfilizq := CreateRect(stack(b/2 - espesorperfi/2 - espesorpatin; espesor; espesorpatin; 50); "black"; 1; "yellow")
```

```
Espesordeperfilderecho := CreateRect(stack(b/2 + espesorperfi/2; espesor; espesorpatin; 50); "black"; 1; "yellow")
```

```
perfilenplaca :=
  [
    perfilfrontal
    Espesordeperfilizq
    Espesordeperfilderecho
  ]
```

```
arandelaizq := CreateRect(stack(Borde - B_arandela/cm; espesor; B_arandela/cm; t_p_usado/cm); "black"; 1; "lightgray")
```

```
arandeladere := CreateRect(stack(b - Borde - B_arandela/cm; espesor; B_arandela/cm; t_p_usado/cm); "black"; 1; "lightgray")
```

```
pernoizq := CreateRect(stack(Borde - perno/2; espesor + t_p_usado/cm; perno; 3); "black"; 1; "lightgray")
```

```
pernodere := CreateRect(stack(b - Borde - perno/2; espesor + t_p_usado/cm; perno; 3); "black"; 1; "lightgray")
```

```
anclajeizq := CreateRect(stack(Borde - perno/2; 0 - 20; perno; 20); "black"; 1; "blue")
```

```
anclajedere := CreateRect(stack(b - Borde - perno/2; 0 - 20; perno; 20); "black"; 1; "blue")
```

$$\text{espesorperfi} := \frac{d_2 - t_{f,2}}{\text{cm}} \quad \text{espesorpatin} := \frac{t_{f,2}}{\text{cm}} = 1,96$$

$$\begin{aligned}
\text{CorteFrontal} &:= \text{CreateRect} \left( \text{stack} \left( \frac{b}{2} - \frac{\text{espesorperfi}}{2}, 0 - 10, \text{espesorperfi}, 10 \right); \text{"black"}, 1; \text{"red"} \right) \\
\text{CortePerfiliz} &:= \text{CreateRect} \left( \text{stack} \left( \frac{b}{2} - \frac{\text{espesorperfi}}{2} - \frac{\text{espesorpatin}}{2}, 0 - 10, \frac{\text{espesorpatin}}{2}, 10 \right); \text{"black"}, 1; \text{"red"} \right) \\
\text{CortePerfilder} &:= \text{CreateRect} \left( \text{stack} \left( \frac{b}{2} + \frac{\text{espesorperfi}}{2}, 0 - 10, \frac{\text{espesorpatin}}{2}, 10 \right); \text{"black"}, 1; \text{"red"} \right) \\
\text{placas} &:= \begin{bmatrix} \text{placa} \\ \text{arandelaizq} \\ \text{arandeladere} \\ \text{pernoizq} \\ \text{pernodere} \\ \text{anclajeizq} \\ \text{anclajedere} \end{bmatrix} \quad \text{llavecorte} := \begin{bmatrix} \text{CorteFrontal} \\ \text{CortePerfiliz} \\ \text{CortePerfilder} \end{bmatrix}
\end{aligned}$$

---

□ Cotas

$$\begin{aligned}
\text{cota}_{\text{espesorplaca}} &:= \text{CreateLine} \left( \text{stack} (-2; 0; -2; \text{espesor1}); \text{"red"}, 2 \right) \\
\text{cota}_{\text{espesorarandela}} &:= \text{CreateLine} \left( \text{stack} (-2; \text{espesor1} - 2; \text{espesor1} + \text{espesor2}); \text{"blue"}, 5 \right) \\
\text{cota}_{\text{espesorperno}} &:= \text{CreateLine} \left( \text{stack} (-2; \text{espesor1} + \text{espesor2} - 2; \text{espesor1} + \text{espesor2} + 3); \text{"green"}, 2 \right) \\
\text{cota}_{\text{longituddebarra}} &:= \text{CreateLine} \left( \text{stack} (b + 3; 0; b + 3; -20); \text{"green"}, 2 \right) \\
\text{cota}_{\text{llavedecorte}} &:= \text{CreateLine} \left( \text{stack} \left( \frac{b}{2} - \frac{\text{espesorperfi}}{2} - \text{espesorpatin}; -25; \frac{b}{2} + \frac{\text{espesorperfi}}{2}; -25 \right); \text{"green"}, 2 \right) \\
\text{cotas} &:= \begin{bmatrix} \text{cota}_{\text{espesorplaca}} \\ \text{cota}_{\text{espesorarandela}} \\ \text{cota}_{\text{espesorperno}} \\ \text{cota}_{\text{longituddebarra}} \\ \text{cota}_{\text{llavedecorte}} \end{bmatrix}
\end{aligned}$$

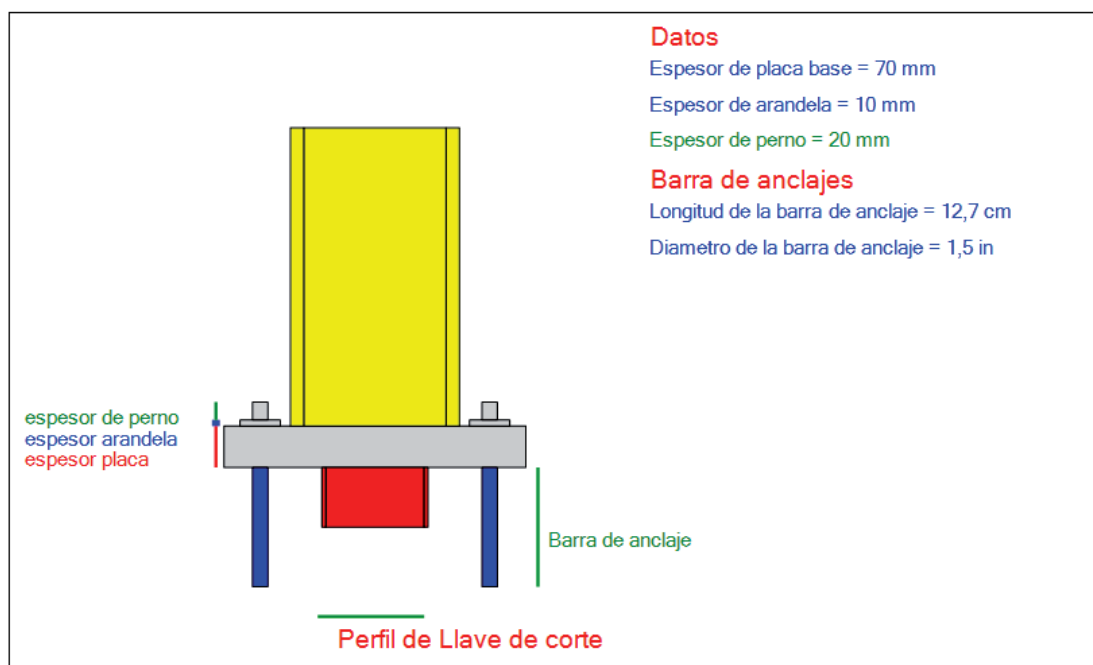
$$\text{titulos}_{L1} := \begin{bmatrix} \frac{b}{2} - 10 & -26 & \text{"Perfil de Llave de corte"} & 10 & \text{"red"} \\ -50 & \frac{\text{espesor}}{2} & \text{"espesor placa"} & 8 & \text{"red"} \\ -50 & \frac{\text{espesor} + \text{espesor}}{2} & \text{"espesor arandela"} & 8 & \text{"blue"} \\ -50 & \frac{\text{espesor} + \text{espesor} + \text{espesor}}{2} & \text{"espesor de perno"} & 8 & \text{"green"} \\ b + 5 & -10 & \text{"Barra de anclaje"} & 8 & \text{"green"} \end{bmatrix}$$

```

longitd := 5 in

títulosL2 := [
  b + 30 h      "Datos" 10 "red"
  b + 30 h - 6  concat("Espesor de placa base = "; var2str(espesorplaca); " mm") 8 "blue"
  b + 30 h - 12  concat("Espesor de arandela = "; var2str( $\frac{t_{p\ usado}}{mm}$ ); " mm") 8 "blue"
  b + 30 h - 18  concat("Espesor de perno = "; var2str( $\frac{t_{washer}}{mm}$ ); " mm") 8 "green"
  b + 30 h - 24  "Barra de anclajes" 10 "red"
  b + 30 h - 30  concat("Longitud de la barra de anclaje = "; var2str( $\frac{longitd}{cm}$ ); " cm") 8 "blue"
  b + 30 h - 36  concat("Diametro de la barra de anclaje = "; var2str( $\frac{d_a}{in}$ ); " in") 8 "blue"
]

```



```

[
  placas
  perfilenplaca
  llavecorte
  cotas
]
títulosL1
títulosL2

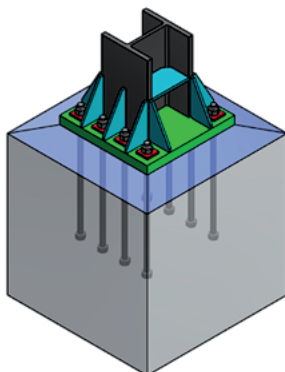
```



## GUIA DE USUARIO

### PLACASTUDIO

#### Diseño de placa Base en sistema SMF (Special Moment Frame)



El programa para predimensionamiento y verificación de placas base o anclaje mediante el uso del Special Moment Frame que efectúa los cálculos de manera automática, y da como resultado las verificaciones estructurales, según la normativa AISI 341-16, AISI 360-16 Y ACI 318-19

El programa utiliza el análisis de porticos especiales a momento para las verificaciones estructurales como: Verificaciones de distancias entre centro de anclaje y borde de placa, Verificaciones de dimensiones de la placa, Verificación de Dimensiones correctas con excentricidad, flexión de las planchas en zonas de compresión, las fuerzas de tracción en las barras de anclaje, Verificación de barras de anclaje, Verificación de soldaduras, Verificación a Rotura en tracción de anclaje, Areas de arrancamiento de anclaje individual, Capacidad básica de un solo anclaje en tracción embebido en concreto fisurado, verificación de barras de refuerzo, verificación a resistencia al arrancamiento del concreto, Verificación a la extracción por deslizamiento en tracción y la resistencia al desprendimiento lateral del concreto.

El presente programa ha sido desarrollado en el software libre Smath Studio y puede ser utilizado de forma sencilla, únicamente hay que descargarlo y ejecutarlo para tener disponible todas las opciones que presenta.

#### USO DEL PROGRAMA

Una vez el programa ejecutado, nos vamos a encontrar con una barra de menus, que contendrán las siguientes pestañas: Datos de Entrada, Verificaciones, Datos de Salida, Plano y Guia de Usuario.



#### DATOS DE ENTRADA

En el apartado de Datos de Entrada, vamos a tener todas las variables necesarias en ser seleccionadas o ingresadas para que el programa pueda realizar los cálculos y las verificaciones estructurales de las placas base que se pretende pre-dimensionar.

Como variables iniciales a ingresar debemos tener los materiales que se van a utilizar en el diseño de las placas, estos materiales son definidos previamente mediante los catálogos oficiales existentes en el mercado.

#### Datos Estructurales

Datos Estructurales		
Tipo de Acero de la estructura	A572_gr_50	
Perfil Escogido	W14X176	
Resistencia del concreto de Hormigon	28	MPa
Ingrese la carga axial del analisis estructural	62	tonnef
Ingrese la Fuerza Cortante del analisis estructural	34200	kgf
Momento flector del analisis estructural	99	tonnef m

Ahora las variables a ingresar en los Datos Estructurales son:

- El tipo de Acero de la cual sera realizado la placa base.
- El perfil W que va a usarse en la estructura.
- Resistencia del concreto de Hormigon que puede ser en **MPa o en kgf/cm2**
- Ingresar las carga axial a la que esta sometida la estructura en **tonnef**
- Ingresar la Fuerza Cortante a al que esta sometida la estructura en **tonnef**
- Ingresar el momento Flector del analisis estructural que tiene en **Tonnef\*m**

### Datos Generales

Ahora vamos a revisar la parte de Datos generales:

Datos Generales		
Altura libre de la columna	3450	mm
Ingrese el area del pedestal de concreto	1	m <sup>2</sup>
Valor minimo "B"	0.5512	m
Valor minimo "N"	0.5385	m
INGRESE VALOR B QUE DESEA EN LA PLACA	750	mm
INGRESE VALOR N QUE DESEA EN LA PLACA	750	mm
Seleccione el Diametro del Perno	1+1/2 in	
Ingrese la cantidad de pernos por...	4	
Ingrese una distancia deseada del borde hasta el primer perno	90	mm

Ahora revisaremos y analizaremos las variables que nos da el apartado de Datos Generales:

- Altura libre de la columna (Altura que va desde la placa hasta el borde de la union con la viga) **(mm)**
- Area del pedestal de concreto o zapata **(m<sup>2</sup>)**
- Valor minimo en N son variables ya calculadas y que son parametros iniciales para el comienzo del predimensionamiento **(mm)**
- Valor minimo en B son variables ya calculadas y que son parametros iniciales para el comienzo del predimensionamiento **(mm)**
- El valor B que nos pide ingresar decidiremos cual medida escoger **(mm)**
- El valor N que nos pide ingresar decidiremos cual medida escoger **(mm)**
- Selecciones el tamaño del perno **(in)**
- Ingrese la cantidad de pernos por lado **(2 es el valor minimo)**
- Ingresar la distancia del borde de la placa hasta el centro del perno **(mm)**

*Como recomendacion la distancia del borde hasta el centro del pemo debe ser 6 veces el diametro nominal del anclaje*

### Barra de Anclaje

Debido a la norma F1554 tenemos 3 tipos de grados que se pueden utilizar, en cada uno de ellos tienen una tension minima y maxima, asi como que el tamaño de cada uno depende del tipo de grado

BARRAS DE ANCLAJE							
Seleccione el nuevo Grado para la barra de anclaje		Grado 105					
Dependiendo su grado seleccione un tamaño recomendado							
F1554 Mechanical Properties							
Grade	Marking	Size inches	Tensile, ksi	Yield, ksi min	Yield, MPa min	Elong. % min	RA % min
36		1/2 - 4	58 - 80	36	248	23	40
55		1/2 - 2	75 - 95	55	380	21	30
		2 1/4 - 2 1/2	75 - 95	55	380	21	30
		2 3/4 - 3	75 - 95	55	380	21	30
		3 1/4 - 4	75 - 95	55	380	21	30
105		1/2 - 3	125 - 150	105	724	15	45
Seleccione el tamaño para las barras de anclaje		1+1/2 in					

Tomado de: Portland Bolt and manufacturing compa  y

### Soldadura

En este apartado vamos a seleccionar cual filete usar en la union de placa-columna en el cual verificaremos la resistencia del metal de aporte del electrodo con las cargas que se dirigen y si soportan

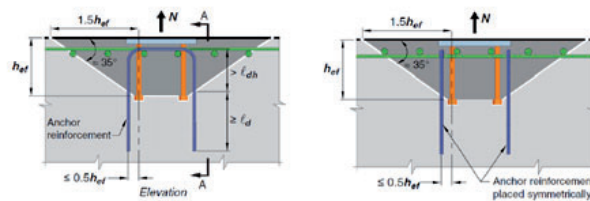
Clasificación AWS	Valores Mínimos	
	Resistencia a la tensión (lb/pulg <sup>2</sup> )	Límite de cedencia (lb/pulg <sup>2</sup> )
E60XX	62,000	50,000
E70XX	70,000	57,000
E80XX	80,000	67,000
E90XX	90,000	77,000
E100XX	100,000	87,000
E100XX	100,000	87,000
E110XX <sup>a</sup>	110,000	95,000
E120XX <sup>a</sup>	120,000	107,000

a. En este tipo de electrodos se utiliza recubrimiento tipo bajo hidrógeno únicamente

Tomado de Flores, 2014

### Barras de Refuerzo

Aqui vamos a referenciar a las barras de refuerzo para las verificaciones de arrancamientos de anclaje individual y las resistencias al arrancamiento del concreto general.



Aqui vamos a tener 2 barras de seleccion en donde vamos a seleccionar primero el tamaño de la barra de la refuerzo y a su vez seleccionaremos el area de la barra dependiendo del tamaño seleccionado.

Esto se hace respecto a que el area que se tiene ya esta dado por las especificaciones del mercado.

BARRAS DE REFUERZO	
Seleccione el tamaño de la barra de refuerzo	1 in
Seleccione el Area de la barra dependiendo de su tamaño	1 in

Ahora vamos a seleccionar una medida existente que tenemos en catalogo para ayudarnos en el proceso del calculo y verificaciones estructurales.

No. Designación de varilla	Medida	Diámetro		Área de sección transversal		Peso Nominal	
		in	mm	in <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>	lb/ft	kg/m
4	1/2"	0.500	12.7	0.20	127	0.668	0.994
5	5/8"	0.625	15.9	0.31	199	1.043	1.552
6	3/4"	0.750	19.1	0.44	284	1.502	2.235
8	1"	1.000	25.4	0.79	510	2.670	3.973
10	1" 1/4	1.270	32.3	1.27	819	4.303	6.404

Tomado de AINEC

### Longitud de Desarrollo

LONGITUD DE DESARROLLO	
$\lambda$	Concreto de peso Normal
$\Psi_e$	Refuerzo sin recubrimiento o re
$\Psi_s$	Para barras No.22 y mayores
$\Psi_t$	Otra (Refuerzo Inferior)
Ingrese una distancia G	250 mm

Para las variables de la longitud de Desarrollo tenemos que seleccionar dependiendo de cada uno de las variables anteriormente seleccionadas.

- $\lambda$  es el peso que tiene el pedestal puede ser Normal y Liviano
- $\Psi_e$  es el refuerzo con el tipo de recubrimiento que se piensa usar
- $\Psi_s$  es el tamaño de las barras utilizadas
- $\Psi_t$  si tiene refuerzo en la parte superior o el refuerzo en la parte inferior
- G: Ingresar una distancia G (Distancia mas alejada entre acero de refuerzo y anclaje) (mm)

### Arandelas

ARANDELAS	
INGRESE UN TAMAÑO BASE DE ARANDELA	100 mm
INGRESE UN TAMAÑO ANCHO DE ARANDELA	100 mm

En el caso de arandelas las vamos a usar para analizar la resistencia a la extracción por deslizamiento en tracción al igual que la resistencia al desprendimiento lateral del concreto.

- Las variables de la placa son
- Ingresar un tamaño de la base (mm)
- Ingresar un tamaño ancho (mm)

### Llave de Corte

**User Note:** All current ASTM A6 W, S and HP shapes except W44x230, W40x149, W36x135, W33x118, W30x90, W24x55, W16x26 and W12x14 meet the criteria stated in Section G2.1(a) for  $F_y = 50$  ksi (345 MPa).

Para el apartado de las llaves de corte nos dan ciertos parametros que nos recomienda la AISC 360-16 en la cual debemos evitar ciertos perfiles como se muestra en la imagen anterior.

25. Perfil de análisis W 10x68



## COMPROBACION DE SOLICITACIONES

Para la comprobacion de solicitaciones que vamos a realizar, procedemos a analizar cada una de las partes como son:

- Placa Base
- Barra de Anclaje
- Soldadura
- Barras de refuerzo longitudinal
- Arandela
- Llave de Corte

COMPROBACION DE SOLICITACIONES		
<b>PLACAS BASE</b>		
Comprobaciones De:	Normativa	Verificaciones
Excentricidad AISC 360-10 (J8-2)	ACI 360-16 (J8.2)	Correcto
Distancia del centro del perno hasta el borde de Placa		Correcto
Dimensiones y pernos AISC 360-10 (J8-1)	ACI 360-16 (J8.1)	Correcto
Flexion de la plancha en compresion y fuerzas de traccion en barras		Correcto
<b>BARRAS DE ANCLAJE</b>		
Comprobaciones De:	Normativa	Verificaciones
Diseño de Barra de Anclaje	AISC 360-16 (J3.3a)	Correcto
<b>SOLDADURA</b>		
Comprobaciones De:	Normativa	Verificaciones
Soldadura en Alma y Alas	AISC 360-16 (J2.4)	Correcto
<b>BARRAS DE REFUERZO LONGITUDINAL</b>		
Comprobaciones De:	Normativa	Verificaciones
Refuerzo de anclaje		Correcto
Resistencia al arrancamiento del concreto	ACI 318-19 (17.4.1.2)	Correcto
<b>ARANDELA</b>		
Comprobaciones De:	Normativa	Verificaciones
Resistencia a la extraccion por deslizamiento en traccion	ACI 318-19 (17.4.3.1.)	Correcto
Resistencia al desprendimiento lateral de concreto	ACI 318-19 (17.6.4)	Correcto
Diseño de la plancha de anclaje (Espesor de arandela)		Correcto
<b>LLAVE DE CORTE</b>		
Comprobaciones De:	Normativa	Verificaciones
Resistencia a Corte AISC	AISC 360-16 (G2.1)	Correcto
Resistencia al aplastamiento de concreto	ACI 349-13 (D.4.6.2.)	Correcto
Resistencia al corte de Concreto	ACI 349-13 (D.11.2)	Correcto
Cedencia en Flexion	AISC 360-16 (F2.1)	Correcto

Para el primer caso de comprobacion en las placas base podemos ver las excentricidades, distancias del centro del perno hasta el borde de la placa, las dimensiones y pernos que se van a utilizar, la flexion de la plancha en compresion y fuerzas de traccion en las barras.

Cada uno de estas comprobaciones tiene una normativa que se deben cumplir y en la columna de verificacion se observa si se cumple o no.

Asi mismo para las barras de anclaje se observa si su diseño esta cumpliendo la normativa de la AISC en donde en caso de no cumplirla deberan aumentar el tamaño de la barra o a su vez el grado del acero.

Para la soldadura igualmente sera el requerimiento del espesor del filete que cumpla con el espesor requeridos en la union de estructura y la placa.

En verificaciones de las arandelas podemos denotar las verificaciones de la resistencia a la extraccion por deslizamiento en traccion, resistencia al desprendimiento lateral de concreto, diseño de la plancha de anclaje o espesor en donde cada una cumple una normativa de la ACI 318.19 y en caso de ocurrir algun error debemos reducir o aumentar el tamaño de la arandela.

Por ultimo las verificaciones de las llaves de corte tendran un poco mas de trabajo en la comprobacion de la resistencia a corte, la resistencia al aplastamiento de concreto, resistencia al corte de concreto y la cedencia a flexion donde lo mas recomendable y para reducir los datos procedemos a aumentar o reducir el perfil hasta que cumplan con lo requerido.

## DATOS DE SALIDA

DATOS DE SALIDA		
Descripción	Variable	Resultado
Longitud de la Base de la Placa	B	0.75m
Longitud de Ancho de la Placa	N	0.75m
Espesor de Placa requerida	tp	0.07m
Numero de pernos en cada lado	nt	4
Separacion del Borde hasta el primer perno	sv	0.09m
Separacion entre pernos	Spynos	0.14m
Placas Base		
Descripción	Variable	Resultado
Tamaño de la barra de anclaje	da	0.04m
Total de barras de anclaje	nv	8
Placas Base		
Descripción	Variable	Resultado
Tamaño de la barra de refuerzo	db	0.03m
Cantidad de Barras de Refuerzo Necesarias	No	9
Longitud Minima de Desarrollo	ld min	0.72m
Longitud de Desarrollo para barras de Refuerzo		
Descripción	Variable	Resultado
Tamaño de la base de arandela	Narandela	0.1m
Tamaño del ancho de las randelas	Barandela	0.1m
Espesor de la arandela	tp_usado	0.01m
Dimensiones de la Arandela		

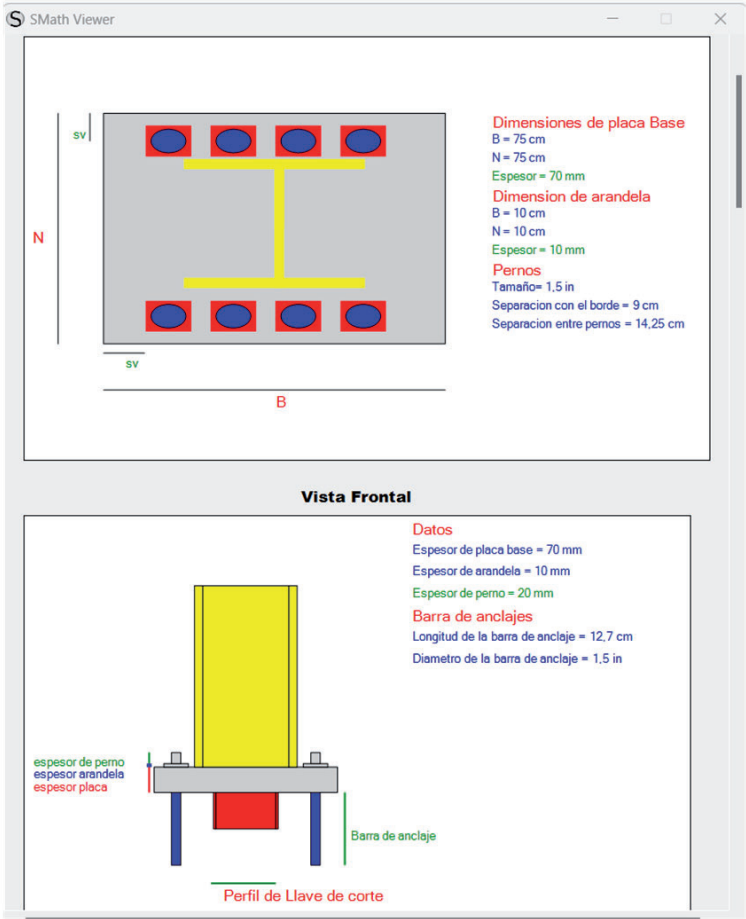
Para los datos de salida se nos mostraran en tabla todos los datos necesarios para la construccion de la placa base con sistema SMF en donde nos daran las dimensiones, espesores, tamaños, separaciones, cantidades de material, cada uno especificada mediante un cuadro didactico que resume de mejor manera las partes de la estructura.

### PLANO

Para la pestaña de plano, podremos apreciar 2 vistas de la figura en donde se pueden apreciar todos los elementos compuestos que vamos a utilizar, en cada uno determina las dimensiones de cada uno de los lementos, sus tamaños, sus espesores, sus separaciones y la cantidad de cada una de ellas.

Tenemos 2 vistas en la parte superior podemos apreciar de buena manera la forma del perfil utilizado, los pernos, arandelas y separaciones

En la vista frontal podemos apreciar de manera singular como van en combinacion las partes de cada una de ellas.



## **Anexo 2**

### **Ejemplo dado por GORA TOOLS y Comparado con PLACASTUDIO**

El ejemplo que nos da GORA TOOLS es un diseño de placa base en el que se use el sistema SMF en donde se realizara la conexión correspondiente de la placa base con la columna en un pórtico resistente a momento para una mejor disipación de energía.

Calcular las dimensiones de la placa base que soporte las cargas dadas, el diseño de barras de anclaje, la soldadura que se va a utilizar, las arandelas necesarias con su espesor y la llave de corte que nos ayude.



## Comparación Bibliográfica

### Datos de Entrada

$$f'c = 280 \frac{kgf}{cm^2} \quad fy = 3515 \frac{kgf}{cm^2}$$

$$fu = 4570 \frac{kgf}{cm^2}$$

Tipo de perfil = W14x176

H = 3450mm

Pu = 62.166 tonnef

Vu = 34200 kgf

Mu = 99.18 tonnef \* m

Lpedestal = 1200 mm

Npedestal = 1200 mm

Sv = 90 mm

4 pernos por lado

### Barra de Anclaje

Grade 55

$$Dperno = 1 + \frac{3}{4}in$$

### Arandela

Larandela = 1200 mm

Nanrandela = 1200 mm

### Solución

#### Para placa base

Cálculos	Dimensiones Mínimas	Dimensiones Escogidas
$B_{min} = bf + 8 *$ Øperno	702 mm	750 mm
$N_{min} = d + 8 *$ Øperno	691 mm	750 mm
Cálculos para espesor	Espesor	Espesor Final
$t_{preq1}$  $= \sqrt{\frac{4 * M_{pl}}{0.9 * F_y}}$	68.27 mm	

## Comparación de Programa

### Datos Estructurales

1. Tipo de Acero de la estructura	A572_Gr_50
2. Perfil Escogido	W 14x176
3. Resistencia del concreto de Hormigon	28 MPa
4. Ingrese la carga axial	62 tonnef
5. Ingrese la Fuerza Cortante	34200 kgf
6. Momento flector	99 tonnef m

### Datos Generales

7. Altura libre de la columna	3450 mm
8. Ingrese el largo del pedestal o zapata de concreto	1200 mm
9. Ingrese el ancho del pedestal o zapata de concreto	1200 mm
10. Seleccione el Diametro del Perno	1+1/2 in
11. Ingrese la cantidad de pernos ...	-2
12. Valor minimo "B"	0.7023 m
13. Valor minimo "N"	0.6914 m
14. INGRESE VALOR B QUE DESEA EN LA PLACA	750 mm
Dato B correcto	
15. INGRESE VALOR N QUE DESEA EN LA PLACA	750 mm
Dato N correcto	
16. Ingrese una distancia deseada del borde hasta el primer perno	90 mm

#### BARRAS DE ANCLAJE

17. Seleccione el nuevo Grado para la barra de anclaje

Grado 105

Dependiendo su grado seleccione un tamaño recomendado

#### F1554 Mechanical Properties

Grade	Marking	Size inches	Tensile, ksi	Yield, ksi min	Yield, MPa min	Elong, % min	RA % min
36	36 AB36	1/2 - 4	58 - 80	36	248	23	40
		1/2 - 2	75 - 95	55	380	21	30
55	55 AB55	2 1/4 - 2 1/2	75 - 95	55	380	21	30
		2 1/2 - 3	75 - 95	55	380	21	30
		3 1/2 - 4	75 - 95	55	380	21	30
105	105 AB105	1/2 - 3	125 - 150	105	724	15	45

18. Seleccione el tamaño para las barras de anclaje

1+1/2 in

#### SOLDADURAS

19. Seleccione el tipo de electrodo usado en la Soldadura

E70XX

#### BARRAS DE REFUERZO

20. Seleccione el tamaño de la barra de refuerzo

1 in

21. Seleccione el Área de la barra dependiendo de su tamaño

1 in

#### LONGITUD DE DESARROLLO

λ Concreto de peso Normal

ψe Refuerzo sin recubrimiento o re

ψs Para barras No 22 y mayores

ψt Otra (Refuerzo Inferior)

22. Ingrese una distancia G

250 mm

#### ARANDELAS

23. INGRESE UN TAMAÑO BASE DE ARANDELA

100 mm

24. INGRESE UN TAMAÑO ANCHO DE ARANDELA

100 mm

$t_{preq2}$  $= 1.5$  $* m$  $* \sqrt{\frac{f_p}{F_y}}$	48.7 mm	
$t_{preq3}$  $= \sqrt{\frac{4 * T_u * x}{0.9 * F_y * w}}$	57.6 mm	
Max ( $t_{preq1}$ ,  $t_{preq2}, t_{preq3}$ )		68.27 mm

Verificación

Para Dimensión de placa base

Descripción	Cálculos	Verificación
Excentricidad	$e > e_{crit}$	Aplica grandes momentos
Distancia del centro del perno hasta el borde	$sv \geq 2 * \varnothing_{perno}$	Cumple
Dimensiones y pernos	$\left(f + \frac{N}{2}\right)^2 \geq \frac{2 \cdot Pu \cdot (e + \frac{N}{2})}{f_{p \max} \cdot B}$	Correcto
Flexion en la plancha de compresion y fuerzas de traccion en barras	$tp \geq \text{Max}(t_{preq1}, t_{preq2}, t_{preq3})$	Correcto

Solución

Para Barra de anclaje

Descripción	Cálculos	
	Fnt = 0.75*F.u	

LLAVE DE CORTE

Mediante la normativa AISC 360-16 (G2.1) En el apartado Cedencia por corte, debemos tener en cuenta la siguiente norma para las llaves de corte.

User Note: All current ASTM A6 W, S and HP shapes except W44x230, W40x149, W36x135, W33x118, W30x90, W24x55, W16x26 and W12x14 meet the criteria stated in Section G2.1(a) for  $F_y = 50$  ksi (345 MPa).

25. Perfil de análisis

W10x68

Datos de entrada dados por el ejercicio que procedemos a darlos en nuestro programa.

	$A.a = (\pi^{*^2} / 4) \cdot D_{perno}^2$	
	$F_{nv} = 0.40 \cdot F_u$	
	$F_v = V_u / (n.v \cdot A.a)$	
	$F_{ta} = T_u / (n.t \cdot A.a)$	
	$\phi F_{nt} =$ $\phi (1.3 \cdot F_{nt} - (F_{nt} / \phi) \cdot F_{nv}) \cdot f_v$	

## Verificación

### Para Barra de Anclaje

Descripción	Cálculos	Verificación
Diseño de barra de anclaje	$f_t$ $\leq \min (\phi F'_{nt}; \phi F_{nt})$	No Cumple

## Solución

### Para Soldadura

Descripción	Cálculos	
Filete usado	$W = F_{EXX} =$ 4921.4871 kgf/(cm <sup>2</sup> )	
Filete requerido	$W_{req} =$ $0.6 \cdot R_y \cdot F_y \cdot t_w / (\phi$ $\cdot 0.6 \cdot F_{EXX} \cdot \sqrt{2})$	

## Verificación

### Para Soldadura

Descripción	Cálculos	Verificación
Espesor requerido	$w \geq w_{req}$	Cumple

## Solución

### Para Arandela

Descripción	Cálculos	
	$W_{hex}$ $= d \cdot h + D \cdot p_{perno}$	

Datos de Entrada Verificaciones Datos de Salida Plano Guía de Usuario

## COMPROBACION DE SOLICITACIONES

### PLACAS BASE

Comprobaciones De:	Normativa	Verificación
Excentricidad	ACI 360-16 (J8.2)	Correcto
Distancia del centro del perno hasta el borde de Placa		Correcto
Dimensiones y pernos	ACI 360-16 (J8.1)	Correcto
Flexión de la plancha en compresión y fuerzas de tracción en barras		Correcto

### BARRAS DE ANCLAJE

Comprobaciones De:	Normativa	Verificaciones
Diseño de Barra de Anclaje	AISC 360-16 (J3.3a)	Error, Revisar

### SOLDADURA

Comprobaciones De:	Normativa	Verificaciones
Soldadura en Alma y Alas	AISC 360-16 (J2.4)	Correcto

### BARRAS DE REFUERZO LONGITUDINAL

Comprobaciones De:	Normativa	Verificaciones
Refuerzo de anclaje		Correcto
Resistencia al arrancamiento del concreto	ACI 318-19 (17.4.1.2)	Correcto

### ARANDELA

Comprobaciones De:	Normativa	Verificación
Resistencia a la extracción por deslizamiento en tracción	ACI 318-19 (17.4.3.1.)	Correcto
Resistencia al desprendimiento lateral de concreto	ACI 318-19 (17.6.4)	Correcto
Diseño de la plancha de anclaje (Espesor de arandela)		Correcto

### LLAVE DE CORTE

Comprobaciones De:	Normativa	Verificaciones
Resistencia a Corte AISC	AISC 360-16 (G2.1)	Correcto
Resistencia al aplastamiento de concreto	ACI 349-13 (D.4.6.2.)	Correcto
Resistencia al corte de Concreto	ACI 349-13 (D.11.2)	Correcto
Cedencia en Flexión	AISC 360-16 (F2.1)	Correcto

Verificaciones que se realizaron con el ejercicio.

	$X = (100 \cdot \text{mm} - W_{\text{hex}}) / 2$	
	$T_{\text{preqarandela}} = \sqrt{\frac{4 \cdot f_{pu} \cdot x^2}{\phi \cdot F_y}}$	
	$T_{\text{pusado}} = \text{round}(T_{\text{preqarandela}})$	

### Verificación

#### Para Arandelas

Descripción	Cálculos	Verificación
Espesor de arandela	$t_{\text{p\_usado}} \geq t_{\text{p\_req\_arandela}}$	Cumple

### Solución

#### Para Llave de corte

Descripción	Cálculos	
Perfil Usado	W 10x68	
Espesor de llave requerida	$t_{\text{wreqllave}} = V \cdot u / (\phi \cdot v \cdot 0.6 \cdot F_y \cdot d \cdot l_{\text{lave}} \cdot C_v1)$	
Resistencia a corte	$\phi v V N = \phi v \cdot 0.6 \cdot F_{y \text{llave}} \cdot t_w \cdot 2 \cdot d2 \cdot C_v1$	

### Verificación

#### Para Llave de corte

Descripción	Cálculos	Verificación
Resistencia a corte	$\phi \cdot v V N \geq V \cdot u$	Cumple
Aplastamiento de concreto	$h \cdot l_{\text{ug}} \geq h \cdot l_{\text{ug\_req}}$	Cumple
Cedencia a flexión	$\phi M_n \cdot l_{\text{lave}} \geq M_u \cdot l_{\text{lave}}$	Cumple

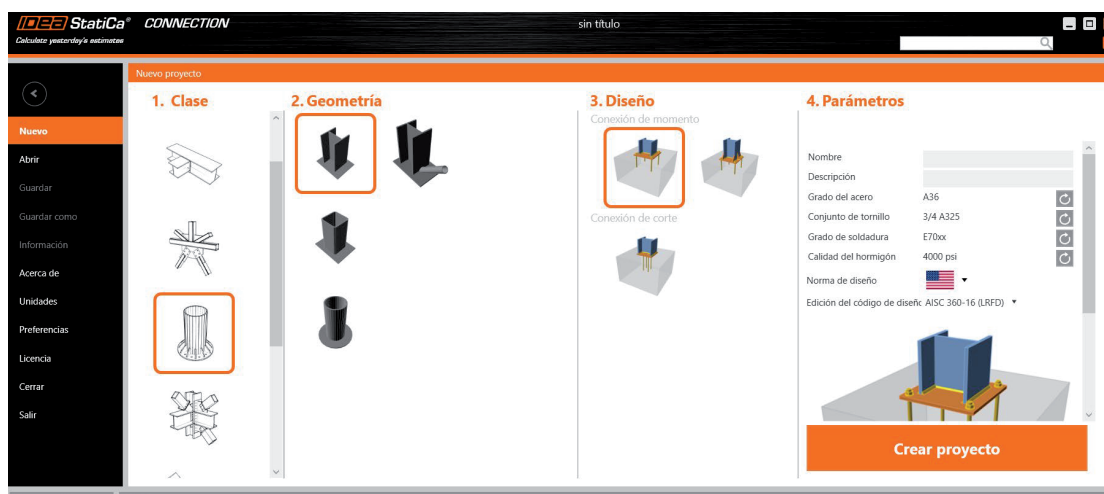
Una vez realizado la comparación de bibliografía con la programación, procedemos a realizar una tabla comparativa en donde se muestren las diferencia de cada uno de los parámetros.

### Anexo 3

#### Programación en IDEASTATICA del ejemplo de GORA TOOLS

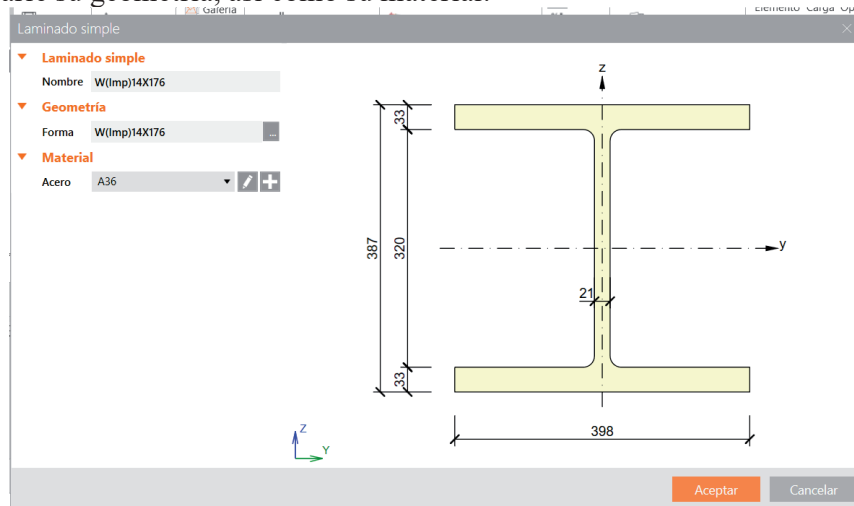
Una vez tengamos todos los datos de entrada necesarios, vamos a usar el programa IDEASTATICA en la cual verificaremos el ejercicio anteriormente diseñado que contiene todos los elementos y los compararemos con todo lo que se ha calculado con el Programa PLACASTUDIO dándonos así una mejor interacción con los resultados.

Empezaremos eligiendo en Ideastatica la opción de “Connection”, en donde usaremos la clase que se parece a una anclaje, en la geometría apreciaremos el perfil W normal, y en diseño podremos seleccionar el primer ejemplo.

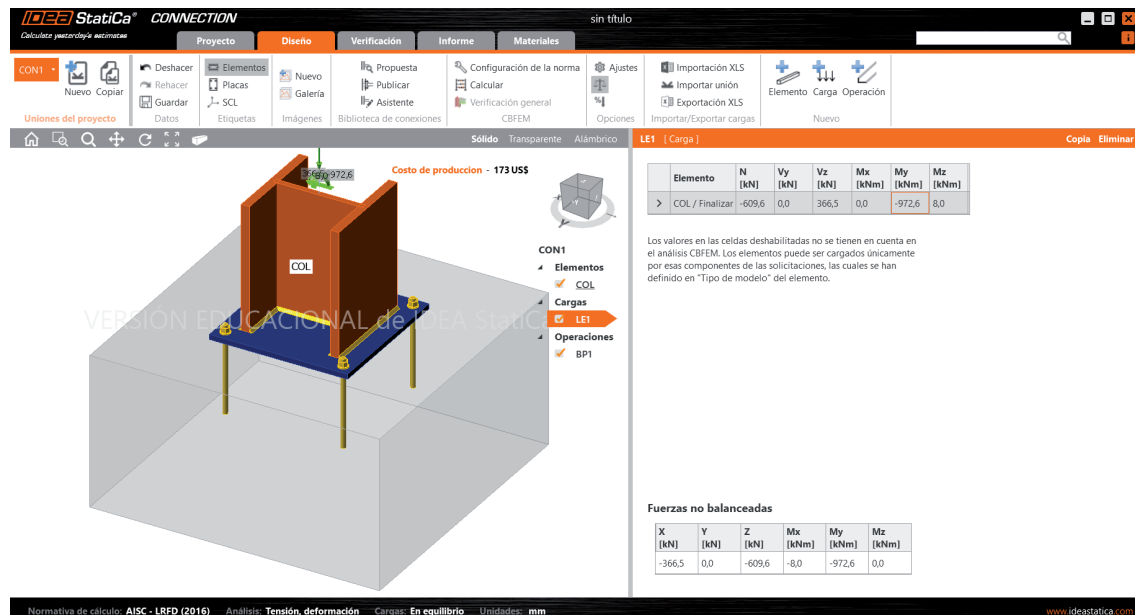


Una vez elegido el material de la placa, los pernos a usar, la fuerza de compresión del hormigón y su normativa.

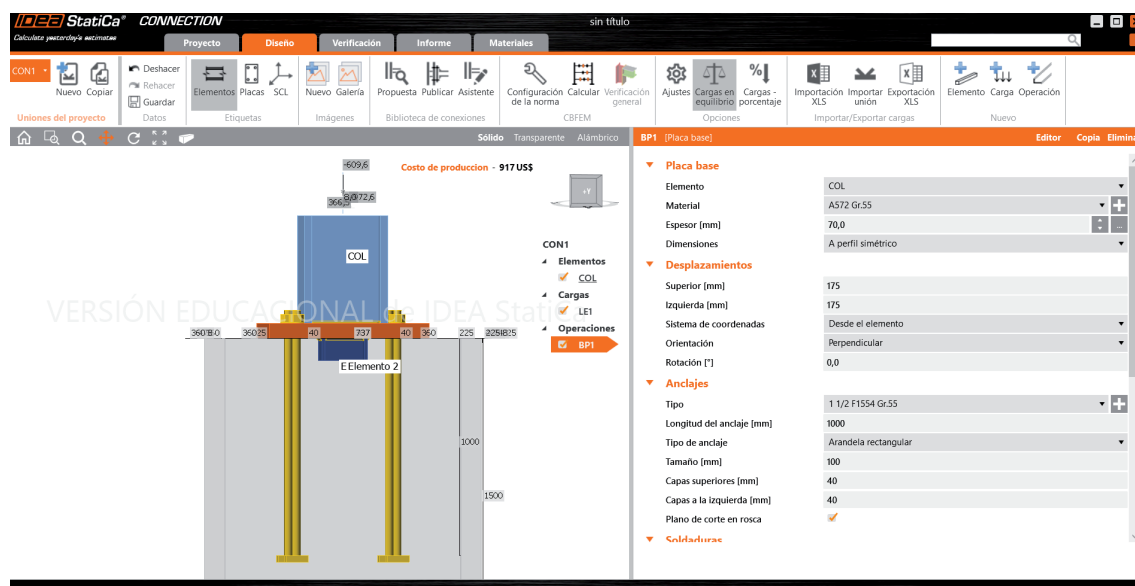
Procederemos a realizar el perfil estructural que se ha utilizado en el ejercicio, en donde debemos darle su geometría, así como su material.



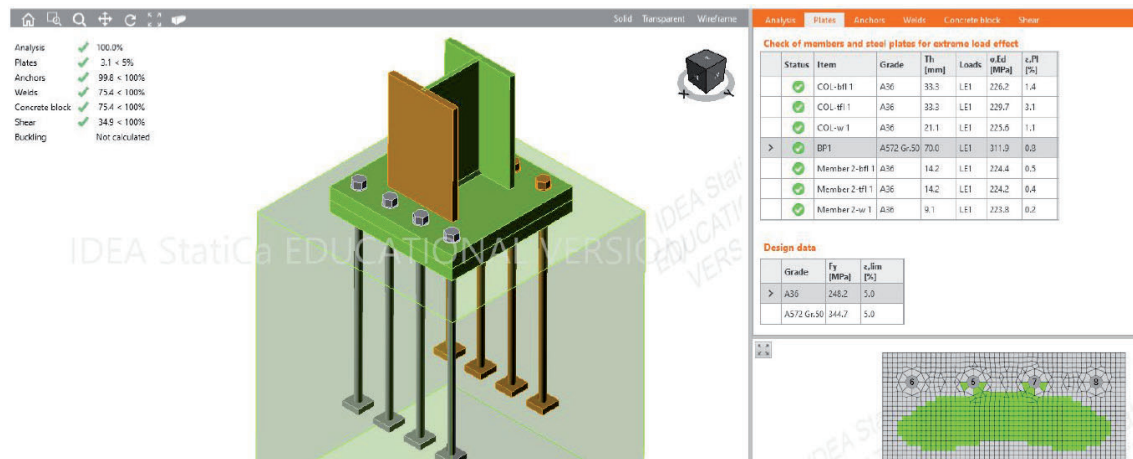
Dados los primeros datos estructurales, empezaremos a realizar las cargas que se van directamente a la conexión perfil-placa base- pedestal.



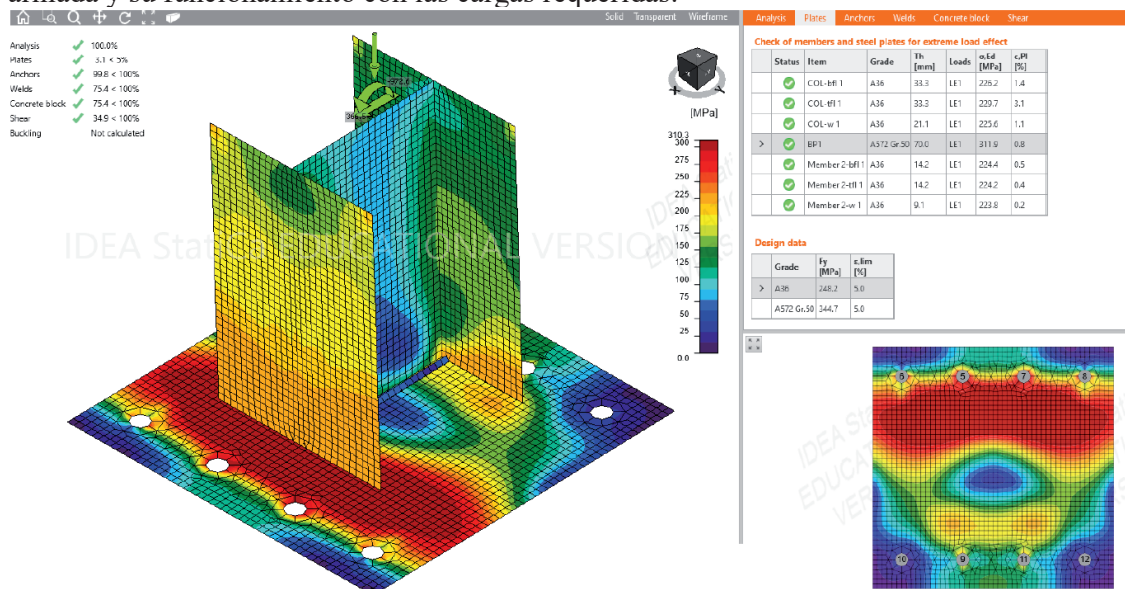
Dadas las cargas procedemos a realizar los demás datos de entrada como: Perfil de columna, Soldadura, Tamaño de pernos, Barra de anclaje, Soldadura y Llave de corte.



Una vez ya dados todos los parámetro, procedemos a realizar el informe de funcionamiento de todas las conexiones y sus cargas impuestas.

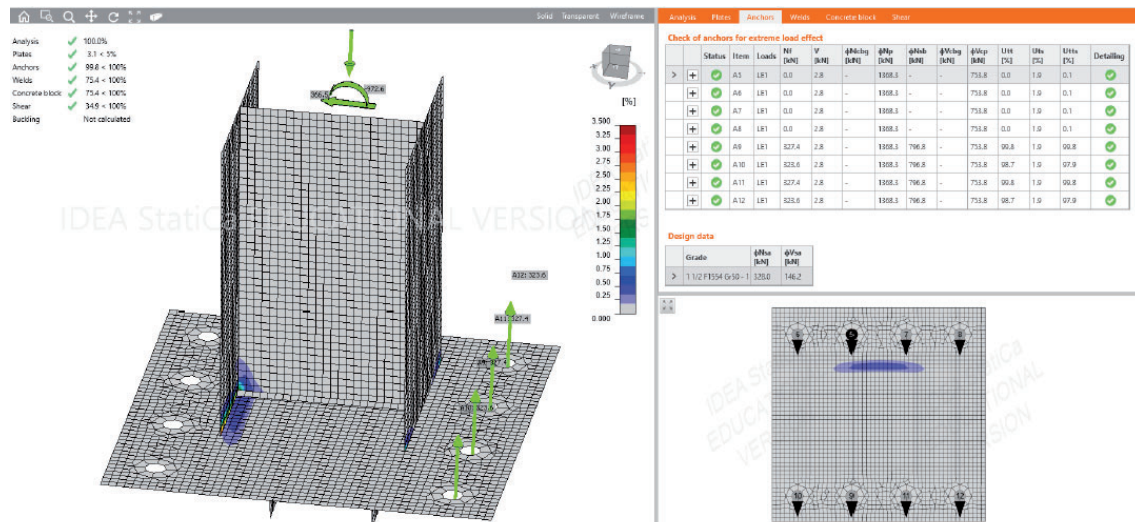


Podremos dar en cuenta la vista completa de los comportamientos de nuestra sección ya armada y su funcionamiento con las cargas requeridas.



Procedemos a ver los resultados de las deformación y fuerzas de tracción presentes en las barras de anclaje. La sumatoria de las fuerzas en cada una de las barras de anclaje debe ser aproximadamente igual a la carga de tracción en las barras de anclaje  $T_u$ .





Procedemos a realizar el informe con los chequeos que tienen las barras de tracción de nuestro modelado.

Analysis	Plates	Anchors	Welds	Concrete block	Shear										
Check of anchors for extreme load effect															
		Status	Item	Loads	Nf [kN]	V [kN]	$\phi N_{cbg}$ [kN]	$\phi N_p$ [kN]	$\phi N_{sb}$ [kN]	$\phi V_{cbg}$ [kN]	$\phi V_{cp}$ [kN]	Utt [%]	Uts [%]	Uts [%]	Detailing
>	+	✓	A5	LE1	0.0	2.8	-	1368.3	-	-	753.8	0.0	1.9	0.1	✓
	+	✓	A6	LE1	0.0	2.8	-	1368.3	-	-	753.8	0.0	1.9	0.1	✓
	+	✓	A7	LE1	0.0	2.8	-	1368.3	-	-	753.8	0.0	1.9	0.1	✓
	+	✓	A8	LE1	0.0	2.8	-	1368.3	-	-	753.8	0.0	1.9	0.1	✓
	+	✓	A9	LE1	327.4	2.8	-	1368.3	796.8	-	753.8	99.8	1.9	99.8	✓
	+	✓	A10	LE1	323.6	2.8	-	1368.3	796.8	-	753.8	98.7	1.9	97.9	✓
	+	✓	A11	LE1	327.4	2.8	-	1368.3	796.8	-	753.8	99.8	1.9	99.8	✓
	+	✓	A12	LE1	323.6	2.8	-	1368.3	796.8	-	753.8	98.7	1.9	97.9	✓

Dando por terminada la fase de chequeo de presiones de contacto en el bloque de concreto que se tiene modelado en el IDEASTATICA en donde podemos observar que con las cargas dadas no presenta ningún problema.

AnalysisPlatesAnchorsWeldsConcrete blockShear

Check of contact stress in concrete for extreme load effect

		Status	Item	Loads	A1 [m2]	A2 [m2]	$\sigma$ [MPa]	Ut [%]
>	+	✓	CB 1	LE1	0.08	0.64	23.0	75.4



## Anexo 4

### Ejemplo 4.6 del libro Base Plate and Anchor Rod Design

Ejemplo 4.6 Diseño de placa base de momento pequeño.

Diseñar una placa base para cargas vivas y muertas axiales iguales a 100 y 160 kips, respectivamente, y momentos de entre los muertos y cargas vivas iguales a 250 y 400 kip-in respectivamente. Se utiliza una columna de ala ancha W12×96 con  $d = 12,7$  pulgadas y  $b_f = 12,2$  pulgadas. La relación entre el hormigón y el área de la placa base es la unidad;  $F_y$  de la placa base es 36 ksi y  $f'_c$  del concreto es 4 ksi.

**Datos de Entrada**

$$f'c = 4 \text{ ksi}$$

$$fy = 36 \text{ ksi}$$

$$\text{Tipo de perfil} = W12x96$$

$$Ld = 100 \text{ kips}$$

$$Ll = 160 \text{ kips}$$

**Solución****Para placa base****Cargas****LRFD**

$$P_u = 1.2 * (100) + 1.6 * (160)$$

$$P_u = 376 \text{ kips}$$

$$M_u = 1.2 * (250) + 1.6 * (400)$$

$$M_u = 940 \text{ kip-in}$$

Cálculos	Dimensiones Mínimas	Dimensiones Escogidas
$B_{min} = bf + 2 * 3in$	18.7 in	19 in
$N_{min} = df + 2 * 3in$	18.2 in	19 in
<b>Determine e and ectri</b>	<b>Resultado</b>	
$e = \frac{M_u}{P_u}$	2.5 in	
$f_{p(max)} = \phi_c * (0.85 * f'c) * \sqrt{\frac{A2}{A1}}$	2.21 ksi	
$q_{max} = f_{p(max)} * B$	4 kips/in	
$e_{crit} = \frac{N}{2} - \frac{P_u}{2 * q_{max}}$	5.02 in	
$Y = N - 2 * e$	14 in	
$q = \frac{P_u}{Y}$	26.9 kip/in	
$m = \frac{N - 0.95 d}{2}$	3.47 in	
$f_p = \frac{P_u}{B * Y}$	1.41 ksi	
$t_{p(req)} = 1.5m * \sqrt{\frac{f_p}{F_y}}$	1.03 in	

SMath Viewer

Datos de Entrada Verificaciones Datos de Salida Plano Guía de Usuario

**PLACAS BASE**

DISEÑO SEGÚN LAS NORMATIVAS:

AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION (AISC)

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE (ACI)

Este programa se distribuye de forma Gratuita y no se ofrece ningún tipo de garantía expresa o implícita.

Autor: Marlon Alexis Caraguay Pangol

Co Autor: Ing. Eduardo Dionei Palma Zambrano

**Datos Estructurales**

1. Tipo de Acero de la estructura A36
2. Perfil Escogido W12x96
3. Resistencia del concreto de Hormigon 4 ksi
4. Ingrese la carga axial 376 kip
5. Ingrese la Fuerza Cortante 0 kgf
6. Momento flector 11 tonnef m

**Datos Generales**

7. Altura libre de la columna 3450 mm
8. Ingrese el largo del pedestal o zapata de concreto 1200 mm
9. Ingrese el ancho del pedestal o zapata de concreto 1200 mm
10. Seleccione el Diametro del Perno 1+1/2 in
11. Ingrese la cantidad de pernos ... 4
12. Valor mínimo "B" 18.1614 in
13. Valor mínimo "N" 18.7087 in
14. INGRESE VALOR B QUE DESEA EN LA PLACA 19 in  
Dato B correcto
15. INGRESE VALOR N QUE DESEA EN LA PLACA 19 in  
Dato N correcto
16. Ingrese una distancia deseada del borde hasta el primer perno 90 mm

Datos de entrada, calculadas y escogidas dentro del programa

$n = \frac{B - 0.8 bf}{2}$	4.62 in	
$t_{p(req2)}$ $= 1.5m * \sqrt{\frac{f_p}{F_y}}$	1.36 in	

Descripción	Calculo	Medida
Espesor final	$\max$ $= (t_{p(req)};$ $t_{p(req)})$	41.2 mm

### Verificación

#### Para Dimensión de placa base

Descripción	Cálculos	Verificación
Excentricidad	$e > e_{crit}$	Aplica minimos momentos
Distancia del centro de gravedad hasta el borde	$sv$ $\geq 2$ $* \phi_{perno}$	Cumple
Dimensiones y pernos	$\left(f + \frac{N}{2}\right)^2 \geq \frac{2 \cdot Pu \cdot (e + \frac{N}{2})}{f_{p \max} \cdot B}$	Correcto
Flexion en la plancha de compresion y fuerzas de traccion en barras	$t_p \geq \max(t_{preq1}, t_{preq2}, t_{preq3})$	Correcto

### PLACAS BASE

Comprobaciones De:	Normativa	Verificaciones
Excentricidad	ACI 360-16 (J8.2)	Peguenos Momentos
Distancia del centro del perno hasta el borde de Placa		Correcto
Dimensiones y pernos	ACI 360-16 (J8.1)	Correcto
Flexion de la plancha en compresion y fuerzas de traccion en barras		Correcto

Verificaciones de datos estructurales para placas base en donde se constata que el programa también valida los procedimientos

**Anexo 5****Ejemplo 4.7 del libro base Plate and Anchor Rod Design**

Ejemplo 4.7 Diseño de placa base de grandes momentos.

Diseñe una placa base para cargas vivas y muertas axiales iguales a 100 y 160 kips, respectivamente, y momentos de entre los muertos y cargas vivas iguales a 1.000 y 1.500 kip-in respectivamente.

La flexión se trata del eje fuerte para una brida de ancho W12×96 columna con  $d = 12,7$  pulgadas y  $b_f = 12,2$  pulgadas. De manera conservadora, considere que la relación entre el área del concreto y la placa base es la unidad;  $F_y$  de la placa base es 36 ksi y  $f_c'$  del concreto es 4 ksi.

**Datos de Entrada**

$$f'c = 4 \text{ ksi}$$

$$fy = 36 \text{ ksi}$$

$$\text{Tipo de perfil} = W12x96$$

$$Ld = 100 \text{ kips}$$

$$Ll = 160 \text{ kips}$$

$$Md = 1000 \text{ kips}$$

$$Ml = 1500 \text{ kips}$$

**Solución****Para placa base****Cargas****LRFD**

$$P_u = 1.2 * (100) + 1.6 * (160)$$

$$P_u = 376 \text{ kips}$$

$$M_u = 1.2 * (1000) + 1.6 * (1500)$$

$$M_u = 4600 \text{ kip} - \text{in}$$

Cálculos	Dimensiones Mínimas	Dimensiones Escogidas
$B_{min} = bf + 2 * 3in$	18.7 in	19 in
$N_{min} = df + 2 * 3in$	18.2 in	19 in
<b>Determine e and ectri</b>	<b>Resultado</b>	
$e = \frac{Mu}{Pu}$	9.57 in	
$f_{p(max)} = \phi_c * (0.85 * f'c) * \sqrt{\frac{A2}{A1}}$	2.21 ksi	
$q_{max} = f_{p(max)} * B$	24 kips/in	
$e_{crit} = \frac{N}{2} - \frac{Pu}{2 * q_{max}}$	5.02 in	
$f = \frac{N}{2} - 1.5$	8 in	
$(f + \frac{N}{2})^2$	306	
$\frac{2 * Pu(e + f)}{q_{max}}$	315	
$Y = f + \frac{N}{2}$	12 in	

S Math Viewer

Datos de Entrada Verificaciones Datos de Salida Plano Guía de Usuario

### PLACAS BASE

DISEÑO SEGÚN LAS NORMATIVAS:  
AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION (AISC)  
AMERICAN CONCRETE INSTITUTE (ACI)

Este programa se distribuye de forma **Gratuita** y no se ofrece ningún tipo de garantía expresa o implícita.  
Autor: Marlon Alexis Caraguay Pangol  
Co Autor: Ing. Eduardo Dionei Palma Zambrano

#### Datos Estructurales

- Tipo de Acero de la estructura: A36
- Perfil Escogido: W12x96
- Resistencia del concreto de Hormigon: 4 ksi
- Ingrese la carga axial: 376 kip
- Ingrese la Fuerza Cortante: 0 kgf
- Momento flector: 60 tonnefm

#### Datos Generales

- Altura libre de la columna: 3450 mm
- Ingrese el largo del pedestal o zapata de concreto: 1200 mm
- Ingrese el ancho del pedestal o zapata de concreto: 1200 mm
- Seleccione el Diámetro del Perno: 1+1/2 in
- Ingrese la cantidad de pernos...: 4
- Valor mínimo "B": 18.1614 in
- Valor mínimo "N": 18.7087 in
- INGRESE VALOR B QUE DESEA EN LA PLACA: 20 in
- INGRESE VALOR N QUE DESEA EN LA PLACA: 20 in
- Ingrese una distancia deseada del borde hasta el primer perno: 90 mm

**Dato B correcto**

**Dato N correcto**

Datos de entrada, calculadas y escogidas dentro del programa

$m = \frac{N - 0.95 d}{2}$	3.97 in	
$t_{p(req)}$ $= 1.5m * \sqrt{\frac{f_p}{F_y}}$	1.48 in	
$n = \frac{B - 0.8 bf}{2}$	4.62 in	
$t_{p(req2)}$ $= 1.5m * \sqrt{\frac{f_p}{F_y}}$	1.90 in	

Descripción	Calculo	Medida
Espesor final	$\max$ $= (t_{p(req)};$ $t_{p(req)})$	48.1 mm

### Verificación

#### Para Dimensión de placa base

Descripción	Cálculos	Verificación
Excentricidad	$e > e_{crit}$	Aplica minimos momentos
Distancia del centro de hasta el borde	$sv$ $\geq 2$ $* \varnothing_{perno}$	Cumple
Dimensiones y pernos	$\left(f + \frac{N}{2}\right)^2 \geq \frac{2 \cdot Pu \cdot (e + \frac{N}{2})}{f_{p \max} \cdot B}$	Correcto
Flexion en la plancha compresion y fuerzas de traccion en barras	$t_p \geq \max$ $(t_{p_{req1}},$ $t_{p_{req2}}, t_{p_{req3}})$	Correcto

### PLACAS BASE

Comprobaciones De:	Normativa	Verificaciones
Excentricidad	ACT 360-16 (JB.2)	Grandes Momentos
Distancia del centro del perno hasta el borde de Placa		Correcto
Dimensiones y pernos	ACT 360-16 (JB.1)	Correcto
Flexion de la plancha en compresion y fuerzas de traccion en barras		Correcto

Verificaciones de datos estructurales para placas base en donde se constata que el programa también valida los procedimientos

## **AUTORIZACION DE PUBLICACION EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL**

Yo, **Marlon Alexis Caraguay Pangol** portador de la cédula de ciudadanía N.º 1105214868. En calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación **“Optimización para el predimensionamiento de placas base de columnas utilizando Smath Studio”**, de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, Así mismo; autorizo a la Universidad para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, **25 de marzo de 2024**

F: .....

**Marlon Alexis Caraguay Pangol**

**C.I. 1105214868**