

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA

FACULTAD DE INGENIERÍA DE PRODUCCIÓN Y SERVICIOS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA



TESIS TITULADA:

**“DISEÑO Y DIMENSIONADO DE UNA CANASTILLA MOVIL PARA
TRASLADO DE EQUIPO MINERO CON ACCIONAMIENTO
ELECTROMECHANICO”**

PRESENTADA POR EL BACHILLER:

POZO CALLME MIGUEL ANGEL

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL
DE INGENIERO MECÁNICO**

AREQUIPA – PERÚ

2019

DEDICATORIA

La presente tesis esta dedicada a Dios, ya que gracias a el he logrado acabar mi carrera, a mis padres por haberme forjado por la persona que soy en la actualidad; muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los que se incluye este. Me formaron con reglas y con algunas libertades, pero al final de cuentas, me motivaron constantemente para alcanzar mis anhelos.

ÍNDICE

RESUMEN	13
ABSTRACT	14
CAPÍTULO 1.....	15
DISEÑO METODOLÓGICO DEL ENTARIMADO.....	15
1.1 Introducción.....	15
1.2 Objetivos.....	15
1.2.1 Objetivo general.....	15
1.2.1 Objetivos específicos	15
1.3 Hipótesis	15
1.3.1 Hipótesis general	15
1.3.2 Sub hipótesis.....	16
1.4 Antecedentes.....	16
1.5 Justificación	16
1.6 Variables de estudio.....	17
1.6.1 Variables independientes	17
A Indicadores.....	17
B Índices	17
1.6.2 Variable dependiente	17

	4
A Indicadores	17
B Índices	17
1.7 Viabilidad de la investigación	17
1.7.1 Viabilidad técnica	17
1.7.2 Viabilidad operativa.....	17
1.7.3 Viabilidad económica	18
1.8 Importancia	18
1.9 Limitaciones de la investigación.....	18
1.10 Tipo y nivel de la investigación.....	18
1.10.1 Tipo de investigación.....	18
1.10.2 Nivel de investigación	18
1.11 Método y diseño de la investigación	18
1.11.1 Método de la investigación.....	18
1.11.2 Diseño de la investigación	19
1.12 Técnicas e instrumentos de la recolección de información	19
1.12.1 Técnicas	19
1.12.2 Instrumentos	19
1.13 Cobertura de estudio	19
1.13.1 Universo.....	19
1.13.2 Muestra	19
CAPÍTULO 2.....	20
MARCO TEÓRICO	20

2.1 Canastilla octogonal.....	20
2.1.1 Historia de los elevadores.....	20
2.1.2 Ascensores en el mundo.....	22
2.2 El tamaño del problema estructural	23
2.3 Relación peso propio a sección resistente para incremento de tamaño	24
2.4 Elementos constitutivos de un ascensor	25
2.4.1 Cabina.....	25
2.4.2 Contrapeso.....	26
2.4.3 Grupo tractor en los ascensores electro-dinámicos.....	27
2.4.4 Sistema de paracaídas.....	27
2.4.5 Cuadro control de maniobras.....	28
2.4.6 Las guías.....	28
2.4.7 Los cables.....	29
2.4.8 El grupo tractor.....	30
2.4.9 El freno del grupo de tracción.....	31
2.5 Las velocidades.....	32
2.5.1 Ascensores de una velocidad.....	32
2.5.2 Ascensores de dos velocidades.....	33
2.5.3 Ascensores de frecuencia variable o VV3 F.....	33
2.5.4 Limitador de velocidad.....	34
2.6 Cerraduras.....	35
CAPITULO 3.....	37

PARAMETROS INICIALES DEL CALCULO ESTRUCTURAL.....	37
3.1 Carga constante de diseño	37
3.2 Carga variable	38
3.3 Carga eólica según la altura	40
3.4 Carga de nieve	42
3.5 Carga de sismo.....	44
CAPITULO 4.....	48
CALCULO ESTRUCTURAL.....	48
4.1 Análisis por pandeo del elemento 47 con el método LRFD.....	48
4.1.1 Resistencia de pandeo a la flexión en el eje x.....	54
4.1.2 Resistencia de pandeo a la flexión en el eje y.....	55
4.2 Análisis por pandeo del elemento 9 con el método ASD	56
4.2.1 Resistencia de pandeo a la flexión en el eje x.....	62
4.2.2 Resistencia de pandeo a la flexión en el eje y.....	63
4.3 Calculo del número mínimo requerido de pernos en la unión de los elementos 48,50,80 y 81 con el método LRFD	65
4.4 Calculo del número mínimo requerido de pernos en la unión de los elementos 48,50,80 y 81 con el método ASD	71
4.5 Análisis por flexión del elemento 1 con el método LRFD	78
4.5.1 Analisis de esfuerzos principales.....	83
4.6 Análisis por flexión con el método ASD.....	85
4.6.1 Analisis de esfuerzos principales.....	89

5.1 Analisis de tension y distancias al borde del elemento 98 con el metodo	
LRFD	92
5.1.1 Prueba por tensión.	98
5.2 Analisis de tension y distancias al borde del elemento 98 con el metodo	
ASD	99
5.2.1 Prueba por tensión.	105

ÍNDICE DE IMÁGENES

<i>Imagen 1.</i> Vista de una canastilla convencional.....	23
<i>Imagen 2.</i> Relación peso propio a sección.....	25
<i>Imagen 3.</i> Cabina de ascensor.....	26
<i>Imagen 4.</i> Contrapeso de un elevador.....	27
<i>Imagen 5.</i> Vista de las guías.....	29
<i>Imagen 6.</i> Vista de los cables.....	30
<i>Imagen 7.</i> Grupo tractor.....	31
<i>Imagen 8.</i> Vista del freno del grupo de tracción.....	32
<i>Imagen 9.</i> Control de velocidad de un ascensor.....	34
<i>Imagen 10.</i> Vista de una puerta de elevador.....	36
<i>Imagen 11.</i> Vista isométrica de la estructura.....	37
<i>Imagen 12.</i> Vista de la carga constante.....	38
<i>Imagen 13.</i> Capacidad de carga aplicada en la canastilla.....	38
<i>Imagen 14.</i> Distancia entre vigas para la distribución de fuerzas.....	39
<i>Imagen 15.</i> Fuerzas distribuidas en la canastilla no convencional.....	40
<i>Imagen 16.</i> Mapa eólico del Perú.....	41
<i>Imagen 17.</i> Carga de viento distribuida en la canastilla.....	42
<i>Imagen 18.</i> Distancia entre vigas para la distribución de carga de nieve.....	43
<i>Imagen 19.</i> Carga de nieve aplicada.....	44
<i>Imagen 20.</i> Parámetros de sismo aplicados en el cálculo sísmico.....	44
<i>Imagen 21.</i> Mapa de zonas geográficas.....	45
<i>Imagen 22.</i> Carga muerta aplicada en el análisis sísmico.....	47

<i>Imagen 23.</i> Vista del elemento 47 con el método LRFD.	48
<i>Imagen 24.</i> Carga factorizada del elemento 9.	49
<i>Imagen 25.</i> Datos complementarios del elemento 9.	50
<i>Imagen 26.</i> Vista de elemento 9 con el método ASD.	56
<i>Imagen 27.</i> Carga permisible del elemento 9.	57
<i>Imagen 28.</i> Datos complementarios del elemento 9 con el método ASD.	58
<i>Imagen 29.</i> Vista del nodo.	65
<i>Imagen 30.</i> Perno de unión A325.	66
<i>Imagen 31.</i> Carga factorizada del elemento 48.	67
<i>Imagen 32.</i> Carga factorizada del elemento 49.	68
<i>Imagen 33.</i> Carga factorizada del elemento 80.	69
<i>Imagen 34.</i> Carga factorizada del elemento 81.	70
<i>Imagen 35.</i> Vista de la unión.	71
<i>Imagen 36.</i> Vista del nodo con el método ASD.	71
<i>Imagen 37.</i> Vista del perno de unión.	72
<i>Imagen 38.</i> Carga permisible del elemento 48.	74
<i>Imagen 39.</i> Carga permisible del elemento 49.	75
<i>Imagen 40.</i> Carga permisible del elemento 80.	76
<i>Imagen 41.</i> Carga permisible del elemento 81.	77
<i>Imagen 42.</i> Vista de la unión.	78
<i>Imagen 43.</i> Vista de elemento 9 con el método LRFD.	78
<i>Imagen 44.</i> Carga permisible del elemento 1.	79
<i>Imagen 45.</i> Datos complementarios del elemento 1.	80
<i>Imagen 46.</i> Carga permisible del elemento 1.	85
<i>Imagen 47.</i> Datos complementarios del elemento 1.	86

<i>Imagen 48.</i> Vista del elemento 98 con el método LRFD.	92
<i>Imagen 49.</i> Carga factorizada del elemento 98.	93
<i>Imagen 50.</i> Datos complementarios del elemento 98.	94
<i>Imagen 51.</i> Vista de los agujeros.	95
<i>Imagen 52.</i> Vista del paso y gramil.	96
<i>Imagen 53.</i> Vista del elemento 98 con el método ASD.	99
<i>Imagen 54.</i> Carga permisible del elemento 98.	100
<i>Imagen 55.</i> Datos complementarios del elemento 98 con el método ASD.	101
<i>Imagen 56.</i> Vista del paso y gramil.	102
<i>Imagen 57.</i> Dimensiones de distancias al borde.	103

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1.</i> Factor de forma.	42
<i>Tabla 1.</i> Factor de zona.	46
<i>Tabla 1.</i> Factor de suelo.....	46
<i>Tabla 1.</i> Categoría.	46
<i>Tabla 1.</i> Coeficiente de reducción.	47
<i>Tabla 1.</i> Esfuerzo critico de prueba.	51
<i>Tabla 1.</i> Datos del perfil HSS.....	52
<i>Tabla 1.</i> Datos del perfil HSS cont.....	52
<i>Tabla 1.</i> Coeficiente de esbeltez.	53
<i>Tabla 1.</i> Esfuerzo critico real.....	54
<i>Tabla 1.</i> Esfuerzo critico de prueba con el método ASD.	59
<i>Tabla 1.</i> Datos del perfil HSS.....	60
<i>Tabla 1.</i> Datos del perfil HSS cont.....	60
<i>Tabla 1.</i> Coeficiente de esbeltez.	61
<i>Tabla 1.</i> Esfuerzo critico real.....	62
<i>Tabla 1.</i> Datos del conector A325.	66
<i>Tabla 1.</i> Datos del conector A325.	73
<i>Tabla 1.</i> Datos del perfil seleccionado.....	81
<i>Tabla 1.</i> Datos del perfil seleccionado cont.....	81
<i>Tabla 1.</i> Sección compacta y no compacta.....	82
<i>Tabla 1.</i> Datos del perfil seleccionado.....	87
<i>Tabla 1.</i> Datos del perfil seleccionado.....	87

<i>Tabla 1.</i> Sección compacta y no compacta.....	88
<i>Tabla 1.</i> Datos del perfil HSS 4x4x1/4.....	95
<i>Tabla 1.</i> Datos del material A36.....	97
<i>Tabla 1.</i> Datos del perfil HSS4x4x1/4.....	102
<i>Tabla 1.</i> Datos del material seleccionado.....	104

RESUMEN

El presente proyecto se resume en diseñar una canastilla con geometría octogonal en su base, para permitir una mayor concentración de esfuerzos en su centro de gravedad de grandes pesos y cargas, así como también permite cubrir una necesidad de traslado de equipos mineros hacia diferentes niveles en posiciones verticales y que se acomode al ducto vertical con muros rocosos internos de profundidad, además servirá para realizar tareas de mantenimiento mecánico y minero. Es decir, la geometría de la canastilla no será circular ni cuadrada, es decir no será convencional debido al estudio o análisis de concentración de esfuerzos y deformaciones, la forma octogonal no es convencional y me permite una mejora estructural a la vez que será acorde con los espacios de túnel descendente o espacios de socavón tomando en cuenta medidas y dimensiones generales y específicas, para lo cual el diseño dependerá del dimensionado y peso que trasladará la canastilla tomando en cuenta también el material con el que se construirá la canastilla que deberá ser de acero laminado con recubrimiento anticorrosivo debido a la humedad en las zonas del túnel vertical. Es prioridad tener un diseño con perfiles ligeros y de gran resistencia al peso a soportar, para ello se realizará los estudios de flexión, deflexión, pandeo y rigidez, con sus respectivas pruebas de tensión y compresión, para finalmente obtener un producto seguro de acuerdo a las normas de seguridad que exige hoy en día la minería. La canastilla sería móvil por accionamientos electromecánicos y accesorios de izaje. Se seleccionará cada uno de los elementos motrices, llámese poleas, cables, cadenas, grilletes, pernos, y motores eléctricos con fuente de tensión alterna, todo ello en base a los cálculos de diseño mecánico y electromecánico.

Palabras clave: Canastilla octogonal, diseño no convencional, traslado de equipo minero.

ABSTRACT

The present project is summarized in designing a basket with octagonal geometry at its base, to allow a greater concentration of efforts in its center of gravity of large weights and loads, as well as to cover a need to transfer mining equipment to different levels in vertical positions and that fits the vertical pipeline with deep internal rock walls, will also serve to perform mechanical and mining maintenance. That is, the geometry of the basket will not be circular or square, that is, it will not be conventional due to the study or analysis of stress and strain concentration, the octagonal shape is unconventional and allows me a structural improvement at the same time that it will be consistent with the descending tunnel spaces or socavón spaces taking into account measures and general and specific dimensions, for which the design will depend on the size and weight that the basket will transfer taking into account also the material with which the basket will be constructed that should be Rolled steel with anticorrosive coating due to moisture in the vertical tunnel areas. It is a priority to have a design with light profiles and of great resistance to the weight to be supported, for this, the studies of flexion, deflection, buckling and stiffness will be carried out, with their respective tension and compression tests, to finally obtain a safe product according to the safety standards that mining demands today. The basket would be mobile by electromechanical drives and lifting accessories. Each of the driving elements will be selected, called pulleys, cables, chains, shackles, bolts, and electric motors with alternating voltage source, all based on calculations of mechanical and electromechanical design.

Keywords: Octagonal basket, unconventional design, transfer of mining equipment.

CAPÍTULO 1

DISEÑO METODOLÓGICO DEL ENTARIMADO

1.1 Introducción

La canastilla octogonal es de geometría no convencional, es por ello que para tener un diseño viable se propone el cambio de geometría, el cálculo estructural se evalúa con el método LRFD para tener diseños más ligeros, en el cálculo del sistema de elevación se usa el método de control de velocidad con un variador de frecuencia

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

- Diseñar una canastilla móvil para traslado de equipo minero con accionamiento electromecánico.

1.2.1 Objetivos específicos

- Seleccionar un motor eléctrico y elementos mecánicos de izaje.
- Seleccionar perfiles ligeros que cumplan con las pruebas de resistencia y esfuerzos.

1.3 Hipótesis

1.3.1 Hipótesis general

El diseño de una plataforma con tres tramos solucionara los problemas de operaciones mineras.

1.3.2 Sub hipótesis

- El empleo de la canastilla móvil es la forma más rápida y económica para traslado de equipos mineros.
- El empleo del accionamiento electromecánico atenuaría el consumo de energía.
- El empleo de perfiles HSS y angulares me permite conexiones simples y de gran resistencia.

1.4 Antecedentes

En los años anteriores la construcción de plataformas se realizaba de manera aproximada, usando las uniones soldadas, el cual se tenía en forma definitiva en su ensamble, es por ello que al pasar el tiempo tomaron en cuenta los proyectos cortos en el que las estructuras se tienen que trasladar de un lugar a otro, es ahí cuando se utilizó poco a poco las uniones atornilladas, estas uniones hacen que las plataformas sean desmontables y se puedan trasladar de un lugar a otro, en la actualidad se requiere plataformas para operaciones mineras.

1.5 Justificación

El diseño de la canastilla móvil permitirá elevar equipos mineros pesados en dirección vertical, el cambio de geometría comparado con canastillas existentes hará que la cantidad de carga a elevar sea mayor; no se trata de una canastilla compleja, sino que justifique la resolución de una tarea, la cual consiste en elevar equipos mineros en el menor tiempo posible.

1.6 Variables de estudio

1.6.1 Variables independientes

A Indicadores

Tipo de instalación electromecánica.

Pruebas de elasticidad y rigidez.

B Índices

Potencia requerida del motor electromecánico.

Resistencia a la tensión, compresión y corte.

1.6.2 Variable dependiente

Diseño esperado de la canastilla.

A Indicadores

Viabilidad del diseño de la canastilla.

B Índices

Costo de construcción de la canastilla.

1.7 Viabilidad de la investigación

1.7.1 Viabilidad técnica

Utilizando una nueva geometría (octogonal) en la canastilla nos permitirá una viabilidad técnica de perfiles más ligeros y más resistentes en comparación a los existentes.

1.7.2 Viabilidad operativa

Las uniones permiten mayor operatividad en el armado y construcción cuando son octogonales que cuando se utilizan geometrías rectangulares o circulares.

1.7.3 Viabilidad económica

Debido a que en la construcción de la canastilla requiere de menor cantidad de procesos para su fabricación y montaje, el costo tal de la canastilla es menor.

1.8 Importancia

El nuevo diseño de la canastilla es innovador debido a que se acomoda al lugar o geología del medio debido a que se dispone solo de un túnel o tajo vertical para trasladar el mineral.

1.9 Limitaciones de la investigación

- El diseño de la canastilla móvil solo podrá ser accionada por motores electromecánicos, mas no hidráulicos.
- La selección del motor eléctrico solo dependerá del torque y diámetro de las poleas.
- Los factores de seguridad en algunos elementos estructurales serán altos debido a la concentración de esfuerzos.

1.10 Tipo y nivel de la investigación

1.10.1 Tipo de investigación

Investigación exploratoria

1.10.2 Nivel de investigación

Integrativo porque modificamos la geometría de una estructura y evaluamos su eficiencia de diseño.

1.11 Método y diseño de la investigación

1.11.1 Método de la investigación

El método de investigación es hipotético deductivo.

1.11.2 Diseño de la investigación

Es necesario las pruebas y resultados con la herramienta del simulador y constatado de cálculos en resistencia de materiales para diseñar correctamente la canastilla móvil. En la planificación es necesaria el estudio de cada factor de tiempo y costo. En el diseño y planificación vamos a definir todas las posibles fuentes de variación.

1.12 Técnicas e instrumentos de la recolección de información

1.12.1 Técnicas

Observación.

Diccionario de datos.

1.12.2 Instrumentos

Textos, libros, revistas, patentes, publicaciones y artículos científicos.

1.13 Cobertura de estudio

1.13.1 Universo

Sistema de elevación de cargas.

1.13.2 Muestra

Canastilla de acero accionado con motor electromecánico.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1 Canastilla octogonal

Es una estructura no convencional que tiene como función elevar objetos pesados, de manera que el costo de construcción de este sea menor por su geometría.

Para (Wikipedia , Ascensor, 2018) La primera referencia a un ascensor aparece en las obras del arquitecto romano Vitruvio, quien sostiene que Arquímedes (ca. 287 a. C. – ca. 212 a. C.) había construido el primer elevador² probablemente en el año 236 a.C. Fuentes literarias de épocas posteriores mencionan ascensores compuestos de cabinas sostenidas con cuerda de cáñamo y accionadas a mano o por animales. Se estima que ascensores de ese tipo estaban instalados en un monasterio de Sinaí, Egipto.(p.1)

2.1.1 Historia de los elevadores.

(Wikipedia , Ascensor, 2018) dice:

Hacia el año 1000, en el Libro de los Secretos escrito por Ibn Khalaf al-Muradi, de la España islámica se describe el uso de un ascensor como dispositivo de elevación, a fin de subir un gran peso para golpear y destruir una fortaleza.³ En el siglo XVII, había prototipos de ascensores en algunos edificios palaciegos ingleses y franceses. Los ascensores antiguos y medievales utilizaban sistemas de tracción basados en el mecanismo de la grúa. La invención de otro sistema basado en la transmisión a tornillo, fue tal vez el paso más importante en la tecnología del ascensor desde la antigüedad, que finalmente condujo a la creación de los ascensores de pasajeros modernos. El primer modelo fue construido por Ivan Kulibin e instalado en el Palacio de Invierno en 1793, mientras que varios años más tarde, otro ascensor Kulibin fue instalado en Arkhangelsk, cerca de Moscú. En 1823, se inaugura una "cabina de ascensor" en Londres. Ascensor de Elisha Otis, patente del 15 de enero de 1861. En 1851, Waterman inventó el primer prototipo de montacargas. Se trataba de una simple plataforma unida a un cable, para subir y bajar mercancías y personas. A medida que se fueron construyendo edificios más altos, la gente se sintió menos inclinada a subir escaleras largas. Los grandes almacenes comenzaron a prosperar, y surgió la necesidad de un aparato que trasladara a los clientes de un piso a otro con mínimo esfuerzo. El montacargas inspiró al estadounidense de Vermont, Elisha G. Otis, para inventar un elevador⁵ con un sistema dentado, que permitía amortiguar la caída del mismo en caso de que se cortara el cable de sustento. Fue la primera demostración de un sistema de seguridad para elevadores de pasajeros. Por extraño que parezca, el talento de Elisha Otis como diseñador se descubrió mientras trabajaba como maestro mecánico en una fábrica de armazones de camas de Albany (estado de Nueva York). Inventó varios dispositivos que ahorraban trabajo, y por eso fue enviado a Yonkers (Nueva York), donde podría utilizarse mejor su aptitud. Allí diseñó y construyó este primer ascensor

con mecanismo automático de seguridad en caso de que hubiera alguna avería en el cable. En 1853 ya había establecido su propio negocio para fabricar ascensores, la compañía Otis Elevator Company, que aún existe en la actualidad y es la mayor compañía de ascensores del mundo ya que ha instalado 2,5 millones de elevadores y escaleras mecánicas por todo el planeta. Al año siguiente Otis demostró este invento en una exposición que se llevó a cabo en Nueva York.

El 30 de agosto de 1957 se aplicó un sistema de puertas automáticas en los ascensores de pasajeros, lo que permitió prescindir de puertas actuadas manualmente. Otro tipo de ascensor es el conocido como paternoster; consiste en una serie de cabinas abiertas, de capacidad limitada, que se mueven lentamente por dos huecos contiguos. Por uno suben las cabinas y, al llegar a la parte superior, se cambian al otro hueco por el que bajan en un ciclo continuo, sin detenerse. Los pasajeros suben y bajan en marcha. Era muy práctico en lugares de mucha circulación de personas entre pisos, aunque tenía problemas de seguridad, por lo que fue sustituido por las escaleras mecánicas, mucho más seguras.(p.1)

2.1.2 Ascensores en el mundo.

(Wikipedia , Ascensor, 2018) dice: Los comercios pronto se dieron cuenta del potencial del invento, y en 1857 se instaló el primer ascensor de pasajeros en un gran almacén ubicado en la avenida Broadway, esquina calle Broome, en la ciudad de Nueva York, Estados Unidos. Movidado a vapor, este elevador subía cinco pisos en menos de un minuto. En aquel entonces, eso era rápido. En contraste con eso, hoy los ascensores de uno de los edificios más altos del mundo, la Torre Willis, en Chicago, suben 412 metros en menos de un minuto.⁶ En la actualidad, el edificio más alto del mundo, la Torre Burj Khalifa en Dubái, con 828 m de altura, tiene ascensores de la compañía Otis Elevator

Company que suben la distancia más larga del mundo: 504 metros; también tiene el acceso de ascensor situado a mayor altura del mundo: a 638 metros; y el ascensor con doble cabina más rápido del mundo: 10 metros por segundo. (p.1)



Imagen 1. Vista de una canastilla convencional.

Fuente: (Menoritab , 2019)

2.2 El tamaño del problema estructural

(Gonzales Caceres , 1990) dice: El análisis de elementos de la naturaleza desde el punto de vista de sus estructuras resistentes ha servido como punto de partida para el estudio de la incidencia que los cambios de escala tienen sobre las estructuras resistentes de los objetos. Fue Galileo en 1688 quien realizó las primeras críticas documentadas sobre el uso de las reglas de la proporción –herramienta utilizada en los

diseños de las obras civiles hasta el siglo XVIII–, bajo las cuales se diseñaban los elementos resistentes siguiendo criterios geométricos; su análisis evidenciaba que el tamaño determinaba las diferentes proporciones encontradas en la forma de estructuras de análoga funciónXXVI. Existen relaciones determinadas entre el tamaño del elemento analizado y la forma geométrica global de sus elementos resistentes. Se puede fundamentar la distinta forma estructural que tienen objetos de tamaños muy diferentes, analizando la variación de las variables pertinentes. (p.97)

2.3 Relación peso propio a sección resistente para incremento de tamaño

(Gonzales Caceres , 1990) dice: Considerando la dimensión representativa de un problema de traslado longitudinal de carga vertical, a tracción o compresión, como la distancia L de traslación de la fuerza y tomando el peso propio de la estructura como carga adicional, el área resistente, sin considerar posibles problemas de estabilidad, es función de la carga y el peso propio; las dimensiones transversales serán las requeridas para que el material resista el peso de toda la barra en su sección crítica –la base–; para problemas de diferente magnitud –diferente valor de L –, la sección transversal crecerá en función del incremento de la dimensión de la fuerza que se traslada y del incremento del peso propio de la estructura. (p.98)

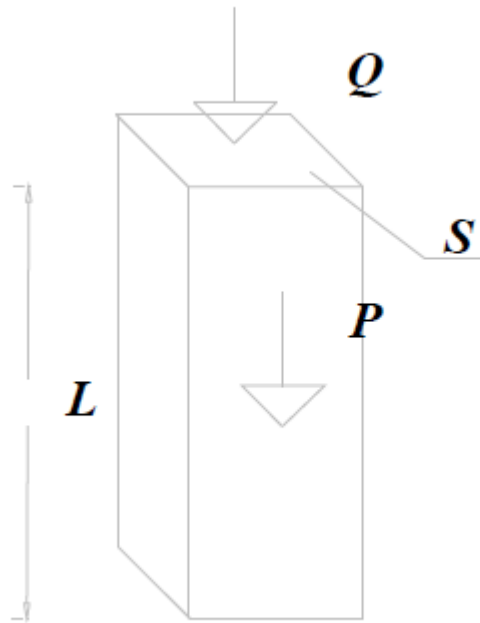


Imagen 2. Relación peso propio a sección.
Fuente: (Gonzales Caceres , 1990,p.99)

2.4 Elementos constitutivos de un ascensor

2.4.1 Cabina.

La cabina es el elemento básico del sistema de ascensores. Está formada por dos partes: el bastidor o chasis y la caja o cabina, o por una cabina autoportante.



Imagen 3. Cabina de ascensor.
Fuente: (Macoyma , 2018)

2.4.2 Contrapeso.

La mayoría de los ascensores tienen un contrapeso, que tiene una masa igual a la de la cabina, más la mitad de la carga máxima autorizada, para que el motor no tenga que mover toda la masa de la cabina, sino solo una fracción. Debido a ello, un ascensor vacío, pesa menos que el contrapeso. El contrapeso también está conducido por unas guías. Su función es equilibrar la carga para facilitar el trabajo del motor y no forzarlo en su funcionamiento.

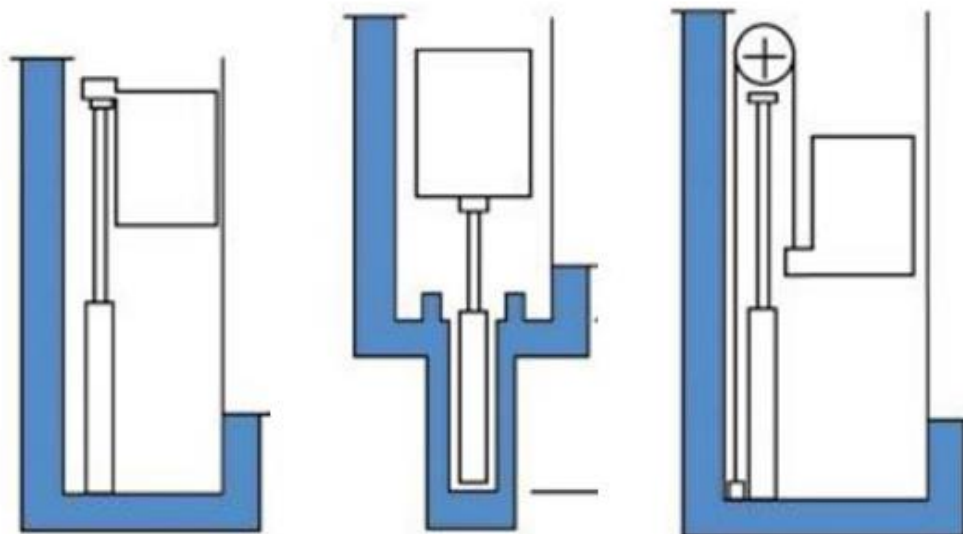


Imagen 4. Contrapeso de un elevador.
Fuente: (Bomberos online, 2019)

2.4.3 Grupo tractor en los ascensores electro-dinámicos.

Los grupos tractores para ascensores están formados normalmente por un motor acoplado a un reductor de velocidad, en cuyo eje de salida va montada la polea acanalada que arrastra los cables por adherencia.

2.4.4 Sistema de paracaídas.

(Wikipedia , 2018) dice: En los extremos inferior o superior del bastidor de la cabina, se encuentra el sistema de paracaídas, ya sea instantáneo o progresivo. Este libera unas cuñas contra las guías para frenar la cabina en caso de que baje a una velocidad mayor que la permitida por el limitador, impidiendo así que la cabina caiga libremente incluso en el caso de que se cortaran todos los cables que la sujetan. En los ascensores modernos y según normativa de cada país o región también frena en subida. En ocasiones, se instala también un sistema de frenado en el contrapeso. Por ejemplo, cuando debajo del suelo del foso hay zona de paso de personas como un estacionamiento de automóviles. Si el contrapeso que puede pesar 700 kg cayera en

caída libre podría romper el suelo del foso y dañar a personas que estuvieran en la zona de debajo del ascensor. (p.1)

2.4.5 Cuadro control de maniobras.

Para (Wikipedia , 2018) El control de los sistemas de ascensores se realiza mediante sistemas electrónicos, encargados de hacer funcionar la dirección de movimiento de la cabina y de seleccionar los pisos en los que esta deba detenerse. En 1862 la compañía de ascensores Otis inventó el primer sistema de control con "memoria" para grupos de ascensores, lo que permitió su automatización y prescindir de los ascensoristas. Actualmente, los controles de ascensores funcionan con microprocesadores electrónicos que mediante algoritmos de inteligencia artificial determinan la forma de administrar la respuesta a los pedidos de llamadas coordinando la operación de los distintos equipos. Los cuadros de maniobra actuales tienen un sistema de información de errores, que en caso de avería muestran en una pantalla el código de error de tal forma que el mecánico del ascensor sepa cuál ha sido el motivo de que el ascensor se detuvo. Un ascensor cuenta con múltiples dispositivos de seguridad para evitar cualquier riesgo de accidentes y en cuanto cualquier dispositivo falla el ascensor queda automáticamente detenido. Cualquier elevador por antiguo que sea tiene contactos en: las puertas exteriores, puertas de cabina, contacto de rotura de cables (actualmente ya no se montan), de disparo de polea del limitador superior, de aflojamiento de cable en polea de limitador inferior, de acuñaamiento en cabina, etc. En cuanto cualquiera de estos contactos falle, el ascensor se parará indicando el contacto o dispositivo que ha fallado. (p.1)

2.4.6 Las guías.

(Garcia , 2016) afirma: Las cabinas de los ascensores y los contrapesos van guiados por unos raíles, cables o guías. En los años 60 del pasado Siglo, muchos fueron

los contrapesos guiados por cables, estos cables eran acerados y por lo general se empleaban, cuando por cuestiones de espacio el contrapeso debía de circular por el patio de luces o el exterior. Las guías en un principio eran perfiles de maderas duras de forma cuadrada y se anclaban en vigas de U de 800x400 mm con tirafondos, estas vigas se sujetaban a la pared a una distancia de aproximadamente tres metros, que era la distancia de la escalera de piso a piso en la parte intermedia. Posteriormente fueron metálicas y macizas principalmente en perfil de T, sus características varían en función de la carga y velocidad de la cabina, al igual que los anclajes o sujeciones. Junto con los cables de tracción son las que nos dan el confort de viaje, además de mantener el nivel de la cabina. (p.36)



Imagen 5. Vista de las guías.

Fuente: (García , 2016)

2.4.7 Los cables.

(García , 2016) dice: En un principio, las cabinas de los elevadores estaban sujetadas por cuerdas de cáñamo o esparto, posteriormente por cadenas metálicas y a finales del Siglo XIX por cables metálicos. Actualmente los cables destinados a la

sujeción de las cabinas y contrapesos son de composición Warrintong, normalmente el numero de los cables y su diámetro es función de la carga a transportar. Desde hace una década hay una innovación en la sujeción de las cabinas y contrapesos, dado que se está incorporando al mercado una cinta flexible, que sustituye al cable de toda la vida, aunque su uso no está muy extendido. Estas cintas principalmente son utilizadas en los ascensores ubicados en un solo espacio, es decir, en los que carecen de sala de maquinas. Son aquellos en los que el motormáquina está situado en la parte superior del hueco del ascensor y el cuadro de gobierno del ascensor esta situado en la ultima parada superior del ascensor. (p.37)



Imagen 6. Vista de los cables.
Fuente: (Garcia , 2016)

2.4.8 El grupo tractor.

(Garcia , 2016) dice: Es el conjunto tractor el que produce el movimiento y la parada del ascensor. Está compuesto por la máquina, el motor eléctrico y el freno. Cada uno de estos tres componentes es de vital importancia para el buen funcionamiento del ascensor. El motor eléctrico está diseñado especialmente para el ascensor. Es el encargado de generar un movimiento rotativo, que para el caso de una velocidad está entre las 700 y 1400 vueltas por minuto. Conectado por medio de un acople a la máquina y a través del sistema reductor, se imprime al eje de la polea tractora la

velocidad de desplazamiento de la cabina. Se genera por adherencia entre la polea y los cables de acero, que están vinculados a la cabina y el contrapeso. Cierra el conjunto el freno, que es del tipo electromagnético y son sus zapatas las que producen la detención del equipo, cuando cesa el suministro eléctrico al motor. (p.38)



Imagen 7. Grupo tractor.
Fuente: (Garcia , 2016)

2.4.9 El freno del grupo de tracción.

(Garcia , 2016) dice: El sistema de frenado suele ser similar para una velocidad, dos velocidades o para la frecuencia variable. Lo único que varía es la vida de trabajo de las zapatas. Es decir, un ascensor de una velocidad, siempre sufre más que uno de dos velocidades o de velocidad variable. Además, la nivelación, si sólo hay una velocidad es menos precisa que la de dos velocidades, siendo el mismo modelo de freno. Los ascensores de una velocidad frenan a su velocidad nominal, los de dos velocidades normalmente frenan a 0,25 m/s y los dotados con variador de frecuencia, cuando

carecen de velocidad, dado que su velocidad es progresiva en el arranque y la parada.

(p.40)



Imagen 8. Vista del freno del grupo de tracción.

Fuente: (Garcia , 2016)

2.5 Las velocidades

En el momento actual los ascensores eléctricos tienen tres tipos de velocidades:

2.5.1 Ascensores de una velocidad.

Se denominan ascensores de una velocidad los que funcionan a 0,60 m/s. Este modelo de velocidad siempre es la misma, incluso en arranque y en parada. Suele utilizarse para cargas de 300 kgs ó 4 personas máximo. Su parada suele variar en la

nivelación en planta, según la carga que transporten por muy bien que esté el freno o la altura que se encuentre la parada.

2.5.2 Ascensores de dos velocidades.

Los ascensores de dos velocidades suelen viajar a una velocidad de 0,80 a 1 m/s reduciendo a 0,20 m/s cuando se aproximan a la parada solicitada. Esta doble velocidad permite que la frenada sea casi perfecta con una exactitud de más menos 2 mm y supone un mínimo desgaste de las zapatas del freno, dilata la vida de la maquina y un buen confort de viaje. Las dos velocidades se suelen utilizar en ascensores de bajo y medio trafico y con cargas medias, es decir, las de 300 kgs ó 4 personas, 425 kgs ó 6 personas y 630 kgs ó 8 personas.

2.5.3 Ascensores de frecuencia variable o VV3 F.

Los elevadores que funcionan a frecuencia variable, el rango de su velocidad de crucero puede ser infinita, aunque como es normal todo tiene un limite tecnológicamente. Parten de 0,70 m/s hasta llegar a velocidades superiores a los 15 m/s según el recorrido a viajar. La frecuencia variable tiene un excelente confort de viaje y una exacta parada. Esto es debido a que el ascensor arranca de 0 hasta llegar a la velocidad programada, reduciendo cuando se aproxima al piso solicitado desde la velocidad de crucero a 0, parando a continuación y frenando posteriormente. La rotación del motor se puede aumentar o disminuir programando el variador.

Los ascensores con funcionamiento a frecuencia variable tienen un consumo energético un 30 % inferior a los normales.

Velocidad de ascensores hidráulicos

La velocidad de los ascensores hidráulicos es bastante limitada, normalmente su velocidad oscila entre los 0,25 m/s con reducción a 0,10 m/s en el caso de montacargas

y monta-coches, y los 0,70 m/s para los destinados a personas, aunque con las válvulas funcionando a frecuencia variable pueden alcanzar velocidades superiores.



Imagen 9. Control de velocidad de un ascensor.

Fuente: (Garcia , 2016)

2.5.4 Limitador de velocidad.

Para (Garcia , 2016) El sistema limitador de velocidad consta de dos poleas, una instalada en la sala de máquinas y otra alineada o aplomada verticalmente con la primera en la parte inferior o foso del hueco del ascensor, A través de ellas pasa un cable de acero, un extremo del mencionado cable se une a un punto fijo de la cabina y el otro a un mecanismo de palancas que puede estar tanto en la parte superior, como inferior del chasis o bastidor de la cabina. El cable acompaña a la cabina en todo momento y es independiente a los cables de tracción, no hace la función de sujetar la cabina. Cuando la velocidad del ascensor supera el 25 % de la velocidad nominal, la

polea superior produce la parada del ascensor, mediante un contacto que corta la primera serie de seguridad de la maniobra. La cabina queda clavada en las guías y el motor deja de funcionar. Todo esto se produce al funcionar las cuñas del sistema de paracaídas. (p.43)

2.6 Cerraduras

(García , 2016) dice: Hay una cerradura en cada puerta de rellano y sólo se puede abrir cuando el ascensor está en ese rellano. La cerradura dispone de un brazo con una poleilla el cual al ser accionado por la retráctil, permite la apertura de esa puerta. Para arrancar el ascensor debe de estar correctamente cerrada y enclavada la cerradura y sólo cuando las seguridades eléctricas que lleva la puerta están bien, la maniobra da orden de iniciar un nuevo trayecto. En los ascensores relativamente antiguos, la cabina dispone de de una leva retráctil actuada por un electroiman, llamado también retráctil que actúa cuando los circuitos de seguridad están cerrados y recibe la orden de la maniobra, entonces entra la condena de la cerradura, cierra la última serie eléctrica y arranca hacia el piso que fue llamado. Durante el trayecto la leva está actuada, dado que en caso contrario arrancaría todos los brazos de cerraduras que encontrara en su camino. Los ascensores con puertas automáticas exteriores, también están dotados de una leva retráctil mecánica que acompaña a las puertas de cabina y realiza la misma función que la leva o retráctil eléctrica, abriendo las puerta de rellano a la vez que se abren y lo mismo, realizan al cerrarse.(p.49)



Imagen 10. Vista de una puerta de elevador.
Fuente: (Garcia , 2016)

CAPITULO 3

PARAMETROS INICIALES DEL CALCULO ESTRUCTURAL

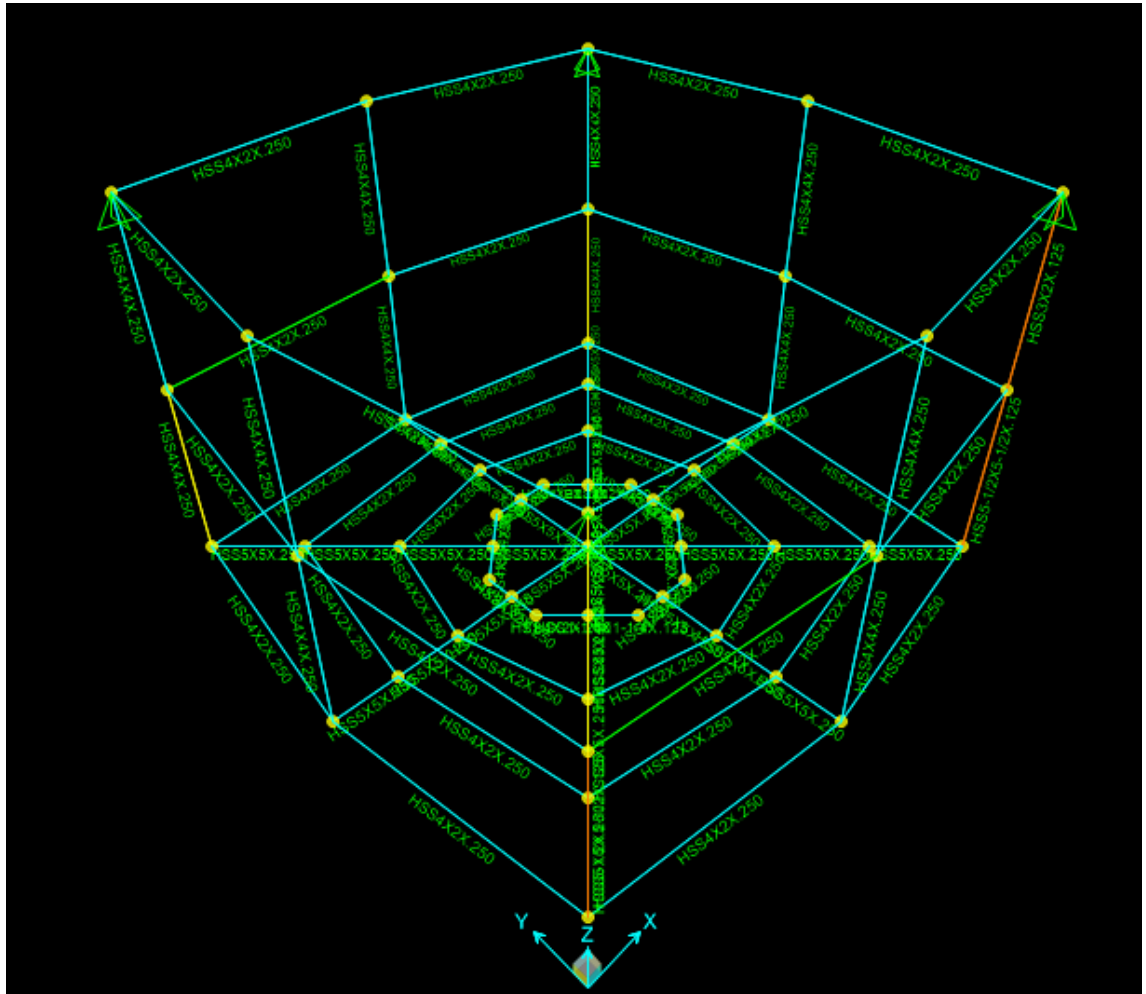


Imagen 11. Vista isométrica de la estructura.
Fuente: Elaboración propia.

3.1 Carga constante de diseño

Es el peso propio de la estructura y se calcula con el programa:

Material List 1 - By Object Type

File View Edit Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted

Filter: Material List 1 - By Object Type

Object Type	Material Text	Total Weight Kgf	Num Pieces Unitless
Frame	A36	1458.33	104

Record: << < 1 > >> of 1

Add Tables... Done

Imagen 12. Vista de la carga constante.
Fuente: Elaboración propia.

3.2 Carga variable

La capacidad de carga es de 6250kgf

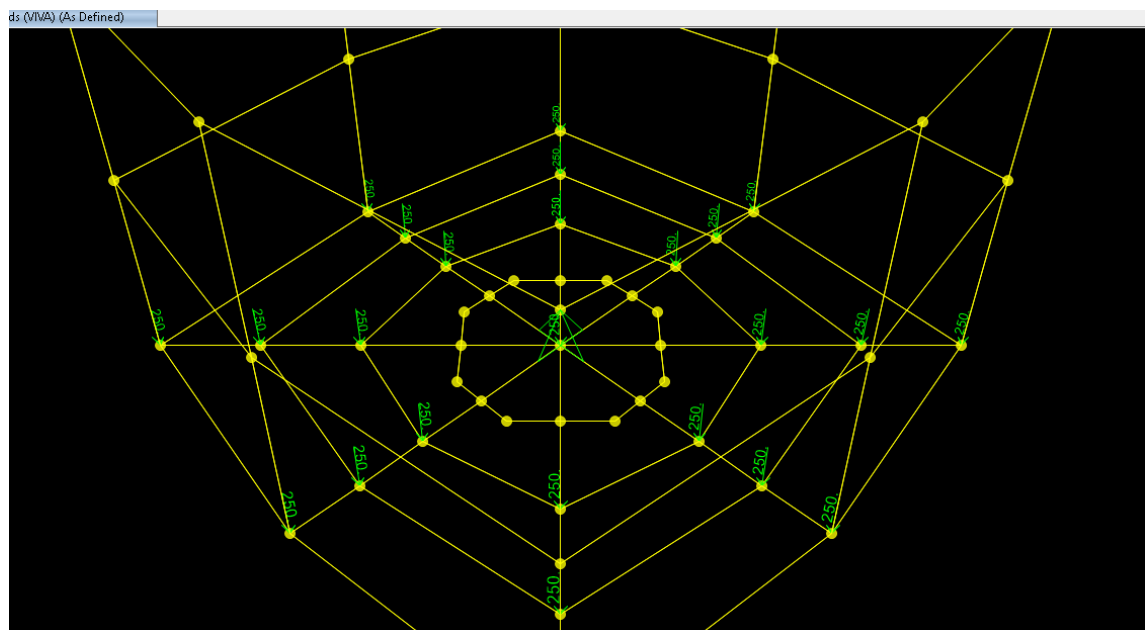


Imagen 13. Capacidad de carga aplicada en la canastilla.
Fuente: Elaboración propia.

La carga viva según la NTP es:

La NTP establece un valor de 30kg/m^2

La distancia entre vigas es 1.693 m

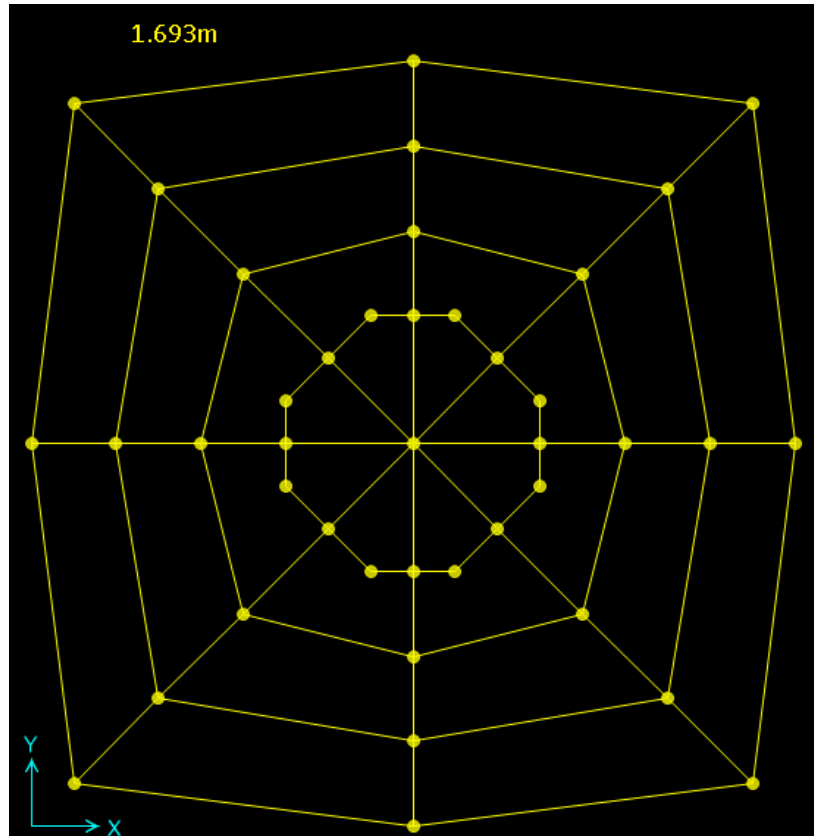


Imagen 14. Distancia entre vigas para la distribución de fuerzas.
Fuente: Elaboración propia.

La fuerza distribuida es:

$$F=30*1.693=50.79\text{ kgf/m}$$

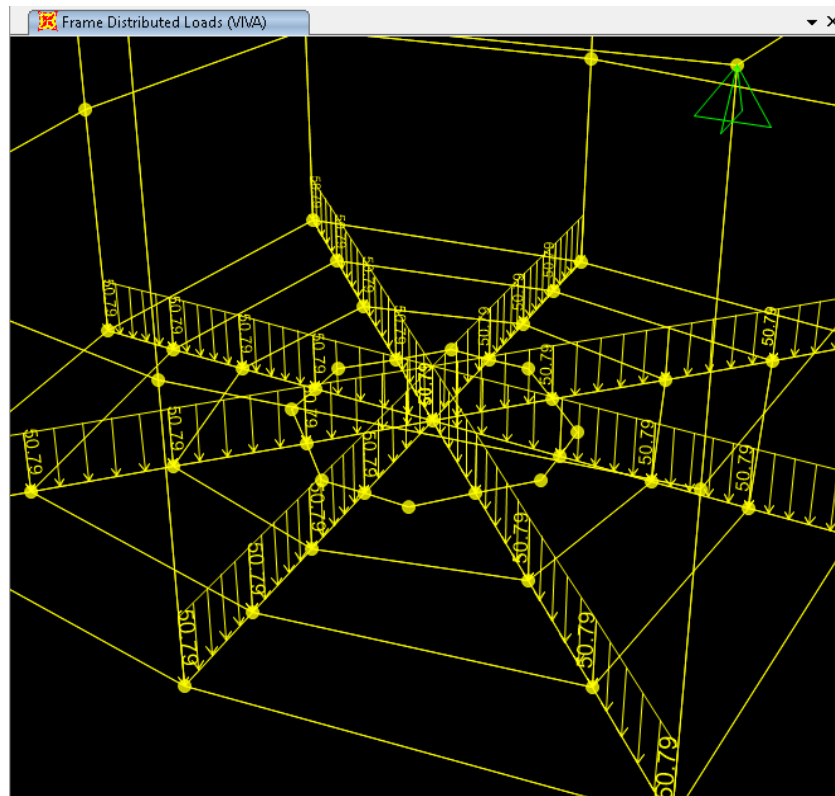


Imagen 15. Fuerzas distribuidas en la canastilla no convencional.
Fuente: Elaboración propia.

3.3 Carga eólica según la altura

La velocidad del viento en Arequipa a los 10m de altura es 85km/h

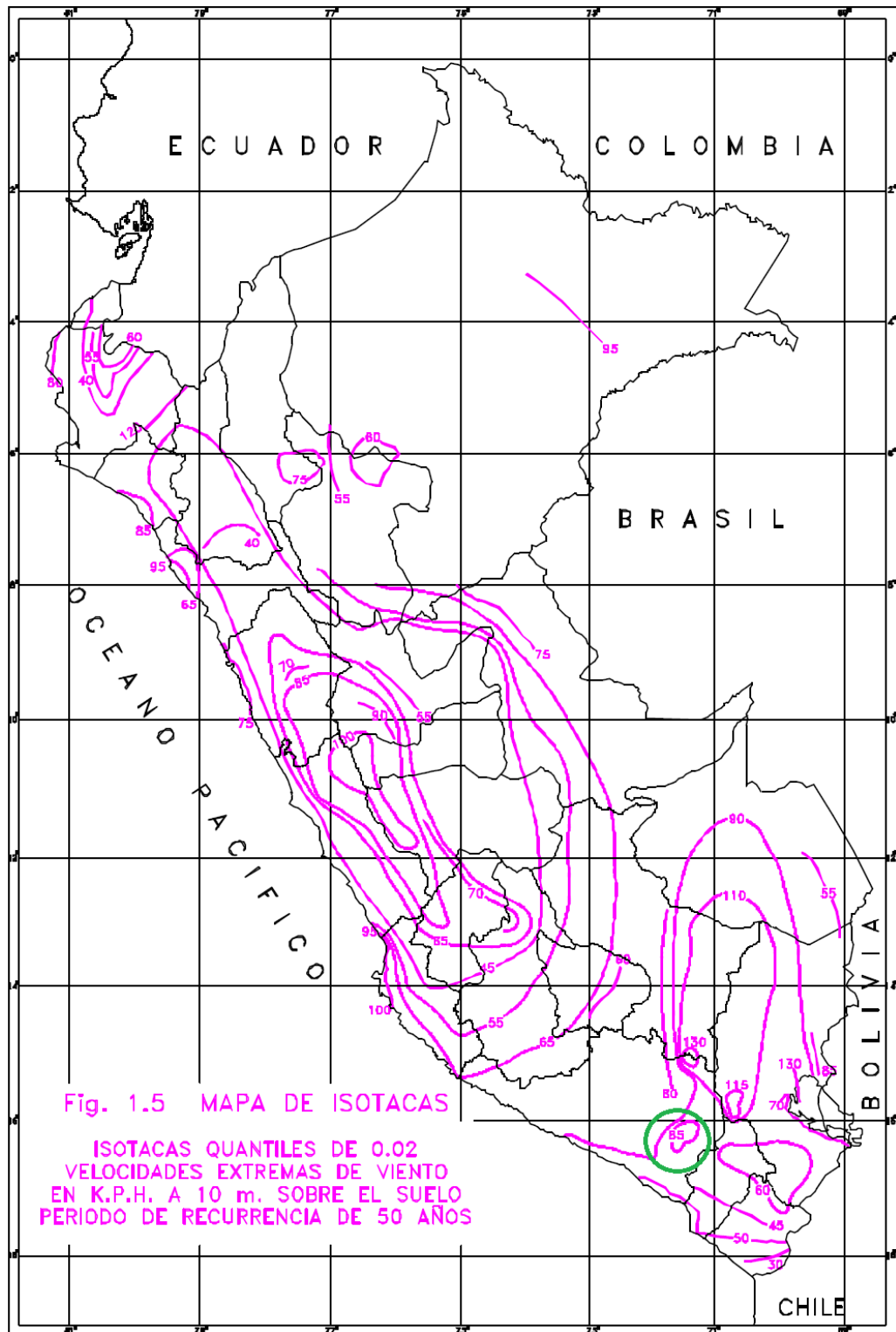


Imagen 16. Mapa eólico del Perú.

Fuente: (NTPE020,2006)

La velocidad en Arequipa es 85km/h

$$V = V \left(\frac{h}{10} \right)^{0.22} = 85 \left(\frac{2.4}{10} \right)^{0.22} = 62.09 \text{ km/h}$$

$$P = 0.005CV^2$$

Tabla 1. Factor de forma.

CONSTRUCCIÓN	BARLOVENTO	SOTAVENTO
Superficies verticales de edificios	+0.8	-0.6
Anuncios, muros aislados, elementos con una dimensión corta en la dirección del viento	+1.5	

$$P = 0.005 * 0.8 * 62.09^2 = 15.42 \text{kgf/m}^2$$

La distancia entre columnas es 1.693m

La fuerza distribuida es:

$$F = P * L = 15.42 * 1.693 = 26.11 \text{kgf/m}$$

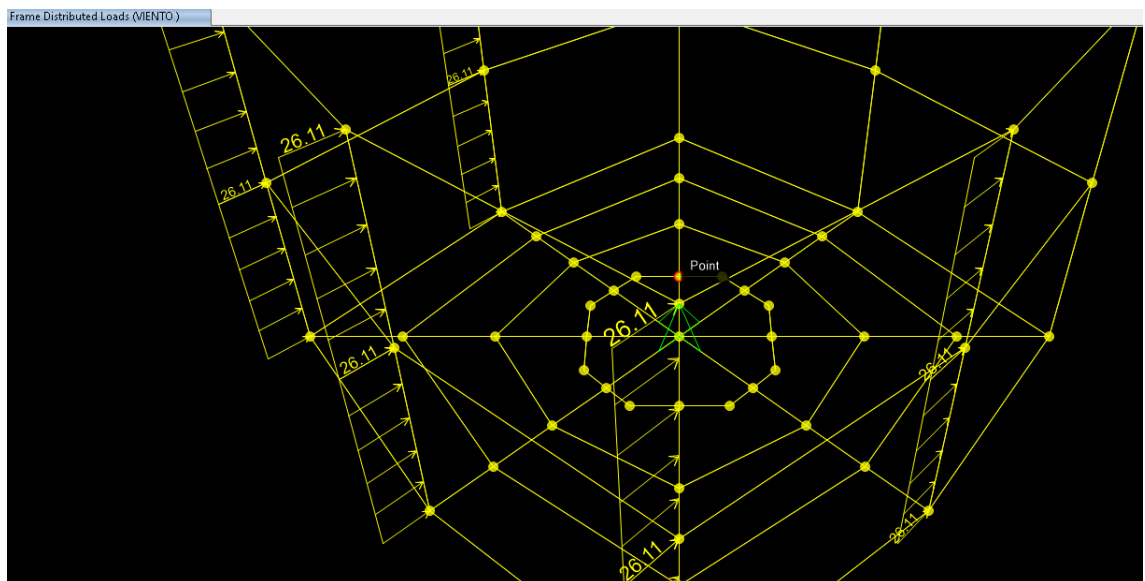


Imagen 17. Carga de viento distribuida en la canastilla.
Fuente: Elaboración propia.

3.4 Carga de nieve

La distancia entre vigas es: 1.693m

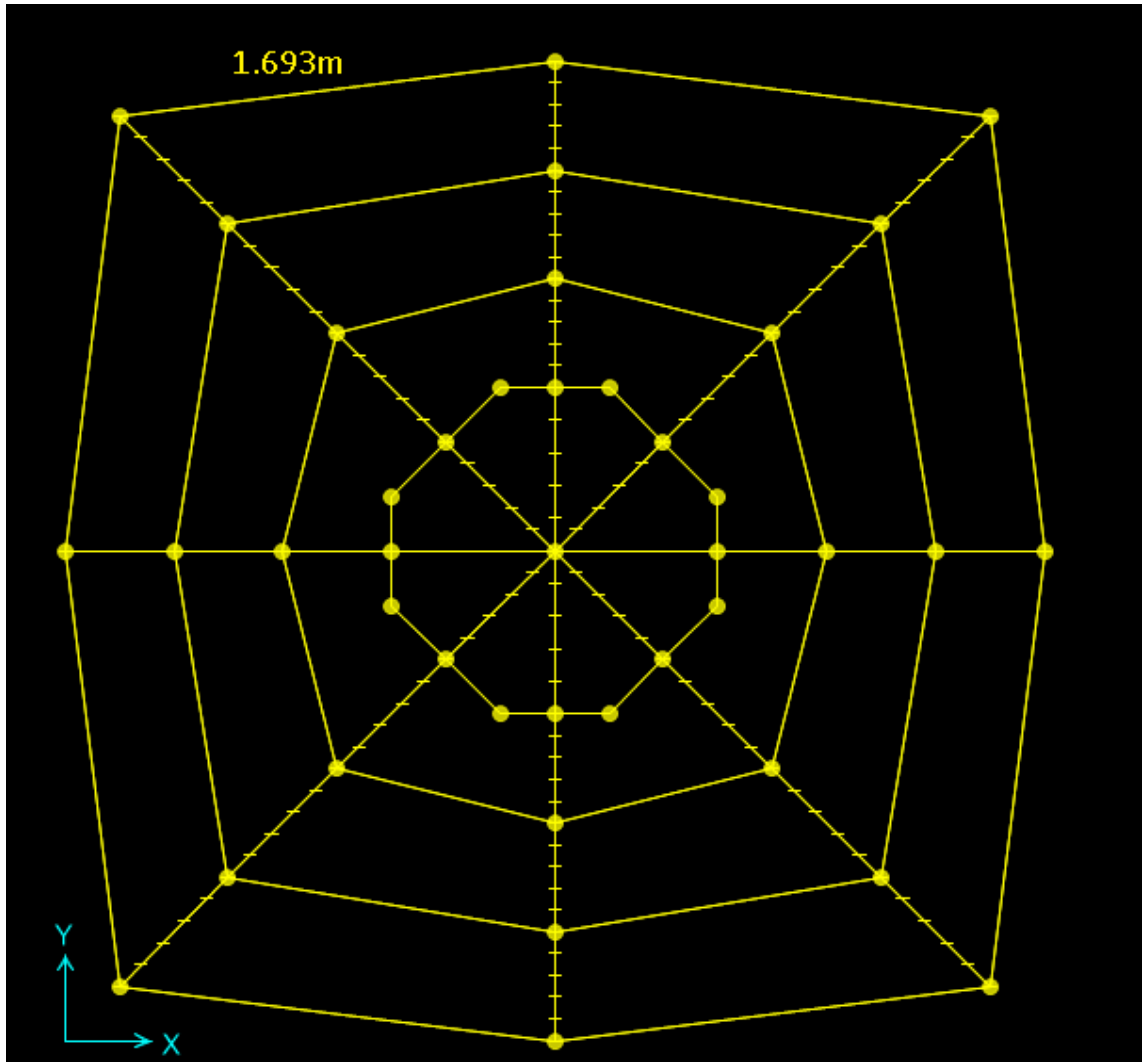


Imagen 18. Distancia entre vigas para la distribución de carga de nieve.
Fuente: Elaboración propia.

$$40 \cdot 1.693 = 67.72 \text{ kgf/m}$$

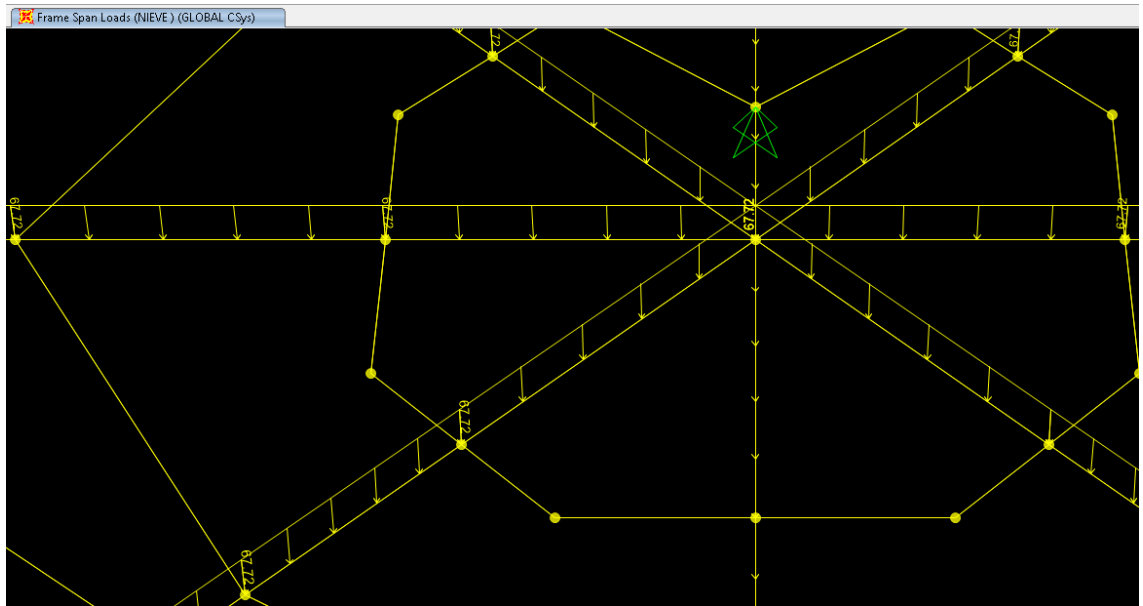


Imagen 19. Carga de nieve aplicada.
Fuente: Elaboración propia.

3.5 Carga de sismo

El programa hace el análisis dinámico con los siguientes parámetros, ya que en el análisis estático es solo una aproximación:

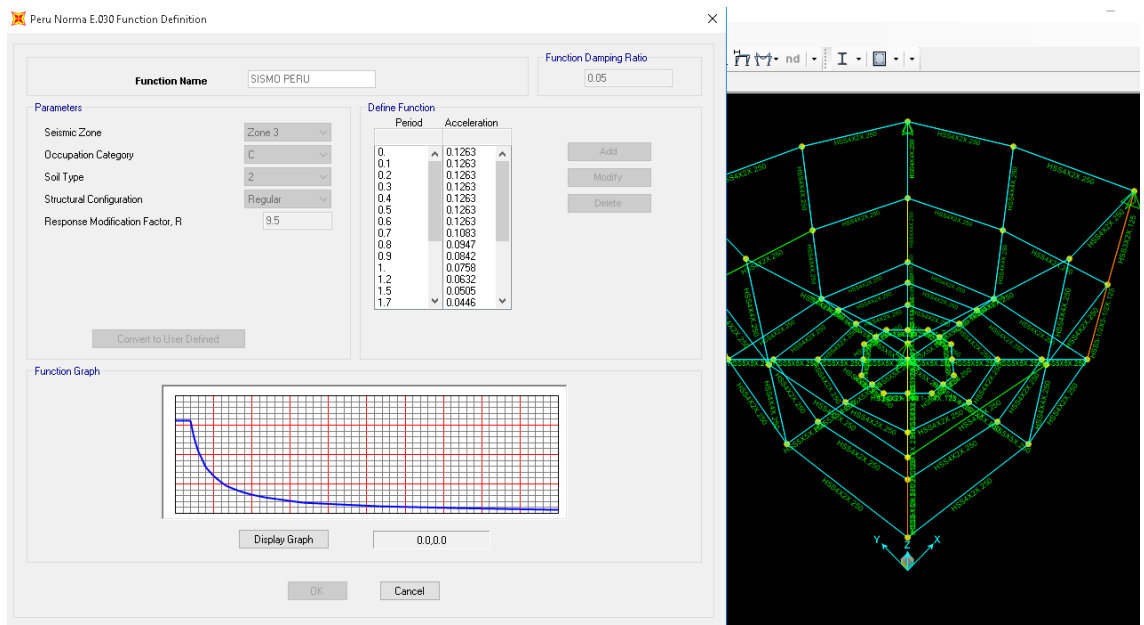


Imagen 20. Parámetros de sismo aplicados en el cálculo sísmico.
Fuente: Elaboración propia.

ZONAS SÍSMICAS



Imagen 21. Mapa de zonas geográficas.

Tabla 2. Factor de zona.

FACTORES DE ZONA	
ZONA	Z
3	0,4
2	0,3
1	0,15

Tabla 3. Factor de suelo.

Tabla N°2 Parámetros del Suelo			
Tipo	Descripción	T _p (s)	S
S ₁	Roca o suelos muy rígidos	0,4	1,0
S ₂	Suelos intermedios	0,6	1,2
S ₃	Suelos flexibles o con estratos de gran espesor	0,9	1,4
S ₄	Condiciones excepcionales	*	*

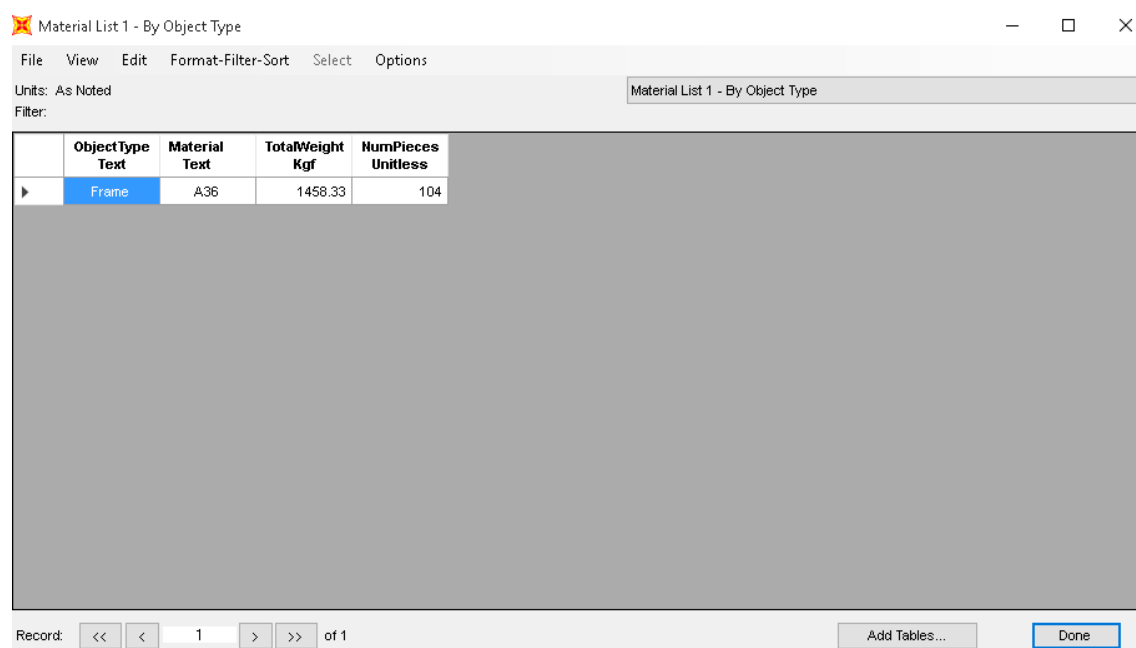
$$C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_p}{T} \right); C \leq 2,5$$

Tabla 4. Categoría.

CATEGORÍA DE LAS EDIFICACIONES		
CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
C Edificaciones Comunes	Edificaciones comunes, cuya falla ocasionaría pérdidas de cuantía intermedia como viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios, fugas de contaminantes, etc.	1,0

Tabla 5. Coeficiente de reducción.

SISTEMAS ESTRUCTURALES	
Sistema Estructural	Coeficiente de Reducción, R Para estructuras regulares (*) (**)
Acero	
Pórticos dúctiles con uniones resistentes a momentos.	9,5
Otras estructuras de acero:	
Arriostres Excéntricos.	6,5
Arriostres en Cruz.	6,0
Concreto Armado	
Pórticos ⁽¹⁾ .	8
Dual ⁽²⁾ .	7
De muros estructurales ⁽³⁾ .	6
Muros de ductilidad limitada ⁽⁴⁾ .	4
Albañilería Armada o Confinada ⁽⁵⁾ .	3
Madera (Por esfuerzos admisibles)	7



Object Type Text	Material Text	TotalWeight Kgf	NumPieces Unitless
Frame	A36	1458.33	104

Imagen 22. Carga muerta aplicada en el análisis sísmico.

Fuente: Elaboración propia.

La fuerza cortante horizontal es:

$$V = \frac{ZUCSP}{R}$$

$$V = \frac{0.4 * 1 * 2.5 * 1.2 * 1458.33}{9.5} = 179.61 \text{ kgf}$$

CAPITULO 4

CALCULO ESTRUCTURAL

4.1 Análisis por pandeo del elemento 47 con el método LRFD

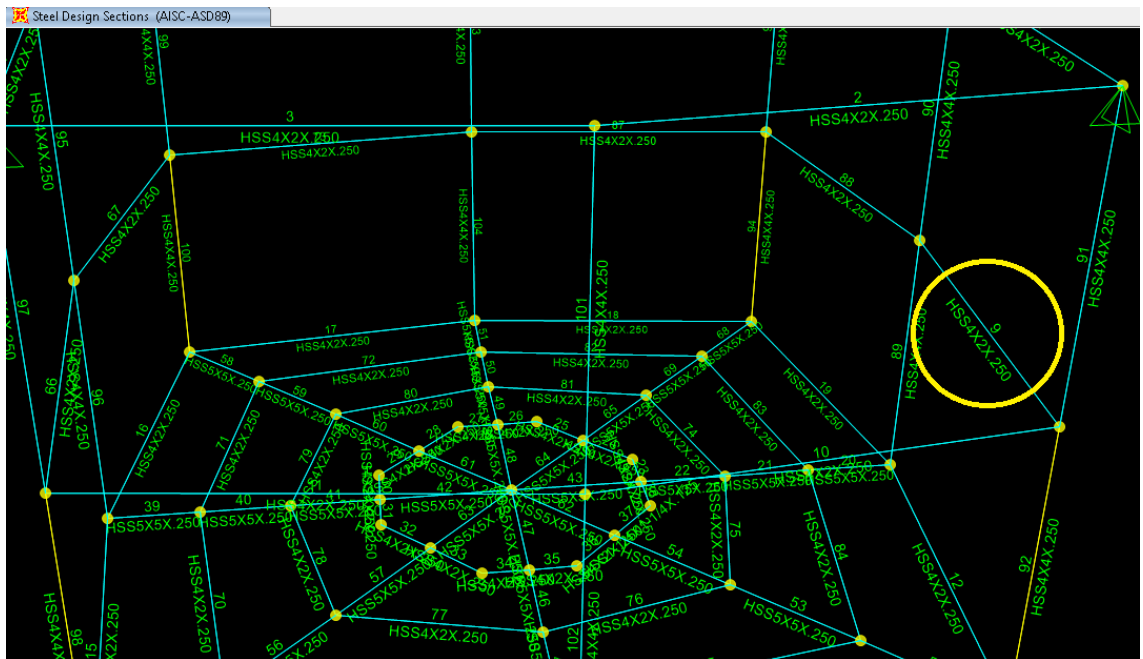


Imagen 23. Vista del elemento 47 con el método LRFD.
Fuente: Elaboración propia.

Diagrams for Frame Object 9 (HSS4X2X.250)

✕

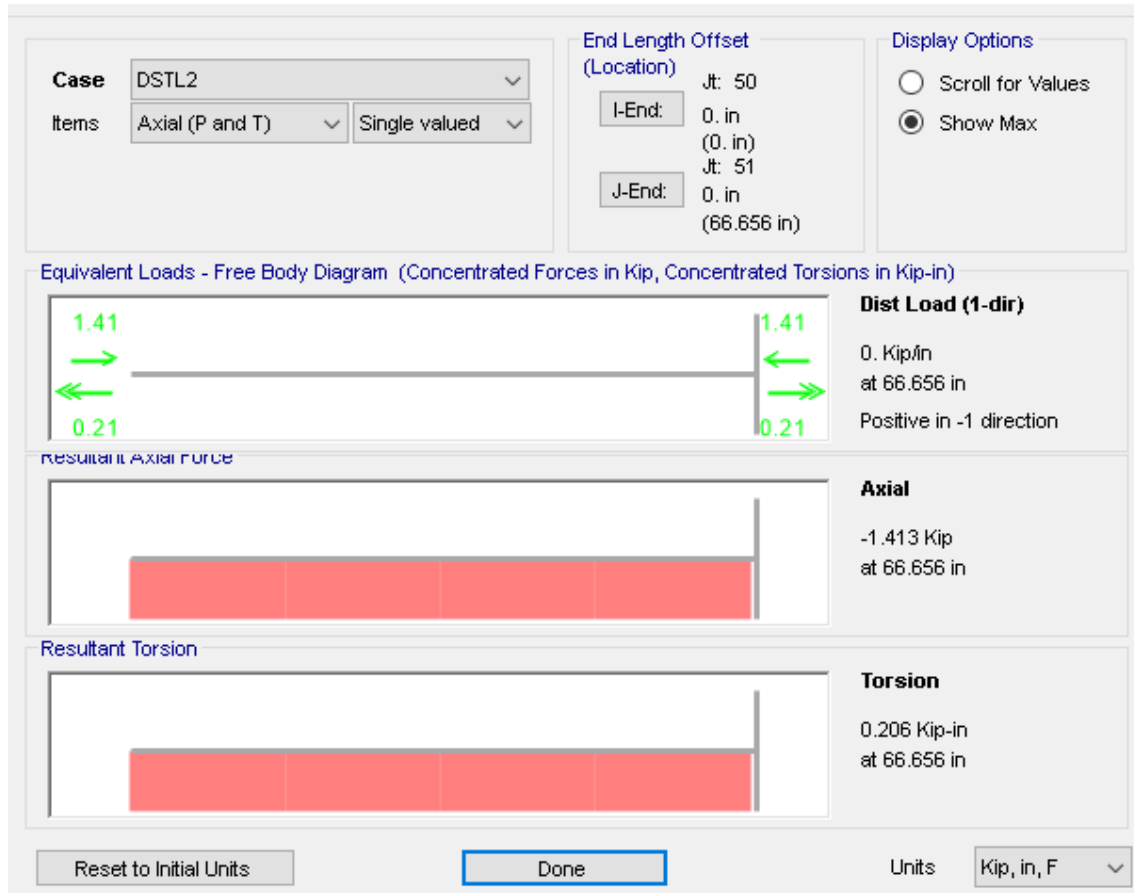


Imagen 24. Carga factorizada del elemento 9.
Fuente: Elaboración propia.

Steel Stress Check Data AISC-LRFD93

File

Units Kip, in, F

```

Frame : 9           Design Sect: HSS4X2X.250
X Mid  : 41.339    Design Type: Beam
Y Mid  : 4.134     Frame Type : Moment Resisting Frame
Z Mid  : 47.244    Sect Class : Compact
Length : 66.656   Major Axis : 0.000 degrees counterclockwise from local 3
Loc    : 66.656   RLLF      : 1.000

Area   : 2.440     SMajor    : 2.245     rMajor    : 1.357     AVMajor   : 1.864
IMajor : 4.490     SMinor    : 1.480     rMinor    : 0.779     AVMinor   : 0.932
IMinor : 1.480     ZMajor    : 2.940     E         : 29000.000
Ixy    : 0.000     ZMinor    : 1.790     Fy        : 36.000

```

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
66.656	-1.413	-28.482	2.034	0.879	-0.062	0.206

PMN DEMAND/CAPACITY RATIO

Governing Equation	Total Ratio	P Ratio	MMajor Ratio	MMinor Ratio	Ratio Limit	Status Check
(H1-lb)	0.348	= 0.014	+ 0.299	+ 0.035	0.950	OK

AXIAL FORCE DESIGN

	Pu Force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity
Axial	-1.413	50.773	79.056

MOMENT DESIGN

	Mu Moment	phi*Mn Capacity	Cm Factor	B1 Factor	B2 Factor	K Factor	L Factor	Cb Factor
Major Moment	-28.482	95.256	0.850	1.000	1.000	1.000	1.000	2.317
Minor Moment	2.034	57.996	0.207	1.000	1.000	1.000	1.000	

SHEAR DESIGN

	Vu Force	phi*Vn Capacity	Stress Ratio	Status Check	Tu Torsion
Major Shear	0.879	36.236	0.024	OK	0.000
Minor Shear	0.062	18.118	0.003	OK	0.000

Imagen 25. Datos complementarios del elemento 9.
Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con el dato proporcionado por el programa con el método LRFD la carga factorizada es $P_u = -1.413 \text{ Klb}$ como la carga es negativa, se aplica el análisis por compresión.

La esbeltez óptima de la columna va de 50 a 80

$$\frac{KL}{r} = 64$$

Material A36 $\Rightarrow F_y = 36 \text{ Ksi}$

Tabla 6. Esfuerzo critico de prueba.

Table 4-22 (continued)														
Available Critical Stress for														
Compression Members														
$F_y = 35$ ksi			$F_y = 36$ ksi			$F_y = 42$ ksi			$F_y = 46$ ksi			$F_y = 50$ ksi		
$\frac{KL}{r}$	F_{cr}/Ω_c	$\phi_c F_{cr}$	$\frac{KL}{r}$	F_{cr}/Ω_c	$\phi_c F_{cr}$	$\frac{KL}{r}$	F_{cr}/Ω_c	$\phi_c F_{cr}$	$\frac{KL}{r}$	F_{cr}/Ω_c	$\phi_c F_{cr}$	$\frac{KL}{r}$	F_{cr}/Ω_c	$\phi_c F_{cr}$
	ksi	ksi		ksi	ksi		ksi	ksi		ksi	ksi		ksi	ksi
	ASD	LRFD		ASD	LRFD		ASD	LRFD		ASD	LRFD		ASD	LRFD
63	17.1	25.7	63	17.5	26.3	63	19.7	29.6	63	21.1	31.7	63	22.4	33.7
64	17.0	25.5	64	17.4	26.1	64	19.6	29.4	64	20.9	31.4	64	22.2	33.4
65	16.9	25.4	65	17.3	25.9	65	19.4	29.2	65	20.7	31.2	65	22.0	33.0
ASD		LRFD												
$\Omega_c = 1.67$		$\phi_c = 0.90$												

De la Tabla 4-22 manual AISC $\phi F_{cr} = 26.1$ Ksi

El área requerida aproximada es:

$$A_{req} = \frac{P_u}{\phi F_{cr}} = \frac{1.413}{26.1} = 0.054 \text{ pulg}^2$$

De la tabla de perfiles ensayaremos con la sección HSS5X5X1/4

Tabla 7. Datos del perfil HSS.

Shape	Design Wall Thickness, t in.	Nominal Wt. lb/ft	Area, A in. ²	b/t	h/t	Axis X-X			
						I	S	r	Z
						in. ⁴	in. ³	in.	in. ³
HSS4×2× ³ / ₈	0.349	12.17	3.39	2.73	8.46	5.60	2.80	1.29	3.84
× ⁵ / ₁₆	0.291	10.58	2.94	3.87	10.7	5.13	2.56	1.32	3.43
× ¹ / ₄	0.233	8.81	2.44	5.58	14.2	4.49	2.25	1.36	2.94
× ³ / ₁₆	0.174	6.87	1.89	8.49	20.0	3.66	1.83	1.39	2.34
× ¹ / ₈	0.116	4.75	1.30	14.2	31.5	2.65	1.32	1.43	1.66

Tabla 8. Datos del perfil HSS cont.


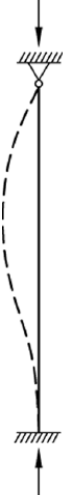
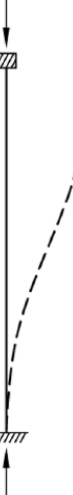
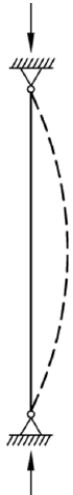
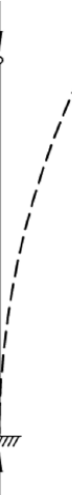
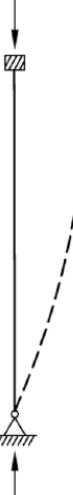
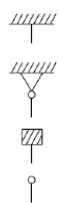




Shape	Axis Y-Y				Workable Flat		Torsion		Surface Area ft ² /ft
	I	S	r	Z	Depth	Width	J	C	
	in. ⁴	in. ³	in.	in. ³	in.	in.	in. ⁴	in. ³	
HSS4×2× ³ / ₈	1.80	1.80	0.729	2.31	2 ⁵ / ₁₆	—	4.83	4.04	0.900
× ⁵ / ₁₆	1.67	1.67	0.754	2.08	2 ⁵ / ₈	—	4.40	3.59	0.917
× ¹ / ₄	1.48	1.48	0.779	1.79	2 ⁷ / ₈	—	3.82	3.05	0.933
× ³ / ₁₆	1.22	1.22	0.804	1.43	3 ³ / ₁₆	—	3.08	2.41	0.950
× ¹ / ₈	0.898	0.898	0.830	1.02	3 ⁷ / ₁₆	—	2.20	1.69	0.967

$$A=2.44 \text{ pulg}^2 \quad r_x = 1.36 \text{ pulg} \quad r_y = 0.779 \text{ pulg}$$

De tabla C-A-7-1 código AISC 2016

$$k = 1$$

Tabla 9. Coeficiente de esbeltez.

TABLE C-A-7.1 Approximate Values of Effective Length Factor, K						
Buckled shape of column is shown by dashed line	(a) 	(b) 	(c) 	(d) 	(e) 	(f) 
Theoretical K value	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0
Recommended design value when ideal conditions are approximated	0.65	0.80	1.2	1.0	2.1	2.0
End condition code	 <ul style="list-style-type: none">  Rotation fixed and translation fixed  Rotation free and translation fixed  Rotation fixed and translation free  Rotation free and translation free 					

Porque ambos extremos están articulados y otro empotrado la verdadera relación de esbeltez será:

$$\frac{KL}{r} = \frac{(1)(66.656)}{0.779} = 85.443 < 200 \text{ OK}$$

Interpolando en la tabla 4-22 Manual AISC

Tabla 10. Esfuerzo critico real.

Table 4-22 (continued)														
Available Critical Stress for														
Compression Members														
$F_y = 35 \text{ ksi}$			$F_y = 36 \text{ ksi}$			$F_y = 42 \text{ ksi}$			$F_y = 46 \text{ ksi}$			$F_y = 50 \text{ ksi}$		
$\frac{KL}{r}$	F_{cr}/Ω_c	$\phi_c F_{cr}$	$\frac{KL}{r}$	F_{cr}/Ω_c	$\phi_c F_{cr}$	$\frac{KL}{r}$	F_{cr}/Ω_c	$\phi_c F_{cr}$	$\frac{KL}{r}$	F_{cr}/Ω_c	$\phi_c F_{cr}$	$\frac{KL}{r}$	F_{cr}/Ω_c	$\phi_c F_{cr}$
	ksi	ksi		ksi	ksi		ksi	ksi		ksi	ksi		ksi	ksi
	ASD	LRFD		ASD	LRFD		ASD	LRFD		ASD	LRFD		ASD	LRFD
84	14.6	22.0	84	14.9	22.3	84	16.3	24.5	84	17.1	25.8	84	17.9	26.9
85	14.5	21.8	85	14.7	22.1	85	16.1	24.3	85	16.9	25.5	85	17.7	26.5
86	14.4	21.6	86	14.6	22.0	86	16.0	24.0	86	16.7	25.2	86	17.4	26.2
ASD		LRFD												
$\Omega_c = 1.67$		$\phi_c = 0.90$												

$$\phi F_{cr} = 22.0557 \text{ Ksi}$$

La carga nominal factorizada es:

$$\phi P_n = (\phi F_{cr})(A) = (22.0557)(2.44) = 53.816 \text{ klb}$$

$$\phi P_n > P_u$$

$$53.816 \text{ klb} > 1.413 \text{ klb}$$

4.1.1 Resistencia de pandeo a la flexión en el eje x

$$\left(\frac{KL}{r}\right)_x = \frac{(1)(66.656)}{1.36} = 49.012$$

Usando la ecuación de Euler

$$F_{ex} = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)_x^2} = \frac{\pi^2 (29000)}{(49.012)^2} = 119.149 \text{ Ksi}$$

Analizando la región de transición:

$$4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 4.71 \sqrt{\frac{29000}{36}} = 133.68 \Rightarrow 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} > \frac{KL}{r} \Rightarrow 133.68 > 85.443$$

∴ Columna corta, usaremos la ecuación:

$$F_{cr} = (0.658)^{\frac{F_y}{F_{ex}}}(F_y) = (0.658)^{\frac{36}{149.149}}(36) = 32.541 \text{ ksi}$$

La carga nominal factorizada es:

$$\phi P_n = (\phi F_{cr})(A) = 0.9(32.541)(2.44) = 71.460 \text{ klb}$$

$$\phi P_n > P_u \Rightarrow 71.460 \text{ klb} > 1.413 \text{ klb}$$

4.1.2 Resistencia de pandeo a la flexión en el eje y

$$\left(\frac{KL}{r}\right)_y = \frac{(1)(66.656)}{0.779} = 85.443$$

Usando la ecuación de Euler

$$F_{ex} = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)_y^2} = \frac{\pi^2 (29000)}{(85.443)^2} = 39.205 \text{ Ksi}$$

Analizando la región de transición:

$$4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 4.71 \sqrt{\frac{29000}{36}} = 133.68 \Rightarrow 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} > \frac{KL}{r} \Rightarrow 133.68 > 85.443$$

∴ Columna corta, usaremos la ecuación:

$$F_{cr} = (0.658)^{\frac{F_y}{F_{ex}}}(F_y) = (0.658)^{\frac{36}{39.205}}(36) = 24.513 \text{ ksi}$$

La carga nominal factorizada es:

$$\phi P_n = (\phi F_{cr})(A) = 0.9(24.513)(2.44) = 53.831klb$$

$$\phi P_n > P_u \Rightarrow 53.831klb > 1.413klb$$

4.2 Análisis por pandeo del elemento 9 con el método ASD

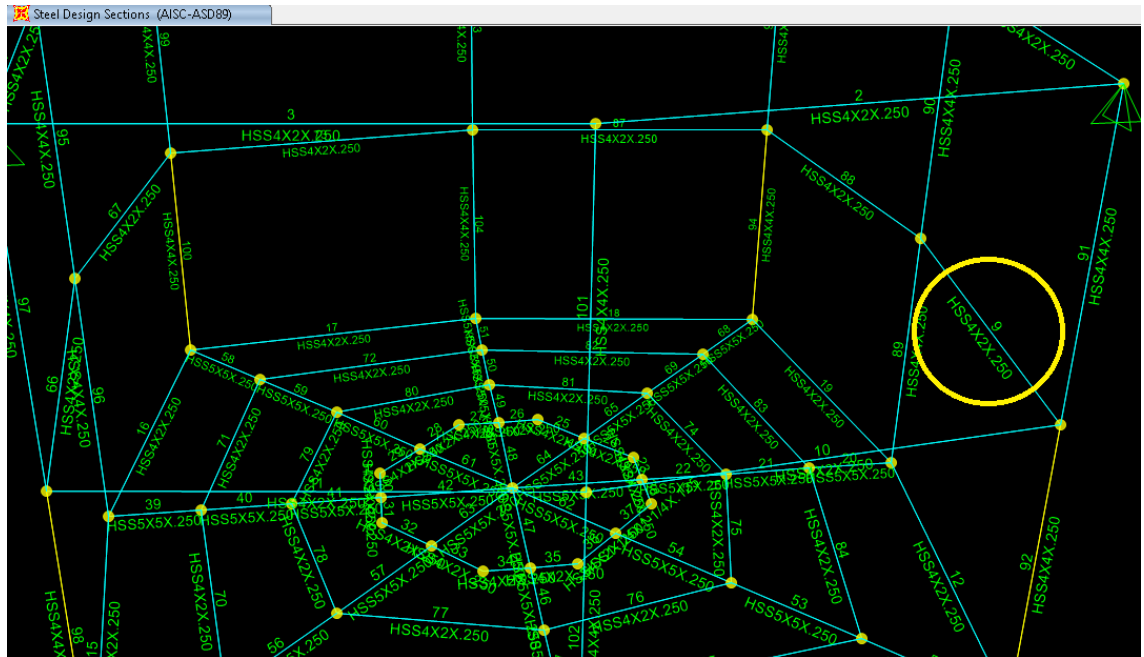


Imagen 26. Vista de elemento 9 con el método ASD.

Fuente: Elaboración propia.

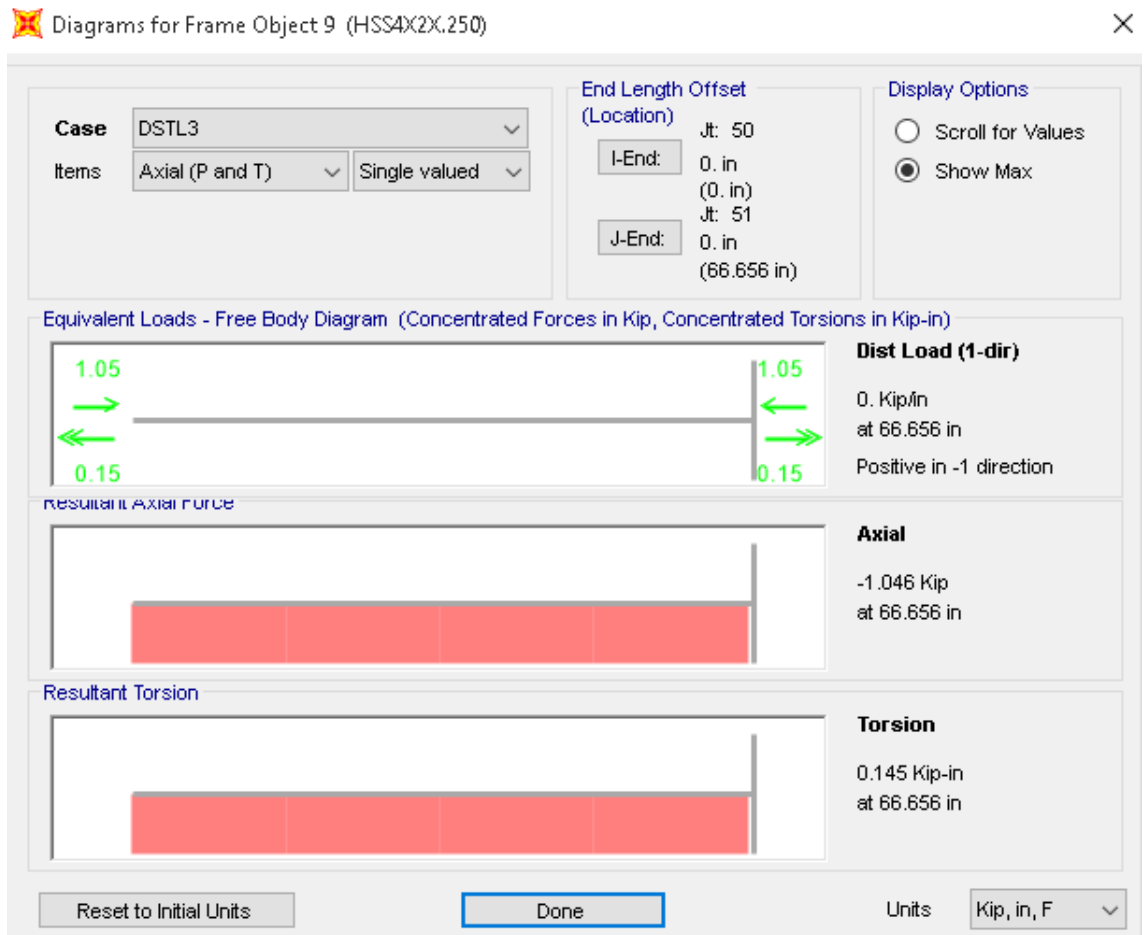


Imagen 27. Carga permisible del elemento 9.
 Fuente: Elaboración propia.

Steel Stress Check Data AISC-ASD89

File

Units: Kip, in, F

```

Frame : 9           Design Sect: HSS4X2X.250
X Mid  : 41.339    Design Type: Beam
Y Mid  : 4.134     Frame Type : Moment Resisting Frame
Z Mid  : 47.244    Sect Class : Compact
Length: 66.656    Major Axis : 0.000 degrees counterclockwise from local 3
Loc    : 66.656    RLLF      : 1.000

Area   : 2.440     SMajor    : 2.245       rMajor    : 1.357       AVMajor   : 1.864
IMajor : 4.490     SMinor    : 1.480       rMinor    : 0.779       AVMinor   : 0.932
IMinor : 1.480     ZMajor    : 2.940       E         : 29000.000
Ixy    : 0.000     ZMinor    : 1.790       Fy        : 36.000

```

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	P	M33	M22	V2	V3	T
66.656	-1.046	-22.857	1.463	0.718	-0.044	0.145

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO

Governing Equation	Total Ratio	P Ratio	MMajor Ratio	MMinor Ratio	Ratio Limit	Status Check
(H1-3)	0.499	= 0.029	+ 0.429	+ 0.042	0.950	OK

AXIAL FORCE DESIGN

	P Force	fa Stress	Fa Allowable	Ft Allowable	Lateral Factor
Axial	-1.046	0.429	14.722	21.600	1.000

MOMENT DESIGN

	M Moment	fb Stress	Fb Allowable	Fe Allowable	Cm Factor	K Factor	L Factor	Cb Factor
Major Moment	-22.857	10.181	23.760	61.848	0.850	1.000	1.000	2.300
Minor Moment	1.463	0.989	23.760	20.386	0.850	1.000	1.000	

SHEAR DESIGN

	V Force	fv Stress	Fv Allowable	Stress Ratio	Status Check	T Torsion
Major Shear	0.718	0.385	14.400	0.027	OK	0.000
Minor Shear	0.044	0.047	14.400	0.003	OK	0.000

Imagen 28. Datos complementarios del elemento 9 con el método ASD.
Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con el dato proporcionado por el programa con el método ASD la carga permisible es $P_a = -1.046 \text{ Klb}$ como la carga es negativa, se aplica el análisis por compresión.

La esbeltez óptima de la columna va de 50 a 80

$$\frac{KL}{r} = 64$$

Material A36 $\Rightarrow F_y = 36 \text{ Ksi}$

Tabla 11. Esfuerzo critico de prueba con el método ASD.

Table 4-22 (continued)														
Available Critical Stress for														
Compression Members														
$F_y = 35$ ksi			$F_y = 36$ ksi			$F_y = 42$ ksi			$F_y = 46$ ksi			$F_y = 50$ ksi		
$\frac{KL}{r}$	$\frac{F_{cr}}{\Omega_c}$	$\phi_c F_{cr}$	$\frac{KL}{r}$	$\frac{F_{cr}}{\Omega_c}$	$\phi_c F_{cr}$	$\frac{KL}{r}$	$\frac{F_{cr}}{\Omega_c}$	$\phi_c F_{cr}$	$\frac{KL}{r}$	$\frac{F_{cr}}{\Omega_c}$	$\phi_c F_{cr}$	$\frac{KL}{r}$	$\frac{F_{cr}}{\Omega_c}$	$\phi_c F_{cr}$
	ksi	ksi		ksi	ksi		ksi	ksi		ksi	ksi		ksi	ksi
	ASD	LRFD		ASD	LRFD		ASD	LRFD		ASD	LRFD		ASD	LRFD
63	17.1	25.7	63	17.5	26.3	63	19.7	29.6	63	21.1	31.7	63	22.4	33.7
64	17.0	25.5	64	17.4	26.1	64	19.6	29.4	64	20.9	31.4	64	22.2	33.4
65	16.9	25.4	65	17.3	25.9	65	19.4	29.2	65	20.7	31.2	65	22.0	33.0
ASD		LRFD												
$\Omega_c = 1.67$		$\phi_c = 0.90$												

$$\frac{F_{cr}}{\Omega} = 17.4 \text{ ksi}$$

El área requerida aproximada es:

$$A_{req} = \frac{P_a}{\frac{F_{cr}}{\Omega}} = \frac{1.046}{17.4} = 0.0601 \text{ pulg}^2$$

De la tabla de perfiles ensayaremos con la sección HSS 4X2X1/4

Tabla 12. Datos del perfil HSS.

Shape	Design Wall Thickness, t in.	Nominal Wt. lb/ft	Area, A in. ²	b/t	h/t	Axis X-X			
						I	S	r	Z
						in. ⁴	in. ³	in.	in. ³
HSS4×2× ³ / ₈	0.349	12.17	3.39	2.73	8.46	5.60	2.80	1.29	3.84
× ⁵ / ₁₆	0.291	10.58	2.94	3.87	10.7	5.13	2.56	1.32	3.43
× ¹ / ₄	0.233	8.81	2.44	5.58	14.2	4.49	2.25	1.36	2.94
× ³ / ₁₆	0.174	6.87	1.89	8.49	20.0	3.66	1.83	1.39	2.34
× ¹ / ₈	0.116	4.75	1.30	14.2	31.5	2.65	1.32	1.43	1.66

Tabla 13. Datos del perfil HSS cont.

Shape	Axis Y-Y				Workable Flat		Torsion		Surface Area ft ² /ft
	I	S	r	Z	Depth	Width	J	C	
	in. ⁴	in. ³	in.	in. ³	in.	in.	in. ⁴	in. ³	
HSS4×2× ³ / ₈	1.80	1.80	0.729	2.31	²⁵ / ₁₆	—	4.83	4.04	0.900
× ⁵ / ₁₆	1.67	1.67	0.754	2.08	²⁵ / ₈	—	4.40	3.59	0.917
× ¹ / ₄	1.48	1.48	0.779	1.79	²⁷ / ₈	—	3.82	3.05	0.933
× ³ / ₁₆	1.22	1.22	0.804	1.43	³³ / ₁₆	—	3.08	2.41	0.950
× ¹ / ₈	0.898	0.898	0.830	1.02	³⁷ / ₁₆	—	2.20	1.69	0.967

$$A = 2.44 \text{ pulg}^2 \quad r_x = 1.36 \text{ pulg} \quad r_y = 0.779 \text{ pulg}$$

De tabla C-A-7-1 código AISC 2016

$$k = 1$$

Tabla 14. Coeficiente de esbeltez.

<p style="text-align: center;">TABLE C-A-7.1 Approximate Values of Effective Length Factor, K</p>						
Buckled shape of column is shown by dashed line	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
Theoretical K value	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0
Recommended design value when ideal conditions are approximated	0.65	0.80	1.2	1.0	2.1	2.0
End condition code	<ul style="list-style-type: none"> Rotation fixed and translation fixed Rotation free and translation fixed Rotation fixed and translation free Rotation free and translation free 					

La verdadera relación de esbeltez es:

$$\frac{KL}{r} = \frac{(1)(66.656)}{0.779} = 85.443 < 200 \text{ OK}$$

Interpolando en la tabla 4-22 Manual AISC

Tabla 15. Esfuerzo critico real.

Table 4-22 (continued)														
Available Critical Stress for														
Compression Members														
$F_y = 35 \text{ ksi}$			$F_y = 36 \text{ ksi}$			$F_y = 42 \text{ ksi}$			$F_y = 46 \text{ ksi}$			$F_y = 50 \text{ ksi}$		
$\frac{KL}{r}$	F_{cr}/Ω_c	$\phi_c F_{cr}$	$\frac{KL}{r}$	F_{cr}/Ω_c	$\phi_c F_{cr}$	$\frac{KL}{r}$	F_{cr}/Ω_c	$\phi_c F_{cr}$	$\frac{KL}{r}$	F_{cr}/Ω_c	$\phi_c F_{cr}$	$\frac{KL}{r}$	F_{cr}/Ω_c	$\phi_c F_{cr}$
	ksi	ksi		ksi	ksi		ksi	ksi		ksi	ksi		ksi	ksi
	ASD	LRFD		ASD	LRFD		ASD	LRFD		ASD	LRFD		ASD	LRFD
84	14.6	22.0	84	14.9	22.3	84	16.3	24.5	84	17.1	25.8	84	17.9	26.9
85	14.5	21.8	85	14.7	22.1	85	16.1	24.3	85	16.9	25.5	85	17.7	26.5
86	14.4	21.6	86	14.6	22.0	86	16.0	24.0	86	16.7	25.2	86	17.4	26.2
ASD		LRFD												
$\Omega_c = 1.67$		$\phi_c = 0.90$												

Interpolando en la tabla 4-22 Manual AISC

$$\frac{F_{cr}}{\Omega} = 14.656 \text{ Ksi}$$

La carga nominal permisible será:

$$\frac{P_n}{\Omega} = \left(\frac{F_{cr}}{\Omega} \right) (A) = (14.656)(2.44) = 35.761 \text{ klb}$$

$$\frac{P_n}{\Omega} > P_a \Rightarrow 35.761 \text{ klb} > 1.046 \text{ klb}$$

4.2.1 Resistencia de pandeo a la flexión en el eje x.

$$\left(\frac{KL}{r} \right)_x = \frac{(1)(66.656)}{1.36} = 49.012$$

Usando la ecuación de Euler

$$F_{ex} = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)_x^2} = \frac{\pi^2 (29000)}{(49.012)^2} = 119.149 \text{ Ksi}$$

Analizando la región de transición:

$$4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 4.71 \sqrt{\frac{29000}{36}} = 133.68 \Rightarrow 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} > \frac{KL}{r} \Rightarrow 133.68 > 85.443$$

∴ Columna corta, usaremos la ecuación:

$$F_{cr} = (0.658)^{\frac{F_y}{F_{ex}}} (F_y) = (0.658)^{\frac{36}{119.149}} (36) = 32.541 \text{ ksi}$$

La carga nominal permisible será:

$$\frac{P_n}{\Omega} = \frac{(F_{cr})(A)}{\Omega} = \frac{(32.541)(2.44)}{1.67} = 47.545 \text{ klb}$$

$$\frac{P_n}{\Omega} > P_a \Rightarrow 47.545 \text{ klb} > 1.046 \text{ klb}$$

4.2.2 Resistencia de pandeo a la flexión en el eje y.

$$\left(\frac{KL}{r}\right)_y = \frac{(1)(66.656)}{0.779} = 85.443$$

Usando la ecuación de Euler

$$F_{ex} = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)_y^2} = \frac{\pi^2 (29000)}{(85.443)^2} = 39.205 \text{ Ksi}$$

Analizando la región de transición:

$$4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 4.71 \sqrt{\frac{29000}{36}} = 133.68 \Rightarrow 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} > \frac{KL}{r} \Rightarrow 133.68 > 85.443$$

∴ Columna corta, usaremos la ecuación:

$$F_{cr} = (0.658)^{\frac{F_y}{F_{ex}}}(F_y) = (0.658)^{\frac{36}{39.205}}(36) = 24.513 \text{ ksi}$$

La carga nominal permisible será:

$$\frac{P_n}{\Omega} = \frac{(F_{cr})(A)}{\Omega} = \frac{(24.513)(2.44)}{1.67} = 35.815 \text{ klb}$$

$$\frac{P_n}{\Omega} > P_a \Rightarrow 35.815 \text{ klb} > 1.046 \text{ klb}$$

No hay pandeo flexotorsional ya que el centro de cortante coincide con el centro de gravedad.

ANÁLISIS DE UNIONES EMPERNADAS CON EL MÉTODO LRFD

4.3 Calculo del número mínimo requerido de pernos en la unión de los elementos

48,50,80 y 81 con el método LRFD

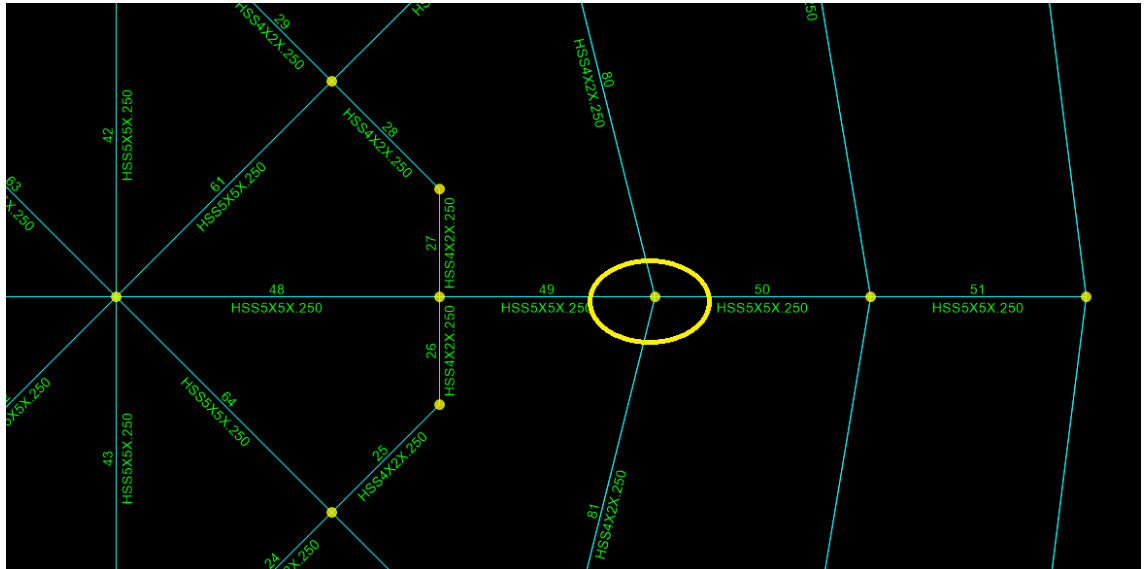


Imagen 29. Vista del nodo.
Fuente: Elaboración propia.

Se usará pernos A325 con roscas excluidas del plano de corte.

Calculando la resistencia nominal de un tornillo. Usaremos tornillos A325 de 5/16"

La resistencia al cortante de los pernos es:

$$R_n = N A F_{nv}$$

$$R_n = (1) \left(\frac{\pi}{4}\right) \left(\frac{5}{16}\right)^2 (68) = 5.216 \text{ klb}$$

Evaluando con el método LRFD

$$\phi R_n = 0.75(5.216) = 3.912 \text{ klb}$$

Se usará pernos A325

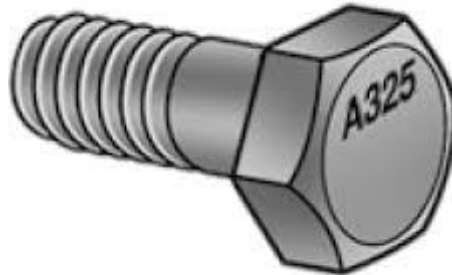


Imagen 30. Perno de unión A325.
Fuente: (IMPORPERNOS, 2019)

Tabla 16. Datos del conector A325.

Resistencia nominal de sujetadores y partes roscadas, klb/plg ² (MPa).		
Descripción de los sujetadores	Resistencia nominal a la tensión, F_{nt} , klb/plg ² (MPa) ^[a]	Resistencia nominal al cortante en conectores tipo aplastamiento, F_{nv} , klb/plg ² (MPa) ^[b]
Tornillos A307	45 (310)	27 (188) ^{[c][d]}
Tornillos del Grupo A (tipo A325), cuando las roscas no están excluidas de los planos de corte	90 (620)	54 (372)
Tornillos del Grupo A (tipo A325), cuando las roscas están excluidas de los planos de corte	90 (620)	68 (457)

Para el elemento 48 $P_u = -0.031 \text{ klb}$

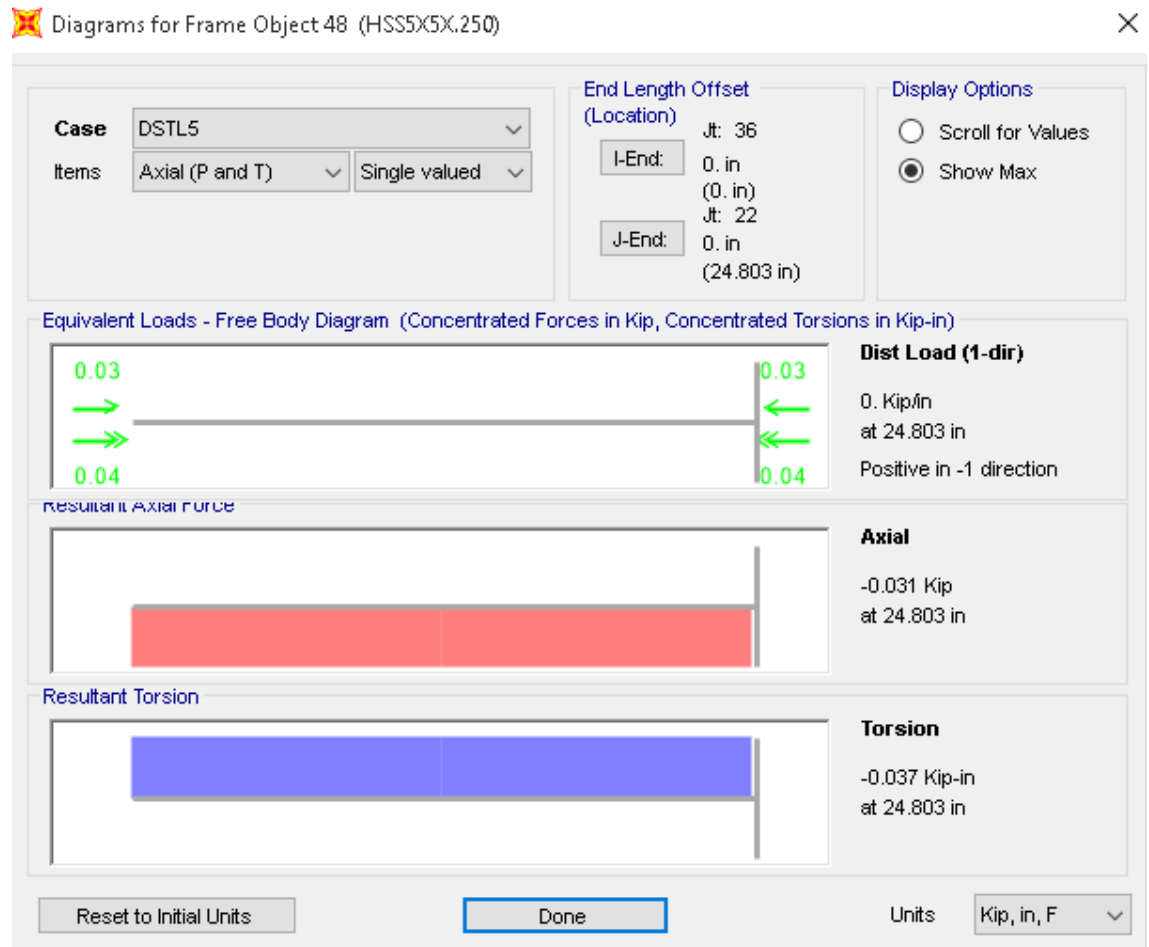


Imagen 31. Carga factorizada del elemento 48.
 Fuente: Elaboración propia.

Para el elemento 19 $P_u = -21.772 \text{ klb}$

$$N^{\circ} = \frac{P_u}{\phi R_n} = \frac{0.031}{3.912} = 0.0079 \sim 1 \text{ perno}$$

Para el elemento 49 $P_u=0.03\text{klb}$



Imagen 32. Carga factorizada del elemento 49.
 Fuente: Elaboración propia.

$$N = \frac{P_u}{\phi R_n} = \frac{0.03}{3.912} = 0.0077 \sim 1 \text{perno}$$

Para el elemento 80 $P_u = 0.299 \text{ klb}$

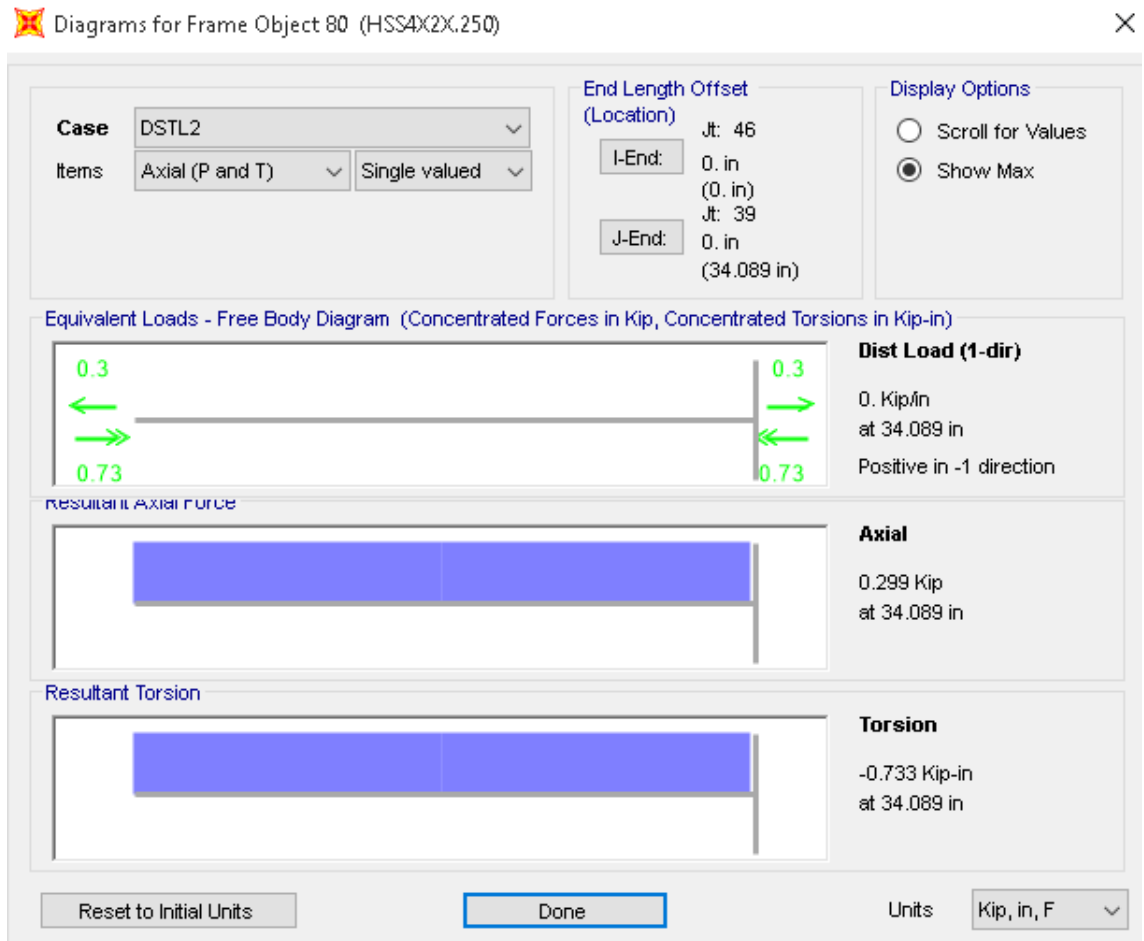


Imagen 33. Carga factorizada del elemento 80.
Fuente: Elaboración propia.

$$N^{\circ} = \frac{P_u}{\phi R_n} = \frac{0.299}{3.912} = 0.076 \sim 1 \text{ perno}$$

Para el elemento 81 $P_u = 0.3 \text{ klb}$

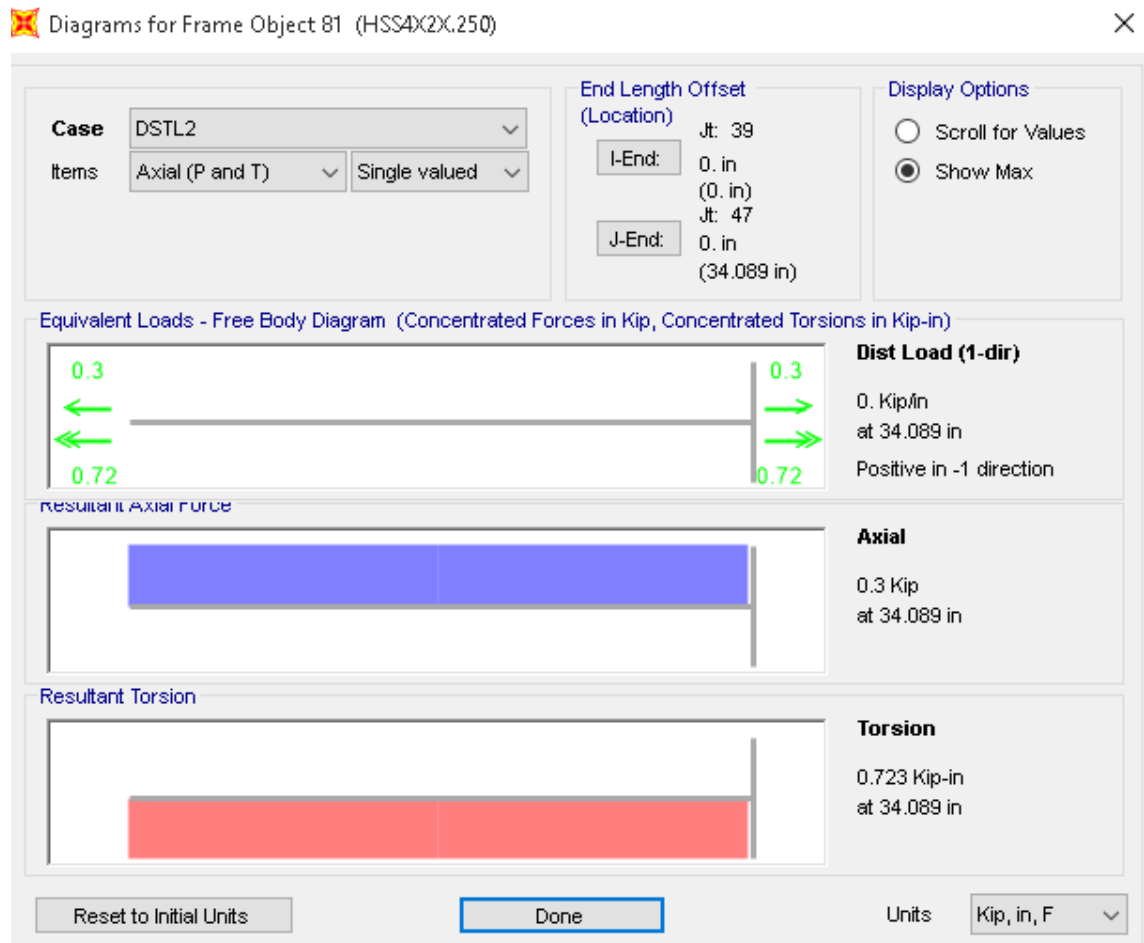


Imagen 34. Carga factorizada del elemento 81.
 Fuente: Elaboración propia.

$$N = \frac{P_u}{\phi R_n} = \frac{0.3}{3.912} = 0.077 \sim 1 \text{ perno}$$

Para la unión se requiere como mínimo 1+1+1+1=4 pernos

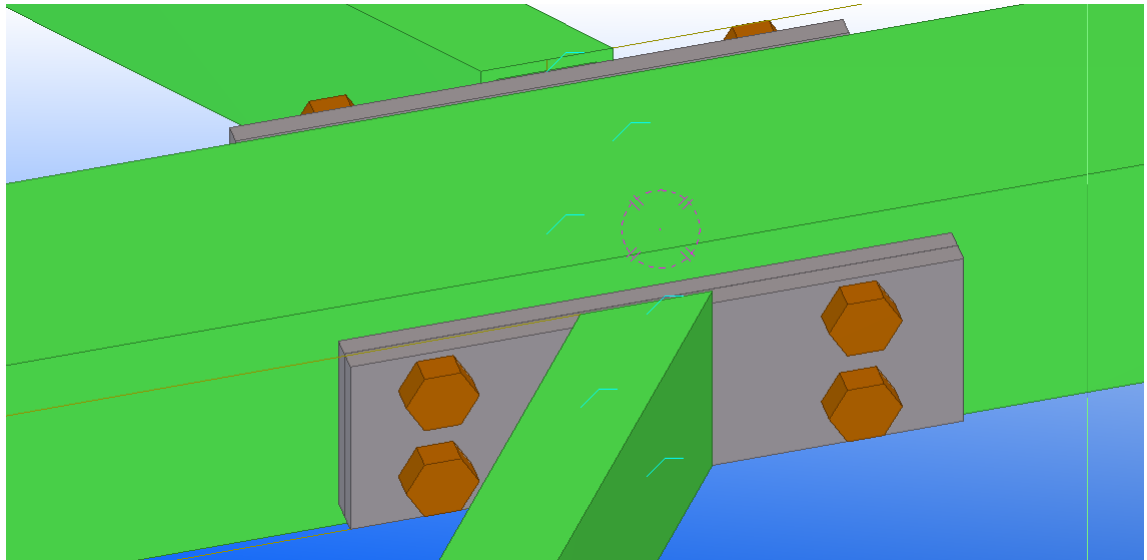


Imagen 35. Vista de la unión.
Fuente: Elaboración propia.

Análisis de uniones emperradas con el método LRFD

4.4 Calculo del número mínimo requerido de pernos en la unión de los elementos 48,50,80 y 81 con el método ASD

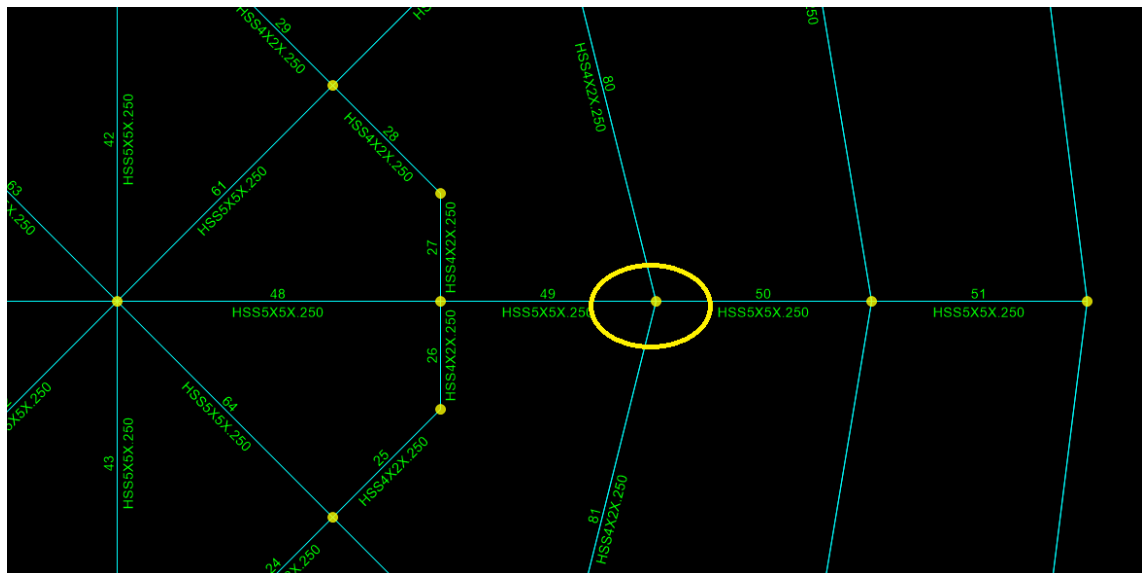


Imagen 36. Vista del nodo con el método ASD.
Fuente: Elaboración propia.

Se usará pernos A325 con roscas excluidas del plano de corte.

Calculando la resistencia nominal de un tornillo. Usaremos tornillos A325 de 1/2"

La resistencia al cortante de los pernos es:

$$R_n = N A F_{nv}$$

$$R_n = (1) \left(\frac{\pi}{4}\right) \left(\frac{5}{16}\right)^2 (68) = 5.216 \text{ klb}$$

Evaluando con el método ASD

$$\frac{R_n}{\Omega} = \frac{(5.216)}{2} = 2.608 \text{ klb}$$

Se usará pernos A325

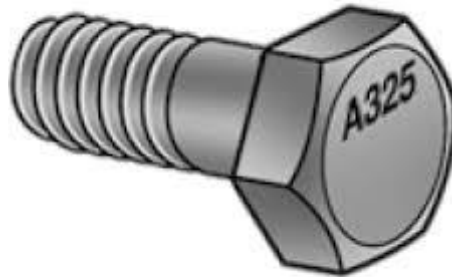


Imagen 37. Vista del perno de unión.
Fuente: (IMPORPERNOS, 2019)

Tabla 17. Datos del conector A325.

Resistencia nominal de sujetadores y partes roscadas, klb/plg ² (MPa).		
Descripción de los sujetadores	Resistencia nominal a la tensión, F_{nt} , klb/plg ² (MPa) ^[a]	Resistencia nominal al cortante en conectores tipo aplastamiento, F_{nv} , klb/plg ² (MPa) ^[b]
Tornillos A307	45 (310)	27 (188) ^{[c][d]}
Tornillos del Grupo A (tipo A325), cuando las roscas no están excluidas de los planos de corte	90 (620)	54 (372)
Tornillos del Grupo A (tipo A325), cuando las roscas están excluidas de los planos de corte	90 (620)	68 (457)

Para el elemento 48 Pa=-0.024klb

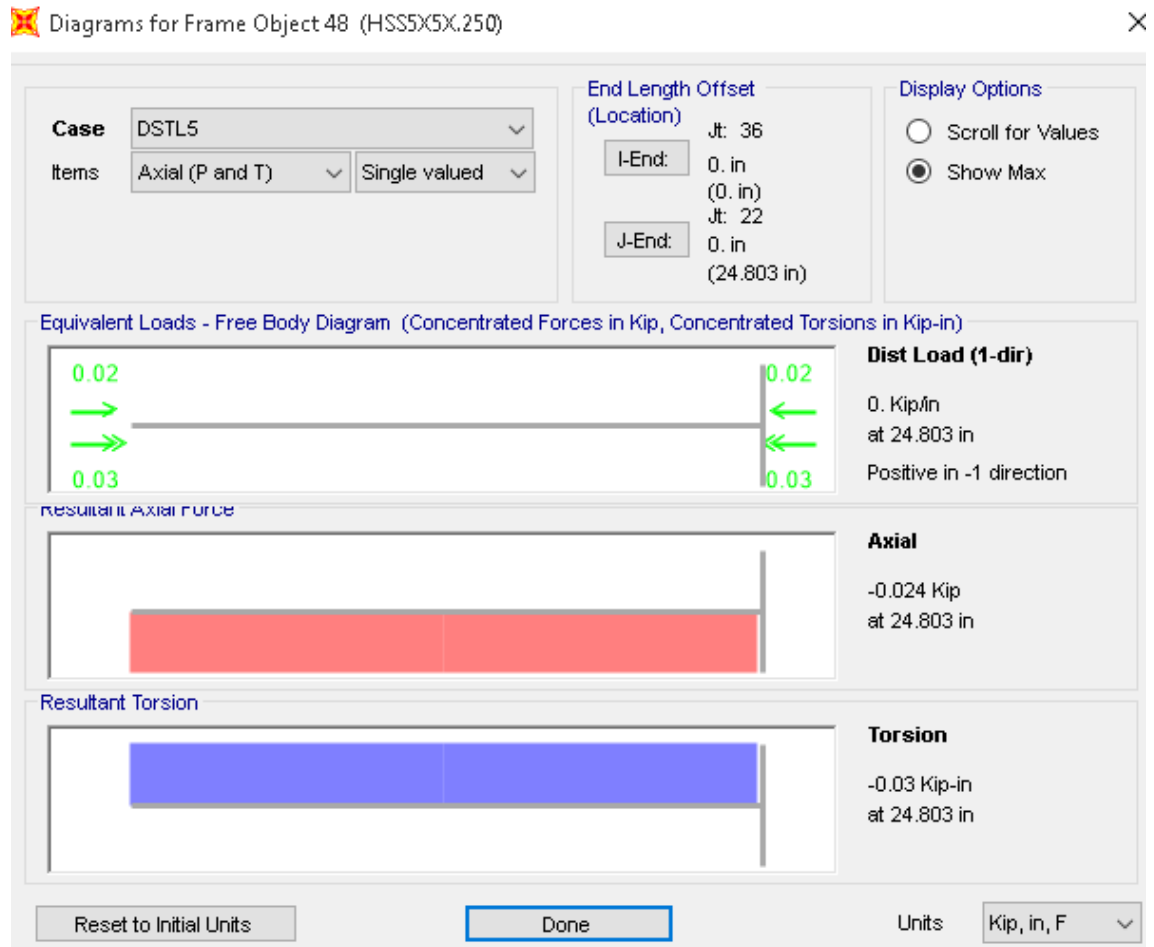


Imagen 38. Carga permisible del elemento 48.
 Fuente: Elaboración propia.

$$N^{\circ} = \frac{P_a}{R_n/\Omega} = \frac{0.024}{2.608} = 0.0092 \sim 1 \text{ perno}$$

Para el elemento 49 $P_a=0.033\text{klb}$

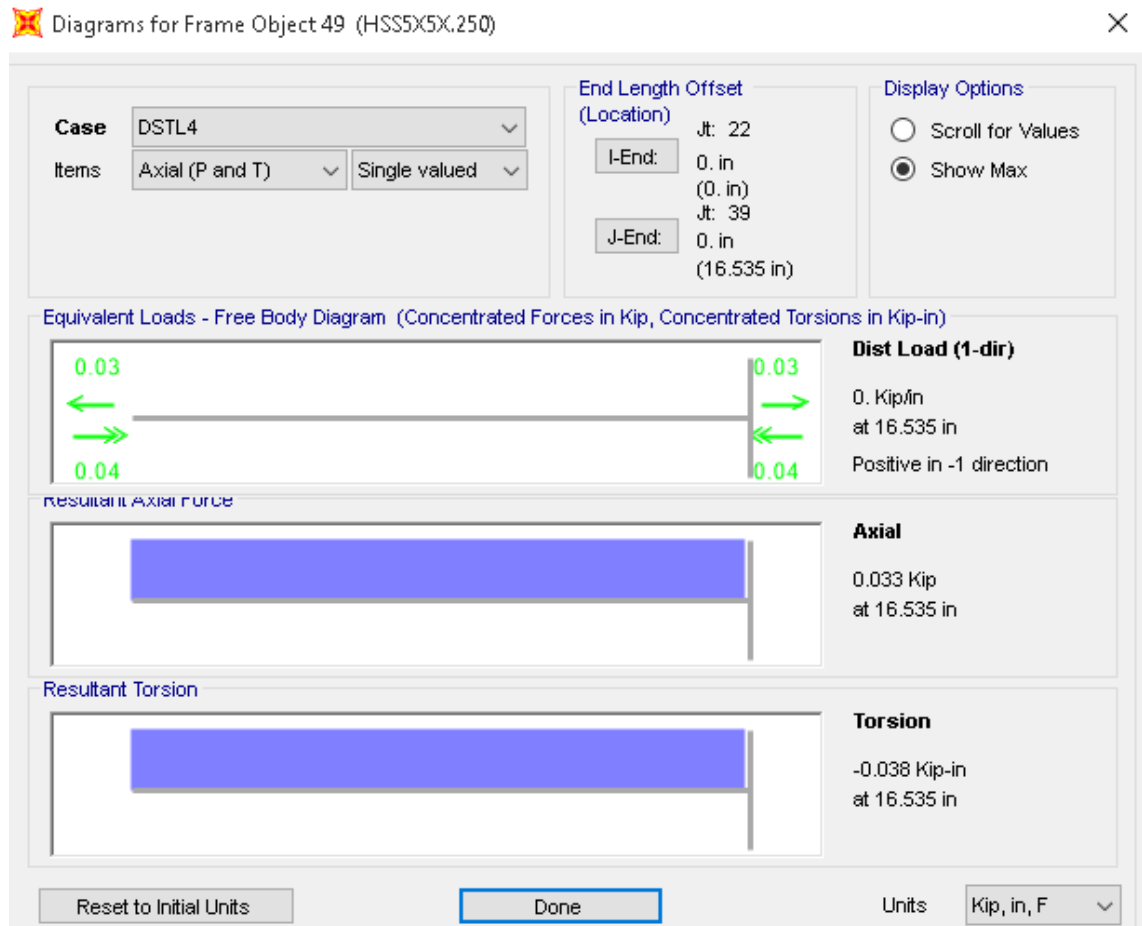


Imagen 39. Carga permisible del elemento 49.
 Fuente: Elaboración propia.

$$N = \frac{P_a}{R_n/\Omega} = \frac{0.033}{2.608} = 0.0126 \sim 1 \text{perno}$$

Para el elemento 80 Pa= 0.216klb

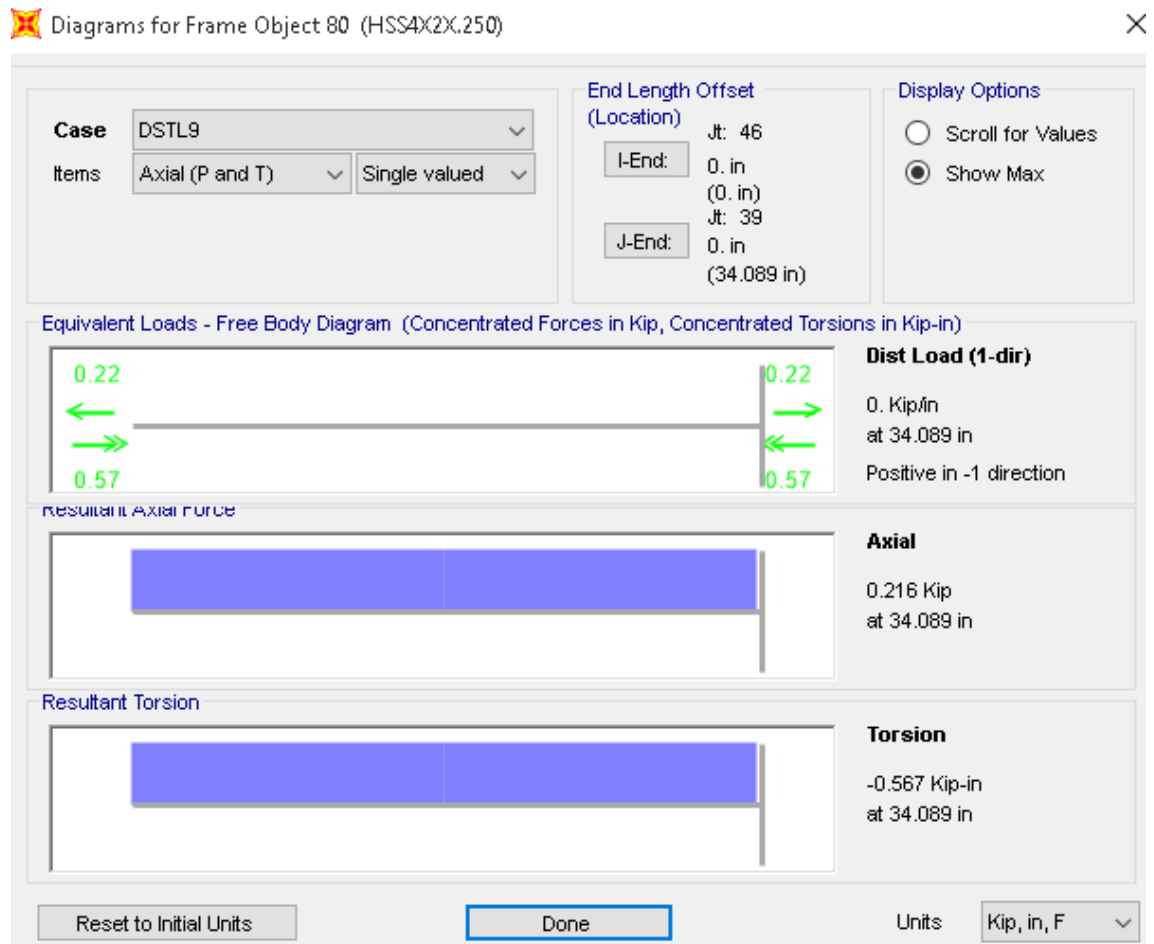


Imagen 40. Carga permisible del elemento 80.
 Fuente: Elaboración propia.

$$N^{\circ} = \frac{P_a}{R_n/\Omega} = \frac{0.216}{2.608} = 0.0828 \sim 1 \text{ perno}$$

Para el elemento 81 $P_a=0.217$ klb

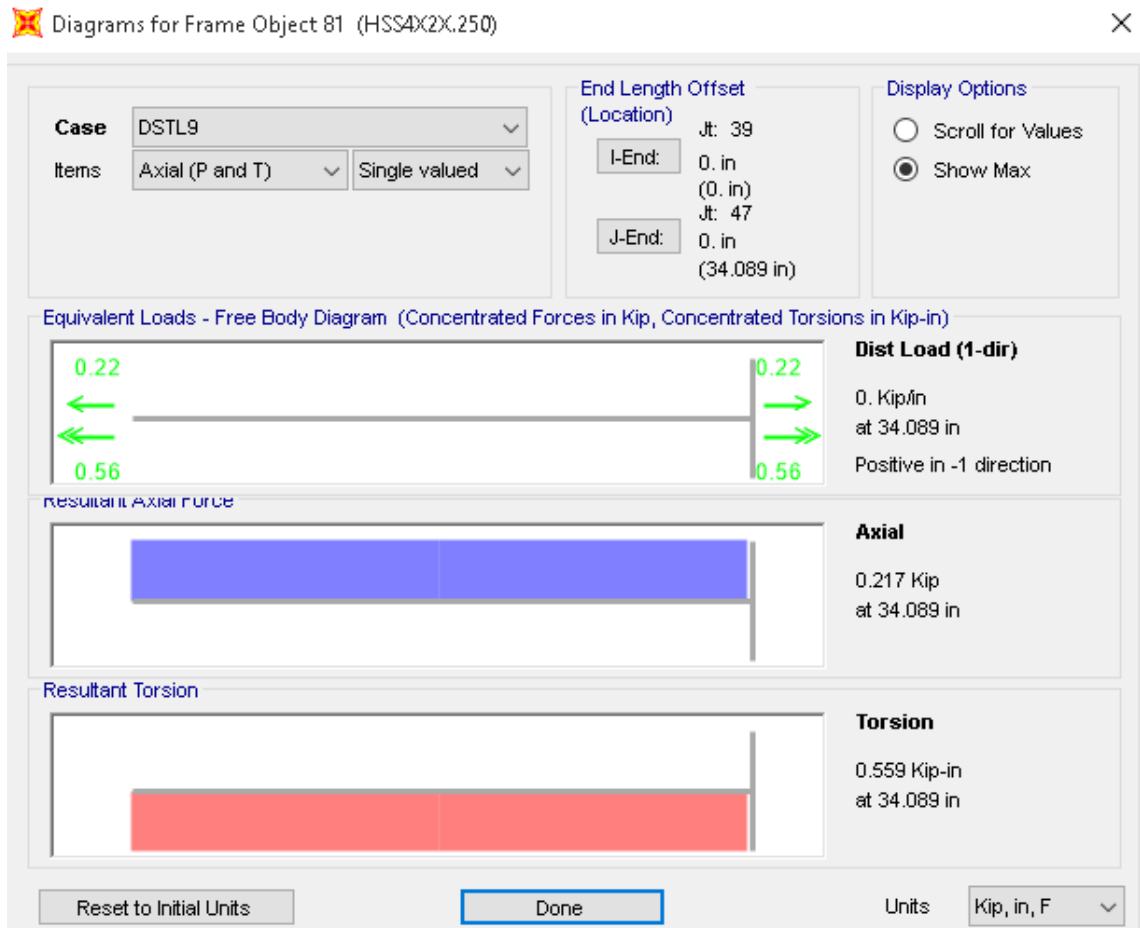


Imagen 41. Carga permisible del elemento 81.
 Fuente: Elaboración propia.

$$N = \frac{P_a}{R_n/\Omega} = \frac{0.217}{2.608} = 0.083 \sim 1 \text{ perno}$$

Para la unión se requiere como mínimo 1+1+1+1=4 pernos

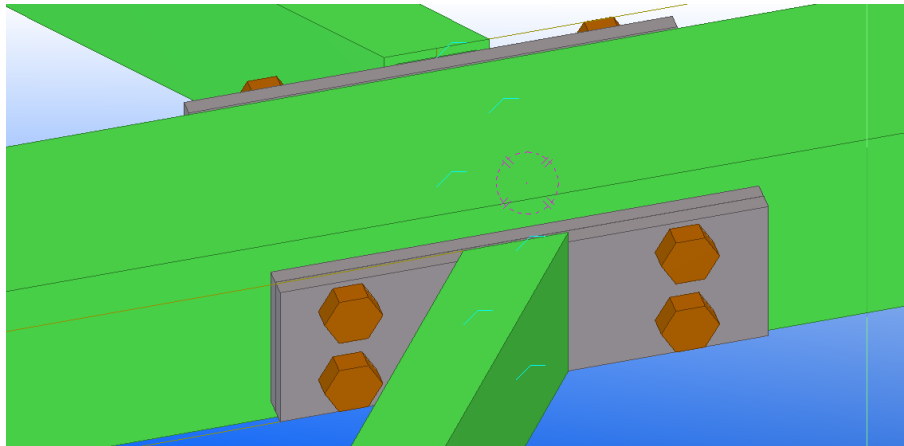


Imagen 42. Vista de la unión.
Fuente: Elaboración propia.

ANÁLISIS POR FLEXIÓN

4.5 Análisis por flexión del elemento 1 con el método LRFD

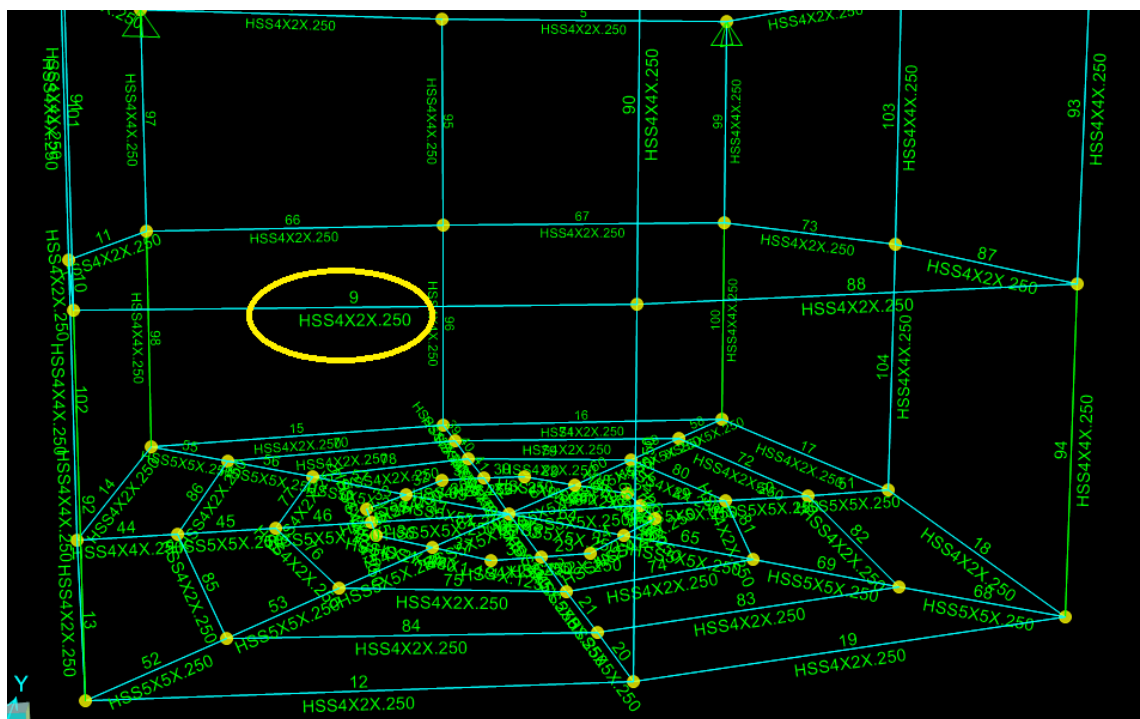


Imagen 43. Vista de elemento 9 con el método LRFD.
Fuente: Elaboración propia.

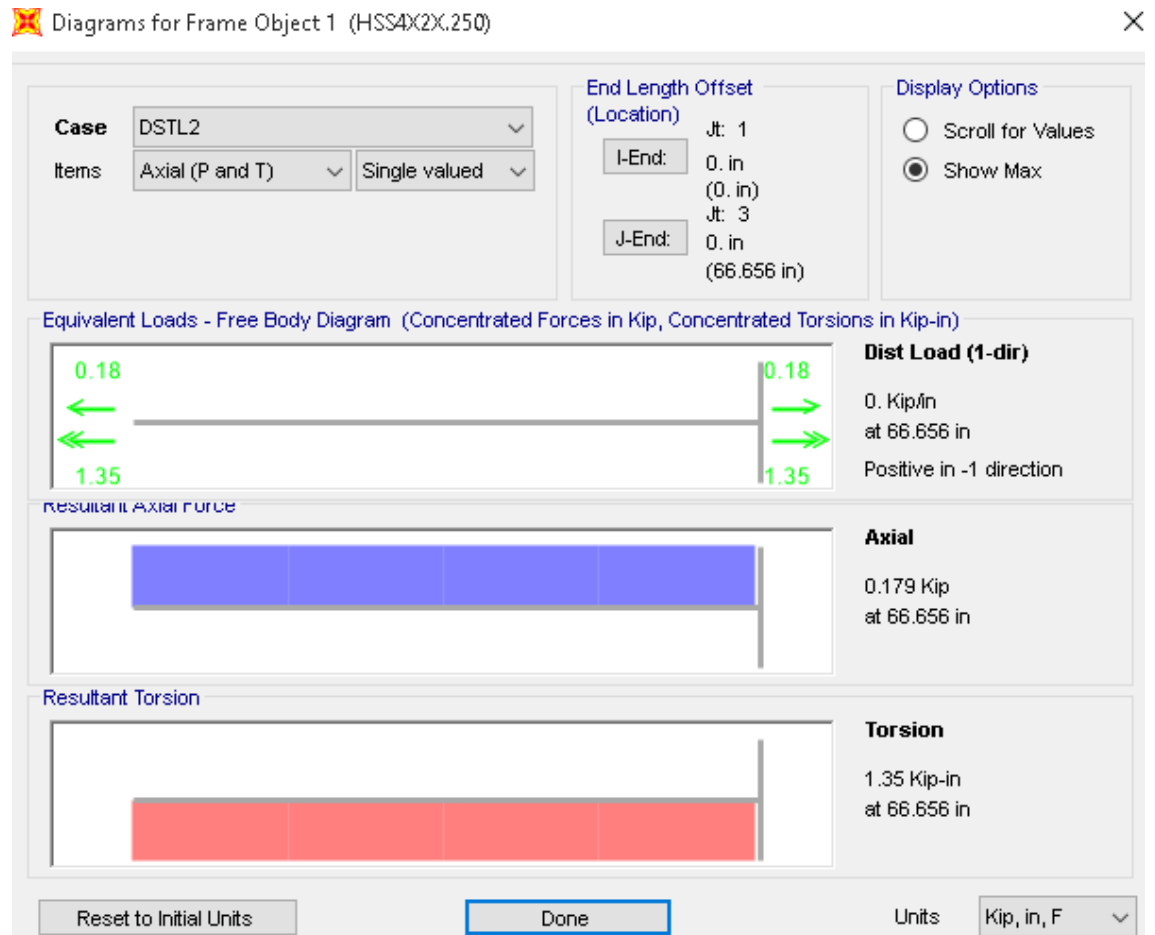


Imagen 44. Carga permisible del elemento 1.
 Fuente: Elaboración propia.

Steel Stress Check Data AISC-LRFD93

File

Units: Kip, in, F

```

Frame : 1           Design Sect: HSS4X2X.250
X Mid  : 41.339    Design Type: Beam
Y Mid  : 4.134     Frame Type : Moment Resisting Frame
Z Mid  : 94.488    Sect Class : Compact
Length : 66.656    Major Axis : 0.000 degrees counterclockwise from local 3
Loc    : 0.000     RLLF      : 1.000

Area   : 2.440     SMajor    : 2.245      rMajor    : 1.357      AVMajor   : 1.864
IMajor : 4.490     SMinor    : 1.480      rMinor    : 0.779      AVMinor   : 0.932
IMinor : 1.480     ZMajor    : 2.940      E         : 29000.000
Ixy    : 0.000     ZMinor    : 1.790      Fy        : 36.000

```

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0.000	0.179	21.563	0.081	0.556	0.003	1.350

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO

Governing Equation	Total Ratio	P Ratio	MMajor Ratio	MMinor Ratio	Ratio Limit	Status Check
(H1-lb)	0.229	= 0.001	+ 0.226	+ 0.001	0.950	OK

AXIAL FORCE DESIGN

	Pu Force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity
Axial	0.179	50.773	79.056

MOMENT DESIGN

	Mu Moment	phi*Mn Capacity	Cm Factor	B1 Factor	B2 Factor	K Factor	L Factor	Cb Factor
Major Moment	21.563	95.256	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	2.177
Minor Moment	0.081	57.996	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	

SHEAR DESIGN

	Vu Force	phi*Vn Capacity	Stress Ratio	Status Check	Tu Torsion
Major Shear	0.556	36.236	0.015	OK	0.000
Minor Shear	0.003	18.118	0.000	OK	0.000

Imagen 45. Datos complementarios del elemento 1.
Fuente: Elaboración propia.

La carga factorizada indica que es un elemento sometido a tensión

Como se puede apreciar el punto crítico de falla se da por flexión.

El momento máximo es $M_{max} = 21.563$ klb.pulg

El perfil seleccionado es HSS4X2X1/4

Tabla 18. Datos del perfil seleccionado.

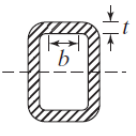
Shape	Design Wall Thickness, t	Nominal Wt.	Area, A	b/t	h/t	Axis X-X			
						I	S	r	Z
						in. ⁴	in. ³	in.	in. ³
HSS4×2× ³ / ₈	0.349	12.17	3.39	2.73	8.46	5.60	2.80	1.29	3.84
× ⁵ / ₁₆	0.291	10.58	2.94	3.87	10.7	5.13	2.56	1.32	3.43
× ¹ / ₄	0.233	8.81	2.44	5.58	14.2	4.49	2.25	1.36	2.94
× ³ / ₁₆	0.174	6.87	1.89	8.49	20.0	3.66	1.83	1.39	2.34
× ¹ / ₈	0.116	4.75	1.30	14.2	31.5	2.65	1.32	1.43	1.66

Tabla 19. Datos del perfil seleccionado cont.

Shape	Axis Y-Y				Workable Flat		Torsion		Surface Area
	I	S	r	Z	Depth	Width	J	C	
	in. ⁴	in. ³	in.	in. ³	in.	in.	in. ⁴	in. ³	
HSS4×2× ³ / ₈	1.80	1.80	0.729	2.31	2 ⁵ / ₁₆	—	4.83	4.04	0.900
× ⁵ / ₁₆	1.67	1.67	0.754	2.08	2 ⁵ / ₈	—	4.40	3.59	0.917
× ¹ / ₄	1.48	1.48	0.779	1.79	2 ⁷ / ₈	—	3.82	3.05	0.933
× ³ / ₁₆	1.22	1.22	0.804	1.43	3 ³ / ₁₆	—	3.08	2.41	0.950
× ¹ / ₈	0.898	0.898	0.830	1.02	3 ⁷ / ₁₆	—	2.20	1.69	0.967

La longitud entre soportes es 66.656pulg

Tabla 20. Sección compacta y no compacta.

Caso	Descripción del elemento	Relación ancho a espesor	Relaciones limitantes ancho a espesor		Ejemplo
			λ_r compacto/ no compacto	λ_r no compacto/ esbelto	
17	Patines de secciones HSS rectangulares y cajones de espesor uniforme	b/t	$1.12\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1.40\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	

Verificando si es compacto o no compacto:

La relación b/t es $2/0.25=8$

$$1.12 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$1.12 \sqrt{\frac{29000}{36}} = 31.78$$

Por lo tanto, es una sección compacta y se usará la ecuación de momento plástico:

El esfuerzo de flexión es:

$$\sigma = \frac{MC}{I} = \frac{M}{I/c} \quad \frac{I}{c} = S$$

$$\sigma = \frac{M}{S}$$

Para condiciones críticas de falla el esfuerzo de flexión llega al valor del esfuerzo de fluencia.

$$\sigma = F_y \quad S=Z \quad M_{\max}=M_p$$

$$F_y = \frac{M_p}{Z}$$

$$M_p = F_y(z)$$

El momento plástico es:

$$M_p = (F_y) * Z$$

$$M_p = 36 * 2.94 = 105.84 \text{klb.pulg}$$

Evaluando con el método LRFD:

$$\phi M_p = 0.9 * 105.84 = 95.256 \text{klb.pulg.}$$

$$\phi M_p > M_{max}$$

$$57.996 \text{klb.pulg} > 21.563 \text{klb.pulg}$$

El factor de seguridad es:

$$FS = \frac{\phi M_p}{M_{max}} = \frac{95.256}{21.563} = 4.42 \text{veces}$$

4.5.1 Análisis de esfuerzos principales

Para analizar por esfuerzos combinados se calcula el esfuerzo de flexión

El esfuerzo en el eje y es

$$\sigma = \frac{Mc}{I}$$

$$\sigma_y = \frac{(21.563) \left(\frac{2}{2}\right)}{1.48} = 14.569 \text{ksi}$$

El esfuerzo en el eje x será

$$\sigma_x = \frac{Mc}{I}$$

$$\sigma_x = \frac{(21.563)\left(\frac{4}{2}\right)}{4.49} = 9.605 \text{ksi}$$

La fuerza cortante es $V=0.556\text{klb}$

$$I_{min} = 1.48 \text{pulg}^4$$

$$Q_B = \bar{y}A = \left(2 - \frac{0.25}{2}\right)(2)(0.25) + \frac{2 - 0.25}{2}(2 - 0.25)0.25 * 2 = 1.703 \text{pulg}^3$$

$$\tau = \tau_{max} = \frac{VQ}{It} = \frac{(0.556)(1.703)}{(1.48)(2 * 0.25)} = 1.279 \text{ksi}$$

Los esfuerzos principales se calculan de la siguiente forma.

$$\sigma_1, \sigma_2 = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$$

$$\sigma_1, \sigma_2 = \frac{9.605 + 14.569}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{9.605 - 14.569}{2}\right)^2 + 1.279^2}$$

$$\sigma_1 = 14.879 \text{ksi}$$

$$\sigma_2 = 9.294 \text{ksi}$$

Los esfuerzos cortantes principales serán

$$\tau_1, \tau_2 = \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$$

$$\tau_1, \tau_2 = \pm \sqrt{\left(\frac{9.605 - 14.569}{2}\right)^2 + 1.279^2}$$

$$\tau_1 = 2.792 \text{ksi}$$

$$\tau_2 = -2.792 \text{ksi}$$

4.6 Análisis por flexión con el método ASD.

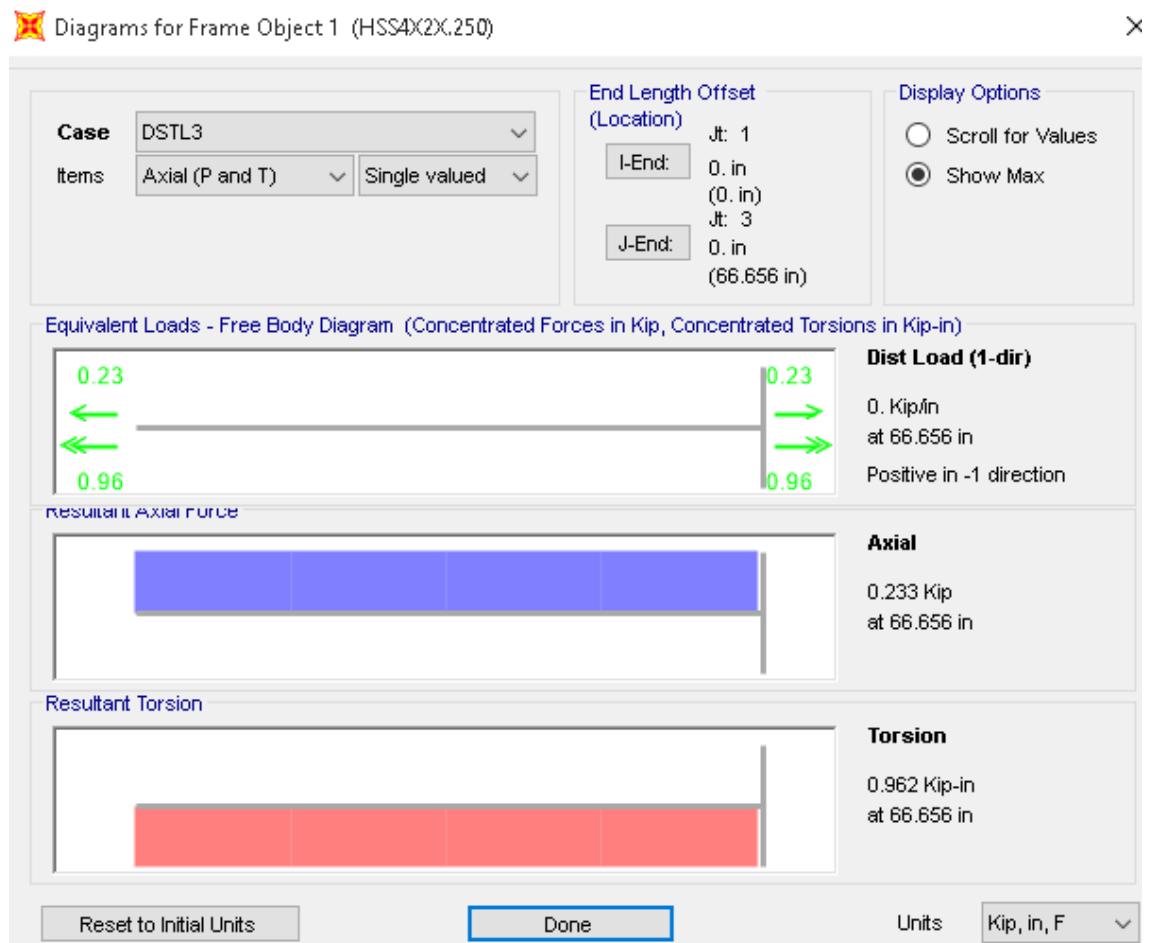


Imagen 46. Carga permisible del elemento 1.
 Fuente: Elaboración propia.

Steel Stress Check Data AISC-ASD89

File

Units: Kip, in, F

```

Frame : 1          Design Sect: HSS4X2X.250
X Mid  : 41.339   Design Type: Beam
Y Mid  : 4.134    Frame Type : Moment Resisting Frame
Z Mid  : 94.488   Sect Class : Compact
Length : 66.656   Major Axis : 0.000 degrees counterclockwise from local 3
Loc    : 0.000   RLLF      : 1.000

Area   : 2.440    SMajor : 2.245      rMajor : 1.357      AVMajor: 1.864
IMajor : 4.490    SMinor : 1.480      rMinor : 0.779      AVMinor: 0.932
IMinor : 1.480    ZMajor : 2.940      E       : 29000.000
Ixy    : 0.000    ZMinor : 1.790      Fy      : 36.000

```

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	P	M33	M22	V2	V3	T
0.000	0.233	17.242	0.057	0.439	0.001	0.962

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO

Governing Equation	Total Ratio	P Ratio	MMajor Ratio	MMinor Ratio	Ratio Limit	Status Check
(H2-1)	0.329	= 0.004	+ 0.323	+ 0.002	0.950	OK

AXIAL FORCE DESIGN

	P Force	fa Stress	Fa Allowable	Ft Allowable	Lateral Factor
Axial	0.233	0.096	14.722	21.600	1.000

MOMENT DESIGN

	M Moment	fb Stress	Fb Allowable	Fe Allowable	Cm Factor	K Factor	L Factor	Cb Factor
Major Moment	17.242	7.680	23.760	61.848	1.000	1.000	1.000	2.300
Minor Moment	0.057	0.038	23.760	20.386	1.000	1.000	1.000	

SHEAR DESIGN

	V Force	fv Stress	Fv Allowable	Stress Ratio	Status Check	T Torsion
Major Shear	0.439	0.235	14.400	0.016	OK	0.000
Minor Shear	0.001	0.001	14.400	0.000	OK	0.000

Imagen 47. Datos complementarios del elemento 1.
Fuente: Elaboración propia.

La carga permisible indica que es un elemento sometido a tensión

Como se puede apreciar el punto crítico de falla se da por flexión.

El momento máximo es $M_{max} = 17.242$ klb.pulg

El perfil seleccionado es HSS4X2X1/4

Tabla 21. Datos del perfil seleccionado.

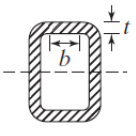
Shape	Design Wall Thickness, t	Nominal Wt.	Area, A	b/t	h/t	Axis X-X			
						I	S	r	Z
						in. ⁴	in. ³	in.	in. ³
HSS4×2× ³ / ₈	0.349	12.17	3.39	2.73	8.46	5.60	2.80	1.29	3.84
× ⁵ / ₁₆	0.291	10.58	2.94	3.87	10.7	5.13	2.56	1.32	3.43
× ¹ / ₄	0.233	8.81	2.44	5.58	14.2	4.49	2.25	1.36	2.94
× ³ / ₁₆	0.174	6.87	1.89	8.49	20.0	3.66	1.83	1.39	2.34
× ¹ / ₈	0.116	4.75	1.30	14.2	31.5	2.65	1.32	1.43	1.66

Tabla 22. Datos del perfil seleccionado.

Shape	Axis Y-Y				Workable Flat		Torsion		Surface Area
	I	S	r	Z	Depth	Width	J	C	
	in. ⁴	in. ³	in.	in. ³	in.	in.	in. ⁴	in. ³	
HSS4×2× ³ / ₈	1.80	1.80	0.729	2.31	2 ⁵ / ₁₆	—	4.83	4.04	0.900
× ⁵ / ₁₆	1.67	1.67	0.754	2.08	2 ⁵ / ₈	—	4.40	3.59	0.917
× ¹ / ₄	1.48	1.48	0.779	1.79	2 ⁷ / ₈	—	3.82	3.05	0.933
× ³ / ₁₆	1.22	1.22	0.804	1.43	3 ³ / ₁₆	—	3.08	2.41	0.950
× ¹ / ₈	0.898	0.898	0.830	1.02	3 ⁷ / ₁₆	—	2.20	1.69	0.967

La longitud entre soportes es 66.656pulg.

Tabla 23. Sección compacta y no compacta.

Caso	Descripción del elemento	Relación ancho a espesor	Relaciones limitantes ancho a espesor		Ejemplo
			λ_r compacto/ no compacto	λ_r no compacto/ esbelto	
17	Patines de secciones HSS rectangulares y cajones de espesor uniforme	b/t	$1.12\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1.40\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	

Verificando si es compacto o no compacto:

La relación b/t es $2/0.25=8$

$$1.12\sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$1.12\sqrt{\frac{29000}{36}} = 31.78$$

Por lo tanto, es una sección compacta y se usara la ecuación de momento plástico:

El esfuerzo de flexion es:

$$\sigma = \frac{MC}{I} = \frac{M}{I/c} \quad \frac{I}{c} = S$$

$$\sigma = \frac{M}{S}$$

Para condiciones criticas de falla el esfuerzo de flexion llega al valor del esfuerzo de fluencia.

$$\sigma = Fy \quad S=Z \quad M_{max}=M_p$$

$$Fy = \frac{M_p}{Z}$$

$$M_p = Fy(z)$$

El momento plastico es:

$$M_p = (Fy) * Z$$

$$M_p = 36 * 2.94 = 105.84 \text{klb.pulg}$$

Evaluando con el metodo ASD:

$$\frac{M_p}{\Omega} = \frac{105.84}{1.67} = 63.377 \text{klb.pulg.}$$

$$\frac{M_p}{\Omega} > M_{max}$$

$$63.377 \text{klb.pulg} > 17.242 \text{klb.pulg}$$

El factor de seguridad es:

$$FS = \frac{M_p/\Omega}{M_{max}} = \frac{63.377}{17.242} = 3.68 \text{veces}$$

4.6.1 Analisis de esfuerzos principales.

Para analizar por esfuerzos combinados se calcula el esfuerzo de flexión

El esfuerzo en el eje y es

$$\sigma = \frac{Mc}{I}$$

$$\sigma_y = \frac{(17.242) \left(\frac{2}{2}\right)}{1.48} = 11.65 \text{ksi}$$

El esfuerzo en el eje x será

$$\sigma_x = \frac{Mc}{I}$$

$$\sigma_x = \frac{(17.242)\left(\frac{4}{2}\right)}{4.49} = 7.680 \text{ksi}$$

La fuerza cortante es $V=0.439\text{klb}$

$$I_{min} = 1.48 \text{pulg}^4$$

$$Q_B = \bar{y}A = \left(\frac{T}{2} + \frac{tf}{2}\right)t_f * b_f + \frac{T}{4} * \left(\frac{T}{2} * t_w\right)$$

$$Q_B = \bar{y}A = \left(2 - \frac{0.25}{2}\right)(2)(0.25) + \frac{2 - 0.25}{2}(2 - 0.25)0.25 * 2 = 1.703 \text{pulg}^3$$

$$\tau = \tau_{max} = \frac{VQ}{It} = \frac{(0.439)(1.703)}{(1.48)(2 * 0.25)} = 1.01 \text{ksi}$$

Los esfuerzos principales se calculan de la siguiente forma.

$$\sigma_1, \sigma_2 = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$$

$$\sigma_1, \sigma_2 = \frac{7.68 + 11.65}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{7.68 - 11.65}{2}\right)^2 + 1.01^2}$$

$$\sigma_1 = 11.89 \text{ksi}$$

$$\sigma_2 = 7.43 \text{ksi}$$

Los esfuerzos cortantes principales serán

$$\tau_1, \tau_2 = \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$$

$$\tau_1, \tau_2 = \pm \sqrt{\left(\frac{9.605 - 14.569}{2}\right)^2 + 1.01^2}$$

$$\tau_1 = 2.22 \text{ksi}$$

$$\tau_2 = -2.22 \text{ksi}$$

5.1 Analisis de tension y distancias al borde del elemento 98 con el metodo LRFD

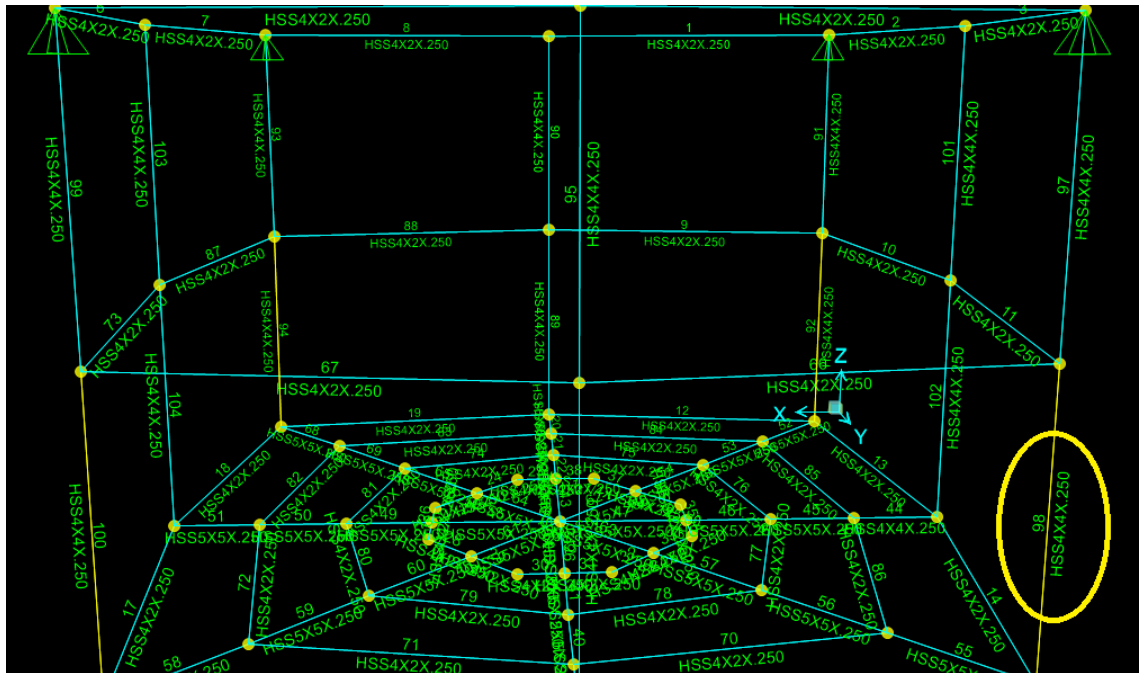


Imagen 48. Vista del elemento 98 con el método LRFD.
Fuente: Elaboración propia.

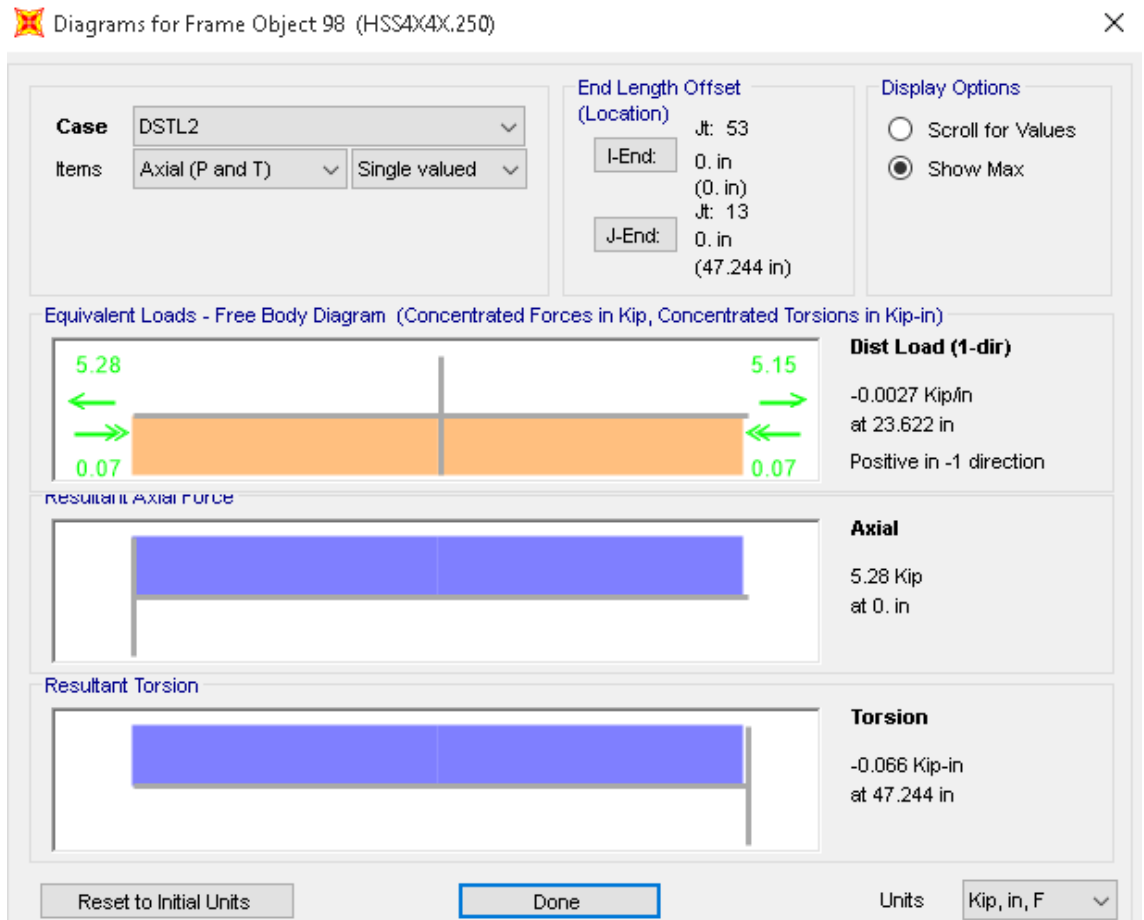


Imagen 49. Carga factorizada del elemento 98.
 Fuente: Elaboración propia.

Steel Stress Check Data AISC-LRFD93

File

Units Kip, in, F

```

Frame : 98          Design Sect: HSS4X4X.250
X Mid  : 8.268     Design Type: Column
Y Mid  : 140.551   Frame Type : Moment Resisting Frame
Z Mid  : 23.622   Sect Class : Compact
Length : 47.244   Major Axis : 0.000 degrees counterclockwise from local 3
Loc    : 0.000    RLLF      : 1.000

Area   : 3.370    SMajor   : 3.900      rMajor   : 1.521      AVMajor  : 1.864
IMajor : 7.800    SMinor   : 3.900      rMinor   : 1.521      AVMinor  : 1.864
IMinor : 7.800    ZMajor   : 4.690      E        : 29000.000
Ixy    : 0.000    ZMinor   : 4.690      Fy       : 36.000

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS
Location      Pu      Mu33      Mu22      Vu2      Vu3      Tu
0.000         5.280   21.737   21.276   1.550   1.529   -0.066

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO
Governing    Total      P      MMajor    MMinor    Ratio    Status
Equation     Ratio     Ratio  Ratio     Ratio     Limit    Check
(H1-lb)     0.307 = 0.024 + 0.143 + 0.140 0.950    OK

AXIAL FORCE DESIGN
          Pu      phi*Pnc    phi*Pnt
          Force Capacity Capacity
Axial    5.280   85.367   109.188

MOMENT DESIGN
          Mu      phi*Mn     Cm     B1     B2     K     L     Cb
          Moment Capacity Factor Factor Factor Factor Factor Factor
Major Moment 21.737 151.956 1.000 1.000 1.000 1.929 1.000 2.159
Minor Moment 21.276 151.956 1.000 1.000 1.000 1.929 1.000

SHEAR DESIGN
          Vu      phi*Vn     Stress    Status    Tu
          Force Capacity Ratio Check Torsion
Major Shear 1.550 36.236 0.043 OK 0.000
Minor Shear 1.529 36.236 0.042 OK 0.000
    
```

Imagen 50. Datos complementarios del elemento 98.
Fuente: Elaboración propia.

La carga maxima combinada es la carga factorizada $P_u=5.28\text{klb}$

El signo de la carga indica que es un elemento sometido a tension

El perfil seleccionado es HSS4X4X1/4

Tabla 24. Datos del perfil HSS 4x4x1/4.

Shape	Design Wall Thickness, t	Nominal Wt. lb/ft	Area, A in. ²	b/t	h/t	I in. ⁴	S in. ³	r in.	Z in. ³	Workable Flat in.	Torsion		Surface Area ft ² /ft
	in.										J in. ⁴	C in. ³	
	HSS4x4x1/2										0.465	21.63	
x3/8	0.349	17.27	4.78	8.46	8.46	10.3	5.13	1.47	6.39	2 ⁵ / ₁₆	17.5	9.14	1.23
x5/16	0.291	14.83	4.10	10.7	10.7	9.14	4.57	1.49	5.59	2 ⁵ / ₈	15.3	7.91	1.25
x1/4	0.233	12.21	3.37	14.2	14.2	7.80	3.90	1.52	4.69	2 ⁷ / ₈	12.8	6.56	1.27
x3/16	0.174	9.42	2.58	20.0	20.0	6.21	3.10	1.55	3.67	3 ³ / ₁₆	10.0	5.07	1.28
x1/8	0.116	6.46	1.77	31.5	31.5	4.40	2.20	1.58	2.56	3 ⁷ / ₁₆	6.91	3.49	1.30

La posición será:

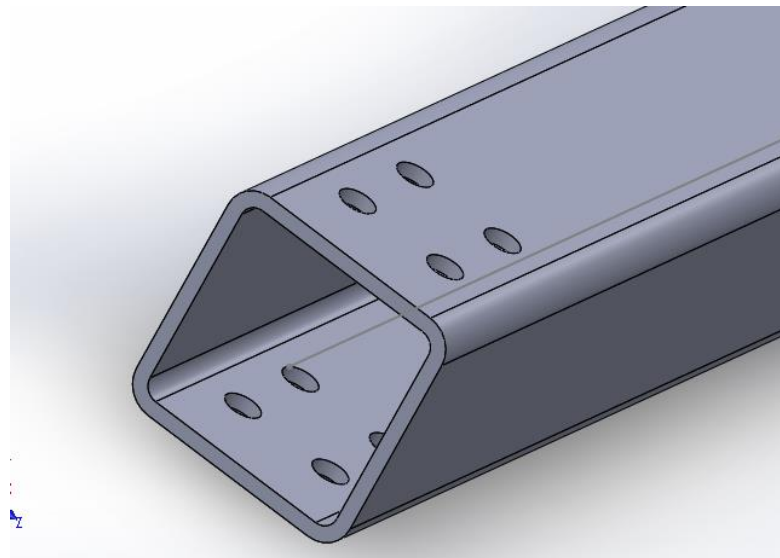


Imagen 51. Vista de los agujeros.

Fuente: Elaboración propia.

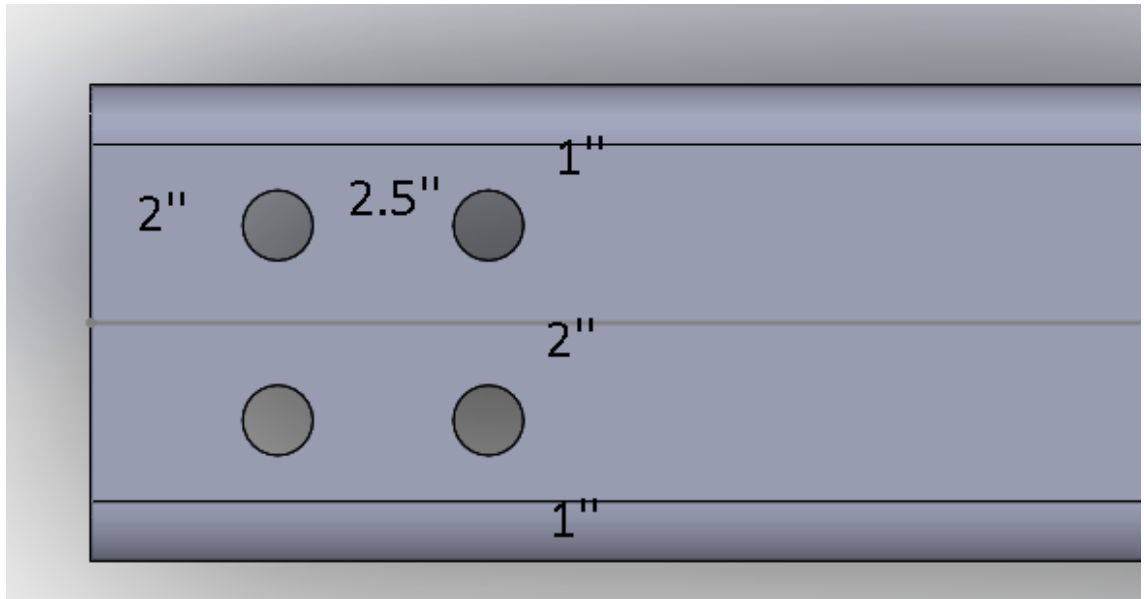


Imagen 52. Vista del paso y gramil.
Fuente: Elaboración propia.

$t=0.25\text{pulg}$

Se usara pernos de $5/16\text{pulg}$

La ubicación de los agujeros de cada aleta podra ser

La distancia minima al borde es $1.5*0.3125=0.46\text{pulg}$.

Tabla 25. Datos del material A36.

TABLA 1.1 Especificaciones aplicables de la ASTM a diversos perfiles estructurales.

Tipo de acero	Designación de la ASTM	Esfuerzo mínimo de fluencia F_y (klb/plg ²)	Esfuerzo ^a de tensión F_u (klb/plg ²)	Serie de perfiles aplicables											
				W	M	S	HP	C	MC	L	HSS		Tubo		
											Rect.	Redondo			
Al carbono	A36	36	58-80 ^b												
	A53 Gr. B	35	60												
	A500	Gr. B	42	58											
			46	58											
		Gr. C	46	62											
	50		62												
	A501	Gr. A	36	58											
		Gr. B	50	70											
	A529 ^c	Gr. 50	50	65-100											
		Gr. 55	55	70-100											

Considerando una distribución no uniforme: $U_{bs}=0.5$

La resistencia nominal se calculará con la siguiente fórmula

$$R_n = 0.6F_u A_{nv} + U_{bs}F_u A_{nt} \leq 0.6F_y A_{gv} + U_{bs}F_u A_{nt}$$

El área total por cortante es:

$$A_{gv} = nLt = (4)(4.5)(0.25) = 4.5 \text{ pulg}^2$$

$$A_{nv} = n \left[Lt - N \left(d + \frac{1}{8} \right) t \right]$$

$$A_{nv} = 4 \left[4.5(0.25) - 1.8 \left(\frac{5}{16} + \frac{1}{8} \right) 0.25 \right]$$

$$A_{nv} = 3.712 \text{ pulg}^2$$

El área neta por tensión es:

$$A_{nt} = n \left[lt - N \left(d + \frac{1}{8} \right) t \right]$$

$$A_{nt} = 4 \left[1(0.25) - 0.4 \left(\frac{5}{16} + \frac{1}{8} \right) 0.25 \right]$$

$$A_{nt} = 0.825 \text{ pulg}^2$$

Pero usaremos $U_{bs}=0.5$ para una condicion mas critica.

$$Rn = 0.6F_u A_{nv} + U_{bs}F_u A_{nt} \leq 0.6F_y A_{gv} + U_{bs}F_u A_{nt}$$

$$Rn = 0.6 * 58 * 3.712 + 0.5 * 58 * 0.825 \leq 0.6 * 36 * 4.5 + 0.5 * 58 * 0.825$$

$$153.1klb \leq 121.125klb$$

Cuando no cumple la resistencia nominal es:

$$Rn = 121.125lb$$

Evaluando con el metodo LRFD $\phi_t = 0.75$

$$\phi_t Rn = 0.75(121.125) = 90.844klb$$

$$\phi_t Rn > Pu$$

$$90.844klb > 5.28klb$$

5.1.1 Prueba por tensión.

$$A_e = U \left(A_g - n \left(d + \frac{1}{8} \right) t_w \right)$$

$$U = 1 - \frac{\bar{X}}{L}$$

$$U = 1 - \frac{2}{2.5} = 0.2$$

$$A_e = U \left(A_g - n \left(d + \frac{1}{8} \right) t_w \right)$$

$$A_e = 0.2 \left(3.37 - 4 \left(\frac{5}{16} + \frac{1}{8} \right) 0.25 \right) = 0.586pulg^2$$

$$Pn = Fu * Ae$$



Imagen 54. Carga permisible del elemento 98.
 Fuente: Elaboración propia.

Steel Stress Check Data AISC-ASD89

File		Units						
Frame : 98	Design Sect: HSS4X4X.250							
X Mid : 8.268	Design Type: Column							
Y Mid : 140.551	Frame Type : Moment Resisting Frame							
Z Mid : 23.622	Sect Class : Compact							
Length : 47.244	Major Axis : 0.000 degrees counterclockwise from local 3							
Loc : 0.000	RLLF : 1.000							
Area : 3.370	SMajor : 3.900	rMajor : 1.521	AVMajor: 1.864					
IMajor : 7.800	SMinor : 3.900	rMinor : 1.521	AVMinor: 1.864					
IMinor : 7.800	ZMajor : 4.690	E : 29000.000						
Ixy : 0.000	ZMinor : 4.690	Fy : 36.000						
STRESS CHECK FORCES & MOMENTS								
Location	P	M33	M22	V2	V3	T		
0.000	3.844	16.208	15.645	1.189	1.119	0.020		
PMM DEMAND/CAPACITY RATIO								
Governing	Total	P	MMajor	MMinor	Ratio	Status		
Equation	Ratio	Ratio	Ratio	Ratio	Limit	Check		
(H2-1)	0.397	= 0.053	+ 0.175	+ 0.169	0.950	OK		
AXIAL FORCE DESIGN								
	P	fa	Fa	Ft	Lateral			
	Force	Stress	Allowable	Allowable	Factor			
Axial	3.844	1.141	17.438	21.600	1.000			
MOMENT DESIGN								
	M	fb	Fb	Fe	Cm	K	L	Cb
	Moment	Stress	Allowable	Allowable	Factor	Factor	Factor	Factor
Major Moment	16.208	4.156	23.760	41.604	1.000	1.929	1.000	2.248
Minor Moment	15.645	4.011	23.760	41.604	1.000	1.929	1.000	
SHEAR DESIGN								
	V	fv	Fv	Stress	Status	T		
	Force	Stress	Allowable	Ratio	Check	Torsion		
Major Shear	1.189	0.638	14.400	0.044	OK	0.000		
Minor Shear	1.119	0.600	14.400	0.042	OK	0.000		

Imagen 55. Datos complementarios del elemento 98 con el método ASD.
Fuente: Elaboración propia.

La carga maxima combinada es la carga permisible $P_a=3.844\text{klb}$

El signo de la carga indica que es un elemento sometido a tension

El perfil seleccionado es HSS4X4X1/4

Tabla 26. Datos del perfil HSS4x4x1/4.

Shape	Design Wall Thickness, t	Nominal Wt. lb/ft	Area, A in. ²	b/t	h/t	I in. ⁴	S in. ³	r in.	Z in. ³	Workable Flat in.	Torsion		Surface Area ft ² /ft
	in.										J in. ⁴	C in. ³	
	HSS4x4x1/2										0.465	21.63	
x3/8	0.349	17.27	4.78	8.46	8.46	10.3	5.13	1.47	6.39	2 ⁵ / ₁₆	17.5	9.14	1.23
x5/16	0.291	14.83	4.10	10.7	10.7	9.14	4.57	1.49	5.59	2 ⁵ / ₈	15.3	7.91	1.25
x1/4	0.233	12.21	3.37	14.2	14.2	7.80	3.90	1.52	4.69	2 ⁷ / ₈	12.8	6.56	1.27
x3/16	0.174	9.42	2.58	20.0	20.0	6.21	3.10	1.55	3.67	3 ³ / ₁₆	10.0	5.07	1.28
x1/8	0.116	6.46	1.77	31.5	31.5	4.40	2.20	1.58	2.56	3 ⁷ / ₁₆	6.91	3.49	1.30

La posición será:

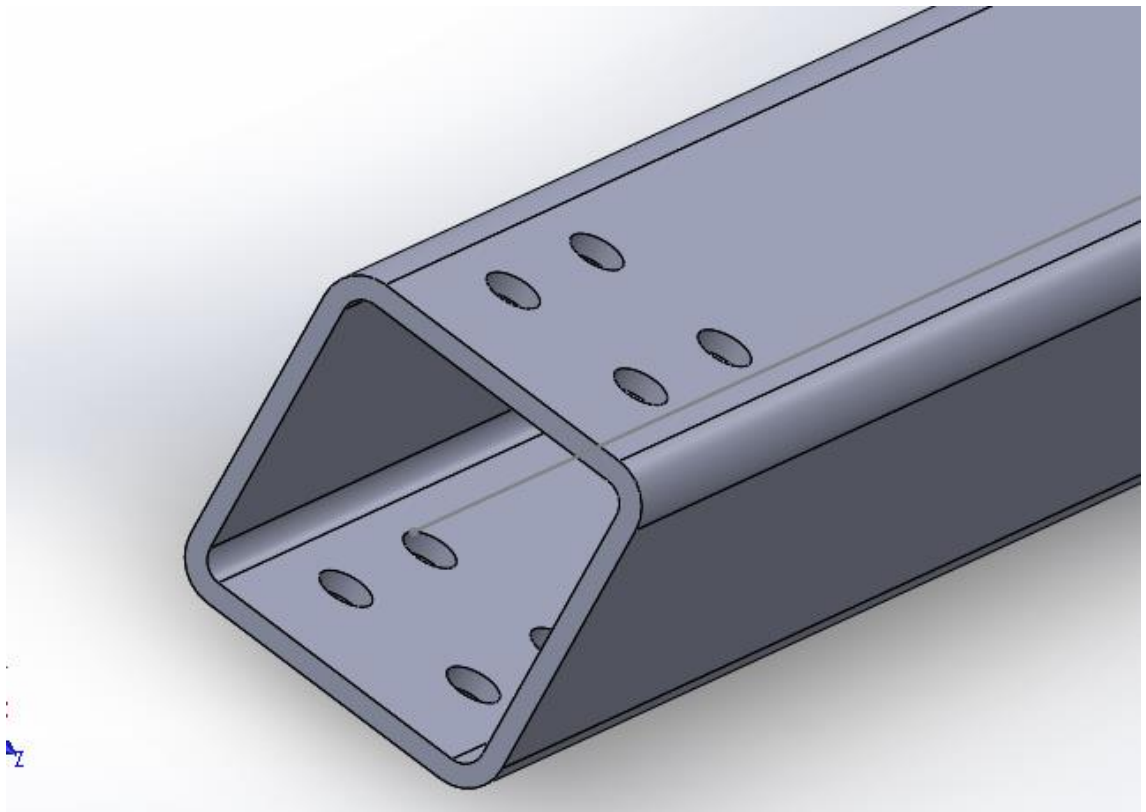


Imagen 56. Vista del paso y gramil.
Fuente: Elaboración propia.

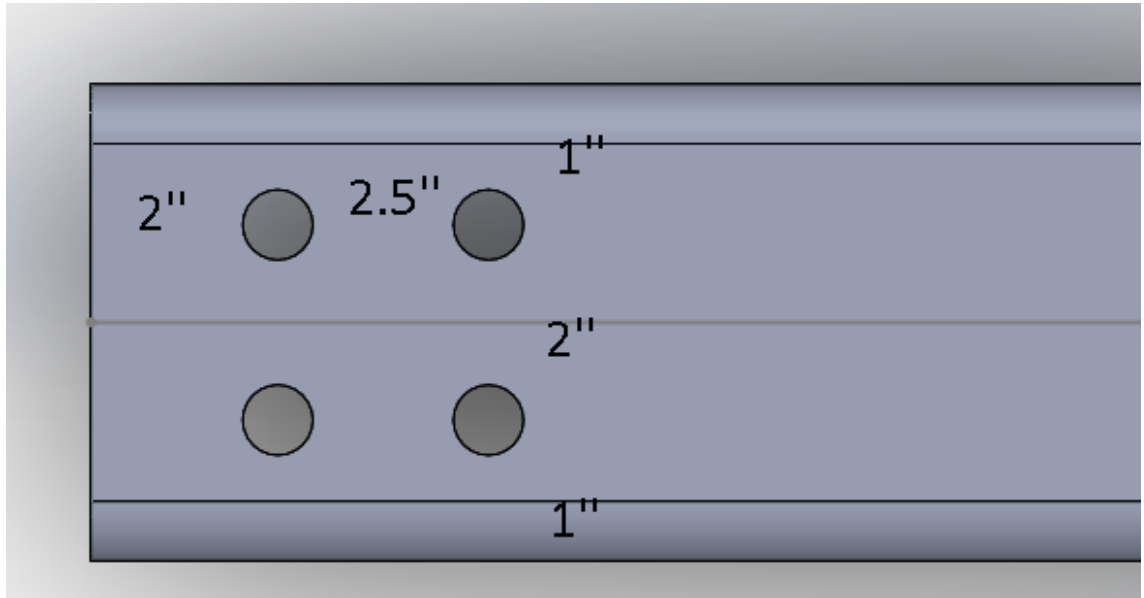


Imagen 57. Dimensiones de distancias al borde.
Fuente: Elaboración propia.

$t=0.25\text{pulg}$

Se usara pernos de $5/16\text{pulg}$

La ubicación de los agujeros de cada aleta podra ser

La distancia minima al borde es $1.5 \cdot 0.3125 = 0.46\text{pulg}$.

Tabla 27. Datos del material seleccionado.

TABLA 1.1 Especificaciones aplicables de la ASTM a diversos perfiles estructurales.

Tipo de acero	Designación de la ASTM	Esfuerzo mínimo de fluencia F_y (klb/plg ²)	Esfuerzo ^a de tensión F_u (klb/plg ²)	Serie de perfiles aplicables											
				W	M	S	HP	C	MC	L	HSS		Tubo		
											Rect.	Redondo			
Al carbono	A36	36	58-80 ^b												
	A53 Gr. B	35	60												
	A500	Gr. B	42	58											
			46	58											
		Gr. C	46	62											
	50		62												
	A501	Gr. A	36	58											
		Gr. B	50	70											
	A529 ^c	Gr. 50	50	65-100											
		Gr. 55	55	70-100											

Considerando una distribución no uniforme: $U_{bs}=0.5$

La resistencia nominal se calculará con la siguiente fórmula

$$R_n = 0.6F_u A_{nv} + U_{bs}F_u A_{nt} \leq 0.6F_y A_{gv} + U_{bs}F_u A_{nt}$$

El área total por cortante es:

$$A_{gv} = nLt = (4)(4.5)(0.25) = 4.5 \text{ pulg}^2$$

$$A_{nv} = n \left[Lt - N \left(d + \frac{1}{8} \right) t \right]$$

$$A_{nv} = 4 \left[4.5(0.25) - 1.8 \left(\frac{5}{16} + \frac{1}{8} \right) 0.25 \right]$$

$$A_{nv} = 3.712 \text{ pulg}^2$$

El área neta por tensión es:

$$A_{nt} = n \left[lt - N \left(d + \frac{1}{8} \right) t \right]$$

$$A_{nt} = 4 \left[1(0.25) - 0.4 \left(\frac{5}{16} + \frac{1}{8} \right) 0.25 \right]$$

$$A_{nt} = 0.825 \text{ pulg}^2$$

Pero usaremos $U_{bs}=0.5$ para una condicion mas critica.

$$Rn = 0.6F_u A_{nv} + U_{bs}F_u A_{nt} \leq 0.6F_y A_{gv} + U_{bs}F_u A_{nt}$$

$$Rn = 0.6 * 58 * 3.712 + 0.5 * 58 * 0.825 \leq 0.6 * 36 * 4.5 + 0.5 * 58 * 0.825$$

$$153.1klb \leq 121.125klb$$

Cuando no cumple la resistencia nominal es:

$$Rn = 121.125lb$$

Evaluando con el metodo ASD $\Omega_t = 2$

$$\frac{Rn}{\Omega} = \frac{(121.125)}{2} = 60.5625klb$$

$$\phi_t Rn > Pu$$

$$60.5625klb > 3.844klb$$

5.2.1 Prueba por tensión.

$$A_e = U \left(A_g - n \left(d + \frac{1}{8} \right) t_w \right)$$

$$U = 1 - \frac{\bar{X}}{L}$$

$$U = 1 - \frac{2}{2.5} = 0.2$$

$$A_e = U \left(A_g - n \left(d + \frac{1}{8} \right) t_w \right)$$

$$A_e = 0.2 \left(3.37 - 4 \left(\frac{5}{16} + \frac{1}{8} \right) 0.25 \right) = 0.586pulg^2$$

$$Pn = Fu * Ae$$

$$P_n = 58 * 0.586 = 33.988klb$$

Evaluando con el método ASD

$$\frac{P_n}{\Omega} = \frac{33.988}{2} = 16.994klb$$

$$\frac{P_n}{\Omega} > P_a \rightarrow 16.994klb > 3.844klb$$

Centro de cortante

Es el punto de equilibrio de las fuerzas de corte.

El centro de cortante coincide con el centro de gravedad ya que es simétrico en ambos ejes.

CONCLUSIONES

- Se realizó el diseño una canastilla móvil para traslado de equipo minero con accionamiento electromecánico.
- Se realizó la selección de los perfiles tomando en cuenta la tensión y compresión con sus respectivas pruebas de falla.
- Se verifico los esfuerzos combinados en el análisis por flexión obteniendo buenos resultados con factores de seguridad aceptables.
- Se comprobó con la prueba de bloque cortante asumiendo medidas según la norma y rangos permisibles de distancias al borde en el que se apreció un rango de seguridad optimo en el diseño de la canastilla no convencional.
- Se verifico el diámetro del cable de izaje en el que se requiere solo un cable, pero se podría agregar más cables haciendo que el factor de seguridad aumente.
- Se evaluó el accionamiento electromecánico en el que se requiere un motor de 10hp para el traslado de equipos en dirección vertical.

Referencias

- AISC. (2015). *American Institute Costruction* . Chicago.
- AISC. (2016). *Specification for Structural Steel Buildings*. Chicago.
- Alacero. (2016). *Miembros en tensión* . Retrieved from <http://slideplayer.es/slide/139465/>
- Alibaba.com. (2016). *Pernos comerciales*. Retrieved from <https://spanish.alibaba.com/product-detail/alibaba-china-astm-a325-heavy-hex-structure-bolt-1913122199.html>
- Arlin. (2016). *Gruas* . Retrieved from <http://www.gruasarlin.com/elementos-accesorios-maniobra-izaje-gruas/>
- Asosismica. (2015). *Columnas esbeltas*. Retrieved from <http://estructuras.eia.edu.co/hormigonI/COLUMNAS/efectos%20de%20esbeltez/esbeltez.htm>
- Bomberos online. (2019). *Ascensores hidraulicos con contrapeso*. Retrieved from <https://oposicionbomberoonline.org/ascensores-hidraulicos-contrapeso-17-6-17/>
- Budynas , R., & Nisbett, K. (2008). *Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley*. México: McGraw.
- Csernak, S., & McCormac, J. (2013). *Diseño de Estructuras de Acero*. Mexico: Alfaomega.
- Garcia , S. (2016). *El ascensor* . Retrieved from <http://bibliotecavirtualesenior.es/wp-content/uploads/2016/05/El-ascensor.pdf>
- Gere, J., & Goodno, B. (2009). *Mecánica de Materiales*. México: CENGAGE.

- Gonzales Caceres , J. (1990). *ANÁLISIS DEL PROCESO DE DISEÑO DE ESTRUCTURAS*. Retrieved from http://oa.upm.es/2282/2/JUAN_GONZALEZ_CARCELES.pdf
- Hibbeler, R. (2011). *Mecanica de materiales*. México: Pearson.
- IMPORPERNOS. (2019). *Pernos A325*. Retrieved from <http://www.imporpernos.com/i1132200>
- Johnston, R. (2009). *Mecánica de Materiales*. México: McGraw-Hill.
- Macoyma . (2018). *Montaje de ascensores*. Retrieved from <http://macoyma.com/productos/elevadores-unifamiliares/>
- MARTEX. (2016). *Recipientes a presion* . Retrieved from <http://www.martexis.com/p-10417-Recipientes-a-presi%C3%B3n>
- Menoritab . (2019). *Ascensor tipo canastilla*. Retrieved from <http://www.menonitapp.com/items/ascensor-tipo-canastilla.1840/>
- Monge Ruiz, K., & Bonilla Baltodano, J. (2016, Junio 16). *Diseño de miembros a tension*. Retrieved from <https://www.youtube.com/watch?v=Pjh8E0WZKxc>
- NTP EO30. (2006). *Norma Tecnica peruana* . Retrieved from <http://www3.vivienda.gob.pe/dgprvu/docs/RNE/T%C3%ADtulo%20III%20Edificaciones/51%20E.030%20DISENO%20SISMORRESISTENTE.pdf>
- Pernostock. (2018). *Torque tension para pernos*. Retrieved from http://pernostock.cl/media/wysiwyg/ficha-producto1/TABLA_DE_TORQUE_-_PERNO_ESTRUCTURAL.pdf

Rivera, G. (2010). *Resistencia del concreto*. Retrieved from

<ftp://ftp.unicauca.edu.co/cuentas/gearrilo/docs/FIC%20y%20GEOTEC%20SEM%20de%202010/Tecnologia%20del%20Concreto%20-%20PDF%20ver.%202009/Cap.%2006-%20Resistencia.pdf>

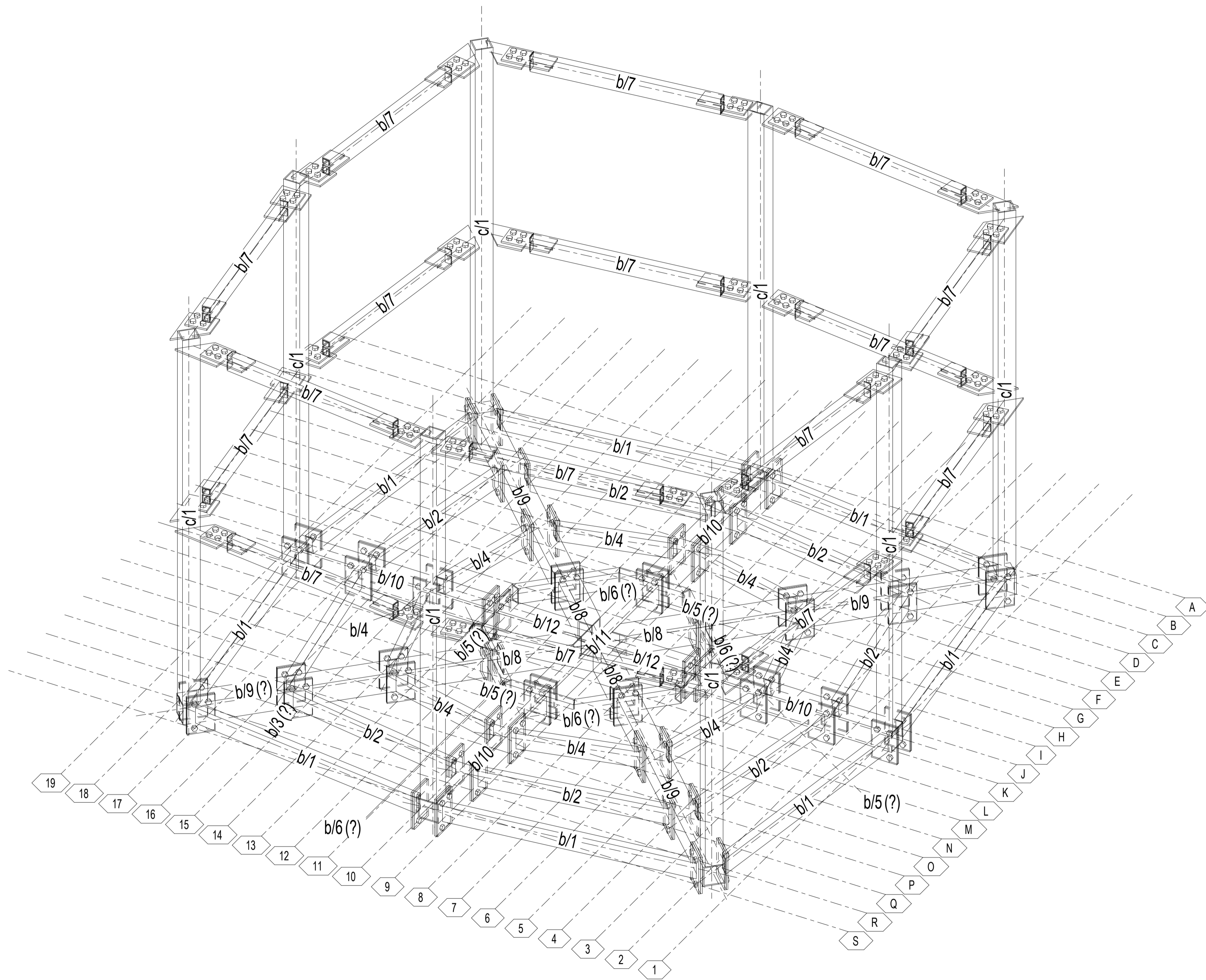
SUMIMSA. (2016). *Cables y accesorios de izaje* . Retrieved from

<http://www.sumimsa.com.mx/catalogo/izaje.pdf>

Wikipedia . (2018). *Ascensor*. Retrieved from <https://es.wikipedia.org/wiki/Ascensor>

Zapata Baglietto, L. (n.d.). *Diseño Estructural en Acero* .

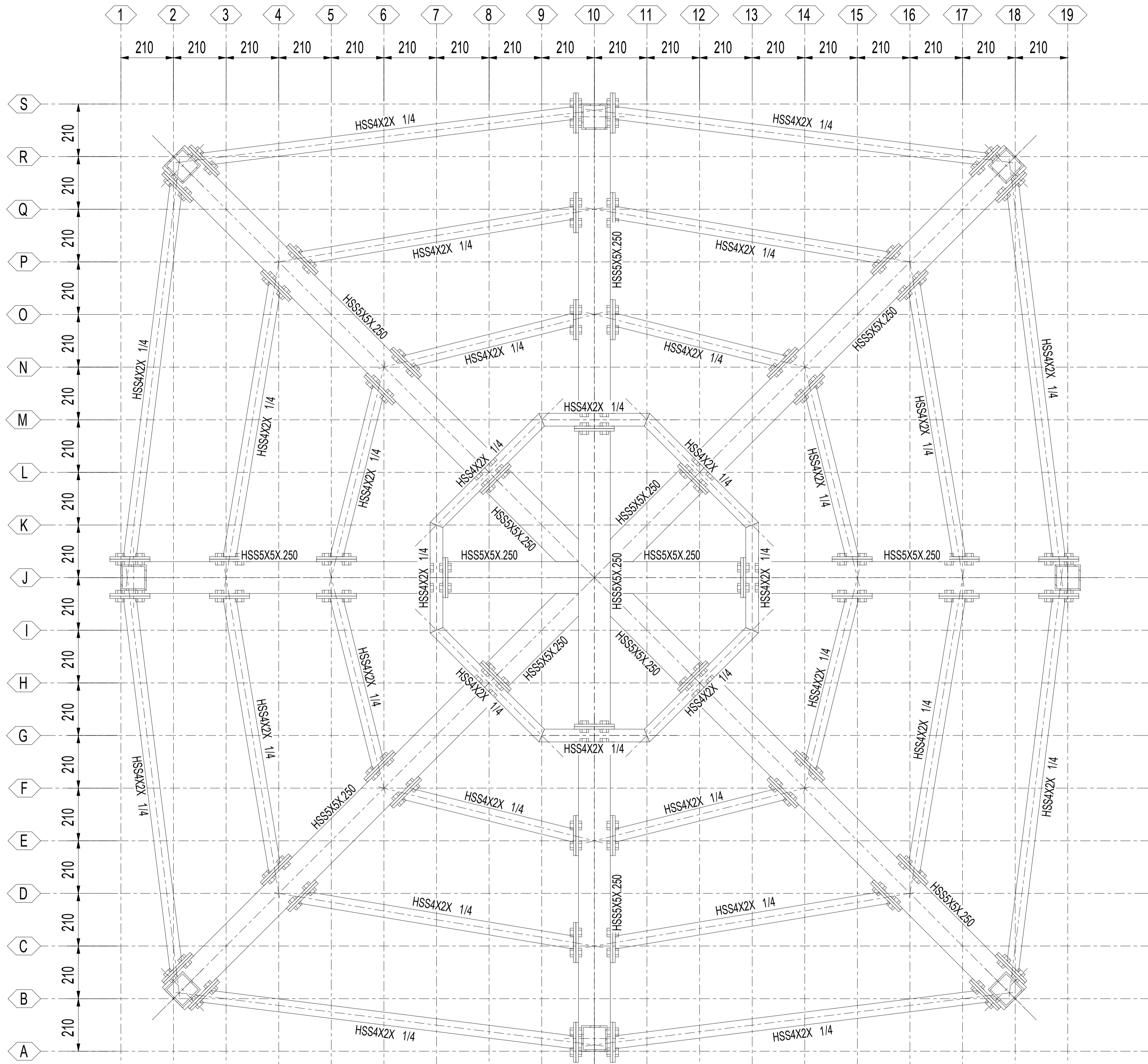
ANEXOS



VISTA 3d
ESC. 1:25

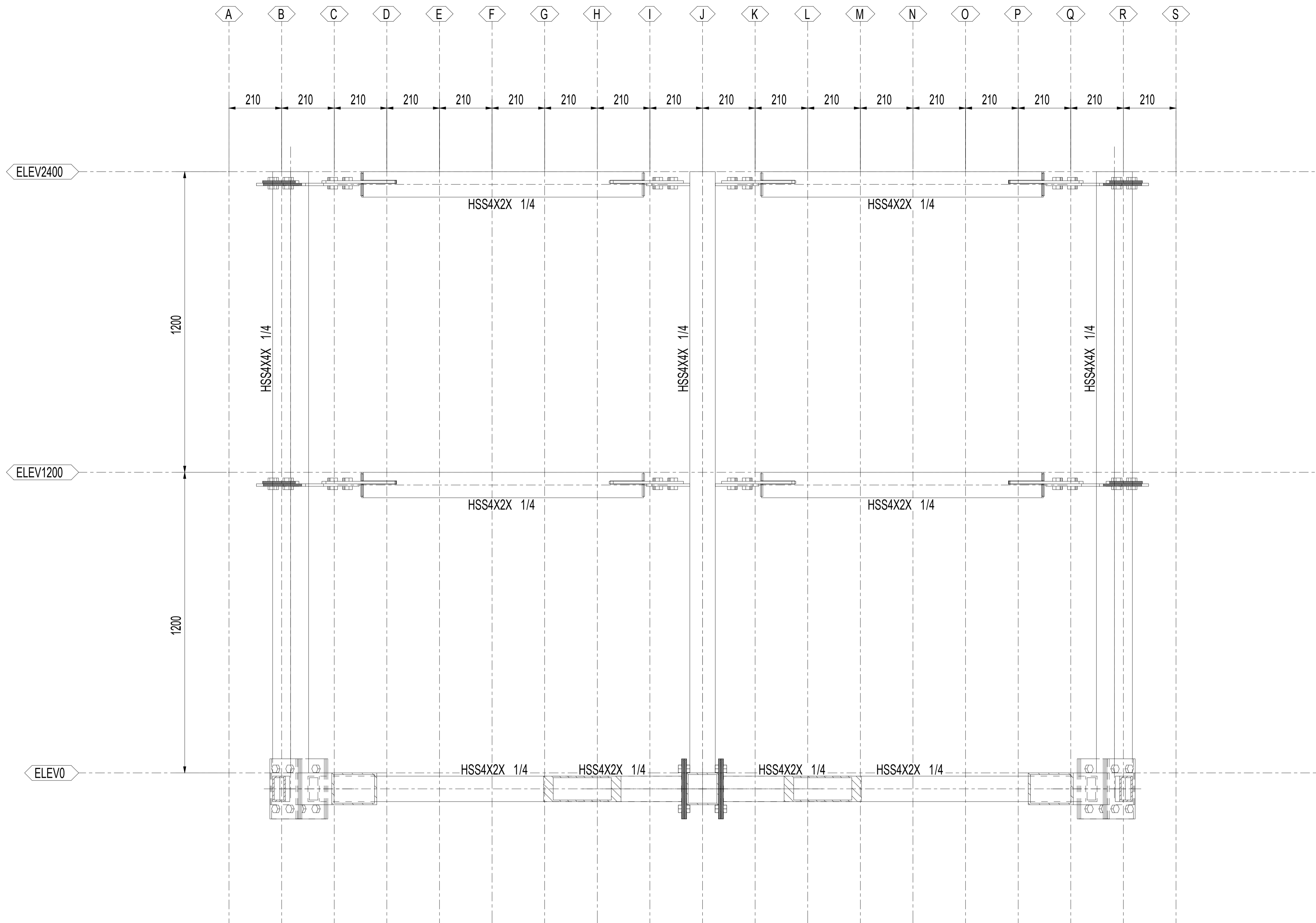
LISTA DE MATERIALES							
CANTIDAD		ELEMENTO		PESO (kg)		ÁREA (m2)	
ITEM	CANT	DESCRIPCION	LONGITUD (mm)	UNIT.	TOT.	UNIT.	TOT.
1001	126	PL10*160	240	3.0	379.8	0.085	10.7
1002	32	PL10*130	282	2.9	92.2	0.082	2.6
1003	16	PL10*175	180	2.3	37.0	0.066	1.1
1004	16	PL10*180	283	3.0	48.1	0.085	1.4
1005	32	PL5*29	41	0.0	1.5	0.003	0.1
1006	32	PL5*41	49	0.1	2.5	0.005	0.2
b/1	8	HSS4X2X1/4	1503	18.6	148.6	0.426	3.4
b/2	7	HSS4X2X1/4	1112	13.7	96.2	0.315	2.2
b/3	1	HSS4X2X1/4	1197	14.8	14.8	0.339	0.3
b/4	8	HSS4X2X1/4	704	8.7	69.6	0.200	1.6
b/5	4	HSS4X2X1/4	420	5.2	20.8	0.119	0.5
b/6	4	HSS4X2X1/4	594	7.3	29.4	0.168	0.7
b/7	16	HSS4X2X1/4	1127	13.9	222.9	0.320	5.1
b/8	4	HSS5X5X.250	459	10.0	40.0	0.224	0.9
b/9	4	HSS5X5X.250	1737	37.8	151.3	0.847	3.4
b/10	4	HSS5X5X.250	1215	26.5	105.8	0.592	2.4
b/11	1	HSS5X5X.250	1169	25.5	25.5	0.570	0.6
b/12	2	HSS5X5X.250	521	11.3	22.7	0.254	0.5
c/1	8	HSS4X4X1/4	2400	41.0	327.7	0.929	7.4
				TOTAL	1836	TOTAL	45

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA				
PROYECTO		DESIGNACIÓN		
		VISTA ISOMETRICA		
PLANO	FECHA	APELLIDOS Y NOMBRES	REVISO	ESCALA
				IND.

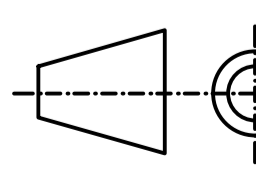


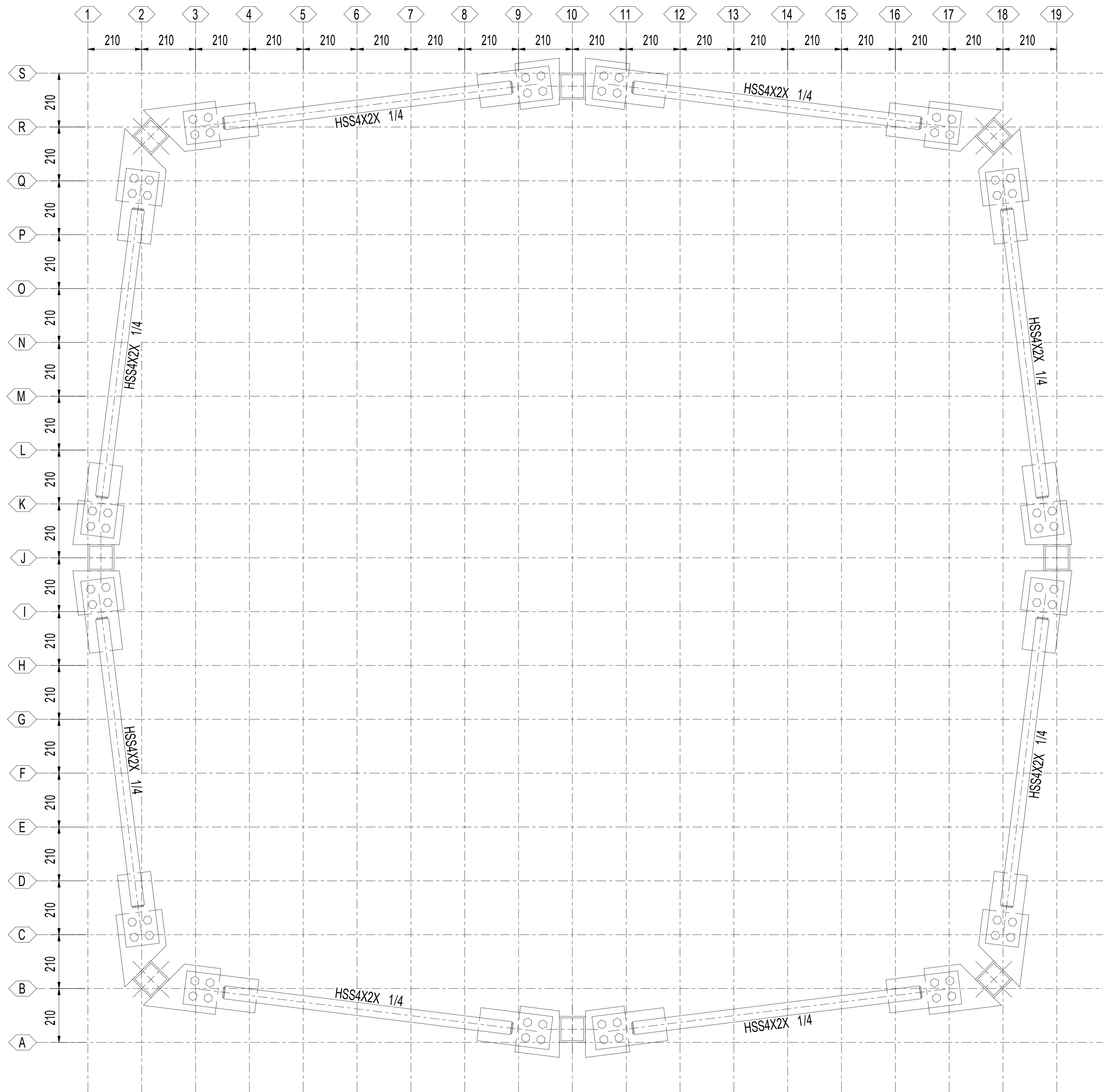
PLAN ELEVO
ESC. 1:12

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA				
PROYECTO		DESIGNACIÓN		
		VISTA DE PLANTA		
PLANO	FECHA	APELLIDOS Y NOMBRES	REVISO	ESCALA
				IND.



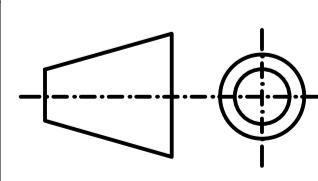
GRID 1
ESC. 1:10

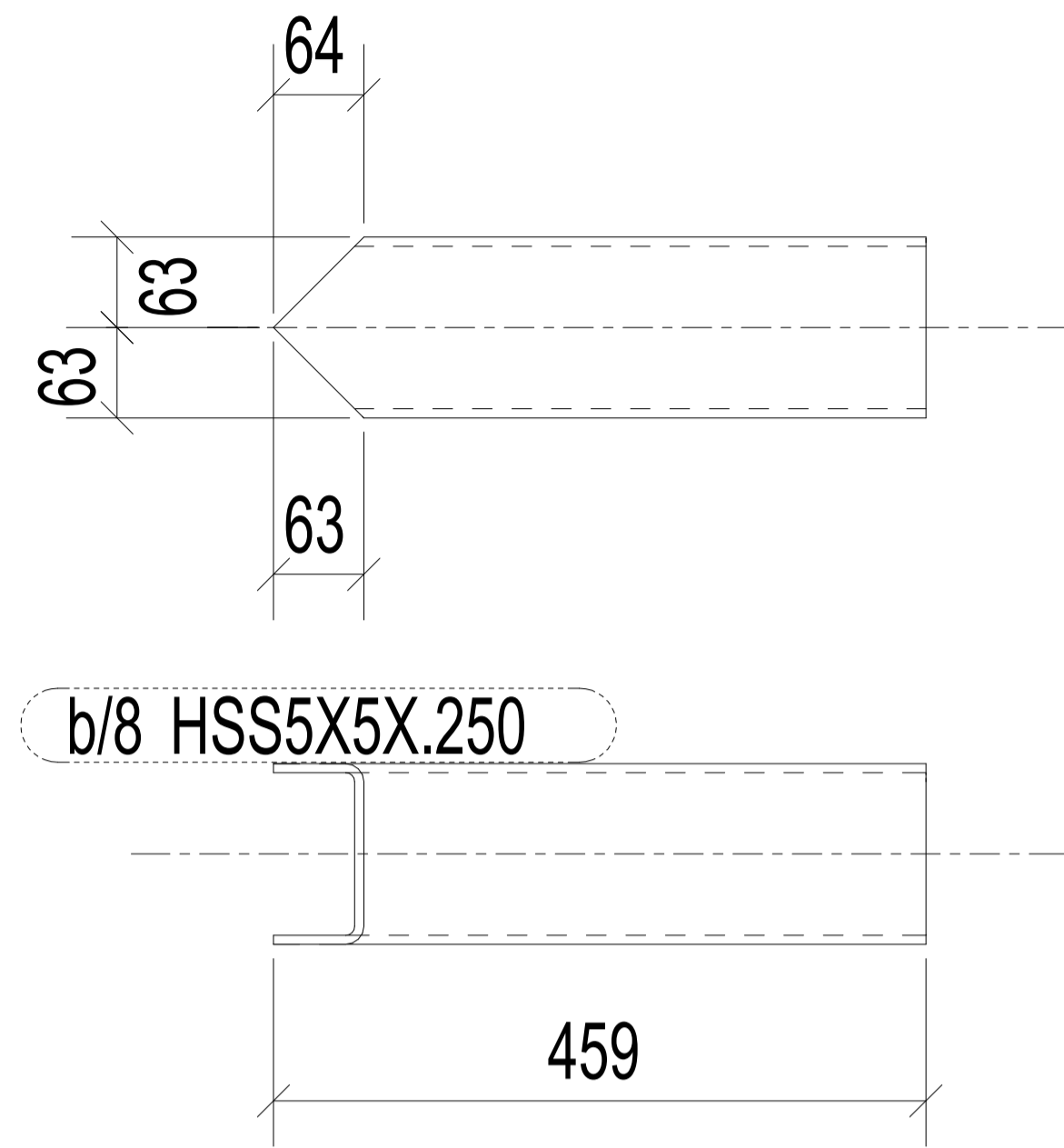
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA				
PROYECTO		DESIGNACIÓN		
		VISTA DE PERFIL		
PLANO	FECHA	APELLIDOS Y NOMBRES	REVISO	ESCALA
		M.POZO		IND.



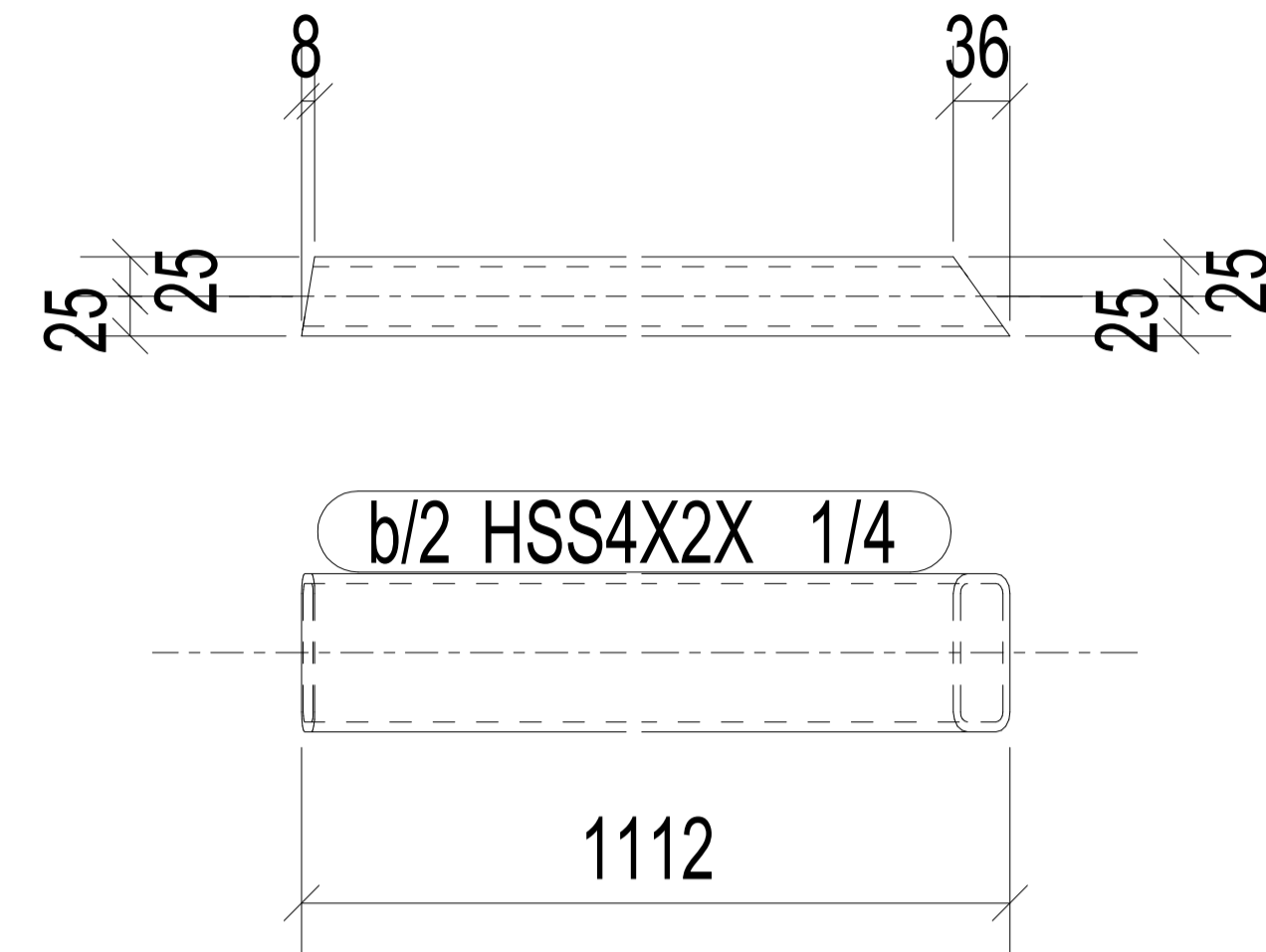
PLAN ELEV2400
ESC. 1:10

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA				
PROYECTO		DESIGNACIÓN		
		VISTA DE PLANTA		
PLANO	FECHA	APELLIDOS Y NOMBRES	REVISO	ESCALA
		M.POZO		IND.

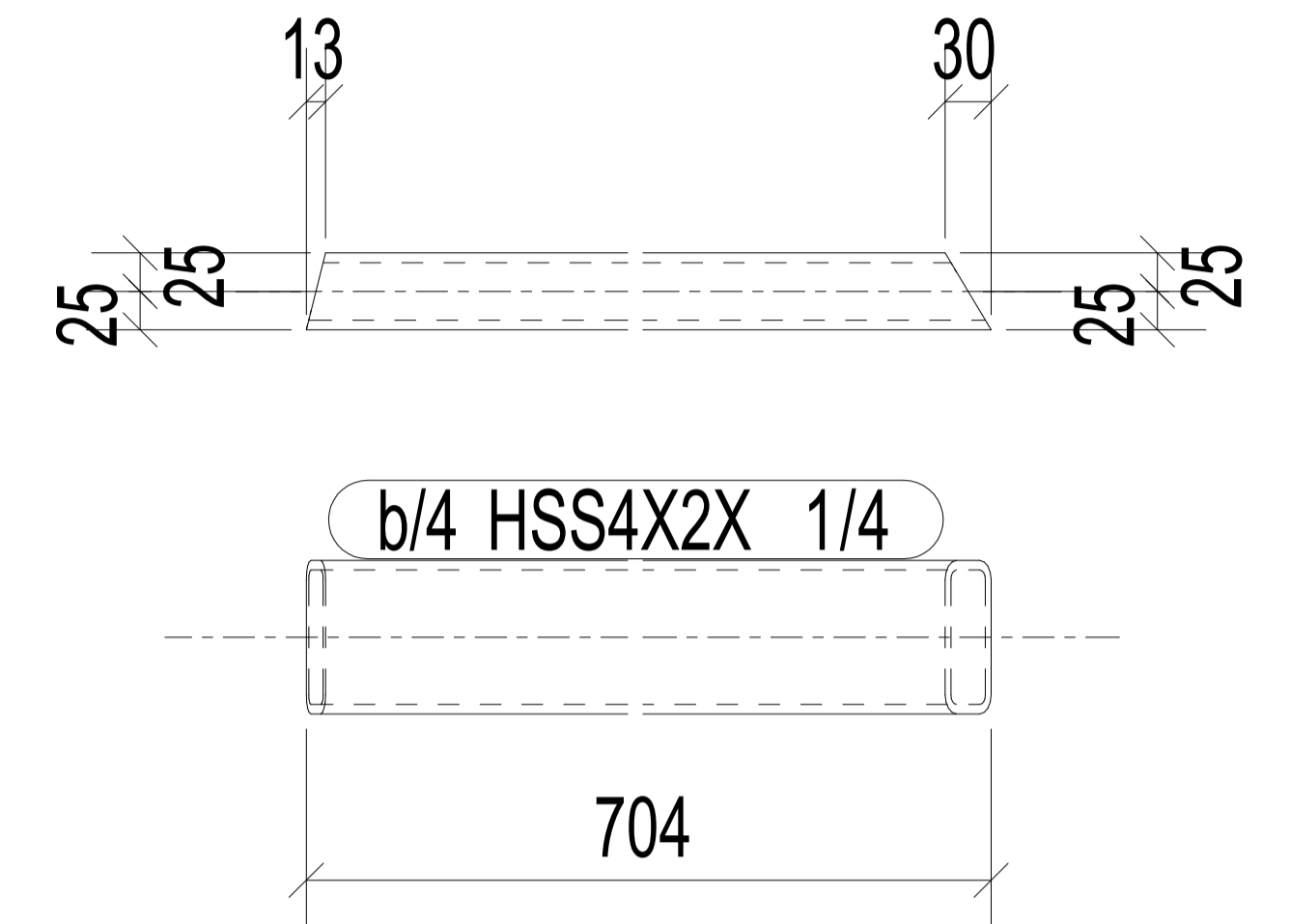




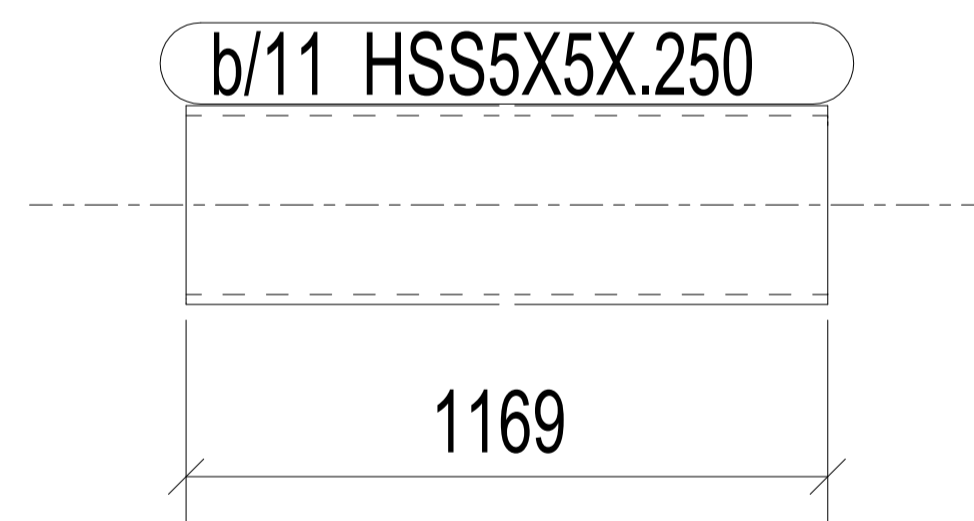
No. 4, Marked b/8



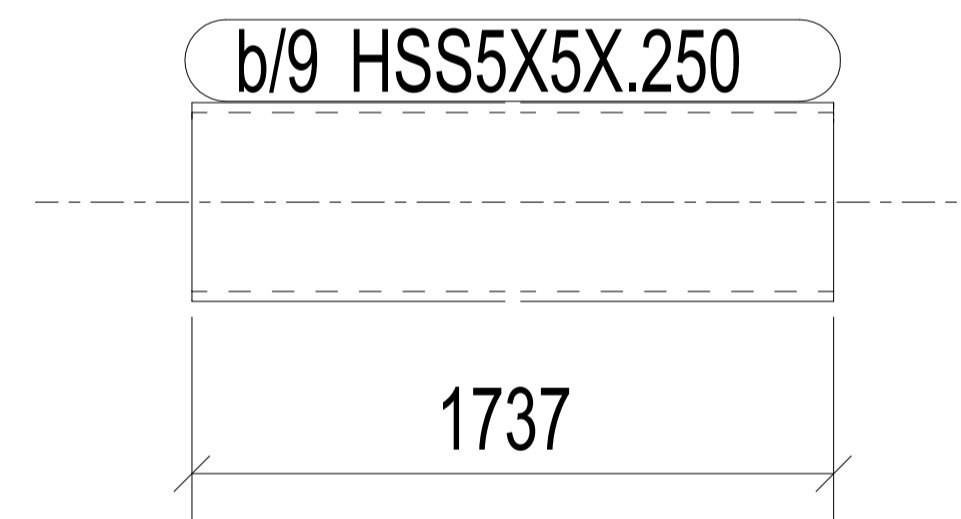
No. 7, Marked b/2



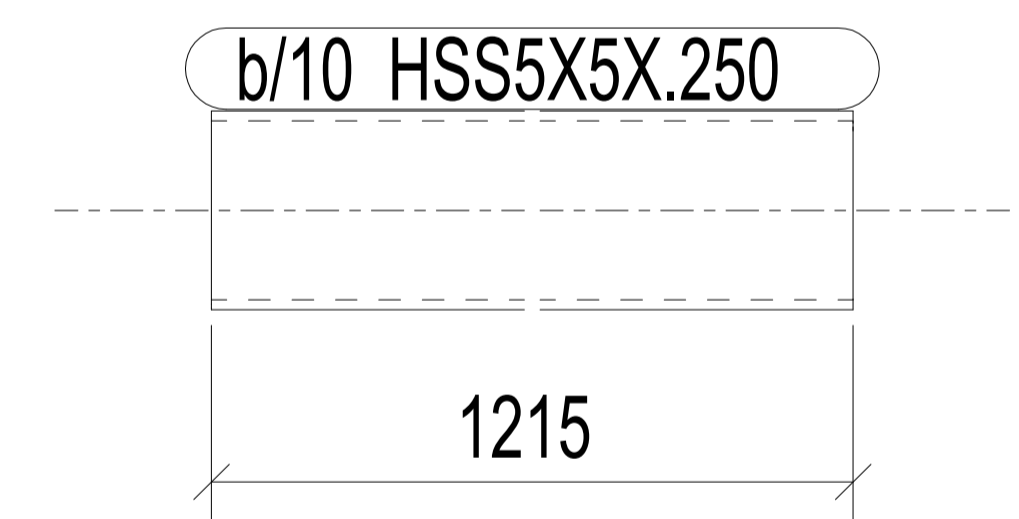
No. 8, Marked b/4



No. 1, Marked b/11

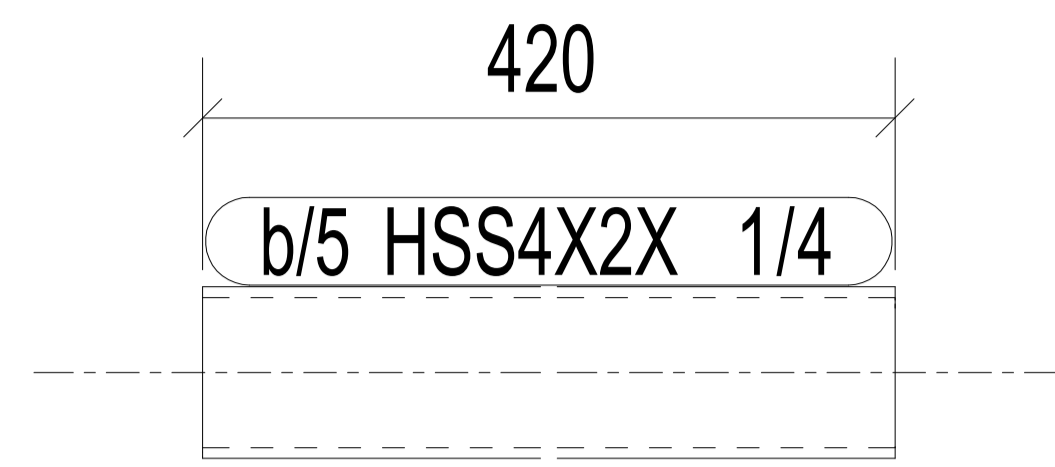


No. 4, Marked b/9

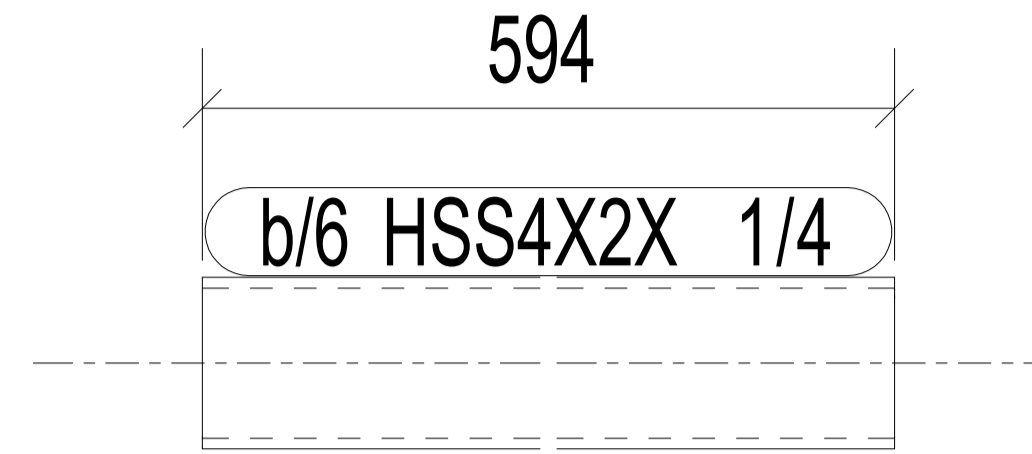


No. 4, Marked b/10

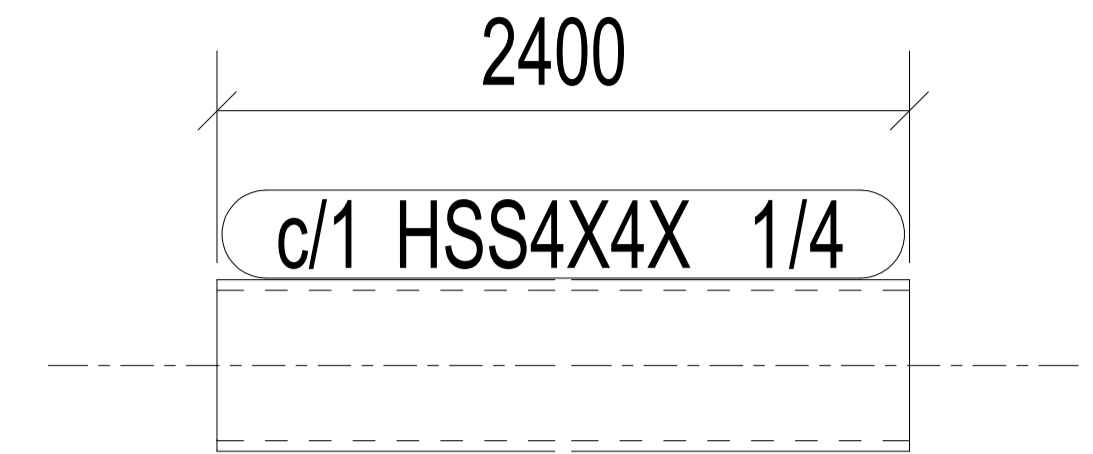
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA				
PROYECTO		DESIGNACIÓN		
		PLANO DE PARTE		
PLANO	FECHA	APELLIDOS Y NOMBRES	REVISO	ESCALA
		M.POZO		IND.



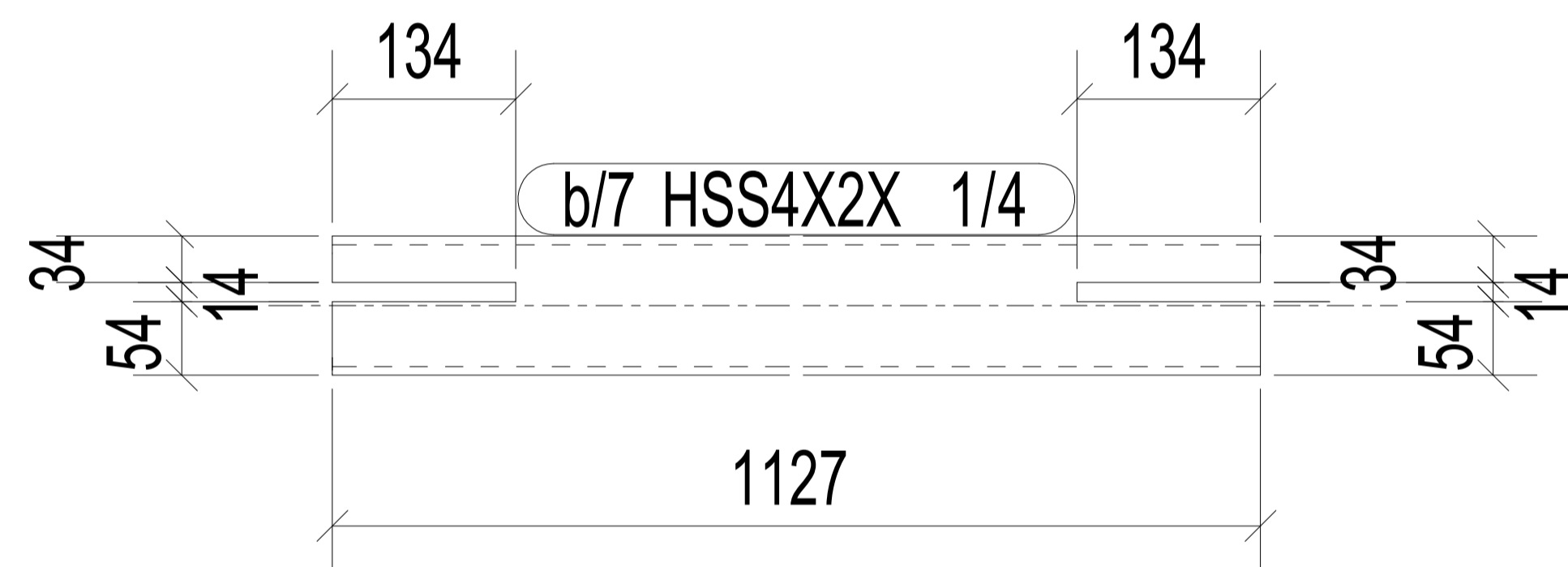
No. 4, Marked b/5



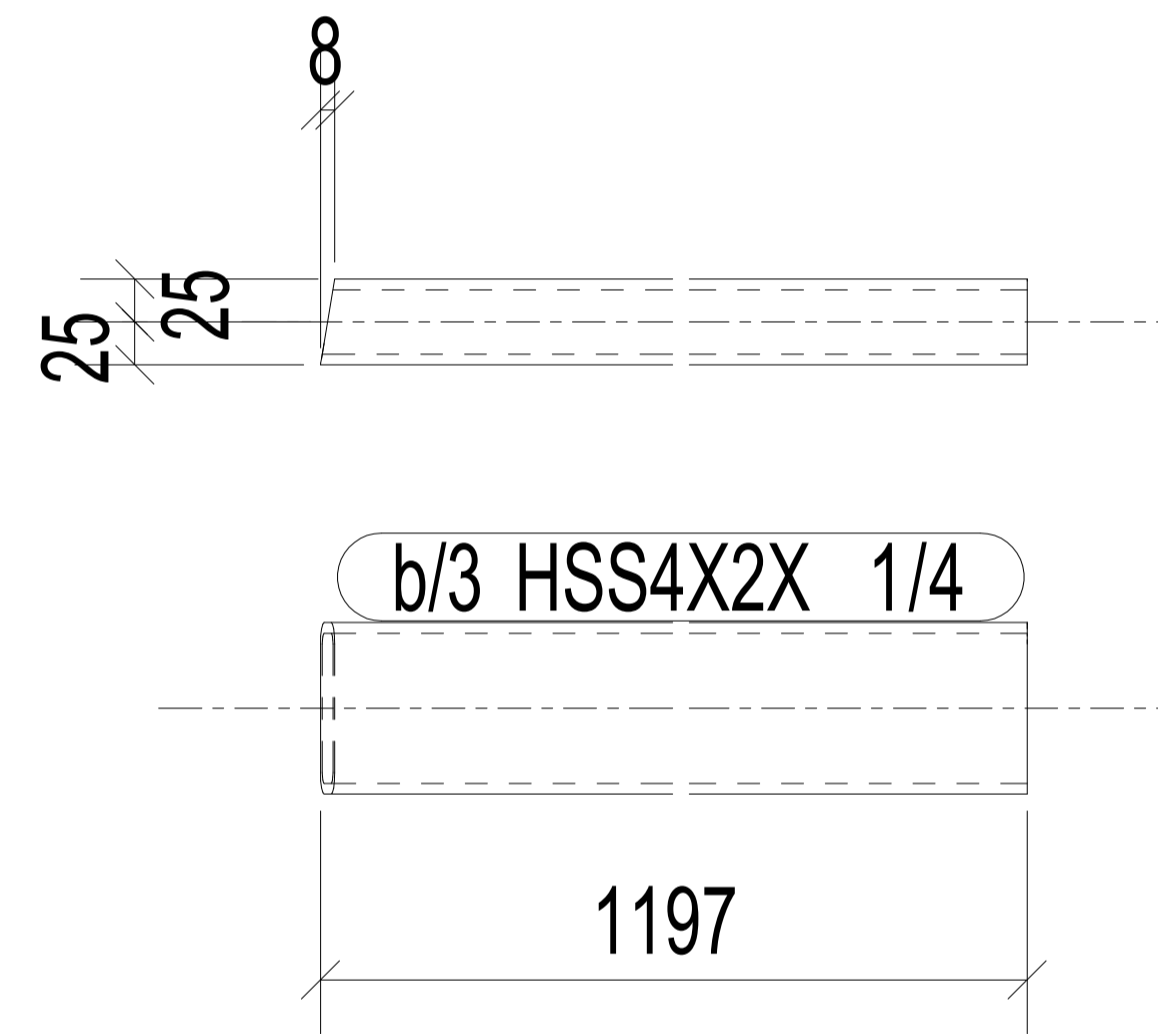
No. 4, Marked b/6



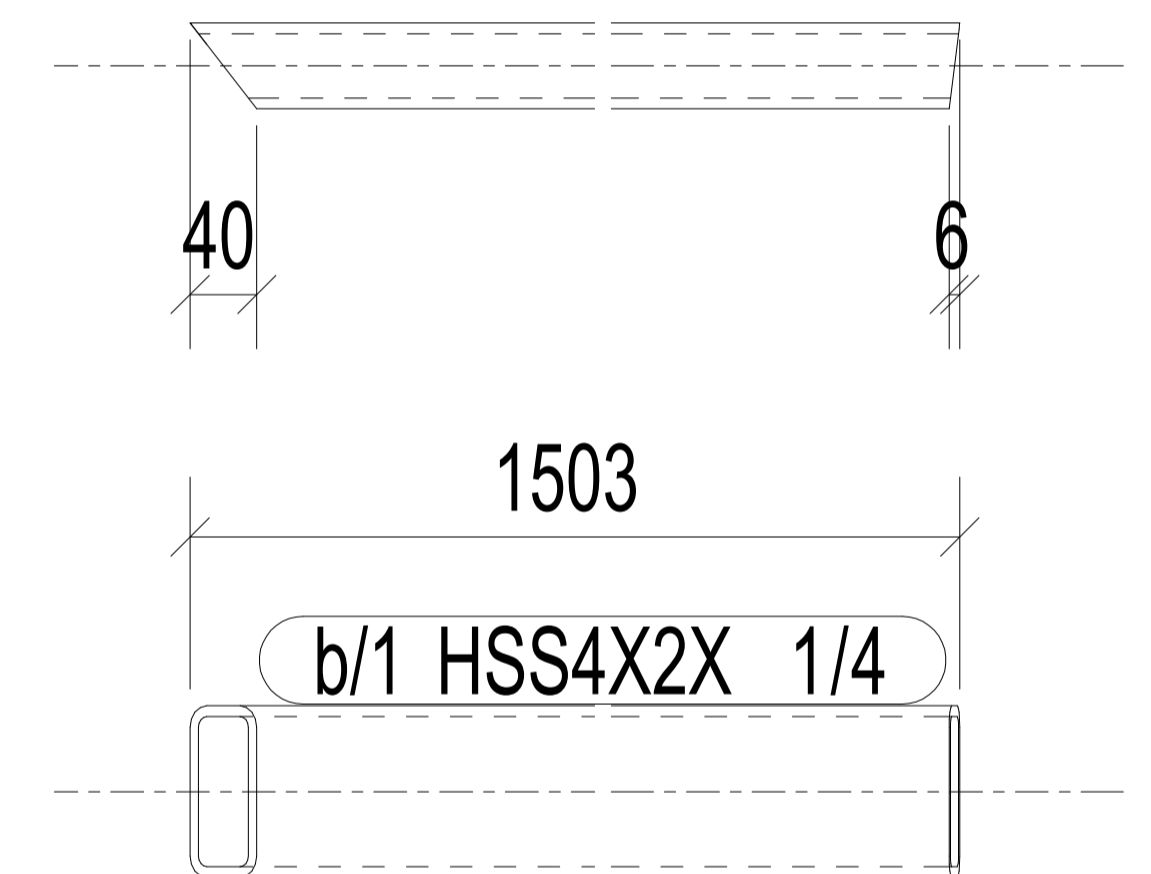
No. 8, Marked c/1



No. 16, Marked b/7

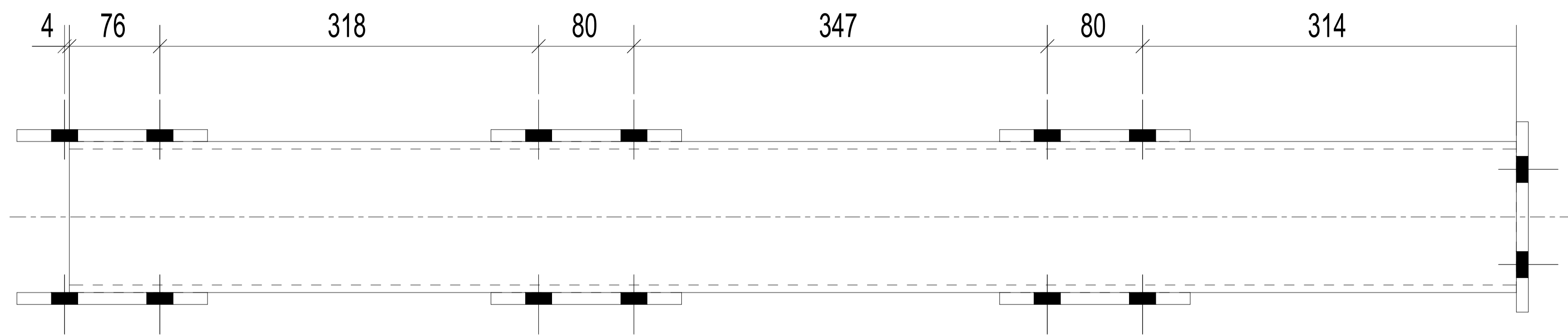


No. 1, Marked b/3



No. 8, Marked b/1

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA				
PROYECTO		DESIGNACIÓN		
		PLANO DE PARTE 2		
PLANO	FECHA	APELLIDOS Y NOMBRES	REVISO	ESCALA
		M.POZO		IND.

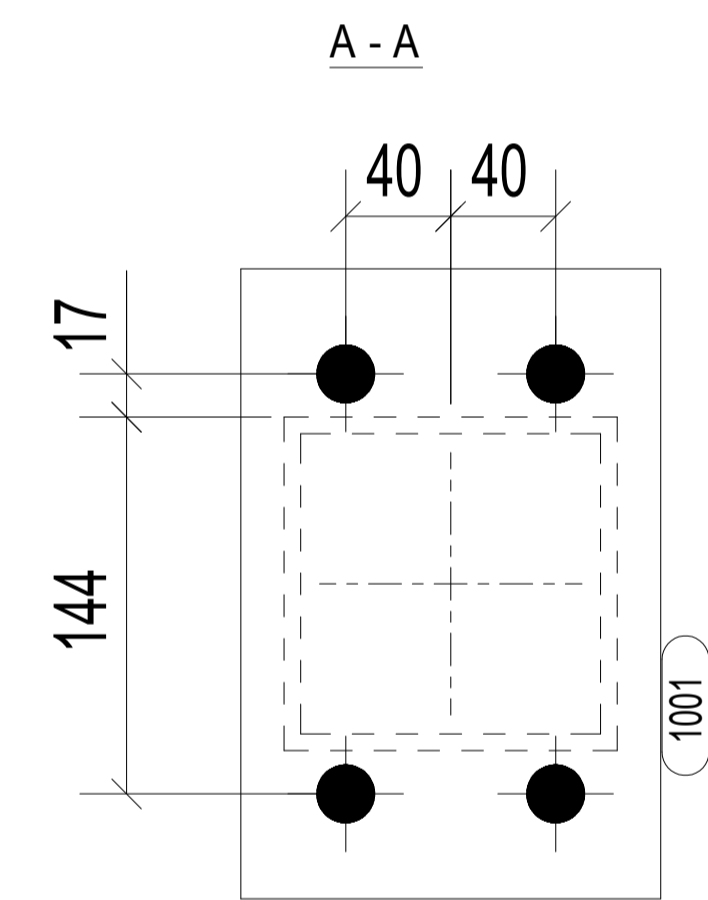
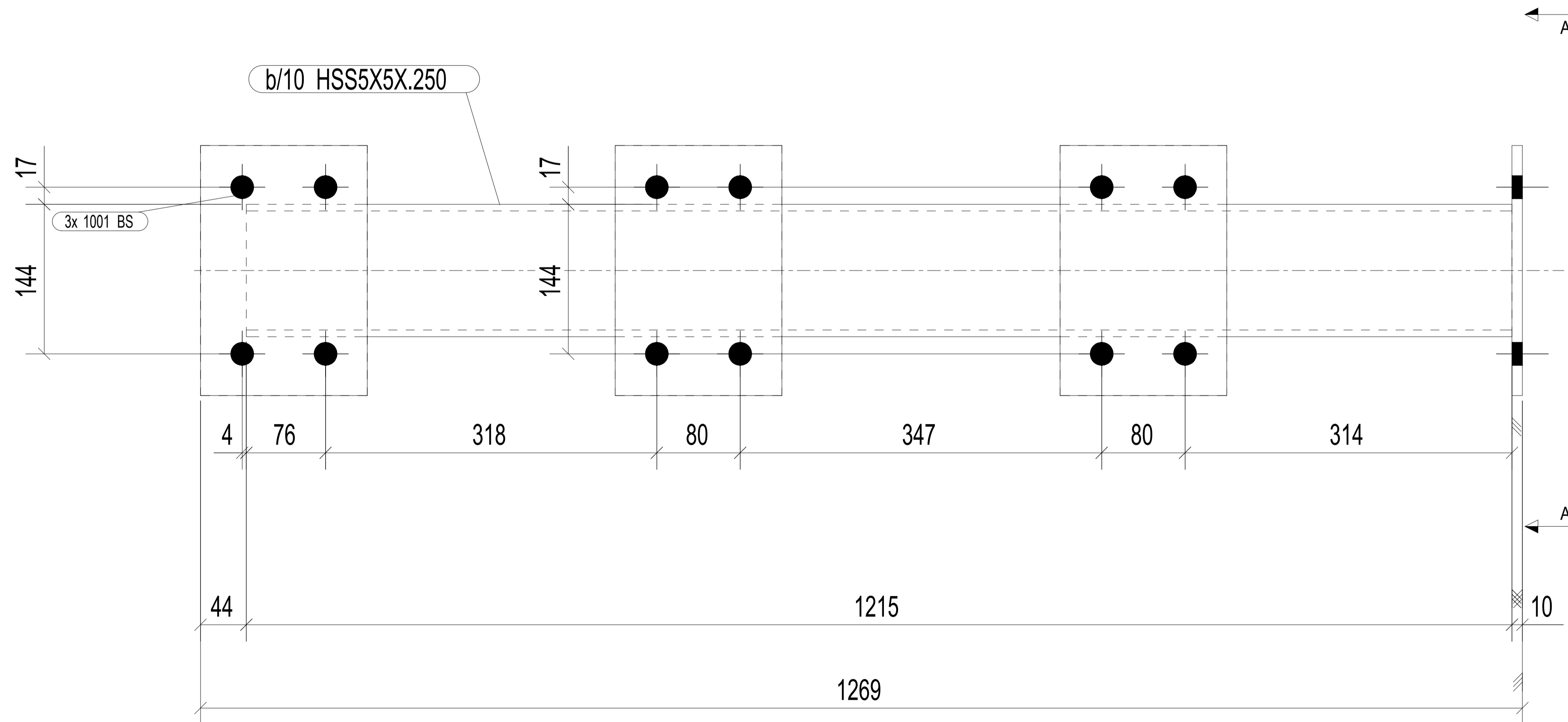


7

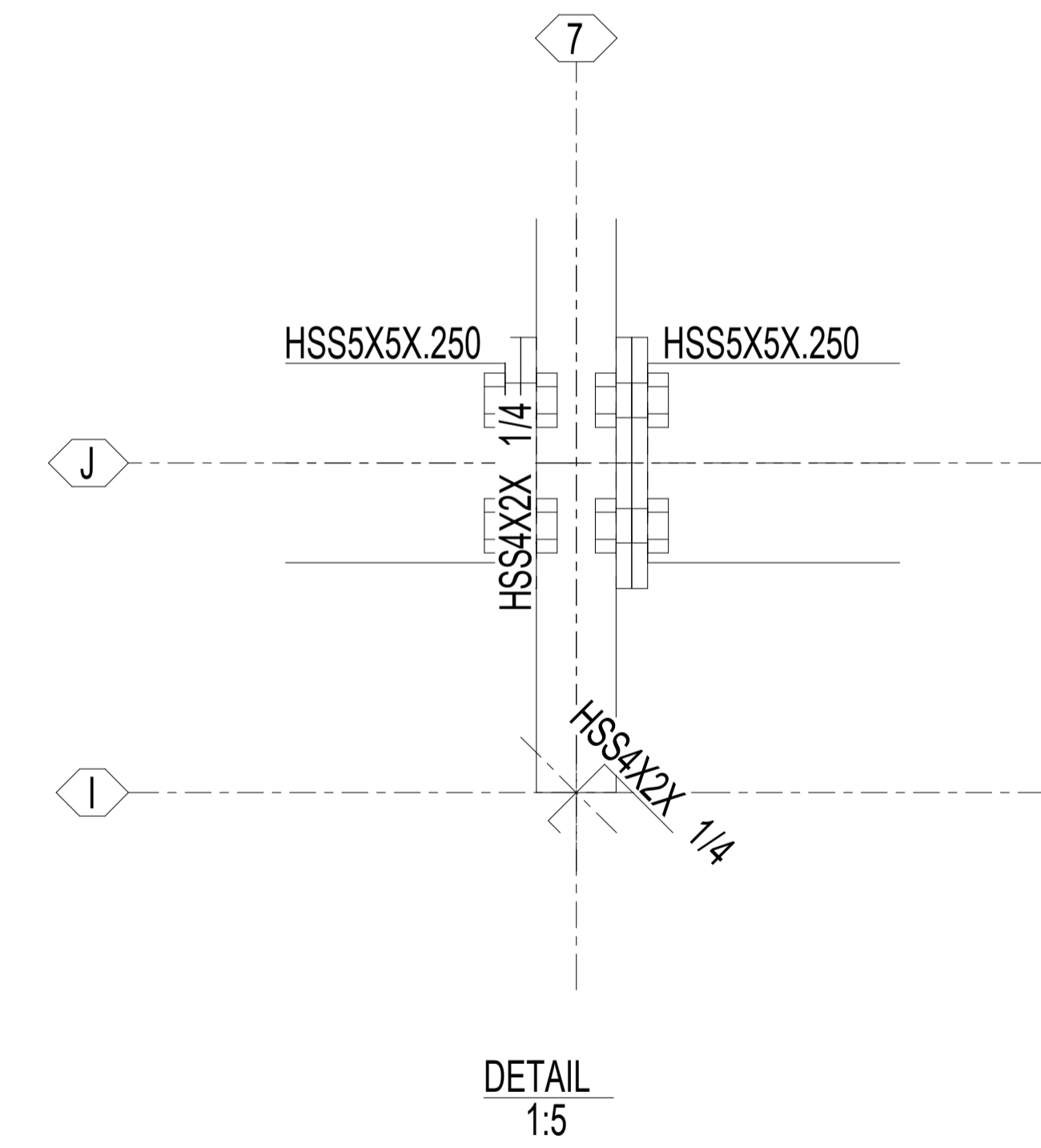
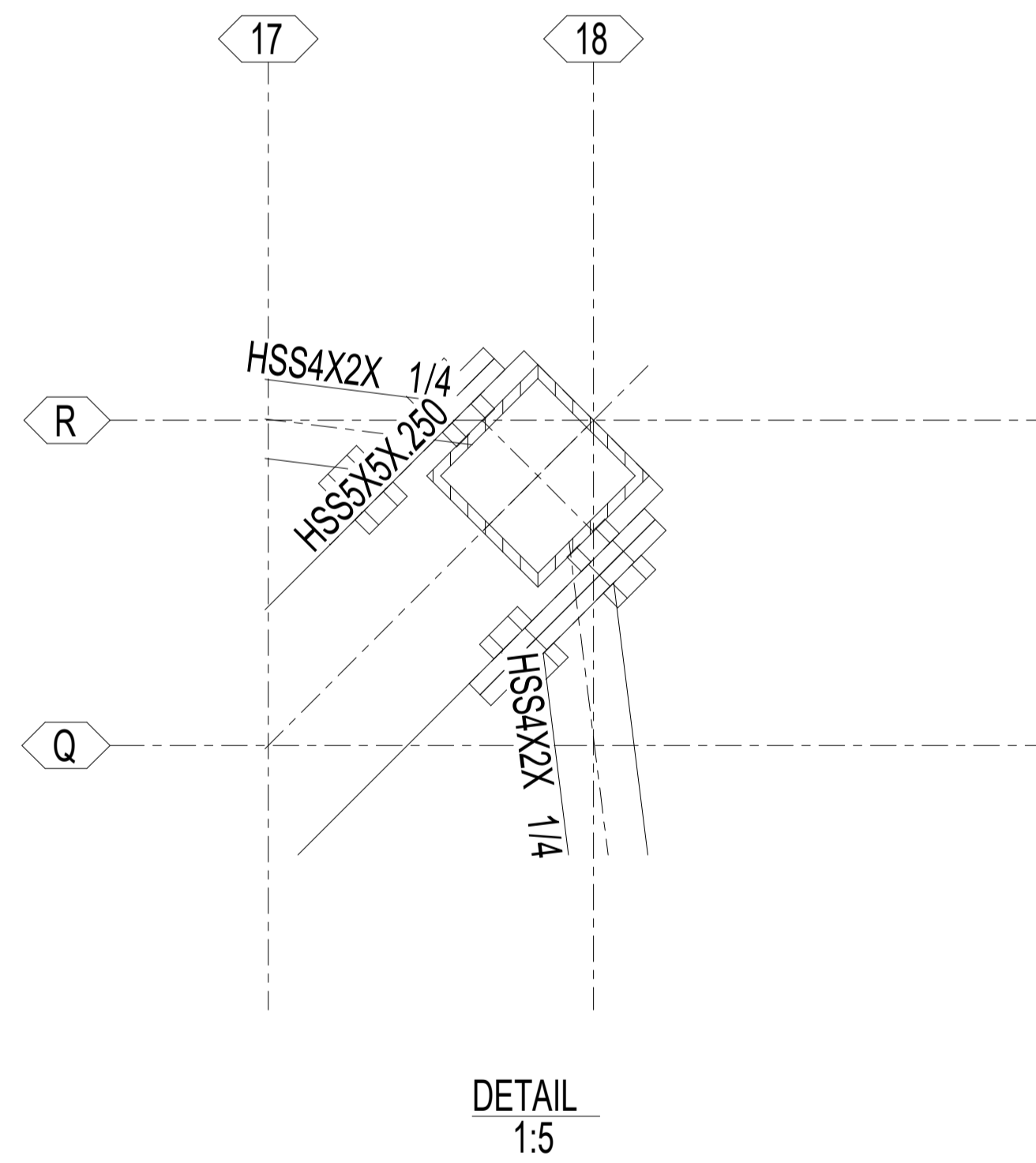
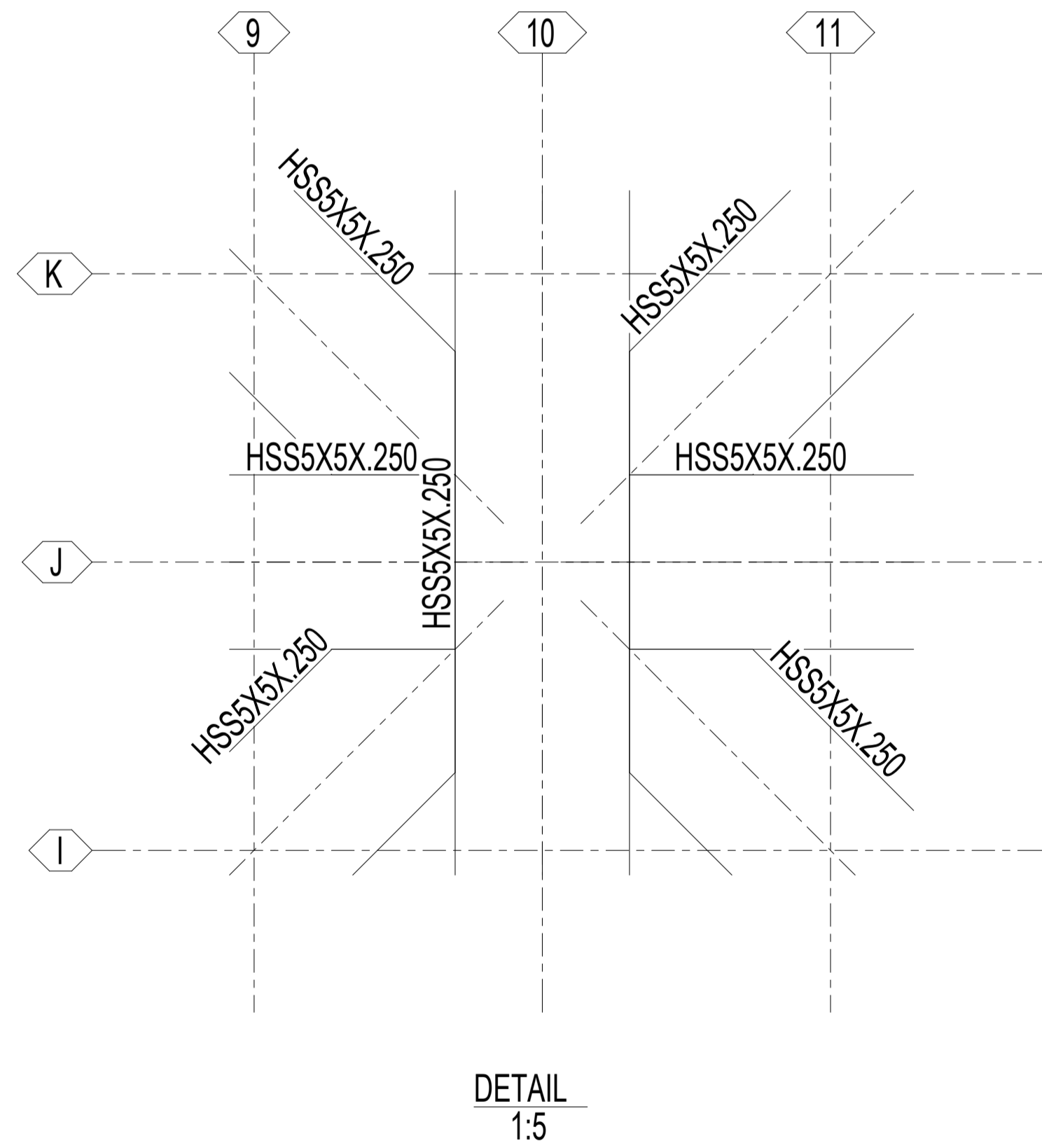
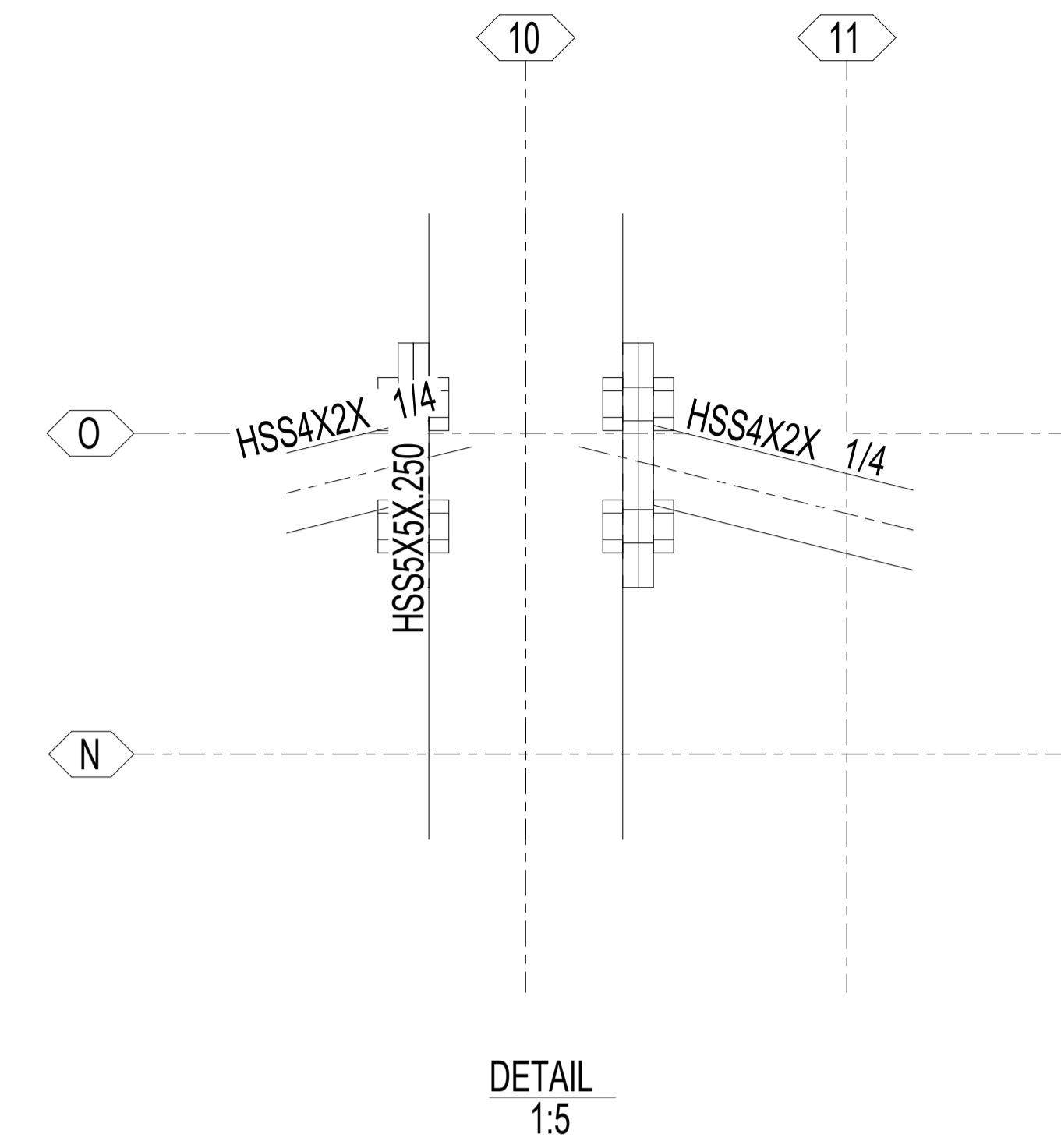
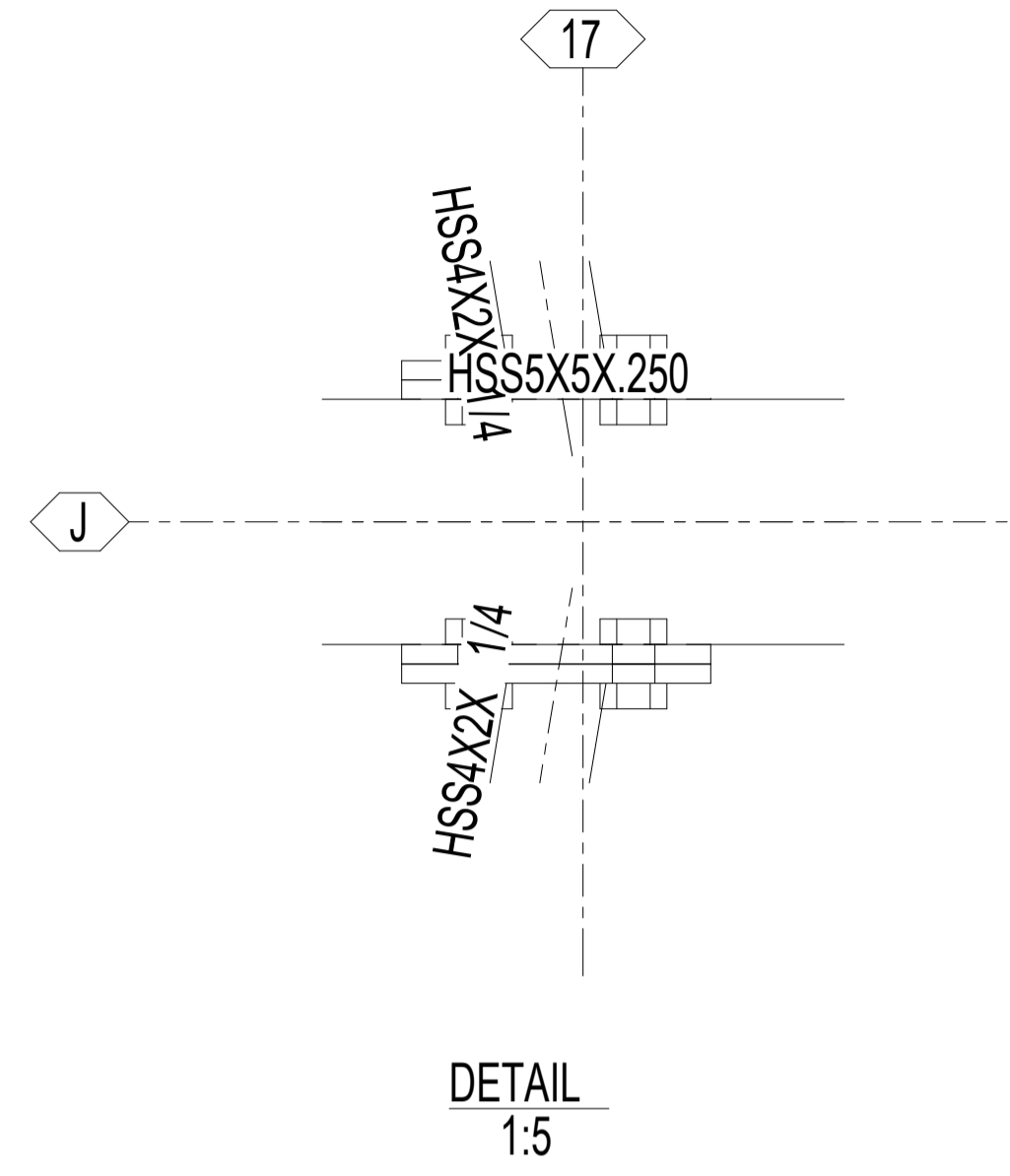
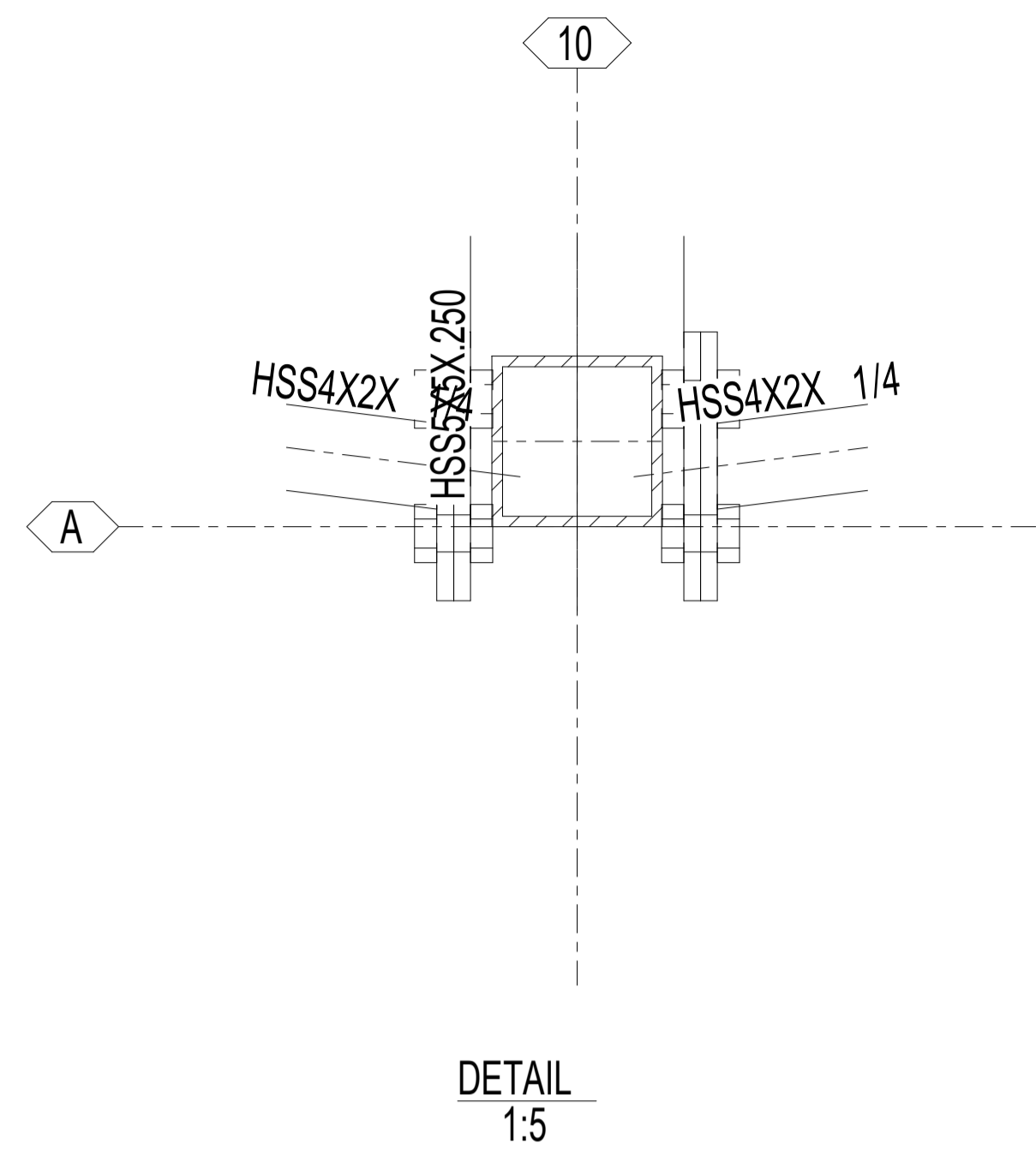
1

GENERAL NOTES: ALL HOLES ARE 22.0 mm UNLESS NOTED
ALL WELDS ARE 6.5 mm F.W UNLESS NOTED

MATERIAL LIST FOR ASSEMBLY MK'D			B/3	3	No. Required	
Mark	Profile	Material	No.	Length	Area	Weight
b/10	HSS5X5X.250	A36	1	1215	0.6	26.5
1001	PL10*160	A36	7	240	0.1	3.0
Total					1.2	47.6

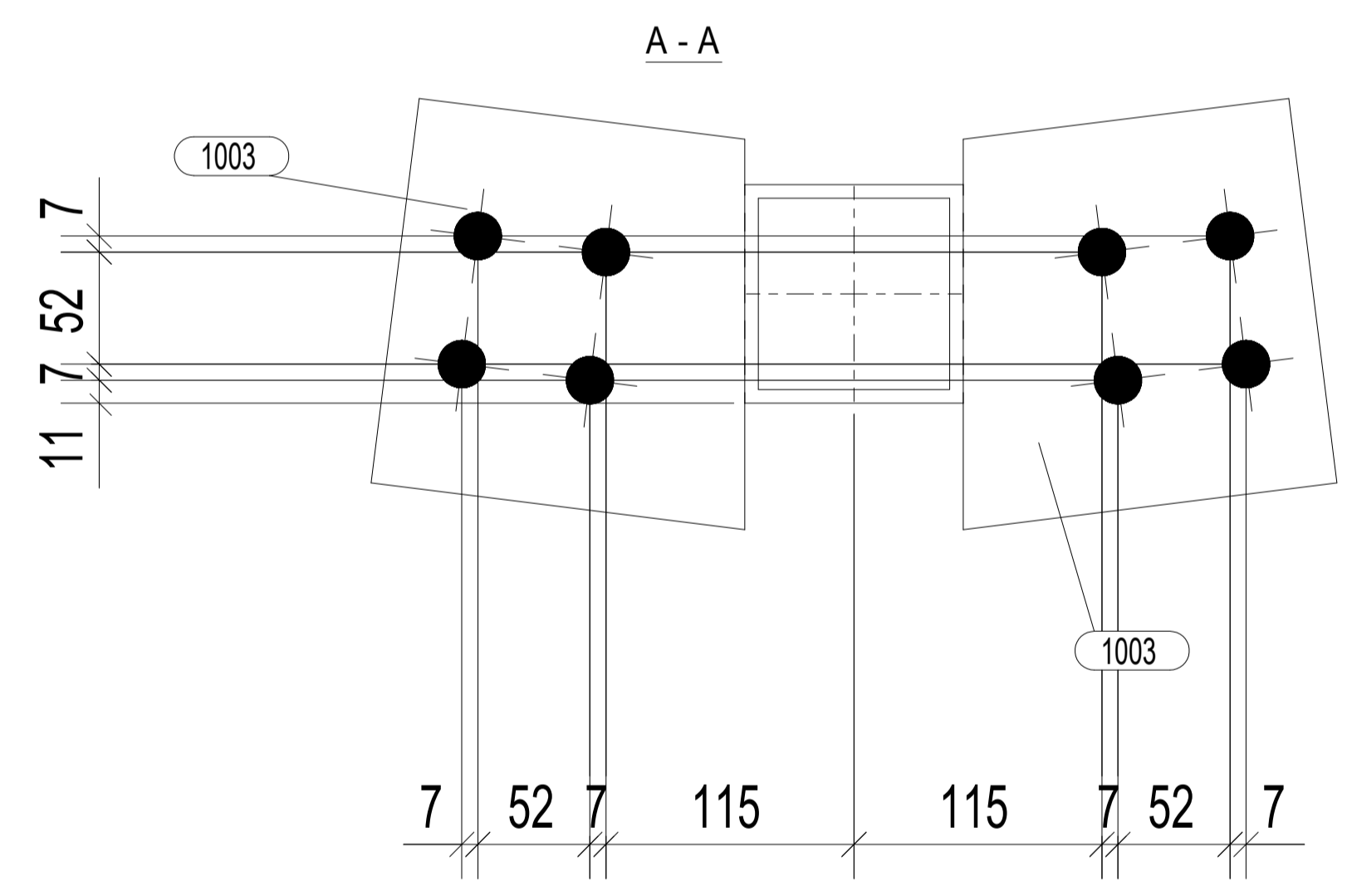
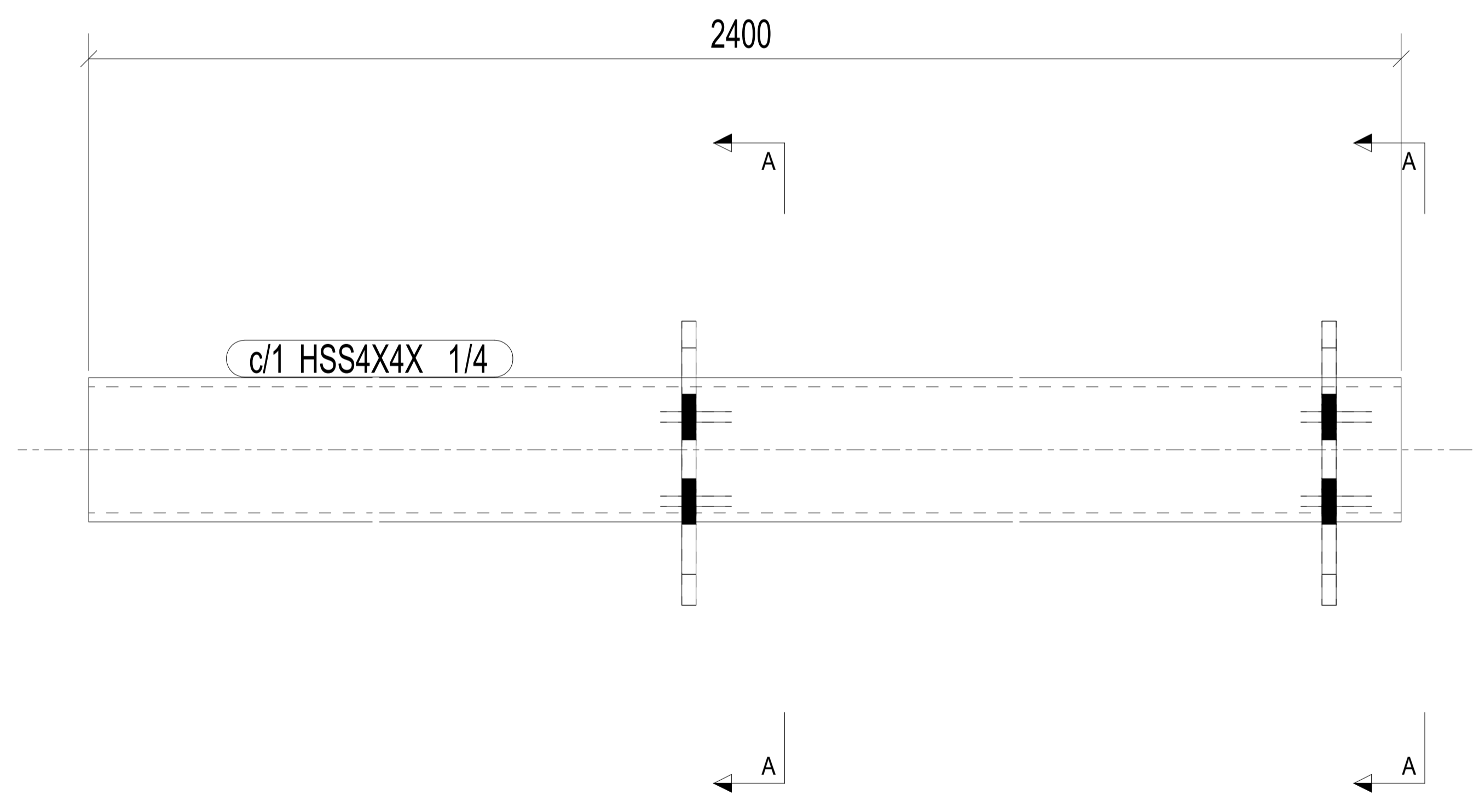
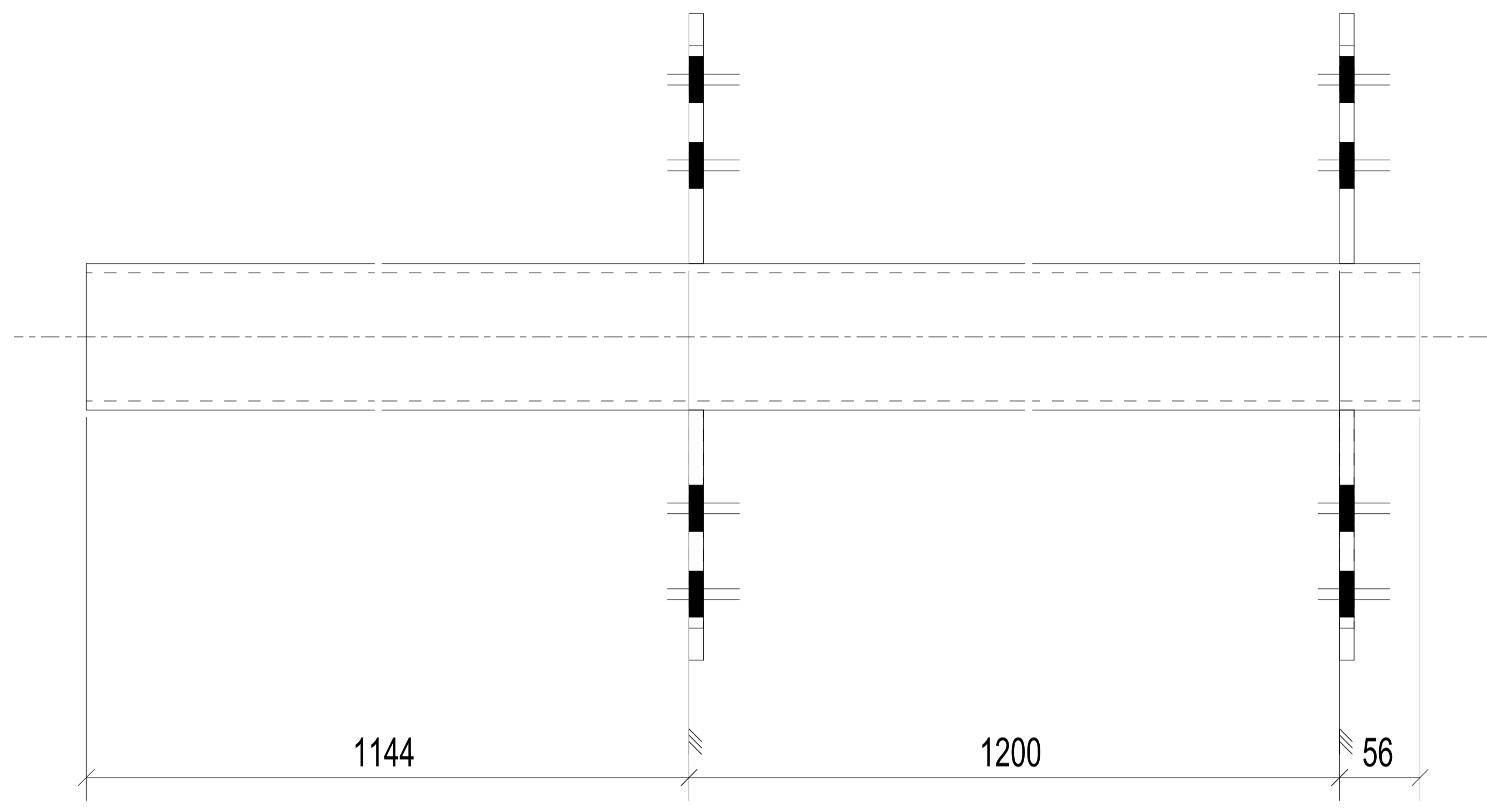


UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA				
PROYECTO		DESIGNACIÓN		
		PLANO CONJUNTO 1		
PLANO	FECHA	APELLIDOS Y NOMBRES	REVISO	ESCALA
		M.POZO		IND.

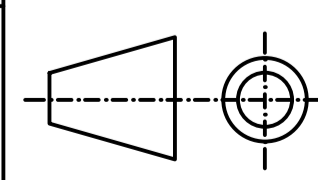


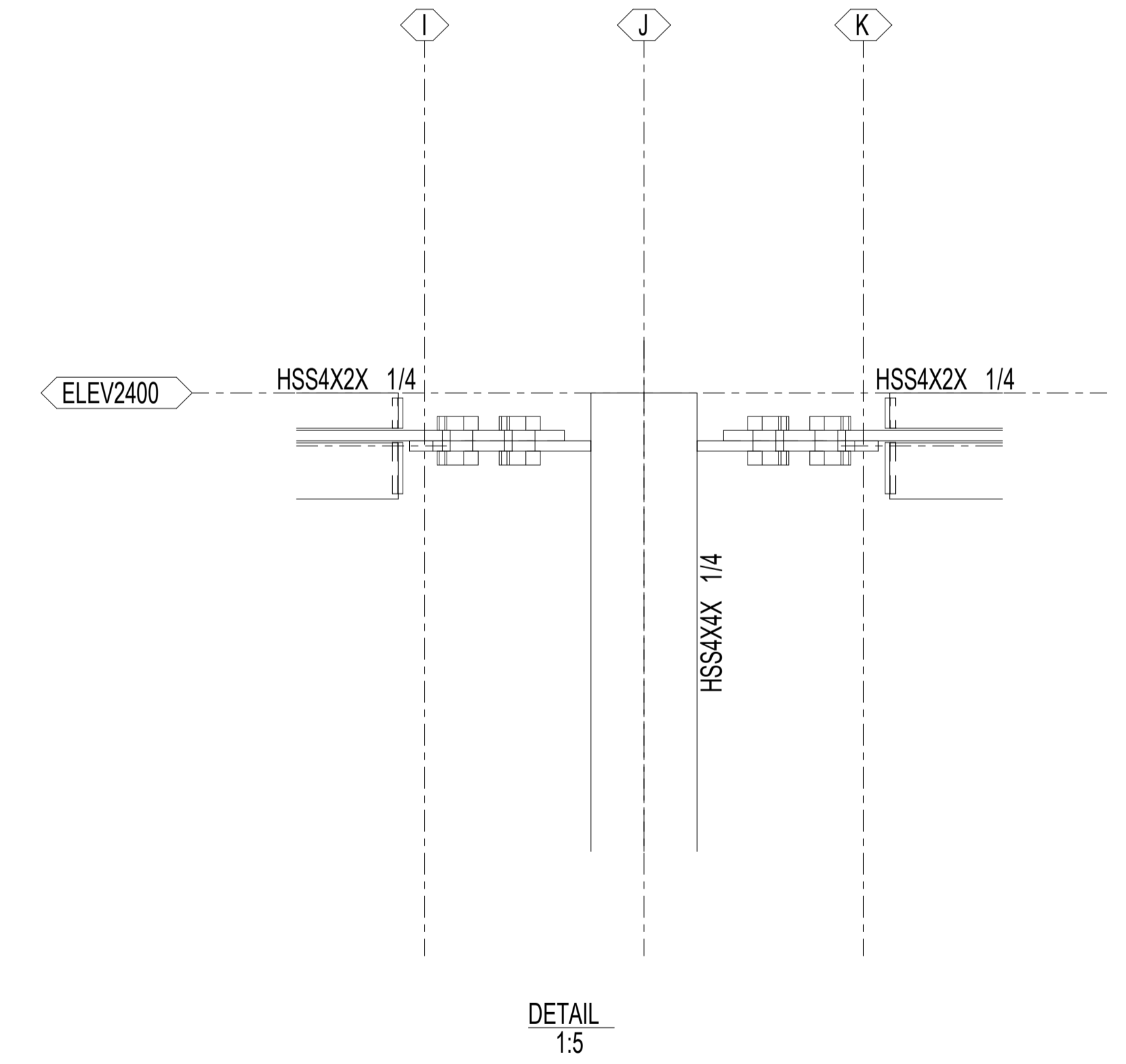
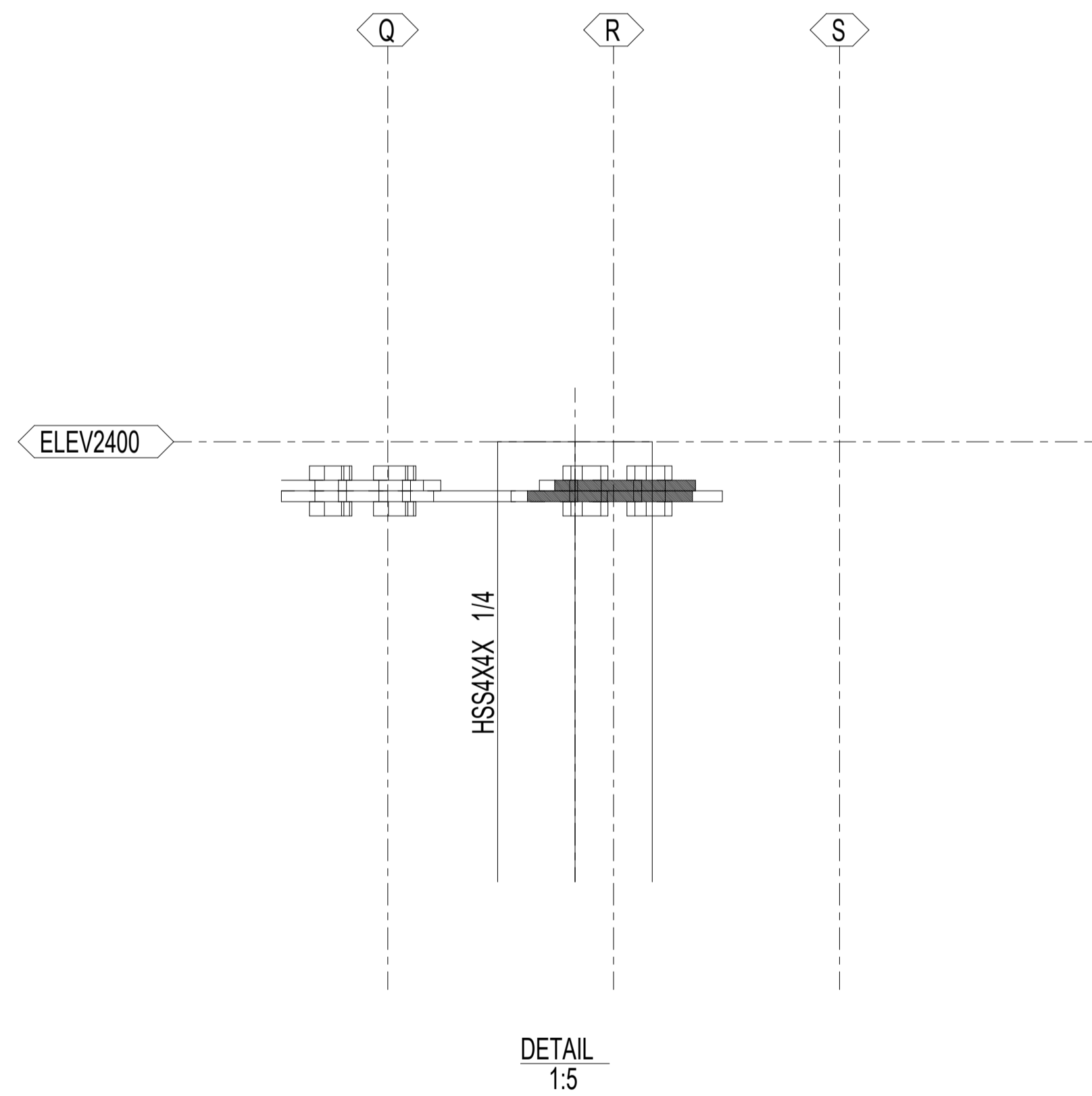
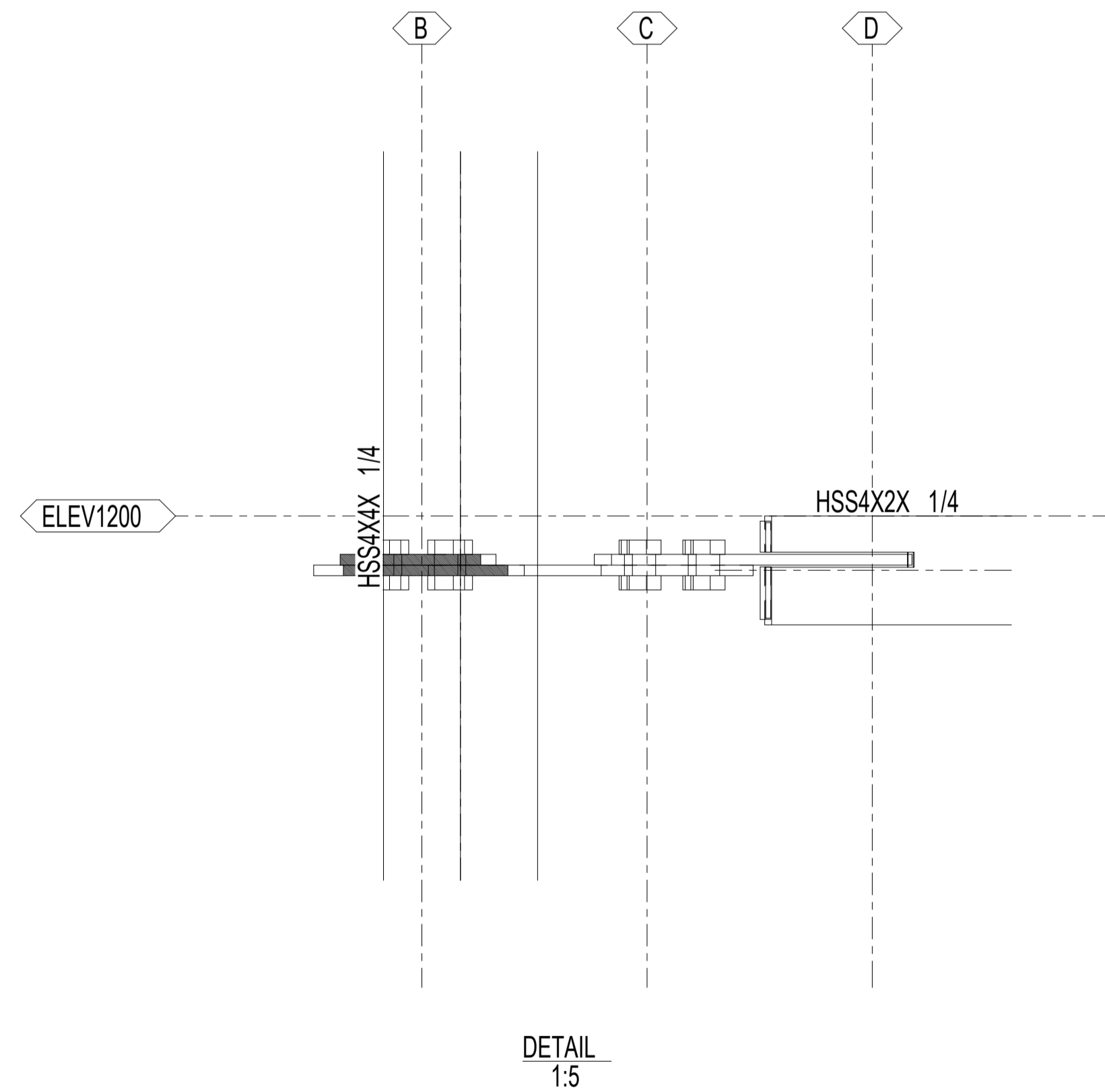
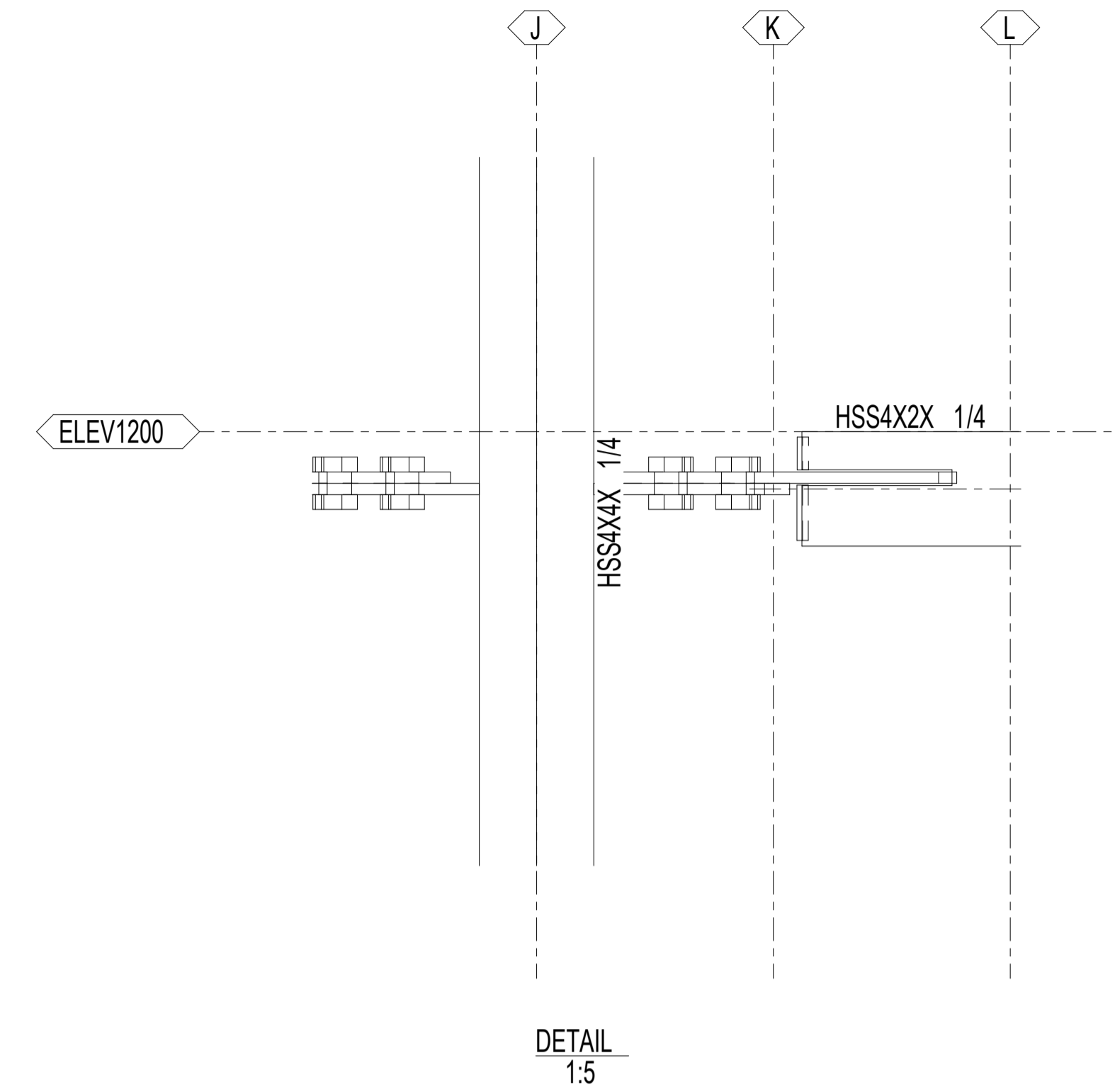
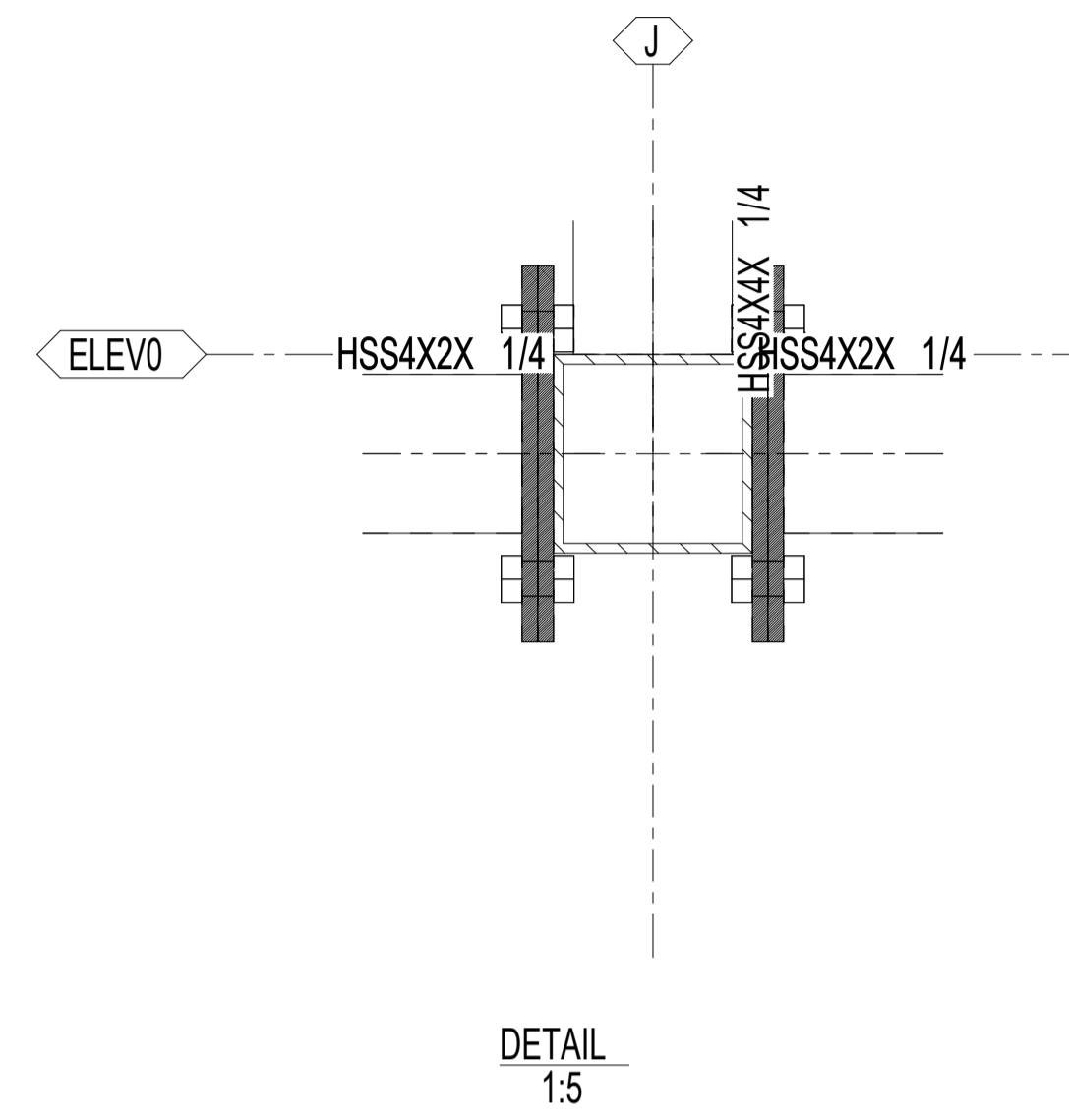
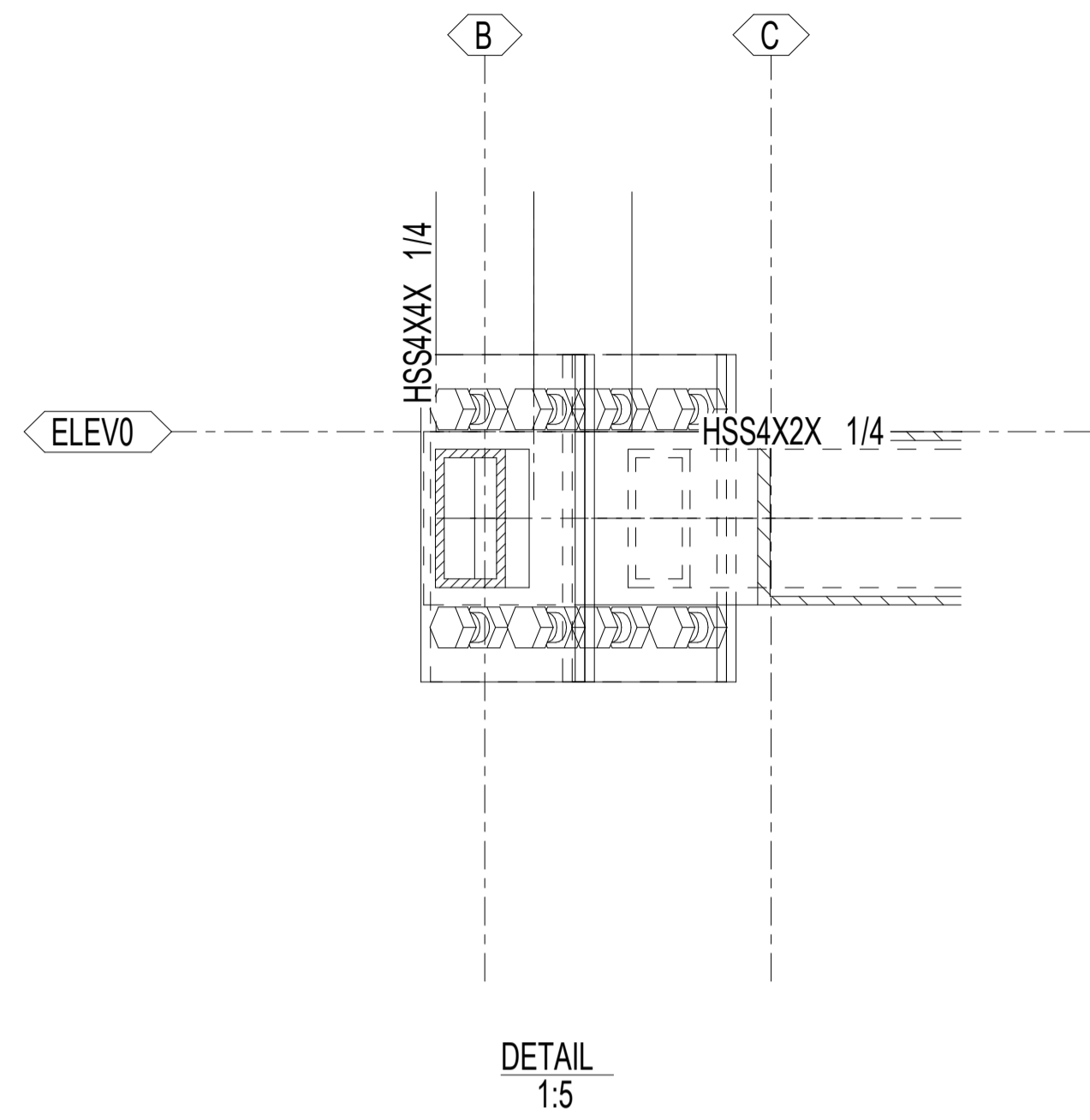
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA				
PROYECTO		DESIGNACIÓN		
		VISTA DE DETALLE 1		
PLANO	FECHA	APELLIDOS Y NOMBRES	REVISO	ESCALA
		M.POZO		IND.

GENERAL NOTES:		ALL HOLES ARE	22.0	mm UNLESS NOTED		
		ALL WELDS ARE	6.5	mm F.W UNLESS NOTED		
MATERIAL LIST FOR ASSEMBLY MK'D			C/1	3	No. Required	
Mark	Profile	Material	No.	Length	Area	Weight
c/1	HSS4X4X1/4	A36	1	2400	0.9	41.0
1003	PL10*175	A36	4	180	0.1	2.3
				Total	1.2	50.2



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA				
PROYECTO		DESIGNACIÓN		
		PLANO CONJUNTO 2		
PLANO	FECHA	APELLIDOS Y NOMBRES	REVISO	ESCALA
		M.POZO		IND.





UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA				
PROYECTO		DESIGNACIÓN		
		VISTA DE DETALLE 2		
PLANO	FECHA	APELLIDOS Y NOMBRES	REVISO	ESCALA
		M.POZO		IND.