



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTONOMA DE MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA  
División de Ingeniería Civil, Topográfica y Geodésica

DISEÑO DE CONEXIONES DE EDIFICIOS  
INDUSTRIALES Y SUJECIÓN DE EQUIPOS  
PRINCIPALES

TESIS

QUE PRESENTA PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
INGENIERO CIVIL

Presenta

ALFREDO GARCÍA CANO MÉNDEZ



FACULTAD DE  
INGENIERÍA

MÉXICO, D.F.

2008

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

---

Debo de agradecer (por que si no lo hago así, me piden el divorcio) es a mi esposa quien realmente me a brindado un gran apoyo y presión para lograr este trabajo, así mismo al Ing. Ricardo Leopoldo Vega Avendaño, ya que él ha creído en mi y me ha hecho ver de lo que soy capas, por su exigencia en el trabajo, ser una persona que me ha tenido mucha paciencia y me ha brindado su amistad.

Por otra parte agradezco a los Ingenieros Salvador Velázquez, José Luis Álvarez, Sergio Pérez, y demás amigos y compañeros de trabajo, por su apoyo.

A los Ingenieros (por orden alfabético):

Jesús Gallegos Silva

Héctor J. Guzmán Olguín

Marcos Trejo Hernández

Héctor Sanginés García

Que aceptaron participar en la realización del mismo que es tan importante para mi.

Y especialmente agradezco al Ing. Miguel Ángel Rodríguez Vega, quien definitivamente, gracias a su apoyo, motivación, consejos, presión y amistad se hizo realidad éste.

# DEDICATORIAS

---

A mi hija Fernanda Denisse García Cano Muñoz, quien espero que este trabajo la inspire a tener una carrera universitaria.

A mi esposa que me ha soportado y tolerado durante todo el tiempo en la realización de este trabajo.

Al Ing. Ricardo Leopoldo Vega Avendaño

Al futuro Doctor en Ingeniería Armando Aguilar Meléndez, quien a sido mi mejor amigo en esta vida y que gracias a él logre terminar al carrera y que sin él no se que hubiera pasado con mi vida.

A mi mamá.

A mi hermana Paty

Y a una gran amiga llamada Patricia y a su mamá Sra. Cristina (que son pilares en mi vida).

# **INDICE**

---

## **INTRODUCCIÓN**

### **I. ANTECEDENTES**

**I.1 Conexión de contraventeo Columna-Viga.**

**I.2 Conexión de contraventeo Viga-Columna.**

**I.3 Sujeción de equipos principales.**

### **II. PARÁMETROS DE DISEÑO**

**II.1 Conexión de contraventeo Columna-Viga.**

**II.2 Conexión de contraventeo Viga-Columna.**

### **III. DESARROLLO DE HOJA DE CÁLCULO**

### **IV. CONCLUSIONES**

### **ANEXOS**

### **BIBLIOGRAFÍA**

## INTRODUCCIÓN

---

Debido a que muchos ingenieros piensan que es importante que los miembros de una estructura metálica deben de ser diseñados apropiadamente, dentro de los parámetros de diseño, creen que éstos se van a conectar automáticamente a los demás miembros.

Por lo que en este trabajo el tema es demostrar que no es así, ya que se requiere todo un procedimiento, parámetros, y toda una metodología de diseño, de conexiones.

Por otra parte, mencionar la importancia que tiene un diseño correcto de la conexión, debido a que en ella es donde se va a transmitir las fuerzas que actúan en la estructura de un miembro a otro, para que las vigas principales o columnas resistan las cargas a las que se somete la estructura. Si no tenemos los materiales adecuados con las debidas dimensiones y procedimientos de colocación adecuados, podemos tener una falla en la conexión.

Menciono las dimensiones, ya que la parte más complicada del diseño de una conexión es justamente la geometría de la misma, como se detallará en su debido momento, pero, cabe mencionar que desgraciadamente dependemos de la geometría de la conexión para su diseño y esta es la parte más interesante y difícil del diseño de la misma.

Por lo que, solo se comentarán las siguientes tipos de conexiones, debido específicamente a este último comentario, siendo:

- ✓ Contraventeo columna-viga y
- ✓ Contraventeo viga-columna.

La primera consiste en la conexión del contraventeo a una conexión donde la columna corre continua, y llega a la misma una viga principal; La segunda consiste en la conexión del contraventeo a una conexión donde la viga principal corre continua, y llega a la misma una columna.

El diseño de estas conexiones depende de su forma de trabajo, como por ejemplo:

- ✓ Si es zona sísmica, y si lo es, ver que factores de incremento se darán a las cargas sísmicas para el diseño de las conexiones.
- ✓ Si la conexión se diseñará a base de deslizamiento crítico.
- ✓ Si la conexión se diseñará a base de aplastamiento.
- ✓ O si los tornillos están trabajando a tensión

Pero no solo depende de eso, también, debemos de especificar los parámetros de los tornillos a utilizar, por ejemplo:

- ✓ Tornillos tipo A325 ó A490.
- ✓ Si son galvanizados o no.
- ✓ Y por supuesto las tuercas y roldanas a utilizar para las conexiones.

Por último, también debemos de dar los parámetros de la pintura a utilizar, ya que entre las placas de conexión puede existir pintura o no.

## I. ANTECEDENTES

---

El diseño de estas conexiones depende de su comportamiento y calidad de materiales, estos son en forma general los siguientes:

- ✓ Factores de incremento a las cargas sísmicas para el diseño de las conexiones.
- ✓ Módulo de fricción ( $\mu$ ).
- ✓ Tornillos tipo A325 ó A490.
- ✓ Y por supuesto las tuercas y roldanas a utilizar para las conexiones.
- ✓ Tipo de pintura.
- ✓ Conexión diseñada a base de deslizamiento crítico.
- ✓ Conexión diseñada a base de cortante.
- ✓ Conexión diseñada a base de aplastamiento.

A continuación se explicarán estos parámetros:

Para el **factor del incremento a las cargas sísmicas** el cual lo obtenemos del RCDF en la parte de Diseño de Estructuras Metálicas en el punto 6.2.4 Marcos con contraventeo concéntrico con ductilidad normal, nos dice que:

Entre otros puntos, de los cuales no vamos a hablar en este trabajo, debemos considerar que la resistencia de diseño de los contraventeos será, por lo menos, 1.5 veces la resistencia requerida correspondiente a las combinaciones de carga de diseño por sismo.

Este factor debe de utilizarse dentro de las combinaciones de cargas para el diseño de la estructura de nuestro edificio, debemos de aplicar este factor a las combinaciones de cargas sísmicas y solo a ellas, para poder obtener las cargas de diseño de las conexiones de los contraventeos.

**El módulo de fricción** lo debemos de considerar de acuerdo a los materiales que vamos a emplear en la conexión, a continuación, tenemos una tabla para saber que módulo debemos emplear:

$\mu$  – Coeficiente de deslizamiento medio

este puede ser:

- 0.33, para superficies clase A (superficies de acero sin pintar, libres de escamas de laminado, o superficies con recubrimientos clase A sobre acero limpiado con chorro de arena).
- 0.50, para superficies clase B (superficies de acero sin pintar, limpiadas con chorro de arena, o superficies con recubrimientos de clase B sobre acero limpiado con chorro de arena).
- 0.35, para superficies clase C (galvanizadas con superficie rugosa).

Para **los tornillos** las especificaciones del ASTM A325 y A490 incluyen tres tipos (según su clasificación metalúrgica) de tornillos estructurales de alta resistencia, que se suministran en tamaños de 13 a 38 mm inclusive, excepto el A490 tipo 2 que solamente llega a 25 mm, siendo:

- **Tipo 1.** Acero al carbono para tornillos A325 y acero de aleación para tornillos A490.
- **Tipo 2.** Acero martensítico al bajo carbono para tornillos A325 y A490.
- **Tipo 3.** Tornillos resistentes a la corrosión atmosférica.

**Tuercas hexagonales.** Las tuercas a ser usadas con tornillos A325 pueden fabricarse con apego a las normas ASTM A194 para grados 2 ó 2H, según las normas

ASTM A563 para grado C, G3, D, DH ó DH3, excepto que las tuercas que serán galvanizadas que cumplan con los requisitos para 2H, DH, o DH3.

Las tuercas hexagonales a ser usadas con tornillos A490 pueden fabricarse siguiendo ASTM A194 para grado 2H o siguiendo ASTM A563 para grado DH o DH3.

El galvanizado de tornillos de alta resistencia por inmersión en caliente, involucra problemas especiales que deben de considerarse para el conjunto de tornillos y tuercas. Los cuatro aspectos que deben tomarse en consideración son los siguientes:

1. *El efecto del galvanizado sobre la resistencia de los aceros.* Los aceros con resistencia a la tensión de mas de  $14,000 \text{ kg/cm}^2$  pueden volverse quebradizos. Por esta razón, las especificaciones ASTM permiten galvanizar los tornillos A325, pero no a los A490, y solo se galvanizarán por inmersión en caliente tornillos tipo 1, o asegurarse de que se haya cumplido con el requisito de pruebas de tensión, después de galvanizado, si los tornillos son del tipo 2.
2. *Resistencia al desgarró de la rosca de la tuerca.* El galvanizado por inmersión en caliente afecta a la resistencia al desgarró de las roscas del conjunto de tornillo y tuerca. Las especificaciones ASTM A325 establecen que sólo deben usarse tuercas tipo DH y 2H cuando se galvanizan.
3. *Efecto del galvanizado sobre el par de apretado.* El galvanizado por inmersión en caliente aumenta la fricción entre los filetes entre las roscas de tornillos y tuercas, y hace mucho más variable la tensión en el tornillo que se obtiene por torsión. Las especificaciones ASTM A325 requieren que los tornillos galvanizados, con sus tuercas lubricadas y con rosca sobredimensionada, junto con su arandela galvanizada, sean sometidos a pruebas por los fabricantes, antes de la entrega, de acuerdo a las especificaciones ASTM A536, para comprobar que la tuerca galvanizada lubricada pueda girarse, después del apretado inicial, más de lo requerido para alcanzar el apretado final, sin que produzca el desgarró de las roscas.

4. *Requisitos para expedir tornillería galvanizada.* Los anteriores requisitos hacen considerar a los tornillos y tuercas galvanizados como partes de un conjunto, por lo que deberán ser expedidos juntos y, de preferencia, ensamblados.

**Arandelas o Roldanas.** La función principal de ellas, es la de permitir que gira durante el apretado d los tornillos, se deslice sobre una superficie endurecida indeformable, al instalarse la tortillería mediante un procedimiento que depende del control del par de apretado. Las arandelas endurecidas circulares, que cumplen con las especificaciones ASTM A436, proporcionan una superficie de apoyo de 45 a 55% mayor que la de la cabeza hexagonal de los tornillos estructurales o de su tuerca.

Si su finalidad es la de proporcionar una superficie endurecida indeformable, debajo del elemento que se gira para apretar el tornillo, como en el caso de apretado mediante control del par. El espesor máximo de las arandelas endurecidas es el mismo para todos los tamaños de tornillos hasta 38 mm inclusive, para que puedan manufacturarse con una sola materia prima.

**Identificaciones.** Las especificaciones ASTM requieren que los tornillos hexagonales estructurales de alta resistencia y sus tuercas tengan marcas de identificación, de las cuales algunas son obligatorias. Además de éstas, el fabricante puede usar sus propias marcas. ver figura I.1, (ver referencia 3 de la bibliografía, figura C2).

**Pintura.** Se reconocen solo dos categorías de coeficientes de deslizamiento: la Clase A para recubrimientos que no reducen el coeficiente de deslizamiento a menos del que se obtiene de una superficie limpia, sin escamas de laminación suelta; y la Clase B para pinturas que no reducen el coeficiente de deslizamiento a menos del obtenido con una superficie arenada.

Tipo	A325		A490	
	Tornillo	Tuerca	Tornillo	Tuerca
1	(1) 	Marca del fabricante  Los arcos indican grado C  Marca de grados D, DH, 2 ó 2H		 DH ó 2H (2)
2	 Nota: Las 3 líneas radiales a 60° son obligatorias	Igual al Tipo 1	 Nota: Las 3 líneas radiales a 60° son obligatorias	Igual al Tipo 1
3	(3)  Nota: el subrayado es obligatorio	 (3)  (3)	(3)  Nota: el subrayado es obligatorio	 (3)

(1) Opcionalmente pueden usarse además 3 líneas radiales a 120°  
(2) También es aceptable el Tipo 3  
(3) Opcionalmente pueden agregarse una marca que indique que es resistente a la corrosión atmosférica

**Figura I.1 Marcas obligadas y opcionales en tornillos**

**Soldadura.** El tamaño mínimo de la soldadura de filete será el mostrado en la tabla I.2 (ver referencia 3 de la bibliografía tabla 1.17.2A). El espesor mínimo efectivo de la garganta de una soldadura de penetración parcial en ranura será el mostrado en la tabla I.3 (ver referencia 3 de la bibliografía tabla 1.17.2B). El tamaño de la soldadura lo establece la más gruesa de las dos partes unidas, excepto que no es necesario que el tamaño de la soldadura exceda el espesor de la parte unida más delgada, a no ser que el esfuerzo calculado requiera de mayor tamaño de soldadura. Para esta excepción debe tenerse especial cuidado para suministrar suficiente precalentamiento para obtener una soldadura sana.

El tamaño máximo de soldadura de filete en los bordes de partes conectadas no será mayor que el espesor del material unido cuando el espesor es menor de 6 mm. Para espesores mayores, será de 1.6 mm menos que el espesor, a no ser que el plano indique mayor tamaño.

**Tabla I.2. Tamaño mínimo de la soldadura de filete, en mm**

<i>Espesor más grueso de las partes unidas, en mm.</i>	<i>Tamaño* mínimo de la soldadura de filete, en mm.</i>
<i>Hasta 6 inclusive</i>	<i>3</i>
<i>más de 6 a 13</i>	<i>5</i>
<i>más de 13 a 19</i>	<i>6</i>
<i>más de 19</i>	<i>8</i>

*\* Dimensión del cateto de la soldadura de filete.*

**Tabla I.3. Tamaño mínimo efectivo de garganta de la soldadura de penetración parcial, en mm**

<i>Espesor más grueso de las partes unidas, en mm.</i>	<i>Tamaño* mínimo de la soldadura de filete, en mm.</i>
<i>Hasta 6 inclusive</i>	<i>3</i>
<i>más de 6 a 13</i>	<i>5</i>
<i>más de 13 a 19</i>	<i>6</i>
<i>más de 19</i>	<i>8</i>

*\* Dimensión del cateto de la soldadura de filete.*

En las conexiones atornilladas sujetas a cargas de fuerza cortante, cuando la fuerza se transmite entre las placas conectadas por la fuerza de fricción que existe entre ellas, hasta alcanzar cierta magnitud de fuerza, que depende totalmente de la fuerza total del apretado entre las superficies de contacto y del coeficiente de fricción de las mismas; cuando la carga se incrementa hasta alcanzar una magnitud mayor que la resistencia por fricción desarrollada entre la superficie de contacto, ocurre un deslizamiento, pero no se presenta como falla en el sentido de ruptura (**a este tipo de Diseño de Conexiones se les llama de Deslizamiento Crítico**).

Al aplicarse cargas aún mayores, éstas se transmiten mediante fuerza cortante en los sujetadores (**a este tipo de Diseño de Conexiones se les llama de Cortante**),

aplastamiento en las partes conectadas (**o Diseño por Aplastamiento**). La falla final de la conexión se deberá a la falla por cortante de los tornillos, al arrancamiento de los materiales conectados o al alargamiento excesivo de los agujeros. La carga que produce esta falla final es independiente de la fuerza de compresión, producida por la tensión en los tornillos, entre las superficies de contacto.

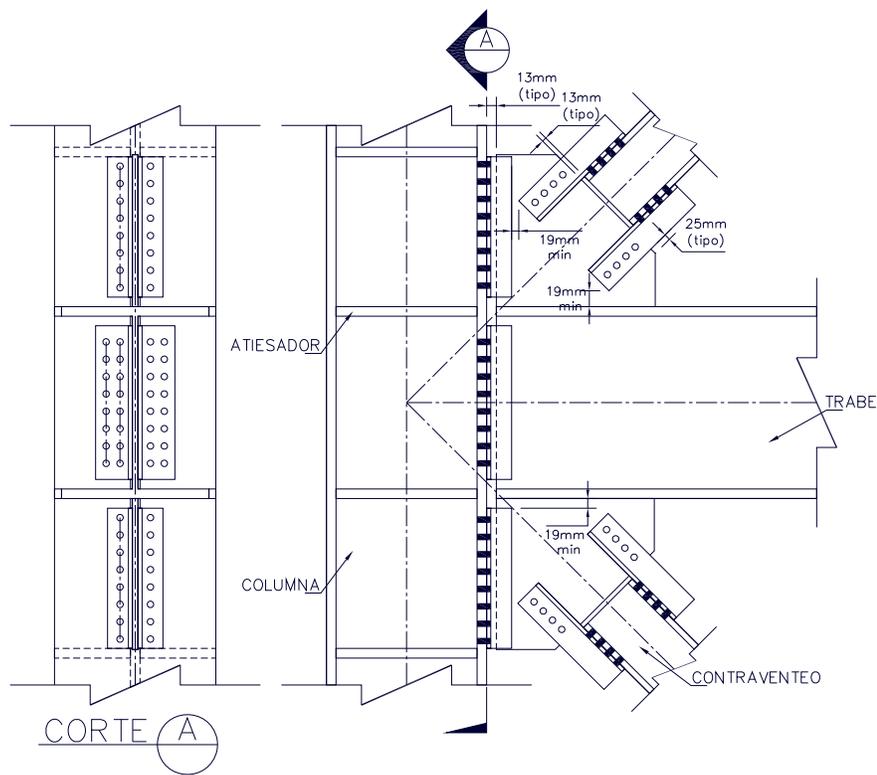
## I.1. CONEXIÓN DE CONTRAVENTE O COLUMNA-VIGA

Debido a que el tema de las conexiones es muy extenso, y no se puede tipificar el diseño de las conexiones por las características específicas de cada conexión, debemos de especificar el tipo de conexión del que se va a hablar, por lo que solo se va a estudiar dos tipos de conexiones.

- ✓ Contraventeo columna-viga y
- ✓ Contraventeo viga-columna.

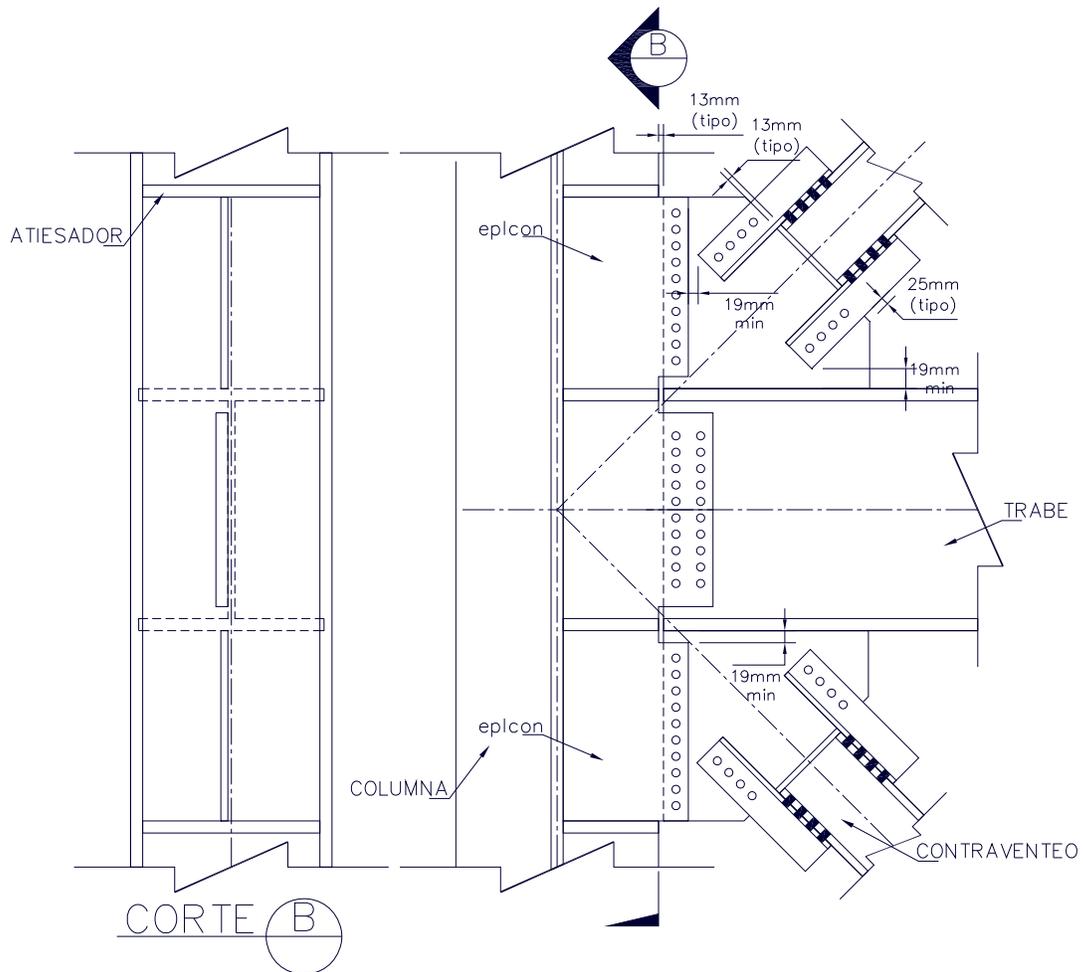
En el primer tipo de conexión tenemos dos casos:

Cuando el contraventeo se conecta a una placa que está soldada a la viga, y esta placa y viga se conectan a su vez al patín de la columna por medio de tornillos, como se muestra en la figura I.1.1.



**Figura I.1.1. Conexión columna - viga a patín.**

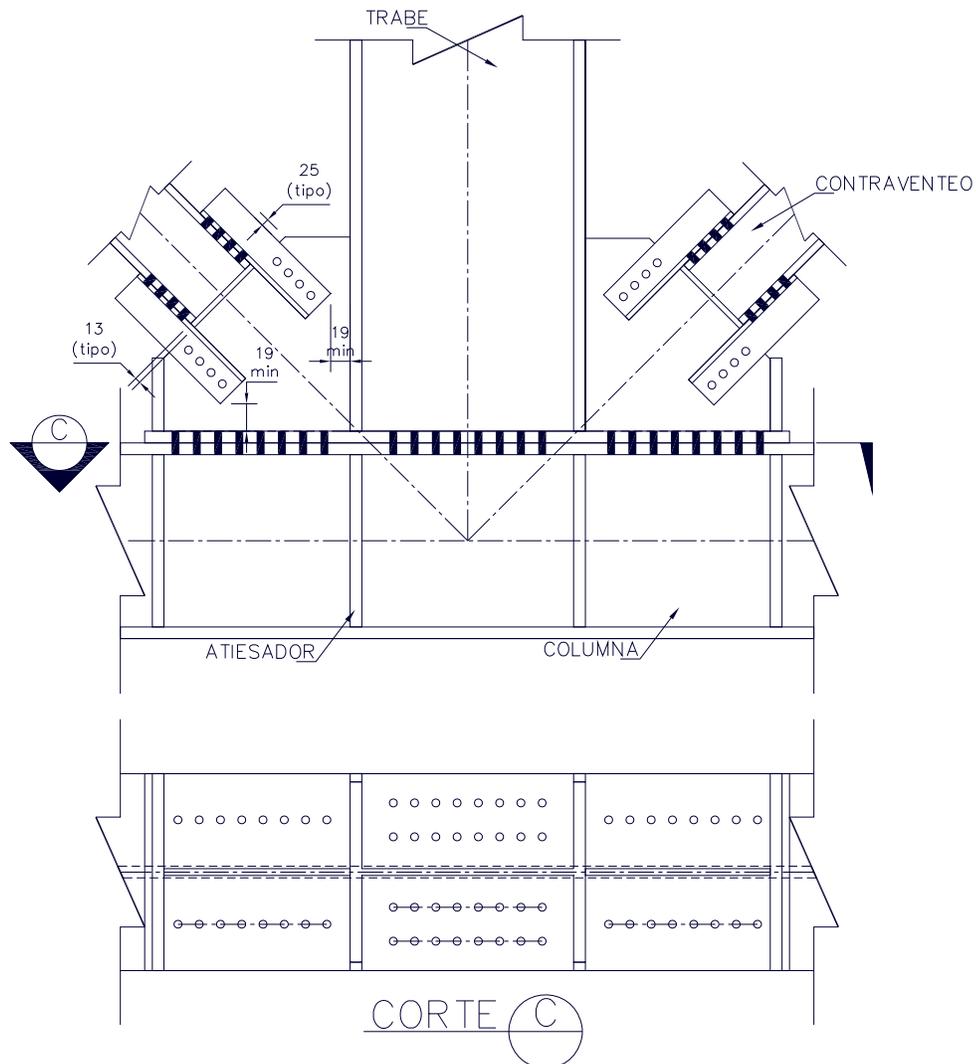
El segundo caso es cuando el contraventeo se conecta a una placa que se suelda a la viga que su vez esta placa y la viga se conectan a otras placas que están soldadas al alma de la columna y se atornillan a ellas.



**Figura I.1.2. Conexión columna - viga al alma.**

## I.2. CONEXIÓN DE CONTRAVENTE O COLUMNA-VIGA

En el segundo tipo de conexión el contraventeo se conecta a una placa que se suelda a la columna (ya sea al alma o al patín) y esta placa y columna se sueldan a otra placa (de forma perpendicular), para después atornillarse a la viga, como se muestra en la figura I.2.1.



**Figura I.2.1. Conexión viga – columna.**

### I.3. SUJECIÓN DE EQUIPOS PRINCIPALES

---

La sujeción de los equipos principales, se debe hacer de tal forma que se evite la torsión del miembro de apoyo y además de considerar la vibración del equipo a conectar.

La torsión del miembro se puede evitar colocando una viga perpendicular al miembro de apoyo (de preferencia soldada a ella, y en el extremo opuesto atornillar), para su facilidad de colocación en sitio, si no se puede, entonces atornillar esa conexión.

Para evitar problemas por lo que se refiere a la vibración, se recomienda que las anclas deben de pasar completamente al miembro de apoyo de la parte superior al la inferior, con una camisa a lo largo del peralte de la viga de apoyo, además de colocar doble tuerca en la sujeción del ancla.

Por otra parte el material de las anclas de preferencia deberá ser de acero tipo ASTM A193 Grado B7, para las tuercas ASTM A194 2H, y para las Roldanas F-436.

Para calcular su longitud debemos considerar los siguientes parámetros mostrados en la figura I.3.1:

Donde:

d – Peralte de la viga de apoyo.

Espesor de la roldana, que es de 5mm (el máximo espesor).

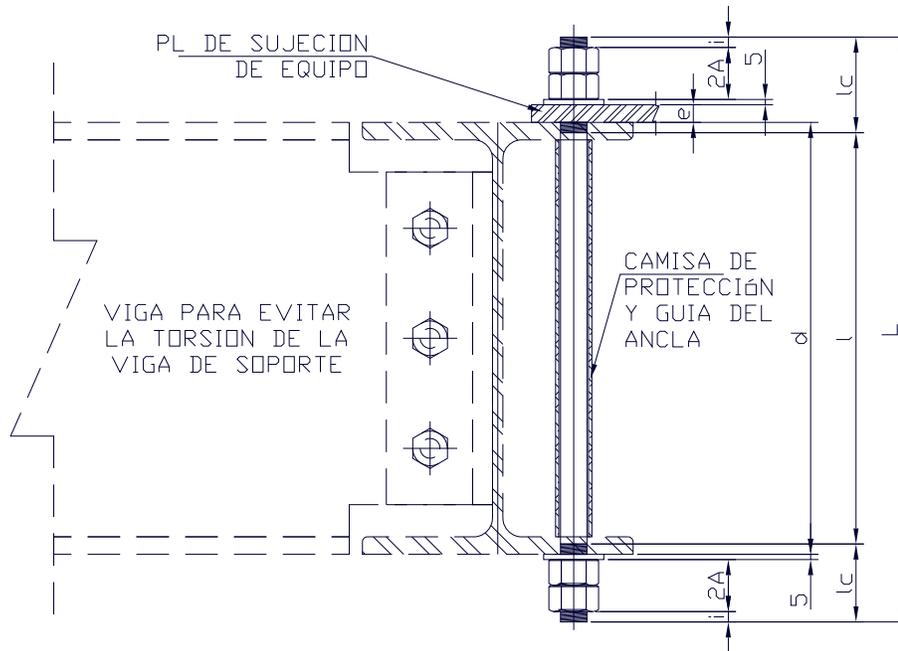
A – Altura de la tuerca, ver tabla I.3.1 (ver referencia 3 de la bibliografía tabla C1).

i – Incremento de agarre del tornillo, ver tabla I.3.2 (ver referencia 3 de la bibliografía tabla C2).

e – Espesor de placa (de sujeción de equipo).

$l_c = e + 5 + (2 * A) + i$  longitud de rosca (esta distancia deberá de redondearse a cuartos de pulgada).

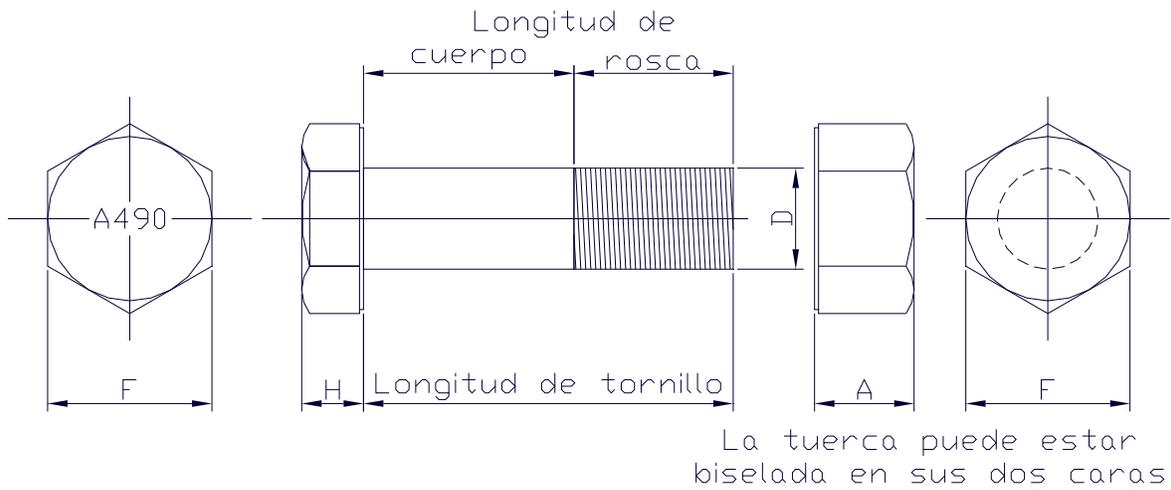
L – Longitud total de ancla.



**Figura I.3.1. Parámetros a considerar.**

**Tabla I.3.1 Dimensiones de tornillos y tuercas estructurales hexagonales**

Tamaño nominal D		Dimensiones de tornillo mm			Dimensiones de la tuerca mm	
mm	pulgada	Dist. entre lados paralelos F	Altura H	Long. de rosca	Dist. entre lados paralelos F	Altura H
13	1/2	22.2	7.9	25	22.2	12.3
16	5/8	27.0	9.9	32	27.0	15.5
19	3/4	31.8	11.9	35	31.8	18.7
22	7/8	36.5	13.9	38	36.5	21.8
25	1	41.3	15.5	44	41.3	25.0
28	1 1/8	46.0	17.5	51	46.0	28.2
32	1 1/4	50.8	19.8	51	50.8	31.0
35	1 3/8	55.6	21.4	57	55.6	34.1
38	1 1/2	60.3	23.8	57	60.3	37.3



**Figura I.3.2. Tornillo y tuerca de alta resistencia.**

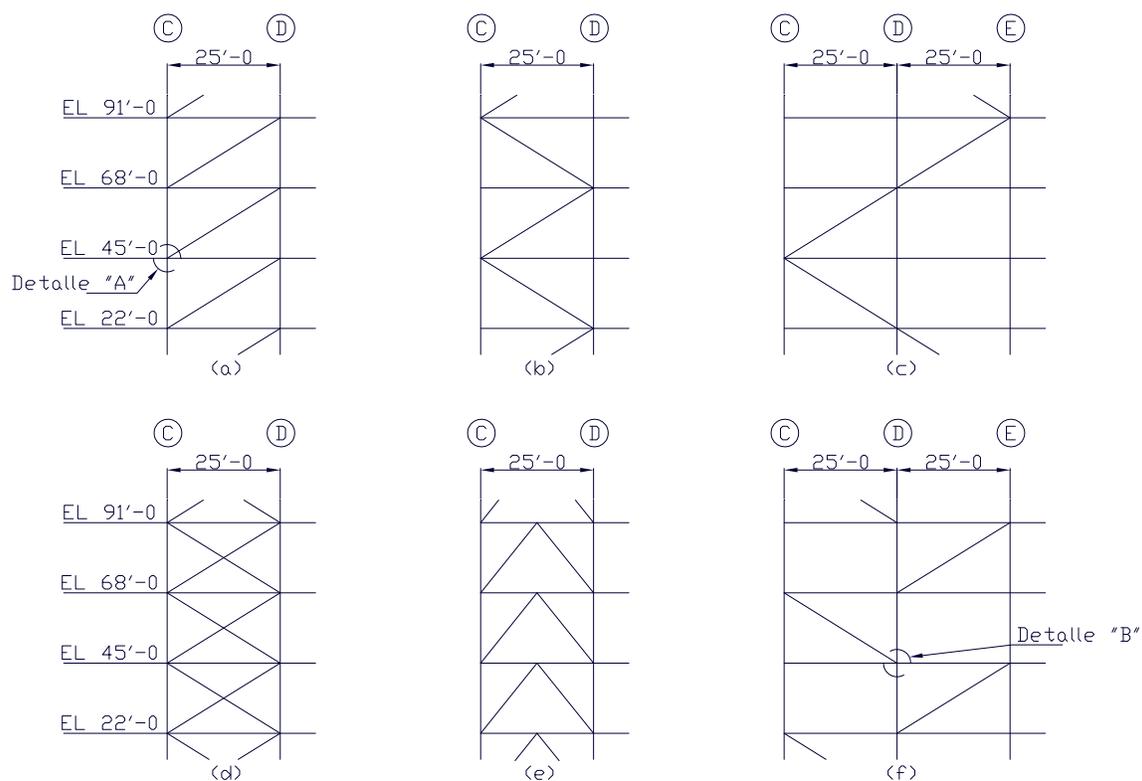
**Tabla I.3.2 Incrementos al espesor de materiales conectados (agarre), para determinar la longitud de tornillos**

Tamaño nominal del tornillo		Incremento de agarre para determinar la longitud del tornillo	
mm	pulgadas	mm	Pulgadas
13	1/2	17	11/16
16	5/8	22	7/8
19	3/4	25	1
22	7/8	28	1 1/8
25	1	32	1 1/4
28	1 1/8	38	1 1/2
32	1 1/4	41	1 5/8
35	1 3/8	44	1 3/4
38	1 1/2	47	1 7/8

## II. PARÁMETROS DE DISEÑO

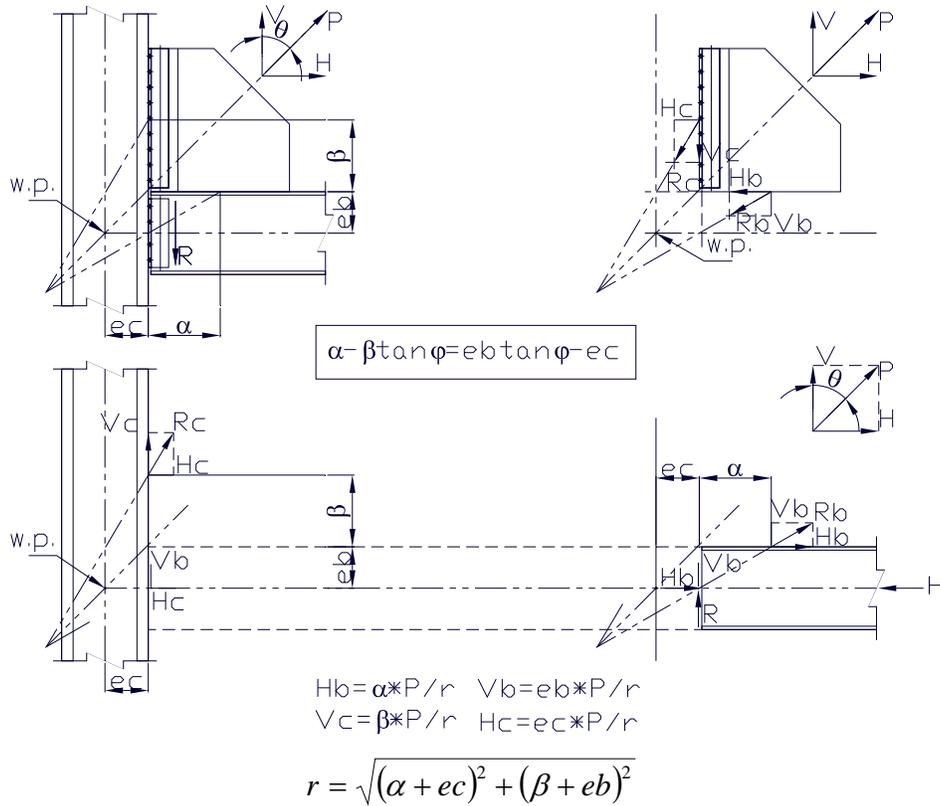
Los parámetros de diseño para resolver el contraventeo vertical que se mencionará a continuación se basan en el “METODO DE FUERZAS UNIFORMES” del Manual of Steel Construction, Volume II, Connections ASD 9<sup>th</sup> Edition / LRFD 1<sup>st</sup> Edition, del American Institute of Steel Construction (AISC), Inc. First Edition, (ver referencia 1 de la bibliografía).

A continuación se describen algunos ejemplos de los tipos de contraventeos más utilizados en edificaciones.



**Figura II.1 Se muestra las distintas formas de colocar contraventeos verticales.**

Para el análisis que a continuación se describe se utilizará el contraventeo tipo (d):



**Figura II.2. Método de Fuerzas Uniformes**

Las conexiones pueden ser más rígidas que la placa que conecta a la columna, así que ponga  $\beta = \bar{\beta}$  y calcule (de a cuerdo a la figura II.2).

$$\alpha = k + \bar{\beta} \tan \theta$$

Donde  $k = eb \tan \theta - ec$ . Si  $\alpha \neq \bar{\alpha}$ , una conexión en la interface de la placa de conexión de magnitud

$$M_b = V_b * (\alpha - \bar{\alpha})$$

Igualmente, si la placa de conexión a la columna fuera juzgada para ser rígida, colocar  $\alpha = \bar{\alpha}$  y calcular

$$\beta = (\bar{\alpha} - k) / \tan \theta$$

Si  $\beta \neq \bar{\beta}$  una conexión en la interface de la placa de conexión de la columna de magnitud

$$M_c = H_c * (\beta - \bar{\beta})$$

Si ambas interfaces son juzgadas igualmente rígidas y ninguna asignación obvia de ambas puede hacerse, ambas puede hacerse basadas en la excentricidad mínima  $\alpha = \bar{\alpha}$  y  $\beta = \bar{\beta}$  para minimizar la función objetiva.

$$\phi = \left( \frac{\alpha - \bar{\alpha}}{\bar{\alpha}} \right)^2 + \left( \frac{\beta - \bar{\beta}}{\bar{\beta}} \right)^2 - \lambda * (\alpha - \beta * \tan \theta - k)$$

Donde  $\lambda$  es multiplicador de Lagrange. El valor de  $\alpha$  y  $\beta$  que minimiza  $\phi$  son

$$\alpha = (k' * \tan \theta + k) / D$$

$$\beta = (k' - k * \tan \theta) / D$$

Donde:

$$k' = \bar{\alpha} * (\tan \theta + \bar{\alpha} / \bar{\beta})$$

$$D = \tan^2 \theta + (\bar{\alpha} / \bar{\beta})^2$$

## Casos especiales del Método de Fuerza Uniforme

### Caso Especial 1

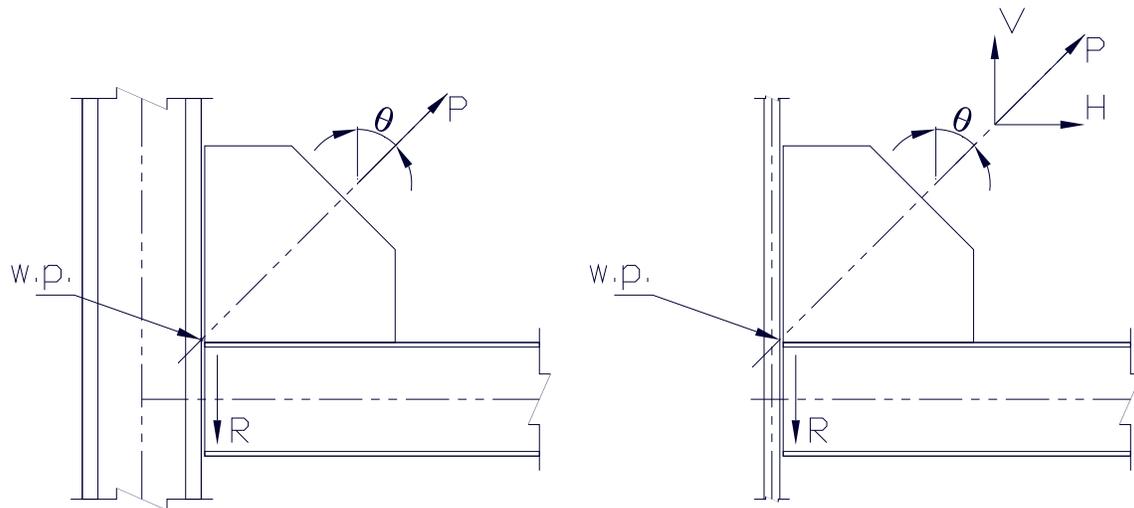
En el caso especial de la Figura II.3a, el punto de trabajo se colocará en la esquina de la placa de conexión,  $e_b = e_c = 0$ , y el Método Uniforme reduce a la interface de fuerzas usual para este caso como lo muestra la Figura II.3b, así mismo muestra a ambas en la viga ( $M_b = H_b * e_b$ ) y columna ( $M_c = 2V * e_c$ ) que debe de ser considerado en el diseño de la viga y la columna.

### Caso Especial 2

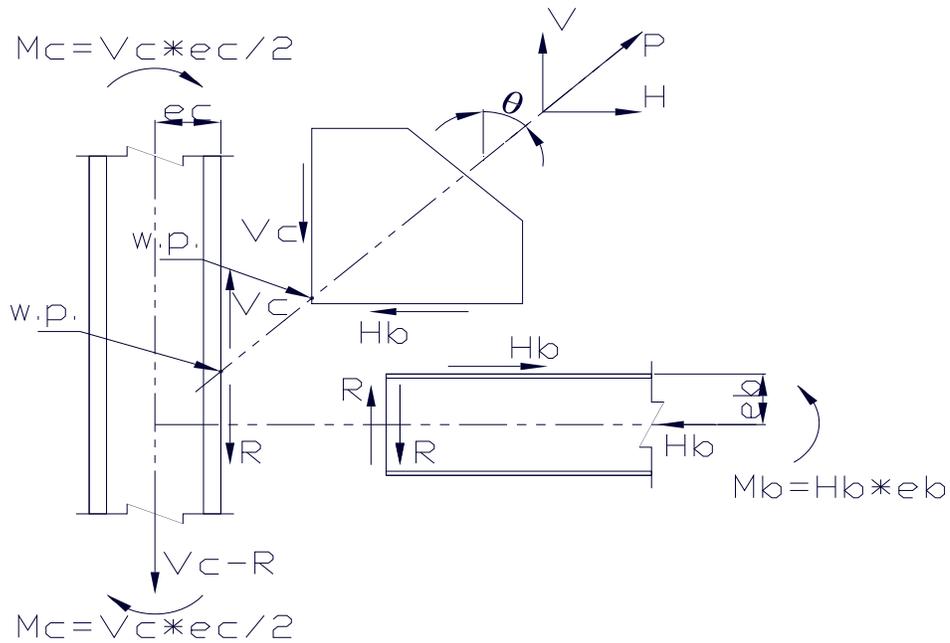
Como Se muestra en la Figura II.2, el Método de Fuerza Uniforme requiere que la conexión de la viga a la columna sea a cortante  $R + V_b$  así como una fuerza axial  $H_c$ . Si la reacción de la viga  $R$  es alta, la suma de la fuerza de cortante extra  $V_b$  puede forzar a doble placa en el alma o a una conexión reforzada. En lugar de esto, la cantidad de carga del contraventeo vertical distribuida a la viga puede reducirse. Esto es algo análogo a usar la placa como refuerzo. Si  $V_b$  es reducida por una cantidad  $\Delta V_b$ , de la fuerza vertical a la placa de la interface de la columna puede ser incrementada a  $V_c + \Delta V_b$ , y el par  $M_b$  de magnitud  $(\Delta V_b)\alpha$  resultará en la placa de interface de la viga. Si  $\Delta V_b$  es tomada como  $V_b$ , es decir, ninguna porción de la componente vertical de la fuerza del contraventeo es

transmitida a la viga, el resultado del método de ese libro de “*Engineering for Steel Construction*” (AISC, 1984) para concentración gravitacional axial, extendida a la conexión del patín de la columna.

Este método también fue recomendado por el grupo de tareas del AISC / ASCE como el método de “*Engineering for Steel Construction*”. Diseñar por este método puede ser poco rentable. Este es muy fuerte para la placa de conexión y la viga porque es muy grande el par del  $M_b$  inducido en la interface de la placa de conexión de la viga. Este par requerirá grandes soldaduras y una placa de conexión más gruesa e incrementa la posibilidad de que falle el rendimiento del alma. Este caso especial interrumpe el flujo natural de la fuerza asumida en el Método Uniforme de Fuerza y así usando lo mejor cuando la interface de la viga a la columna es fuertemente cargado, independientemente de la carga del contraventeo, por un cortante fuerte en la viga.



**Figura II.3a. Localización del punto de trabajo típico para el caso especial excéntrico (caso especial 1).**



**Figura II.3b. Comúnmente se asume la interface la conexión y las fuerzas del miembro para el caso especial excéntrico (caso especial 1).**

### Caso Especial 3

A veces es más barato conectar la placa de conexión solo a la viga y no a la columna cuando el contraventeo tiene un ángulo  $\theta=0$ , o la viga es profunda y la conexión llega al alma de la columna. El Método de Fuerza Uniforme puede sujetar esta situación para la situación de  $\beta=0$ . Entonces  $V_c$  asimismo igualando a cero,  $V_b=V$ , y la conexión de la viga a la columna puede ser diseñada para un cortante de  $R+V$ . Si  $\alpha = \bar{\alpha}$ , ahí no hay doble placa de conexión en la interface de la viga. Observe que la conexión comienza desde el alma de la columna,  $e$ , y  $H_c$  son igual a cero.  $V_c$  podría ponerse igual a cero para la conexión al patín de la columna, pero  $H_c \neq 0$ , sería necesario para que la placa de conexión a la columna, es decir  $\beta \neq 0$ .

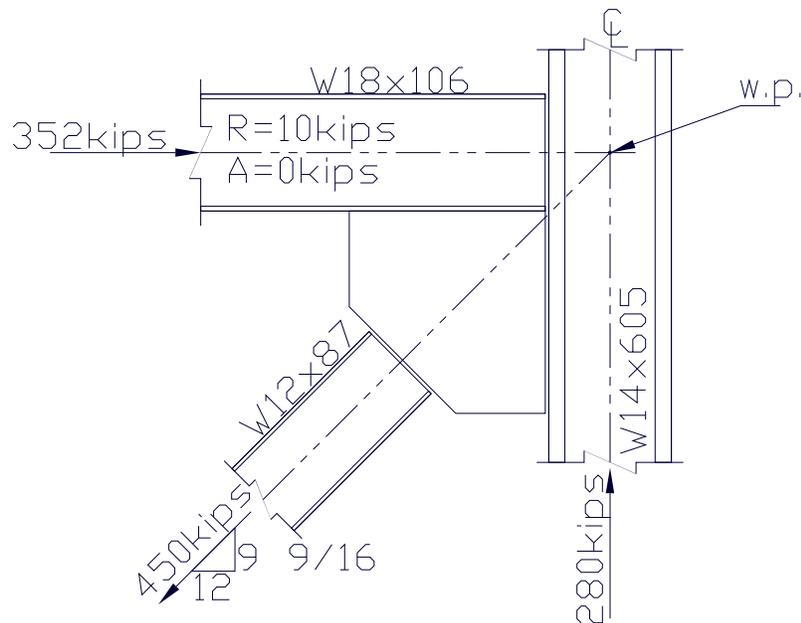
## II.1. CONEXIÓN DE CONTRAVENTE COLUMNA-VIGA

---

Para poder explicar mejor estos parámetros se mostrará un ejemplo de la forma en como se debe de resolver la conexión del contraventeo vertical, tal como viene en el manual ya mencionado, para que así se tenga más clara la idea.

### Ejemplo:

La configuración se muestra en la Figura II.1.1. y el arreglo se muestra en la Figura II.1. Todos los miembros son de material A-36. Los tornillos son de  $\phi=7/8$  acero A-325-N, y soldadura de electrodo 70XX. Para que se entienda el ejemplo, solo consideraremos una combinación de carga. Supondremos que la carga reflejará las condiciones de carga sísmica o de viento y la carga gravitacional no es crítica. La carga de ajuste del contraventeo es de 450 kips la carga de ajuste de la viga es de 10 kips de cortante. En general el Método de Fuerza Uniforme va a ser usado.



**Figura II.1.1. Datos para ilustrar el ejemplo de la conexión.**

**Tabla II.1.1. Tabla de dimensiones de los miembros**

Columna	Viga	Contraventeo
W14x605lb/ft	W18x106lb/ft	W12x87lb/ft
$A_{co}=178.0\text{in}^2$	$A_v=31.1\text{in}^2$	$A_c=25.6\text{in}^2$
$d_{co}=20.9\text{in}$	$d_v=18.7\text{in}$	$d_c=12.5\text{in}$
$b_{fco}=17.4\text{in}$	$b_{fv}=11.2\text{in}$	$b_{fc}=12.125\text{in}$
$t_{wco}=2.6\text{in}$	$t_{wv}=0.59\text{in}$	$t_{wc}=0.515\text{in}$
$t_{fco}=4.16\text{in}$	$t_{fv}=0.94\text{in}$	$t_{fc}=0.81\text{in}$

Solución por ASD

Placa de conexión del contraventeo.

Para conseguir un tamaño adecuado de la placa de conexión, debe de diseñarse primero la placa de conexión del contraventeo.

Tornillos a cortante:

$$\text{Área del patín del contraventeo} = A_{fc} = b_{fc} * t_{fc} = 12.125 * 0.81 = 9.82\text{in}^2.$$

$$\text{Área del alma del contraventeo} = A_{wc} = A_c - (2 * A_{fc}) = 25.6 - (2 * 9.82) = 5.96\text{in}^2.$$

$$\text{Carga en los patines} = C_p = (A_{fc} * P_c) / A_c = (9.82 * 450) / 25.6 = 173\text{kips}$$

$$\text{Carga en el alma} = C_a = (A_{wc} * P_c) / A_c = (5.96 * 450) / 25.6 = 105\text{kips}$$

Conexión en los patines – conexión con ángulos, dos por patín:

Placa a conexión a doble cortante:

$$\text{Número de tornillos} = N_{torndc} = C_p / (2 * V_r) = 173 / (2 * 12.6) = 6.9$$

Usar siete tornillos de 7/8"

En el contraventeo cortante simple:

$$\text{Número de tornillos} = N_{torns} = C_p / V_r = 173 / 12.6 = 13.8$$

Usar 14 tornillos / patín, siete tornillos por línea, dos por patín.

Probemos cuatro tornillos en la placa del alma debido a que los siete tornillos no alcanzan a completar la carga que se tiene. El total de la capacidad de los tornillos son  $(N_{torndc} + N_{torns} + 4) * V_r * 2 = (7 + 7 + 4) * 12.6 * 2 = 454\text{ kips} > 450\text{ kips} \therefore \text{o.k.}$

Por lo tanto, se usarán siete tornillos por línea en la placa de conexión; catorce tornillos por patín en la conexión del contraventeo; cuatro tornillos en el alma de la conexión (ambos lados).

Revisión de la placa de conexión:

Intentaremos un espesor de 3/4 in

Distancia al borde =  $1 \frac{1}{2} > 1.5 * \phi = 1.5 * 0.875 = 1 \frac{5}{16}$  in

Separación de 3 in  $> 3 * \phi = 3 * 0.875 = 2 \frac{5}{8}$  in

Por lo tanto,

$R_p = 1.2 * 58 * 0.75 * 0.875 * 18 = 822$  kips  $> 450$  kips **o.k.**

Revisión por desgarre en la placa de conexión debajo de los ángulos de conexión:

$A_v = (19.5 - 6.5 * 0.9375) * 0.75 * 2 = 20.1$  in<sup>2</sup>

$A_t = (17.5 - 1 * 0.9375) * 0.75 = 12.4$  in<sup>2</sup>

$R_w = 20.1 * 0.3 * 58 + 12.4 * 0.5 * 58 = 709$  kips  $> 450$  kips **o.k.**

Revisión por desgarre en la placa de conexión debajo de las placas de conexión:

$A_v = (4.5 - 1.5 * 0.9375) * 0.75 * 2 = 4.64$  in<sup>2</sup>

$A_t = (6 - 1 * 0.9375) * 0.75 = 3.80$  in<sup>2</sup>

$R_w = 4.64 * 0.3 * 58 + 3.80 * 0.5 * 58 = 191$  kips  $> 450$  kips  $\times 4/18 = 100$  kips **o.k.**

Un poco más de rendimiento en la sección:

$L_w = (18 \tan 30^\circ) * x + 17.5 = 38.3$  in

De la geometría de la Figura II.1.2. aproximadamente 33 in de un poco más del resto de la placa de conexión y el resto de la viga. Por lo tanto, con un poco más de capacidad  $R_w = (33 * 0.75 + 5.3 * 0.590) * 0.6 * 36 = 602$  kips **o.k.**

Se asume en el cálculo de  $R_w$  esa parte de  $L_w$  no está en la placa de conexión, si no, en el alma de la viga. Esto se considera conservador ya que no se considera el área del patín y del filete.

Placa de conexión:

Esfuerzo normal en el sobresaliente de la placa de conexión:

$f_a = 450 / (33 * 0.75 + 5.3 * 0.590) = 16.1$

$l_1 = 18$  in

$Kl_1/r = 0.5 * 18 * \sqrt{12} / 0.75 = 42$

Del manual del AISC, Tabla C-36 (p. 3-16),

$Kl_1/r = 42$ ,  $F_a = 19.0$  ksi

Puesto que  $16.1$  ksi  $< 19.0$  ksi, la placa no se conectará.

Se recomienda el factor de longitud efectiva  $K=0.5$  para el cálculo mostrado arriba, por Gross (1990). En lugar de  $l_1$ , longitud a la columna, el promedio  $(l_1+l_2+l_3) / 3$  de la Figura II.1.2. Puede ser usado (AISC, 1984). Note que para este problema  $l_2$  es negativo.

Revisión del contraventeo del lado dela conexión:

Considerar:

Alma del contraventeo  $t_w=0.515$

Distancia al borde =  $1 \frac{1}{2}$  in  $> 1 \frac{5}{16}$  in

Separación = 3 in  $> 2 \frac{5}{8}$  in

Por lo tanto:

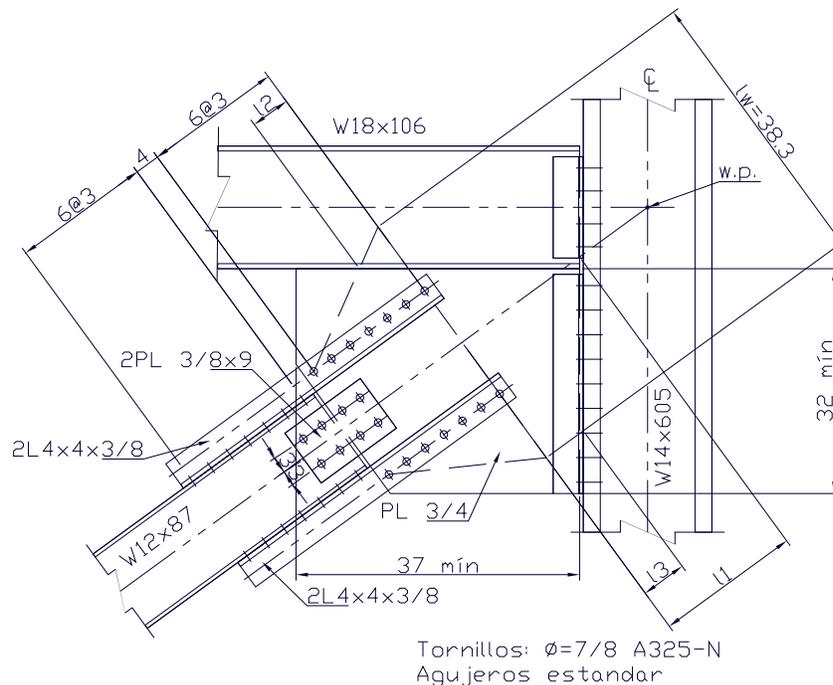
$R_p=1.2 \times 58 \times 0.515 \times 0.875 \times 4=125$  kips  $> 10$  kips **o.k.**

El patín del contraventeo  $t_f=0.810$

Distancia al borde y separación **o.k.**

Por lo tanto:

$R_p=1.2 \times 58 \times 0.810 \times 0.875 \times 28=1381$  kips  $> 450-100=350$  kips **o.k.**



**Figura II.1.2. Dimensiones mínimas de la placa de conexión del contraventeo.**

Revisión de desgarre en el alma del contraventeo:

$$A_v = (4.5 - 1.5 \times 0.9375) \times 0.55 \times 2 = 3.19 \text{ in}^2$$

$$A_t = (6 - 1 \times 0.9375) \times 0.515 = 2.61 \text{ in}^2$$

$$R_w = 3.19 \times 0.3 \times 58 + 2.61 \times 0.5 \times 58 = 131 \text{ kips} > 100 \text{ kips } \mathbf{o.k.}$$

Revisión de desgarre en el patín del contraventeo:

$$A_v = (19.5 - 6.5 \times 0.9375) \times 0.810 \times 4 = 43.4 \text{ in}^2$$

$$A_t = (12.125 - 6 \times 0.9375) \times 0.810 \times 2 = 8.40 \text{ in}^2$$

$$R_w = 43.4 \times 0.3 \times 58 + 8.4 \times 0.5 \times 58 = 999 \text{ kips} > 450 - 100 = 380 \text{ kips } \mathbf{o.k.}$$

Sección neta del contraventeo:

$$A_t = 25.6 - 4 \times 1 \times 0.810 = 22.4 \text{ in}^2$$

$$R_{ns} = 22.4 \times 0.5 \times 58 = 650 \text{ kips} > 450 \text{ kips } \mathbf{o.k.}$$

Nota: No se necesita quitar los agujeros del alma, por que  $\frac{20}{32}$  de la carga del contraventeo fue cambiada antes de que la sección sea alcanzada.

Revisión del material de la conexión:

Ángulos de conexión – se proponen ángulos de  $4 \times 4 \times 3/4$ .

$$A_g = 5.44 \times 4 = 21.8 \text{ in}^2$$

$$A_t = (5.44 - 1 \times 0.75) \times 4 = 18.8 \text{ in}^2$$

$$A_c = 0.85 \times 18.8 = 16.0 \text{ in}^2$$

Sección total:

$$R_{gs} = 21.8 \times 0.6 \times 36 = 471 \text{ kips} > 350 \text{ kips } \mathbf{o.k.}$$

Sección neta:

$$R_{ns} = 16.0 \times 0.5 \times 58 = 464 \text{ kips} > 350 \text{ kips } \mathbf{o.k.}$$

Placa de empalme:

Proponemos 2 placas de  $3/8'' \times 9''$

$$A_g = 0.375 \times 9 \times 2 = 6.75 \text{ in}^2$$

$$A_n = 6.75 - 0.375 \times 1 \times 4 = 5.25 \text{ in}^2$$

$$\text{Revisando } 0.85 \times 6.75 = 5.74 \text{ in}^2 > 5.25 \text{ in}^2$$

Por lo tanto,

$$A_c = 5.25 \text{ in}^2$$

Sección total:

$$R_{gs} = 6.75 \times 0.6 \times 36 = 146 \text{ kips} > 100 \text{ kips } \mathbf{o.k.}$$

Sección neta:

$$R_{ns}=5.25 \times 0.5 \times 58=152 \text{ kips} > 100 \text{ kips } \mathbf{o.k.}$$

$$r=\sqrt{(21.87+10.46)^2+(16.5+9.365)^2}=41.4 \text{ in}$$

Y la interface de las fuerzas son como se muestran a continuación:

La conexión a la columna:

$$V_c=\frac{16.5}{41.4} \times 450=179 \text{ kips}$$

$$H_c=\frac{10.46}{41.4} \times 450=114 \text{ kips}$$

La conexión a la viga:

$$V_b=\frac{9.365}{41.4} \times 450=102 \text{ kips}$$

$$H_b=\frac{21.87}{41.4} \times 450=238 \text{ kips}$$

Viga a columna:

$$H_c=114 \text{ kips (tensión o compresión)}$$

$$V_b+R=102+10=112 \text{ kips (cortante)}$$

El procedimiento de diseño de cada interferencia se muestra a continuación:

Conexión a la columna

Soldadura de los 10 tornillos de 7/8 A325N, con agujeros estandar

$$V_b=179/20=8.95 \text{ kips} < 12.6 \text{ kips } \mathbf{o.k.}$$

$$T_b=114/20=5.70 \text{ kips}$$

$$B=\sqrt{44^2-4.39 \times (8.95/0.6013)^2} \times 0.6013=18.7 \text{ kips} > 5.70 \text{ kips } \mathbf{o.k.}$$

Ángulos de conexión: 2 ángulos de 4x4x5/8x2'-6, GOL 2 5/8 in:

$$b=2.625-0.625=2.000$$

$$b'=2.000-0.875/2=1.5625$$

$$a=1.375 < 1.25 \times 2=2.500 \mathbf{o.k.}$$

$$a'=1.375+0.875/2=1.8125$$

$$\rho=b'/a'=0.8621$$

$$p=3.00$$

$$\delta=1-0.9375/3.00=0.6875$$

$$t_c = \sqrt{\frac{8 \times 18.7 \times 1.5625}{3 \times 36}} = 1.4712$$

$$\alpha' = \frac{1}{0.6875 \times 1.8621} \left[ \left( \frac{1.4712}{0.625} \right)^2 - 1 \right] = 3.5471$$

Por lo tanto,  $\alpha' = 1$

$$T_{\text{permisible}} = 18.7 \times \left( \frac{0.625}{1.4712} \right)^2 \times (1 + 0.6875) = 5.70 \text{ kips} = T_b \text{ o.k.}$$

El patín de la columna no necesita ser revisado por aplastamiento.

$$t_f = 4.16 > 0.625$$

Cortante neto en ángulos:

$$A_v = (30 - 10 \times 0.9375) \times 0.625 \times 2 = 25.8 \text{ in}^2$$

$$R_{ns} = 25.8 \times 0.3 \times 58 = 449 \text{ kips o.k.}$$

Cortante total en ángulos:

$$A_v = 30 \times 0.625 \times 2 = 37.5 \text{ in}^2$$

$$R_{gs} = 37.5 \times 0.4 \times 36 = 540 \text{ kips} > 179 \text{ kips o.k.}$$

Aplastamiento en el ángulo:

$$\text{Distancia al borde} = 1 \frac{1}{2} > 1.5 \times 0.875 = 1.3125$$

$$\text{Separación} = 3 > 3 \times 0.875 = 2.625$$

$$R_p = 1.2 \times 58 \times 0.625 \times 0.875 \times 2 \times 10 = 761 \text{ kips} > 179 \text{ kips o.k.}$$

El aplastamiento en el patín de la columna es **o.k.** por inspección.

Soldadura de taller para los ángulos de la conexión.

Una ayuda de diseño (Loomis, 1985) es aprovechar esta situación, o se puede ocupar el procedimiento a continuación mencionado del Manual del ASD, tratando la resultante como cortante.

Del Manual ASD, Tabla XXIII (ver referencia 2 de la bibliografía):

$$l = 30$$

$$k_l = 3 \frac{1}{2}$$

$$k = 0.1167$$

$$x = 0.011 \text{ por interpolación}$$

$$a_l = 4 - 0.011 \times 30 = 3.67$$

$$a = 0.1223$$

$c=0.927$  por interpolación

Del Manual ASD pag. 4-73:

$$c_{\text{máx}}=0.928(1+2 \times 0.1167)=1.14$$

$$A=1.14 / 0.927=1.23$$

$$c_a / c = A / (\text{sent}+A\text{cost}) = 1.23/(0.5372+(1.23 \times 0.8435))=0.781 < 1$$

Usando  $c_a=c=0.927$

$$R_w=0.927 \times 5 \times 30 \times 2=278 \text{ kips} > 212 \text{ kips } \mathbf{o.k.}$$

Ninguna propuesta de doble soldadura en el espesor de la conexión es requerida, porque  $0.75 \text{ in} > 0.64 \text{ in}$ .

Conexión a la viga

Esfuerzo en la conexión:

$$f_v=238/(0.75 \times 42)=7.56 \text{ ksi} < 14.4 \text{ ksi } \mathbf{o.k.}$$

$$f_a=102/(0.75 \times 42)=3.24 \text{ ksi} < 21.6 \text{ ksi } \mathbf{o.k.}$$

Esfuerzo en la soldadura:

$$f_r = \frac{0.75}{2} \sqrt{7.56^2 + 3.24^2} = 3.08 \text{ kips/in.}$$

La soldadura de filete requerida es de  $= 3.08/0.928=3.3$

Puede usarse 1/4 de pulgada de soldadura de filete para el patín de la viga W18x106, pero el espesor de éste es de 15/16 por lo que requiere una soldadura mínima de 5/16 de acuerdo a la especificación del ASD J2.2. Note eso con este método, la soldadura esta uniformemente cargada. Richard (1986) mostró que la tensión máxima en la soldadura del borde de la placa de conexión es 1.4 veces la tensión media. Aunque el Método de Fuerza Uniforme supone que la soldadura es uniforme, es muy probable que la distribución de la tensión no sea así y que la tensión máxima ocurra en la soldadura que se localiza cerca de los tornillos que sujetan a los ángulos de la conexión del patín de la viga. Para garantizar la ductilidad y evitar la falla progresiva de la fractura de la soldadura debido a la tensión máxima, se recomienda que la tensión uniforme sea aumentada por el factor de Richard de 1.4, así:

$$\text{La soldadura de filete requerida} = 3.3 \times 1.4 = 4.62$$

Usando 5/16 pulgadas de soldadura de filete.

Resistencia del alma de la viga:

$$f_b = \frac{102}{0.590x(42 + 2.5x1.625)} = 3.75 \text{ ksi} < 23.8 \text{ o.k.}$$

Viga a Columna

Los tornillos del área – 5 líneas de tornillos de 7/8” de diámetro de acero A325-N en barrenos estandar.

$$Vb = \frac{112}{10} = 11.2 \text{ kips} < 12.6 \text{ kips o.k.}$$

$$Tb = \frac{114}{10} = 11.4 \text{ kips}$$

$$B = \sqrt{44^2 - 4.39x(11.2/0.6013)^2} x 0.613 = 12.2 \text{ kips} > 11.4 \text{ kips o.k.}$$

Ángulos de conexión: 2 ángulos de 8”x6”x1”x1’-2 1/2” GOL=2 3/4”

Doblamiento: (carga actuante)

$$b' = 1.3125$$

$$a' = 2.6250$$

$$\rho = 0.500$$

$$p = 2.90$$

$$\delta = 0.6767$$

$$t_c = \sqrt{\frac{8x12.2x1.3125}{2.90x36}} = 1.1077$$

$$\alpha' = \frac{1}{0.6767x1.500} \left[ \left( \frac{1.1077}{1} \right)^2 - 1 \right] = 0.2236$$

$$T_{permissible} = 12.2x \left( \frac{1}{1.1077} \right)^2 (1 + 0.6767x0.2236) = 11.5 \text{ kips} > 11.4 \text{ kips o.k.}$$

Aplastamiento en el patín de la columna - **o.k.** por inspección.

Cortante neto en los ángulos:

$$A_v = 19.625 \text{ in}^2$$

$$R_{ns} = 19.625x0.3x58 = 341 \text{ kips} > 112 \text{ kips o.k.}$$

Cortante total en los ángulos:

$$A_v = 29 \text{ in}^2$$

$$R_{ns} = 29x0.4x36 = 418 \text{ kips} > 112 \text{ kips o.k.}$$

Aplastamiento en los ángulos:

$$\text{Distancia al borde} = 1 \frac{1}{4} < 1.5 \times 0.875 = 1.3125$$

$$3 \text{ in} > 3 \times 0.875 = 2.625$$

Aplastamiento en los tornillos altos (superior)

$$r_p = 0.5 \times 58 \times 1.25 \times 1 \times 2 = 72.5 \text{ kips}$$

Aplastamiento de los otros tornillos:

$$r_p = 1.2 \times 58 \times 1 \times 0.875 \times 2 = 121.8 \text{ kips}$$

$$R_p = 72.5 + 4 \times 121.8 = 560 \text{ kips} > 112 \text{ kips } \mathbf{o.k.}$$

Aplastamiento en el patín de la columna **o.k.** por inspección.

Soldadura de taller del ángulo de conexión al alma de la viga

Tratar la carga resultante como cortante. Usar el Manual ASD , Tabla XXIII y pagina 4-73, (ver referencia 3 de la bibliografía).

$$l = 14.5$$

$$kl = 7.5$$

$$k = 0.5172$$

$x = 0.132$  por inspección Tabla XXIII

$$al = 8 - 0.132 \times 14.5 = 6.086$$

$$a = 0.4197$$

$c = 1.195$  por inspección

$$c_{\text{máx}} = 0.928(1 + 2 \times 0.5172) = 1.89$$

$$A = 1.89 / 1.19 = 1.59$$

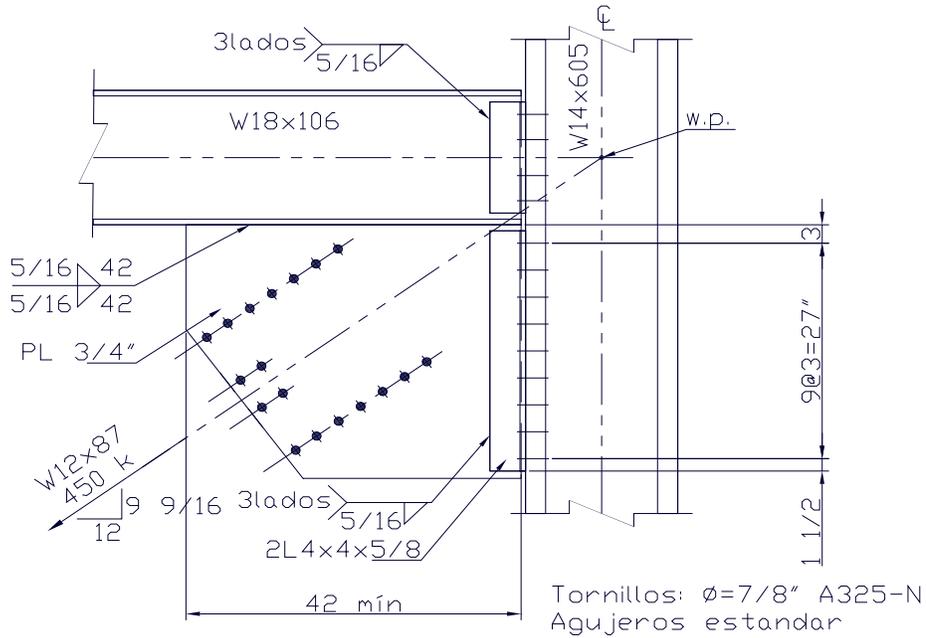
$$\theta = \tan^{-1}(114/112) = 45.5$$

$$c_a/c = 1.59 / (0.7133 + 1.59 \times 0.7010) = 0.870 < 1$$

Usar  $c_a = c = 1.195$

$$R_w = 1.195 \times 5 \times 14.5 \times 2 \times \frac{0.590}{0.64} = 160 \text{ kips} = 160 \text{ kips } \mathbf{o.k.}$$

A continuación se muestra la el diseño completo en la Figura II.1.3.



**Figura II.1.3. Solución del ejemplo de conexiones.**

### **Análisis Geométrico**

Conexión al alma:

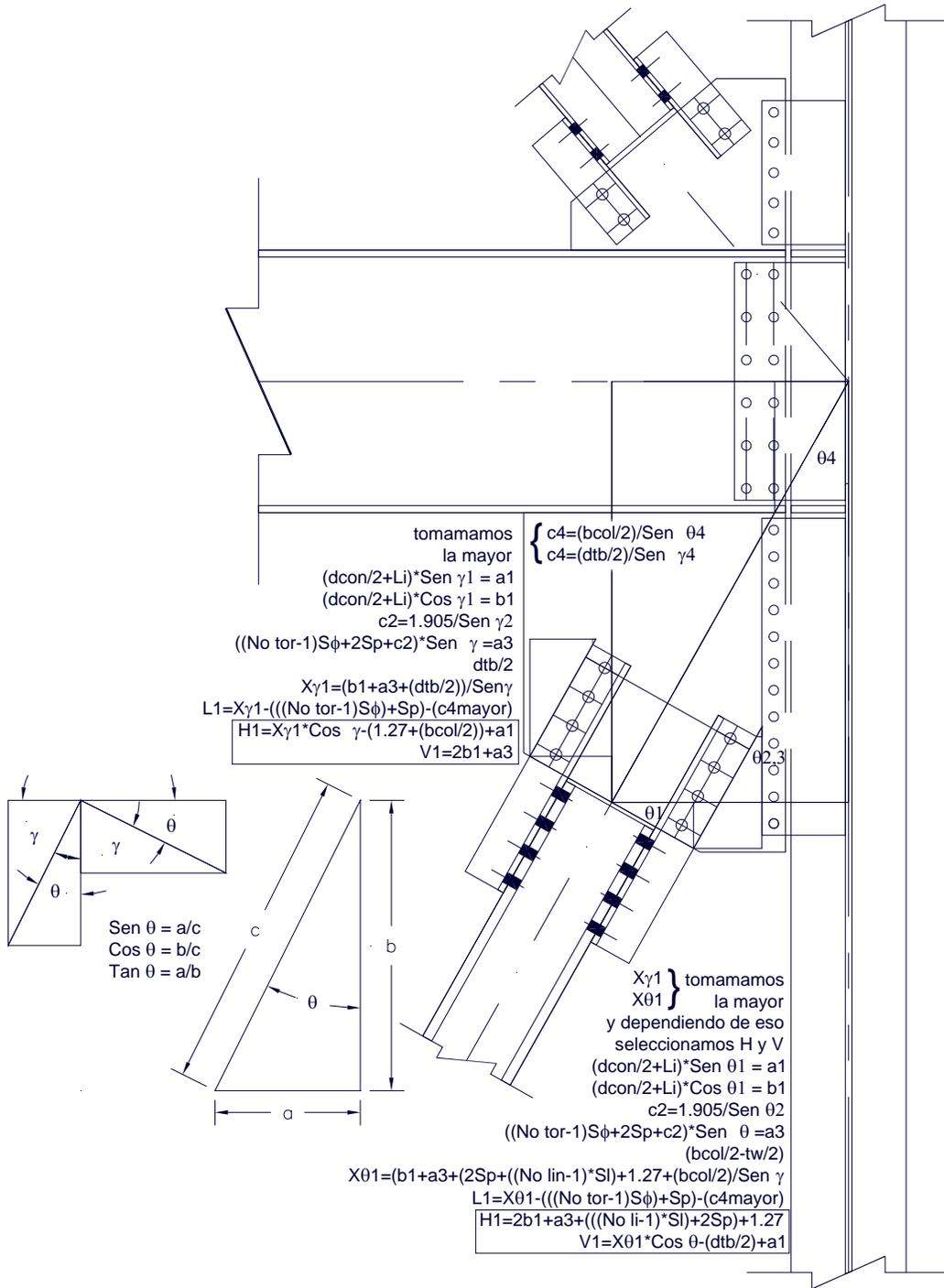
A continuación se presenta el análisis geométrico de la conexión de la columna- viga, donde el elemento principal es la columna y la viga es quien llega a conectarse a la columna.

En base al ejemplo descrito anteriormente (aunque el ejemplo habla del caso que llega al patín de la columna) y a la geometría que se tenga de a cuerdo a cada conexión se propone las ecuaciones para resolver la geometría, para apegarnos a la realidad se debe de considerar bien la geometría por ejemplo que la placa de conexión del contraventeo se conecta con una placa que entra hasta donde esta el alma de la columna, o por ejemplo que debemos dejar una distancia mínima del ángulo de conexión al borde del patín, y así podemos describir muchas otras características geométricas, lo mejor es ver la figura II.1.4.

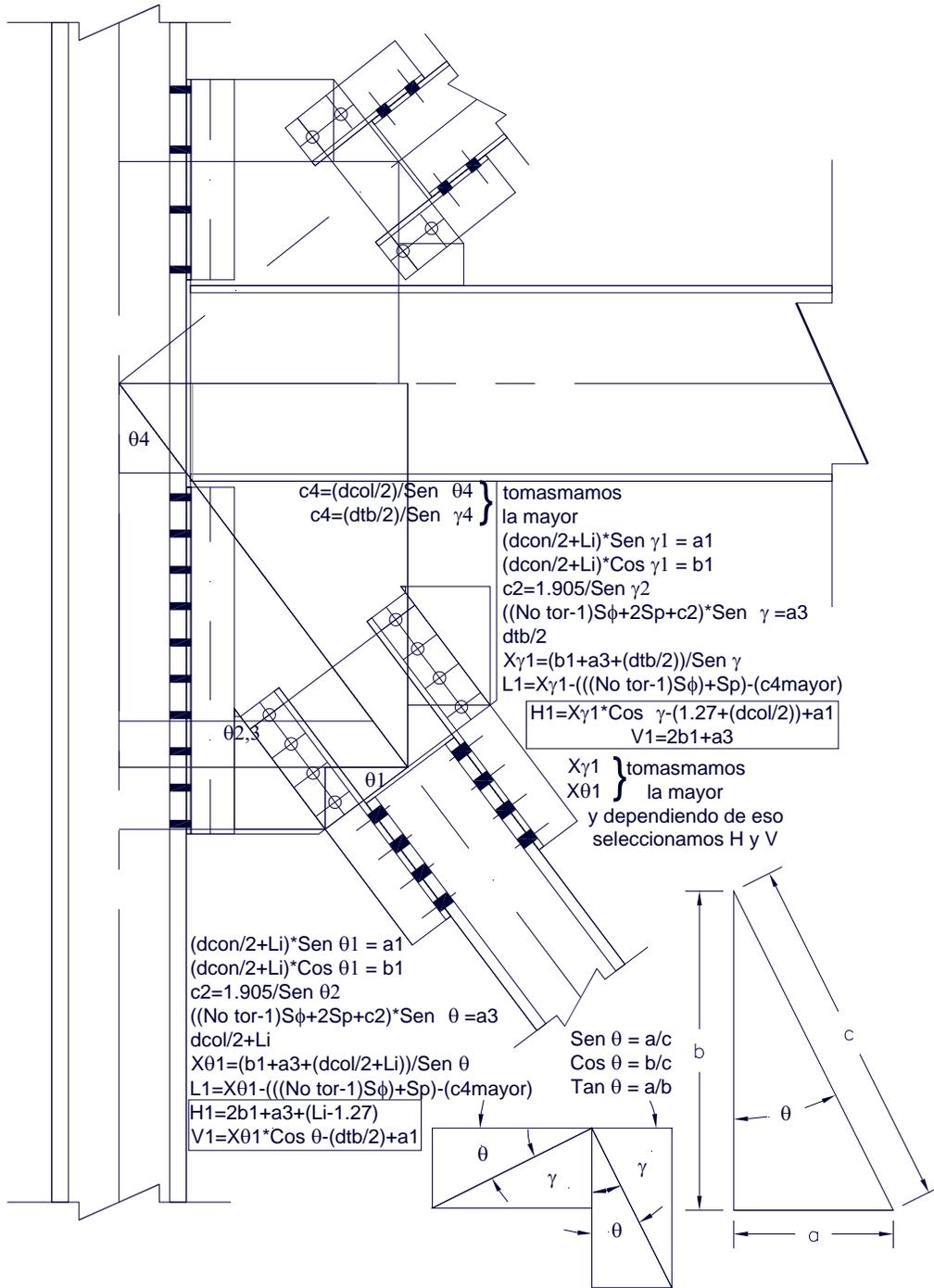
Conexión al patín:

En este caso la conexión es al patín de la columna (este es el caso como se describe el ejemplo comentado anteriormente) y en base a la geometría, se proponen las ecuaciones para resolverla ver la figura II.1.5.

Este punto es el crítico, ya que si no se resuelve la geometría real, aunque la resistencia de los tornillos, o el esfuerzo de resistencia de los distintos miembros que componen la conexión estén bien, no va servir de nada ya que la conexión no va a ser la correcta, debido a que el número de tornillos no es el adecuado (no se puede saber si sobran o faltan) así que es necesario que de la cantidad de tornillos sea real, además de que hay que recordar que el costo de los tornillos A490 es elevado y si compras tornillos demás el costo puede ser bastante elevado.



**Figura II.1.4. Conexión del contraventeo Columna-viga, en este caso al alma de la columna.**



**Figura II.1.5. Conexión del contraventeo Columna-viga, en este caso al patín de la columna.**

## II.2. CONEXIÓN DE CONTRAVENTEIO VIGA-COLUMNA

En el caso de la conexión Viga-Columna, la teoría y las ecuaciones son las mismas, solo que en este caso lo que cambia es la geometría, así que realmente los parámetros de diseño en este caso cambian en básicamente en la geometría, el ejemplo que se mencionó anteriormente se puede utilizar también, pero con los respectivos cambio en las ecuaciones de la geometría, como se muestra a continuación.

### Análisis Geométrico

Conexión al alma:

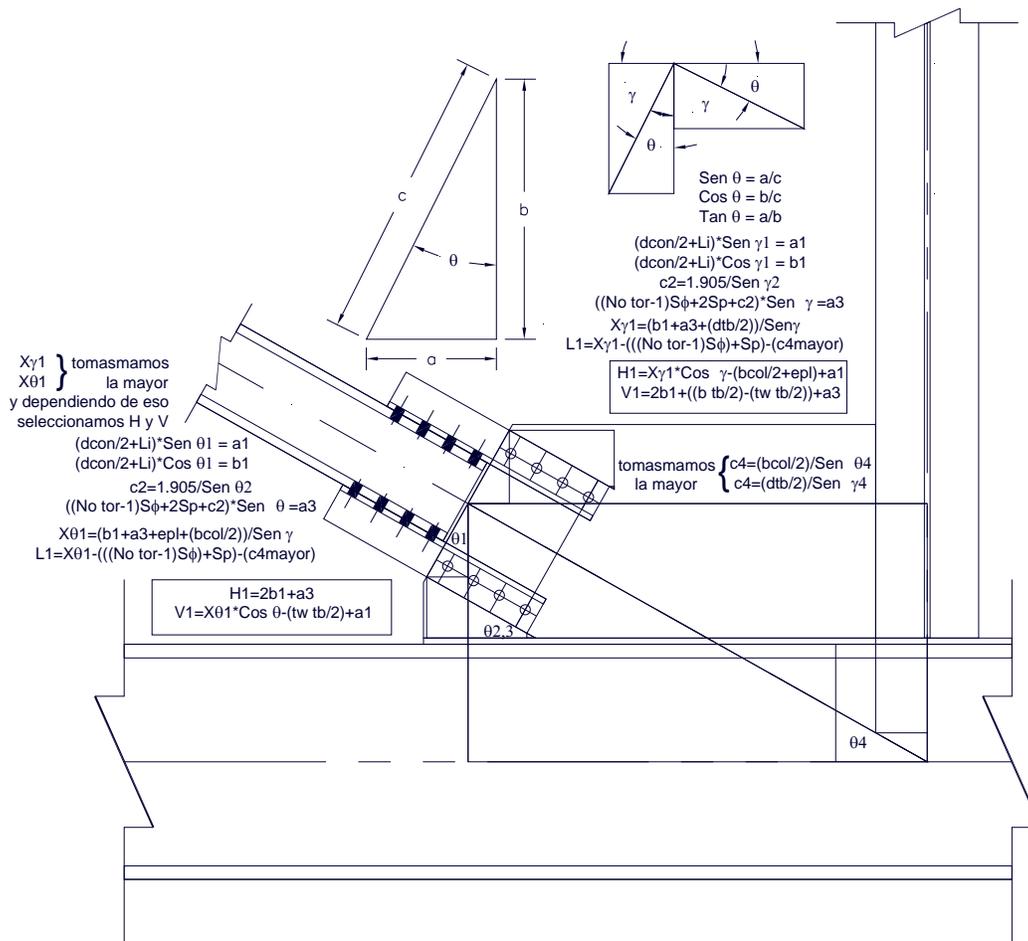
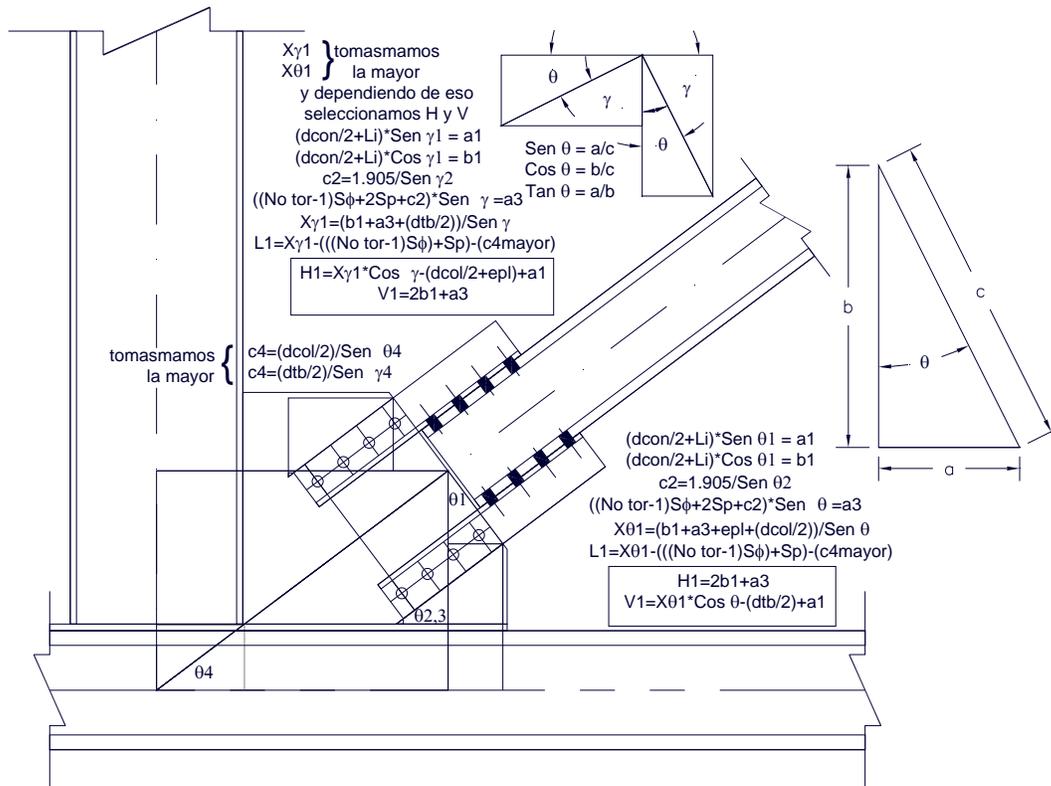


Figura II.2.1. Conexión del contraventeo Viga-columna, en este caso al alma de la columna.

Conexión al patín:



**Figura II.2.2. Conexión del contraventeo Viga-columna, en este caso al patín de la columna.**

Lo importante en estos casos es que, como se puede observar en las figuras II.2.1. y II.2.2. es que la conexión cuando el miembro principal es a la viga y la columna se conecta a ella, pero en estos casos tenemos una constante, la columna siempre cae en el patín de la viga, entonces en las ecuaciones para resolver la geometría solo hay que cuidar la geometría para la conexión a la columna, ya sea al patín o al alma de la misma (ver las figuras respectivamente).

### III. DESARROLLO DE HOJA DE CÁLCULO

---

A continuación se mostrará el desarrollo en una hoja de cálculo de excel, la cual de acuerdo a todo lo que se ha explicado anteriormente, se diseña una conexión de contraventeo vertical, en la cual se revisan las distintas partes de la conexión de acuerdo al ejemplo mencionado anteriormente, y otras revisiones que se deben realizar de acuerdo a recomendaciones al AISC, pero las cuales no son tema de este trabajo.

También se debe de mencionar que tampoco es tema de este trabajo la obtención de las cargas actuantes en los distintos miembros que componen el contraventeo, solo se menciona brevemente que se debe de multiplicar las cargas de sismo por un factor de carga para el diseño de las conexiones, en las hojas de cálculo se mencionan dos cargas axiales y cortantes, de fricción y de aplastamiento, las de fricción son sin considerar ese factor de carga en las cargas de sismo, pero en las cargas por aplastamiento si se debe de considerar tal factor.

Por último la hoja de cálculo solo ejemplifica la conexión Column-Viga, ya que como se demostró anteriormente la diferencia del diseño de los dos tipos de conexiones es la cuestión geométrica, por lo que solo se ejemplifica el primero.

A continuación se mostrará la hoja de cálculo del contraventeo que llega al alma, después el que llega al patín, y por último las tablas de las constantes y valores de ayuda para la hoja de cálculo.

Contraventeo que llega la conexión a el alma de la columna.

Lo primero que debemos de tener son las propiedades geométricas de la conexión, las propiedades geométricas de los miembros a conectarse y las propiedades de los tornillos, resistencias de los materiales; y dirección y magnitud de las distintas cargas que participan en cada uno de los miembros (ver figura III.1.).

### DISEÑO DE CONEXIÓN DE CONTRAVANTEO TIPO

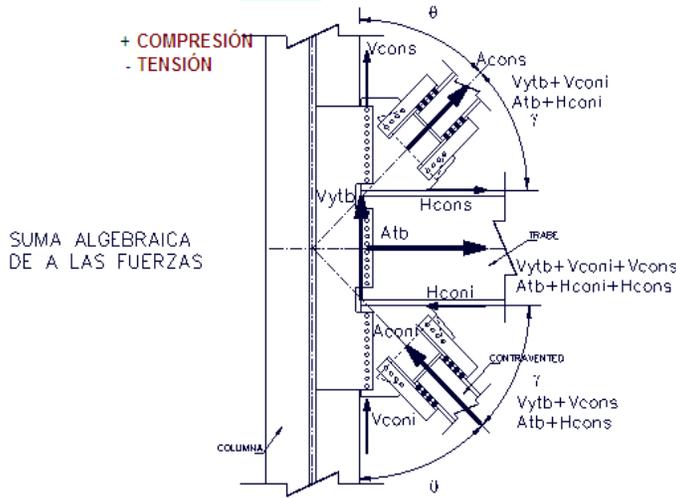
NIVEL: 109.112

Nivel sup: 112.950

EJE: 3

Nivel inf: 102.612

CRUJIA: 3-A,



Tipo de acero: A992  
 Fy= 3,516 kg/cm<sup>2</sup>  
 Fu= 4,570 kg/cm<sup>2</sup>

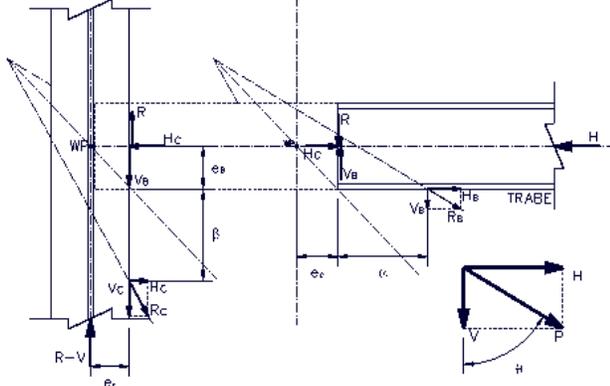
#### Propiedades de la columna, trabe y contraventeo:

INF	M2204	M617	M806
	COLUMNA= W14x398	TRABE= W36x150	CONTRAVENTEO= W12x152
	Ag col= 754.90 cm <sup>2</sup>	Ag tb= 285.20 cm <sup>2</sup>	Ag con= 288.40 cm <sup>2</sup>
	d col= 46.50 cm	d tb= 91.10 cm	d con= 34.80 cm
	tw col= 4.50 cm	tw tb= 1.59 cm	tw con= 2.21 cm
	bf col= 42.10 cm	bf tb= 30.40 cm	bf con= 31.70 cm
	tf col= 7.23 cm	tf tb= 2.39 cm	tf con= 3.56 cm
	k1col= 3.80 cm	k1 tb= 2.90 cm	k1con= 2.70 cm
	k col= 8.90 cm	k tb= 4.80 cm	k con= 5.40 cm
	Lado opuesto: 350 cm	S tb= 8,259.00 cm <sup>3</sup>	
	Lado adyacente: 650 cm	Fricción: Atb= -83,636 kg	Fricción: Acon= 124,647 kg
	θ= 28.30°	Fricción: Vytb= 8,713 kg	
	senθ= 0.4741	Aplastamiento: Atb= -116,369 kg	Aplastamiento: Acon= 174,699 kg
	cosθ= 0.8805	Aplastamiento: Vytb= 8,470 kg	
SUP	M2204	M617	M812
	COLUMNA= W14x398	TRABE= W36x150	CONTRAVENTEO= W12x65
	Ag col= 754.9 cm <sup>2</sup>	Ag tb= 285.2 cm <sup>2</sup>	Ag con= 123.20 cm <sup>2</sup>
	d col= 46.5 cm	d tb= 91.1 cm	d con= 30.80 cm
	tw col= 4.5 cm	tw tb= 1.59 cm	tw con= 0.99 cm
	bf col= 42.1 cm	bf tb= 30.4 cm	bf con= 30.50 cm
	tf col= 7.23 cm	tf tb= 2.39 cm	tf con= 1.54 cm
	k1col= 3.80 cm	k1 tb= 2.90 cm	k1con= 2.10 cm
	k col= 8.90 cm	k tb= 4.80 cm	k con= 3.30 cm
	Lado opuesto: 350 cm	S tb= 8,259.00 cm <sup>3</sup>	
	Lado adyacente: 384 cm	Fricción: Acons= -84,616 kg	
	θ= 42.36°	Aplastamiento: Acons= -146,130 kg	
	senθ= 0.4741		
	cosθ= 0.8805		

Figura III.1. Datos de entrada.

A continuación debemos obtener el número de tornillos de acuerdo a las cargas que interactúan en el contraventeo y de acuerdo a la forma de resolver el método de fuerzas uniformes; también de acuerdo a las tablas y referencias que tenemos al final del capítulo (ver figura III.2.).

**DISEÑO DE CONTRAVANTEO TIPO (INFERIOR)**



**REVISION DE LA SECCION DEL CONTRAVANTEO**

Cálculo de áreas:

Cálculo de cargas:

Propongo  $\phi$  de tornillo

Aconi= 174,699 kg

Aconi= 124,647 kg

- clase de conexión= B
- Factor de incremento por Fricción= 1.52
- Cuantos planos de corte= 1
- $\phi$  = 1 1/2 in
- $\phi$  = 3.81 cm
- AG tor= 11.40 cm<sup>2</sup>
- ARAZ tor= 8.52 cm<sup>2</sup>
- ATEN tor= 9.10 cm<sup>2</sup>
- Vfricción= 25,497 kg
- N tor= P / Vfricción= 4.89  $\approx$  8 torns

Tipo: A490  
Fu= 10,547 kg/cm<sup>2</sup>  
ESTÁNDAR

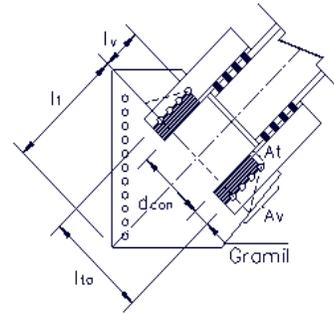
De la Tabla 1-D del ASD para tornillos A490  
De la Tabla 1-D del ASD para tornillos A490  
De la Tabla 1-D del ASD para tornillos A490  
De la Tabla 1-D del ASD para tornillos A490

- Donde:
- $\phi$  = Diámetro nominal del tornillo (cm)
  - AG tor= Área del tornillo (cm<sup>2</sup>)
  - ARAZ tor= Área a cortante del tornillo (cm<sup>2</sup>)
  - ATEN tor= Área a tensión del tornillo (cm<sup>2</sup>)
  - Vfricción= Fuerza a fricción resistente (kg)
  - N tor= Número de tornillos
  - V= Fuerza por tornillo actuante (kg)
  - f<sub>v</sub>= Esfuerzo cortante resistente [por tornillo] (kg/cm<sup>2</sup>)
  - F<sub>v</sub>= Esfuerzo cortante actuante [por tornillo] (kg/cm<sup>2</sup>)

Patín:

- S $\phi$ =sep mín entre tor= 3.0  $\phi$  = 11.43  $\geq$  11.50 cm
- S<sub>p</sub>=sep mín tor a pañor= Fact $\phi$ = 4.76  $\geq$  5.00 cm
- Diámetro del barreno= $\phi_c$ =  $\phi+1/16$ = 1 9/16 in = 3.97 cm

- tf con= 3.56 cm comprobando:
- No de tor por línea = 2
- No de línea = 4



- No tor\*No de lin = 8 = No de tor = 8 **.. OK**
- R<sub>pf</sub>= 1.2\*F<sub>y</sub>\*tf\* $\phi$ \*No tor\*No lin= 457,755 kg
- R<sub>pf</sub>= > P
- 457,755 > 174,699 **.. OK** 38.16%
- A<sub>v</sub>= (((No tor lin-1)\*S $\phi$ \*)+S<sub>p</sub>)-((No tor lin-0.5)\* $\phi_c$ ))\*tf con\*No lin= 150.19 cm<sup>2</sup>
- A<sub>t</sub>= (bf con-(2\*gramil+tw con+f))\*tf con\*2= 146.41 cm<sup>2</sup>
- R<sub>tf con</sub>= 0.30A<sub>v</sub>F<sub>u</sub>+0.5A<sub>t</sub>F<sub>u</sub>= 540,460 kg
- R<sub>tf con</sub> > P
- 540,460 > 174,699 **.. OK** 32.32%

**Figura III.2. Obtención de número de tornillos.**

Una vez diseñada la conexión del contravanteo, debemos revisar los ángulos que conectan al mismo a la placa que va a conectarse a la columna, y a su vez debemos de revisar a esta placa a la ruptura de la fuerza de tensión de la diagonal del contavanteo pero principalmente se debe de revisar a la compresión (ver figura III.3.),  $k_{l1}/r < 120$  para esto.

El siguiente paso es el diseño de la conexión de la placa de la que hablamos anteriormente a la columna, aquí es donde es más importante el análisis geométrico, ya que es donde se debe de considerar todas las distancias de la columna, debido a que en este caso, donde la placa del contraventeo entra hasta el alma de la columna (la longitud de la placa es mayor que cuando se conecta al patín), entonces si no consideramos adecuadamente la geometría puede dar como resultado una placa demasiado gruesa y eso nos lleva a mayor costo de la conexión o todo lo contrario, nos de una placa demasiado esbelta y eso nos lleva a una placa que pueda fallar, (ver figura.III.4.).

**REVISIÓN DE LOS ÁNGULOS DE CONEXIÓN**

Propiedades del ángulo de conexión:

No de ángos:	2LI	152x	152x	16	Tipo de acero:	A36
(Por patin)		Ag=	45.87	cm <sup>2</sup>	Fy=	2,531 kg/cm <sup>2</sup>
		Lang=	15.20	cm	Fu=	4,078 kg/cm <sup>2</sup>
		lang=	15.20	cm		
		tang=	1.59	cm		
		gramil L=	7.62	cm		
						2" = 5.08cm Dist mín para la herramienta
AT=	No ang*Ag*2=		183.48	cm <sup>2</sup>		
At=	AT-(No lin*tang)=		177.12	cm <sup>2</sup>		
Ae=	U*At=		132.84	cm <sup>2</sup>		U va de 1 a 0.75 ver en "TABLAS y REF"
Donde:	U=	0.75				2 sujetadores por línea en dirección a los esfuerzos
Sección total:	R <sub>GS</sub> =	At*0.6*Fy=	278,650	kg	R <sub>GS</sub> > P	62.69%
					278,650 > 174,699	∴ OK
Sección neta:	R <sub>ns</sub> =	Ae*0.5*Fu=	270,859	kg	R <sub>ns</sub> > P	64.50%
					270,859 > 174,699	∴ OK

**Revisión de dimensionamiento de conexión de ángulos al patin del contraenteo**

bf con >	epl+(2*gra)+2Sp	
31.70 >	28.42	∴ OK
epl+(2*gra) >	tw con+2*k1+(2*φ)	
18.42 >	15.23	∴ OK
bf con-(epl+(2*gra)) >	2Sp	
13.29 >	10.00	∴ OK

**REVISIÓN DE LA PLACA A CONECTARSE EL CONTRAVANTEO**

Propongo:	1PL	1,020x	788x	32	Tipo acero:	A36
	Vpl=	101.99	cm	Propongo	Fy=	2,531 kg/cm <sup>2</sup>
	Hpl=	78.77	cm	Propongo	Fu=	4,078 kg/cm <sup>2</sup>
	epl=	3.18	cm	1 1/4 in		
Propongo φ de tornillo para	Aconi=	174,699	kg			
clase de conexión=	B					
Factor de incremento por fricción=	1.52				Tipo:	A490
Cuantos planos de corte=	2				Fu=	10,547 kg/cm <sup>2</sup>
						ESTÁNDAR
φ =	1 1/2 in					
φ =	3.81	cm				
AG tor=	11.40	cm <sup>2</sup>			De la Tabla 1-D del ASD para tornillos	A490
ARAZ tor=	8.52	cm <sup>2</sup>			De la Tabla 1-D del ASD para tornillos	A490
ATEN tor=	9.10	cm <sup>2</sup>			De la Tabla 1-D del ASD para tornillos	A490
Vfricción=	25,497	kg			De la Tabla 1-D del ASD para tornillos	A490
N tor=	P / Vfricción=	2.44	≈	4	torns	
Sφ=sep mín entre tor=	3.0φ	11.43	≈	11.50	cm	
Sp=sep mín tor a paño=	Factφ=	4.76	≈	5.00	cm	
Diámetro del barreno=φ <sub>c</sub> =	φ+1/16=	1 9/16 in		3.97	cm	
epl=	3.18	cm			comprobando:	
No de tor por línea =	2			No tor*No de lin =	4	
No de línea =	2			No de tor =	4	
Rp=	1.2*Fu*epl*φ*No tor=	236,785	kg			∴ OK
	Rp > P					
	236,785 > 174,699					∴ OK
						73.78%

**PLACA BAJO LOS ÁNGULOS DE CONEXIÓN:**

It=	Lang-gramil=	7.58	cm
Av=	(((No tor lín-0.5)*Sφ)-((No tor lín-0.5)*φ <sub>c</sub> ))*epl*No lín=	23.91	cm <sup>2</sup>
At=	((2*Gramil+d con)-((No lín-1)*φ <sub>c</sub> ))*epl=	146.28	cm <sup>2</sup>
R <sub>t</sub> =	0.30AvFu+0.5AtFu=	327,509	kg
	R <sub>t</sub> > P		
	327,509 > 174,699		∴ OK
			53.34%

**REVISIÓN A COMPRESIÓN**

Lado opuesto:	350	cm	
Lado adyacente:	650	cm	
θ=	28.30°		
Ita=	dcon+(2*gramil)=	50.04	cm
Lv=	(No tor lín-1)*Sφ=	11.50	cm
Lw=	(Lv*tan 30°)*2+Ita=	63.32	cm
L1=	81.78	cm	
fa=	P/(Lw*epl)=	869	kg/cm <sup>2</sup>
kL1/r=	44.61	<	120 ∴ OK 37.18%
k=	0.50	ver "tabla y ref"	
epl=	3.18	cm	
I=	168.88	cm <sup>4</sup>	
A=	201.04	cm <sup>2</sup>	
r=	(I/A) <sup>1/2</sup> =	0.92	cm <sup>3</sup>

$$F_a = \frac{\left[1 - \frac{(kl/r)^2}{2Cc^2}\right] F_y}{\frac{5}{3} + \frac{3(kl/r)}{8Cc} - \frac{(kl/r)^3}{8Cc^3}} = 1,323 \text{ kg/cm}^2$$

$$Cc = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{F_y}} = 126.10$$

Fa > fa

1,323 > 869 ∴ OK 65.70%

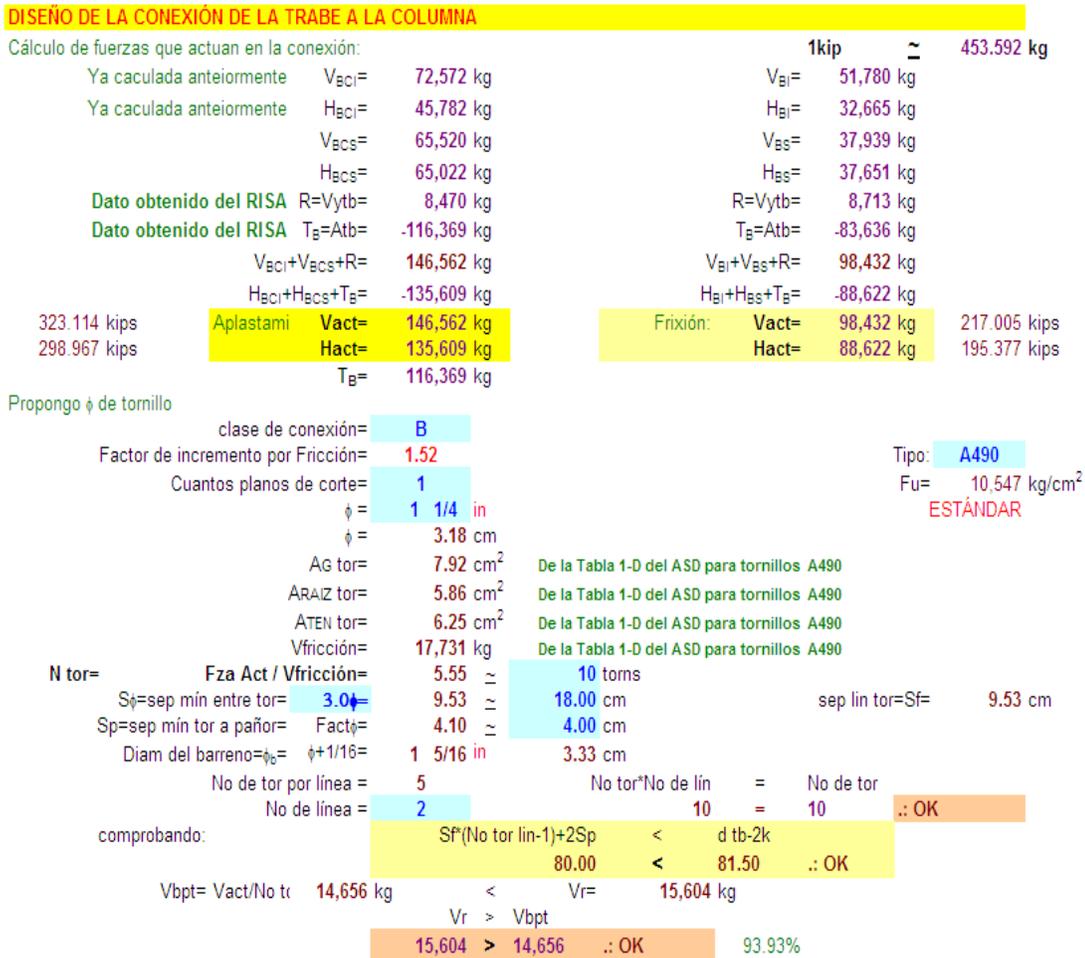
E= 2,039,000 kg/cm<sup>2</sup>

**Figura III.3. Revisión de los ángulos y placa de conexión.**

DISEÑO DE LA CONEXIÓN DEL CONTRAVANTEO A LA COLUMNA									
	$\theta =$	28.30°		$Spl=I/y =$	3,283.73 cm <sup>2</sup>				
	$\tan\theta =$	0.5385		$bpl=ep =$	3.18 cm				
	$e_B = d\ tb/2 =$	45.55 cm		$hpl=Hpl =$	78.77 cm				
	$e_C = d\ col/2 =$	23.25 cm		$I=(bpl*hp^3)/12 =$	129,338 cm <sup>4</sup>				
$L1 =$	81.78 cm	$\alpha =$	39.39 cm	$y=Hpl/2 =$	39.39 cm				
$\beta =$	50.99 cm	$=V_B(\alpha-\alpha) =$	773,040 kg-cm						
$\alpha =$	$(\beta*\tan\theta)+(e_B*\tan\theta)-e_C =$	28.74 cm	$F_b=0.6F_y =$	1,519 kg/cm <sup>2</sup>		$F_b >$	$f_b$	15.50%	
$r =$	$((\alpha+e_C)^2+(\beta+e_B)^2)^{1/2} =$	109.65 cm	$f_b=M_B/Spl =$	235 kg/cm <sup>2</sup>		1,519	>	235	∴ OK
385.146 kips	<b>Aconi=</b>	174,699 kg		<b>Aconi=</b>	124,647 kg				
<b>CONEXIÓN A LA COLUMNA</b>	$V_{C1} = P^*(\beta/r) =$	81,246 kg		$V_{C1} = P^*(\beta/r) =$	57,968 kg				
	$H_{C1} = P^*(e_C/r) =$	37,043 kg		$H_{C1} = P^*(e_C/r) =$	26,430 kg				
<b>CONEXIÓN A LA TRABE</b>	$V_{B1} = P^*(e_B/r) =$	72,572 kg		$V_{B1} = P^*(e_B/r) =$	51,780 kg				
	$H_{B1} = P^*(\alpha/r) =$	45,782 kg		$H_{B1} = P^*(\alpha/r) =$	32,665 kg				
<b>PLACA A LA COLUMNA</b>	Revisión de los tornillos (barrenos con oblongos cortos)				<b>1kip ≈</b>	453.592 kg			
179.116 kips	<b>Vact=</b>	81,246 kg		<b>Frixión: Vact=</b>	57,968 kg			127.799 kips	
81.665 kips	<b>Tact=</b>	37,043 kg		<b>Tact=</b>	26,430 kg			58.268 kips	
	$T_B =$	116,369 kg							
Propongo $\phi$ de tornillo	clase de conexión =	B						Tipo: A490	
	Factor de incremento por Fricción =	1.52						$F_u =$	10,547 kg/cm <sup>2</sup>
	Cuantos planos de corte =	1						ESTÁNDAR	
	$\phi =$	1 1/4 in							
	$\phi =$	3.18 cm							
	AG tor =	7.92 cm <sup>2</sup>		De la Tabla 1-D del ASD para tornillos A490					
	ARAIZ tor =	5.86 cm <sup>2</sup>		De la Tabla 1-D del ASD para tornillos A490					
	ATEN tor =	6.25 cm <sup>2</sup>		De la Tabla 1-D del ASD para tornillos A490					
	Vfricción =	17,731 kg		De la Tabla 1-D del ASD para tornillos A490					
<b>N tor =</b>	<b>Fza Act / Vfricción =</b>	3.27 ≈		6 tornos					
	$S\phi = \text{sep mín entre tor} =$	3.0 $\phi =$	9.53 ≈	18.00 cm		$S_i =$	9.53 cm		
	$S_p = \text{sep mín tor a pañor} =$	Fact $\phi =$	4.10 ≈	4.00 cm					
	Diam del barreno= $\phi_c = \phi + 1/16 =$	1 5/16 in		3.33 cm					
	No de tor por línea =	6		No tor*No de lín =	6		No de tor	6	∴ OK
	No de línea =	1		$V_{pl-1.905} =$	100.08 cm				
				$S\phi^*(\text{No tor lín}-1)+2S_p <$	98.00		$V_{pl-1.905} <$	100.08	∴ OK
$V_{bpt} =$	$V_{act}/\text{No tor} =$	13,541 kg		$V_r <$	15,604 kg				
				$V_r >$	$V_{bpt}$				15,604 > 13,541 ∴ OK 86.78%
<b>REVISIÓN DE LA PLACA DE CONEXIÓN</b>									
$R_v =$	13,541 kg/cm <sup>2</sup> /tornillo	A490		Tipo de acero:	A36				
	Usando tornillos de= $\phi =$	1 1/4 in	3.18 cm	$F_y =$	2,531 kg/cm <sup>2</sup>				
	y placa de= $epl =$	5/8 in	1.59 cm	$F_u =$	4,078 kg/cm <sup>2</sup>				
	De la tabla I-D:	$r_{v\phi} =$	15,604	$r_{vepl} >$	$r_{ve}$				
	De la tabla I-F:	$r_{vepl} = 1.2*F_u*\phi*epl =$	24,665	24,665	>	15,604	∴ OK	63.26%	
Revisión del cortante en la placa en la línea (X):									
<b>Área neta:</b>	$epl*(L-(\text{No tor}*\phi_c)) =$	123.82 cm <sup>2</sup>							
$L =$	$((\text{No tor}-1)*S\phi)+(2*S_p) =$	98.00 cm		$L_{weld} = Hpl =$	78.77 cm	31.01in			
<b>P permisible =</b>	$0.3F_uA_n =$	151,482 kg	>	$P =$	81,246 kg	∴ OK	53.63%		
<b>P permisible =</b>	$0.4F_yA_g =$	157,514 kg	>	$P =$	81,246 kg	∴ OK	51.58%		
Revisión a flexión en la placa en la línea (Y):									
$S_x =$	$bd^2/6 = epl*L^2/6 =$	2,541.06 cm <sup>3</sup>	155.06 in <sup>3</sup>						
$M =$	$V_{act}*e =$	428,165 kg-cm							
$e =$	$1.27+S_p+((\text{No lín}-1)*S\phi)/2 =$	5.27 cm	2.07 in						
$f_b =$	$M/S_x =$	168 kg/cm <sup>2</sup>		$<$	$0.6F_y =$	1,519	∴ OK	11.09%	
<b>Cálculo de la soldadura de filete requerida por el método elástico:</b>									
a) Determinación del módulo de sección del conjunto de soldadura:									
$S = I/c = (L^3/12)/(L/2) = L^2/6$									
El máximo cortante / in de la soldadura por el momento se expresa así:									
$f_m =$	$Pe/S = 6V_{act}*e/L_{weld} =$	2 kips/in							
Pero, tenemos dos líneas de soldadura, por lo que tenemos por línea:									
$f_a =$	$0.5*f_m =$	1.16 kips/in							
b) El cortante en la dirección de la carga es asumida en la línea de cada cordón de la soldadura de la placa tomando la mitad de la carga total, uniformemente:									
$f_v =$	$T_{act}/2L_{weld} =$	1.32 kips/in							
c) La resultante de las dos fuerzas es:									
$f_r =$	$(f_a^2+f_v^2)^{1/2} =$	1.75 kips/in							
$D =$	$1.4*f_r/0.928 =$	2.65 16avos de in		$3/16 in \approx$	5 mm p/lado				

Figura III.4. Diseño de la placa del contravanteo a la columna.

Ahora debemos de diseñar la conexión de la trabe a la columna, en esta parte es donde más se toma en cuenta el método de fuerzas uniformes, ya que las cargas que debemos considerar para esta parte del diseño son obtenidas con las ecuaciones del método (ver figura III.5.).



**Figura III.5. Diseño de la conexión de la trabe.**

Además debemos de revisar la placa que conecta a la trabe con la columna (ver figura III.6.), ya sea por desgarre o en la soldadura a la columna, y debemos de revisar por desgarre al alma de la trabe; en esta parte del diseño también suele haber otro problema que se debe por lo menos de considerar, a veces el alma de la trabe no soporta la tensión de las cargas, por lo que será necesario cambiar la sección de la trabe o reforzarla con placas soldadas al alma de la misma; aun que en el diseño de la estructura en su conjunto no falle, al revisar el alma individualmente es cuando encontramos que no resiste.

**REVISIÓN DE LA TRABE**

Rv=	14,656 kg/cm2/tornillo	A490	Tipo de acero=	A992			
Usando tornillos de=φ:	1 1/4 in	3.18 cm	Fy=	3,516 kg/cm <sup>2</sup>			
Y alma de tb= tw tb:	5/8 in	1.59 cm	Fu=	4,570 kg/cm <sup>2</sup>			
De la tabla I-D:	r <sub>vφ</sub> =	22,271	r <sub>vφpl</sub> >	Rv <sub>tb</sub>			
De la tabla I-F:	r <sub>vφpl</sub> =	1.2*Fu*φ*epI=	27,686	27,686 >	14,656	∴ OK	52.94%
Revisión del cortante en la placa en la línea (X):							
Área Neta:	Ag tb*(No tor*φ <sub>c</sub> )=	268.53 cm <sup>2</sup>	Lweld=	(d tb-2*k)+2*((bf col/2)-k1)=	46.38 in	117.80 cm	
L=	d tb=	91.10 cm	P=	146,562 kg	∴ OK	39.81%	
P permisible=	0.3FuAn=	368,168 kg	P=	146,562 kg	∴ OK	71.95%	
P permisible=	0.4FyAg=	203,687 kg					
Revisión a flexión en el alma en la línea (Y):							
Sx=	del AISC obtenemos Sx=	8,259.00 cm <sup>3</sup>	504.00 in <sup>3</sup>				
M=	Vact*e=	3,564,385 kg-cm					
e=	1.27+Sp+(((No lin-1)*S <sub>φ</sub> )/2)=	24.32 cm	9.57 in				
fb=	M/Sx=	432 kg/cm <sup>2</sup>	<	0.6Fy=	2,109	∴ OK	20.46%

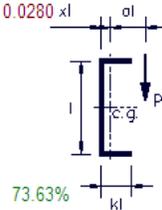
**REVISIÓN DE LA PLACA DE CONEXIÓN**

Rv=	14,656 kg/cm2/tornillo	A490	Tipo de acero=	A36			
Usando tornillos de=φ:	1 1/4 in	3.18 cm	Fy=	2,531 kg/cm <sup>2</sup>			
Y placa de= epl:	3/4 in	1.91 cm	Fu=	4,078 kg/cm <sup>2</sup>			
De la tabla I-D:	r <sub>vφ</sub> =	22,271	r <sub>vφpl</sub> >	Rv <sub>pl</sub>			
De la tabla I-F:	r <sub>vφpl</sub> =	1.2*Fu*φ*epI=	29,598	29,598 >	14,656	∴ OK	49.52%
Revisión del cortante en la placa en la línea (X):							
Área Neta:	epl*(L-(No tor*φ <sub>c</sub> ))=	120.65 cm <sup>2</sup>	Lweld=	(d tb-2*k)+2*((bf col/2)-k1)=	46.38 in	117.80 cm	
L=	((No tor-1)*S <sub>φ</sub> )+(2*Sp)=	80.00 cm	P=	146,562 kg	∴ OK	99.30%	
P permisible=	0.3FuAn=	147,598 kg	P=	146,562 kg	∴ OK	94.99%	
P permisible=	0.4FyAg=	154,300 kg					
Revisión a flexión en la placa en la línea (Y):							
Sx=	(d tb-2*k)=	81.5 cm	128.69 in <sup>3</sup>				
M=	bd <sup>2</sup> /6= epl*L <sup>2</sup> /6=	2,108.91 cm <sup>3</sup>					
e=	Vact*e=	1,470,382 kg-cm					
e=	1.27+Sp+(((No lin-1)*S <sub>φ</sub> )/2)=	10.0325 cm	3.95 in				
fb=	M/Sx=	697 kg/cm <sup>2</sup>	<	0.6Fy=	1,519	∴ OK	45.91%

Del Proedimiento del Manual del ASD, de la tabla XXIII.

**REVISIÓN DE LA SOLDADURA DE TALLER EN LA COLUMNA**

I=	46.38 in						
g=	6/16 in	en 16avos	a	k	0.10	0.20	Δk
kl=	6 4/5 in		0.10	0.902	1.070	0.1680	0.1230
k=	0.1464		0.15	0.895	1.060	0.1650	0.1208
al= lang-xl=	6.66 in		Δa	0.0070			0.0092
a=	0.1435		x	0.0080	0.0280	xl	0.0020
al máx=	0.928*(1+2*k)=	1.1998	Δx	0.0200			c=
A=	C máx/c=	1.1728					1.0230
ca/c=	A/(senθ+Acosθ)=	0.7784 < 1					g=
R=	c*g*1*NoC=	598 kips					6
							NoC=
							2
							x=
							0.0029



R > R<sub>cact</sub>  
597.730 > 440.084 ∴ OK

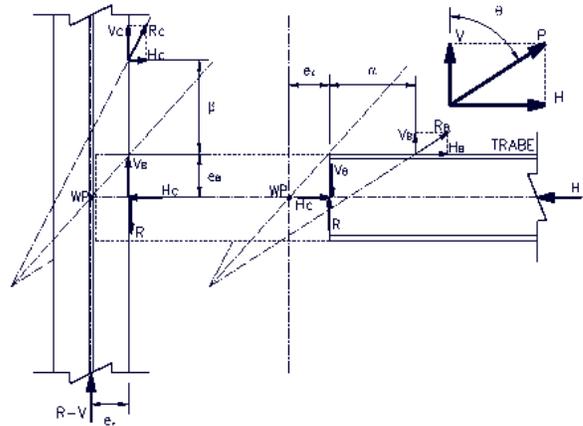
**REVISIÓN DE LOS ESFUERZOS EN LA PLACA DE CONEXIÓN (A LA TRABE)**

epl=	1.91 cm	6/8 in			
f <sub>v</sub> =	Vact/(epl*Long pl)=	944 kg/cm <sup>2</sup>	≈	13.432 ksi	
Long pl=(d tb-2*k)=	81.50 cm				
F <sub>v</sub> =0.4F <sub>y</sub> =	> f <sub>v</sub>	1,012 > 944	∴ OK	93.24%	
fa=	Hact/epl*Long pl)=	873 kg/cm <sup>2</sup>	≈	12.428 ksi	
Fa=0.6F <sub>y</sub> =	> fa	1,519 > 873	∴ OK	57.51%	
Esfuerzo en la soldadura					
f <sub>r</sub> =	(epl/2)*(f <sub>v</sub> <sup>2</sup> +fa <sup>2</sup> ) <sup>1/2</sup> =	1,225 kg/cm	≈	6.863 kips/in	
Garganta de la soldadura:	f <sub>r</sub> /0.928=	7.39 en 16avos			
Factor de ductilidad:	1.4*g=	10.35 en 16avos			
Por lo tanto requerimos una garganta de :	16 mm	ó	8 mm por lado		10/16 in

**Figura III.6. Revisión de la placa de conexión de la trabe.**

Las siguientes figuras (del III.7. a la III.9.) son el mismo proceso que las figuras (del III.2. a la III.4.).

**DISEÑO DE CONTRAVENTE TIPO (SUPERIOR)**



Tipo de acero: **A992**  
 $F_y = 3,516 \text{ kg/cm}^2$   
 $F_u = 4,570 \text{ kg/cm}^2$

**Propiedades de la columna, trabe y contraventeo:**

COLUMNA = W14x398	TRABE = W36x150	CONTRAVENTO = W12x65
Ag col = 754.90 cm <sup>2</sup>	Ag tb = 285.20 cm <sup>2</sup>	Ag con = 123.20 cm <sup>2</sup>
d col = 46.50 cm	d tb = 91.10 cm	d con = 30.80 cm
tw col = 4.5 cm	tw tb = 1.59 cm	tw con = 0.99 cm
bf col = 42.10 cm	bf tb = 30.40 cm	bf con = 30.50 cm
tf col = 7.23 cm	tf tb = 2.39 cm	tf con = 1.54 cm
k1col = 3.80 cm	k1 tb = 2.90 cm	k1con = 2.10 cm
k col = 8.90 cm	k tb = 4.80 cm	k con = 3.30 cm

**REVISIÓN DE LA SECCIÓN DEL CONTRAVENTE**

Cálculo de cargas: **Acons = 146,130 kg**

**Aconi = 84,616 kg**

Propongo  $\phi$  de tornillo para patines

clase de conexión = **B**

Factor de incremento por fricción = **1.52**

Cuantos planos de corte = **1**

$\phi = 1 \frac{1}{2} \text{ in}$

$\phi = 3.81 \text{ cm}$

AG tor = **11.40 cm<sup>2</sup>**

ARAIZ tor = **8.52 cm<sup>2</sup>**

ATEN tor = **9.10 cm<sup>2</sup>**

Vfricción = **25,497 kg**

**N tor = P / Vfricción = 3.32 ≈ 8 tornos**

De la Tabla 1-D del ASD para tornillos A490

De la Tabla 1-D del ASD para tornillos A490

De la Tabla 1-D del ASD para tornillos A490

De la Tabla 1-D del ASD para tornillos A490

Tipo: **A490**

$F_u = 10,547 \text{ kg/cm}^2$

**ESTÁNDAR**

Donde:  $\phi$  = Diámetro nominal del tornillo (cm)

AG tor = Área del tornillo (cm<sup>2</sup>)

ARAIZ tor = Área a cortante del tornillo (cm<sup>2</sup>)

ATEN tor = Área a tensión del tornillo (cm<sup>2</sup>)

Vfricción = Fuerza a fricción resistente (kg)

N tor = Número de tornillos

V = Fuerza por tornillo actuante (kg)

$f_v$  = Esfuerzo cortante resistente [por tornillo] (kg/cm<sup>2</sup>)

$F_v$  = Esfuerzo cortante actuante [por tornillo] (kg/cm<sup>2</sup>)

**PATIN:**

$S_\phi$  = sep mín entre tor = **3  $\phi$  = 11.43 ≈ 11.50 cm**

$S_p$  = sep mín tor a pañor = **Fact $\phi$  = 4.76 ≈ 5.00 cm**

Diámetro del barreno =  $\phi_b = \phi + 1/16 = 1 \frac{9}{16} \text{ in} = 3.97 \text{ cm}$

tf con = **1.54 cm** comprobando:

No de tor por línea = **2**

No de línea = **4**

$R_{pf} = 1.2 \cdot F_y \cdot t_f \cdot \phi = 198,018 \text{ kg}$

$R_{pf} > P$   
**198,018 > 146,130 ∴ OK**

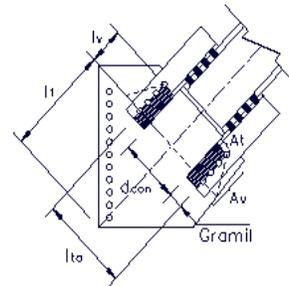
No tor \* No de lin = No de tor  
**8 = 8 ∴ OK**

$A_v = (\text{No tor lin} - 1) \cdot S_\phi + S_p - ((\text{No tor lin} - 0.5) \cdot \phi_b) \cdot t_f \text{ con} \cdot \text{No lin} = 64.97 \text{ cm}^2$

$A_t = (b_f \text{ con} - (2 \cdot \text{gramil} + t_w \text{ con} + \phi_b)) \cdot t_f \text{ con} \cdot 2 = 63.46 \text{ cm}^2$

$R_{tf \text{ con}} = 0.30 A_v F_u + 0.5 A_t F_u = 234,076 \text{ kg}$

$R_{tf \text{ con}} > P$   
**234,076 > 146,130 ∴ OK** 62.43%



**Figura III.7. Obtención de número de tornillos.**

**REVISIÓN DE LOS ÁNGULOS DE CONEXIÓN**

**Propiedades del ángulo de conexión:**

No de ángs:	2L	152x	152x	16	Tipo de acero:	A36
(Por patín)		Ag=	45.87	cm <sup>2</sup>	Fy=	2,531 kg/cm <sup>2</sup>
		Lang=	15.20	cm	Fu=	4,078 kg/cm <sup>2</sup>
		lang=	15.20	cm		
		tang=	1.59	cm		
		gramil L=	7.62	cm		
						2" = 5.08cm Dist mín para la herramienta
AT=	No ang*Ag*2=	183.48	cm <sup>2</sup>			
At=	AT-(No lin*tang)=	177.12	cm <sup>2</sup>			
	Ae= U*At=	132.84	cm <sup>2</sup>			U va de 1 a 0.75 ver en "TABLAS y REF"
Donde:	U=	0.75				2 sujetadores por línea en dirección a los esfuerzos
Sección total:	R <sub>GS</sub> =	AT*0.6*Fy=	278,650	kg	R <sub>GS</sub> > P	52.44%
					278,650 > 146,130	∴ OK
Sección neta:	R <sub>ns</sub> =	Ae*0.5*Fu=	270,859	kg	R <sub>ns</sub> > P	53.95%
					270,859 > 146,130	∴ OK

**Revisión de dimensionamiento de conexión de angulos al patín del contraventeo**

bf con >	epl+(2*gra6)+2Sp	
30.50 >	27.46	∴ OK
epl+(2*gra) >	tw con+2*k1+(2*φ)	
17.46 >	12.81	∴ OK
bf con-(epl+(2*gra)) >	2Sp	
13.04 >	10.00	∴ OK

**REVISIÓN DE LA PLACA A CONECTARSE EL CONTRAVENTEIO**

Propongo:	1PL	590x	769x	22	Tipo acero:	A36
	Vpl=	59.03	cm	Propongo	Fy=	2,531 kg/cm <sup>2</sup>
	Hpl=	76.86	cm	Propongo	Fu=	4,078 kg/cm <sup>2</sup>
	epl=	2.22	cm	7/8 in		
Propongo φ de tornillo para	Acons=	146,130	kg			
	clase de conexión=	B				
Factor de incremento por Fricción=	1.52				Tipo:	A490
Cuantos planos de corte=	2				Fu=	10,547 kg/cm <sup>2</sup>
	φ =	1 1/2	in			ESTÁNDAR
	φ =	3.81	cm			
	AG tor=	11.40	cm <sup>2</sup>			De la Tabla 1-D del ASD para tornillos A490
	ARAZ tor=	8.52	cm <sup>2</sup>			De la Tabla 1-D del ASD para tornillos A490
	ATEN tor=	9.10	cm <sup>2</sup>			De la Tabla 1-D del ASD para tornillos A490
	Vfricción=	25,497	kg			De la Tabla 1-D del ASD para tornillos A490
N tor=	P / Vfricción=	1.66	≈	4 tornos		
				2 tornillos en los angulos de conexión del patín		
				2 Lineas de tornillos en angulos		
Rp= 1.2*Fu*epl*φ*No tor=	165,713	kg			Rp > P	88.18%
					165,713 > 146,130	∴ OK

**PLACA BAJO LOS ANGULOS DE CONEXIÓN:**

lt=	Lang-gramil=	7.58	cm			
Av=	(((No tor lin-0.5)*Sφ)-((No tor lin-0.5)*φ <sub>b</sub> ))*epl*No lin=	16.73	cm <sup>2</sup>		R <sub>t</sub> > P	69.23%
At=	((2*Gramil+d con)-((No lin-1)*φ <sub>b</sub> ))*epl=	93.48	cm <sup>2</sup>		211,082 > 146,130	∴ OK
R <sub>t</sub> =	0.30AvFu+0.5AtFu=	211,082	kg			

**REVISIÓN A COMPRESIÓN**

Lado opuesto:	350	cm	
Lado adyacente:	384	cm	
θ=	42.36°		
lta=	dcon+(2*gramil)=	46.04	cm
lv=	(No tor-1)*Sφ=	3.97	cm
Lw=	(Lv*tan 30°)*2+lta=	50.62	cm
L1=		35.48	cm
fa=	P/(Lw*epl)=	1,299	kg/cm <sup>2</sup>
k1/r=	27.66	<	120 ∴ OK
k=	0.50	ver "tabla y ref"	
epl=	2.22	cm	
I=	46.28	cm <sup>4</sup>	
A=	112.48	cm <sup>2</sup>	
r=	(I/A) <sup>1/2</sup> =	0.64	cm <sup>3</sup>

$$F_a = \frac{\left[1 - \frac{(kl/r)^2}{2Cc^2}\right] F_y}{\frac{5}{3} + \frac{3(kl/r)}{8Cc} - \frac{(kl/r)^3}{8Cc^3}} = 1,414 \text{ kg/cm}^2$$

$$Cc = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{F_y}} = 126.10$$

Fa > fa  
1,414 > 1,299 ∴ OK 91.91%

E= 2,039,000 kg/cm<sup>2</sup>

**Figura III.8. Revisión de los ángulos y placa de conexión.**

**DISEÑO DE LA CONEXIÓN DEL CONTRAVANTEO A LA COLUMNA**

	$\theta =$	42.36°	$Spl = I/y =$	2,187.51 cm <sup>2</sup>	
	$\tan\theta =$	0.9119	$bpl = epl =$	2.22 cm	
	$d_{tb}/2 =$	$e_B =$	45.55 cm	$hpl = Hpl =$	76.86 cm
	$d_{col}/2 =$	$e_C =$	23.25 cm	$I = (bpl \cdot hpl^3)/12 =$	84,062 cm <sup>4</sup>
$L1 =$	35.48 cm	$\alpha =$	38.43 cm	$y = Hpl/2 =$	38.43 cm
$\beta =$	29.51 cm	$= V_B(\alpha - \alpha) =$	443,949 kg-cm		
$\alpha =$	$(\beta \cdot \tan\theta) + (e_B \cdot \tan\theta) - e_C =$	45.20 cm	$Fb = 0.6Fy =$	1,519 kg/cm <sup>2</sup>	$Fb > f_b$ 13.36%
$r =$	$((\alpha + e_C)^2 + (\beta + e_B)^2)^{1/2} =$	101.59 cm	$f_b = M_B/Spl =$	203 kg/cm <sup>2</sup>	1,519 > 203 <b>∴ OK</b>
<b>CONEXIÓN A LA COLUMNA</b>	<b>Acons =</b>	146,130 kg	<b>Aconi =</b>	84,616 kg	
	$V_C = P^*(\beta/r) =$	42,454 kg	$V_{CS} = P^*(\beta/r) =$	24,583 kg	
	$H_C = P^*(e_C/r) =$	33,443 kg	$H_{CS} = P^*(e_C/r) =$	19,365 kg	
<b>CONEXIÓN A LA TRABE</b>	$V_B = P^*(e_B/r) =$	65,520 kg	$V_{BS} = P^*(e_B/r) =$	37,939 kg	
	$H_B = P^*(\alpha/r) =$	65,022 kg	$H_{BS} = P^*(\alpha/r) =$	37,651 kg	
<b>PLACA A LA COLUMNA</b>	Revisión de los tornillos (barrenos con oblongos cortos)			1kip	≈ 453.592 kg
93.596 kips	<b>Aplastamiento:</b>	<b>Vact =</b>	42,454 kg	<b>Fricción:</b>	<b>Vact =</b> 24,583 kg 54.196 kips
73.730 kips		<b>Tact =</b>	33,443 kg		<b>Tact =</b> 19,365 kg 42.693 kips
	$T_B =$	116,369 kg			
Propongo $\phi$ de tornillo	clase de conexión =	<b>B</b>			
	Factor de incremento por Fricción =	1.52			Tipo: <b>A490</b>
	Cuantos planos de corte =	1			$F_u =$ 10,547 kg/cm <sup>2</sup>
	$\phi =$	1 1/4 in			<b>ESTÁNDAR</b>
	$\phi =$	3.18 cm			
	AG tor =	7.92 cm <sup>2</sup>			De la Tabla 1-D del ASD para tornillos A490
	ARAZ tor =	5.86 cm <sup>2</sup>			De la Tabla 1-D del ASD para tornillos A490
	ATEN tor =	6.25 cm <sup>2</sup>			De la Tabla 1-D del ASD para tornillos A490
	Vfricción =	17,731 kg			De la Tabla 1-D del ASD para tornillos A490
	$N_{tor} = P / Vfricción =$	1.39	≈	3 tornos	
	$S\phi = \text{sep mín entre tor} =$	3.0	≈	24.50 cm	$S_i =$ 9.53 cm
	$S_p = \text{sep mín tor a paño} =$	4.10	≈	4.00 cm	
	Diam del barreno = $\phi_c = \phi + 1/16 =$	1 5/16 in	≈	3.33 cm	
	No de tor por línea =	3	No tor*No de lín =	No de tor	
	No de línea =	1	3 =	3 <b>∴ OK</b>	
			$V_{pl-1.905} =$	57.12 cm	
			$S\phi^*(\text{No tor lín-1}) + 2S_p <$	$V_{pl-1.905}$	
			57.00 <	57.12 <b>∴ OK</b>	
$V_{bpt} =$	$V_{act}/\text{No tor} =$	14,151 kg	<	$V_r =$	15,604 kg
			$V_r >$	$V_{bpt}$	
			15,604 >	14,151 <b>∴ OK</b>	90.69%
<b>REVISIÓN DE LA PLACA DE CONEXIÓN</b>	$R_v =$	14,151 kg/cm <sup>2</sup> /tornillo		A490	Tipo de acero: <b>A36</b>
	Usando tornillos de $\phi =$	1 1/4 in	3.18 cm		$F_y =$ 2,531 kg/cm <sup>2</sup>
	Y placa de $e = epl =$	5/8 in	1.59 cm		$F_u =$ 4,078 kg/cm <sup>2</sup>
	De la tabla I-D:	$r_{vc} =$	15,604	$r_{vepl} >$	$r_{ve}$
	De la tabla I-F:	$r_{vepl} = 1.2 * F_u * \phi =$	24,665	24,665 >	15,604 <b>∴ OK</b> 63.26%
	Revisión del cortante en la placa en la línea (X):				
<b>Área neta:</b>	$epl * (L - (\text{No tor} * \phi_c)) =$	74.61 cm			
$L =$	$((\text{No tor} - 1) * S\phi) + (2 * S_p) =$	57.00 cm	$L_{weld} = Hpl =$	76.86 cm	30.26in
<b>P permisible =</b>	$0.3F_u A_n =$	91,278 kg	>	$P =$	42,454 kg <b>∴ OK</b> 46.51%
<b>P permisible =</b>	$0.4F_y A_g =$	91,615 kg	>	$P =$	42,454 kg <b>∴ OK</b> 46.34%
	Revisión a flexión en la placa en la línea (Y):				
$S_x =$	$bd^2/6 = epl * L^2/6 =$	859.63 cm <sup>3</sup>		$52.46 \text{ in}^3$	
$M =$	$V_{act} * e =$	223,735 kg-cm			
$e =$	$1.27 + S_p + (((\text{No lín} - 1) * S\phi)/2) =$	5.27 cm		2.07 in	
$f_b =$	$M/S_x =$	260 kg/cm <sup>2</sup>	<	$0.6F_y =$	1,519 <b>∴ OK</b> 17.14%
<b>Cálculo de la soldadura de filete requerida por el método elástico:</b>					
a) Determinación del módulo de sección del conjunto de soldadura:					
$S = I/c = (L^3/12)/(L/2) = L^2/6$					
El máximo cortante / in de la soldadura por el momento se expresa así:					
$f_m = Pe/S = 6V_{act} * e / L_{weld} = 1.27 \text{ kips/in}$					
Pero, tenemos dos líneas de soldadura, por lo que tenemos por línea:					
$f_a = 0.5 * f_m = 0.64 \text{ kips/in}$					
b) El cortante en la dirección de la carga es asumida en la línea de cada cordón de la soldadura de la placa tomando la mitad de la carga total, uniformemente:					
$f_v = T_{act}/2L_{weld} = 1.22 \text{ kips/in}$					
c) La resultante de las dos fuerzas es:					
$f_r = (f_a^2 + f_v^2)^{1/2} = 1.37 \text{ kips/in}$					
$D = 1.4f_r/0.928 = 2.07 \text{ 16avos de in} \approx 2/16 \text{ in} \approx 4 \text{ mm p/lado}$					

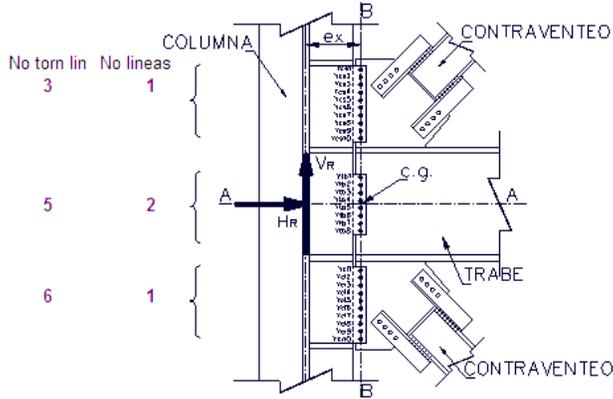
**Figura III.9. Diseño de la placa del contravanteo a la columna.**

**REVISIÓN DE LOS TORNILLOS POR MOMENTO:**

Considerando la suma algebraica de las fuerzas actuantes en los dos contraventeos y en la trabe, tenemos que:

$$V_{act} = V_{BC1} + V_{BC3} + R = 146,562 \text{ kg}$$

$$H_{act} = H_{BC1} + H_{BC3} + T_B = 135,609 \text{ kg}$$



e = Excentricidad  
 n = No de tornillos  
 Tipo de acero: **A36**  
 $F_y = 2,531 \text{ kg/cm}^2$   
 $F_u = 4,078 \text{ kg/cm}^2$   
 $ex = (bf \text{ col}/2) + 2.54 + Sp + (((No \text{ lin} - 1) * S\phi)/2) = 27.59 \text{ cm}$   
 $ey = (Y_{cs1} - Y_{cin})/2 = -20.50 \text{ cm}$   
 Tipo de tornillo: **A490**  
 $\phi = 1 \frac{1}{4} \text{ in}$   
 $\phi = 3.18 \text{ cm}$

**CENTRO DE GRAVEDAD:**

Row	No de torn. N torn dir y	No de torn. N torn dir x	Dist. Y	Dist. X	NY	NX
Ycs1	1		101.09	3.0	101.09	
Ycs2	1		76.59	2.0	76.59	
Ycs3	1		52.09	1.0	52.09	
Ytb1	2		36.00	2.5	72.00	
Ytb2	2		18.00	1.5	36.00	
Ytb3	2		0.00	0.5	0.00	
Ytb4	2		-18.00	1.5	-36.00	
Ytb5	2		-36.00	2.5	-72.00	
Yci1	1		-52.09	1.0	-52.09	
Yci2	1		-70.09	2.0	-70.09	
Yci3	1		-88.09	3.0	-88.09	
Yci4	1		-106.09	4.0	-106.09	
Yci5	1		-124.09	5.0	-124.09	
Yci6	1		-142.09	6.0	-142.09	
X1		14		0.00		0.00
X2		5		9.53		47.63
<b>Σ=</b>	<b>19</b>	<b>19</b>			<b>-352.77</b>	<b>47.63</b>

$$\bar{Y} = \Sigma Ny / \Sigma N = -18.57 \text{ cm} \quad \bar{X} = \Sigma Nx / \Sigma N = 2.51 \text{ cm}$$

**CALCULO DE  $I_p$**

Row	No de torn. N torn dir y	No de torn. N torn dir x	dy	dx	No torn * dy <sup>2</sup>	No torn * dx <sup>2</sup>
Ycs1	1		101.09		10,219.19	
Ycs2	1		76.59		5,866.03	
Ycs3	1		52.09		2,713.37	
Ytb1	2		36.00		2,592.00	
Ytb2	2		18.00		648.00	
Ytb3	2		-18.00		648.00	
Ytb4	2		-36.00		2,592.00	
Ytb5	2		-36.00		2,592.00	
Yci1	1		-52.09		2,713.37	
Yci2	1		-70.09		4,912.61	
Yci3	1		-88.09		7,759.85	
Yci4	1		-106.09		11,255.09	
Yci5	1		-124.09		15,398.33	
Yci6	1		-142.09		20,189.57	
X1		14		0.00		0.00
X2		5		9.53		453.63
<b>Σ=</b>	<b>19</b>	<b>19</b>	<b>-20.50</b>	<b>27.59</b>	<b>90,099.39</b>	<b>453.63</b>

$$I_p = I_x + I_y = 90,553 \text{ cm}^4$$

$$M = P * e = 4,043,643 \text{ kg-cm}$$

$$f_1 = P/n = 7,714 \text{ kg}$$

$$f_2 = M_x / I_p = 1,232 \text{ kg-cm}$$

$$f_3 = M_y / I_p = -6,345 \text{ kg-cm}$$

$$f_R = ((f_1 + f_2)^2 + f_3^2)^{1/2} = 10,968 \text{ kg-cm}$$

$$epl = 1.2 F_u \phi = 15,537 \text{ kg}$$

Resistencia a fricción

$$10,968 < 11,703 \text{ kg} \quad \therefore \text{OK} \quad 93.72\%$$

$$15,537 > 10,968 \text{ kg/cm}^2 \quad \therefore \text{OK} \quad 70.59\%$$

**Figura III.10. Revisión de la conexión por momento.**

Por último debemos de hacer la revisión de la conexión por momento, ya que por el tipo de la geometría, los tornillos quedan lejos del eje de la columna, esta distancia (excentricidad) puede provocar un momento en dichos tornillos y esto provoca cargas adicionales en los tornillos, y eso a su vez provocar la falla en la conexión, por lo que se debe de revisar, (ver figura III.10.).

Contraveteo que llega la conexión al Patín de la columna.

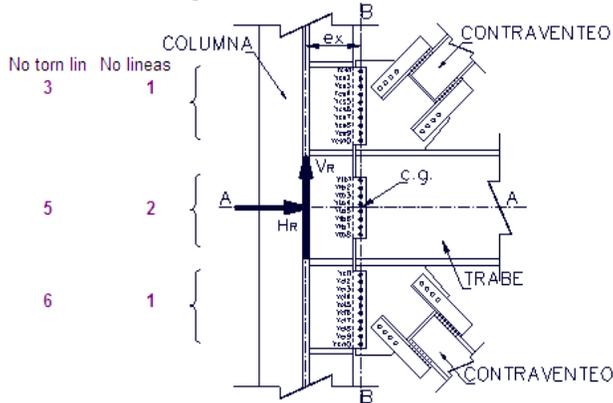
Como lo expliqué en el ejemplo de la hoja de cálculo anterior lo primero que debemos tener son las propiedades geométricas de la conexión, las propiedades geométricas de los miembros a conectarse y las propiedades de los tornillos, resistencias de los materiales; y dirección y magnitud de las distintas cargas que participan en cada uno de los miembros (ver figura III.11.).

**REVISIÓN DE LOS TORNILLOS POR MOMENTO:**

Considerando la suma algebraica de las fuerzas actuantes en los dos contraventeos y en la trabe, tenemos que:

$$V_{act} = V_{Bc1} + V_{Bc3} + R = 146,562 \text{ kg}$$

$$H_{act} = H_{Bc1} + H_{Bc3} + T_B = 135,609 \text{ kg}$$



- e= Excentricidad
- n= No de tornillos
- Tipo de acero: **A36**
- Fy= 2,531 kg/cm<sup>2</sup>
- Fu= 4,078 kg/cm<sup>2</sup>
- ex= (bf col/2)+2.54+Sp+(((No lin-1)\*S<sub>φ</sub>)/2)=
- ex= 27.59 cm
- ey= (Ycs1-Ycin)/2=
- ey= -20.50 cm
- Tipo de tornillo: **A490**
- φ = 1 1/4 in
- φ = 3.18 cm

**CENTRO DE GRAVEDAD:**

Row	No de torn. N torn dir y	No de torn. N torn dir x	Dist. Y	Dist. X	NY	NX
Ycs1	1		101.09	3.0	101.09	
Ycs2	1		76.59	2.0	76.59	
Ycs3	1		52.09	1.0	52.09	
Ytb1	2		36.00	2.5	72.00	
Ytb2	2		18.00	1.5	36.00	
Ytb3	2		0.00	0.5	0.00	
Ytb4	2		-18.00	1.5	-36.00	
Ytb5	2		-36.00	2.5	-72.00	
Yci1	1		-52.09	1.0	-52.09	
Yci2	1		-70.09	2.0	-70.09	
Yci3	1		-88.09	3.0	-88.09	
Yci4	1		-106.09	4.0	-106.09	
Yci5	1		-124.09	5.0	-124.09	
Yci6	1		-142.09	6.0	-142.09	
X1		14		0.00		0.00
X2		5		9.53		47.63
Σ=	19	19			-352.77	47.63

$$\bar{Y} = \Sigma Ny / \Sigma N = -18.57 \text{ cm} \quad \bar{X} = \Sigma Nx / \Sigma N = 2.51 \text{ cm}$$

**CALCULO DE I<sub>p</sub>**

Row	No de torn. N torn dir y	No de torn. N torn dir x	dy	dx	No torn*dy <sup>2</sup>	No torn*dx <sup>2</sup>
Ycs1	1		101.09		10,219.19	
Ycs2	1		76.59		5,866.03	
Ycs3	1		52.09		2,713.37	
Ytb1	2		36.00		2,592.00	
Ytb2	2		18.00		648.00	
Ytb3	2		-18.00		648.00	
Ytb4	2		-36.00		2,592.00	
Ytb5	2		-36.00		2,592.00	
Yci1	1		-52.09		2,713.37	
Yci2	1		-70.09		4,912.61	
Yci3	1		-88.09		7,759.85	
Yci4	1		-106.09		11,255.09	
Yci5	1		-124.09		15,398.33	
Yci6	1		-142.09		20,189.57	
X1		14		0.00		0.00
X2		5		9.53		453.63
Σ=	19	19	-20.50	27.59	90,099.39	453.63

$$I_p = I_x + I_y = 90,553 \text{ cm}^4$$

$$M = P \cdot e = 4,043,643 \text{ kg-cm}$$

$$f_1 = P/n = 7,714 \text{ kg} \quad \text{EQ (1.1)}$$

$$f_m = M/I_p = 44.5 \text{ kg-cm} \quad \text{EQ (1.2)}$$

$$f_2 = M_x/I_p = 1,232 \text{ kg-cm}$$

$$f_3 = M_y/I_p = -6,345 \text{ kg-cm}$$

$$f_R = ((f_1 + f_2)^2 + f_3^2)^{1/2} = 10,968 \text{ kg-cm}$$

Resistencia a fricción

$$f_R = 10,968 \text{ kg/cm}^2 < 11,703 \text{ kg/cm}^2 \quad \therefore \text{OK} \quad 93.72\%$$

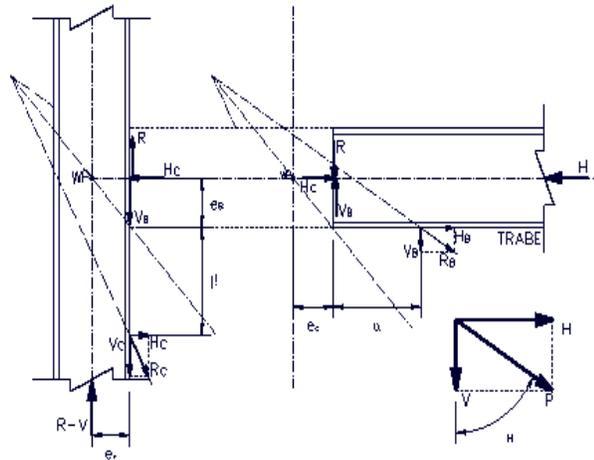
Revisión de la placa:

$$epl = 1.2Fu \cdot \phi = 15,537 \text{ kg} > f_R = 10,968 \text{ kg/cm}^2 \quad \therefore \text{OK} \quad 70.59\%$$

**Figura III.11. Datos de entrada.**

Después debemos de proponer el número de tornillos para la conexión del contraventeo de acuerdo a la resistencia de los tornillos, (ver figura III.12.).

**DISEÑO DE CONTRAVENTEIO TIPO (INFERIOR)**



**REVISIÓN DE LA SECCIÓN DEL CONTRAVENTEIO**

Cálculo de cargas:

Aconi= 199,924 kg

Aconi= 139,463 kg

Se propone  $\phi$  de tornillo clase de conexión= B

Factor de incremento por fricción= 1.52

Tipo: A490

Cuantos planos de corte= 1

Fu= 10,547 kg/cm<sup>2</sup>

$\phi$  = 1 1/2 in

ESTÁNDAR

$\phi$  = 3.81 cm

AG tor= 11.40 cm<sup>2</sup>

De la Tabla 1-D del ASD para tornillos A490

ARAZ tor= 8.52 cm<sup>2</sup>

De la Tabla 1-D del ASD para tornillos A490

ATEN tor= 9.10 cm<sup>2</sup>

De la Tabla 1-D del ASD para tornillos A490

Vfricción= 25,497 kg

De la Tabla 1-D del ASD para tornillos A490

N tor= P / Vfricción= 5.47  $\approx$  8 tornos

Donde:  $\phi$  = Diámetro nominal del tornillo (cm)

AG tor= Área del tornillo (cm<sup>2</sup>)

ARAZ tor= Área a cortante del tornillo (cm<sup>2</sup>)

ATEN tor= Área a tensión del tornillo (cm<sup>2</sup>)

Vfricción= Fuerza a fricción resistente (kg)

N tor= Número de tornillos

V= Fuerza por tornillo actuante (kg)

f<sub>v</sub>= Esfuerzo cortante resistente [por tornillo] (kg/cm<sup>2</sup>)

F<sub>v</sub>= Esfuerzo cortante actuante [por tornillo] (kg/cm<sup>2</sup>)

**PATIN:**

S<sub>q</sub>=sep mín entre tor= 3 $\phi$  = 11.43  $\approx$  11.50 cm

S<sub>p</sub>=sep mín tor a paño= Fact $\phi$  = 4.76  $\approx$  5.00 cm

Diámetro del barreno= $\phi_b$  =  $\phi$ +1/16= 1 9/16 in = 3.97 cm

tf con= 3.56 cm comprobando:

No de tor por línea = 2

No tor\*No de lín = No de tor

No de línea = 4

8 = 8

∴ OK

R<sub>pf</sub>= 1.2\*F<sub>y</sub>\*tfcon\* $\phi$ \*No tor\*No lín = 457,755 kg

R<sub>pf</sub>= 457,755 > 199,924 ∴ OK 43.67%

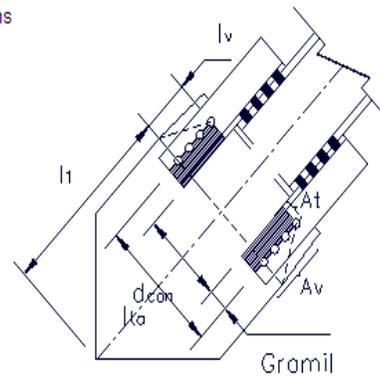
A<sub>v</sub>= No tor lín-1)\*S<sub>q</sub>+S<sub>p</sub>-((No tor lín-0.5)\* $\phi_b$ ))\*tf con\*No lín= 150.19 cm<sup>2</sup>

A<sub>t</sub>= (bf con-(2\*gramil+tw con+f))\*tf con\*2= 146.41 cm<sup>2</sup>

R<sub>tf con</sub>= 0.30A<sub>v</sub>Fu+0.5A<sub>t</sub>Fu= 540,460 kg

R<sub>tf con</sub> > P

540,460 > 199,924 ∴ OK 36.99%



**Figura III.12. Obtención de número de tornillos.**

A continuación se debe revisar los ángulos de conexión del contraventeo a la placa de conexión, revisar también en si a la placa de conexión del contraventeo por desgarre y principalmente revisarla a compresión, por la carga del contraventeo, (ver figura III.13).

**REVISIÓN DE LOS ANGULOS DE CONEXIÓN**

Propiedades del ángulo de conexión:

No de ang:	2LI	152x	152x	16	Tipo de acero:	A36
(Por patín)		Ag=	45.87	cm <sup>2</sup>	Fy=	2,531 kg/cm <sup>2</sup>
		Lang=	15.20	cm	Fu=	4,078 kg/cm <sup>2</sup>
		lang=	15.20	cm		
		tang=	1.59	cm		
		gramil L=	7.62	cm		2" = 5.08cm Dist mín para la herramienta
AT=	No áng*Ag*2=		183.48	cm <sup>2</sup>		
At=	AT-(No lín*tang)=		177.12	cm <sup>2</sup>		
	Ae= U*At=		150.55	cm <sup>2</sup>		U va de 1 a 0.75 ver en "TABLAS y REF"
Donde:	U=	0.85				2 sujetadores por línea en dirección a los esfuerzos
Sección total:	R <sub>GS</sub> = AT*0.6*Fy=		278,650	kg	R <sub>GS</sub> > P	
			278,650	>	199,924	∴ OK 71.75%
Sección neta:	R <sub>ns</sub> = Ae*0.5*Fu=		306,974	kg	R <sub>ns</sub> > P	
			306,974	>	199,924	∴ OK 65.13%

**Revisión de dimensionamiento de conexión de angulos al patín del contraventeo**

bf con > epl+(2*gra)+2Sp	31.70 > 28.42 ∴ OK
epl+(2*gra) > tw con+2*k1+(2*φ)	18.42 > 15.23 ∴ OK
bf con-(epl+(2*gra)) > 2Sp	15.83 > 10.00 ∴ OK

**REVISIÓN DE LA PLACA A CONECTARSE EL CONTRAVENTEIO**

Propongo: 1PL 925x 809x 32 Tipo acero: A36

Vpl=	92.52	cm	Propongo	Fy=	2,531 kg/cm <sup>2</sup>
Hpl=	80.93	cm	Propongo	Fu=	4,078 kg/cm <sup>2</sup>
epl=	3.18	cm			
Propongo φ de tornillo para	Aconi=	199,924	kg		
clase de conexión=	B				
Factor de incremento por fricción=	1.52				
Cuantos planos de corte=	2				
φ =	1 1/2	in			
φ =	3.81	cm			
AG tor=	11.40	cm <sup>2</sup>			De la Tabla 1-D del ASD para tornillos A490
ARAZ tor=	8.52	cm <sup>2</sup>			De la Tabla 1-D del ASD para tornillos A490
ATEN tor=	9.10	cm <sup>2</sup>			De la Tabla 1-D del ASD para tornillos A490
Vfricción=	25,497	kg			De la Tabla 1-D del ASD para tornillos A490
N tor= P / Vfricción=	2.73	≈	4	torns	
Sφ=sep mín entre tor=	3φ=	11.43	≈	12.00	cm
Sp=sep mín tor a paño=	Factφ=	4.76	≈	5.00	cm
Diámetro del barreno=φ <sub>c</sub> =	φ+1/16=	1 9/16	in	3.97	cm
	epl=	3.18	cm	comprobando:	
No de tor por línea =	2			No tor*No de lín =	No de tor
No de línea =	2			4 =	4 ∴ OK
Rp= 1.2*Fu*epl*φ*No tor=		236,785	kg		
	Rp > P	236,785	>	199,924	∴ OK 84.43%

**PLACA BAJO LOS ANGULOS DE CONEXIÓN:**

It=	Lang-gramil=	7.58	cm	
Av=	(((No tor lín-0.5)*Sφ)-((No tor lín-0.5)*φ <sub>c</sub> ))*epl*No lín=	25.50	cm <sup>2</sup>	
At=	((2*Gramil+d con)-((No lín-1)*φ <sub>c</sub> ))*epl=	146.28	cm <sup>2</sup>	
R <sub>t</sub> =	0.30AvFu+0.5AtFu=	329,451	kg	
	R <sub>t</sub> > P	329,451	>	199,924 ∴ OK 60.68%

**REVISIÓN A COMPRESION**

Lado opuesto:	500	cm	θ=	37.57°
Lado adyacente:	650	cm		
Ita=	dcon+(2*gramil)=	50.04	cm	
lv=	(No tor lín-1)*Sφ=	12.00	cm	
Lw=	(Lv*tan 30°)*2+Ita=	63.90	cm	
L1=		75.15	cm	Aproximado
fa=	P/(Lw*epl)=	985	kg/cm <sup>2</sup>	
kL1/r=	40.99	<	120 ∴ OK	34.16%
k=	0.50	ver "tabla y ref"		
epl=		3.18	cm	
I=		170.42	cm <sup>4</sup>	
A=		202.87	cm <sup>2</sup>	
r=	(I/A) <sup>1/2</sup> =	0.92	cm <sup>3</sup>	

$$F_a = \frac{\left[1 - \frac{(kl/r)^2}{2Cc^2}\right] F_y}{\frac{5}{3} + \frac{3(kl/r)}{8Cc} - \frac{(kl/r)^3}{8Cc^3}} = 1,344 \text{ kg/cm}^2$$

$$Cc = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{F_y}} = 126.10$$

Fa > fa	1,344	>	985	∴ OK	73.34%
E=	2,039,000	kg/cm <sup>2</sup>			

Figura III.13. Revisión de los ángulos y placa de conexión.

En esta parte se debe de obtener el número de tornillos que se requiere para la placa de conexión del contraventeo a la columna, (ver figura III.14.).

DISEÑO DE LA CONEXIÓN DEL CONTRAVENTEO A LA COLUMNA									
	$\theta =$	37.57°		$Spl = I/y =$	3,465.67 cm				
	$\tan\theta =$	0.7692		$bpl = epl =$	3.18 cm				
	$e_B = d\ tb/2 =$	30.85 cm		$hpl = Hpl =$	80.93 cm				
	$e_C = d\ col/2 =$	23.25 cm		$I = (bpl * hpl^3) / 12 =$	140,234 cm <sup>4</sup>				
$L1 =$	75.15 cm	$\alpha =$	40.46 cm	$y = Hpl/2 =$	40.46 cm				
$\beta =$	46.26 cm	$\gamma = V_B(\alpha - \beta) =$	278,928 kg-cm						
$\alpha =$	$(\beta * \tan\theta) + (e_B * \tan\theta) - e_C =$	36.06 cm	$Fb = 0.6Fy =$	1,519 kg/cm <sup>2</sup>	$Fb > fb$	5.30%			
$r =$	$((\alpha + e_C)^2 + (\beta + e_B)^2)^{1/2} =$	97.28 cm	$fb = M_B / Spl =$	80 kg/cm <sup>2</sup>	1,519 > 80	∴ OK			
CONEXIÓN A LA COLUMNA		$A_{con1} =$	199,924 kg	$A_{con1} =$	139,463 kg				
	$V_C = P^*(\beta/r) =$	95,065 kg		$V_C = P^*(\beta/r) =$	66,316 kg				
	$H_C = P^*(e_C/r) =$	47,781 kg		$H_C = P^*(e_C/r) =$	33,331 kg				
CONEXIÓN A LA TRABE		$V_B = P^*(e_B/r) =$	63,399 kg	$V_B = P^*(e_B/r) =$	44,226 kg				
	$H_B = P^*(\alpha/r) =$	74,115 kg		$H_B = P^*(\alpha/r) =$	51,701 kg				
PLACA A LA COLUMNA Revisión de los tornillos (barrenos con oblongos cortos)									
1,352.087 kips	$A_{plastami}$	$V_{act} =$	95,065 kg	$F_{fricción}:$	$V_{act} =$	66,316 kg	943.1891 kips		
679.572 kips		$T_{act} =$	47,781 kg	$T+J678_{act} =$	33,331 kg	474.0556 kips			
	$T_B =$	109,634 kg							
Propongo $\phi$ de tornillo									
	clase de conexión =	B							
	Factor de incremento por fricción =	1.52							
	Cuantos planos de corte =	1							Tipo: A490
	$\phi =$	1 in							$F_u = 10,547\ kg/cm^2$
	$\phi =$	2.54 cm							ESTÁNDAR
	AG tor =	5.07 cm <sup>2</sup>							De la Tabla 1-D del ASD para tornillos A490
	ARAZ tor =	3.63 cm <sup>2</sup>							De la Tabla 1-D del ASD para tornillos A490
	ATEN tor =	3.91 cm <sup>2</sup>							De la Tabla 1-D del ASD para tornillos A490
	$V_{fricción} =$	11,340 kg							De la Tabla 1-D del ASD para tornillos A490
$N\ tor =$	$P / V_{fricción} =$	5.85	≈	10	torns				
$S\phi = sep\ mín\ entre\ tor =$	3.0 $\phi$	7.62	≈	21.00	cm	$sl = 7.62\ cm$			
$S_p = sep\ mín\ tor\ a\ paño =$	$Fact\phi =$	3.20	≈	3.20	cm				
Diámetro del barreno = $\phi_o =$	$\phi + 1/16 =$	1 1/16 in		2.70	cm				
	$epl =$	3.18 cm	comprobando:						
No de tor por línea =	5	No tor * No de lín =	No de tor						
No de línea =	2	10 =	10	∴ OK					
	$V_{pl-1.905} =$	90.61	cm						
	$S\phi^*(No\ tor\ lín-1) + 2Sp <$	$V_{pl}$							
	90.40 <	90.61	∴ OK						
$V_{bpt} =$	$V_{act}/No\ tor =$	9,507 kg	<	$V_r =$	9,979 kg				
	$V_r > V_{bpt}$	9,979 >	9,507	∴ OK	95.27%				
$T_{bpt} =$	$H_{act}/No\ tor =$	4,778 kg		$B = 4,780 - 1.8fv =$	1,403 kg/cm <sup>2</sup>				
				$B <$	3,797 kg/cm <sup>2</sup>				
	$B * A_{RAIZ\ TOR} >$	$T_{bpt}$							
	5,485 >	4,778	∴ OK	87.11%					
	$f_v = V_{bpt}/A_G =$	1,876 kg							

Figura III.14. Diseño de la placa del contraventeo a la columna.

Para después revisar los ángulos de dicha conexión, recordar que en este caso el contraventeo se conecta al patín de la columna por lo que la placa de conexión del contraventeo se logra con dos ángulos que llegan al patín de la columna y se atornilla, (ver figura III.15).

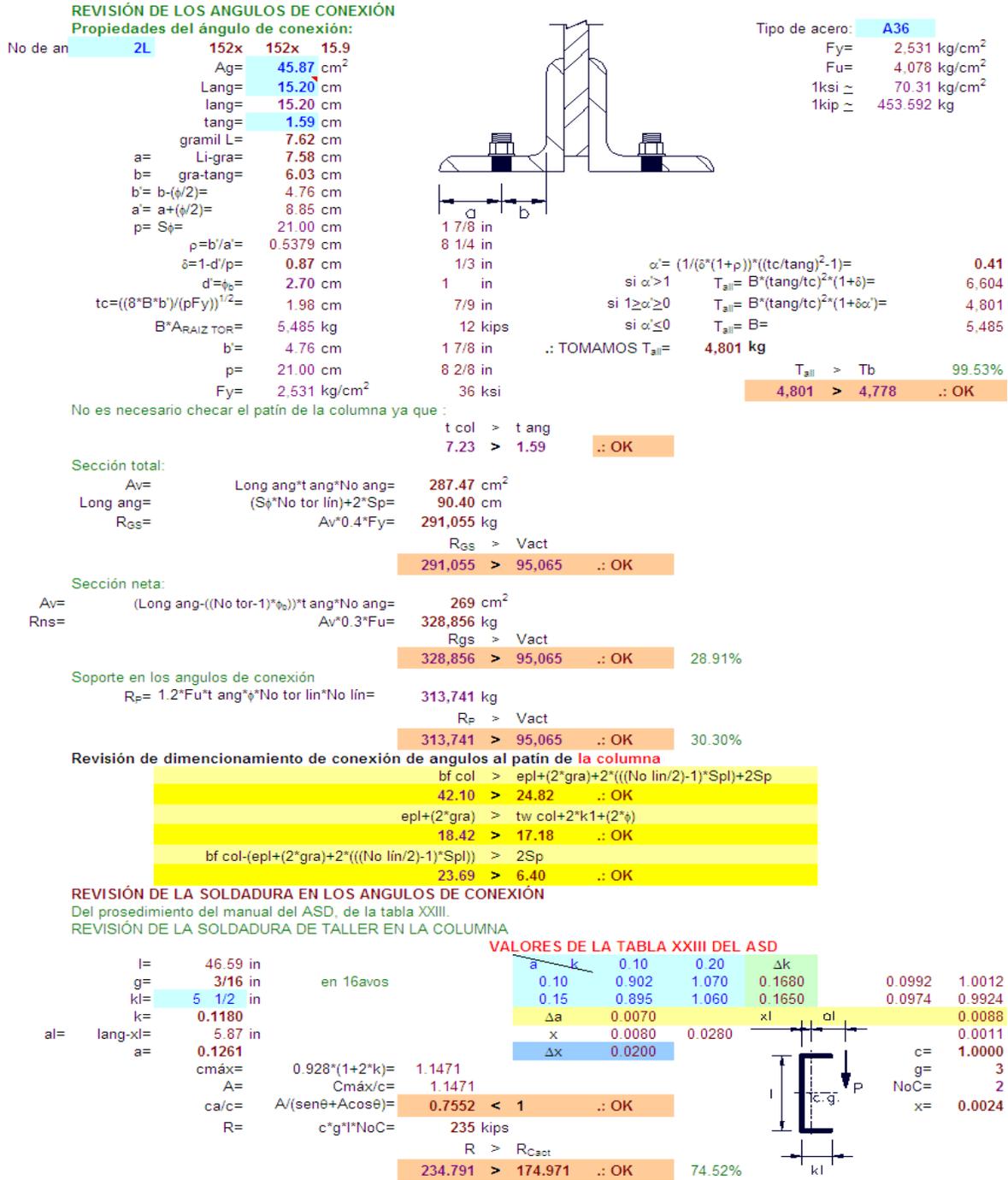


Figura III.15. Diseño de la placa del contraventeo a la columna; revisión de ángulos de conexión.

Y por último debemos de revisar la soldadura de la placa de conexión a la trabe, ver figura III.16).

**REVISIÓN DE LOS ESFUERZOS EN LA PLACA DE CONEXIÓN (A LA TRABE)**

$epl =$	3.18 cm	$\approx$	1 2/8 in	
$f_v = H_B / (epl * Long\ pl) =$	197 kg/cm <sup>2</sup>	$\approx$	2.806 ksi	2
$Long\ pl =$	118.34 cm			
$F_v = 0.4F_y =$	<b>1,012</b>	$>$	197	19.48% <b>.. OK</b>
$f_a = V_B / (epl * Long\ pl) =$	169 kg/cm <sup>2</sup>	$\approx$	2.400 ksi	
$F_v = 0.6F_y =$	<b>1,519</b>	$>$	169	11.11% <b>.. OK</b>

Esfuerzo en la soldadura

$f_r = (epl/2) * (f_v^2 + f_a^2)^{1/2} =$	412 kg/cm	$\approx$	2.307 kips/in	
Garganta de la soldadura:	$f_r / 0.928 =$	2.49 en 16avos		
Factor de ductilidad:	$1.4 * g =$	3.48 en 16avos	4/16 in	

Por lo tanto requerimos una garganta de : **6 mm** ó **3 mm**

**Tomar en cuenta lo siguiente solo y solo si la trabe no soporta la conexión a la columna** **NO APLICA**

Hact =	47,781 kg	b =	1 cm	unidad	$V_{sob}/A_{\pm Mv}/S =$	
$V_{sob}$ por lado =	-4,791 kg	$h = bpl =$	80.93 cm		$V_{sob}/A + Mv/S =$	-217 kg/cm <sup>2</sup>
$\alpha =$	36.06 cm	$y = bpl/2 =$	40.46 cm		$V_{sob}/A - Mv/S =$	99 kg/cm <sup>2</sup>
$\Delta Mv = V_{sob} * \alpha =$	-172,770 kg-cm	$A = b * h =$	80.93		$V_{sob}/A =$	-59 kg/cm <sup>2</sup>
$S = I/y =$	1,091.55 cm <sup>3</sup>				$Mv/S =$	-158 kg/cm <sup>2</sup>
$I = b * h^3 / 12 =$	44,168 cm <sup>4</sup>				$(V_{sob}/A_{\pm Mv}/S) * b =$	99 kg

**REVISIÓN DE LA SOLDADURA EN LOS ANGULOS DE CONEXIÓN**  
Del procedimiento del manual del ASD, de la tabla XXIII.

**REVISIÓN DE LA SOLDADURA DE TALLER EN LA COLUMNA**

**VALORES DE LA TABLA XXIII DEL ASD**

$l =$	35.59 in	$a$	$k$	0.10	0.20	$\Delta k$		
$g =$	4/16 in			0.15	0.895	1.060	0.1650	0.1275 1.0225
$kl =$	5 1/2 in			0.20	0.865	1.020	0.1550	0.1198 0.9848
$k =$	0.1545			$\Delta a$	0.0300		$xl$	0.0377
$al = lang - xl =$	5.87 in			$x$	0.0080	0.0280		0.0028
$a =$	0.1651			$\Delta x$	0.0200			

$cm_{\max} = 0.928 * (1 + 2 * k) =$	1.2148				$c =$	1.0197
$A =$	$cm_{\max} / c =$	1.1914			$g =$	4
$ca/c = A / (\text{sen}\theta + A \text{cos}\theta) =$	0.7666	$<$	1	<b>.. OK</b>	NoC =	2
$R =$	$c * g * l * NoC =$	274 kips			$x =$	0.0031
	$R > R_{Cact}$	<b>274.318</b>	$>$	234.695	<b>.. OK</b>	85.56%

**REVISIÓN DE LOS ESFUERZOS EN LA PLACA DE CONEXIÓN (A LA TRABE)**

$epl =$	3.18 cm	$\approx$	1 2/8 in	
$f_v = V_{act} / (epl * Long\ pl) =$	332 kg/cm <sup>2</sup>	$\approx$	4.716 ksi	
$Long\ pl =$	90.40 cm			
$F_v = 0.4F_y =$	<b>1,012</b>	$>$	332	32.75% <b>.. OK</b>
$f_a = V_B / (epl * Lol * Long\ pl) =$	166 kg/cm <sup>2</sup>	$\approx$	2.368 ksi	
$F_a = 0.6F_y =$	<b>1,519</b>	$>$	166	10.96% <b>.. OK</b>

Esfuerzo en la soldadura

$f_r = (epl/2) * (f_v^2 + f_a^2)^{1/2} =$	589 kg/cm	$\approx$	3.298 kips/in
Garganta de la soldadura:	$f_r / 0.928 =$	3.55 en 16avos	
Factor de ductilidad:	$1.4 * g =$	4.98 en 16avos	5/16 in

Por lo tanto requerimos una garganta de : **8 mm** ó **4 mm**

**Figura III.16. Diseño de la placa del contraventeo a la columna; revisión de la placa de conexión.**

Ahora, debemos de diseñar la conexión de la trabe a lo columna, por lo que debemos de obtener el número de tornillos; nuevamente recordar que estamos conectando la placa a el patín de la columna, y esto lo logramos con ángulos que se sueldan a la placa y se atornillan a la columna, (ver figura III.17.).

### DISEÑO DE LA CONEXIÓN DE LA TRABE A LA COLUMNA

Cálculo de fuerzas que actuan en la conexión:

Ya calculada anteriormente	$V_{B1} = 63,399$ kg	$V_{B1} = 44,226$ kg
Ya calculada anteriormente	$H_{B1} = 74,115$ kg	$H_{B1} = 51,701$ kg
	$V_{B5} = 37,834$ kg	$V_{B5} = 22,224$ kg
	$H_{B5} = 71,537$ kg	$H_{B5} = 42,022$ kg
Dato obtenido del RISA	$R = V_{ytb} = 2,844$ kg	$R = V_{ytb} = 2,844$ kg
Dato obtenido del RISA	$T_B = A_{tb} = -109,634$ kg	$T_B = A_{tb} = -74,718$ kg
	$V_{B1} + V_{B5} + R = 104,078$ kg	$V_{B1} + V_{B5} + R = 69,294$ kg
	$H_{B1} + H_{B5} + T_B = -107,056$ kg	$H_{B1} + H_{B5} + T_B = -65,038$ kg
1,480.269 kips	Aplastami $V_{act} = 104,078$ kg	Fricción: $V_{act} = 69,294$ kg
1,522.628 kips	$H_{act} = 107,056$ kg	$H_{act} = 65,038$ kg
	$T_B = 109,634$ kg	$T_B = 74,718$ kg
Propongo $\phi$ de tornillo	clase de conexión = B	Tipo: A490
	Factor de incremento por Fricción = 1.52	$F_u = 10,547$ kg/cm <sup>2</sup>
	Cuantos planos de corte = 1	ESTÁNDAR
	$\phi = 1$ in	
	$\phi = 2.54$ cm	
	AG tor = 5.07 cm <sup>2</sup>	De la Tabla 1-D del ASD para tornillos A490
	ARAZ tor = 3.63 cm <sup>2</sup>	De la Tabla 1-D del ASD para tornillos A490
	ATEN tor = 3.91 cm <sup>2</sup>	De la Tabla 1-D del ASD para tornillos A490
	$V_{fricción} = 11,340$ kg	De la Tabla 1-D del ASD para tornillos A490
	Factor de reducción para la fuerza de fricción resistente = $1 - f_t(A_B/T_B) = 0.81$	
	$T_b = 4,498$ kg	
	$V_{fricción} = 9,198$ kg	
N tor =	$F_{za Act} / V_{fricción} = 7.53 \approx 16$ tornos	
$S_{\phi} = \text{sep mín entre tor} = 3.0\phi = 7.62$ cm	$\approx 15.50$ cm	$spl = \text{sep lin} = 7.62$ cm
$S_p = \text{sep mín tor a pañor} = 3.20$ cm	$\approx 3.20$ cm	
Diámetro del barreno = $\phi + 1/16 = 1 \ 1/16$ in	2.70 cm	
No de tor por línea = 4	No tor * No de lin = 16	No de tor = 16
No de línea = 4		<b>∴ OK</b>
comprobando:	$S_{\phi} * (\text{No tor lin} - 1) + 2S_p < d_{tb} - (2k + 5.08)$	
	52.90 < 53.50 ∴ OK	
$V_{bpt} =$	$V_{act} / \text{No tor} = 6,505$ kg	$V_r = 9,979$ kg
	$V_r > V_{bpt}$	
	9,979 > 6,505 ∴ OK	65.19%
$T_{bpt} =$	$T_b / \text{No tor} = 6,852$ kg	$B = 4,780 - 1.8f_v = 1,785$ kg/cm <sup>2</sup>
		$B < 3,797$ kg/cm <sup>2</sup>
	$B * T_{tor} > T_{bpt}$	
	6,979 > 6,852 ∴ OK	98.18%
$f_v =$	$V_{bpt} / A_T = 1,664$ kg	

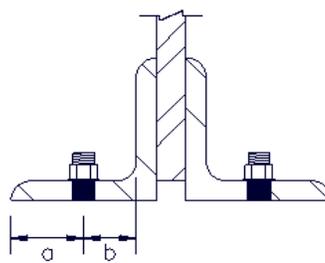
Figura III.17. Diseño de la conexión de la trabe.

Y también revisamos a los ángulos que logran esa conexión, ya que ellos deben de soportar las cargas que interactúan, por que es importante su revisión, (ver figura III.18.).

Después debemos de revisar la placa de conexión, (ver figura III.19).

**REVISIÓN DE LOS ANGULOS DE CONEXIÓN**  
**Propiedades del ángulo de conexión:**

No de an	2L	203x	203x	22.22
		Ag=	85.16	cm <sup>2</sup>
		Lang=	20.30	cm
		lang=	20.30	cm
		tang=	2.22	cm
		gramil L=	8.26	cm
a=		Li-gra=	12.05	cm
b=		gra-tang=	6.03	cm
b'=		b-(φ/2)=	3.50	cm
a'=		a+(φ/2)=	14.58	cm
p=		Sφ=	16.00	cm
		ρ=b'/a'=	0.2400	cm
		δ=1-d'/p=	0.03	cm
		d'=φ <sub>c</sub> =	15.50	cm
tc=		((8*B*b')/(pFy)) <sup>1/2</sup> =	2.20	cm
B*ARAIZ TOR=			6,979	kg
		b'=	3.50	cm
		p=	16.00	cm
		Fy=	2,531	kg/cm <sup>2</sup>



Tipo de acero: **A36**

Fy= 2,531 kg/cm<sup>2</sup>

Fu= 4,078 kg/cm<sup>2</sup>

1ksi ≈ 70.31 kg/cm<sup>2</sup>

1kip ≈ 453.592 kg

		α' = (1/(δ*(1+ρ))) * ((tc/tang) <sup>2</sup> - 1) =	-0.59
		si α' > 1	T <sub>all</sub> = B*(tang/tc) <sup>2</sup> *(1+δ) = 7,365
		si 1 ≥ α' ≥ 0	T <sub>all</sub> = B*(tang/tc) <sup>2</sup> *(1+δ*α') = 7,011
		si α' ≤ 0	T <sub>all</sub> = B = 6,979
		∴ TOMAMOS T <sub>all</sub> =	<b>6,979 kg</b>
		T <sub>all</sub> > T <sub>b</sub>	98.18%
		<b>6,979 &gt; 6,852</b>	∴ OK

No es necesario checar el patín de la columna ya que :

t col > t ang	7.23 > 2.22	∴ OK
---------------	-------------	------

**REVISIÓN DE LOS ANGULOS DE CONEXIÓN**

Sección total:

Av=	Long ang*t ang*No ang=	235.09	cm <sup>2</sup>
	(Sφ*No tor lín)+2*Sp=	52.90	cm
R <sub>GS</sub> =	Av*0.4*Fy=	238,018	kg
	R <sub>GS</sub> > V <sub>b</sub>	238,018 > 63,399	∴ OK

Sección net

Av=	(Long ang-((No tor-1)*φ <sub>b</sub> ))*t ang*No ang=	199	cm <sup>2</sup>
R <sub>ns</sub> =	Av*0.3*Fu=	243,587	kg
	R <sub>ns</sub> > V <sub>b</sub>	243,587 > 63,399	∴ OK

26.03%

Soporte en los ángulos de conexión

Revisión del tornillo superior (o inferior)

rp1=	0.5*Fu*Sp*tang*No tor*No lín=	231,969	kg
------	-------------------------------	---------	----

Revisión de los demás tornillos

rp2=	1.2*Fu*t ang*φ*(No tor lín-1)*No lín=	331,425	kg
R <sub>p</sub> =	rp1+rp2=	563,394	kg
	R <sub>p</sub> > V <sub>b</sub>	563,394 > 63,399	∴ OK

11.25%

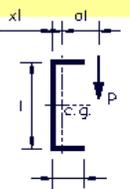
Revisión de dimensionamiento de conexión de angulos al patín de la columna

bf col > tw tb+(2*gra)+2*((No lín/2-1)*Spl)+2Sp	42.10 > 39.46	∴ OK
epl+(2*gra) > tw col+2*k1+(2*φ)	19.69 > 17.18	∴ OK
bf col-(tw tb+(2*gra)+2*((No lín/2-1)*Spl)) > 2Sp	9.04 > 6.40	∴ OK

**REVISIÓN DE LA SOLDADURA EN LOS ANGULOS DE CONEXIÓN**  
 Del prosedimiento del manual del ASD, de la tabla XXIII.  
 REVISIÓN DE LA SOLDADURA DE TALLER EN LA COLUMNA

**VALORES DE LA TABLA XXIII DEL ASD**

l=	31.10	in				
g=	5/16	in	en 16avos			
kl=	7 1/2	in				
k=	0.2411					
lang-xl=	7.78	in				
a=	0.2502					
cmáx=	0.928*(1+2*k)=	1.3756				
	cmáx/c=	1.2609				
ca/c=	A/(senθ+Acosθ)=	0.7836	< 1	∴ OK		
R=	c*g*1*NoC=	342	kips			
	R > R <sub>Cact</sub>	341.974 > 214.961	∴ OK	62.86%		



c= 1.0909

g= 5

NoC= 2

x= 0.0068

Figura III.18. Diseño de la conexión de la trabe; revisión de ángulos de conexión.

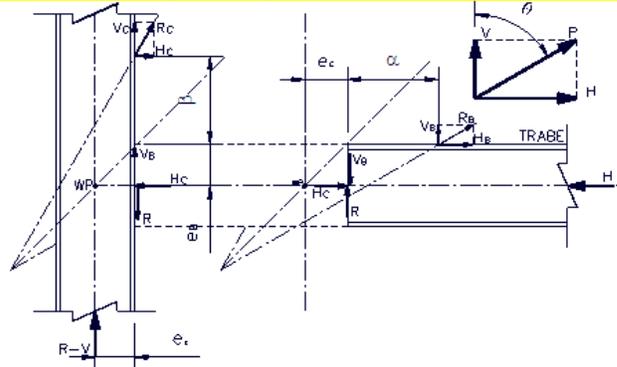
**REVISIÓN DE LOS ESFUERZOS EN LA PLACA DE CONEXIÓN (A LA TRABE)**

	tw tb=	1.31 cm		4/8 in	
f <sub>v</sub> =	Vact/(tw tb*Long pl)=	1,288 kg/cm <sup>2</sup>	≥	18.314 ksi	
	Long tw tb=d tb=	61.70 cm			
	Fa=0.4F <sub>y</sub> =	> f <sub>v</sub>			
		1,406 > 1,288	∴ OK		91.57%
fa=	Hact/(tw tb*Long pl)=	1,325 kg/cm <sup>2</sup>	≥	18.838 ksi	
	Fv=0.6F <sub>y</sub> =	> fa			
		1,519 > 1,325	∴ OK		87.21%
<b>REVISIÓN DE LOS ESFUERZOS EN LOS ANGULOS DE CONEXIÓN</b>					
t áng*No áng=		4.44 cm		1 6/8 in	
f <sub>v</sub> =	Vact/(tang*No ang*Long pl)=	296 kg/cm <sup>2</sup>	≥	4.216 ksi	
	Long pl=	79.00 cm			
	Fv=0.4F <sub>y</sub> =	> f <sub>v</sub>			
		1,012 > 296	∴ OK		29.28%
fa=	Hact/(tang*No ang*Long pl)=	305 kg/cm <sup>2</sup>	≥	4.337 ksi	
	Fa=0.6F <sub>y</sub> =	> fa			
		1,519 > 305	∴ OK		20.08%
<b>Esfuerzo en la soldadura</b>					
f <sub>r</sub> =	(tw tb/2)*(f <sub>v</sub> <sup>2</sup> +fa <sup>2</sup> ) <sup>1/2</sup> =	1,210 kg/cm	≥	6.775 kips/in	
	Garganta de la soldadura:	f <sub>r</sub> /0.928=		7.30 en 16avos	
	Factor de Ricardo:	1.4*g=		10.22 en 16avos	10/16 in
Por lo tanto requerimos una garganta de :		16 mm	ó	8 mm por lado	

**Figura III.19. Diseño de la conexión de la trabe; revisión de la placa de conexión.**

Las siguientes figuras (del III.20. a la III.24.) son el mismo proceso que las figuras (del III.12. a la III.16.).

**DISEÑO DE CONTRAVENTE TIPO (SUPERIOR)**



Tipo de acero: **A992**  
 Fy= **3,516 kg/cm<sup>2</sup>**  
 Fu= **4,570 kg/cm<sup>2</sup>**

**Propiedades de la columna, trabe y contraventeo:**

<b>COLUMNA=</b> W14x398	<b>TRABE=</b> W24x94	<b>CONTRAVENTEO=</b> W12x65
Ag col= 754.90 cm <sup>2</sup>	Ag tb= 178.70 cm <sup>2</sup>	Ag cons= 123.20 cm <sup>2</sup>
d col= 46.50 cm	d tb= 61.70 cm	d cons= 30.80 cm
tw col= 4.50 cm	tw tb= 1.31 cm	tw cons= 0.99 cm
bf col= 42.10 cm	bf tb= 23.00 cm	bf cons= 30.50 cm
tf col= 7.23 cm	tf tb= 2.22 cm	tf cons= 1.54 cm
k1col= 3.80 cm	k1 tb= 2.50 cm	k1 cons= 2.10 cm
k col= 8.90 cm	k tb= 4.10 cm	k cons= 3.30 cm

**REVISIÓN DE LA SECCIÓN DEL CONTRAVENTE**

**Cálculo de cargas:** Acons= **126,128 kg**      Acons= **74,089 kg**

Propongo  $\phi$  de tornillo para patines

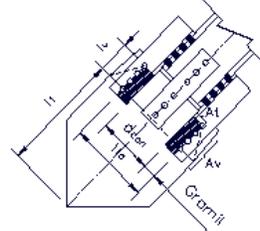
clase de conexión= **B**  
 Factor de incremento por fricción= **1.52**  
 Cuantos planos de corte= **1**  
 $\phi$  = **1 1/2 in**  
 $\phi$  = **3.81 cm**  
 Tipo: **A490**  
 Fu= **10,547 kg/cm<sup>2</sup>**  
**ESTÁNDAR**

AG tor= **11.40 cm<sup>2</sup>**      De la Tabla 1-D del ASD para tornillos A490  
 ARAIZ tor= **8.52 cm<sup>2</sup>**      De la Tabla 1-D del ASD para tornillos A490  
 ATEN tor= **9.10 cm<sup>2</sup>**      De la Tabla 1-D del ASD para tornillos A490  
 Vfricción= **25,497 kg**      De la Tabla 1-D del ASD para tornillos A490  
**N tor= P / Vfricción= 2.91  $\approx$  8 tornos**

Donde:  $\phi$  = Diámetro nominal del tornillo (cm)  
 AG tor= Área del tornillo (cm<sup>2</sup>)  
 ARAIZ tor= Área a cortante del tornillo (cm<sup>2</sup>)  
 ATEN tor= Área a tensión del tornillo (cm<sup>2</sup>)  
 Vfricción= Fuerza a fricción resistente (kg)  
 N tor= Número de tornillos  
 V= Fuerza por tornillo actuante (kg)  
 fv= Esfuerzo cortante resistente [por tornillo] (kg/cm<sup>2</sup>)  
 Fv= Esfuerzo cortante actuante [por tornillo] (kg/cm<sup>2</sup>)

**PATIN:**

$S_{\phi}$ =sep mín entre tor= **3.0 $\phi$**  = **11.43  $\approx$  11.50 cm**  
 Sp=sep mín tor a pañor= Fact $\phi$ = **4.76  $\approx$  5.00 cm**  
 Diámetro del barreno= $\phi_b$ =  $\phi+1/16$ = **1 9/16 in** = **3.97 cm**  
 tf con= **1.54 cm** comprobando:  
 No de tor por línea = **2**      No tor\*No de lín =      No de tor  
 No de línea = **4**      **8 = 8**      **:: OK**  
 Rpf=  $1.2*F_y*tf*\phi$ \*No tor= **198,018 kg**  
 Rpf= > P  
**198,018 > 126,128 :: OK**      **63.70%**  
 Av= No tor (lín-1)\* $S_{\phi}$ +Sp)-((No tor lín-0.5)\* $\phi_b$ ))\*tf con\*No lín= **64.97 cm<sup>2</sup>**  
 At= (bf con-(2\*gramil+tw con+ $\phi_b$ ))\*tf con\*2= **63.46 cm<sup>2</sup>**  
 Rtf con=  $0.30AvFu+0.5AtFu$ = **234,076 kg**  
 Rtf con > P  
**234,076 > 126,128 :: OK**      **53.88%**



**Figura III.20. Obtención de número de tornillos.**

**REVISIÓN DE LOS ANGULOS DE CONEXIÓN**

Propiedades del ángulo de conexión:

No de ángos:	2L	152x	152x	16	
(Por patín)		Ag=	45.87	cm <sup>2</sup>	
		Lang=	15.20	cm	
		lang=	15.20	cm	
		tang=	1.59	cm	
		gramil L=	7.62	cm	2" = 5.08cm Dist mín para la herramienta
AT=	No ang*Ag*2=		183.48	cm <sup>2</sup>	
At=	AT-(No lin*tang)=		177.12	cm <sup>2</sup>	
	Ae=	U*At=	132.84	cm <sup>2</sup>	U va de 1 a 0.75 ver en "TABLAS y REF"
Donde:		U=	0.75		2 sujetadores por línea en dirección a los esfuerzos

Tipo de acero:	A36
Fy=	2,531 kg/cm <sup>2</sup>
Fu=	4,078 kg/cm <sup>2</sup>

Sección total:	R <sub>GS</sub> =AT*0.6*Fy=	278,650	kg	R <sub>GS</sub> > P	
		278,650		>	126,128 ∴ OK 45.26%
Sección neta:	R <sub>ns</sub> =Ae*0.5*Fu=	270,859	kg	R <sub>ns</sub> > P	
		270,859		>	126,128 ∴ OK 46.57%

**Revisión de dimensionamiento de conexión de angulos al patín del contraenteo**

bf con	>	epl+(2*gra)+2Sp	
30.50	>	27.15	∴ OK
epl+(2*gra)	>	tw con+2*k1+(2*φ)	
17.15	>	12.81	∴ OK
bf con-(epl+(2*gra))	>	2Sp	
13.36	>	10.00	∴ OK

**REVISIÓN DE LA PLACA A CONECTARSE EL CONTRAVENTEO**

Propongo:	1PL	635x	855x	19	
		Vpl=	63.54	cm	Propongo
		Hpl=	85.46	cm	Propongo
		epl=	1.91	cm	3/4 in
Propongo φ de tornillo para		Acons=	126,128	kg	
		clase de conexión=	B		
Factor de incremento por fricción=			1.52		
Cuantos planos de corte=			2		
		φ =	1 1/2 in		
		φ =	3.81	cm	
		AG tor=	11.40	cm <sup>2</sup>	De la Tabla 1-D del ASD para tornillos A490
		ARAZ tor=	8.52	cm <sup>2</sup>	De la Tabla 1-D del ASD para tornillos A490
		ATEN tor=	9.10	cm <sup>2</sup>	De la Tabla 1-D del ASD para tornillos A490
		Vfricción=	25,497	kg	De la Tabla 1-D del ASD para tornillos A490
N tor=	P / Vfricción=		1.45	≈	4 tornos
					2 tornillos en los angulos de conexión del patin
					2 Lineas de tornillos en angulos
Rp=	1.2*Fu*epl*φ*No tor=		142,071	kg	

Tipo acero:	A36
Fy=	2,531 kg/cm <sup>2</sup>
Fu=	4,078 kg/cm <sup>2</sup>

Tipo:	A490
Fu=	10,547 kg/cm <sup>2</sup>
	ESTÁNDAR

De la Tabla 1-D del ASD para tornillos A490  
 De la Tabla 1-D del ASD para tornillos A490  
 De la Tabla 1-D del ASD para tornillos A490  
 De la Tabla 1-D del ASD para tornillos A490

Rp	>	P	
142,071	>	126,128	∴ OK 88.78%

**PLACA BAJO LOS ANGULOS DE CONEXIÓN:**

Ita=	Lang-gramil=	7.58	cm
Av=	(No tor lín-0.5)*S <sub>φ</sub> *-((No tor lín-0.5)*φ <sub>b</sub> ))*epl*No lín=	14.35	cm <sup>2</sup>
At=	((2*Gramil+d con)-((No lín-1)*φ <sub>b</sub> ))*epl=	80.15	cm <sup>2</sup>
R <sub>t</sub> =	0.30AvFu+0.5AtFu=	468,022	kg

R <sub>t</sub>	>	P	
468,022	>	126,128	∴ OK 26.95%

**SECCIÓN ADICIONAL DE ESFUERZO**

Ita=	dcon+(2*gramil)=	46.04	cm
Lw=	((No tor-1)*S <sub>φ</sub> *tan 30°)*2+Ita=	59.32	cm
Rw=	Lw*epl*0.6*Fy=	171,617	kg

Rw=	>	P	
171,617	>	126,128	∴ OK 73.49%

**REVISIÓN A COMPRESIÓN**

Lado opuesto:	500	cm	
Lado adyacente:	384	cm	
θ=	52.49°		
Ita=	dcon+(2*gramil)=	46.04	cm
Lv=	(No tor lín-1)*S <sub>φ</sub> =	11.50	cm
Lw=	(Lv*tan 30°)*2+Ita=	59.32	cm
L1=		47.99	cm
fa=	P/(Lw*epl)=	1,116	kg/cm <sup>2</sup>
kL1/r=	43.64	<	120 ∴ OK 36.36%
k=		0.50	ver "tabla y ref"
epl=		1.91	cm
I=		34.17	cm <sup>4</sup>
A=		113.00	cm <sup>2</sup>
r=	(I/A) <sup>1/2</sup> =	0.55	cm <sup>3</sup>

$$F_a = \frac{\left[1 - \frac{(kl/r)^2}{2Cc^2}\right] F_y}{\frac{5}{3} + \frac{3(kl/r)}{8Cc} - \frac{(kl/r)^3}{8Cc^3}} = 1,328 \text{ kg/cm}^2$$

$$Cc = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{F_y}} = 126.10$$

F <sub>a</sub>	>	f <sub>a</sub>	
1,328	>	1,116	∴ OK 84.02%

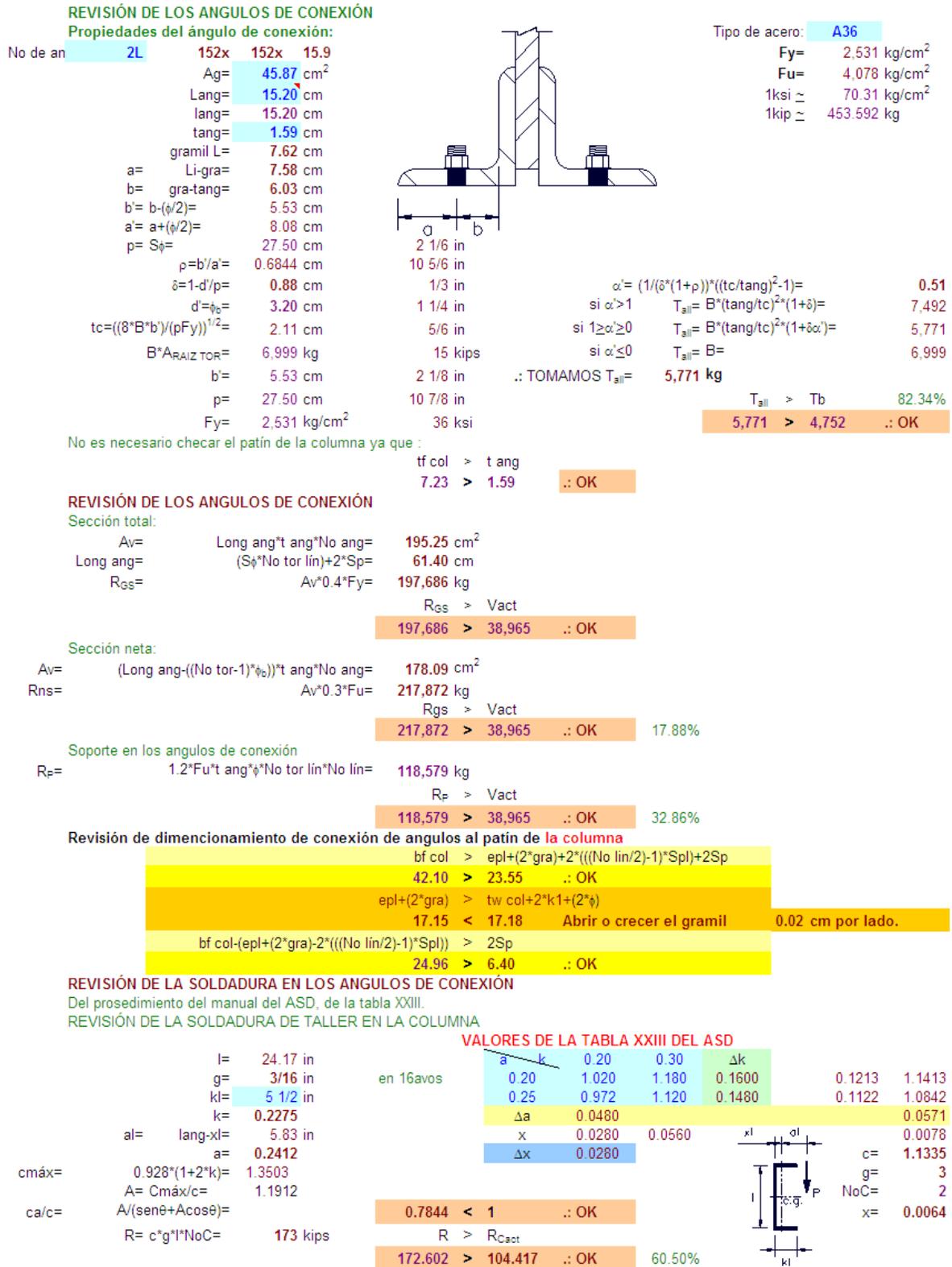
E= 2,039,000 kg/cm<sup>2</sup>

**Figura III.21. Revisión de los ángulos y placa de conexión.**

**DISEÑO DE LA CONEXIÓN DEL CONTRAVENTE A LA COLUMNA**

	$\theta =$	52.49°	$Spl=I/y =$	2,318.92 cm	
	$\tan\theta =$	1.3028	$bpl=ep =$	1.91 cm	
	$d\ tb/2$	$e_B =$	30.85 cm	$hpl=Hpl =$	85.46 cm
	$d\ col/2$	$e_C =$	23.25 cm	$I=(bpl*hpl^3)/12 =$	99,089 cm <sup>4</sup>
L1=	47.99 cm	$\alpha =$	42.73 cm	$y=Hpl/2 =$	42.73 cm
$\beta =$	31.77 cm	$\gamma = V_B(\alpha - \beta) =$	590,225 kg-cm		
	$\alpha = \beta*\tan\theta + (e_B*\tan\theta) - e_C =$	58.33 cm	$F_b = 0.6F_y =$	1,519 kg/cm <sup>2</sup>	$F_b > f_b$ 16.76%
	$r = ((\alpha + e_C)^2 + (\beta + e_B)^2)^{1/2} =$	102.84 cm	$f_b = M_B/Spl =$	255 kg/cm <sup>2</sup>	1,519 > 255 ∴ OK
<b>CONEXIÓN A LA COLUMNA</b>	<b>Acons=</b>	126,128 kg	<b>Aconi=</b>	74,089 kg	
	$V_C = P*(\beta/r) =$	38,965 kg	$V_{CS} = P*(\beta/r) =$	22,888 kg	
	$H_C = P*(e_C/r) =$	28,514 kg	$H_{CS} = P*(e_C/r) =$	16,749 kg	
<b>CONEXIÓN A LA TRABE</b>	$V_B = P*(e_B/r) =$	37,834 kg	$V_{BS} = P*(e_B/r) =$	22,224 kg	
	$H_B = P*(\alpha/r) =$	71,537 kg	$H_{BS} = P*(\alpha/r) =$	42,022 kg	
<b>PLACA A LA COLUMNA</b>	Revisión de los tornillos (barrenos con oblongos cortos)				
	<b>Aplastamiento:</b>	<b>Vact=</b>	38,965 kg	<b>Fricción:</b>	<b>Vact=</b>
		<b>Tact=</b>	28,514 kg		<b>Tact=</b>
		<b>T<sub>B</sub>=</b>	109,634 kg		
Propongo $\phi$ de tornillo	clase de conexión=	B		Tipo:	A490
	Factor de incremento por fricción=	1.52		$F_u =$	10,547 kg/cm <sup>2</sup>
	Cuantos planos de corte=	1		ESTÁNDAR	
	$\phi =$	1 in			
	$\phi =$	2.54 cm			
	AG tor=	5.07 cm <sup>2</sup>		De la Tabla 1-D del ASD para tornillos A490	
	ARAZ tor=	3.63 cm <sup>2</sup>		De la Tabla 1-D del ASD para tornillos A490	
	ATEN tor=	3.91 cm <sup>2</sup>		De la Tabla 1-D del ASD para tornillos A490	
	Vfricción=	11,340 kg		De la Tabla 1-D del ASD para tornillos A490	
	N tor=	$P / Vfricción =$	2.02	≈	6 tornos
	$S_\phi = \text{sep min entre tor} =$	3.0 $\phi$	7.62	≈	27.50 cm
	$S_p = \text{sep min tor a pañor} =$	Fact $\phi =$	3.20	≈	3.20 cm
	Diam del barreno= $\phi_b =$	$\phi + 1/16 =$	1 1/16 in		2.70 cm
	No de tor por línea =	3		No tor*No de lin =	No de tor
	No de línea =	2		6 =	6 ∴ OK
				$Vpl - 1.905 =$	61.64 cm
				$S_\phi*(No\ tor\ lin - 1) + 2Sp <$	$Vpl$
				61.40 <	61.64 ∴ OK
$V_{bpt} =$	$Vact/No\ tor =$	6,494 kg	<	$V_r =$	9,979 kg
				$V_r >$	$V_{bpt}$
				9,979 >	6,494 ∴ OK 65.08%
$T_{bpt} =$	$Hact/No\ tor =$	4,752 kg		$B = 4,780 - 1.8f_b =$	1,790 kg/cm <sup>2</sup>
				$B <$	3,797 kg/cm <sup>2</sup>
				$B*A_{T\ tor} >$	$T_{bpt}$
				6,999 >	4,752 ∴ OK 67.90%
$f_b =$	$V_{bpt}/A_T =$	1,661	kg		

**Figura III.22. Diseño de la placa del contraventeo a la columna.**



**Figura III.23. Diseño de la placa del contraventeo a la columna; revisión de ángulos de conexión.**

REVISIÓN DE LOS ESFUERZOS EN LA PLACA DE CONEXIÓN (A LA TRABE)

	$epl =$	1.91 cm	$\approx$	6/8 in			
$f_v =$	$H_g/(epl \cdot \text{Long pl}) =$	612 kg/cm <sup>2</sup>	$\approx$	8.699 ksi			2
	$\text{Long pl} =$	61.40 cm				$M_v = V_{sob} \cdot \alpha =$	
						$y =$	3
						$3/12 =$	4
	$F_v = 0.4F_y =$	$> f_v$					
		1,012 > 612	$\therefore$ OK	60.41%			
$f_a =$	$V_g/(epl \cdot \text{Long pl}) =$	323 kg/cm <sup>2</sup>	$\approx$	4.601 ksi			
						$= bpl/2 =$	
						$+M_v/S =$	2
						$-M_v/S =$	2
	$F_a = 0.6F_y =$	$> f_a$					
		1,519 > 323	$\therefore$ OK	21.30%			
Esfuerzo en la soldadura	$f_r = (epl/2) \cdot (f_v^2 + f_a^2)^{1/2} =$	659 kg/cm	$\approx$	3.690 kips/in			
	Garganta de la soldadura:	$f_r/0.928 =$	3.98 en 16avos				2
	Factor de Ricardo:	$1.4 \cdot g =$	5.57 en 16avos	6/16 in			2
Por lo tanto requerimos una garganta de :		10 mm	ó	5 mm/lado	$\pm M_v/S)_{max} =$		2

Tomar en cuenta lo siguiente solo y solo si la trabe no soporta la conexión a la columna

NO APLICA

$H_{act} =$	28,514 kg	$V_{sob}/A \pm M_v/S =$	
$V_{sob}$ por lado =	-4,791 kg	$V_{sob}/A + M_v/S =$	-286 kg/cm <sup>2</sup>
$\alpha =$	58.33 cm	$V_{sob}/A - M_v/S =$	174 kg/cm <sup>2</sup>
$\Delta M_v = V_{sob} \cdot \alpha =$	-279,440 kg-cm	$V_{sob}/A =$	-56 kg/cm <sup>2</sup>
$S = I/y =$	1,217.28 cm <sup>3</sup>	$M_v/S =$	-230 kg/cm <sup>2</sup>
$I = b \cdot h^3/12 =$	52,015 cm <sup>4</sup>	$(V_{sob}/A \pm M_v/S) \cdot b =$	174 kg
$b =$	1 cm	unidad	
$h = bpl =$	85.46 cm		
$y = bpl/2 =$	42.73 cm		
$A = b \cdot h =$	85.46		

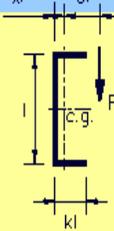
REVISIÓN DE LA SOLDADURA EN LOS ANGULOS DE CONEXIÓN

Del procedimiento del manual del ASD, de la tabla XXIII.

REVISIÓN DE LA SOLDADURA DE TALLER EN LA COLUMNA

VALORES DE LA TABLA XXIII DEL ASD

$I =$	24.17 in						
$g =$	3/16 in	en 16avos					
$kl =$	5 1/2 in						
$k =$	0.2275						
$a_l =$	$lang - xl =$	5.83 in					
	$a =$	0.2412					
$cm_{\max} =$	$0.928 \cdot (1 + 2 \cdot k) =$	1.3503					
$A =$	$C_{\max}/c =$	1.1912					
	$ca/c = A/(\text{sen}\theta + A \cdot \text{cos}\theta) =$	0.7844 < 1	$\therefore$ OK				
$R = c \cdot g \cdot l \cdot NoC =$	173 kips						
		$R > R_{Cact}$					
		172.602 > 106.725	$\therefore$ OK	61.83%			



REVISIÓN DE LOS ESFUERZOS EN LA PLACA DE CONEXIÓN (A LA TRABE)

	$epl =$	1.91 cm	$\approx$	6/8 in			
$f_v =$	$V_{act}/(epl \cdot \text{Long pl}) =$	335 kg/cm <sup>2</sup>	$\approx$	4.759 ksi	$f_v = 0.4F_y =$	$> f_v$	
	$\text{Long pl} =$	61.40 cm				1,012 > 335	$\therefore$ OK 33.05%
$f_a =$	$H_{act}/(epl \cdot \text{Long pl}) =$	244 kg/cm <sup>2</sup>	$\approx$	3.467 ksi	$f_a = 0.6F_y =$	$> f_a$	
						1,519 > 244	$\therefore$ OK 16.05%
Esfuerzo en la soldad	$f_r = (epl/2) \cdot (f_v^2 + f_a^2)^{1/2} =$	394 kg/cm	$\approx$	2.208 kips/in			
	Garganta de la soldadura:	$f_r/0.928 =$	2.38 en 16avos				
	Factor de ductividad:	$1.4 \cdot g =$	3.33 en 16avos	4/16 in			
Por lo tanto requerimos una garganta de :		6 mm	ó	3 mm			

Figura III.24. Diseño de la placa del contraventeo a la columna; revisión de la placa de conexión.

Y por último se mostrarán a continuación las tablas de constantes y factores que participan en la hoja de cálculo.

**Tabla III.1. Resistencia de tornillos A325.**

**ASD para tornillos A-325**

		TABLA I-A			TABLA I-D					
		44 ksi			17 ksi		21 ksi		30 ksi	
		Tensión (kips)			V fricción		B. included		B. excluded	
↓ in	AG in <sup>2</sup>	ARAIZ in <sup>2</sup>	ATEN in <sup>2</sup>	Cortante (kips)		Cortante (kips)		Cortante (kips)		
				S	D	S	D	S	D	
1/4	0.049	0.028	0.032							
3/8	0.110	0.070	0.078							
1/2	0.196	0.129	0.142							
5/8	0.307	0.207	0.226	13.50	5.22	10.44	6.40	12.80	9.20	18.40
3/4	0.442	0.309	0.334	19.40	7.51	15.02	9.30	18.60	13.30	26.60
7/8	0.601	0.429	0.462	26.50	10.20	20.40	12.60	25.20	18.00	36.00
1	0.785	0.563	0.606	34.60	13.40	26.80	16.50	33.00	23.60	47.20
1 1/8	0.994	0.709	0.763	43.70	16.90	33.80	20.90	41.80	29.80	59.60
1 1/4	1.227	0.908	0.969	54.00	20.90	41.80	25.80	51.60	36.80	73.60
1 3/8	1.485	1.080	1.160	65.30	25.20	50.40	31.20	62.40	44.50	89.00
1 1/2	1.767	1.320	1.410	77.70	30.00	60.00	37.10	74.20	53.00	106.00
1 3/4	2.405	1.780	1.900							
2	3.142	2.340	2.500							

CLASS (SLIP COEFFICIENT)  
CLASECOEF. FACTOR

standart	A	0.33	1
alta fricción	B	0.5	1.52
galvanizado	G	0.4	1.21

**SIMBOLOGIA**

DATO PROPORCIONADO POR MI  
DATO CALCULADO  
DATO TOMADO DE OTRA CELDA  
COMENTARIO  
DATO CALCULADO IMPORTANTE

**ASD para tornillos A-325**

		TABLA I-A			TABLA I-D						
		3,092 kg/cm <sup>2</sup>			1,195 kg/cm <sup>2</sup>		1,476 kg/cm <sup>2</sup>		2,108 kg/cm <sup>2</sup>		
		Tensión (kg)			V fricción		B. included		B. excluded		
↓ in	cm	AG cm <sup>2</sup>	ARAIZ cm <sup>2</sup>	ATEN cm <sup>2</sup>	Cortante (kg)		Cortante (kg)		Cortante (kg)		
					S	D	S	D	S	D	
1/4	0.64	0.317	0.181	0.206	0	0	0	0	0	0	
3/8	0.95	0.713	0.452	0.503	0	0	0	0	0	0	
1/2	1.27	1.267	0.832	0.916	0	0	0	0	0	0	
5/8	1.59	1.979	1.335	1.458	6,123	2,368	4,736	2,903	5,806	4,173	8,346
3/4	1.91	2.850	1.994	2.155	8,800	3,406	6,813	4,218	8,437	6,033	12,066
7/8	2.22	3.879	2.768	2.981	12,020	4,627	9,253	5,715	11,431	8,165	16,329
1	2.54	5.067	3.632	3.910	15,694	6,078	12,156	7,484	14,969	10,705	21,410
1 1/8	2.86	6.413	4.574	4.923	19,822	7,666	15,331	9,480	18,960	13,517	27,034
1 1/4	3.18	7.917	5.858	6.252	24,494	9,480	18,960	11,703	23,405	16,692	33,384
1 3/8	3.49	9.580	6.968	7.484	29,620	11,431	22,861	14,152	28,304	20,185	40,370
1 1/2	3.81	11.401	8.516	9.097	35,244	13,608	27,216	16,828	33,657	24,040	48,081
1 3/4	4.45	15.518	11.484	12.258	0	0	0	0	0	0	0
2	5.08	20.268	15.097	16.129	0	0	0	0	0	0	0

**REFERENCIAS**

1 ksi	≈	70.278 kg/cm <sup>2</sup>
1 kip	≈	453.592 kg
1 in	≈	2.54 cm
π	≈	3.142
S	-	Simple
D	-	Doble

**Tabla III.2. Resistencia de tornillos A490.**

### ASD para tornillos A-490

				TABLA I-A	TABLA I-D					
				54 ksi	21 ksi		28 ksi		40 ksi	
				↓ T nominal	V fricción		B. included		B. excluded	
↓ in	AG in <sup>2</sup>	ARAZ in <sup>2</sup>	ATEN in <sup>2</sup>	Tensión (kips)	Cortante (kips)		Cortante (kips)		Cortante (kips)	
					S	D	S	D	S	D
1/4	0.049	0.028	0.032							
3/8	0.110	0.070	0.078							
1/2	0.196	0.129	0.142							
5/8	0.307	0.207	0.226	16.60	6.44	12.88	8.60	17.20	12.30	24.60
3/4	0.442	0.309	0.334	23.90	9.28	18.56	12.40	24.80	17.70	35.40
7/8	0.601	0.429	0.462	32.50	12.60	25.20	16.80	33.60	24.10	48.20
1	0.785	0.563	0.606	42.40	16.50	33.00	22.00	44.00	31.40	62.80
1 1/8	0.994	0.709	0.763	53.70	20.90	41.80	27.80	55.60	39.80	79.60
1 1/4	1.227	0.908	0.969	66.30	25.80	51.60	34.40	68.80	49.10	98.20
1 3/8	1.485	1.080	1.160	80.20	31.20	62.40	41.60	83.20	59.40	118.80
1 1/2	1.767	1.320	1.410	95.40	37.10	74.20	49.50	99.00	70.70	141.40
1 3/4	2.405	1.780	1.900							
2	3.142	2.340	2.500							

### ASD para tornillos A-490

			TABLA I-A	TABLA I-D							
			3,797 kg/cm <sup>2</sup>	1,477 kg/cm <sup>2</sup>		1,969 kg/cm <sup>2</sup>		2,812 kg/cm <sup>2</sup>			
			↓ T nominal	V fricción		B. included		B. excluded			
in	cm	AG cm <sup>2</sup>	ARAZ cm <sup>2</sup>	ATEN cm <sup>2</sup>	Tensión (kg)	Cortante (kg)		Cortante (kg)		Cortante (kg)	
						S	D	S	D	S	D
1/4	0.64	0.317	0.181	0.206	0	0	0	0	0	0	0
3/8	0.95	0.713	0.452	0.503	0	0	0	0	0	0	0
1/2	1.27	1.267	0.832	0.916	0	0	0	0	0	0	0
5/8	1.59	1.979	1.335	1.458	7,530	2,921	5,842	3,901	7,802	5,579	11,158
3/4	1.91	2.850	1.994	2.155	10,841	4,209	8,419	5,625	11,249	8,029	16,057
7/8	2.22	3.879	2.768	2.981	14,742	5,715	11,431	7,620	15,241	10,932	21,863
1	2.54	5.067	3.632	3.910	19,232	7,484	14,969	9,979	19,958	14,243	28,486
1 1/8	2.86	6.413	4.574	4.923	24,358	9,480	18,960	12,610	25,220	18,053	36,106
1 1/4	3.18	7.917	5.858	6.252	30,073	11,703	23,405	15,604	31,207	22,271	44,543
1 3/8	3.49	9.580	6.968	7.484	36,378	14,152	28,304	18,869	37,739	26,943	53,887
1 1/2	3.81	11.401	8.516	9.097	43,273	16,828	33,657	22,453	44,906	32,069	64,138
1 3/4	4.45	15.518	11.484	12.258	0	0	0	0	0	0	0
2	5.08	20.268	15.097	16.129	0	0	0	0	0	0	0

#### REFERENCIAS

- 1 ksi ≈ 70.31 kg/cm<sup>2</sup>
- 1 kip ≈ 453.592 kg
- 1 in ≈ 2.54 cm
- π ≈ 3.142
- S - Simple
- D - Doble

Tabla III.3. Resistencia de soldadura.



tipo	Fu	Fy	tipo	Fu	Fy	
ksi	ksi	ksi	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	
A36	58	36	A36	4,078	2,531	Para todo el acero que no sea W
A992	65	50	A992	4,570	3,516	Para todo el acero que sea W

E= 2,039,000 kg/cm<sup>2</sup>  
 π= 3.1416

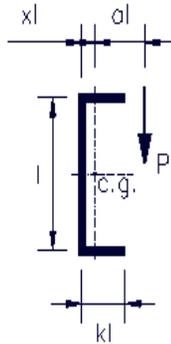
A325	120	92
A490	150	130

Tabla III.4 Constante K

Tabla C-C2.1

La forma del miembro a compresión pandeado es mostrado mediante líneas de proyección.						
Valor teórico de K	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0
Valor de diseño recomendado cuando las condiciones reales se aproximan a las ideales K	0.65	0.8	1.2	1.0	2.1	2.0
Clave de los condiciones en los extremos						
						</

**CARGAS EXCENRICAS EN EL GRUPO DE SOLDADURA**  
**TABLA XXIII COEFICIENTES DE C**



$P$  = Excentricidad de la carga permisible (kips)  
 $l$  = Largo de la soldadura (in)  
 $D$  = Número de 16avos en una pulgada en la soldadura (de filete)  
 $c$  = Coeficiente tabulado abajo  
 $c_1$  = Coeficiente por electrodo usado (ver tabla  $c_1$ ),  
 = 1.0 para electrodo E70XX  
 $P = c_1 c l D l$   
 Requerimiento mínimo  $c = \frac{P}{c_1 D l}$   
 Requerimiento mínimo  $D = \frac{P}{c c l}$   
 Requerimiento mínimo  $l = \frac{P}{c c D}$

a	K															
	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0
0.06	0.835	0.883	1.05	1.22	1.40	1.58	1.76	1.94	2.12	2.30	2.48	2.84	3.21	3.58	3.95	4.32
0.08	0.820	0.895	1.06	1.23	1.41	1.58	1.76	1.94	2.12	2.30	2.48	2.85	3.21	3.58	3.94	4.31
0.10	0.804	0.902	1.07	1.24	1.41	1.59	1.76	1.94	2.12	2.30	2.48	2.83	3.20	3.56	3.92	4.28
0.15	0.753	0.895	1.06	1.22	1.39	1.56	1.73	1.90	2.07	2.24	2.42	2.76	3.11	3.46	3.81	4.16
0.20	0.693	0.865	1.02	1.18	1.34	1.50	1.67	1.83	1.99	2.16	2.32	2.65	2.99	3.32	3.66	4.00
0.25	0.630	0.823	0.972	1.12	1.28	1.43	1.59	1.74	1.90	2.06	2.21	2.53	2.85	3.18	3.51	3.84
0.30	0.570	0.750	0.917	1.06	1.21	1.35	1.50	1.65	1.80	1.95	2.10	2.41	2.72	3.04	3.36	3.68
0.40	0.469	0.627	0.803	0.934	1.07	1.20	1.33	1.47	1.61	1.74	1.89	2.17	2.47	2.77	3.08	3.39
0.50	0.393	0.529	0.666	0.819	0.937	1.06	1.18	1.30	1.43	1.56	1.69	1.96	2.24	2.53	2.83	3.13
0.60	0.336	0.453	0.574	0.721	0.829	0.939	1.05	1.17	1.28	1.40	1.53	1.78	2.05	2.32	2.61	2.90
0.70	0.293	0.395	0.502	0.611	0.739	0.839	0.942	1.05	1.16	1.27	1.39	1.63	1.88	2.14	2.41	2.69
0.80	0.259	0.349	0.444	0.543	0.664	0.756	0.852	0.950	1.05	1.16	1.27	1.49	1.73	1.98	2.24	2.51
0.90	0.232	0.312	0.398	0.488	0.602	0.687	0.775	0.867	0.962	1.06	1.16	1.38	1.60	1.84	2.09	2.36
1.00	0.209	0.282	0.360	0.442	0.550	0.629	0.711	0.796	0.885	0.978	1.07	1.28	1.49	1.72	1.96	2.21
1.20	0.176	0.236	0.302	0.372	0.445	0.536	0.608	0.683	0.762	0.844	0.929	1.11	1.31	1.52	1.74	1.97
1.40	0.151	0.203	0.260	0.320	0.384	0.466	0.530	0.597	0.667	0.741	0.818	0.985	1.17	1.36	1.56	1.78
1.60	0.132	0.178	0.228	0.281	0.338	0.412	0.469	0.529	0.593	0.660	0.731	0.883	1.05	1.22	1.41	1.61
1.80	0.118	0.158	0.203	0.250	0.301	0.369	0.420	0.475	0.533	0.595	0.660	0.799	0.951	1.11	1.29	1.47
2.00	0.106	0.142	0.182	0.225	0.272	0.334	0.381	0.431	0.484	0.541	0.601	0.730	0.870	1.02	1.18	1.35
2.20	0.097	0.129	0.166	0.205	0.247	0.305	0.348	0.394	0.444	0.496	0.552	0.671	0.802	0.942	1.09	1.25
2.40	0.089	0.119	0.152	0.188	0.227	0.280	0.320	0.363	0.409	0.458	0.510	0.621	0.743	0.874	1.01	1.16
2.60	0.082	0.110	0.140	0.174	0.210	0.259	0.297	0.337	0.380	0.425	0.474	0.578	0.692	0.815	0.946	1.09
2.80	0.076	0.102	0.130	0.161	0.195	0.242	0.277	0.314	0.354	0.397	0.442	0.540	0.647	0.763	0.886	1.02
3.00	0.071	0.095	0.122	0.151	0.182	0.226	0.259	0.294	0.332	0.372	0.415	0.507	0.608	0.717	0.834	0.958
x	0	0.008	0.028	0.056	0.088	0.125	0.163	0.204	0.246	0.289	0.333	0.423	0.515	0.609	0.704	0.800

Y por último tenemos las tablas de espesores de placas comerciales, distancias mínimas al borde de tornillos en elementos laminados y gramiles de algunos ángulos usados en el ejemplo.

\* EL ESPESOR MINIMO DE PLACA DE CONEXIÓN ES DE 1/2"

**ESPESORES DE PLACA A-36**

Espesor		Peso
in	mm	kg/m <sup>2</sup>
3/16	5	37.4
1/4	6	49.8
5/16	8	62.2
3/8	10	74.7
7/16	11	87.1
1/2	13	99.6
9/16	14	112.0
5/8	16	124.5
11/16	17	137.0
3/4	19	149.4
7/8	22	174.4
1	25	199.2
1 1/8	29	224.1
1 1/4	32	249.0
1 3/8	35	274.0
1 1/2	38	298.8
1 3/4	44	348.6
2	51	398.4

**DISTANCIA MINIMA AL BORDE**  
(desde el centro del agujero estandar al borde)  
(bordes laminados)

φ tornillo in	φ tornillo cm	Distancia cm
1/2	1.27	1.90
5/8	1.59	2.20
3/4	1.91	2.50
7/8	2.22	2.90
1	2.54	3.20
1 1/8	2.86	3.80
1 1/4	3.18	4.10
1 3/8	3.49	4.37
1 1/2	3.81	4.76

**USUAL GAGES FOR ANGLES, INCHES**

LEG	8	7	6	5	4
g	3 1/4	2 3/4	3	2 7/8	2 3/4

Usar tornillos de 1 1/2" solo en angulos de 6" en adelante

**USUAL GAGES FOR ANGLES, cm**

LEG	20.3	17.8	15.2	12.7	10.2
g	8.3	7.0	7.6	7.3	7.0

Usar tornillos de 3.8 solo en angulos de 15.2 en adelante

## IV. CONCLUSIONES

---

De acuerdo al contenido de este trabajo, y a los análisis que se desarrollaron en él, la principal conclusión a la que se llega es, que el diseño de las conexiones depende totalmente en la geometría que tengas, y aunque la conexión sea parecida a otras, siempre la geometría es distinta, por lo que el análisis de la geometría es lo que va a definir de que el resultado sea adecuado.

Las ecuaciones de la solución de la resistencia de las distintas partes que componen a la conexión también dependen de un buen análisis geométrico.

Para obtener esas fuerzas, descomponerlas y sumarlas, también dependen totalmente de la geometría de la conexión.

Por lo que definitivamente la conclusión más importante es resaltar el análisis geométrico, depende totalmente el diseño de este tipo de conexiones y de cualquier tipo de conexiones de la geometría.

Por otra parte, la geometría es lo que logra que el diseño de las conexiones no sean aburridas, ya que nunca se repiten, siempre son casos distintos y eso vuelve siempre un reto nuevo a cada diseño de una conexión.

Pero dejemos por un momento a la geometría y veamos que otras conclusiones interesantes se presentan:

Por ejemplo ¿cómo se va a diseñar una conexión?, me refiero a ¿qué método se va a emplear, si por aplastamiento o deslizamiento crítico?, es muy importante este parámetro ya que si es solo por deslizamiento crítico, no es necesario hacer el análisis de las cargas sísmicas con el factor de 1.5 en ellas como se menciona en el desarrollo de este trabajo, y aparte el análisis de las cargas cambiaría de acuerdo al ejemplo que empleamos en este trabajo.

Si hiciéramos un análisis solo por aplastamiento se requerirían menos tornillos, ya que el análisis por deslizamiento crítico exige más tornillos, así que este es otro parámetro que es muy importante aclarar desde un principio antes de empezar a diseñar una conexión, para que se lleve a cabo un análisis adecuado de acuerdo a lo que marque las bases de diseño, y claro está de acuerdo al cliente, por que además debemos de estar conscientes que los tornillos tienen un alto costo y suelen ser un gran número de ellos en las conexiones (y más aun si se emplean tornillos de alta resistencia, como los A490, que suelen ser de un precio bastante elevado). Una nota como referencia es que en el trabajo tenemos la práctica de emplear tornillos de este tipo A490, solo para tornillos de diámetro  $\phi=1''$  hasta  $\phi=1\ 1/2''$ , esto nos ayuda a reducir el número de tornillos, y esto se debe a su vez que las conexiones no sean tan grandes (alargadas).

Por otra parte, tenemos el tipo de material, este es otro punto importante a comentar, ya que por ejemplo en Estados Unidos de América se emplea ya normalmente acero

estructural A572 grado 50, esto también ayuda mucho a que las conexiones sean de tamaño más pequeño por lo que es recomendable que se maneje este parámetro desde las bases de diseño, y obviamente esto afecta directamente al análisis en el diseño.

Como última conclusión, solo debo de mencionar que lo más importante de este trabajo y de la experiencia que he logrado tener, es que lo mejor que se pueda hacer para obtener un buen diseño de cualquier análisis de cualquier estructura o conexión o cualquier cosa que se haga, es el que conozcas de información que ayude a entender lo que se esta haciendo, creo que es lo más importante, ya que mientras más te involucres en lo que se esta haciendo, más vas a comprender lo que se hace y mientras más comprendas lo que se hace, entonces más fácil vas a detectar las fallas u errores en los que realizas y así evitar esto último en tu trabajo.

Es muy importante involucrarte en tu trabajo, siempre ver más haya de lo que realizas, para que puedas prevenir problemas a futuro, mientras más se conozca del proyecto, más fácil es prevenir problemas.

## BIBLIOGRAFÍA

---

1. Manual of Steel Construction  
Volume II Connections ASD 9<sup>th</sup> Edition / LRFD 1<sup>st</sup> Edition.  
American Institute of Steel Construction, Inc. (AISC)  
First Edition.
2. Manual of Steel Construction (AISC)  
Allowable Stress Design (ASD)  
American Institute of Steel Construction, Inc.  
Nineth Edition.
3. Manual de Construcción en Acero (IMCA)  
Diseño por Esfuerzos Permisibles  
Instituto Mexicano de la Construcción en Acero  
4<sup>a</sup> Edición 2005
4. Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal (RCDF 2004)
5. Normas Técnicas Complementarias del Distrito Federal (NTCDF 2004)  
En su sección de acero estructural.
6. Seismic behavior and design of gusset plates  
Abolhassan Astaneh-Asl, Ph. D., P. E.  
Professor Department of Civil and Environmental Engineering University of  
California, Bekerley.  
First Printing, December 1998.
7. The Uniform Building Code (UBC), Vol. 2.  
The International Conference of Building Officials Whittier, CA.  
1997