

**ESTIMACIÓN DEL PESO PROPIO DE CUBIERTAS METÁLICAS CON TEJA
LIVIANA A DOS AGUAS PARA DIFERENTES MODULACIONES EN EL ÁREA
METROPOLITANA DE BUCARAMANGA**

BETTY JOHANNA RODRÍGUEZ DURÁN

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
SECCIONAL BUCARAMANGA
ESCUELA DE INGENIERÍAS Y ADMINISTRACIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
COMITÉ DE TRABAJOS DE GRADO
BUCARAMANGA
2008**

**ESTIMACIÓN DEL PESO PROPIO DE CUBIERTAS METÁLICAS CON TEJA
LIVIANA A DOS AGUAS PARA DIFERENTES MODULACIONES EN EL ÁREA
METROPOLITANA DE BUCARAMANGA**

BETTY JOHANNA RODRÍGUEZ DURÁN

**Tesis de grado como requisito para optar
al título de Ingeniera Civil**

**Director:
NESTOR IVÁN PRADO GARCÍA
M.I.C. Ingeniero Civil**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
SECCIONAL BUCARAMANGA
ESCUELA DE INGENIERÍAS Y ADMINISTRACIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
COMITÉ DE TRABAJOS DE GRADO
BUCARAMANGA
2008**

A mis padres por su amoroso sacrificio
para verme convertida en lo que soy hoy.
a mi hermano Iván por ser en muchas
ocasiones mi profesor y guía.
A mi hermano Nelson por invitarme a creer en mí.
A mi tía Isbelia por acompañarme
en todos los momentos felices y difíciles.

Y en especial a quien no dejo que desfalleciera
a quien deslumbro mi corazón con su amor
A mi Juandi.

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto no hubiera podido desarrollarse sin el apoyo de ciertas personas que estuvieron en el momento indicado y en el tiempo justo para sus mejores aportes.

A la Ingeniera Claudia Retamoso Llamas, por ser ejemplo a seguir tanto académica, profesional y personalmente, ya que a lo largo de estos años no solo compartió su conocimiento y experiencia sino también su ética y su amistad.

Al Ingeniero Néstor Iván Prado García, por su acompañamiento incondicional y el aporte de sus conocimientos.

A los Ingenieros Rafael Ortiz y Aldemar Remolina, por creer en mis capacidades y por infundir una mirada diferente hacia la ingeniería y la ciencia.

Al Coro Polifónico de la Universidad Pontificia Bolivariana, al master Andrés Páez Gabriunas y a mis compañeros y amigos, por ayudar a complementar mi preparación profesional y cultural con su gran energía, convirtiendo el paso por la universidad en un recuerdo muy grato.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	12
1. OBJETIVOS	13
1.1 Objetivo General	13
1.2 Objetivos Específicos	13
2. JUSTIFICACIÓN	14
3. GLOSARIO	15
4. ESTADO DEL ARTE	16
5. METODOLOGIA	17
5.1 PRIMERA ETAPA	17
5.2 SEGUNDA ETAPA	17
5.2.1 Geometría de la Cercha	18
5.2.2 Cargas Asignadas a la Estructura	19
5.2.2.1 Carga Muerta	19
5.2.2.2 Carga Viva	19
5.2.2.3 Fuerza de Viento	20
5.2.3 Modelo en SAP 2000 V11	29
5.2.3.1 Casos de Carga	33
5.2.3.2 Combinaciones de Carga	33
5.2.3.3 Datos de Entrada	40
5.2.3.4 Datos de Salida	45
5.2.4 Diseño de los Elementos	48
5.2.4.1 Diseño del Cordón Inferior	48
5.2.4.2 Diseño de las diagonales	50
5.2.4.3 Diseño del Cordón Superior	51
5.2.4.4 Diseño de los Montantes	54
5.2.4.5 Diseño de las Correas	57
5.2.5 Estimación del Peso Propio a partir del Primer Diseño	62
5.2.6 Rediseño de las Cubiertas	72
5.2.7 Estimación del Peso Propio a partir del Rediseño	75
5.3 TERCERA ETAPA	77
5.3.1 Peso Propio Real de las Cubiertas	77
5.3.2 Porcentaje de Peso Aportado por cada Elemento a las Cubiertas	80
5.3.3 Análisis de la Variación del Peso Propio Real de la Estructura con los Pesos Aportados por Cerchas y Correas	87
7. CONCLUSIONES	94
8. RECOMENDACIONES	96
8. BIBLIOGRAFÍA	97
ANEXO A. DISEÑO FINAL DE LOS ELEMENTOS DE LAS CUBIERTAS	98
ANEXO B. PLANTA Y CORTES DE LAS CUBIERTAS	152

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Armaduras tipo Howe y Pratt	16
Figura 2. Geometría de cercha	18
Figura 3. Carga puntual en el nodo 18 debida a la carga muerta CM	19
Figura 4. Carga puntual en el nodo 18 debida a la carga muerta CV	20
Figura 5. Mapa de amenaza eólica: velocidad del viento.	21
Figura 6. Relación de dimensiones en alzada. Caso 1.	24
Figura 7. Coeficientes locales.	25
Figura 8. Carga puntual en el nodo 18 debida a la carga muerta CW1	26
Figura 9. Carga puntual en el nodo 29 debida a la carga muerta CW1	26
Figura 10. Carga puntual en el nodo 18 debida a la carga muerta CW3	27
Figura 11. Carga puntual en el nodo 18 debida a la carga muerta CW2	27
Figura 12. Carga puntual en el nodo 18 debida a la carga muerta CW4	28
Figura 13. Carga puntual en el nodo 26 debida a la carga muerta CW1	29
Figura 14. Numeración de los nodos de la cercha.	31
Figura 15. Numeración de los elementos de la cercha.	32
Figura 16. Cargas puntuales debido a la carga muerta CM.	34
Figura 17. Cargas puntuales debido a la carga viva CV.	35
Figura 18. Cargas puntuales debido a la carga de viento CW1.	36
Figura 19. Cargas puntuales debido la carga de viento	37
Figura 20. Cargas puntuales debido a la carga de viento CW3	38
Figura 21. Cargas puntuales debido a la carga de viento CW4.	39
Figura 22. Perfil en ángulo	52
Figura 23. Diseño a flexión de perlines para correas.	58
Figura 24. Diseño a flexión de perlines para correas.	59

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Descripción de las características de las 18 cubiertas.	17
Tabla 2. Coeficiente de topografía S1.	21
Tabla 3. Coeficiente de rugosidad, tamaño del edificio y altura sobre el terreno, S2	22
Tabla 4. Coeficiente S4	23
Tabla 5. Coeficientes de presión Cpe para cubiertas a dos aguas de edificios rectangulares revestidos.	24
Tabla 6. Cargas asignadas a la estructura	29
Tabla 7. Coordenadas de los nodos.	30
Tabla 8. Definición de combinaciones	40
Tabla 9. Propiedades de las secciones	43
Tabla 10. Sistema de coordenadas	43
Tabla 11. Definición de las cargas	44
Tabla 12. Propiedades del material	44
Tabla 13. Fuerzas máximas y mínimas en los elementos	45
Tabla 14. Factores de longitud efectiva de columnas.	51
Tabla 15. Perfiles de las cerchas de la cubierta 1.	60
Tabla 16. Perfiles de las cerchas de la cubierta 2.	60
Tabla 17. Perfiles de las cerchas de la cubierta 3.	60
Tabla 18. Perfiles de las cerchas de la cubierta 4.	60
Tabla 19. Perfiles de las cerchas de la cubierta 5.	60
Tabla 20. Perfiles de las cerchas de la cubierta 6.	60
Tabla 21. Perfiles de las cerchas de la cubierta 7.	60
Tabla 22. Perfiles de las cerchas de la cubierta 8.	61
Tabla 23. Perfiles de las cerchas de la cubierta 9.	61
Tabla 24. Perfiles de las cerchas de la cubierta 10.	61
Tabla 25. Perfiles de las cerchas de la cubierta 11.	61
Tabla 26. Perfiles de las cerchas de la cubierta 12.	61
Tabla 27. Perfiles de las cerchas de la cubierta 13.	61
Tabla 28. Perfiles de las cerchas de la cubierta 14.	61
Tabla 29. Perfiles de las cerchas de la cubierta 15.	62
Tabla 30. Perfiles de las cerchas de la cubierta 16.	62
Tabla 31. Perfiles de las cerchas de la cubierta 17.	62
Tabla 32. Perfiles de las cerchas de la cubierta 18.	62
Tabla 33. Estimación del peso propio cubierta 1.	63
Tabla 34. Estimación del peso propio cubierta 2.	63
Tabla 35. Estimación del peso propio cubierta 3.	64
Tabla 36. Estimación del peso propio cubierta 4.	64

Tabla 37. Estimación del peso propio cubierta 5.	65
Tabla 38. Estimación del peso propio cubierta 6.	65
Tabla 39. Estimación del peso propio cubierta 7.	66
Tabla 40. Estimación del peso propio cubierta 8.	66
Tabla 41. Estimación del peso propio cubierta 9.	67
Tabla 42. Estimación del peso propio cubierta 10.	67
Tabla 42. Estimación del peso propio cubierta 11.	68
Tabla 44. Estimación del peso propio cubierta 12.	68
Tabla 45. Estimación del peso propio cubierta 13.	69
Tabla 46. Estimación del peso propio cubierta 14.	69
Tabla 47. Estimación del peso propio cubierta 15.	70
Tabla 48. Estimación del peso propio cubierta 16.	70
Tabla 49. Estimación del peso propio cubierta 17.	71
Tabla 50. Estimación del peso propio cubierta 18.	71
Tabla 51. Perfiles de las cerchas de la cubierta 1.	72
Tabla 52. Perfiles de las cerchas de la cubierta 2.	72
Tabla 53. Perfiles de las cerchas de la cubierta 3.	72
Tabla 54. Perfiles de las cerchas de la cubierta 4.	72
Tabla 55. Perfiles de las cerchas de la cubierta 5.	72
Tabla 56. Perfiles de las cerchas de la cubierta 6.	73
Tabla 57. Perfiles de las cerchas de la cubierta 7.	73
Tabla 58. Perfiles de las cerchas de la cubierta 8.	73
Tabla 59. Perfiles de las cerchas de la cubierta 9.	73
Tabla 60. Perfiles de las cerchas de la cubierta 10.	73
Tabla 61. Perfiles de las cerchas de la cubierta 11.	73
Tabla 62. Perfiles de las cerchas de la cubierta 12.	74
Tabla 63. Perfiles de las cerchas de la cubierta 13.	74
Tabla 64. Perfiles de las cerchas de la cubierta 14.	74
Tabla 65. Perfiles de las cerchas de la cubierta 15.	74
Tabla 66. Perfiles de las cerchas de la cubierta 16.	74
Tabla 67. Perfiles de las cerchas de la cubierta 17.	74
Tabla 68. Perfiles de las cerchas de la cubierta 18.	75
Tabla 69. Estimación del peso propio real cubierta 10.	75
Tabla 70. Estimación del peso propio real cubierta 13.	76
Tabla 71. Estimación del peso propio real cubierta 16.	76
Tabla 72. Comparación del peso propio asumido, peso propio del primer diseño y peso propio real.	77
Tabla 73. Peso propio real de las 18 cubiertas.	79
Tabla 74. Porcentaje que aporta cada elemento cubierta 1.	80
Tabla 75. Porcentaje que aporta cada elemento cubierta 2.	80
Tabla 76. Porcentaje que aporta cada elemento cubierta 3.	81
Tabla 77. Porcentaje que aporta cada elemento cubierta 4.	81
Tabla 78. Porcentaje que aporta cada elemento cubierta 5.	81

Tabla 79. Porcentaje que aporta cada elemento cubierta 6.	82
Tabla 80. Porcentaje que aporta cada elemento cubierta 7.	82
Tabla 81. Porcentaje que aporta cada elemento cubierta 8.	82
Tabla 82. Porcentaje que aporta cada elemento cubierta 9.	83
Tabla 83. Porcentaje que aporta cada elemento cubierta 10.	83
Tabla 84. Porcentaje que aporta cada elemento cubierta 11.	83
Tabla 85. Porcentaje que aporta cada elemento cubierta 12.	84
Tabla 86. Porcentaje que aporta cada elemento cubierta 13.	84
Tabla 87. Porcentaje que aporta cada elemento cubierta 14.	84
Tabla 88. Porcentaje que aporta cada elemento cubierta 15.	85
Tabla 89. Porcentaje que aporta cada elemento cubierta 16.	85
Tabla 90. Porcentaje que aporta cada elemento cubierta 17.	85
Tabla 91. Porcentaje que aporta cada elemento cubierta 18.	86

LISTA DE GRAFICAS

	Pág.
Grafica 1. Variación entre el peso propio asumido y el peso propio real (cubiertas 1 – 9).	78
Grafica 2. Variación entre el peso propio asumido y el peso propio real (cubiertas 10 – 18).	78
Grafica 3. Porcentaje de peso aportado por cerchas y correas a las cubiertas luz=20m.	86
Grafica 4. Porcentaje de peso aportado por cerchas y correas a las cubiertas luz=25m.	87
Grafica 5. Separación entre cerchas versus peso propio (cubiertas 1, 2 y 3).	87
Grafica 6. Separación entre cerchas versus peso propio (cubiertas 4, 5 y 6).	88
Grafica 7. Separación entre cerchas versus peso propio (cubiertas 7, 8 y 9).	88
Grafica 8. Separación entre cerchas versus peso propio (cubiertas 1, 4 y 7).	89
Grafica 9. Separación entre cerchas versus peso propio (cubiertas 2, 5 y 8).	89
Grafica 10. Separación entre cerchas versus peso propio (cubiertas 3, 6 y 9).	90
Grafica 11. Separación entre cerchas versus peso propio (cubiertas 10, 11 y 12).	90
Grafica 12. Separación entre cerchas versus peso propio (cubiertas 13, 14 y 15).	91
Grafica 13. Separación entre cerchas versus peso propio (cubiertas 16, 17 y 18).	91
Grafica 14. Separación entre cerchas versus peso propio (cubiertas 10, 13 y 16).	92
Grafica 15. Separación entre cerchas versus peso propio (cubiertas 11, 14 y 17).	92
Grafica 16. Separación entre cerchas versus peso propio (cubiertas 12, 15 y 18).	93

RESUMEN

TITULO: ESTIMACIÓN DEL PESO PROPIO DE CUBIERTAS METÁLICAS CON TEJA LIVIANA A DOS AGUAS PARA DIFERENTES MODULACIONES EN EL ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA

AUTOR(A): BETTY JOHANNA RODRÍGUEZ DURÁN

FACULTAD: Ingeniería Civil

DIRECTOR: Néstor Iván Prado García

Este trabajo tiene como primordial finalidad la entrega de una base de datos con los valores de peso propio real de 18 cubiertas metálicas para diferentes modulaciones con teja liviana dispuestas a dos aguas, tipo Pratt, Howe o combinaciones entre estas dependiendo de la orientación de sus diagonales, ya que se busca que estén sometidas a esfuerzos de tensión por economía, estas cubiertas son utilizadas comúnmente en bodegas en el área metropolitana de Bucaramanga, en el diseño de estas la Norma Colombiana de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR – 98, establece que se debe asignar la carga muerta y dentro de esta asumir el peso propio de la cubierta, este valor es tomado arbitrariamente por el diseñador con la única justificación de su experiencia, lo que conduce a que exista un margen de error en el diseño de los elementos, para la obtención de esta base de datos se analizan las 18 cubiertas en el programa SAP 2000, el cual ofrece el análisis de los elementos sometidos a diferentes tipos y combinaciones de cargas, con los datos arrojados del análisis se procede a diseñar los elementos de la cubierta para obtener un primer valor de peso propio que luego se utiliza para reanalizar y rediseñar de las cubiertas, para finalmente obtener un valor de peso propio real.

PALABRAS CLAVE: Cubiertas Metálicas, peso propio, diseño de elementos a tensión y compresión.

ABSTRACT

TITLE: ESTIMATION OF OWN COVER METALICS WEIGHT, WITH LIGHT ROOFS ON TWO WATER FOR DIFFERENT MODULATIONS IN METROPOLITAN BUCARAMANGA AREA.

AUTHOR: BETTY JOHANNA RODRÍGUEZ DURÁN

FACULTY: Civil Engineering

DIRECTOR: Néstor Iván Prado García

This work has how priority to give a database with real values weight of 18 different metalics covers with light roofs on two water type Pratt Howe or combination between that depend of the way of its diagonals as we looking for that those are summit to economic tension effort that covers are used commonly in wineries Metropolitan Bucaramanga area, in the design of these Standard Colombian Earthquake Resistant Design and Construction NSR – 98, says that the dead burden should be allocated within this weight this value is taken arbitrarily for the designer with the only justification of his experience, which means that there is a margin error in the design of components, for to get that database we analyze 18 cover in the SAP 2000 program, which provides analysis of the elements summated to different types and combinations loads, with datas showed in the analysis we design the elements of the cover for get a first own weight value then use for reanalysis and redesign of the cover, for finally to get a own real value.

KEY WORDS: metallic cover, own weight, elements design under tension and compression

INTRODUCCIÓN

Bucaramanga, la capital de Santander junto con su área metropolitana ha logrado sin duda un gran desarrollo en los últimos años, esto se ve reflejado en la infraestructura comercial, industrial, educativa y hotelera. Uno de los métodos más utilizados en estas edificaciones son las estructuras metálicas, que ofrecen amplios beneficios para la adecuación de grandes espacios libres debido a sus ventajas puesto que son livianas, reducen el tiempo de ejecución de la obra, ya que sus piezas son pre-ensambladas en taller o planta, junto a su capacidad para soportar grandes cargas debido a la resistencia por el uso del acero, entre otras.

En el caso específico de las cubiertas metálicas, al momento de elaborar el diseño es indispensable la evaluación de la carga muerta y dentro de esta asumir el peso propio de la estructura, lo cual conlleva a obtener un margen de error o incertidumbre en la estimación de la misma, ya que para conocer el peso propio real es necesario haber realizado y culminado en su totalidad el diseño de la cubierta.

Conscientes y conocedores de ésta situación se busca con la ejecución del presente proyecto obtener y compartir una información confiable o base de datos al momento de estimar el peso propio de cubiertas en el área metropolitana de Bucaramanga, que oriente a los ingenieros calculistas en el diseño de las mismas dependiendo de las variables a analizar.

1. OBJETIVOS

1.1 Objetivo General.

Estimar el peso propio real de cubiertas metálicas con teja liviana a dos aguas para diferentes modulaciones en el área metropolitana Bucaramanga.

1.2 Objetivos Específicos.

- Seleccionar el tipo de cubiertas a analizar y sus características.
- Diseñar los diferentes elementos de acero que conforman las cubiertas a analizar.
- Determinar el peso total de los elementos de acero para las diferentes cubiertas a analizar.
- Modelar en el programa SAP 2000 las cerchas que conforman las cubiertas.
- Comparar los pesos propios reales con los asumidos.
- Analizar mediante gráficas la variación del peso propio real de la estructura con las diferentes variables planteadas.

2. JUSTIFICACIÓN

La ingeniería civil como profesión es interventora en el progreso urbanístico de la ciudad en varios aspectos, como el crecimiento en las vías, espacio público, zonas verdes, áreas destinadas a vivienda, hospitales, escuelas, bibliotecas, centros comerciales, entre otros; es también responsable de fortalecer el conocimiento y métodos que favorezcan a la superación de la labor de la ingeniería.

En el diseño de cubiertas metálicas es necesario especificar el peso propio de la cubierta, para así evaluar las cargas y proceder a realizar el diseño de los elementos, este valor es asumido por el diseñador con base a la experiencia sin certeza que sea cierto, entonces, se considera que en el cálculo de la cubierta pueda existir un margen de error, ya que no se le están asignando las cargas reales, porque estas solo se conocen al realizar en su totalidad el diseño de todos los elementos.

Por lo anteriormente expuesto, este proyecto busca contribuir al mejoramiento del diseño de cubiertas metálicas, compartiendo los valores de peso propio real de las diferentes modulaciones de cubiertas a evaluar, sirviendo de apoyo en la estimación de cargas propias asignadas a la estructura.

3. GLOSARIO

A continuación se suministran algunas definiciones utilizadas en el proyecto de grado.

Cargas: Son fuerzas que actúan sobre el sistema estructural y provienen del peso de todos los elementos permanentes en la construcción, ocupantes y sus posesiones y efectos ambientales.

Carga Muerta: La principal carga muerta es el peso propio de la estructura, sus valores se obtienen considerando el peso específico del material de la estructura y el volumen de la estructura, otro peso considerado en la carga muerta es el de las tejas, lámparas, acabados etc.

Cargas Vivas: Las cargas vivas se deben al uso y ocupación de la edificación, incluyendo cargas debidas a objetos móviles, particiones que se puedan cambiar de sitio.

Fuerzas de Viento: las cargas de viento producen presión o succión sobre las superficies expuestas de las construcciones. La carga de viento es muy importante en el diseño de estructuras altas, flexibles, o de gran superficie lateral como bodegas o grandes cubiertas.

Barlovento: Dirección de donde viene el viento.

Coefficiente de Presión: La razón entre la presión que actúa en un punto de la superficie y la presión dinámica del viento incidente.

Topografía: Características de la superficie terrestre.

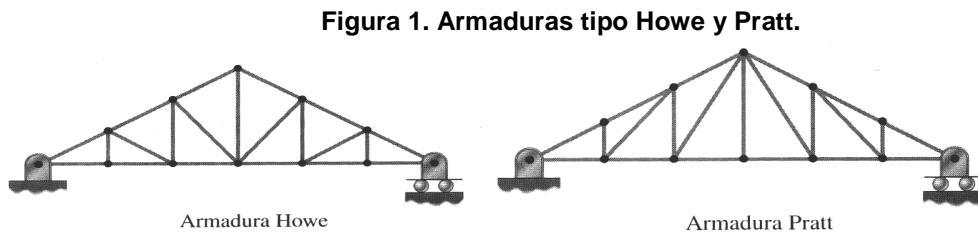
Rugosidad del Terreno: Características de la superficie terrestre en lo relacionado con obstrucciones de pequeña escala tales como árboles y edificaciones.

Sotavento: Dirección hacia donde va el viento.

Coefficiente de Carga: Tiene en cuenta las desviaciones inevitables de las cargas reales con respecto a las cargas nominales y las incertidumbres que se tienen en el análisis estructural al transformar las cargas en los elementos internos en los elementos.

4. ESTADO DEL ARTE

Como primera instancia en el diseño de cubiertas metálicas es de vital importancia especificar el peso propio para estimar la carga muerta, este valor es asumido por el calculista con el único fundamento de su experiencia, a pesar de esta falencia no se conoce ninguna base de datos que respalde el conocimiento de esta variable. Las cubiertas a analizar estarán conformadas por cerchas tipo Howe, Pratt o combinaciones de estas, dependiendo de la orientación de sus diagonales, estas cerchas son un montaje de miembros delgados y rectos que soportan cargas principalmente axiales (de tensión o de compresión), la disposición de sus miembros las hacen un sistema eficiente para soportar cargas. “Estas armaduras se llaman armaduras planas ya que sus miembros y sus cargas están alineados en un mismo plano”¹. En la figura 1 se muestran los tipos de armadura Howe y Pratt.



La armadura Howe, fue patentada por William Howe en 1840, quien simplificó un diseño previo en el que se usaba un enrejado de piezas diagonales, a la que luego le agregó miembros verticales de hierro forjado. “Cuando las cargas se aplican a lo largo del cordón inferior de la armadura Howe, los miembros verticales (montantes) actúan a tensión y los diagonales a compresión”².

En la armadura Pratt, la orientación de las diagonales se invirtió, lo cual tuvo efecto de poner tales miembros a tensión y los verticales (montantes) en compresión. En la armadura Pratt los miembros a compresión son más cortos que en la armadura Howe, lo que conduce a una mayor estabilidad de los mismos, es así como la armadura Pratt y Howe se reconocen por la orientación de sus miembros y no por el material usado para construirlas.

¹BORESI, Arthur y SCHMIDT, Richard. *Estática, Ingeniería Mecánica*. México: Editorial Thomson Learning, 2001. págs. 268-272.

² *Ibid.*

5. METODOLOGÍA

La metodología para desarrollar el presente trabajo se realiza en tres etapas a saber:

5.1 PRIMERA ETAPA

En esta primera etapa se determina que los tipos de cubiertas metálicas más utilizados para bodegas en el área metropolitana de Bucaramanga son las de tipo Pratt, Howe o combinaciones entre estas, debido a esto se decide estudiar 18 cubiertas de este tipo, con teja liviana, dispuesta a dos aguas y colocando como variables la separación entre correas, la separación entre cerchas y la longitud de las cerchas. Para todas estas variables se tiene en cuenta que fueran las más utilizadas comercialmente. A continuación se muestra la designación y configuración de las cubiertas que se analizan. En el Anexo B se muestran los planos de planta y cortes de todas las cubiertas.

Tabla 1. Descripción de las características de las 18 cubiertas.

LUZ: 20 m									
CUBIERTA	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Pendiente (%)	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Separación entre correas (m)	1.38	1.38	1.38	1.50	1.50	1.50	1.69	1.69	1.69
Separación entre cerchas (m)	5	6	7.5	5	6	7.5	5	6	7.5

LUZ: 25 m									
CUBIERTA	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Pendiente (%)	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Separación entre correas (m)	1.38	1.38	1.38	1.50	1.50	1.50	1.69	1.69	1.69
Separación entre cerchas (m)	5	6	7.5	5	6	7.5	5	6	7.5

5.2 SEGUNDA ETAPA

El análisis estructural se desarrolla mediante el software SAP 2000 V 11.0 ©, licencia de la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga. Con los

resultados obtenidos del análisis estructural, se procede a realizar el diseño de las 18 cubiertas con sus diferentes modulaciones. De aquí se obtiene un primer valor del peso propio, con el cual se realiza un rediseño de las cubiertas para recalcular el nuevo y definitivo peso propio real.

5.2.1 Geometría de la Cercha

Con el fin de mostrar todo el procedimiento llevado a cabo con cada una de las cubiertas se toma como ejemplo la Cubierta 1.

De acuerdo con las características establecidas, se realiza la geometría de la cercha de la siguiente manera:

La altura de la cercha se obtiene de la siguiente ecuación:

$$pendiente = \frac{h - h_{canal}}{(luz / 2) - a_{canal}}$$

$$h = pendiente \times (luz / 2 - a_{canal}) + h_{canal}$$

$$h = 0.20 \times (10000mm - 300mm) + 400mm$$

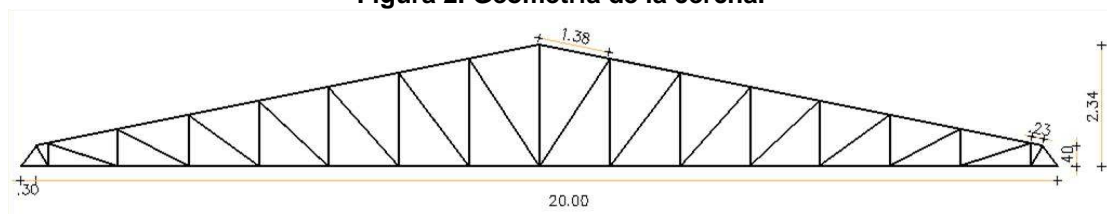
$$h = 2340mm$$

Donde:

Luz	20 m
Pendiente	20%
h canal (altura del canal)	0.40 m
a canal (ancho del canal)	0.30 m

Separación entre correas	1,38 m
Separación entre cerchas	5 m
Altura de las columnas	6 m

Figura 2. Geometría de la cercha.



5.2.2 Cargas Asignadas a la Estructura

Con las especificaciones que establece la Norma Colombiana de Diseño y Construcción Sismo Resistente de 1998, NSR – 98, se determinan las cargas muertas, vivas y de viento.

5.2.2.1 Carga Muerta

En este punto se muestran los valores que se tienen en cuenta en la estimación de la carga muerta, esta se determina en KN/m^2 de acuerdo al numeral B.3.3 Cargas Muertas Mínimas, estas cargas son proporcionadas por los materiales utilizados: tejas livianas e instalaciones; se asume el peso propio de cada una de las cubiertas.

Teja liviana	0,05 KN/m^2
Instalaciones	0,05 KN/m^2
Peso propio	0,10 KN/m^2
Total	0,20 KN/m^2

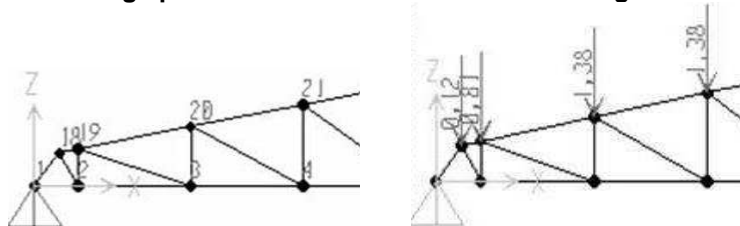
Se toma como ejemplo el nodo 18 para la asignación de la carga muerta puntual para una cercha intermedia.

$$CM = \text{Área aferente} \times \text{Carga muerta}$$

$$\text{Área aferente} = \text{Separación cerchas} \times \text{Separación entre correas} / 2$$

$$CM = \frac{5\text{m} \times 0,23\text{m}}{2} \times 0,20 \text{KN} / \text{m}^2 = 0,12 \text{KN}$$

Figura 3. Carga puntual en el nodo 18 debida a la carga muerta CM.



5.2.2.2 Carga Viva

La carga viva que se utiliza en el diseño de las cubiertas se basa en el numeral B.4.2.1 Cargas Vivas Requeridas, NSR – 98, en donde se especifica que para pendientes mayores al 20% se debe utilizar una carga viva de $0,35 \text{KN/m}^2$.

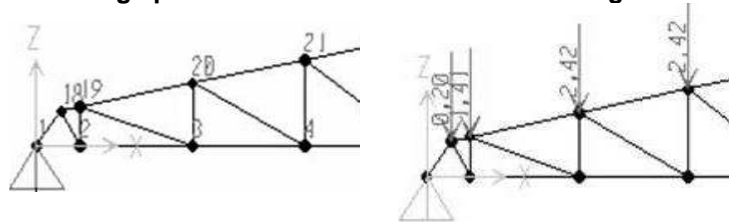
Se toma como ejemplo el nodo 18 para la asignación de la carga viva puntual para una cercha intermedia.

$$CV = \text{Área aferente} \times \text{Carga viva}$$

$$\text{Área aferente} = \text{Separación cerchas} \times \text{Separación entre correas} / 2$$

$$CV = \frac{5m \times 0,23m}{2} \times 0,35 \text{ KN} / m^2 = 0,20 \text{ KN}$$

Figura 4. Carga puntual en el nodo 18 debida a la carga muerta CV.



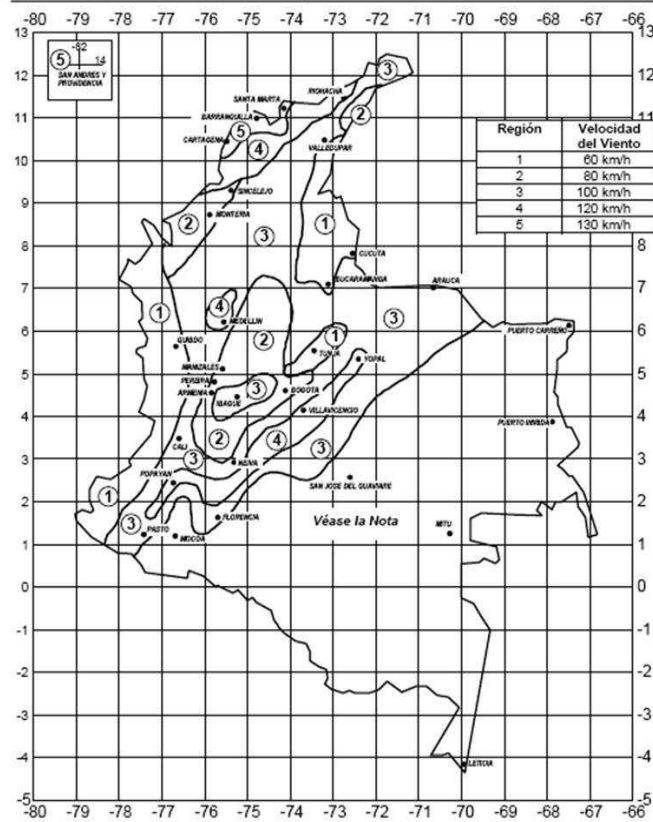
5.2.2.3. Fuerza de viento

Debido que la estructura a diseñar es una cubierta metálica, es de vital importancia tener en cuenta las fuerzas de viento, estas se establecen de acuerdo al capítulo B.6 Fuerzas de Viento, NSR – 98.

La velocidad del viento base **V**, es la velocidad de ráfaga de 3 segundos, que se estima será excedida en promedio una vez cada 50 años, medida a 10 m de altura del terreno y en campo abierto³. Esta se determina mediante el mapa de amenaza eólica: velocidad del viento básico, Figura B.6.5.1 que se muestra a continuación. La ubicación de la estructura planteada está en el área metropolitana de Bucaramanga zona 1, por lo que se toma una velocidad de 60 Km/h.

³ Asociación de Ingeniería Sísmica (AIS). *Norma Colombiana Sismo Resistente 1998 (NSR-98)*. Capítulo B.6 Fuerzas de Viento. Pág. 25.

Figura 5. Mapa de amenaza eólica: velocidad del viento.



Nota: Estas zonas no han sido estudiadas y se recomienda ser conservador al evaluar las fuerzas eólicas que puedan

Fuente: Norma Colombiana de Diseño y Construcción Sismo Resistente de 1998. Figura B.6.5.1

La velocidad del viento básico se ve modificada por los coeficientes S1, S2 y S3, los cuales se refieren a los efectos topográficos; de rugosidad, tamaño del edificio, y altura sobre el terreno, y la vida útil e importancia del proyecto, respectivamente.

El coeficiente de topografía, **S1**, se determina de acuerdo con la tabla B.6.5-1 Coeficiente de topografía S1, NSR - 98.

S1= 1,0 Todos los casos excepto en (b) y (c). Debido a que la topografía del área metropolitana de Bucaramanga no corresponde a laderas, ni cimas montañosas ni valles encerrados, por lo tanto, se toma el literal (a).

Tabla 2. Coeficiente de topografía S1.

Topografía	Valor de S ₁
(a) Todos los casos excepto los dados en (b) y (c).	1.0
(b) Laderas y cimas montañosas muy expuestas en donde se sabe que el viento se acelera, y valles donde debido a su forma se concentra el viento.	1.1
(c) Valles encerrados protegidos de todo viento.	0.9

Fuente: Norma Colombiana de Diseño y Construcción Sismo Resistente de 1998. Tabla B.6.5-1

La combinación de los siguientes factores se tiene en cuenta en el coeficiente **S2**, coeficiente de rugosidad del terreno, de tamaño del edificio y de altura sobre el nivel del terreno, el cual se obtiene de la tabla B.6.5-2, NSR – 98, a partir de los siguientes parámetros:

Rugosidad del Terreno: La rugosidad del terreno se divide en cuatro categorías, conforme con el terreno del área metropolitana de Bucaramanga, se escoge:

Rugosidad 1: Grandes extensiones de campo abierto, plano o casi plano, sin abrigo, como bordes costeros, aeropuertos, pastizales y labrantíos sin cercas de arbustos o de piedra.

Revestimiento y tamaño del edificio a partir de las características de la estructura se selecciona:

Clase B: Todos los edificios y estructuras cuya máxima dimensión vertical u horizontal no llega a 50 m.

Altura sobre el terreno en metros: 8,34 m

S2= 0,90

Tabla 3. Coeficiente de rugosidad, tamaño del edificio y altura sobre el terreno, S2

H (m)	Rugosidad 1			Rugosidad 2			Rugosidad 3			Rugosidad 4		
	CAMPOS ABIERTOS SIN OBSTRUCCIONES			CAMPOS ABIERTOS CON VALLAS			CAMPOS CON MUCHAS VALLAS; PUEBLOS O AFUERAS DE CIUDADES			ZONAS CON GRANDES Y FRECUENTES OBSTRUCCIONES COMO CENTROS DE CIUDAD		
	CLASE			CLASE			CLASE			CLASE		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
3	0.83	0.78	0.73	0.72	0.67	0.63	0.64	0.60	0.55	0.56	0.52	0.47
5	0.88	0.83	0.78	0.79	0.74	0.70	0.70	0.65	0.60	0.60	0.55	0.50
10	1.00	0.93	0.90	0.95	0.88	0.83	0.78	0.74	0.69	0.67	0.62	0.58
15	1.03	0.99	0.94	1.00	0.95	0.91	0.88	0.83	0.78	0.74	0.69	0.64
20	1.06	1.01	0.96	1.03	0.98	0.94	0.95	0.90	0.85	0.79	0.75	0.70
30	1.08	1.05	1.00	1.07	1.03	0.98	1.01	0.97	0.92	0.90	0.85	0.79
40	1.12	1.08	1.03	1.10	1.06	1.01	1.05	1.01	0.96	0.97	0.93	0.89
50	1.14	1.10	1.06	1.12	1.08	1.04	1.08	1.04	1.00	1.02	0.98	0.94
60	1.15	1.12	1.08	1.14	1.10	1.04	1.10	1.06	1.02	1.05	1.02	0.98
80	1.18	1.15	1.11	1.17	1.13	1.09	1.13	1.10	1.06	1.10	1.07	1.03
100	1.20	1.17	1.13	1.19	1.16	1.12	1.16	1.12	1.09	1.13	1.10	1.07
120	1.22	1.19	1.15	1.21	1.18	1.14	1.18	1.15	1.11	1.15	1.13	1.10
140	1.24	1.20	1.17	1.22	1.19	1.16	1.20	1.17	1.13	1.17	1.15	1.12
160	1.25	1.22	1.19	1.24	1.21	1.18	1.21	1.18	1.15	1.19	1.17	1.14
180	1.26	1.23	1.20	1.25	1.22	1.19	1.23	1.20	1.17	1.20	1.19	1.16
200	1.27	1.24	1.21	1.26	1.24	1.21	1.24	1.21	1.18	1.22	1.21	1.18

Fuente: Norma Colombiana de Diseño y Construcción Sismo Resistente de 1998. Tabla B.6.5-2

El coeficiente **S3**, tiene en cuenta el grado de seguridad y de vida útil de la estructura. Según los grupos de uso del numeral A.2.5.1, NSR – 98, se determina

el grupo de uso I: para todas las edificaciones y estructuras de ocupación normal, luego:

$$S3 = 1,00$$

Con los valores V, S1, S2, S3 se halla la velocidad del viento de diseño **Vs**.

$$V_s = V \times S1 \times S2 \times S3$$

$$V_s = 60 \times 1.0 \times 0.9 \times 1.0$$

$$V_s = 54 \text{ Km/h}$$

De acuerdo a la tabla B.6.6 de la NSR -98, se halla el coeficiente que considera la variación de la densidad del aire con la altura sobre el nivel del mar **S4**, el área metropolitana de Bucaramanga está a 1000 m sobre el nivel del mar aproximadamente, entonces.

$$S4 = 0.88$$

Tabla 4. Coeficiente S4

ALTITUD	
(m)	S ₄
0	1.00
500	0.94
1000	0.88
1500	0.83
2000	0.78
2500	0.73
3000	0.69

Fuente: Norma Colombiana de Diseño y Construcción Sismo Resistente de 1998. Tabla B.6.6

La presión dinámica del viento **q**, se halla a partir de la velocidad de diseño Vs y el coeficiente S4.

$$q = 0.000048 \times V_s^2 \times S4$$

$$q = 0.000048 \times 54^2 \times 0.88$$

$$q = 0,123 \text{ KN/m}^2$$

De acuerdo a la tabla B.6.7-2, NSR – 98, se determinan los coeficientes de presión **Cpe** para cubiertas a dos aguas de edificios rectangulares revestidos, a partir de los valores de h/w y el ángulo de la cubierta.

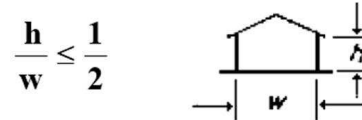
$$h / w = 6m / 20m = 0.30 \longrightarrow \text{Caso 1}$$

Donde:

h= altura hasta el alero o antepecho.

w= menor dimensión horizontal del edificio.

Figura 6. Relación de dimensiones en alzada. Caso 1.



Fuente: Norma Colombiana de Diseño y Construcción Sismo Resistente de 1998. Tabla B.6.7-2

Conforme a lo establecido en la tabla B.6.7-2 de la NSR – 98, se estiman los valores de efectos locales que afectan la cubierta.

Tabla 5. Coeficientes de presión Cpe para cubiertas a dos aguas de edificios rectangulares revestidos.

Relación de dimensiones en alzada	Angulo de cubierta (grados)	Angulo de viento $\alpha = 0^\circ$		Angulo de viento $\alpha = 90^\circ$		Coeficientes locales			
		EF	GH	EG	FH				
$\frac{h}{w} \leq \frac{1}{2}$ 	0	-0.8	-0.4	-0.8	-0.4	-2.0	-2.0	-2.0	--
	5	-0.9	-0.4	-0.8	-0.4	-1.4	-1.2	-1.2	-1.0
	10	-1.2	-0.4	-0.8	-0.6	-1.4	-1.4	---	-1.2
	20	-0.4	-0.4	-0.7	-0.6	-1.0	---	---	-1.2
	30	0	-0.4	-0.7	-0.6	-0.8	---	---	-1.1
	45	+0.3	-0.5	-0.7	-0.6	---	---	---	-1.1
	60	+0.7	-0.6	-0.7	-0.6	---	---	---	-1.1
$\frac{1}{2} < \frac{h}{w} \leq \frac{3}{2}$ 	0	-0.8	-0.6	-1.0	-0.6	-2.0	-2.0	-2.0	--
	5	-0.9	-0.6	-0.9	-0.6	-2.0	-2.0	-1.5	-1.0
	10	-1.1	-0.6	-0.8	-0.6	-2.0	-2.0	-1.5	-1.2
	20	-0.7	-0.5	-0.8	-0.6	-1.5	-1.5	-1.5	-1.0
	30	-0.2	-0.5	-0.8	-0.8	-1.0	---	---	-1.0
	45	+0.2	-0.5	-0.8	-0.8	---	---	---	---
	60	+0.6	-0.5	-0.8	-0.8	---	---	---	---
$\frac{3}{2} < \frac{h}{w} < 6$ 	0	-0.7	-0.6	-0.9	-0.7	-2.0	-2.0	-2.0	--
	5	-0.7	-0.6	-0.8	-0.8	-2.0	-2.0	-1.5	-1.0
	10	-0.7	-0.6	-0.8	-0.8	-2.0	-2.0	-1.5	-1.2
	20	-0.8	-0.6	-0.8	-0.8	-1.5	-1.5	-1.5	-1.2
	30	-1.0	-0.5	-0.8	-0.7	-1.5	---	---	---
	40	-0.2	-0.5	-0.8	-0.7	-1.0	---	---	---
	50	+0.2	-0.5	-0.8	-0.7	---	---	---	---
60	+0.5	-0.5	-0.8	-0.7	---	---	---	---	

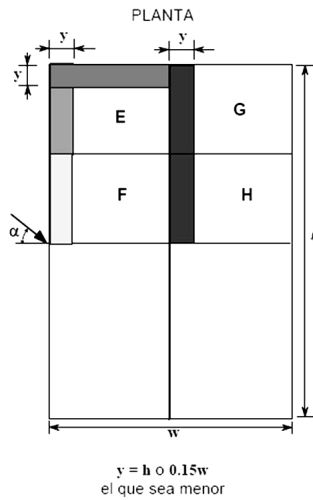
Fuente: Norma Colombiana de Diseño y Construcción Sismo Resistente de 1998. Tabla B.6.7-2

Para una pendiente de cubierta = 11.30°, se tiene:

Ángulo de viento $\alpha 0^\circ$ EF= -1.096
GH= -0.40

Ángulo de viento $\alpha 90^\circ$ EG= -0.787
FH= -0.60

Figura 7. Coeficientes locales.



Fuente: Norma Colombiana de Diseño y Construcción Sismo Resistente de 1998. Tabla B.6.7-2

Si se tiene que:

$$h = 6m$$

$$0.15w = 0.15 \times 20m = 3m$$

Luego, el menor = 3m

Entonces, los coeficientes locales son:

	= -1.348
	= 0.000
	= 0.000
	= -1.200

De acuerdo al numeral B.6.9, NSR – 98, se determina el coeficiente de presión interna C_{pi} .

$$C_{pi} = 0.00$$

Debido a que la estructura se considera con cerramiento perimetral, no hay corriente de aire.

Ángulo de viento $\alpha 0^\circ$:

$$\text{En barlovento: } P = (EF - C_{pi}) \times q$$

$$P = (-1.096 - 0.00) \times 0.123 = -0.135 \text{ KN/m}^2$$

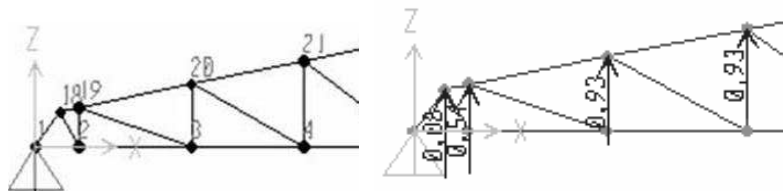
Se toma como ejemplo el nodo 18 para la asignación de la carga de viento CW1 para una cercha intermedia.

$CW1 = \text{Área aferente} \times \text{Carga de viento } \alpha 0^\circ \text{ en barlovento}$

$\text{Área aferente} = \text{Separación cerchas} \times \text{Separación entre correas} / 2$

$$CW1 = \frac{5m \times 0,23m}{2} \times -0,135 \text{ KN} / m^2 = -0,08 \text{ KN}$$

Figura 8. Carga puntual en el nodo 18 debida a la carga muerta CW1.



En sotavento: $P = (GH - Cpi) \times q$

$$P = (-0.4 - 0.00) \times 0.123 = -0.049 \text{ KN} / m^2$$

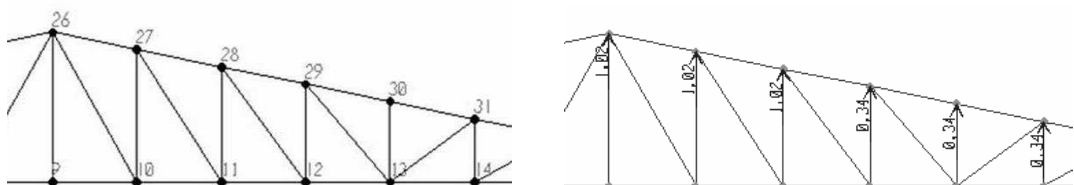
Se toma como ejemplo el nodo 29 para la asignación de la carga de viento CW1 para una cercha intermedia en donde ya no existe turbulencia en el caballete.

$CW1 = \text{Área aferente} \times \text{Carga de viento } \alpha 0^\circ \text{ en sotavento}$

$\text{Área aferente} = \text{Separación cerchas} \times \text{Separación entre correas} / 2$

$$CW1 = \frac{5m \times 1,38m}{2} \times (-0,049 \text{ KN} / m^2) = -0,34 \text{ KN}$$

Figura 9. Carga puntual en el nodo 29 debida a la carga muerta CW1.



Ángulo de viento a 90°:

En cercha de borde $P = (EG - C_{pi}) \times q$

$$P = (-0.787 - 0.00) \times 0.123 = -0.097 \text{ KN/m}^2$$

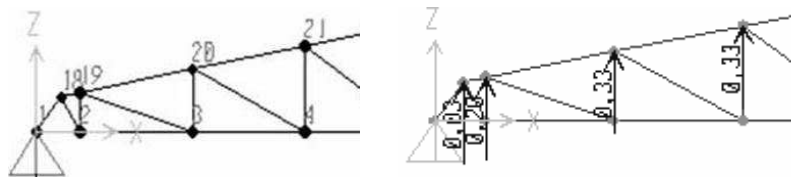
Se toma como ejemplo el nodo 18 para la asignación de la carga de viento CW3 para una cercha de borde.

$CW3 = \text{Área aferente} \times \text{Carga de viento en la cercha de borde}$

$\text{Área aferente} = \text{Separación cerchas} \times \text{Separación entre correas} / 4$

$$CW3 = \frac{5m \times 0,23m}{4} \times (-0,097 \text{ KN} / m^2) = -0,03 \text{ KN}$$

Figura 10. Carga puntual en el nodo 18 debida a la carga muerta CW3.



En cercha intermedia: $P = (FH - C_{pi}) \times q$

$$P = (-0.60 - 0.00) \times 0.123 = -0.074 \text{ KN/m}^2$$

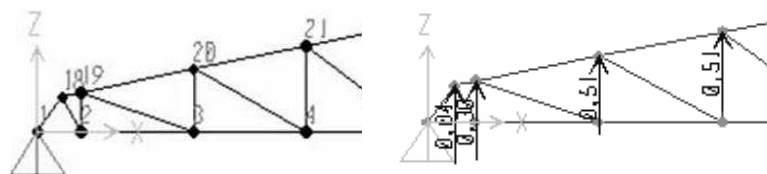
Se toma como ejemplo el nodo 18 para la asignación de la carga de viento CW2.

$CW2 = \text{Área aferente} \times \text{Carga de viento en la cercha intermedia}$

$\text{Área aferente} = \text{Separación cerchas} \times \text{Separación entre correas} / 2$

$$CW2 = \frac{5m \times 0,23m}{2} \times (-0,074 \text{ KN} / m^2) = -0,04 \text{ KN}$$

Figura 11. Carga puntual en el nodo 18 debida a la carga muerta CW2.



Coeficientes locales

$$P = (-1.348 - C_{pi}) \times q$$

$$P = (-1.348 - 0.00) \times 0.123 = -0.166 \text{ KN/m}^2$$

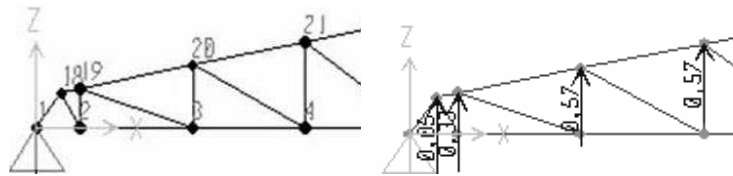
Se toma como ejemplo el nodo 18 para la asignación de la carga de viento CW4 para una cercha de borde.

$$CW4 = \text{Área aferente} \times \text{Carga de viento 1}$$

$$\text{Área aferente} = \text{Separación cerchas} \times \text{Separación entre correas} / 4$$

$$CW4 = \frac{5m \times 0,23m}{4} \times -0,166 \text{ KN} / m^2 = -0,05 \text{ KN}$$

Figura 12. Carga puntual en el nodo 18 debida a la carga muerta CW4.



$$P = (-1.200 - C_{pi}) \times q$$

$$P = (-1.200 - 0.00) \times 0.123 = -0.148 \text{ KN/m}^2$$

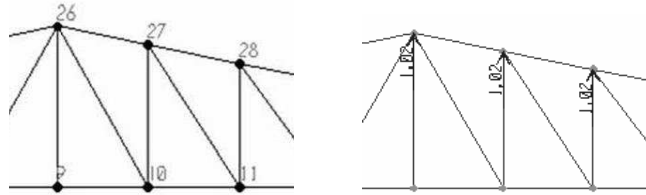
Se toma como ejemplo el nodo 26 para la asignación de la carga de viento CW1 para una cercha de intermedia en donde existe turbulencia en el caballete.

$$CW1 = \text{Área aferente} \times \text{Carga de viento 1}$$

$$\text{Área aferente} = \text{Separación cerchas} \times \text{Separación entre correas} / 2$$

$$CW1 = \frac{5m \times 1,38m}{2} \times -0,148 \text{ KN} / m^2 = -1,02 \text{ KN}$$

Figura 13. Carga puntual en el nodo 26 debida a la carga muerta CW1.



En la siguiente tabla se muestran los valores de las cargas muertas, vivas, y de viento para la cercha intermedia y de borde.

Tabla 6. Cargas asignadas a la estructura

NODO	ÁREA AFERENTE (m ²)	CM (KN)	CV (KN)	CERCHA INTERMEDIA		CERCHA DE BORDE	
				CW1 0° (KN)	CW2 90° (KN)	CW3 90° (KN)	CW4 90° (KN)
18	0,575	0,12	0,20	-0,08	-0,04	-0,03	-0,05
19	4,025	0,81	1,41	-0,54	-0,30	-0,20	-0,33
20	6,900	1,38	2,42	-0,93	-0,51	-0,33	-0,57
21	6,900	1,38	2,42	-0,93	-0,51	-0,33	-0,57
22	6,900	1,38	2,42	-0,93	-0,51	-0,33	-0,57
23	6,900	1,38	2,42	-0,93	-0,51	-0,33	-0,57
24	6,900	1,38	2,42	-0,93	-0,51	-0,33	-0,57
25	6,900	1,38	2,42	-0,93	-0,51	-0,33	-0,57
26	6,900	1,38	2,42	-1,02	-0,51	-0,33	-0,57
27	6,900	1,38	2,42	-1,02	-0,51	-0,33	-0,57
28	6,900	1,38	2,42	-1,02	-0,51	-0,33	-0,57
29	6,900	1,38	2,42	-0,34	-0,51	-0,33	-0,57
30	6,900	1,38	2,42	-0,34	-0,51	-0,33	-0,57
31	6,900	1,38	2,42	-0,34	-0,51	-0,33	-0,57
32	6,900	1,38	2,42	-0,34	-0,51	-0,33	-0,57
33	4,025	0,81	1,41	-0,20	-0,30	-0,20	-0,33
34	0,575	0,12	0,20	-0,03	-0,04	-0,03	-0,05

5.2.3 Modelo en SAP 2000 V 11.0 ©

Se toma como ejemplo el modelamiento de la cubierta 1.

Después de tener las cargas muertas, vivas y de viento y la geometría de las cerchas se procede a modelar las 18 cerchas por medio del software SAP 2000 V 11.0 ©, licencia de la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga.

Como primera medida se procede a la asignación de las coordenadas de cada nodo y la numeración de los elementos para realizar el montaje de la cercha.

Tabla 7. Coordenadas de los nodos.

X		Y	
x1	0	z1	0
x2	0,3	y2	0,4
x3	0,53	y3	0,45
x4	1,88	y4	0,72
x5	3,23	y5	0,99
x6	4,59	y6	1,26
x7	5,94	y7	1,53
x8	7,29	y8	1,8
x9	8,65	y9	2,07
x10	10	y10	2,34
x11	11,35		
x12	12,71		
x13	14,06		
x14	15,41		
x15	16,77		
x16	18,12		
x17	19,47		
x18	19,7		
x19	20		

Se define el material como acero A-36 y como sección perfiles de doble ángulo conformados espalda con espalda. Luego se dibujan los elementos de la cercha, teniendo en cuenta que las diagonales y los montantes se articulan en ambos extremos para que no se tenga en cuenta los momentos M_2 y M_3 , es decir, no hay restricción al momento alrededor de los ejes locales 2 y 3 de estos elementos. El cordón inferior y superior no se articula, debido a que estos se arman y se fabrican en forma continua por economía, tiempo y estética.

Figura 14. Numeración de los nodos de la cercha.

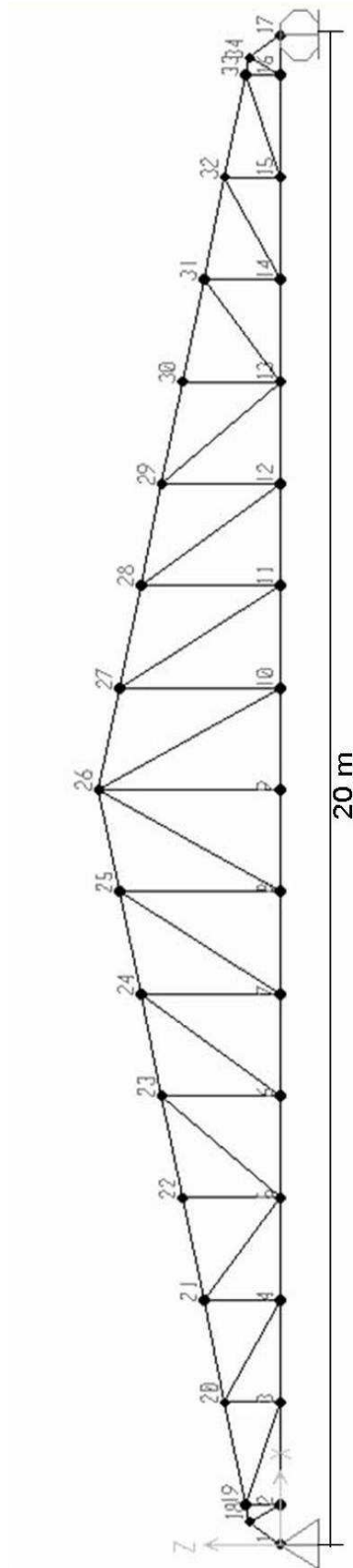
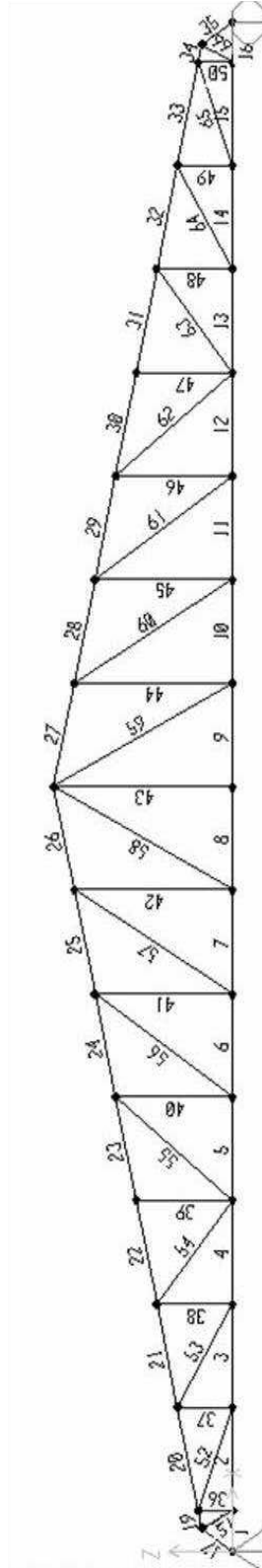


Figura 15. Numeración de los elementos de la cercha.



5.2.3.1 Casos de Carga

Posteriormente, se procede a definir los casos de carga, los cuales fueron:

CM	Carga muerta
CV	Carga viva
CW1	Carga de viento 1, se refiere cuando el viento llega a la cubierta en un ángulo de 0° según la NSR-98. (Cercha intermedia)
CW2	Carga de viento 2, se refiere cuando el viento llega a la cubierta en un ángulo de 90° según la NSR-98. (Cercha intermedia)
CW3	Carga de viento 3, se refiere cuando el viento llega a la cubierta en un ángulo de 90° según la NSR-98. (Cercha de borde)
CW4	Carga de viento 4, se refiere cuando el viento (Efecto local) llega a la cubierta en un ángulo de 90° según la NSR-98. (Cercha de borde)

La asignación de estas cargas se muestra a continuación de la figura 6 a la figura 11.

5.2.3.2 Combinaciones de Carga

De acuerdo con el numeral B.2.5.2 Combinaciones Básicas, NSR – 98, se establecen las combinaciones de carga para estructuras de acero. A continuación se relacionan las combinaciones de carga que se derivaron de los casos de carga analizados.

1.4 D
1.2 D + 0.5 Lr
1.2 D + 1.6 Lr
1.2 D + 1.6 Lr + 0.8 W1
1.2 D + 1.6 Lr + 0.8 W2
0.6 D + 0.8 Lr + 0.8 W3
0.6 D + 0.8 Lr + 0.8 W4
1.2 D + 1.3 W1 + 0.5 Lr
1.2 D + 1.3 W2 + 0.5 Lr
0.6 D + 1.3 W3 + 0.25 Lr
0.6 D + 1.3 W3 + 0.25 Lr
1.3 D – 1.3 W1
1.3 D – 1.3 W2
0.65 D – 1.3 W3
0.65 D – 1.3 W4
ENVOLVENTE

Donde:

D: Carga Muerta

Lr: Carga Viva de cubierta

W: Carga de viento

Figura 16. Cargas puntuales debido a la carga muerta CM.

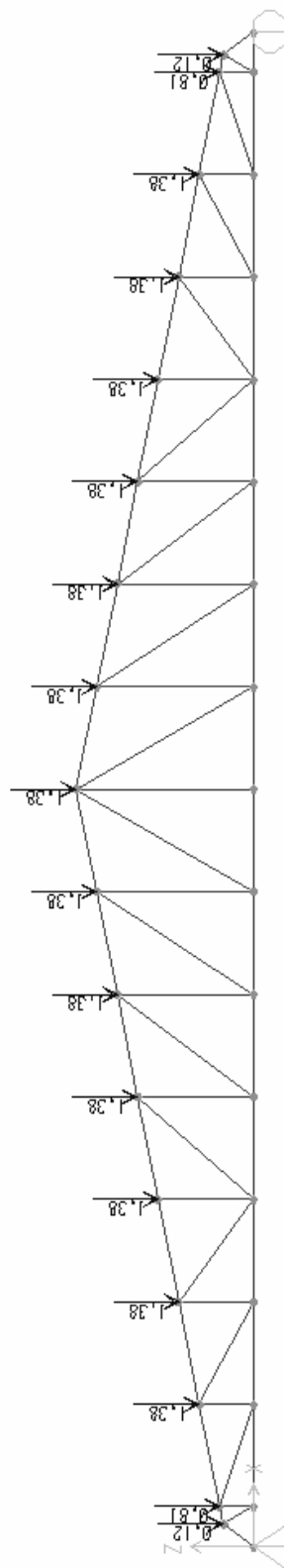


Figura 17. Cargas puntuales debido a la carga viva CV.

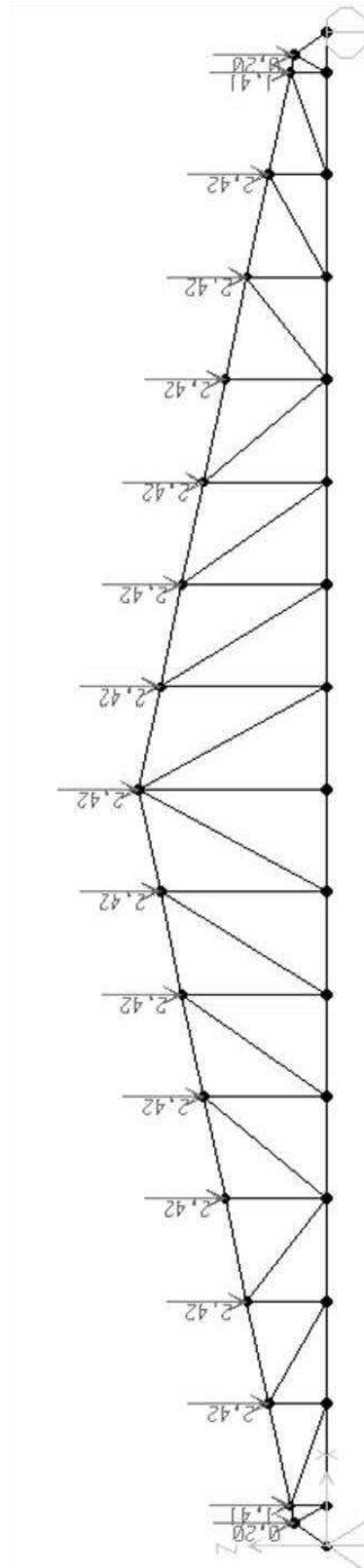


Figura 18. Cargas puntuales debido a la carga de viento CW1.

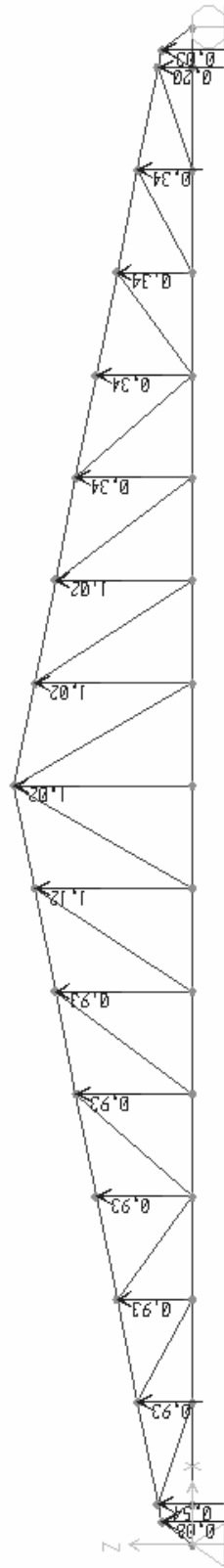


Figura 19. Cargas puntuales debido la carga de viento CW2.

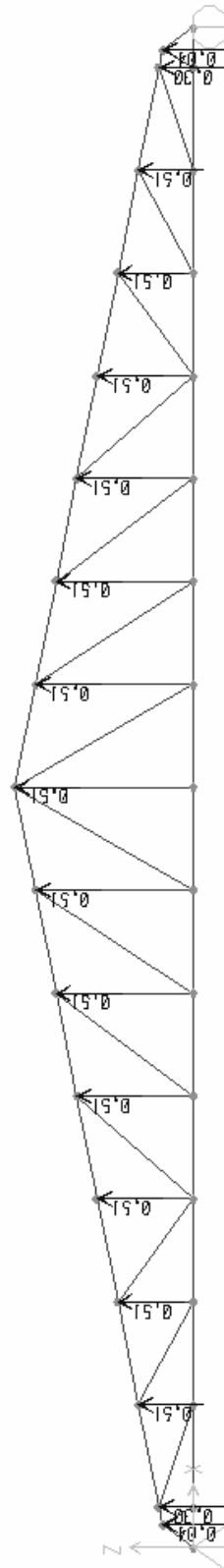


Figura 20. Cargas puntuales debido a la carga de viento CW3.

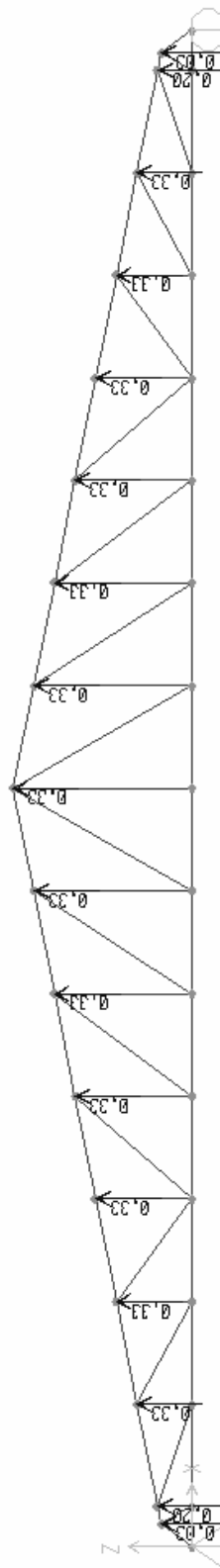
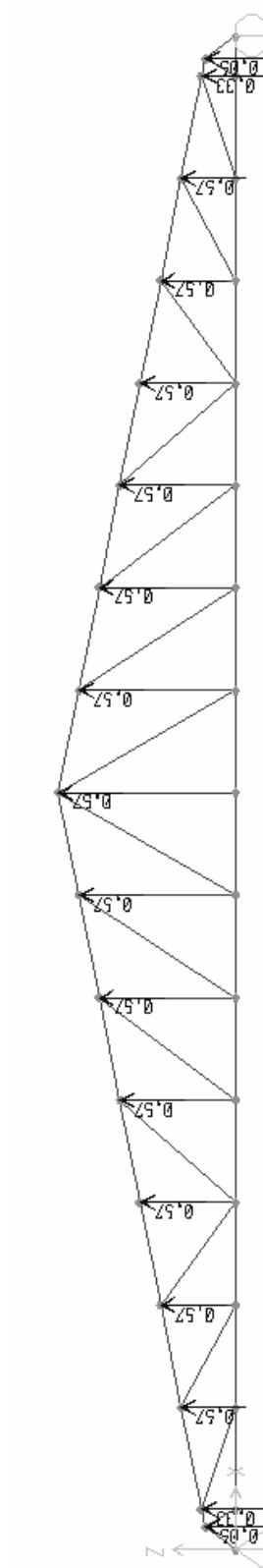


Figura 21. Cargas puntuales debido a la carga de viento CW4.



5.2.3.3 DATOS DE ENTRADA

Se toman como ejemplo los datos de entrada de la cubierta 1.

Tabla 8. Definición de combinaciones

ComboName	ComboType	AutoDesign	CaseType	CaseName	ScaleFactor	SteelDesign
Text	Text	Yes/No	Text	Text	Unitless	Yes/No
COMB1	Linear Add	No	Linear Static	DEAD	1,400000	No
COMB2	Linear Add	No	Linear Static	DEAD	1,200000	No
COMB2			Linear Static	CV	0,500000	
COMB3	Linear Add	No	Linear Static	DEAD	1,200000	No
COMB3			Linear Static	CV	1,600000	
COMB3			Linear Static	CW1	0,800000	
COMB4	Linear Add	No	Linear Static	DEAD	1,200000	No
COMB4			Linear Static	CV	1,600000	
COMB4			Linear Static	CW2	0,800000	
COMB5	Linear Add	No	Linear Static	DEAD	0,600000	No
COMB5			Linear Static	CV	0,800000	
COMB5			Linear Static	CW3	0,800000	
COMB6	Linear Add	No	Linear Static	DEAD	0,600000	No
COMB6			Linear Static	CV	0,800000	
COMB6			Linear Static	CW4	0,800000	
COMB7	Linear Add	No	Linear Static	DEAD	1,200000	No
COMB7			Linear Static	CW1	1,300000	
COMB7			Linear Static	CV	0,500000	
COMB8	Linear Add	No	Linear Static	DEAD	1,200000	No
COMB8			Linear Static	CW2	1,300000	
COMB8			Linear Static	CV	0,500000	
COMB9	Linear Add	No	Linear Static	DEAD	0,600000	No
COMB9			Linear Static	CW3	1,300000	
COMB9			Linear Static	CV	0,250000	
COMB10	Linear Add	No	Linear Static	DEAD	0,600000	No
COMB10			Linear Static	CW4	1,300000	
COMB10			Linear Static	CV	0,250000	
COMB11	Linear Add	No	Linear Static	DEAD	0,900000	No
COMB11			Linear Static	CW1	-	
					1,300000	
COMB12	Linear Add	No	Linear Static	DEAD	0,900000	No
COMB12			Linear Static	CW2	-	
					1,300000	
COMB13	Linear Add	No	Linear Static	DEAD	0,450000	No
COMB13			Linear Static	CW3	-	
					1,300000	
COMB14	Linear Add	No	Linear Static	DEAD	0,450000	No
COMB14			Linear Static	CW4	-	
					1,300000	
COMB15	Linear Add	No	Linear Static	DEAD	1,200000	No
COMB15			Linear Static	CV	1,600000	
ENVOLVENTE	Envelope	No	Response Combo	COMB1	1,000000	No
ENVOLVENTE			Response Combo	COMB2	1,000000	
ENVOLVENTE			Response Combo	COMB3	1,000000	
ENVOLVENTE			Response Combo	COMB4	1,000000	

ComboName	ComboType	AutoDesign	CaseType	CaseName	ScaleFactor	SteelDesign
Text	Text	Yes/No	Text	Text	Unitless	Yes/No
ENVOLVENTE			Response Combo	COMB5	1,000000	
ENVOLVENTE			Response Combo	COMB6	1,000000	
ENVOLVENTE			Response Combo	COMB7	1,000000	
ENVOLVENTE			Response Combo	COMB8	1,000000	
ENVOLVENTE			Response Combo	COMB9	1,000000	
ENVOLVENTE			Response Combo	COMB10	1,000000	
ENVOLVENTE			Response Combo	COMB11	1,000000	
ENVOLVENTE			Response Combo	COMB12	1,000000	
ENVOLVENTE			Response Combo	COMB13	1,000000	
ENVOLVENTE			Response Combo	COMB14	1,000000	
ENVOLVENTE			Response Combo	COMB15	1,000000	
ENVOLVENTE			Response Combo	COMB16	1,000000	
ENVOLVENTE			Response Combo	COMB17	1,000000	
ENVOLVENTE			Response Combo	COMB18	1,000000	
ENVOLVENTE			Response Combo	COMB19	1,000000	
ENVOLVENTE			Response Combo	COMB20	1,000000	

ComboName	CaseName	ConcDesign	AlumDesign	ColdDesign	GUID
Text	Text	Yes/No	Yes/No	Yes/No	Text
COMB1	DEAD	No	No	No	
COMB2	DEAD	No	No	No	
COMB2	CV				
COMB3	DEAD	No	No	No	
COMB3	CV				
COMB3	CW1				
COMB4	DEAD	No	No	No	
COMB4	CV				
COMB4	CW2				
COMB5	DEAD	No	No	No	
COMB5	CV				
COMB5	CW3				
COMB6	DEAD	No	No	No	
COMB6	CV				
COMB6	CW4				
COMB7	DEAD	No	No	No	
COMB7	CW1				
COMB7	CV				
COMB8	DEAD	No	No	No	
COMB8	CW2				
COMB8	CV				
COMB9	DEAD	No	No	No	
COMB9	CW3				
COMB9	CV				
COMB10	DEAD	No	No	No	
COMB10	CW4				
COMB10	CV				
COMB11	DEAD	No	No	No	
COMB11	CW1				
COMB12	DEAD	No	No	No	
COMB12	CW2				
COMB13	DEAD	No	No	No	

ComboName	CaseName	ConcDesign	AlumDesign	ColdDesign	GUID
Text	Text	Yes/No	Yes/No	Yes/No	Text
COMB13	CW3				
COMB14	DEAD	No	No	No	
COMB14	CW4				
COMB15	DEAD	No	No	No	
COMB15	CV				
ENVOLVENTE	COMB1	No	No	No	
ENVOLVENTE	COMB2				
ENVOLVENTE	COMB3				
ENVOLVENTE	COMB4				
ENVOLVENTE	COMB5				
ENVOLVENTE	COMB6				
ENVOLVENTE	COMB7				
ENVOLVENTE	COMB8				
ENVOLVENTE	COMB9				
ENVOLVENTE	COMB10				
ENVOLVENTE	COMB11				
ENVOLVENTE	COMB12				
ENVOLVENTE	COMB13				
ENVOLVENTE	COMB14				
ENVOLVENTE	COMB15				

ComboName	CaseName	Notes
Text	Text	Text
COMB1	DEAD	
COMB2	DEAD	
COMB2	CV	
COMB3	DEAD	
COMB3	CV	
COMB3	CW1	
COMB4	DEAD	
COMB4	CV	
COMB4	CW2	
COMB5	DEAD	
COMB5	CV	
COMB5	CW3	
COMB6	DEAD	
COMB6	CV	
COMB6	CW4	
COMB7	DEAD	
COMB7	CW1	
COMB7	CV	
COMB8	DEAD	
COMB8	CW2	
COMB8	CV	
COMB9	DEAD	
COMB9	CW3	
COMB9	CV	
COMB10	DEAD	
COMB10	CW4	
COMB10	CV	
COMB11	DEAD	
COMB11	CW1	

ComboName	CaseName	Notes
Text	Text	Text
COMB12	DEAD	
COMB12	CW2	
COMB13	DEAD	
COMB13	CW3	
COMB14	DEAD	
COMB14	CW4	
COMB15	DEAD	
COMB15	CV	
ENVOLVENTE	COMB1	
ENVOLVENTE	COMB2	
ENVOLVENTE	COMB3	
ENVOLVENTE	COMB4	
ENVOLVENTE	COMB5	
ENVOLVENTE	COMB6	
ENVOLVENTE	COMB7	
ENVOLVENTE	COMB8	
ENVOLVENTE	COMB9	
ENVOLVENTE	COMB10	
ENVOLVENTE	COMB11	
ENVOLVENTE	COMB12	
ENVOLVENTE	COMB13	
ENVOLVENTE	COMB14	
ENVOLVENTE	COMB15	

Tabla 9. sistema de coordenadas

Name	Type	X	Y	Z	AboutZ	AboutY	AboutX
Text	Text	m	m	m	Degrees	Degrees	Degrees
GLOBAL	Cartesian	0,00000	0,00000	0,00000	0,000	0,000	0,000

Tabla 10. Propiedades de las secciones

SectionName	Material	Shape	t3	t2	tf	tw
Text	Text	Text	m	m	m	m
DOBLEANGULO	STEEL	Double Angle	0,076200	0,108000	0,006350	0,006350
FSEC1	STEEL	I/Wide Flange	0,304800	0,127000	0,009652	0,006350

SectionName	t2b	tfb	dis	Area	TorsConst	I33	I22
Text	m	m	m	m2	m4	m4	m4
DOBLEANGULO			0,009652	0,001512	1,952E-08	8,948E-07	7,259E-07
FSEC1	0,127000	0,009652		0,004265	9,651E-08	0,000066	3,301E-06

SectionName	AS2	AS3	S33	S22	Z33	Z22	R33
Text	m2	m2	m3	m3	m3	m3	m
DOBLEANGULO	0,000968	0,000625	0,000018	0,000013	0,000032	0,000025	0,024330
FSEC1	0,001935	0,002043	0,000431	0,000052	0,000491	0,000081	0,124145

SectionName	R22	ConcCol	ConcBeam	Color	TotalWt	TotalMass	FromFile
Text	m	Yes/No	Yes/No	Text	KN	KN-s2/m	Yes/No
DOBLEANGULO	0,021914	No	No	White	10,460	1,07	No
FSEC1	0,027823	No	No	Red	0,000	0,00	No

SectionName	AMod	A2Mod	A3Mod	JMod	I2Mod	I3Mod	MMod
Text	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
DOBLEANGULO	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
FSEC1	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000

SectionName	WMod	Notes
Text	Unitless	Text
DOBLEANGULO	1,000000	Added 01/02/2009 11:47:28
FSEC1	1,000000	Added 20/01/2009 11:11:00

Tabla 11. Definición de las cargas

LoadCase	DesignType	SelfWtMult	AutoLoad
Text	Text	Unitless	Text
CM	DEAD	0,0000	
CV	LIVE	0,0000	
CW1	WIND	0,0000	None
CW2	WIND	0,0000	None
CW3	WIND	0,0000	None
CW4	WIND	0,0000	None

Tabla 12. Propiedades del material

Material	Type	SymType	TempDepend	Color	GUID
Text	Text	Text	Yes/No	Text	Text
STEEL	Steel	Isotropic	No	Yellow	

Material	Notes
Text	Text
STEEL	ASTM A992 Fy=50 ksi added 20/01/2009 10:11:47

Material	UnitWeight	UnitMass	E1	G12	U12	A1
Text	KN/m3	KN-s2/m4	KN/m2	KN/m2	Unitless	1/C
STEEL	7,6973E+01	7,8490E+00	199947978,8	76903068,77	0,300000	1,1700E-05

Material	Fy	Fu	EffFy	EffFu	SSCurveOpt	SSHysType	SHard	SMax
Text	KN/m2	KN/m2	KN/m2	KN/m2	Text	Text	Unitless	Unitless
STEEL	24821 1,28	399896,0 0	37231 6,90	439885,6 0	Simple	Kinematic	0,015000	0,110000

5.2.3.4 DATOS DE SALIDA

Se toman como ejemplo los datos de salida de la cubierta 1.

Tabla 13. Fuerzas máximas y mínimas en los elementos.

Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P
Text	m	Text	Text	Text	KN
1	0	ENVOLVENTE	Combination	Max	30,136
1	0	ENVOLVENTE	Combination	Min	3,776
2	0	ENVOLVENTE	Combination	Max	46,387
2	0	ENVOLVENTE	Combination	Min	5,812
3	0	ENVOLVENTE	Combination	Max	95,699
3	0	ENVOLVENTE	Combination	Min	11,983
4	0	ENVOLVENTE	Combination	Max	111,314
4	0	ENVOLVENTE	Combination	Min	13,937
5	0	ENVOLVENTE	Combination	Max	111,248
5	0	ENVOLVENTE	Combination	Min	13,928
6	0	ENVOLVENTE	Combination	Max	104,946
6	0	ENVOLVENTE	Combination	Min	13,139
7	0	ENVOLVENTE	Combination	Max	96,694
7	0	ENVOLVENTE	Combination	Min	12,106
8	0	ENVOLVENTE	Combination	Max	87,261
8	0	ENVOLVENTE	Combination	Min	10,925
9	0	ENVOLVENTE	Combination	Max	87,261
9	0	ENVOLVENTE	Combination	Min	10,925
10	0	ENVOLVENTE	Combination	Max	96,694
10	0	ENVOLVENTE	Combination	Min	12,106
11	0	ENVOLVENTE	Combination	Max	104,946
11	0	ENVOLVENTE	Combination	Min	13,139
12	0	ENVOLVENTE	Combination	Max	111,248
12	0	ENVOLVENTE	Combination	Min	13,928
13	0	ENVOLVENTE	Combination	Max	111,314
13	0	ENVOLVENTE	Combination	Min	13,937
14	0	ENVOLVENTE	Combination	Max	95,699
14	0	ENVOLVENTE	Combination	Min	11,983

15	0	ENVOLVENTE	Combination	Max	46,387
15	0	ENVOLVENTE	Combination	Min	5,812
16	0	ENVOLVENTE	Combination	Max	30,136
16	0	ENVOLVENTE	Combination	Min	3,776
17	0	ENVOLVENTE	Combination	Max	-6,22
17	0	ENVOLVENTE	Combination	Min	-49,647
19	0	ENVOLVENTE	Combination	Max	-5,965
19	0	ENVOLVENTE	Combination	Min	-47,608
20	0	ENVOLVENTE	Combination	Max	-12,225
20	0	ENVOLVENTE	Combination	Min	-97,627
21	0	ENVOLVENTE	Combination	Max	-14,211
21	0	ENVOLVENTE	Combination	Min	-113,5
22	0	ENVOLVENTE	Combination	Max	-14,589
22	0	ENVOLVENTE	Combination	Min	-116,526
23	0	ENVOLVENTE	Combination	Max	-14,592
23	0	ENVOLVENTE	Combination	Min	-116,552
24	0	ENVOLVENTE	Combination	Max	-14,203
24	0	ENVOLVENTE	Combination	Min	-113,448
25	0	ENVOLVENTE	Combination	Max	-13,396
25	0	ENVOLVENTE	Combination	Min	-107
26	0	ENVOLVENTE	Combination	Max	-12,341
26	0	ENVOLVENTE	Combination	Min	-98,579
27	0	ENVOLVENTE	Combination	Max	-12,341
27	0	ENVOLVENTE	Combination	Min	-98,579
28	0	ENVOLVENTE	Combination	Max	-13,396
28	0	ENVOLVENTE	Combination	Max	-13,396
28	0	ENVOLVENTE	Combination	Min	-107
29	0	ENVOLVENTE	Combination	Max	-14,203
29	0	ENVOLVENTE	Combination	Min	-113,448
30	0	ENVOLVENTE	Combination	Max	-14,592
30	0	ENVOLVENTE	Combination	Min	-116,552
31	0	ENVOLVENTE	Combination	Max	-14,589
31	0	ENVOLVENTE	Combination	Min	-116,526
32	0	ENVOLVENTE	Combination	Max	-14,211
32	0	ENVOLVENTE	Combination	Min	-113,5
33	0	ENVOLVENTE	Combination	Max	-12,225
33	0	ENVOLVENTE	Combination	Min	-97,627
34	0	ENVOLVENTE	Combination	Max	-5,965
34	0	ENVOLVENTE	Combination	Min	-47,608
35	0	ENVOLVENTE	Combination	Max	-6,22
35	0	ENVOLVENTE	Combination	Min	-49,647
36	0	ENVOLVENTE	Combination	Max	-3,539
36	0	ENVOLVENTE	Combination	Min	-28,241
37	0	ENVOLVENTE	Combination	Max	-2,092
37	0	ENVOLVENTE	Combination	Min	-16,721

38	0	ENVOLVENTE	Combination	Max	-1,029
38	0	ENVOLVENTE	Combination	Min	-8,223
39	0	ENVOLVENTE	Combination	Max	-0,709
39	0	ENVOLVENTE	Combination	Min	-5,662
40	0	ENVOLVENTE	Combination	Max	-1,049
40	0	ENVOLVENTE	Combination	Min	-8,379
41	0	ENVOLVENTE	Combination	Max	-1,573
41	0	ENVOLVENTE	Combination	Min	-12,564
42	0	ENVOLVENTE	Combination	Max	-2,054
42	0	ENVOLVENTE	Combination	Min	-16,406
43	0	ENVOLVENTE	Combination	Max	0,134
43	0	ENVOLVENTE	Combination	Min	0,017
44	0	ENVOLVENTE	Combination	Max	-2,054
44	0	ENVOLVENTE	Combination	Min	-16,406
45	0	ENVOLVENTE	Combination	Max	-1,573
45	0	ENVOLVENTE	Combination	Min	-12,564
46	0	ENVOLVENTE	Combination	Max	-1,049
46	0	ENVOLVENTE	Combination	Min	-8,379
47	0	ENVOLVENTE	Combination	Max	-0,709
47	0	ENVOLVENTE	Combination	Min	-5,662
48	0	ENVOLVENTE	Combination	Max	-1,029
48	0	ENVOLVENTE	Combination	Min	-8,223
49	0	ENVOLVENTE	Combination	Max	-2,092
49	0	ENVOLVENTE	Combination	Min	-16,721
50	0	ENVOLVENTE	Combination	Max	-3,539
50	0	ENVOLVENTE	Combination	Min	-28,241
51	0	ENVOLVENTE	Combination	Max	32,602
51	0	ENVOLVENTE	Combination	Min	4,085
52	0	ENVOLVENTE	Combination	Max	51,979
52	0	ENVOLVENTE	Combination	Min	6,505
53	0	ENVOLVENTE	Combination	Max	17,697
53	0	ENVOLVENTE	Combination	Min	2,214
54	0	ENVOLVENTE	Combination	Max	3,686
54	0	ENVOLVENTE	Combination	Min	0,461
55	0	ENVOLVENTE	Combination	Max	4,603
55	0	ENVOLVENTE	Combination	Min	0,577
56	0	ENVOLVENTE	Combination	Max	10,504
56	0	ENVOLVENTE	Combination	Min	1,315
57	0	ENVOLVENTE	Combination	Max	15,028
57	0	ENVOLVENTE	Combination	Min	1,881
58	0	ENVOLVENTE	Combination	Max	18,877
58	0	ENVOLVENTE	Combination	Min	2,363
59	0	ENVOLVENTE	Combination	Max	18,877
59	0	ENVOLVENTE	Combination	Min	2,363
60	0	ENVOLVENTE	Combination	Max	15,028

60	0	ENVOLVENTE	Combination	Min	1,881
61	0	ENVOLVENTE	Combination	Max	10,504
61	0	ENVOLVENTE	Combination	Min	1,315
62	0	ENVOLVENTE	Combination	Max	5,014
62	0	ENVOLVENTE	Combination	Min	0,368
63	0	ENVOLVENTE	Combination	Max	3,686
63	0	ENVOLVENTE	Combination	Min	0,276
64	0	ENVOLVENTE	Combination	Max	17,697
64	0	ENVOLVENTE	Combination	Min	2,214
65	0	ENVOLVENTE	Combination	Max	51,979
65	0	ENVOLVENTE	Combination	Min	6,505
66	0	ENVOLVENTE	Combination	Max	32,602
66	0	ENVOLVENTE	Combination	Min	4,085

5.2.4 Diseño de los Elementos

Se toma como ejemplo la cubierta 1, el diseño de las demás cubiertas se encuentran en el anexo A. Con los datos de fuerza obtenidos del análisis estructural para los diferentes elementos, se procede a realizar el diseño de cada uno de ellos para estimar un primer valor de peso propio, debido al tamaño, altura de las cerchas y estética se definió el perfil L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8" como el perfil mínimo de diseño, también se tuvo en cuenta la utilización de perfiles comerciales.

5.2.4.1 Diseño del Cordón Inferior

Los elementos a tensión se utilizan comúnmente en cerchas y en vigas en celosía, así como también en arriostamientos y miembros secundarios; la resistencia de diseño $P_u = \phi_t P_n$ de un miembro a tensión se calcula como el valor más pequeño de las siguientes expresiones:

Para el estado límite de fluencia en la sección bruta:

$$P_u = \phi \times f_y \times A_g$$

Con, $\phi = 0.90$

$$P_u = \phi \times f_u \times A_e$$

Por fractura en la sección neta:

Con, $\phi = 0.75$

El diseño del cordón inferior se realiza a tensión bajo los criterios de fluencia y fractura, se escogen los elementos del cordón inferior 4 y 13 ya que con el análisis estructural se demuestra que son los que soportan una mayor fuerza a tensión

(véase tabla 8), sus conexiones se asumen soldadas, ya que la longitud del cordón de soldadura no tiene incidencia en el peso propio de la estructura.

Diseño de los elementos 4 y 13

Estado límite de fluencia

$$P_u = 111,314 \text{ kN}$$

$$F_y = 248 \text{ MPa}$$

$$\phi = 0,90$$

Se ensaya un perfil: L 1 1/4" x 1 1/4" x 3/16"

Número de ángulos= 2

$$A_g = 2,80 \text{ cm}^2$$

$$F_y = 248 \text{ MPa}$$

$$\phi = 0,90$$

$$P_u = \phi \times f_y \times A_g$$

$$P_u = 124,99 \text{ kN} > 111,314 \text{ KN } \underline{\text{OK}}$$

Se ensaya un perfil: L 2" x 2" x 1/8" debido a que el de 1 1/4" x 1 1/4 " x 3/16 no es un perfil muy comercial.

Número de ángulos= 2

$$A_g = 3,12 \text{ cm}^2$$

$$F_y = 248 \text{ MPa}$$

$$\phi = 0,90$$

$$P_u = \phi \times f_y \times A_g$$

$$P_u = 139,28 \text{ kN} > 111,314 \text{ KN } \underline{\text{OK}}$$

Estado límite de fractura

$$P_u = 111,314 \text{ KN}$$

$$F_u = 400 \text{ MPa}$$

$$\phi = 0,75$$

$$U = 0,87 \text{ (Valor asumido considerando que } L = W)$$

$$A_n = 3,12 \text{ cm}^2$$

$$P_u = \phi \times f_u \times A_e$$

$$P_u = 162,82 \text{ kN} > 111,314 \text{ KN } \underline{\text{OK}}$$

5.2.4.2 Diseño de las Diagonales

El diseño de las diagonales al igual que el diseño del cordón inferior, se realiza a tensión bajo los criterios de fluencia y fractura, se escogen las diagonales 52 y 65 ya que con el análisis estructural se demuestra que son las que soportan una mayor fuerza a tensión (véase tabla 8), sus conexiones se asumen soldadas, ya que la longitud del cordón de soldadura no tiene incidencia en el peso propio de la estructura.

Diseño de los elementos 52 y 65

Estado límite de fluencia

$$P_u = 51,979 \text{ KN}$$

$$F_y = 248 \text{ MPa}$$

$$\phi = 0,90$$

Se ensaya un perfil: L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8" debido al tamaño, altura de las cerchas y estética se definió este perfil como el mínimo a utilizar.

$$\text{Número de ángulos} = 2$$

$$A_g = 2,32 \text{ cm}^2$$

$$F_y = 248 \text{ MPa}$$

$$\phi = 0,90$$

$$P_u = \phi \times f_y \times A_g$$

$$P_u = 103,56 \text{ kN} > 51,98 \text{ KN } \underline{\text{OK}}$$

Estado límite de fractura

$$P_u = 51,979 \text{ KN}$$

$$F_u = 400 \text{ MPa}$$

$$\phi = 0,75$$

$$U = 0,87 \text{ (Valor asumido considerando que } L = W)$$

$$A_n = 2,32 \text{ cm}^2$$

$$P_u = \phi \times f_u \times A_e$$

$$P_u = 121,10 \text{ kN} > 51,979 \text{ KN } \underline{\text{OK}}$$







5.2.4.3 Diseño del Cordón Superior

Los elementos a compresión se utilizan ampliamente en todo tipo de estructuras, particularmente en los cordones superiores y montantes de cerchas.

El diseño de elementos a compresión está generalmente controlado por el pandeo que presenta el elemento, el cual está influido por su relación de esbeltez y en la cual la ecuación de Euler representa una gran aproximación del comportamiento de las columnas largas.

La longitud efectiva de una columna es la distancia entre sus puntos teóricos de inflexión. El factor de longitud efectiva, K , es el número por el cual se multiplica la longitud no arriostrada de la columna para obtener la longitud efectiva, su magnitud depende de la restricción rotacional en los extremos de la columna y de la resistencia lateral de ésta. En la siguiente tabla se muestran los valores de factores de longitud efectiva para las condiciones de apoyo usualmente utilizadas.

Tabla 14. Factores de longitud efectiva de columnas.

La línea punteada muestra el perfil pandeado de la columna	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
Valor teórico de k	0,50	0,70	1,00	1,00	2,00	2,00
Valores recomendados de k cuando se aproxima a las condiciones ideales	0,65	0,80	1,20	1,00	2,10	2,00
Simbología de la condición de los extremos						
		Rotación impedida	Traslación impedida	Rotación libre	Traslación impedida	Rotación impedida
		Rotación libre	Traslación impedida	Rotación impedida	Traslación libre	Rotación libre
		Rotación libre	Traslación libre	Rotación libre	Traslación libre	Rotación libre

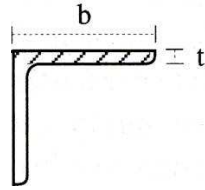
Fuente: B.G. Johnston, F.J. Lin y T.V Galambos. Basic Steel Design, Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1986.

A continuación se describe el diseño bajo el criterio de compresión para el cordón superior de la cercha, se escogen los elementos del cordón superior 23 y 30 ya que con el análisis estructural se demuestra que son los que soportan una mayor fuerza a compresión (véase tabla 8). Nuevamente se hace referencia que las conexiones se asumen soldadas, ya que la longitud del cordón de soldadura no tiene incidencia en el peso propio de la estructura.

Elementos 23 y 30

$P_u = 116,552 \text{ kN}$

Figura 22. Perfil en ángulo



Fuente: Manual de Diseño de Estructuras de Acero Diaco pág. 40.

Se ensaya un perfil: L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/4"

Número de ángulos= 2

Área= 8,88 cm²

b= 1,5 plg

t= 0,25 plg

Area= 4,44 cm²

I= 5,78 cm⁴

x= 1,18 cm

F_y= 248 MPa

K= 1 (Los extremos se consideran articulados)

L= 1,38 m

E= 200000 MPa

φ= 0,85

Área= 8,88 cm²

La sección transversal del perfil utilizado está compuesta por elementos no atiesados, por lo tanto, se debe calcular Q_s.

$$\frac{b}{t} = \frac{1,5 \text{ plg}}{0,25 \text{ plg}} = 6$$

$$\frac{200}{\sqrt{f_y}} = \frac{200}{\sqrt{248}} = 12,70$$

$$\frac{b}{t} < \frac{200}{\sqrt{f_y}} \rightarrow Q_s = 1,0$$

$$I_y = I_y + dx^2 A = (5,78 \text{ cm}^4 + (1,18 \text{ cm} + (\frac{0,25 \text{ plg} \times 2,54}{2}))^2 \times 4,44 \text{ cm}^2) \times 2 = 31,473 \text{ cm}^4$$

$$I_x = I_x + dy^2 A = (5,78 \text{ cm}^4 + (0^2 \times 4,44)) \times 2 = 11,56 \text{ cm}^4$$

$$r_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}} = \sqrt{\frac{11,56 \text{ cm}^4}{8,88 \text{ cm}^2}} = 1,141 \text{ cm}$$

$$r_x = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{31,47 \text{ cm}^4}{8,88 \text{ cm}^2}} = 1,883 \text{ cm}$$

$$\lambda_c = \frac{K \times L}{r \times \pi} \times \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{1 \times 1,38 \text{ m}}{0,0188 \text{ m} \times \pi} \times \sqrt{\frac{248 \text{ MPa}}{200000 \text{ MPa}}} = 1,356 < 1,5 \rightarrow \text{Pand. Inelástico}$$

$$F_r = Q \times (0,658^{0,4 \times \lambda_c^2}) \times F_y = 1,0 \times (0,658^{1,0 \times 1,356^2}) \times 248 \text{ MPa} = 114,91 \text{ MPa}$$

$$\frac{K \times L}{r} = \frac{1 \times 1,38 \text{ m}}{0,0188 \text{ m}} = 120,950 < 200 \rightarrow \text{OK}$$

$P_u = 86,73 \text{ KN} < 116,55 \text{ KN}$ CAMBIAR PERFIL

Luego se ensaya un perfil: L 2" x 2" x 3/16"

Número de ángulos= 2

Área= 9,14 cm²

b= 2 plg

t= 0,188 plg

Area= 4,57 cm²

I= 11,32 cm⁴

x= 1,44 cm

$F_y = 248 \text{ MPa}$

$K = 1$ (Los extremos se consideran articulados)

$L = 1,38 \text{ m}$

$E = 200000 \text{ MPa}$

$\phi = 0,85$

Área= 9,14 cm²

La sección transversal del perfil utilizado está compuesta por elementos no atiesados, por lo tanto, se debe calcular Q_s .

$$\frac{b}{t} = \frac{2 \text{ plg}}{0,19 \text{ plg}} = 10,67$$

$$\frac{200}{\sqrt{f_y}} = \frac{200}{\sqrt{248}} = 12,70$$

$$\frac{b}{t} < \frac{200}{\sqrt{fy}} \rightarrow Q_s = 1,0$$

$$I_y = I_y + dx^2 A = (11,32cm^4 + (1,44cm + (\frac{0,188pg \times 2,54}{2}))^2 \times 4,57cm^2) \times 2 = 48,379cm^4$$

$$I_x = I_x + dy^2 A = (11,32cm^4 + (0^2 \times 4,57)) \times 2 = 22,64cm^4$$

$$r_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}} = \sqrt{\frac{22,64cm^4}{9,14cm^2}} = 1,574cm$$

$$r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{48,38cm^4}{9,14cm^2}} = 2,301cm$$

$$\lambda_c = \frac{K \times L}{r \times \pi} \times \sqrt{\frac{fy}{E}} = \frac{1 \times 1,38m}{0,0157m \times \pi} \times \sqrt{\frac{248MPa}{200000MPa}} = 0,983 < 1,5 \rightarrow \text{Pand. Inelástico}$$

$$Fr = Q \times (0,658^{Q \times \lambda_c^2}) \times Fy = 1,0 \times (0,658^{1,0 \times 0,983^2}) \times 248MPa = 165,53MPa$$

$$\frac{K \times L}{r} = \frac{1 \times 1,38m}{0,0157m} = 87,68 < 200 \rightarrow OK$$

$$Pu = 128,60 \text{ KN} > 116,55 \text{ KN } \underline{OK}$$

5.2.4.4. Diseño de los Montantes

Se realiza el diseño de los montantes más cargados a compresión 36 y 50 (véase tabla 8) y los más largos 42 y 44 (véase tabla 8), y sus conexiones se asumieron soldadas.

$$Pu = \phi \times fr \times Ag$$

Montantes más cargados

Diseño de los elementos 36 y 50

$$Pu = 28,241 \text{ kN}$$

Se ensaya un perfil: 1" x 1" x 1/8"

Número de ángulos = 2

$$Pu = 28,24 \text{ KN}$$

$F_y = 248 \text{ MPa}$
 $K = 1$
 $r_{xx} - r_{yy} = 0,77 \text{ cm}$
 $L = 0,45 \text{ m}$
 $E = 200000 \text{ MPa}$
 $\phi = 0,85$
 $\text{Área} = 2,96 \text{ cm}^2$

Sección no atiesada
 $b = 1 \text{ pg}$
 $t = 0,13 \text{ pg}$
 $\text{Área} = 1,48 \text{ cm}^2$

La sección transversal del perfil utilizado esta compuesta de elementos no atiesados.

$$\frac{b}{t} = \frac{1 \text{ pg}}{0,13 \text{ pg}} = 8,0$$

$$\frac{200}{\sqrt{f_y}} = \frac{200}{\sqrt{248}} = 12,70$$

$$\frac{b}{t} < \frac{200}{\sqrt{f_y}} \rightarrow Q_s = 1,0$$

$$\frac{K \times L}{r} = \frac{1 \times 0,45 \text{ m}}{0,0077 \text{ m}} = 58,44 < 200 \rightarrow OK$$

$$\lambda_c = \frac{K \times L}{r \times \pi} \times \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{1 \times 0,45 \text{ m}}{0,0077 \text{ m} \times \pi} \times \sqrt{\frac{248 \text{ MPa}}{200000 \text{ MPa}}} = 0,655 < 1,5 \rightarrow \text{Pand. Inelástico}$$

$$F_r = Q \times (0,658^{Q \times \lambda_c^2}) \times F_y = 1,0 \times (0,658^{1,0 \times 0,655^2}) \times 248 \text{ MPa} = 207,229 \text{ MPa}$$

$$P_u = \phi \times f_r \times A_g$$

$P_u = 52,14 \text{ KN} > 28,241 \text{ KN}$ OK
 Montantes más largos

Diseño de los elementos 42 y 44

$$P_u = 16,406 \text{ kN}$$

Se ensaya un Perfil: 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8" debido al tamaño, altura de las cerchas y estética se definió este perfil como el mínimo a utilizar.

Sección no atiesada

Número de ángulos= 2

$$P_u = 16,41 \text{ KN}$$

$$F_y = 248 \text{ MPa}$$

$$K = 1$$

$$r_{xx} - r_{yy} = 1,18 \text{ cm}$$

$$L = 2,07 \text{ m}$$

$$E = 200000 \text{ MPa}$$

$$\phi = 0,85$$

$$\text{Área} = 4,64 \text{ cm}^2$$

$$b = 1,5 \text{ pg}$$

$$t = 0,13 \text{ pg}$$

$$\text{Area} = 2,32 \text{ cm}^2$$

$$\frac{b}{t} = \frac{1,5 \text{ pg}}{0,13 \text{ pg}} = 12$$

$$\frac{b}{t} < \frac{200}{\sqrt{f_y}} \rightarrow Q_s = 1,0$$

$$\frac{200}{\sqrt{f_y}} = \frac{200}{\sqrt{248}} = 12,70$$

$$\frac{K \times L}{r} = \frac{1 \times 2,07 \text{ m}}{0,0118 \text{ m}} = 175,424 < 200 \rightarrow OK$$

$$\lambda_c = \frac{K \times L}{r \times \pi} \times \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{1 \times 2,07 \text{ m}}{0,0118 \text{ m} \times \pi} \times \sqrt{\frac{248 \text{ MPa}}{200000 \text{ MPa}}} = 1,966 > 1,5 \rightarrow \text{Pand. Elástico}$$

$$F_r = \left(\frac{0,877}{\lambda_c^2} \right) \times F_y = \left(\frac{0,877}{1,966^2} \right) \times 248 \text{ MPa} = 56,25 \text{ MPa}$$

$$P_u = \phi \times f_r \times A_g$$

$$P_u = 22,19 \text{ KN} > 16,406 \text{ OK}$$

Se escogió el perfil: 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"

5.2.4.5. Diseño de las Correas

$$W_u = (1,2 \times CM \times Sep.Correas) + (1,6 \times CV \times Sep.Correas)$$

$$W_u = (1,2 \times 0,20KN / m^2 \times 1,38m) + (1,6 \times 0,35KN / m^2 \times 1,38m) = 1,104KN / m$$

$$L_b = \frac{5}{3} = 1,67m$$

$$M_u^+ = \frac{W \times L^2}{8} = \frac{1,104KN / m \times 5^2 m}{8} = 3,45KN \cdot m$$

Los perlines para el diseño de correas se escogen con base en el Manual Técnico PERFILAMOS del Cauca S.A. A continuación se muestran las graficas del diseño a flexión con respecto al eje X, para secciones sencillas de perlines, se escogieron solo perfiles en negro ya que los que están en rojo solo se producen bajo pedido.

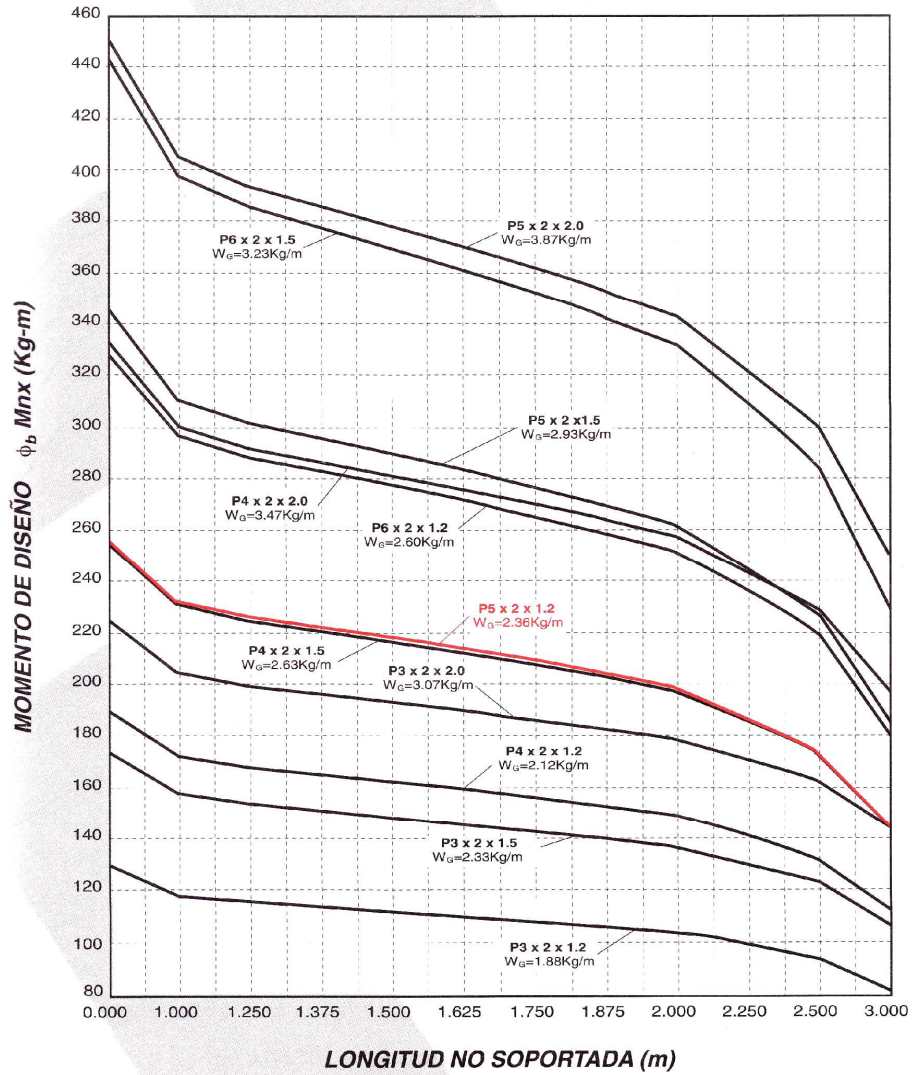
Perfil: P6 2 x 1,5

$$W_G = 3,23 \text{ Kg/m}$$

Figura 23. Diseño a flexión de perlines para correas.



DISEÑO A FLEXION CON RESPECTO AL EJE X
SECCIONES SENCILLAS - PERLINES

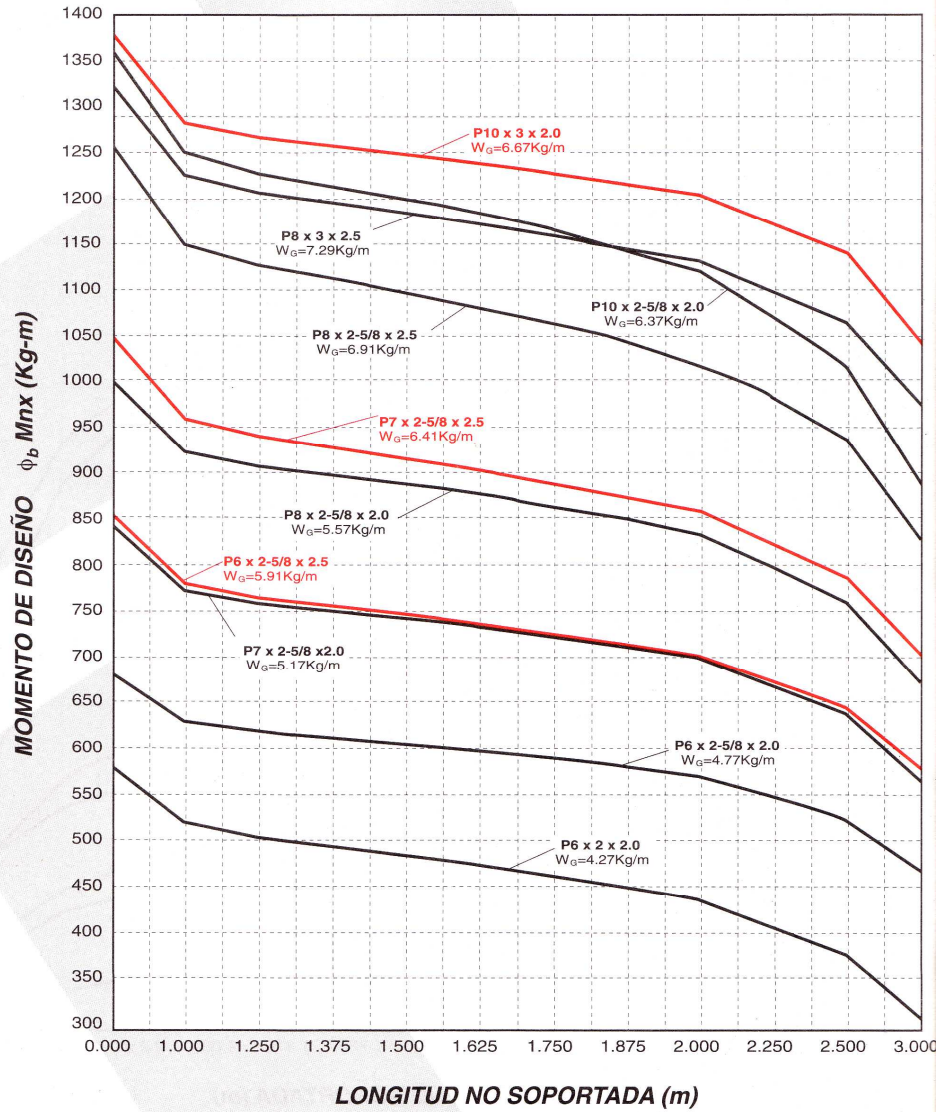


Fuente: PERFILAMOS del cauca S.A. Manual Técnico, 2001.

Figura 24. Diseño a flexión de perlines para correas.



DISEÑO A FLEXION CON RESPECTO AL EJE X
SECCIONES SENCILLAS - PERLINES



Fuente: PERFILAMOS del cauca S.A. Manual Técnico, 2001.

A continuación se muestran las tablas de resumen de los Perfiles que resultaron del primer diseño de cada una de las cubiertas.

Tabla 15. Perfiles de las cerchas de la cubierta 1.

Cordón Inferior	┘┘ 2 Ángulos	L 2" x 2" x 1/8"
Cordón superior	┘┘ 2 Ángulos	L 2" x 2" x 3/16"
Diagonales	┘┘ 2 Ángulos	L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"
Montantes	┘┘ 2 Ángulos	L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"

Tabla 16. Perfiles de las cerchas de la cubierta 2.

Cordón Inferior	┘┘ 2 Ángulos	L 2" x 2" x 1/8"
Cordón superior	┘┘ 2 Ángulos	L 2 1/2" x 2 1/2" x 3/16"
Montantes	┘┘ 2 Ángulos	L 2" x 2" x 1/8"
Diagonales	┘┘ 2 Ángulos	1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"

Tabla 17. Perfiles de las cerchas de la cubierta 3.

Cordón Inferior	┘┘ 2 Ángulos	L 2 1/2" x 2 1/2" x 1/8"
Cordón superior	┘┘ 2 Ángulos	L 2 1/2" x 2 1/2" x 3/16"
Montantes	┘┘ 2 Ángulos	L 2" x 2" x 1/8"
Diagonales	┘┘ 2 Ángulos	L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"

Tabla 18. Perfiles de las cerchas de la cubierta 4.

Cordón Inferior	┘┘ 2 Ángulos	2" x 2" x 1/8"
Cordón superior	┘┘ 2 Ángulos	L 2 1/2" x 2 1/2" x 3/16"
Diagonales	┘┘ 2 Ángulos	L 1" x 1" x 1/8"
Montantes	┘┘ 2 Ángulos	L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"

Tabla 19. Perfiles de las cerchas de la cubierta 5.

Cordón Inferior	┘┘ 2 Ángulos	L 2" x 2" x 1/8"
Cordón superior	┘┘ 2 Ángulos	L 2 1/2" x 2 1/2" x 3/16"
Diagonales	┘┘ 2 Ángulos	L 1" x 1" x 1/8"
Montantes	┘┘ 2 Ángulos	L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"

Tabla 20. Perfiles de las cerchas de la cubierta 6.

Cordón Inferior	┘┘ 2 Ángulos	L 2 1/2" x 2 1/2" x 1/8"
Cordón superior	┘┘ 2 Ángulos	L 2 1/2" x 2 1/2" x 3/16"
Diagonales	┘┘ 2 Ángulos	1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"
Montantes	┘┘ 2 Ángulos	L 2" x 2" x 1/8"

Tabla 21. Perfiles de las cerchas de la cubierta 7.

Cordón Inferior	┘┘ 2 Ángulos	2" x 2" x 1/8"
Cordón superior	┘┘ 2 Ángulos	L 2 1/2" x 2 1/2" x 3/16"
Diagonales	┘┘ 2 Ángulos	1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"
Montantes	┘┘ 2 Ángulos	L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"

Tabla 22. Perfiles de las cerchas de la cubierta 8.

Cordón Inferior	┘┘ 2 Ángulos	2" x 2" x 1/8"
Cordón superior	┘┘ 2 Ángulos	L 2 1/2" x 2 1/2" x 3/16"
Diagonales	┘┘ 2 Ángulos	1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"
Montantes	┘┘ 2 Ángulos	L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"

Tabla 23. Perfiles de las cerchas de la cubierta 9.

Cordón Inferior	┘┘ 2 Ángulos	L 2 1/2" x 2 1/2" x 1/8"
Cordón superior	┘┘ 2 Ángulos	L 2 1/2" x 2 1/2" x 1/4"
Diagonales	┘┘ 2 Ángulos	1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"
Montantes	┘┘ 2 Ángulos	L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"

Tabla 24. Perfiles de las cerchas de la cubierta 10.

Cordón Inferior	┘┘ 2 Ángulos	L 1 1/2" x 1 1/2" x 3/16"
Cordón superior	┘┘ 2 Ángulos	L 2 1/2" x 2 1/2" x 3/16"
Diagonales	┘┘ 2 Ángulos	1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"
Montantes	┘┘ 2 Ángulos	L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"

Tabla 25. Perfiles de las cerchas de la cubierta 11.

Cordón Inferior	┘┘ 2 Ángulos	L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/4"
Cordón superior	┘┘ 2 Ángulos	L 2 1/2" x 2 1/2" x 3/16"
Diagonales	┘┘ 2 Ángulos	L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"
Montantes	┘┘ 2 Ángulos	L 2" x 2" x 1/8"

Tabla 26. Perfiles de las cerchas de la cubierta 12.

Cordón Inferior	┘┘ 2 Ángulos	L 2 1/2" x 2 1/2" x 3/16"
Cordón superior	┘┘ 2 Ángulos	L 2 1/2" x 2 1/2" x 1/4"
Diagonales	┘┘ 2 Ángulos	2" x 2" x 1/8"
Montantes	┘┘ 2 Ángulos	L 2" x 2" x 1/8"

Tabla 27. Perfiles de las cerchas de la cubierta 13.

Cordón Inferior	┘┘ 2 Ángulos	L 1 1/2" x 1 1/2" x 3/16"
Cordón superior	┘┘ 2 Ángulos	L 2 1/2" x 2 1/2" x 3/16"
Diagonales	┘┘ 2 Ángulos	1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"
Montantes	┘┘ 2 Ángulos	L 2" x 2" x 1/8"

Tabla 28. Perfiles de las cerchas de la cubierta 14.

Cordón Inferior	┘┘ 2 Ángulos	L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/4"
Cordón superior	┘┘ 2 Ángulos	L 2 1/2" x 2 1/2" x 1/4"
Diagonales	┘┘ 2 Ángulos	1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"
Montantes	┘┘ 2 Ángulos	L 2" x 2" x 1/8"

Tabla 29. Perfiles de las cerchas de la cubierta 15.

Cordón Inferior	┘ ┘ 2 Ángulos	L 2 1/2" x 2 1/2" x 3/16"
Cordón superior	┘ ┘ 2 Ángulos	L 3" x 3" x 1/4"
Diagonales	┘ ┘ 2 Ángulos	1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"
Montantes	┘ ┘ 2 Ángulos	L 2" x 2" x 1/8"

Tabla 30. Perfiles de las cerchas de la cubierta 16.

Cordón Inferior	┘ ┘ 2 Ángulos	L 1 1/2" x 1 1/2" x 3/16"
Cordón superior	┘ ┘ 2 Ángulos	L 2 1/2" x 2 1/2" x 3/16"
Diagonales	┘ ┘ 2 Ángulos	1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"
Montantes	┘ ┘ 2 Ángulos	L 2" x 2" x 1/8"

Tabla 31. Perfiles de las cerchas de la cubierta 17.

Cordón Inferior	┘ ┘ 2 Ángulos	L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/4"
Cordón superior	┘ ┘ 2 Ángulos	L 2 1/2" x 2 1/2" x 1/4"
Diagonales	┘ ┘ 2 Ángulos	1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"
Montantes	┘ ┘ 2 Ángulos	L 2" x 2" x 1/8"

Tabla 32. Perfiles de las cerchas de la cubierta 18.

Cordón Inferior	┘ ┘ 2 Ángulos	2 1/2" x 2 1/2" x 3/16"
Cordón superior	┘ ┘ 2 Ángulos	L 3" x 3" x 1/4"
Diagonales	┘ ┘ 2 Ángulos	1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"
Montantes	┘ ┘ 2 Ángulos	L 2" x 2" x 1/8"

5.2.5 Estimación del Peso Propio a partir del Primer Diseño

De acuerdo con el primer diseño de las 18 cubiertas se estima el valor del peso propio en Kg. de cada una de ellas sabiendo que en el ámbito comercial las cubiertas metálicas se cobran en kilos. Éste valor incluye el peso de las cerchas, correas, entramado, tirantes, tensores, contravientos, riostras y cartelas. A continuación se muestran las tablas donde se especifican estos valores.

Tabla 33. Estimación del peso propio cubierta 1.

ITEM	DESCRIPCION	PERFIL	PESO (Kg/m)	CANTIDAD	LONGITUD (mm)	PESO TOTAL (Kg)
1	Cercha CH-1	-	429	7	20000	3002
2	Correas C-1	P6 x 2 x 1,5	3,23	108	5000	1744
3	Entramado E-1	L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"	1,83	24	1380	61
4	Tirantes T-1	L 1" x 1" x 1/8"	1,19	144	1380	236
5	Tirantes T-2	L 1" x 1" x 1/8"	1,19	24	230	7
6	Tensores TS-1	φ 3/8"	0,56	24	2164	29
7	Contravientos Cv-1	φ 5/8"	1,56	16	7448	186
8	Contravientos Cv-2	φ 3/8"	1,56	16	6641	166
9	Riostras R-1	L 2 1/2" x 2 1/2" x 3/16"	4,57	12	5520	303
10	Cartelas	PL 250 x 200 x 3/16"	1,875	238	-	446
Total						6179

$$Area = 20m \times 30m = 600m^2$$

$$Peso.propio = \frac{6179kg}{600m^2} = 10,30Kg / m^2$$

Tabla 34. Estimación del peso propio cubierta 2.

ITEM	DESCRIPCION	PERFIL	PESO (Kg/m)	CANTIDAD	LONGITUD (mm)	PESO TOTAL (Kg)
1	Cercha CH-1	-	493	6	20000	2958
2	Correas C-1	P6 x 2 - 5/8 x 2	4,77	90	6000	2576
3	Entramado E-1	L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"	1,83	20	1380	51
4	Tirantes T-1	L 1" x 1" x 1/8"	1,19	120	1380	197
5	Tirantes T-2	L 1" x 1" x 1/8"	1,19	20	230	5
6	Tensores TS-1	φ 3/8"	0,56	20	2430	27
7	Contravientos Cv-1	φ 5/8"	1,56	12	8153	153
8	Contravientos Cv-2	φ 5/8"	1,56	12	7423	139
9	Riostras R-1	L 2 1/2" x 2 1/2" x 3/16"	4,57	10	6440	294
10	Cartelas	PL 250 x 200 x 3/16"	1,875	204	-	383
Total						6783

$$Area = 30m \times 20m = 600m^2$$

$$Peso.propio = \frac{6783kg}{600m^2} = 11,30Kg / m^2$$

Tabla 35. Estimación del peso propio cubierta 3.

ITEM	DESCRIPCION	PERFIL	PESO (Kg/m)	CANTIDAD	LONGITUD (mm)	PESO TOTAL (Kg)
1	Cercha CH-1	-	519	5	20000	2593
2	Correas C-1	P8 x 2 - 5/8 x 2	5,57	72	7500	3008
3	Entramado E-1	L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"	1,83	24	1380	61
4	Tirantes T-1	L 1" x 1" x 1/8"	1,19	144	1380	236
5	Tirantes T-2	L 1" x 1" x 1/8"	1,19	24	230	7
6	Tensores TS-1	φ 3/8"	0,56	24	2328	31
7	Contravientos Cv-1	φ 5/8"	1,56	8	9312	116
8	Contravientos Cv-2	φ 5/8"	1,56	8	8680	108
9	Riostras R-1	L 2 1/2" x 2 1/2" x 3/16"	4,57	8	7857	287
10	Cartelas	PL 250 x 200 x 3/16"	1,875	170	-	319
Total						6767

$$Area = 30m \times 20m = 600m^2$$

$$Peso.propio = \frac{6767kg}{600m^2} = 11,28Kg / m^2$$

Tabla 36. Estimación del peso propio cubierta 4.

ITEM	DESCRIPCION	PERFIL	PESO (Kg/m)	CANTIDAD	LONGITUD (mm)	PESO TOTAL (Kg)
1	Cercha CH-1	-	456	7	20000	3193
2	Correas C-1	P6 x 2 x 2,0	4,27	96	5000	2050
3	Entramado E-1	L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"	1,83	24	1500	66
4	Tirantes T-1	L 1" x 1" x 1/8"	1,19	120	1500	214
5	Tirantes T-2	L 1" x 1" x 1/8"	1,19	24	900	26
6	Tensores TS-1	φ 3/8"	0,56	24	2242	30
7	Contravientos Cv-1	φ 5/8"	1,56	16	6727	168
8	Contravientos Cv-2	φ 5/8"	1,56	16	7359	184
9	Riostras R-1	L 2 1/2" x 2 1/2" x 3/16"	4,57	12	5520	303
10	Cartelas	PL 250 x 200 x 3/16"	1,875	210	-	394
Total						6628

$$Area = 20m \times 30m = 600m^2$$

$$Peso.propio = \frac{6626kg}{600m^2} = 11,05Kg / m^2$$

Tabla 37. Estimación del peso propio cubierta 5.

ITEM	DESCRIPCION	PERFIL	PESO (Kg/m)	CANTIDAD	LONGITUD (mm)	PESO TOTAL (Kg)
1	Cercha CH-1	-	456	6	20000	2737
2	Correas C-1	P6 x 2 -5/8 x 2,0	4,77	80	6000	2290
3	Entramado E-1	L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"	1,83	20	1500	55
4	Tirantes T-1	L 1" x 1" x 1/8"	1,19	100	1500	179
5	Tirantes T-2	L 1" x 1" x 1/8"	1,19	20	900	21
6	Tensores TS-1	φ 3/8"	0,56	20	2500	28
7	Contravientos Cv-1	φ 5/8"	1,56	12	7500	140
8	Contravientos Cv-2	φ 5/8"	1,56	12	8072	151
9	Riostras R-1	L 2 1/2" x 2 1/2" x 3/16"	4,57	10	6440	294
10	Cartelas	PL 250 x 200 x 3/16"	1,875	180	-	338
Total						6232

$$Area = 30m \times 20m = 600m^2$$

$$Peso.propio = \frac{6232kg}{600m^2} = 10,39Kg / m^2$$

Tabla 38. Estimación del peso propio cubierta 6.

ITEM	DESCRIPCION	PERFIL	PESO (Kg/m)	CANTIDAD	LONGITUD (mm)	PESO TOTAL (Kg)
1	Cercha CH-1	-	504	5	20000	2522
2	Correas C-1	P8 x 2 - 5/8 x 2,0	5,57	64	7500	2674
3	Entramado E-1	L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"	1,83	24	1500	66
4	Tirantes T-1	L 1" x 1" x 1/8"	1,19	120	1500	214
5	Tirantes T-2	L 1" x 1" x 1/8"	1,19	24	900	26
6	Tensores TS-1	φ 3/8"	0,56	24	2401	32
7	Contravientos Cv-1	φ 5/8"	1,56	8	8746	109
8	Contravientos Cv-2	φ 5/8"	1,56	8	9242	115
9	Riostras R-1	L 2 1/2" x 2 1/2" x 3/16"	4,57	8	7857	287
10	Cartelas	PL 250 x 200 x 3/16"	1,875	150	-	281
Total						6327

$$Area = 30m \times 20m = 600m^2$$

$$Peso.propio = \frac{6327kg}{600m^2} = 10,54Kg / m^2$$

Tabla 39. Estimación del peso propio cubierta 7.

ITEM	DESCRIPCION	PERFIL	PESO (Kg/m)	CANTIDAD	LONGITUD (mm)	PESO TOTAL (Kg)
1	Cercha CH-1	-	442	7	20000	3091
2	Correas C-1	P6 x 2 x 2,0	4,27	84	5000	1793
3	Entramado E-1	L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"	1,83	24	1690	74
4	Tirantes T-1	L 1" x 1" x 1/8"	1,19	96	1690	193
5	Tirantes T-2	L 1" x 1" x 1/8"	1,19	24	1440	41
6	Tensores TS-1	φ 3/8"	0,56	24	2374	32
7	Contravientos Cv-1	φ 5/8"	1,56	16	7121	178
8	Contravientos Cv-2	φ 5/8"	1,56	16	6945	173
9	Riostras R-1	L 2 1/2" x 2 1/2" x 3/16"	4,57	12	5520	303
10	Cartelas	PL 250 x 200 x 3/16"	1,875	182	-	341
Total						6220

$$Area = 20m \times 30m = 600m^2$$

$$Peso.propio = \frac{6220kg}{600m^2} = 10,37Kg / m^2$$

Tabla 40. Estimación del peso propio cubierta 8.

ITEM	DESCRIPCION	PERFIL	PESO (Kg/m)	CANTIDAD	LONGITUD (mm)	PESO TOTAL (Kg)
1	Cercha CH-1	-	442	6	20000	2649
2	Correas C-1	P7 x 2 - 5/8 x 2,0	5,17	70	6000	2171
3	Entramado E-1	L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"	1,83	20	1690	62
4	Tirantes T-1	L 1" x 1" x 1/8"	1,19	80	1690	161
5	Tirantes T-2	L 1" x 1" x 1/8"	1,19	20	1440	34
6	Tensores TS-1	φ 3/8"	0,56	20	2618	29
7	Contravientos Cv-1	φ 5/8"	1,56	12	7855	147
8	Contravientos Cv-2	φ 5/8"	1,56	12	7696	144
9	Riostras R-1	L 2 1/2" x 2 1/2" x 3/16"	4,57	10	6440	315
10	Cartelas	PL 250 x 200 x 3/16"	1,875	156	-	294
Total						5985

$$Area = 30m \times 20m = 600m^2$$

$$Peso.propio = \frac{5985kg}{600m^2} = 9,97Kg / m^2$$

Tabla 41. Estimación del peso propio cubierta 9.

ITEM	DESCRIPCION	PERFIL	PESO (Kg/m)	CANTIDAD	LONGITUD (mm)	PESO TOTAL (Kg)
1	Cercha CH-1	-	531	5	20000	2654
2	Correas C-1	P8 x 2 -5/8 x 2,5	6,91	56	7500	2902
3	Entramado E-1	L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"	1,83	24	1690	74
4	Tirantes T-1	L 1" x 1" x 1/8"	1,19	96	1690	193
5	Tirantes T-2	L 1" x 1" x 1/8"	1,19	24	1440	41
6	Tensores TS-1	φ 3/8"	0,56	24	2524	34
7	Contravientos Cv-1	φ 5/8"	1,56	8	9053	113
8	Contravientos Cv-2	φ 5/8"	1,56	8	8915	111
9	Riostras R-1	L 2 1/2" x 2 1/2" x 3/16"	4,57	8	7857	287
10	Cartelas	PL 250 x 200 x 3/16"	1,875	130	-	244
Total						6653

$$Area = 30m \times 20m = 600m^2$$

$$Peso.propio = \frac{6653kg}{600m^2} = 11,09Kg / m^2$$

Tabla 42. Estimación del peso propio cubierta 10.

ITEM	DESCRIPCION	PERFIL	PESO (Kg/m)	CANTIDAD	LONGITUD (mm)	PESO TOTAL (Kg)
1	Cercha CH-1	-	621	7	25000	4346
2	Correas C-1	P6 x 2 x 1,5	3,23	120	5000	1938
3	Entramado E-1	L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"	1,83	24	1380	61
4	Tirantes T-1	L 1" x 1" x 1/8"	1,19	192	1380	315
5	Tensores TS-1	φ 3/8"	0,56	24	2164	29
6	Contravientos Cv-1	φ 5/8"	1,56	48	6492	486
7	Riostras R-1	L 2 1/2" x 2 1/2" x 3/16"	4,57	12	5750	315
8	Cartelas	PL 250 x 200 x 3/16"	1,875	266	-	499
Total						7989

$$Area = 25m \times 30m = 750m^2$$

$$Peso.propio = \frac{7989kg}{750m^2} = 10,65Kg / m^2$$

Tabla 43. Estimación del peso propio cubierta 11.

ITEM	DESCRIPCION	PERFIL	PESO (Kg/m)	CANTIDAD	LONGITUD (mm)	PESO TOTAL (Kg)
1	Cercha CH-1	-	776	6	25000	4658
2	Correas C-1	P6 x 2 - 5/8 x 2,0	4,77	100	6000	2862
3	Entramado E-1	L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"	1,83	20	1380	51
4	Tirantes T-1	L 1" x 1" x 1/8"	1,19	160	1380	263
5	Tensores TS-1	ϕ 3/8"	0,56	20	2430	27
6	Contravientos Cv-1	ϕ 5/8"	1,56	36	7290	409
7	Riostras R-1	L 2 1/2" x 2 1/2" x 3/16"	4,57	10	6638	303
8	Cartelas	PL 250 x 200 x 3/16"	1,875	228	-	428
						9001

$$Area = 30m \times 25m = 750m^2$$

$$Peso.propio = \frac{9001kg}{750m^2} = 12,00Kg / m^2$$

Tabla 44. Estimación del peso propio cubierta 12.

ITEM	DESCRIPCION	PERFIL	PESO (Kg/m)	CANTIDAD	LONGITUD (mm)	PESO TOTAL (Kg)
1	Cercha CH-1	-	881	5	25000	4404
2	Correas C-1	P8 x 2 - 5/8 x 2,0	5,57	80	7500	3342
3	Entramado E-1	L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"	1,83	24	1380	61
4	Tirantes T-1	L 1" x 1" x 1/8"	1,19	192	1380	315
5	Tensores TS-1	ϕ 3/8"	0,56	24	2328	31
6	Contravientos Cv-1	ϕ 5/8"	1,56	24	8567	321
7	Riostras R-1	L 2 1/2" x 2 1/2" x 3/16"	4,57	8	8020	293
8	Cartelas	PL 250 x 200 x 3/16"	1,875	190	-	356
Total						9123

$$Area = 30m \times 25m = 750m^2$$

$$Peso.propio = \frac{9123kg}{750m^2} = 12,16Kg / m^2$$

Tabla 45. Estimación del peso propio cubierta 13.

ITEM	DESCRIPCION	PERFIL	PESO Kg/m	CANTIDAD	LONGITUD (mm)	PESO TOTAL (Kg)
1	Cercha CH-1	-	644	7	25000	4507
2	Correas C-1	P6" x 2" x 2,0 mm	4,27	120	5000	2562
3	Entramado E-1	L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"	1,83	24	1500	66
4	Tirantes T-1	L 1" x 1" x 1/8"	1,19	168	1500	300
5	Tirantes T-2	L 1" x 1" x 1/8"	1,19	24	440	13
6	Tensores TS-1	φ 3/8"	0,56	24	2242	30
7	Contravientos Cv-1	φ 5/8"	1,56	32	6727	336
8	Contravientos Cv-2	φ 5/8"	1,56	16	6069	151
9	Riostras R-1	L 2 1/2" x 2 1/2" x 3/16"	4,57	12	5750	315
10	Cartelas	PL 250 x 200 x 3/16"	1,875	266	-	499
Total						8779

$$Area = 25m \times 30m = 750m^2$$

$$Peso.propio = \frac{8779kg}{750m^2} = 11,71Kg / m^2$$

Tabla 46. Estimación del peso propio cubierta 14.

ITEM	DESCRIPCION	PERFIL	PESO (Kg/m)	CANTIDAD	LONGITUD (mm)	PESO TOTAL (Kg)
1	Cercha CH-1	-	763	6	25000	4579
2	Correas C-1	P6 x 2 - 5/8 x 2,0	4,77	100	6000	2862
3	Entramado E-1	L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"	1,83	20	1500	55
4	Tirantes T-1	L 1" x 1" x 1/8"	1,19	140	1500	250
5	Tirantes T-2	L 1" x 1" x 1/8"	1,19	20	440	10
6	Tensores TS-1	φ 3/8"	0,56	20	2500	28
7	Contravientos Cv-1	φ 5/8"	1,56	24	7500	281
8	Contravientos Cv-2	φ 5/8"	1,56	12	6916	129
9	Riostras R-1	L 2 1/2" x 2 1/2" x 3/16"	4,57	10	6638	303
10	Cartelas	PL 250 x 200 x 3/16"	1,875	228	-	428
Total						8925

$$Area = 30m \times 25m = 750m^2$$

$$Peso.propio = \frac{8925kg}{750m^2} = 11,90Kg / m^2$$

Tabla 47. Estimación del peso propio cubierta 15.

ITEM	DESCRIPCION	PERFIL	PESO (Kg/m)	CANTIDAD	LONGITUD (mm)	PESO TOTAL (Kg)
1	Cercha CH-1	-	927	5	25000	4637
2	Correas C-1	P8 x 2 - 5/8 x 2,0	5,57	80	7500	3342
3	Entramado E-1	L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"	1,83	24	1500	66
4	Tirantes T-1	L 1" x 1" x 1/8"	1,19	168	1500	300
5	Tirantes T-2	L 1" x 1" x 1/8"	1,19	24	440	13
6	Tensores TS-1	φ 3/8"	0,56	24	2401	32
7	Contravientos Cv-1	φ 5/8"	1,56	16	8746	218
8	Contravientos Cv-2	φ 5/8"	1,56	8	8251	103
9	Riostras R-1	L 2 1/2" x 2 1/2" x 3/16"	4,57	8	8020	293
10	Cartelas	PL 250 x 200 x 3/16"	1,875	190	-	356
Total						9360

$$Area = 30m \times 25m = 750m^2$$

$$Peso.propio = \frac{9360kg}{750m^2} = 12,48Kg / m^2$$

Tabla 48. Estimación del peso propio cubierta 16.

ITEM	DESCRIPCION	PERFIL	PESO Kg/m	CANTIDAD	LONGITUD (mm)	PESO TOTAL (Kg)
1	Cercha CH-1	-	620	7	25000	4338
2	Correas C-1	P6" x 2" x 2,0 mm	4,27	108	5000	2306
3	Entramado E-1	L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"	1,83	24	1690	74
4	Tirantes T-1	L 1" x 1" x 1/8"	1,19	144	1690	290
5	Tirantes T-2	L 1" x 1" x 1/8"	1,19	24	610	17
6	Tensores TS-1	φ 3/8"	0,56	24	2374	32
7	Contravientos Cv-1	φ 5/8"	1,56	32	7121	355
8	Contravientos Cv-2	φ 5/8"	1,56	16	5504	137
9	Riostras R-1	L 2 1/2" x 2 1/2" x 3/16"	4,57	12	5750	315
10	Cartelas	PL 250 x 200 x 3/16"	1,875	238	-	446
Total						8311

$$Area = 25m \times 30m = 750m^2$$

$$Peso.propio = \frac{8311kg}{750m^2} = 11,08Kg / m^2$$

Tabla 49. Estimación del peso propio cubierta 17.

ITEM	DESCRIPCION	PERFIL	PESO (Kg/m)	CANTIDAD	LONGITUD (mm)	PESO TOTAL (Kg)
1	Cercha CH-1	-	739	6	25000	4433
2	Correas C-1	P6 x 2 -5/8 x 2,0	4,77	90	6000	2576
3	Entramado E-1	L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"	1,83	20	1690	62
4	Tirantes T-1	L 1" x 1" x 1/8"	1,19	120	1690	241
5	Tirantes T-2	L 1" x 1" x 1/8"	1,19	20	610	15
6	Tensores TS-1	φ 3/8"	0,56	20	2618	29
7	Contravientos Cv-1	φ 5/8"	1,56	24	7855	294
8	Contravientos Cv-2	φ 5/8"	1,56	12	7206	135
9	Riostras R-1	L 2 1/2" x 2 1/2" x 3/16"	4,57	10	6638	303
10	Cartelas	PL 250 x 200 x 3/16"	1,875	204	-	383
Total						8471

$$Area = 30m \times 25m = 750m^2$$

$$Peso.propio = \frac{8471kg}{750m^2} = 11,29Kg / m^2$$

Tabla 50. Estimación del peso propio cubierta 18.

ITEM	DESCRIPCION	PERFIL	PESO (Kg/m)	CANTIDAD	LONGITUD (mm)	PESO TOTAL (Kg)
1	Cercha CH-1	-	855	5	25000	4275
2	Correas C-1	P8 x 2 -5/8 x 2,5	6,91	72	7500	3731
3	Entramado E-1	L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"	1,83	24	1690	74
4	Tirantes T-1	L 1" x 1" x 1/8"	1,19	144	1690	290
5	Tirantes T-2	L 1" x 1" x 1/8"	1,19	24	610	17
6	Tensores TS-1	φ 3/8"	0,56	24	2524	34
7	Contravientos Cv-1	φ 5/8"	1,56	16	9053	226
8	Contravientos Cv-2	φ 5/8"	1,56	8	7845	98
9	Riostras R-1	L 2 1/2" x 2 1/2" x 3/16"	4,57	8	8020	293
10	Cartelas	PL 250 x 200 x 3/16"	1,875	170	-	319
Total						9357

$$Area = 35m \times 25m = 750m^2$$

$$Peso.propio = \frac{9357kg}{750m^2} = 12,48Kg / m^2$$

5.2.6 Rediseño de las Cubiertas

A partir del primer valor de peso propio obtenido en el diseño de cada cubierta, se procede a remodelar en SAP 2000 V 11.0 ©, licencia de la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga, teniendo como única variación los valores de cargas puntuales debido a la carga muerta, con los nuevos datos arrojados del análisis estructural se realiza el rediseño con el mismo procedimiento expuesto en el numeral 4.4. A continuación se muestran las tablas de resumen de los perfiles que resultaron del primer diseño y el rediseño de cada una de las cubiertas.

Tabla 51. Perfiles de las cerchas de la cubierta 1.

		Primer Diseño	Rediseño
Cordón Inferior	┘ ┘ 2 Ángulos	L 2" x 2" x 1/8"	L 2" x 2" x 1/8"
Cordón superior	┘ ┘ 2 Ángulos	L 2" x 2" x 3/16"	L 2" x 2" x 3/16"
Diagonales	┘ ┘ 2 Ángulos	L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"	L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"
Montantes	┘ ┘ 2 Ángulos	L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"	L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"

Tabla 52. Perfiles de las cerchas de la cubierta 2.

		Primer Diseño	Rediseño
Cordón Inferior	┘ ┘ 2 Ángulos	L 2" x 2" x 1/8"	L 2" x 2" x 1/8"
Cordón superior	┘ ┘ 2 Ángulos	L 2 1/2" x 2 1/2" x 3/16"	L 2 1/2" x 2 1/2" x 3/16"
Montantes	┘ ┘ 2 Ángulos	L 2" x 2" x 1/8"	L 2" x 2" x 1/8"
Diagonales	┘ ┘ 2 Ángulos	L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"	L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"

Tabla 53. Perfiles de las cerchas de la cubierta 3.

		Primer Diseño	Rediseño
Cordón Inferior	┘ ┘ 2 Ángulos	L 2 1/2" x 2 1/2" x 1/8"	L 2 1/2" x 2 1/2" x 1/8"
Cordón superior	┘ ┘ 2 Ángulos	L 2 1/2" x 2 1/2" x 3/16"	L 2 1/2" x 2 1/2" x 3/16"
Montantes	┘ ┘ 2 Ángulos	L 2" x 2" x 1/8"	L 2" x 2" x 1/8"
Diagonales	┘ ┘ 2 Ángulos	L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"	L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"

Tabla 54. Perfiles de las cerchas de la cubierta 4.

		Primer Diseño	Rediseño
Cordón Inferior	┘ ┘ 2 Ángulos	2" x 2" x 1/8"	2" x 2" x 1/8"
Cordón superior	┘ ┘ 2 Ángulos	L 2 1/2" x 2 1/2" x 3/16"	L 2 1/2" x 2 1/2" x 3/16"
Diagonales	┘ ┘ 2 Ángulos	L 1" x 1" x 1/8"	L 1" x 1" x 1/8"
Montantes	┘ ┘ 2 Ángulos	L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"	L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"

Tabla 55. Perfiles de las cerchas de la cubierta 5.

		Primer Diseño	Rediseño
Cordón Inferior	┘ ┘ 2 Ángulos	L 2" x 2" x 1/8"	L 2" x 2" x 1/8"
Cordón superior	┘ ┘ 2 Ángulos	L 2 1/2" x 2 1/2" x 3/16"	L 2 1/2" x 2 1/2" x 3/16"
Diagonales	┘ ┘ 2 Ángulos	L 1" x 1" x 1/8"	L 1" x 1" x 1/8"
Montantes	┘ ┘ 2 Ángulos	L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"	L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"

Tabla 56. Perfiles de las cerchas de la cubierta 6.

		Primer Diseño	Rediseño
Cordón inferior	┘└ 2 Ángulos	L 2 1/2" x 2 1/2" x 1/8"	L 2 1/2" x 2 1/2" x 1/8"
Cordón superior	┘└ 2 Ángulos	L 2 1/2" x 2 1/2" x 3/16"	L 2 1/2" x 2 1/2" x 3/16"
Diagonales	┘└ 2 Ángulos	1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"	1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"
Montantes	┘└ 2 Ángulos	L 2" x 2" x 1/8"	L 2" x 2" x 1/8"

Tabla 57. Perfiles de las cerchas de la cubierta 7.

		Primer Diseño	Rediseño
Cordón inferior	┘└ 2 Ángulos	2" x 2" x 1/8"	2" x 2" x 1/8"
Cordón superior	┘└ 2 Ángulos	L 2 1/2" x 2 1/2" x 3/16"	L 2 1/2" x 2 1/2" x 3/16"
Diagonales	┘└ 2 Ángulos	1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"	1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"
Montantes	┘└ 2 Ángulos	L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"	L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"

Tabla 58. Perfiles de las cerchas de la cubierta 8.

		Primer Diseño	Rediseño
Cordón inferior	┘└ 2 Ángulos	2" x 2" x 1/8"	2" x 2" x 1/8"
Cordón superior	┘└ 2 Ángulos	L 2 1/2" x 2 1/2" x 3/16"	L 2 1/2" x 2 1/2" x 3/16"
Diagonales	┘└ 2 Ángulos	1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"	1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"
Montantes	┘└ 2 Ángulos	L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"	L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"

Tabla 59. Perfiles de las cerchas de la cubierta 9.

		Primer Diseño	Rediseño
Cordón inferior	┘└ 2 Ángulos	L 2 1/2" x 2 1/2" x 1/8"	L 2 1/2" x 2 1/2" x 1/8"
Cordón superior	┘└ 2 Ángulos	L 2 1/2" x 2 1/2" x 3/16"	L 2 1/2" x 2 1/2" x 3/16"
Diagonales	┘└ 2 Ángulos	1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"	1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"
Montantes	┘└ 2 Ángulos	L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"	L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"

Tabla 60. Perfiles de las cerchas de la cubierta 10.

		Primer Diseño	Rediseño
Cordón inferior	┘└ 2 Ángulos	L 1 1/2" x 1 1/2" x 3/16"	L 2 1/2" x 2 1/2" x 1/8"
Cordón superior	┘└ 2 Ángulos	L 2 1/2" x 2 1/2" x 3/16"	L 2 1/2" x 2 1/2" x 3/16"
Diagonales	┘└ 2 Ángulos	1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"	1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"
Montantes	┘└ 2 Ángulos	L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"	L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"

Tabla 61. Perfiles de las cerchas de la cubierta 11.

		Primer Diseño	Rediseño
Cordón inferior	┘└ 2 Ángulos	L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/4"	L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/4"
Cordón superior	┘└ 2 Ángulos	L 2 1/2" x 2 1/2" x 1/4"	L 2 1/2" x 2 1/2" x 1/4"
Diagonales	┘└ 2 Ángulos	L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"	L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"
Montantes	┘└ 2 Ángulos	L 2" x 2" x 1/8"	L 2" x 2" x 1/8"

Tabla 62. Perfiles de las cerchas de la cubierta 12.

		Primer Diseño	Rediseño
Cordón Inferior	┘ ┘ 2 Ángulos	L 2 1/2" x 2 1/2" x 3/16"	L 2 1/2" x 2 1/2" x 3/16"
Cordón superior	┘ ┘ 2 Ángulos	L 2 1/2" x 2 1/2" x 1/4"	L 2 1/2" x 2 1/2" x 1/4"
Diagonales	┘ ┘ 2 Ángulos	2" x 2" x 1/8"	2" x 2" x 1/8"
Montantes	┘ ┘ 2 Ángulos	L 2" x 2" x 1/8"	L 2" x 2" x 1/8"

Tabla 63. Perfiles de las cerchas de la cubierta 13.

		Primer Diseño	Rediseño
Cordón Inferior	┘ ┘ 2 Ángulos	L 1 1/2" x 1 1/2" x 3/16"	L 2 1/2" x 2 1/2" x 1/8"
Cordón superior	┘ ┘ 2 Ángulos	L 2 1/2" x 2 1/2" x 3/16"	L 2 1/2" x 2 1/2" x 3/16"
Diagonales	┘ ┘ 2 Ángulos	1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"	1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"
Montantes	┘ ┘ 2 Ángulos	L 2" x 2" x 1/8"	L 2" x 2" x 1/8"

Tabla 64. Perfiles de las cerchas de la cubierta 14.

		Primer Diseño	Rediseño
Cordón Inferior	┘ ┘ 2 Ángulos	L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/4"	L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/4"
Cordón superior	┘ ┘ 2 Ángulos	L 2 1/2" x 2 1/2" x 1/4"	L 2 1/2" x 2 1/2" x 1/4"
Diagonales	┘ ┘ 2 Ángulos	1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"	L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"
Montantes	┘ ┘ 2 Ángulos	L 2" x 2" x 1/8"	L 2" x 2" x 1/8"

Tabla 65. Perfiles de las cerchas de la cubierta 15.

		Primer Diseño	Rediseño
Cordón Inferior	┘ ┘ 2 Ángulos	L 2 1/2" x 2 1/2" x 3/16"	L 2 1/2" x 2 1/2" x 3/16"
Cordón superior	┘ ┘ 2 Ángulos	L 2 1/2" x 2 1/2" x 1/4"	L 2 1/2" x 2 1/2" x 1/4"
Diagonales	┘ ┘ 2 Ángulos	1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"	L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"
Montantes	┘ ┘ 2 Ángulos	L 2" x 2" x 1/8"	L 2" x 2" x 1/8"

Tabla 66. Perfiles de las cerchas de la cubierta 16.

		Primer Diseño	Rediseño
Cordón Inferior	┘ ┘ 2 Ángulos	L 1 1/2" x 1 1/2" x 3/16"	L 2 1/2" x 2 1/2" x 1/8"
Cordón superior	┘ ┘ 2 Ángulos	L 2 1/2" x 2 1/2" x 3/16"	L 2 1/2" x 2 1/2" x 3/16"
Diagonales	┘ ┘ 2 Ángulos	1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"	L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"
Montantes	┘ ┘ 2 Ángulos	L 2" x 2" x 1/8"	L 2" x 2" x 1/8"

Tabla 67. Perfiles de las cerchas de la cubierta 17.

		Primer Diseño	Rediseño
Cordón Inferior	┘ ┘ 2 Ángulos	L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/4"	L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/4"
Cordón superior	┘ ┘ 2 Ángulos	L 2 1/2" x 2 1/2" x 1/4"	L 2 1/2" x 2 1/2" x 1/4"
Diagonales	┘ ┘ 2 Ángulos	1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"	L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"
Montantes	┘ ┘ 2 Ángulos	L 2" x 2" x 1/8"	L 2" x 2" x 1/8"

Tabla 68. Perfiles de las cerchas de la cubierta 18.

		Primer Diseño	Rediseño
Cordón inferior	┘└ 2 Ángulos	L 2 1/2" x 2 1/2" x 3/16	L 2 1/2" x 2 1/2" x 3/16
Cordón superior	┘└ 2 Ángulos	L 3" x 3" x 1/4"	L 3" x 3" x 1/4"
Diagonales	┘└ 2 Ángulos	L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"	L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"
Montantes	┘└ 2 Ángulos	L 2" x 2" x 1/8"	L 2" x 2" x 1/8"

5.2.7 Estimación del Peso Propio a partir del Rediseño

Después de realizar el rediseño de las 18 cubiertas se encuentra que solo el cordón inferior de las cubiertas 13 y 16, tuvo que cambiarse. Luego se estima el valor del peso propio real de estas, en éste se incluye: el valor del peso en Kg de las cerchas, correas, entramado, tirantes, tensores, contravientos, riostras y cartelas. A continuación se muestran las tablas donde se especifican estos valores.

Tabla 69. Estimación del peso propio real cubierta 10.

ITEM	DESCRIPCION	PERFIL	PESO (Kg/m)	CANTIDAD	LONGITUD (mm)	PESO TOTAL (Kg)
1	Cercha CH-1	-	642	7	25000	4493
2	Correas C-1	P6 x 2 x 1,5	3,23	120	5000	1938
3	Entramado E-1	L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"	1,83	24	1380	61
4	Tirantes T-1	L 1" x 1" x 1/8"	1,19	192	1380	315
5	Tensores TS-1	ϕ 3/8"	0,56	24	2164	29
6	Contravientos Cv-1	ϕ 5/8"	1,56	48	6492	486
7	Riostras R-1	L 2 1/2" x 2 1/2" x 3/16"	4,57	12	5750	315
8	Cartelas	PL 250 x 200 x 3/16"	1,875	266	-	499
Total						8136

$$Area = 25m \times 30m = 750m^2$$

$$Peso.propio = \frac{8136kg}{750m^2} = 10,85Kg / m^2$$

Tabla 70. Estimación del peso propio real cubierta 13.

ITEM	DESCRIPCION	PERFIL	PESO (Kg/m)	CANTIDAD	LONGITUD (mm)	PESO TOTAL (Kg)
1	Cercha CH-1	-	665	7	25000	4654
2	Correas C-1	P6 x 2 x 2,0	4,27	120	5000	2562
3	Entramado E-1	L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"	1,83	24	1500	66
4	Tirantes T-1	L 1" x 1" x 1/8"	1,19	168	1500	300
5	Tirantes T-2	L 1" x 1" x 1/8"	1,19	24	440	13
6	Tensores TS-1	φ 3/8"	0,56	24	2242	30
7	Contravientos Cv-1	φ 5/8"	1,56	32	6727	336
8	Contravientos Cv-2	φ 5/8"	1,56	16	6069	151
9	Riostras R-1	L 2 1/2" x 2 1/2" x 3/16"	4,57	12	5750	315
10	Cartelas	PL 250 x 200 x 3/16"	1,875	266	-	499
Total						8926

$$Area = 25m \times 30m = 750m^2$$

$$Peso.propio = \frac{8926kg}{750m^2} = 11,90Kg / m^2$$

Tabla 71. Estimación del peso propio real cubierta 16.

ITEM	DESCRIPCION	PERFIL	PESO (Kg/m)	CANTIDAD	LONGITUD (mm)	PESO TOTAL (Kg)
1	Cercha CH-1	-	682	7	25000	4772
2	Correas C-1	P6 x 2 x 2,0	4,27	108	5000	2306
3	Entramado E-1	L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"	1,83	24	1690	74
4	Tirantes T-1	L 1" x 1" x 1/8"	1,19	144	1690	290
5	Tirantes T-2	L 1" x 1" x 1/8"	1,19	24	610	17
6	Tensores TS-1	φ 3/8"	0,56	24	2374	32
7	Contravientos Cv-1	φ 5/8"	1,56	32	7121	355
8	Contravientos Cv-2	φ 5/8"	1,56	16	5504	137
9	Riostras R-1	L 2 1/2" x 2 1/2" x 3/16"	4,57	12	5750	315
10	Cartelas	PL 250 x 200 x 3/16"	1,875	238	-	446
Total						8745

$$Area = 25m \times 30m = 750m^2$$

$$Peso.propio = \frac{8745kg}{750m^2} = 11,66Kg / m^2$$

5.3 TERCERA ETAPA

En esta última fase del trabajo se realiza el análisis de los datos arrojados por el proceso de diseño y rediseño de las cubiertas. Se presenta una tabla con los datos de peso propio de las cubiertas y una tabla con el porcentaje con que influye cada uno de los elementos que las conforman. También Mediante gráficas se exponen los valores obtenidos analizando la variación del peso propio de acuerdo con las variables planteadas.

5.3.1 Peso Propio Real de las Cubiertas

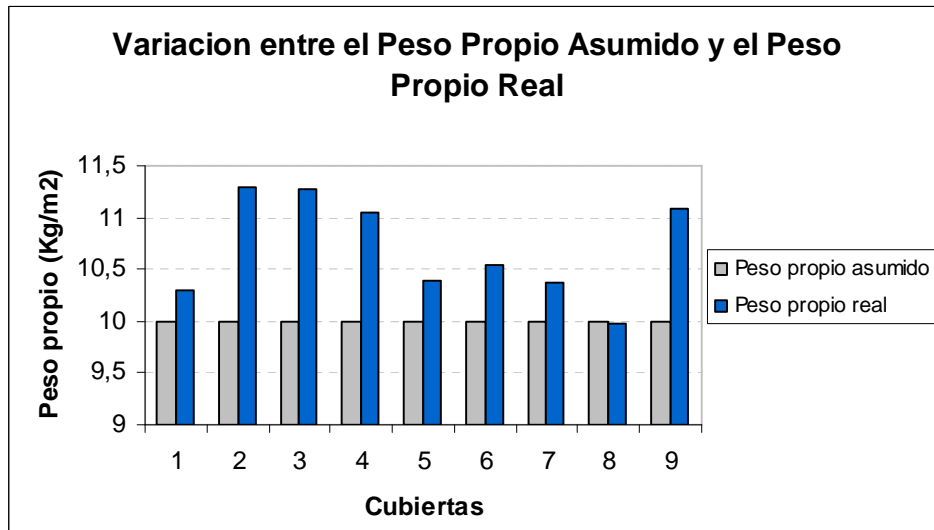
A continuación se muestra la comparación entre el peso propio asumido para el primer diseño, el peso propio obtenido en el diseño y el peso propio real después de realizar el rediseño.

Tabla 72. Comparación del peso propio asumido, peso propio del primer diseño y peso propio real.

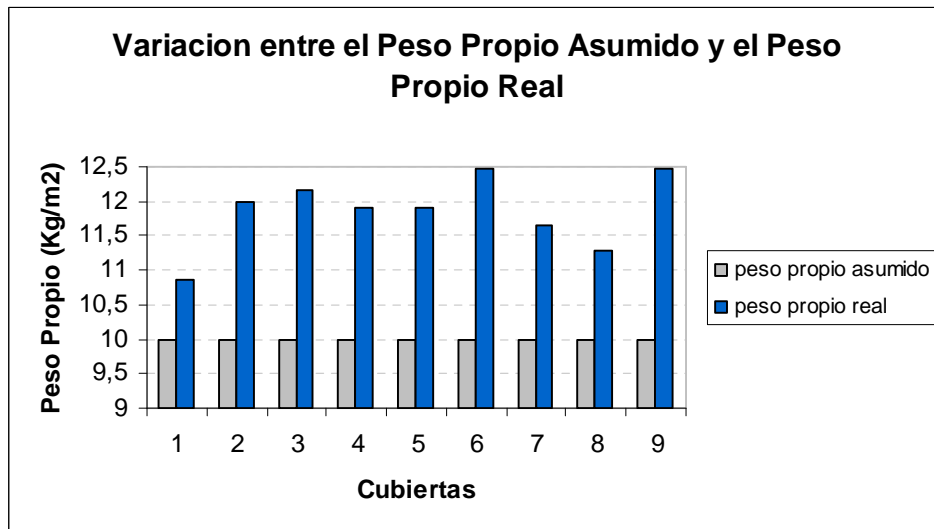
Cubierta	Peso propio asumido (Kg/m ²)	Peso propio primer diseño (Kg/m ²)	Peso propio real (Kg/m ²)	Porcentaje de aumento del peso propio (%)
1	10	10,30	10,30	3
2	10	11,30	11,30	13
3	10	11,28	11,28	13
4	10	11,05	11,05	11
5	10	10,39	10,39	4
6	10	10,54	10,54	5
7	10	10,37	10,37	4
8	10	9,97	9,97	0
9	10	11,09	11,09	11
10	10	10,65	10,85	9
11	10	12,00	12,00	20
12	10	12,16	12,16	22
13	10	11,71	11,90	19
14	10	11,90	11,90	19
15	10	12,48	12,48	25
16	10	11,08	11,66	17
15	10	11,29	11,29	13
18	10	12,48	12,48	25

Para el primer diseño de las cubiertas se asumió un peso propio de 10 Kg/m² para todas las cubiertas, luego de estimar el primer valor de peso propio se encontró una variación en dicho valor por lo que se procedió a rediseñar las cubiertas y así determinar el peso propio real de la estructura. En las siguientes graficas se muestra la variación entre el peso propio asumido y el peso propio real.

Grafica 1. Variación entre el peso propio asumido y el peso propio rea (cubiertas 1 – 9).



Grafica 2. Variación entre el peso propio asumido y el peso propio real (cubiertas 10 – 18).



A continuación se muestra la base de datos con el peso propio real de cada una de las cubiertas.

Tabla 73. Peso propio real de las 18 cubiertas.

Cubierta	Luz (m)	Separación cerchas (m)	Separación correas (m)	Peso propio real (Kg/m2)
1	20	5	1,38	10,30
2		6		11,30
3		7,5		11,28
4	20	5	1,50	11,05
5		6		10,39
6		7,5		10,54
7	20	5	1,69	10,37
8		6		9,97
9		7,5		11,09
10	25	5	1,38	10,85
11		6		12,00
12		7,5		12,16
13	25	5	1,50	11,90
14		6		11,90
15		7,5		12,48
16	25	5	1,69	11,66
15		6		11,29
18		7,5		12,48

5.3.2 Porcentaje de Peso Aportado por cada Elemento a las Cubiertas

En las siguientes tablas se muestra en porcentaje que tanto aporta cada elemento de la cubierta al peso total de la misma.

Tabla 74. Porcentaje que aporta cada elemento cubierta 1.

ITEM	DESCRIPCIÓN	PESO TOTAL (Kg)	% DE PESO
1	Cercha CH-1	3002	48,6
2	Correas C-1	1744	28,2
3	Entramado E-1	61	1,0
4	Tirantes T-1	236	3,8
5	Tirantes T-2	7	0,1
6	Tensores TS-1	29	0,5
7	Contravientos Cv-1	186	3,0
8	Contravientos Cv-2	166	2,7
9	Riostras R-1	303	4,9
10	Cartelas	446	7,2
Total		6179	100

Tabla 75. Porcentaje que aporta cada elemento cubierta 2.

ITEM	DESCRIPCION	PESO TOTAL (Kg)	% DE PESO
1	Cercha CH-1	2958	43,6
2	Correas C-1	2576	38,0
3	Entramado E-1	51	0,7
4	Tirantes T-1	197	2,9
5	Tirantes T-2	5	0,1
6	Tensores TS-1	27	0,4
7	Contravientos Cv-1	153	2,3
8	Contravientos Cv-2	139	2,0
9	Riostras R-1	294	4,3
10	Cartelas	383	5,6
Total		6783	100

Tabla 76. Porcentaje que aporta cada elemento cubierta 3.

ITEM	DESCRIPCION	PESO TOTAL (Kg)	% DE PESO
1	Cercha CH-1	2593	38,3
2	Correas C-1	3008	44,5
3	Entramado E-1	61	0,9
4	Tirantes T-1	236	3,5
5	Tirantes T-2	7	0,1
6	Tensores TS-1	31	0,5
7	Contravientos Cv-1	116	1,7
8	Contravientos Cv-2	108	1,6
9	Riostras R-1	287	4,2
10	Cartelas	319	4,7
Total		6767	100

Tabla 77. Porcentaje que aporta cada elemento cubierta 4.

ITEM	DESCRIPCION	PESO TOTAL (Kg)	% DE PESO
1	Cercha CH-1	2765	48,2
2	Correas C-1	2050	30,9
3	Entramado E-1	66	1,0
4	Tirantes T-1	214	3,2
5	Tirantes T-2	26	0,4
6	Tensores TS-1	30	0,5
7	Contravientos Cv-1	168	2,5
8	Contravientos Cv-2	184	2,8
9	Riostras R-1	303	4,6
10	Cartelas	394	5,9
Total		6199	100

Tabla 78. Porcentaje que aporta cada elemento cubierta 5.

ITEM	DESCRIPCION	PESO TOTAL (Kg)	% DE PESO
1	Cercha CH-1	2737	43,9
2	Correas C-1	2290	36,7
3	Entramado E-1	55	0,9
4	Tirantes T-1	179	2,9
5	Tirantes T-2	21	0,3
6	Tensores TS-1	28	0,4
7	Contravientos Cv-1	140	2,3
8	Contravientos Cv-2	151	2,4
9	Riostras R-1	294	4,7
10	Cartelas	338	5,4
Total		6232	100

Tabla 79. Porcentaje que aporta cada elemento cubierta 6.

ITEM	DESCRIPCION	PESO TOTAL (Kg)	% DE PESO
1	Cercha CH-1	2522	39,9
2	Correas C-1	2674	42,3
3	Entramado E-1	66	1,0
4	Tirantes T-1	214	3,4
5	Tirantes T-2	26	0,4
6	Tensores TS-1	32	0,5
7	Contravientos Cv-1	109	1,7
8	Contravientos Cv-2	115	1,8
9	Riostras R-1	287	4,5
10	Cartelas	281	4,4
Total		6327	100

Tabla 80. Porcentaje que aporta cada elemento cubierta 7.

ITEM	DESCRIPCION	PESO TOTAL (Kg)	% DE PESO
1	Cercha CH-1	3091	49,7
2	Correas C-1	1793	28,8
3	Entramado E-1	74	1,2
4	Tirantes T-1	193	3,1
5	Tirantes T-2	41	0,7
6	Tensores TS-1	32	0,5
7	Contravientos Cv-1	178	2,9
8	Contravientos Cv-2	173	2,8
9	Riostras R-1	303	4,9
10	Cartelas	341	5,5
Total		6220	100

Tabla 81. Porcentaje que aporta cada elemento cubierta 8.

ITEM	DESCRIPCION	PESO TOTAL (Kg)	% DE PESO
1	Cercha CH-1	2649	44,3
2	Correas C-1	2171	36,3
3	Entramado E-1	62	1,0
4	Tirantes T-1	161	2,7
5	Tirantes T-2	34	0,6
6	Tensores TS-1	29	0,5
7	Contravientos Cv-1	147	2,5
8	Contravientos Cv-2	144	2,4
9	Riostras R-1	294	4,9
10	Cartelas	293	4,9
Total		5985	100

Tabla 82. Porcentaje que aporta cada elemento cubierta 9.

ITEM	DESCRIPCION	PESO TOTAL (Kg)	% DE PESO
1	Cercha CH-1	2654	39,9
2	Correas C-1	2902	43,6
3	Entramado E-1	74	1,1
4	Tirantes T-1	193	2,9
5	Tirantes T-2	41	0,6
6	Tensores TS-1	34	0,5
7	Contravientos Cv-1	113	1,7
8	Contravientos Cv-2	111	1,7
9	Riostras R-1	287	4,3
10	Cartelas	244	3,7
Total		6653	100

Tabla 83. Porcentaje que aporta cada elemento Cubierta 10.

ITEM	DESCRIPCION	PESO TOTAL (Kg)	% DE PESO
1	Cercha CH-1	4493	55,2
2	Correas C-1	1938	23,8
3	Entramado E-1	61	0,7
4	Tirantes T-1	315	3,9
5	Tensores TS-1	29	0,4
6	Contravientos Cv-1	486	6,0
7	Riostras R-1	315	3,9
8	Cartelas	499	6,1
Total		8136	100

Tabla 84. Porcentaje que aporta cada elemento Cubierta 11.

ITEM	DESCRIPCION	PESO TOTAL (Kg)	% DE PESO
1	Cercha CH-1	4658	54,63
2	Correas C-1	2862	33,57
3	Entramado E-1	51	0,6
4	Tirantes T-1	263	3,08
5	Tensores TS-1	27	0,32
6	Contravientos Cv-1	409	4,8
7	Riostras R-1	303	3,55
8	Cartelas	428	5,02
Total		8526	100

Tabla 85. Porcentaje que aporta cada elemento Cubierta 12.

ITEM	DESCRIPCION	PESO TOTAL (Kg)	% DE PESO
1	Cercha CH-1	4404	48,3
2	Correas C-1	3342	36,6
3	Entramado E-1	61	0,7
4	Tirantes T-1	315	3,5
5	Tensores TS-1	31	0,3
6	Contravientos Cv-1	321	3,5
7	Riostras R-1	293	3,2
8	Cartelas	356	3,9
Total		9123	100

Tabla 86. Porcentaje que aporta cada elemento Cubierta 13.

ITEM	DESCRIPCION	PESO TOTAL (Kg)	% DE PESO
1	Cercha CH-1	4654	52,1
2	Correas C-1	2562	28,7
3	Entramado E-1	66	0,7
4	Tirantes T-1	300	3,4
5	Tirantes T-2	13	0,1
6	Tensores TS-1	30	0,3
7	Contravientos Cv-1	336	3,8
8	Contravientos Cv-2	151	1,7
9	Riostras R-1	315	3,5
10	Cartelas	499	5,6
Total		8926	100

Tabla 87. Porcentaje que aporta cada elemento Cubierta 14.

ITEM	DESCRIPCION	PESO TOTAL (Kg)	% DE PESO
1	Cercha CH-1	4579	51,3
2	Correas C-1	2862	32,1
3	Entramado E-1	55	0,6
4	Tirantes T-1	250	2,8
5	Tirantes T-2	10	0,1
6	Tensores TS-1	28	0,3
7	Contravientos Cv-1	281	3,1
8	Contravientos Cv-2	129	1,5
9	Riostras R-1	303	3,4
10	Cartelas	428	4,8
Total		8925	100

Tabla 88. Porcentaje que aporta cada elemento Cubierta 15.

ITEM	DESCRIPCION	PESO TOTAL (Kg)	% DE PESO
1	Cercha CH-1	4637	49,5
2	Correas C-1	3342	35,7
3	Entramado E-1	66	0,7
4	Tirantes T-1	300	3,2
5	Tirantes T-2	13	0,1
6	Tensores TS-1	32	0,3
7	Contravientos Cv-1	218	2,3
8	Contravientos Cv-2	103	1,1
9	Riostras R-1	293	3,1
10	Cartelas	356	3,8
Total		9360	100

Tabla 89. Porcentaje que aporta cada elemento Cubierta 16.

ITEM	DESCRIPCION	PESO TOTAL (Kg)	% DE PESO
1	Cercha CH-1	4772	54,6
2	Correas C-1	2306	26,4
3	Entramado E-1	74	0,8
4	Tirantes T-1	290	3,3
5	Tirantes T-2	17	0,2
6	Tensores TS-1	32	0,4
7	Contravientos Cv-1	355	4,1
8	Contravientos Cv-2	137	1,6
9	Riostras R-1	315	3,6
10	Cartelas	446	5,1
Total		8745	100

Tabla 90. Porcentaje que aporta cada elemento Cubierta 17.

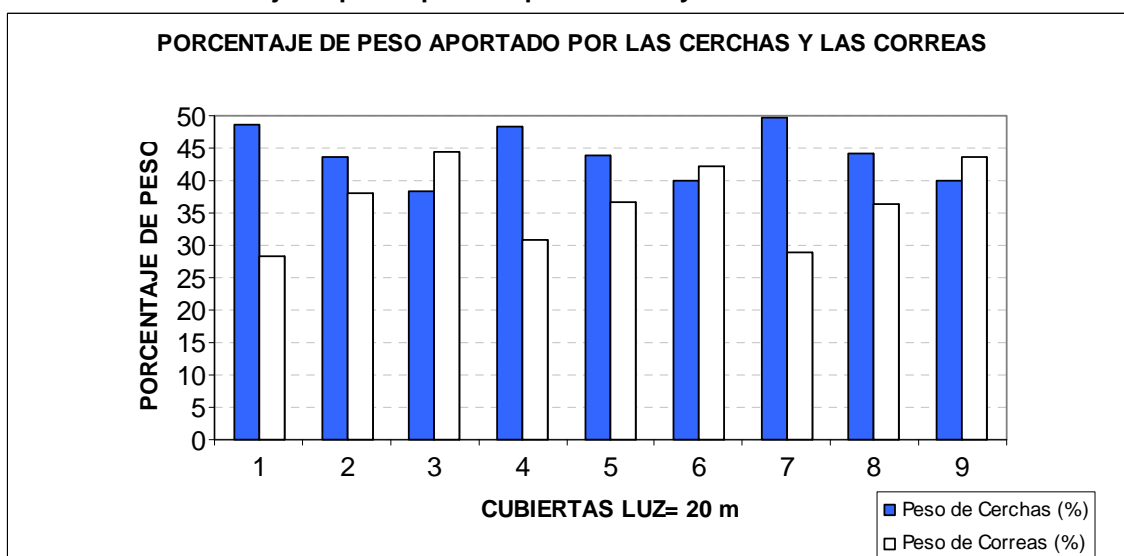
ITEM	DESCRIPCION	PESO TOTAL (Kg)	% DE PESO
1	Cercha CH-1	4433	52,3
2	Correas C-1	2576	30,4
3	Entramado E-1	62	0,7
4	Tirantes T-1	241	2,8
5	Tirantes T-2	15	0,2
6	Tensores TS-1	29	0,3
7	Contravientos Cv-1	294	3,5
8	Contravientos Cv-2	135	1,6
9	Riostras R-1	303	3,6
10	Cartelas	383	4,5
Total		8471	100

Tabla 91. Porcentaje que aporta cada elemento Cubierta 18.

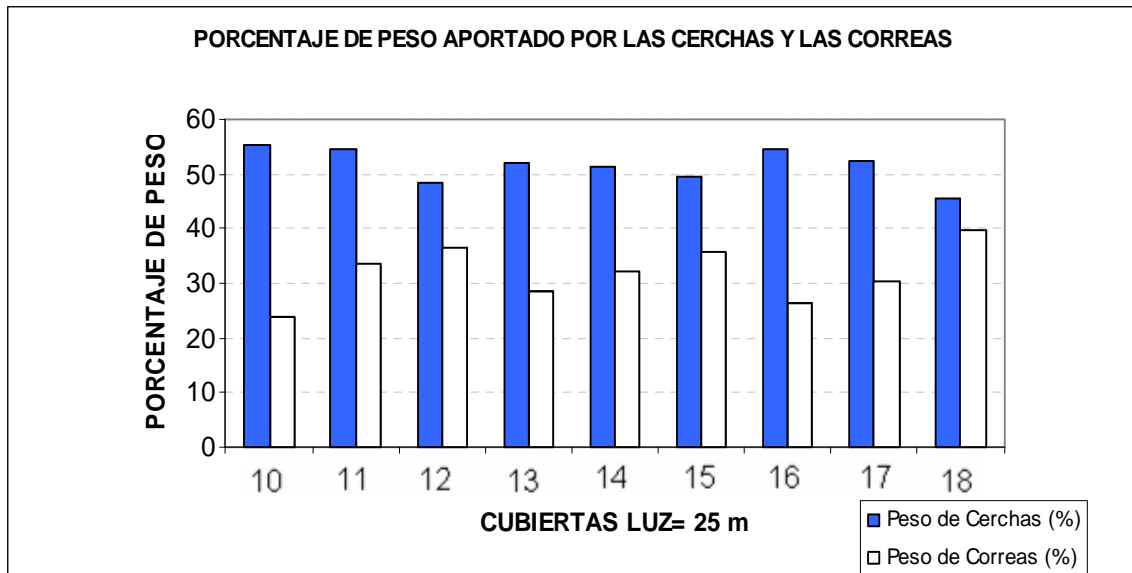
ITEM	DESCRIPCION	PESO TOTAL (Kg)	% DE PESO
1	Cercha CH-1	4275	45,7
2	Correas C-1	3731	39,9
3	Entramado E-1	74	0,8
4	Tirantes T-1	290	3,1
5	Tirantes T-2	17	0,2
6	Tensores TS-1	34	0,4
7	Contravientos Cv-1	226	2,4
8	Contravientos Cv-2	98	1,0
9	Riostras R-1	293	3,1
10	Cartelas	319	3,4
Total		9357	100

Los porcentajes demuestran claramente que las cerchas y las correas son las que aportan un mayor porcentaje al peso total de la cubierta, continuación se muestran las graficas del porcentaje de peso propio de cerchas y correas ya que estas sirven de apoyo en el análisis de la variación del peso propio real versus el peso aportado por las cerchas y correas.

Grafica 3. Porcentaje de peso aportado por cerchas y correas a las cubiertas Luz=20m.



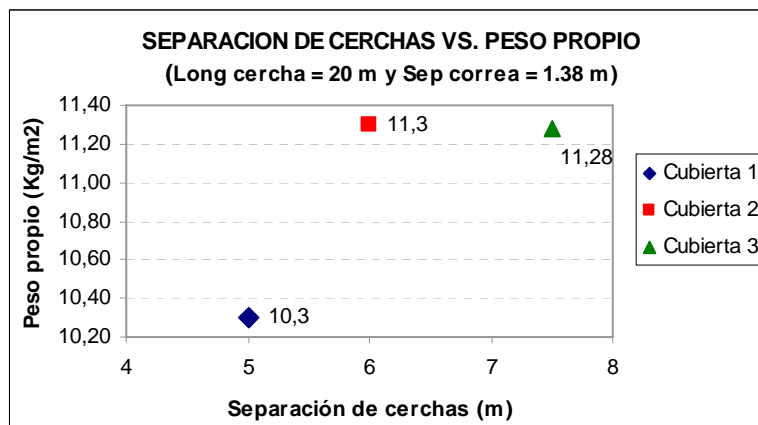
Grafica 4. Porcentaje de peso aportado por cerchas y correas a las cubiertas Luz=25m.



5.3.3 Análisis de la Variación del Peso Propio Real de la Estructura con los Pesos Aportados por Cerchas y Correas

En las siguientes graficas se muestran los valores de separación entre cerchas versus el peso propio real.

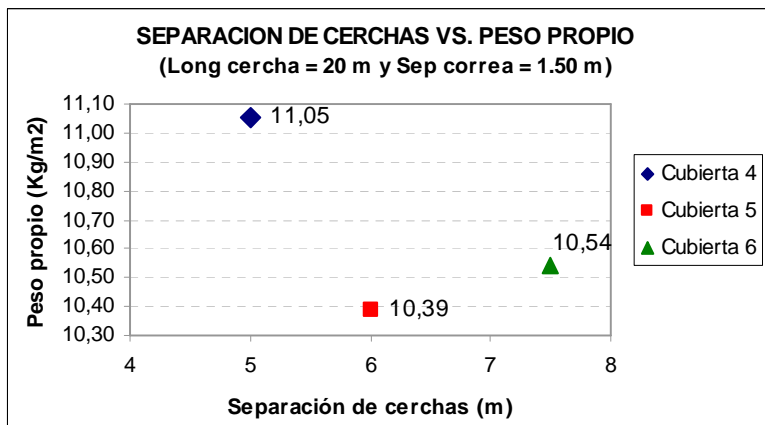
Grafica 5. Separación entre cerchas versus peso propio (cubiertas 1, 2 y 3).



En esta grafica se aprecia que una separación de cerchas de 5 m, es la separación mas optima, es decir, es la que genera el menor peso propio para una longitud de cercha de 20 m y una separación de correas de 1,38 m. Esto se debe

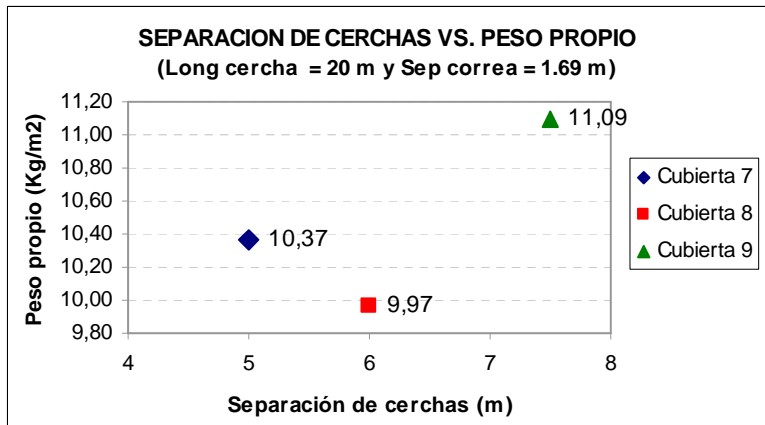
a que con esta separación de cerchas, se obtiene el menor porcentaje del peso total de correas.

Grafica 6. Separación entre cerchas versus peso propio (cubiertas 4, 5 y 6).



En esta grafica se aprecia que una separación de cerchas de 6 m, es la separación mas optima, es decir, es la que genera el menor peso propio para una longitud de cercha de 20 m y una separación de correas de 1,50 m. Esto se debe a que con esta separación de cerchas, se obtiene el menor porcentaje promedio del peso total de cerchas y correas.

Grafica 7. Separación entre cerchas versus peso propio (cubiertas 7, 8 y 9).

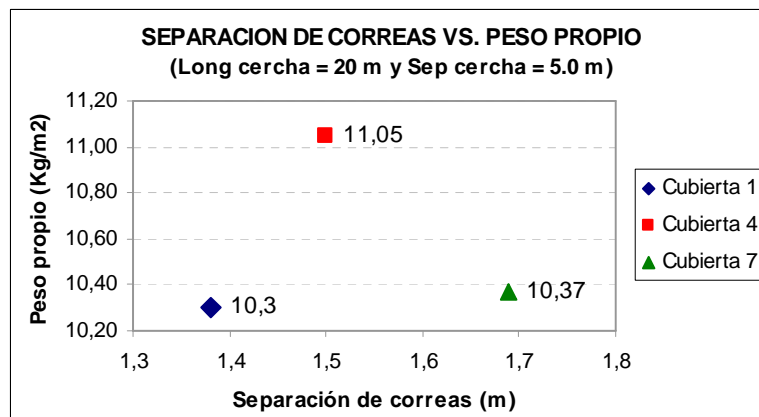


En esta grafica se aprecia que una separación de cerchas de 6 m, es la separación mas optima, es decir, es la que genera el menor peso propio para una longitud de cercha de 20 m y una separación de correas de 1,69 m. Esto se debe a que con esta separación de cerchas, se obtiene el menor porcentaje promedio del peso total de cerchas y correas.

Se puede decir en conclusión, que para cubiertas de 20 m de longitud con separación de correas de 1,50 m y 1,69 m, es recomendable utilizar una separación de cerchas de 6 m. Mientras que para cubiertas de 20 m de longitud con separación de correas de 1,38 m, es recomendable utilizar una separación de cerchas de 5 m.

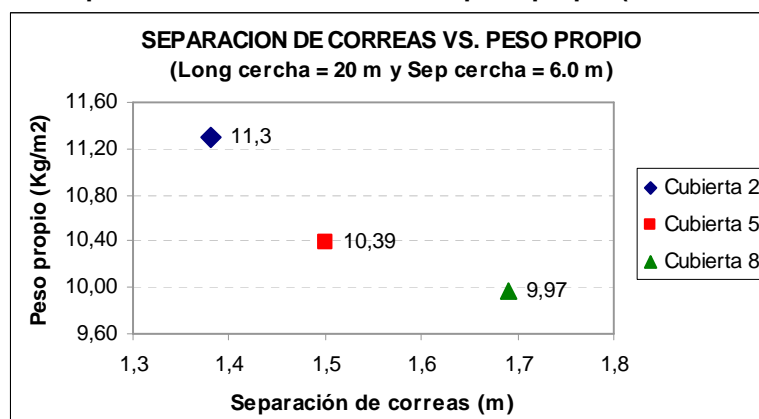
En las siguientes graficas se muestran los valores de separación entre correas versus el peso propio real.

Grafica 8. Separación entre correas versus peso propio (cubiertas 1, 4 y 7).



En esta grafica se aprecia que una separación de correas de 1,38 m, es la separación mas optima, es decir, es la que genera el menor peso propio para una longitud de cercha de 20 m y una separación de cerchas de 5 m. Esto se debe a que con esta separación de correas, se obtiene el menor porcentaje del peso total de correas.

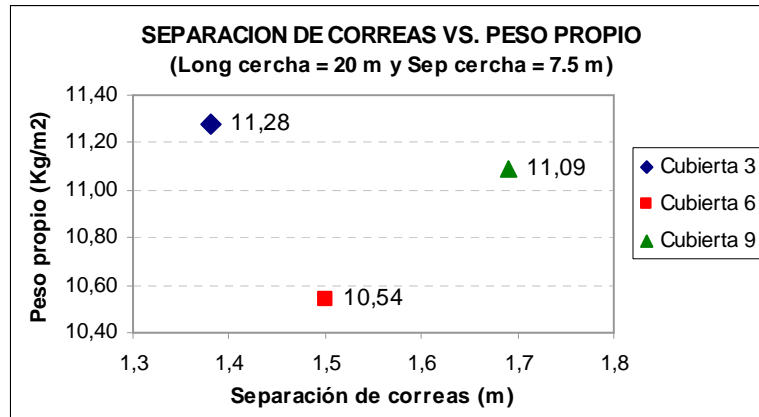
Grafica 9. Separación entre correas versus peso propio (cubiertas 2, 5 y 8).



En esta grafica a diferencia de la anterior, el comportamiento del peso propio tiende a disminuir a medida que aumenta la separación de correas. Se ratifica, que

para una longitud de cercha de 20 m y una separación de cerchas de 6 m, la separación de correas mas optima o que genera el menor peso propio es 1,69 m.

Grafica 10. Separación entre correas versus peso propio (cubiertas 3, 6 y 9).

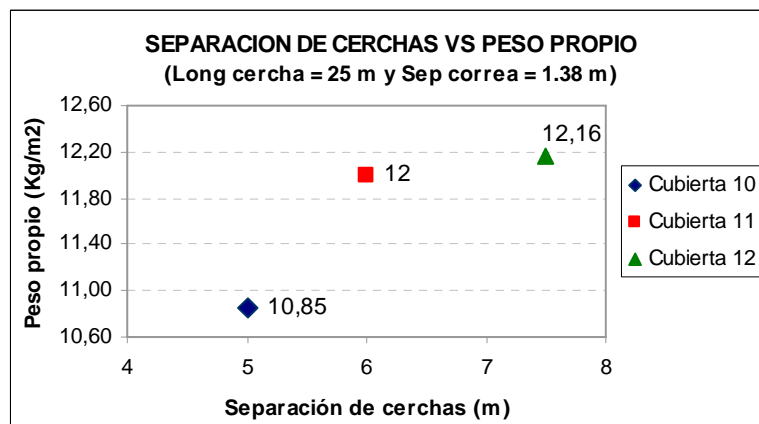


En esta grafica se aprecia que la separación de correas de 1,5 m, es la separación mas optima, es decir, es la que genera el menor peso propio para una longitud de cercha de 20 m y una separación de cerchas de 7.5 m. Esto se debe a que con esta separación de correas, se obtiene el menor porcentaje del peso total de correas.

Se puede decir en conclusión, que para cubiertas de 20 m de longitud con separación de cerchas de 5 m, es recomendable utilizar una separación de correas de 1,38 m, para cubiertas de 20 m de longitud con separación de cerchas de 6 m, es recomendable utilizar una separación de correas de 1,69 m y para cubiertas de 20 m de longitud con separación de cerchas de 7,5 m, una separación de correas de 1,5 m.

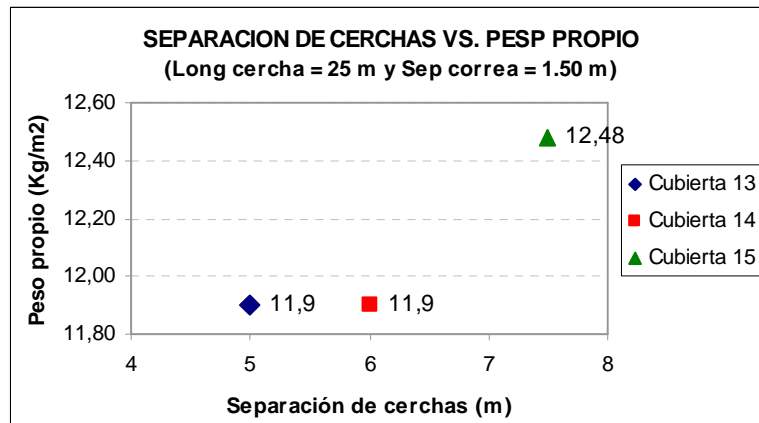
En las siguientes graficas se muestran los valores de separación entre cerchas versus el peso propio real.

Grafica 11. Separación entre cerchas versus peso propio (cubiertas 10, 11 y 12).



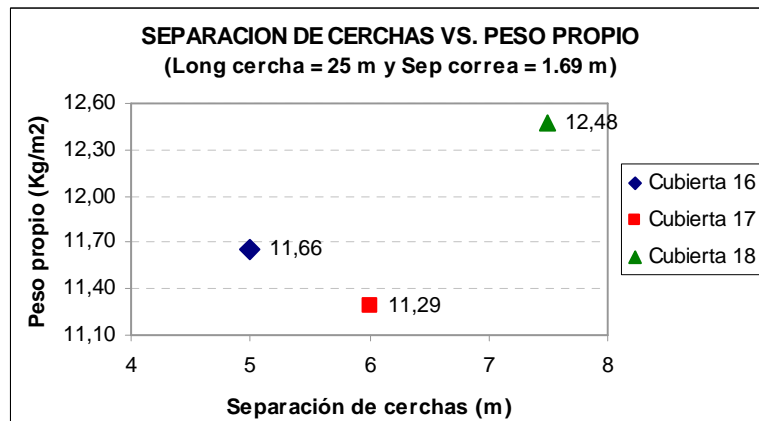
En esta grafica se observa claramente que el comportamiento del peso propio tiende a aumentar a medida que aumenta la separación de cerchas, es decir, la separación de cerchas de 5 m sigue siendo la separación mas optima, para obtener el menor porcentaje del peso total de correas.

Grafica 12. Separación entre cerchas versus peso propio (cubiertas 13, 14 y 15)



En esta grafica se aprecia que tanto una separación de cerchas de 5 m, como de 6 m son separaciones optimas es decir que con estas se genera el menor peso propio para una longitud de 25 m y una separación de correas de 1,5 m, esto se debe a que con los porcentajes de peso aportados por cada elemento son muy similares.

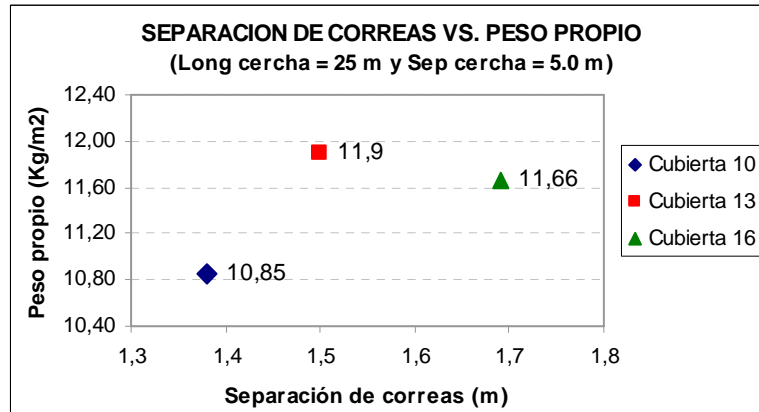
Grafica 13. Separación entre cerchas versus peso propio (cubiertas 16, 17 y 18).



En esta grafica se aprecia que una separación de cerchas de 6 m, es la separación mas optima, es decir, es la que genera el menor peso propio para una longitud de cercha de 25 m y una separación de correas de 1,69 m. Esto se debe a que con esta separación de cerchas, se obtiene el menor porcentaje promedio del peso total de cerchas y correas.

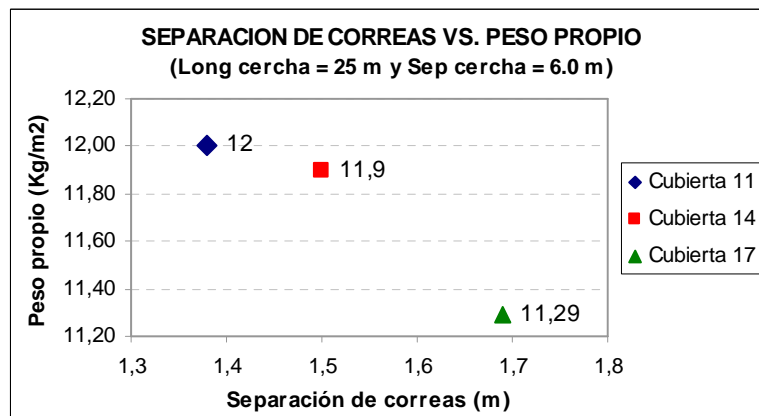
Se puede decir en conclusión, que para cubiertas de 25 m de longitud con separación de correas de 1,38 m y 1,50 m, es recomendable utilizar una separación de cerchas de 5m. Mientras que para cubiertas de 25 m de longitud con separación de correas de 1,69 m, es recomendable utilizar una separación de cerchas de 6 m.

Grafica 14. Separación entre correas versus peso propio (cubiertas 10, 13 y 16).



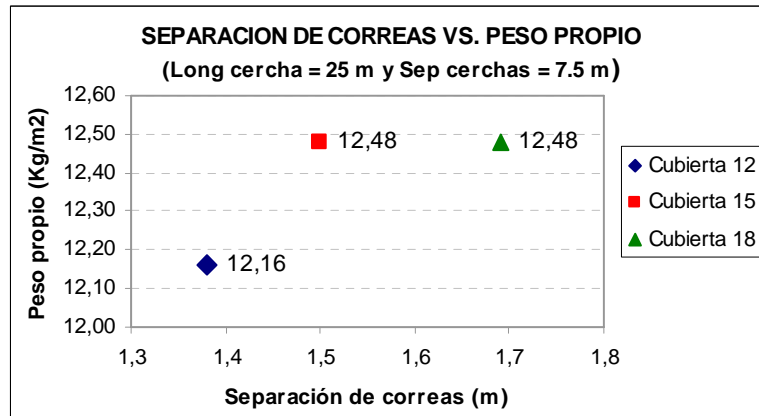
En esta grafica se estima que la separación de correas de 1,38 m, es la separación mas optima, es decir, es la que genera el menor peso propio para una longitud de cercha de 25 m y una separación de cerchas de 5 m. Esto se debe a que con esta separación de correas, se obtiene el menor porcentaje del peso total de correas.

Grafica 15. Separación entre correas versus peso propio (cubiertas 11, 14 y 17).



En esta grafica se observa que la separación de correas de 1,69 m, es la separación mas optima, es decir, es la que genera el menor peso propio para una longitud de cercha de 25 m y una separación de cerchas de 6 m. Esto se debe a que con esta separación de correas, se obtiene el menor porcentaje del peso total de correas.

Grafica 16. Separación entre correas versus peso propio (cubiertas 12, 15 y 18).



En esta grafica se aprecia que la separación de correas de 1,38 m, es la separación mas optima, es decir, es la que genera el menor peso propio para una longitud de cercha de 25 m y una separación de cerchas de 7,5 m. Esto se debe a que con esta separación de correas, se obtiene el menor porcentaje del peso total de correas.

Se puede decir en conclusión, que para cubiertas de 25 m de longitud con separación de cerchas de 5 m y 7,5 m, es recomendable utilizar una separación de correas de 1,38 m, mientras que para cubiertas de 25m de longitud con separación de cerchas de 6 m es recomendable utilizar una separación de correas de 1.69 m.

6. CONCLUSIONES

En el proceso de diseño y rediseño de las cubiertas se encontró que el peso propio asumido tiene una desviación con respecto al peso propio real de la estructura hasta de un 13% para las cubiertas con una longitud de cercha de 20 m y una desviación hasta de un 25% para las cubiertas con una longitud de cercha de 25 m por lo que fue necesario rediseñar cada una de las cubiertas; es aconsejable para cualquier tipo de cubierta verificar el peso propio asumido con el real para determinar si hay necesidad de rediseñar.

El peso propio de las cubiertas analizadas varía entre 9.97 Kg/m^2 y 12.48 Kg/m^2 por lo que se propone para cubiertas con una longitud de cercha de 20 m utilizar un peso propio asumido de 11 Kg/m^2 a 11.5 Kg/m^2 y para cubiertas con una longitud de cercha de 25 m utilizar un peso propio asumido de 12 Kg/m^2 a 12.5 Kg/m^2 .

Al realizar el análisis de porcentaje aportado por cada elemento de la cubierta, se encontró que las cerchas y las correas aportan alrededor del 85% del peso total de la estructura, estos elementos son de vital importancia ya que se busca que la cubierta pese lo menos posible por economía, sabiendo que en el ámbito comercial las cubiertas metálicas se cobran de acuerdo al peso total en kilos.

En las gráficas de la variación del peso propio real versus el peso de cerchas y correas, se observó que regularmente la tendencia del peso propio es aumentar a medida que aumenta la separación de cerchas y correas, sin embargo para cubiertas de 20 m de longitud con separación de correas de 1,50 m y 1,69 m, es recomendable utilizar una separación de cerchas de 6 m. Mientras que para cubiertas de 20 m de longitud con separación de correas de 1,38 m, es recomendable utilizar una separación de cerchas de 5 m, no obstante la longitud comercial de correas es de 6m por lo que en algunos casos puede ser más recomendable. Mientras que para cubiertas de 20 m de longitud con separación de correas de 1,69 m, es recomendable utilizar una separación de cerchas de 6 m,

Para cubiertas de 20 m de longitud con separación de cerchas de 5 m, es recomendable utilizar una separación de correas de 1,38 m, para cubiertas de 20 m de longitud con separación de cerchas de 6 m, una separación de correas de 1,69 m y para cubiertas de 20 m de longitud con separación de cerchas de 7,5 m, una separación de correas de 1,5 m.

Para cubiertas de 25 m de longitud con separación de correas de 1,38 m y 1,50 m, es recomendable utilizar una separación de cerchas de 5m. Mientras que para

cubiertas de 25 m de longitud con separación de correas de 1,69 m, es recomendable utilizar una separación de cerchas de 6 m.

Para cubiertas de 25 m de longitud con separación de cerchas de 5 m y 7,5 m, es recomendable utilizar una separación de correas de 1,38 m, mientras que para cubiertas de 25m de longitud con separación de cerchas de 6 m es recomendable utilizar una separación de correas de 1.69 m.

7. RECOMENDACIONES

- Se propone para cubiertas con una longitud de cercha de 20 m utilizar un peso propio asumido de 11 Kg/m^2 a 11.5 Kg/m^2 y para cubiertas con una longitud de cercha de 25 m utilizar un peso propio asumido de 12 Kg/m^2 a 12.5 Kg/m^2 .
- Para el diseño de cubiertas metálicas de tipo Pratt o Howe o combinaciones entre estas se debe considerar que sus diagonales trabajen a tensión por economía.
- Todo el procedimiento de diseño de las cubiertas esta regido por el sistema internacional (KN/m^2), el análisis del peso propio se muestra en Kg/m^2 debido a que en el ámbito comercial las cubiertas se cobran de acuerdo al peso total en kilos.
- Para cualquier tipo de cubierta es necesario verificar el peso propio asumido con el real para determinar si hay necesidad de rediseñar.
- Con el presente trabajo se busca la conformación de grupos de trabajo que continúen en la ampliación de valores para diferentes tipos de cubiertas, obteniendo así una base de datos más grande y de gran utilidad para el diseño de las mismas.

7. BIBLIOGRAFÍA

- CASTILLO, Mauricio. *Guía para la formulación de proyectos de investigación*. Bogotá: Editorial Alma Mater Magisterio, 2004.
- BORESI, Arthur y SCHMIDT, Richard. *Estática, Ingeniería Mecánica*. México: Editorial Thomson Learning, 2001. págs. 268-272.
- (Industria). Disponible en la página web:
<http://www.industriasmetalicasamerica.com/estructuras.html>
- McCormac, Jack. *Análisis y diseño de estructuras metálicas método LRFD*. México: Editorial Alfaomega, 1991.
- SEGUI, William. *Diseño de Estructuras Metálicas con LRFD*, segunda edición. Editorial Thomson.
- Asociación de Ingeniería Sísmica (AIS). *Norma Colombiana Sismo Resistente 1998 (NSR-98)*.
- *Manual of steel construction, load & resistance factor design (LRFD)*, American Institute of steel, construction, Inc (AISC), 1998.

ANEXO A. DISEÑO FINAL DE LOS ELEMENTOS DE LAS CUBIERTAS

DISEÑO DE LOS ELEMENTOS CUBIERTA 1

DISEÑO DE ELEMENTOS A TENSION

conexiones soldadas

DISEÑO DEL CORDON INFERIOR

ELEMENTOS 4 13

Pu= 111,551 KN

*Estado limite de fluencia:

$$Pu = \phi * fy * Ag$$

Angulo L 2" x 2" x 1/8"

Nº angulos 2

*Estado limite de fractura:

$$Pu = \phi * fu * Ae$$

Pu =	111,55	kN
fy =	248	Mpa
φ =	0,9	

Ag =	3,12	cm ²
fy =	248	Mpa
φ =	0,9	

Pu = 139,28 kN

Pu =	111,55	KN
fu =	400	Mpa
φ =	0,75	
U =	0,87	
An =	3,12	cm ²

Pu = 162,86 kN

DISEÑO DE DIAGONALES

Elementos 52 65

Pu 52,095 kN

*Estado limite de fluencia:

$$Pu = \phi * fy * Ag$$

Angulo L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"

Nº angulos 2

*Estado limite de fractura:

$$Pu = \phi * fu * Ae$$

Pu =	52,10	kN
fy =	248	Mpa
φ =	0,9	

Ag =	2,32	cm ²
fy =	248	Mpa
φ =	0,9	

Pu = 103,56 kN

Pu = 52,10 KN

$f_u =$	400	Mpa
$\phi =$	0,75	
$U =$	0,87	
$A_n =$	2,32	cm ²

$$P_u = 121,10 \text{ kN}$$

DISEÑO DE ELEMENTOS A COMPRESIÓN

DISEÑO DEL MONTANTE

Elementos **36** **50** **MONTANTES MAS CARGADOS**
Pu **28,300** **kN**

Perfil L 1" x 1" x 1/8"
Seccion no atiesada
No perfiles 2

Area 1,48 cm²

$$\frac{b}{t} = \frac{8,00}{200 / F_y^{1/2}} = \frac{12,70}{12,70} \rightarrow Q_s = 1$$

$$\begin{aligned} P_u &= 28,30 \text{ KN} \\ F_y &= 248 \text{ Mpa} \\ K &= 1 \\ r_{xx} - r_{yy} &= 0,77 \text{ cm} \\ L &= 0,45 \text{ m} \\ E &= 200000 \text{ Mpa} \\ \phi &= 0,85 \\ \text{Area} &= 2,96 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$k*L / r_{xx-ryy} = 58,4416 \text{ OK}$$

$$\lambda_c = 0,655 \text{ pand. inelastico}$$

$$F_r = 207,2293 \text{ Mpa}$$

$$P_u = 52,14 \text{ KN}$$

Elementos **42** **44** **MONTANTES MAS LARGOS**
Pu **16,44** **kN**

Perfil L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"
Seccion no atiesada
No perfiles 2

b 1,5 pg
t 0,13 pg
Area 2,32 cm²

$$\frac{b}{t} = \frac{12,00}{200 / F_y^{1/2}} = \frac{12,70}{12,70} \rightarrow Q_s = 1$$

$$\begin{aligned} P_u &= 16,44 \text{ KN} \\ F_y &= 248 \text{ Mpa} \\ K &= 1 \\ r_{xx} - r_{yy} &= 1,18 \text{ cm} \\ L &= 2,07 \text{ m} \\ E &= 200000 \text{ Mpa} \\ \phi &= 0,85 \\ \text{Area} &= 4,64 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$k*L / r_{xx - ryy} = 175,4237 \text{ OK}$$

$$\lambda_c = 1,966298 \text{ pand. elastico}$$

$$F_r = 56,2539 \text{ Mpa}$$

$$P_u = \boxed{22,18654} \text{ KN}$$

Se escoge L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"

DISEÑO DE CORDON SUPERIOR

Elementos 23 30
 P_u 116,55 kN

Perfil L 2" x 2" x 3/16"
 Sección no atiesada
 No perfiles 2

$P_u = 116,55$ KN
 $F_y = 248$ Mpa
 $K = 1$

b 2 pg
 t 0,19 pg
 Area 4,57 cm²
 I 11,32 cm⁴
 x 1,44 cm

L = 1,38 m
 E = 200000 Mpa
 $\phi = 0,85$
 Area = 9,14 cm²

$b/t = 10,67 \rightarrow Q_s = 1$
 $10 / F_y^{1/2} = 12,70$

$I_x = 22,64$ cm⁴
 $I_y = 48,379$ cm⁴
 $r_x = 1,5739$ cm
 $r_y = 2,301$ cm

$$k*L / r = \boxed{87,683} \text{ OK}$$

$$\lambda_c = \boxed{0,983} \text{ pand. inelastico}$$

$$F_r = \boxed{165,53} \text{ Mpa}$$

$$P_u = \boxed{128,60} \text{ KN}$$

UTILIZAR

Cordon Inferior	Tensión	┘ ┘ 2 Angulos	L 2" x 2" x 1/8"
Diagonales	Tensión	┘ ┘ 2 Angulos	L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"
Cordon superior	Compresión	┘ ┘ 2 Angulos	L 2" x 2" x 3/16"
Montantes	Compresión	┘ ┘ 2 Angulos	L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"

Diseño de correas

Separacion correas 1,38 7 espacio 1,38 m
 Separacion cerchas 5 1 espacio 0,23 m
 Separacion tirantes 1,67
 CM= 0,2
 CV= 0,35
 Wu= 1,104 KN/m
 Mu+= 3,45 KN*m
 Lb= 1,67 m

P6" x 2" x 1,5 mm

WG= 3,23 Kg/m

DISEÑO DE LOS ELEMENTOS CUBIERTA 2

DISEÑO DE ELEMENTOS A TENSION

conexiones soldadas

DISEÑO DEL CORDON INFERIOR ELEMENTOS 4 13

Pu= 135,714 KN

*Estado limite de fluencia:

$$Pu = \phi * fy * Ag$$

Angulo L 2" x 2" x 1/8"

Nº angulos 2

*Estado limite de fractura:

$$Pu = \phi * fu * Ae$$

Pu =	135,71	kN
fy =	248	Mpa
f=	0,9	

Ag =	3,12	cm ²
fy =	248	Mpa
φ =	0,9	

Pu =	139,28	kN
------	--------	----

Pu =	135,71	KN
fu =	400	Mpa
φ =	0,75	
U =	0,87	
An =	3,12	cm ²

Pu =	162,86	kN
------	--------	----

DISEÑO DE DIAGONALES

Elementos 52 65
Pu 63,379 kN

*Estado limite de fluencia:

$$Pu = \phi * fy * Ag$$

Angulo L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"

Nº angulos 2

*Estado limite de fractura:

$$Pu = \phi * fu * Ae$$

Pu =	63,38	kN
fy =	248	Mpa
f=	0,9	

Ag =	2,32	cm ²
fy =	248	Mpa
φ =	0,9	

Pu =	103,56	kN
------	--------	----

Pu =	63,38	KN
fu =	400	Mpa

$$P_u = 27,42688 \text{ KN}$$

Se escoge L 2" x 2" x 1/8"

DISEÑO DE CORDON SUPERIOR

Elementos 23 30
 Pu 142,10 kN

Perfil L 2 1/2" x 2 1/2" x 3/16"

Seccion no atiesada

No perfiles 2

Pu = 142,10 KN
 Fy = 248 Mpa
 K = 1

b 2,5 pg
 t 0,19 pg
 Area 5,81 cm²
 I 22,76 cm⁴
 x 1,76 cm

L = 1,38 m
 E = 200000 Mpa
 $\phi = 0,85$
 Area = 11,62 cm²

$$\frac{b}{t} = 13,33 \rightarrow Q_s = 0,98$$

$$200 / F_y^{1/2} = 12,70$$

Ix = 45,52 cm⁴
 Iy = 91,913 cm⁴
 rx = 1,9792 cm
 ry = 2,812 cm

$$k \cdot L / r = 69,724 \text{ OK}$$

$$\lambda_c = 0,782 \text{ pand. inelastic}$$

$$F_r = 189,62 \text{ Mpa}$$

$$P_u = 187,29 \text{ KN}$$

UTILIZAR

Cordon Inferior	Tensión	┘┘ 2 Angulos	L 2" x 2" x 1/8"
Diagonales	Tensión	┘┘ 2 Angulos	1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"
Cordon superior	Compres	┘┘ 2 Angulos	L 2 1/2" x 2 1/2" x 3/16"
Montantes	Compres	┘┘ 2 Angulos	L 2" x 2" x 1/8"

Diseño de correas

Separacion correas 1,38 7 espacios = 1,38 m
 Separacion cerchas 6 1 espacio = 0,23 m
 Separacion tirantes 2,00

CM= 0,2
 CV= 0,35

Wu= 1,104 KN/m
 Mu+= 4,968 KN*m
 Lb= 2,00 m

P6 x 2 - 5/8 x 2

WG= 4,77 Kg/m

$$P_u = 27,42688 \text{ KN}$$

Se escoge L 2" x 2" x 1/8"

DISEÑO DE CORDON SUPERIOR

Elementos 23 30
 Pu 142,10 kN

Perfil L 2 1/2" x 2 1/2" x 3/16"

Seccion no atiesada

No perfiles 2

b 2,5 pg
 t 0,19 pg
 Area 5,81 cm²
 I 22,76 cm⁴
 x 1,76 cm

$$\frac{b}{t} = 13,33 \rightarrow Q_s = 0,98$$

$$200 / F_y^{1/2} = 12,70$$

Pu = 142,10 KN
 Fy = 248 Mpa
 K = 1

L = 1,38 m
 E = 200000 Mpa
 $\phi = 0,85$
 Area = 11,62 cm²

Ix = 45,52 cm⁴
 Iy = 91,913 cm⁴
 rx = 1,9792 cm
 ry = 2,812 cm

$$k \cdot L / r = 69,724 \text{ OK}$$

$$\lambda_c = 0,782 \text{ pand. inelastic}$$

$$F_r = 189,62 \text{ Mpa}$$

$$P_u = 187,29 \text{ KN}$$

UTILIZAR

Cordon Inferior	Tensión	┘┘ 2 Angulos	L 2" x 2" x 1/8"
Diagonales	Tensión	┘┘ 2 Angulos	1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"
Cordon superior	Compres	┘┘ 2 Angulos	L 2 1/2" x 2 1/2" x 3/16"
Montantes	Compres	┘┘ 2 Angulos	L 2" x 2" x 1/8"

Diseño de correas

Separacion correas 1,38 7 espacios = 1,38 m
 Separacion cerchas 6 1 espacio = 0,23 m
 Separacion tirantes 2,00
 CM= 0,2
 CV= 0,35

Wu= 1,104 KN/m
 Mu+= 4,968 KN*m
 Lb= 2,00 m

P6 x 2 - 5/8 x 2

WG= 4,77 Kg/m

DISEÑO DE LOS ELEMENTOS CUBIERTA 3

DISEÑO DE ELEMENTOS A TENSIÓN

conexiones soldadas

DISEÑO DEL CORDON INFERIOR ELEMENTOS 4 13

Pu= 169,718 KN

*Estado limite de fluencia:

$$Pu = \phi * fy * Ag$$

Pu =	169,72	kN
fy =	248	Mpa
φ =	0,9	

Angulo L 2 1/2" x 2 1/2" x 1/8"

Ag =	3,92	cm ²
fy =	248	Mpa
φ =	0,9	

Nº angulos 2

Pu =	174,99	kN
------	--------	----

*Estado limite de fractura:

$$Pu = \phi * fu * Ae$$

Pu =	169,72	kN
fu =	400	Mpa
φ =	0,75	
U =	0,87	

An =	3,92	cm ²
------	------	-----------------

Pu =	204,62	kN
------	--------	----

DISEÑO DE DIAGONALES

Elementos 52 65
Pu 79,229 kN

*Estado limite de fluencia:

$$Pu = \phi * fy * Ag$$

Pu =	79,23	kN
fy =	248	Mpa
φ =	0,9	

Angulo L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"

Ag =	2,32	cm ²
fy =	248	Mpa
φ =	0,9	

angulos 2

Pu =	103,56	kN
------	--------	----

*Estado limite de fractura:

$$Pu = \phi * fu * Ae$$

Pu =	79,23	kN
fu =	400	Mpa

$\phi =$	0,75
U =	0,87

Pu =	121,10	kN
------	--------	----

DISEÑO DE ELEMENTOS A COMPRESIÓN

DISEÑO DEL MONTANTE

Elementos **36** **50** **MONTANTES MAS CARGADOS**
Pu **43,071** **kN**

Perfil L 1" x 1" x 1/8"

Seccion no atiesada

No perfiles 2

b 1 pg
t 0,13 pg
Area 1,48 cm²

b / t = 8,00 → Qs = 1
200 / Fy^{1/2} = 12,70

Pu = 43,07 KN
Fy 248 Mpa
K = 1
rxx - ryy = 0,77 cm
L = 0,45 m
E = 200000 Mpa
 ϕ = 0,85
Area = 2,96 cm²

k*L / rxx-ryy = 58,4416 OK

λc = 0,655 pand. inelastico

Fr = 207,2293 Mpa

Pu = 52,14 KN

Elementos **42** **44** **MONTANTES MAS LARGOS**
Pu **25,02** **kN**

Perfil L 2" x 2" x 1/8"

Seccion no atiesada

No perfiles 2

Area 3,12 cm²

b / t = 16,00 → Qs = 0,91
200 / Fy^{1/2} = 12,70

Pu = 25,02 KN
Fy 248 Mpa
K = 1
rxx - ryy = 1,59 cm
L = 2,07 m
E = 200000 Mpa
 ϕ = 0,85
Area = 6,24 cm²

k*L / rxx - ryy = 130,1887

λc = 1,459265 pand. inelastico

Fr = 102,1370 Mpa

$$P_u = \boxed{54,17344} \text{ KN}$$

Se escoge L 2" x 2" x 1/8"

DISEÑO DE CORDON SUPERIOR

Elementos 23 30
 Pu 177,77 kN

Perfil L 2 1/2" x 2 1/2" x 3/16"

Sección no atiesada

No perfiles 2

$$P_u = 177,77 \text{ KN}$$

$$F_y = 248 \text{ Mpa}$$

$$K = 1$$

b 2,5 pg
 t 0,19 pg
 Area 5,81 cm²
 I 22,76 cm⁴
 x 1,76 cm

$$L = 1,38 \text{ m}$$

$$E = 200000 \text{ Mpa}$$

$$\phi = 0,85$$

$$\text{Area} = 11,62 \text{ cm}^2$$

$$I_x = 45,52 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 91,913 \text{ cm}^4$$

$$r_x = 1,9792 \text{ cm}$$

$$r_y = 2,812 \text{ cm}$$

$$b/t = 13,33 \rightarrow Q_s = 0,98$$

$$200 / F_y^{1/2} = 12,70$$

$$k \cdot L / r = \boxed{69,724} \text{ OK}$$

$$\lambda_c = \boxed{0,782} \text{ pand. inelastico}$$

$$F_r = \boxed{189,62} \text{ Mpa}$$

$$P_u = \boxed{187,29} \text{ KN}$$

UTILIZAR

Cordon Inferior	Tensión	┘ L 2 Angulos	L 2 1/2" x 2 1/2" x 1/8"
Diagonales	Tensión	┘ L 2 Angulos	1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"
Cordon superior	Compresión	┘ L 2 Angulos	L 2 1/2" x 2 1/2" x 3/16"
Montantes	Compresión	┘ L 2 Angulos	L 2" x 2" x 1/8"

Diseño de correas

Separación correas 1,38 7 espacios = 1,38 m
 Separación cerchas 7,5 1 espacio = 0,23 m
 Separación tirantes 1,88

CM= 0,2
 CV= 0,35

Wu= 1,104 KN/m
 Mu+= 7,7625 KN*m
 Lb= 1,88 m

P8 x 2 - 5/8 x 2

WG= 5,57 Kg/m

DISEÑO DE LOS ELEMENTOS CUBIERTA 4

DISEÑO DE ELEMENTOS A TENSIÓN

conexiones soldadas

DISEÑO DEL CORDON INFERIOR ELEMENTOS 4 11

Pu= 112,91 KN

*Estado limite de fluencia:

$$Pu = \phi * fy * Ag$$

Angulo L 2" x 2" x 1/8"

Nº angulos 2

Pu =	112,91	kN
fy =	248	Mpa
φ =	0,9	

Ag =	3,12	cm ²
fy =	248	Mpa
φ =	0,9	

Pu = 139,28 kN

*Estado limite de fractura:

$$Pu = \phi * fu * Ae$$

Pu =	112,91	kN
fu =	400	Mpa
φ =	0,75	
U =	0,87	
An =	3,12	cm ²

Pu = 162,86 kN

DISEÑO DE DIAGONALES

Elementos 44 57
Pu 52,845 kN

*Estado limite de fluencia:

$$Pu = \phi * fy * Ag$$

Angulo L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"

angulos 2

Pu =	52,85	kN
fy =	248	Mpa
φ =	0,9	

Ag =	2,32	cm ²
fy =	248	Mpa
φ =	0,9	

Pu = 103,56 kN

*Estado limite de fractura:

$$Pu = \phi * fu * Ae$$

Pu =	52,85	KN
fu =	400	Mpa
ϕ =	0,75	
U =	0,87	
An =	2,32	cm ²
Pu =	121,10	kN

DISEÑO DE ELEMENTOS A COMPRESIÓN

DISEÑO DEL MONTANTE

Elementos **31** **43** **MONTANTES MAS CARGADOS**
Pu **52,845** **kN**

Perfil L 1" x 1" x 1/8"

Seccion no atiesada

No perfiles 2

b 1 pg
t 0,13 pg
Area 1,48 cm²

b / t = 8,00 → Qs = 1
200 / Fy^{1/2} = 12,70

Pu = 52,85 KN
Fy 248 Mpa
K = 1
rxx - ryy = 0,77 cm
L = 0,57 m
E = 200000 Mpa
 ϕ = 0,85
Area = 2,96 cm²

k*L / rxx-ryy = 74,0260 OK

λc = 0,830 pand. inelastico

Fr = 315,9083 Mpa

Pu = 79,48 KN

Elementos **36** **38** **MONTANTES MAS LARGOS**
Pu **16,12** **kN**

Perfil L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"

Seccion no atiesada

No perfiles 2

b 1,5 pg
t 0,13 pg
Area 2,32 cm²

b / t = 12,00 → Qs = 1
200 / Fy^{1/2} = 12,70

Pu = 16,12 KN
Fy 248 Mpa
K = 1
rxx - ryy = 1,18 cm
L = 2,05 m
E = 200000 Mpa
 ϕ = 0,85
Area = 4,64 cm²

k*L / rxx - ryy = 173,7288 OK

λc = 1,947300 pand. elastico

$$Fr = \boxed{50,7187} \text{ Mpa}$$

$$Pu = \boxed{20,00347} \text{ KN}$$

Escogemos L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"

DISEÑO DE CORDON SUPERIOR

Elementos 19 26
Pu 117,65 kN

$$\begin{aligned} Pu &= 117,65 \text{ KN} \\ Fy &= 248 \text{ Mpa} \\ K &= 1 \end{aligned}$$

Perfil L 2 1/2" x 2 1/2" x 3/16"
Seccion no atiesada
No perfiles 2

$$\begin{aligned} L &= 1,5 \text{ m} \\ E &= 200000 \text{ Mpa} \\ \phi &= 0,85 \\ \text{Area} &= 11,62 \text{ cm}^2 \\ Ix &= 45,52 \text{ cm}^4 \\ Iy &= 91,913 \text{ cm}^4 \\ r_x &= 1,9792 \text{ cm} \\ r_y &= 2,812 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b &= 2,5 \text{ pg} \\ t &= 0,19 \text{ pg} \\ \text{Area} &= 5,81 \text{ cm}^2 \\ I &= 22,76 \text{ cm}^4 \\ x &= 1,76 \text{ cm} \\ b/t &= 13,33 \rightarrow Qs = 0,98 \\ 200 / Fy^{1/2} &= 12,70 \end{aligned}$$

$$k*L / r = \boxed{75,787} \text{ OK}$$

$$\lambda c = \boxed{0,849} \text{ pand. inelastico}$$

$$Fr = \boxed{181,17} \text{ Mpa}$$

$$Pu = \boxed{178,94} \text{ KN}$$

UTILIZAR

Cordon Inferior	Tensión	┘ L 2 Angulos	2" x 2" x 1/8"
Diagonales	Tensión	┘ L 2 Angulos	1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"
Cordon superior	Compresión	┘ L 2 Angulos	L 2 1/2" x 2 1/2" x 3/16"
Montantes	Compresión	┘ L 2 Angulos	L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"

Diseño de correas

$$\begin{aligned} \text{Separacion correas} &= 1,5 & 6 \text{ espacios} &= 1,50 \text{ m} \\ \text{Separacion cerchas} &= 5 & 1 \text{ espacio} &= 0,90 \text{ m} \\ \text{Separacion tirantes} &= 1,67 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} CM &= 0,2 \\ CV &= 0,35 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Wu &= 1,2 \text{ KN/m} \\ Mu+ &= 3,75 \text{ KN*m} \\ Lb &= 1,67 \text{ m} \end{aligned}$$

P6" x 2" x 2,0 mm

$$WG = 4,27 \text{ Kg/m}$$

DISEÑO DE LOS ELEMENTOS CUBIERTA 5

DISEÑO DE ELEMENTOS A TENSIÓN

conexiones soldadas

DISEÑO DEL CORDON INFERIOR

ELEMENTOS 4 11

Pu= 135,783 kN

*Estado limite de fluencia:

$$Pu = \phi * fy * Ag$$

Angulo L 2" x 2" x 1/8"

angulos 2

*Estado limite de fractura:

$$Pu = \phi * fu * Ae$$

Pu =	135,78	kN
fy =	248	Mpa
φ =	0,9	

Ag =	3,12	cm ²
fy =	248	Mpa
φ =	0,9	

Pu = 139,28 kN

Pu =	135,78	kN
fu =	400	Mpa
φ =	0,75	
U =	0,87	
An =	3,12	cm ²

Pu = 162,86 kN

DISEÑO DE DIAGONALES

Elementos 44 57

Pu 63,036 kN

*Estado limite de fluencia:

$$Pu = \phi * fy * Ag$$

Angulo L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"

angulos 2

*Estado limite de fractura:

$$Pu = \phi * fu * Ae$$

Pu =	63,04	kN
fy =	248	Mpa
φ =	0,9	

Ag =	2,32	cm ²
fy =	248	Mpa
φ =	0,9	

Pu = 103,56 kN

Pu = 63,04 kN

$f_u =$	400	Mpa
$\phi =$	0,75	
$U =$	0,87	

$$P_u = 121,10 \text{ kN}$$

DISEÑO DE ELEMENTOS A COMPRESIÓN

DISEÑO DEL MONTANTE

Elementos **31** **43** **MONTANTES MAS CARGADOS**
Pu **63,036** **kN**

Perfil L 1 " x 1" x 1/8"

Seccion no atiesada

No perfiles 2

b 1 pg
 t 0,13 pg
Area 1,48 cm²

$$\frac{b}{t} = 8,00 \quad \rightarrow \quad Q_s = 1$$

$$\frac{200}{F_y^{1/2}} = 12,70$$

$P_u = 63,04$ KN
 $F_y = 248$ Mpa
 $K = 1$
 $r_{xx} - r_{yy} = 0,77$ cm
 $L = 0,57$ m
 $E = 200000$ Mpa
 $\phi = 0,85$
Area = 2,96 cm²

$$k*L / r_{xx-ryy} = 74,0260 \quad \text{OK}$$

$$\lambda_c = 0,830 \quad \text{pand. inelastico}$$

$$F_r = \text{#####} \text{ Mpa}$$

$$P_u = 79,48 \text{ KN}$$

Elementos **36** **38** **MONTANTES MAS LARGOS**
Pu **19,39** **kN**

Perfil L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"

Seccion no atiesada

No perfiles 2

b 1,5 pg
 t 0,13 pg
Area 2,32 cm²

$$\frac{b}{t} = 12,00 \quad \rightarrow \quad Q_s = 1$$

$$\frac{200}{F_y^{1/2}} = 12,70$$

$P_u = 19,39$ KN
 $F_y = 248$ Mpa
 $K = 1$
 $r_{xx} - r_{yy} = 1,18$ cm
 $L = 2,05$ m
 $E = 200000$ Mpa
 $\phi = 0,85$
Area = 4,64 cm²

$$k*L / r_{xx} - r_{yy} = \text{#####} \quad \text{OK}$$

$$\lambda_c = \text{#####} \quad \text{pand. elastico}$$

$$F_r = 50,7187 \text{ Mpa}$$

$$P_u = \boxed{\#\#\#\#} \text{ KN}$$

Escogemos L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"

DISEÑO DE CORDON SUPERIOR

Elementos 19 26
 P_u 141,56 kN

Perfil L 2 1/2" x 2 1/2" x 3/16"
 Sección no atiesada
 No perfiles 2

b 2,5 pg
 t 0,19 pg
 Area 5,81 cm²
 I 22,76 cm⁴
 x 1,76 cm

$$\frac{b}{t} = 13,33 \quad \rightarrow \quad Q_s = 0,98$$

$$200 / F_y^{1/2} = 12,70$$

$P_u = 141,56$ KN
 $F_y = 248$ Mpa
 $K = 1$

L = 1,5 m
 E = 200000 Mpa
 $\phi = 0,85$
 Area = 11,62 cm²
 $I_x = 45,52$ cm⁴
 $I_y = 91,913$ cm⁴
 $r_x = 1,9792$ cm
 $r_y = 2,812$ cm

$$k \cdot L / r = \boxed{75,787} \quad \text{OK}$$

$$\lambda_c = \boxed{0,849} \text{ pand. inelastico}$$

$$F_r = \boxed{181,17} \text{ Mpa}$$

$$P_u = \boxed{178,94} \text{ KN}$$

UTILIZAR

Cordon Inferior	Tensión	┌ L 2 Angulos	L 2" x 2" x 1/8"
Diagonales	Tensión	┌ L 2 Angulos	1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"
Cordon superior	Compresión	┌ L 2 Angulos	L 2 1/2" x 2 1/2" x 3/16"
Montantes	Compresión	┌ L 2 Angulos	L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"

Diseño de correas

Separacion correas 1,5 6 espacios 1,50 m
 Separacion cerchas 6 1 espacio = 0,90 m
 Separacion tirantes 2,00
 CM= 0,2
 CV= 0,35
 Wu= 1,2 KN/m
 Mu+= 5,4 KN*m
 Lb= 2,00 m

P6 x 2 -5/8 x 2,0

WG= 4,77 Kg/m

DISEÑO DE LOS ELEMENTOS CUBIERTA 6

DISEÑO DE ELEMENTOS A TENSION

conexiones soldadas

DISEÑO DEL CORDON INFERIOR

ELEMENTOS 4 11

Pu= 168,539 KN

*Estado limite de fluencia:

$$Pu = \phi * fy * Ag$$

Angulo L 2 1/2" x 2 1/2" x 1/8"
 largo 2,5 pg
 alto 2,5 pg
 espesor 0,13 pg

Nº angulos 2

*Estado limite de fractura:

$$Pu = \phi * fu * Ae$$

Pu =	168,54	kN
fy =	248	Mpa
φ =	0,9	

Ag =	3,92	cm ²
fy =	248	Mpa
φ =	0,9	

Pu = 174,99 kN

Pu =	168,54	KN
fu =	400	Mpa
φ =	0,75	
U =	0,87	
An =	3,92	cm ²

Pu = 204,62 kN

DISEÑO DE DIAGONALES

Elementos 44 57

Pu 78,882 kN

*Estado limite de fluencia:

$$Pu = \phi * fy * Ag$$

Angulo L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"

Nº angulos 2

*Estado limite de fractura:

Pu =	78,88	kN
fy =	248	Mpa
φ =	0,9	

Ag =	2,32	cm ²
fy =	248	Mpa
φ =	0,9	

Pu = 103,56 kN

$$P_u = \phi * f_u * A_e$$

$P_u =$	78,88	KN
$f_u =$	400	Mpa
$\phi =$	0,75	
$U =$	0,87	
$A_n =$	2,32	cm ²

$$P_u = \boxed{121,10} \text{ kN}$$

DISEÑO DE ELEMENTOS A COMPRESIÓN

DISEÑO DEL MONTANTE

Elementos **31** **43**
Pu **33,386** **kN**

MONTANTES MAS CARGADOS

Perfil L 1" x 1" x 1/8"
 Seccion no atiesada
 No perfiles 2

$P_u = 33,39$ KN
 $F_y = 248$ Mpa
 $K = 1$
 $r_{xx} - r_{yy} = 0,77$ cm
 $L = 0,57$ m
 $E = 200000$ Mpa
 $\phi = 0,85$
 $Area = 2,96$ cm²

Area 1,48 cm²

$$\frac{b/t}{200 / F_y^{1/2}} = \frac{8,00}{12,70}$$

$$\rightarrow Q_s = 1$$

$$k*L / r_{xx}-r_{yy} = \boxed{74,0260} \text{ OK}$$

$$\lambda_c = \boxed{0,830} \text{ pand. inelastico}$$

$$F_r = \boxed{185,9106} \text{ Mpa}$$

$$P_u = \boxed{46,78} \text{ KN}$$

Elementos **36** **38**
Pu **24,07** **kN**

MONTANTES MAS LARGOS

Perfil L 2" x 2" x 1/8"
 Seccion no atiesada
 No perfiles 2

$P_u = 24,07$ KN
 $F_y = 248$ Mpa
 $K = 1$
 $r_{xx} - r_{yy} = 1,59$ cm
 $L = 2,05$ m
 $E = 200000$ Mpa
 $\phi = 0,85$
 $Area = 6,24$ cm²

Area 3,12 cm²

$$\frac{b/t}{200 / F_y^{1/2}} = \frac{16,00}{12,70}$$

$$\rightarrow Q_s = 0,91$$

$$r_{xx} - r_{yy} = \boxed{128,9308} \text{ OK}$$

$$\lambda_c = \boxed{1,445166} \text{ pand. inelastico}$$

$$F_r = \boxed{104,1396} \text{ Mpa}$$

$$P_u = 55,23564 \text{ KN}$$

Se escoge L 2" x 2" x 1/8"

DISEÑO DE CORDON SUPERIOR

Elementos 19 26
 P_u 175,61 kN

Perfil L 2 1/2" x 2 1/2" x 3/16"
 Seccion no atiesada
 No perfiles 2

$P_u = 175,61$ KN
 $F_y = 248$ Mpa
 $K = 1$

b 2,5 pg
 t 0,19 pg
 Area 5,81 cm²
 I 22,76 cm⁴
 x 1,76 cm

L = 1,5 m
 E = 200000 Mpa
 $\phi = 0,85$
 Area = 11,62 cm²

$b/t = 13,33$ → $Q_s = 0,98$
 $200 / F_y = 12,70$

$I_x = 45,52$ cm⁴
 $I_y = 91,913$ cm⁴
 $r_x = 1,9792$ cm
 $r_y = 2,812$ cm

$$k \cdot L / r = 75,787 \text{ OK}$$

$$\lambda_c = 0,849 \text{ pand. inelastico}$$

$$F_r = 181,17 \text{ Mpa}$$

$$P_u = 178,94 \text{ KN}$$

UTILIZAR

Cordon Inferior	Tensión	L 2 Angulos	L 2 1/2" x 2 1/2" x 1/8"
Diagonales	Tensión	L 2 Angulos	1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"
Cordon superior	Compresión	L 2 Angulos	L 2 1/2" x 2 1/2" x 3/16"
Montantes	Compresión	L 2 Angulos	L 2" x 2" x 1/8"

Diseño de correas

Separacion correas 1,5 6 espacios = 1,50 m
 Separacion cerchas 7,5 1 espacio = 0,90 m
 Separacion tirantes 1,88
 CM= 0,2
 CV= 0,35
 Wu= 1,2 KN/m
 Mu+= 8,4375 KN*m
 Lb= 1,88 m

P8 x 2 - 5/8 x 2,0

WG= 5,57 Kg/m

DISEÑO DE LOS ELEMENTOS CUBIERTA 7

DISEÑO DE ELEMENTOS A TENSIÓN

conexiones soldadas

DISEÑO DEL CORDON INFERIOR

ELEMENTOS **3** **10**

$P_u =$ 113,376 kN

*Estado limite de fluencia:

$$P_u = \phi * f_y * A_g$$

Angulo L 2" x 2" x 1/8"

Nº angulos 2

*Estado limite de fractura:

$$P_u = \phi * f_u * A_e$$

$P_u =$	113,38	kN
$f_y =$	248	Mpa
$\phi =$	0,9	

$A_g =$	3,12	cm ²
$f_y =$	248	Mpa
$\phi =$	0,9	

$P_u =$ 139,28 kN

$P_u =$	113,38	kN
$f_u =$	400	Mpa
$\phi =$	0,75	
$U =$	0,87	
$A_n =$	3,12	cm ²

$P_u =$ 162,86 kN

DISEÑO DE DIAGONALES

Elementos **38** **49**
 P_u **65,048 kN**

*Estado limite de fluencia:

$$P_u = \phi * f_y * A_g$$

Angulo L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"

Nº angulos 2

*Estado limite de fractura:

$$P_u = \phi * f_u * A_e$$

$P_u =$	65,05	kN
$f_y =$	248	Mpa
$\phi =$	0,9	

$A_g =$	2,32	cm ²
$f_y =$	248	Mpa
$\phi =$	0,9	

$P_u =$ 103,56 kN

$P_u =$	65,05	kN
$f_u =$	400	Mpa
$\phi =$	0,75	
$U =$	0,87	
$A_n =$	2,32	cm ²

$P_u =$ 121,10 kN

DISEÑO DE ELEMENTOS A COMPRESIÓN

DISEÑO DEL MONTANTE

Elementos 27 37 MONTANTES MAS CARGADOS
Pu 65,048 kN

Perfil L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"

Seccion no atiesada

No perfiles 2

b 1,5 pg
 t 0,13 pg
 Area 2,32 cm²

$\frac{b}{t} = \frac{12,00}{200 / Fy^{1/2}} = \frac{12,70}{12,70} \rightarrow Qs = 1$

Pu = 65,05 KN

Fy 248 Mpa

K = 1

rxx - ryy = 1,18 cm

L = 0,68 m

E = 200000 Mpa

$\phi = 0,85$

Area = 4,64 cm²

$k*L / rxx-ryy = 57,6271$ OK

$\lambda c = 0,646$ pand. inelas

Fr = 208,2620 Mpa

Pu = 82,14 KN

Elementos 31 33 MONTANTES MAS LARGOS
Pu 16,18 kN

Perfil L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"

Seccion no atiesada

No perfiles 2

b 1,5 pg
 t 0,13 pg
 Area 2,32 cm²

$\frac{b}{t} = \frac{12,00}{200 / Fy^{1/2}} = \frac{12,70}{12,70} \rightarrow Qs = 1$

Pu = 16,18 KN

Fy 248 Mpa

K = 1

rxx - ryy = 1,38 cm

L = 2,01 m

E = 200000 Mpa

$\phi = 0,85$

Area = 4,64 cm²

$k*L / rxx - ryy = 145,6522$ OK

$\lambda c = 1,632593$ pand. elastic

Fr = 81,6010 Mpa

Pu = 32,18343 KN

Se escoge L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"

DISEÑO DE CORDON SUPERIOR

Elementos 16 23
Pu 116,45 kN

Perfil L 2 1/2" x 2 1/2" x 3/16"
 Sección no atiesada
 No perfiles 2

b 2,5 pg
 t 0,19 pg
 Area 5,81 cm²
 I 22,76 cm⁴
 x 1,76 cm

b / t = 13,33 → Qs = 0,98
 10 / Fy^{1/2} = 12,70

Pu = 116,45 KN
 Fy = 248 Mpa
 K = 1
 L = 1,69 m
 E = 200000 Mpa
 φ = 0,85
 Area = 11,62 cm²
 Ix = 45,52 cm⁴
 Iy = 91,913 cm⁴
 rx = 1,9792 cm
 ry = 2,812 cm

k*L / r = 85,386 OK

λc = 0,957 pand. inelas

Fr = 167,24 Mpa

Pu = 165,18 KN

UTILIZAR

Cordon Inferior	Tensión	┘┘ 2 Angulos	2" x 2" x 1/8"
Diagonales	Tensión	┘┘ 2 Angulos	1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"
Cordon superior	Compresión	┘┘ 2 Angulos	L 2 1/2" x 2 1/2" x 3/16"
Montantes	Compresión	┘┘ 2 Angulos	L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"

Diseño de correas

Separacion correas 1,69 5 espacios 1,69 m
 Separacion cerchas 5 1 espacio = 1,44 m
 Separacion tirantes 1,67
 CM= 0,2
 CV= 0,35
 Wu= 1,352 KN/m
 Mu+= 4,225 KN*m
 Lb= 1,67 m

P6" x 2" x 2,0 mm

WG= 4,27 Kg/m

DISEÑO DE LOS ELEMENTOS CUBIERTA 8

DISEÑO DE ELEMENTOS A TENSIÓN

conexiones soldadas

DISEÑO DEL CORDON INFERIOR
ELEMENTOS 3 10

Pu= 135,154 KN

*Estado limite de fluencia:

$$Pu = \phi * fy * Ag$$

Angulo L 2" x 2" x 1/8"

Nº angulos 2

*Estado limite de fractura:

$$Pu = \phi * fu * Ae$$

Pu =	135,15	kN
fy =	248	Mpa
φ =	0,9	

Ag =	3,12	cm ²
fy =	248	Mpa
φ =	0,9	

Pu = 139,28 kN

Pu =	135,15	kN
fu =	400	Mpa
φ =	0,75	
U =	0,87	
An =	3,12	cm ²

Pu = 162,86 kN

DISEÑO DE DIAGONALES

Elementos 38 49
Pu 77,559 kN

*Estado limite de fluencia:

$$Pu = \phi * fy * Ag$$

Angulo L 1 1/4" x 1 1/4" x 1/8"

Nº angulos 2

*Estado limite de fractura:

$$Pu = \phi * fu * Ae$$

Pu =	77,56	kN
fy =	248	Mpa
φ =	0,9	

Ag =	1,91	cm ²
fy =	248	Mpa
φ =	0,9	

Pu = 85,26 kN

Pu =	77,56	kN
fu =	400	Mpa

$\phi =$	0,75
U =	0,87

$$P_u = 99,70 \text{ kN}$$

DISEÑO DE ELEMENTOS A COMPRESIÓN

DISEÑO DEL MONTANTE

Elementos 27 37 MONTANTES MAS CARGADOS
Pu 77,559 kN

Perfil	L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"	Pu =	77,56	KN
Seccion no atiesada		Fy	248	Mpa
No perfiles	2	K =	1	
		rxx - ryy =	1,18	cm
		L =	0,68	m
		E =	200000	Mpa
Area	2,32 cm ²	$\phi =$	0,85	
		Area =	4,64	cm ²

$$\frac{b}{t} = \frac{12,00}{200 / F_y^{1/2}} = \frac{12,00}{12,70} \rightarrow Q_s = \frac{1}{k \cdot L / r_{xx-yy}} = \frac{1}{57,6271} \text{ OK}$$

$$\lambda_c = 0,646 \text{ pand. inelastico}$$

$$F_r = 208,2620 \text{ Mpa}$$

$$P_u = 82,14 \text{ KN}$$

Elementos 31 33 MONTANTES MAS LARGOS
Pu 19,29 kN

Perfil	L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"	Pu =	19,29	KN
Seccion no atiesada		Fy	248	Mpa
No perfiles	2	K =	1	
b	1,5 pg	rxx - ryy =	1,38	cm
t	0,13 pg	L =	2,01	m
Area	2,32 cm ²	E =	200000	Mpa
		$\phi =$	0,85	
		Area =	4,64	cm ²

$$\frac{b}{t} = \frac{12,00}{200 / F_y^{1/2}} = \frac{12,00}{12,70} \rightarrow Q_s = 1$$

$$k \cdot L / r_{xx-yy} = 145,6522 \text{ OK}$$

$$\lambda_c = 1,632593 \text{ pand. elastico}$$

$$F_r = 81,6010 \text{ Mpa}$$

$$P_u = 32,18343 \text{ KN}$$

Se escoge L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"

DISEÑO DE CORDON SUPERIOR

Elementos 16 23
Pu 138,81 kN

Perfil L 2 1/2" x 2 1/2" x 3/16"
Seccion no atiesada
No perfiles 2

Pu = 138,81 KN
Fy = 248 Mpa
K = 1

b 2,5 pg
t 0,19 pg
Area 5,81 cm²
I 22,76 cm⁴
x 1,76 cm

L = 1,69 m
E = 200000 Mpa
φ = 0,85
Area = 11,62 cm²
Ix = 45,52 cm⁴
Iy = 91,913 cm⁴
rx = 1,9792 cm
ry = 2,812 cm

b / t = 13,33 → Qs = 0,98
100 / Fy^{1/2} = 12,70

k*L / r = 85,386 OK

λc = 0,957 pand. inelastico

Fr = 167,24 Mpa

Pu = 165,18 KN

UTILIZAR

Cordon Inferior	Tensión	┘ L 2 Angulos	L 2" x 2" x 1/8"
Diagonales	Tensión	┘ L 2 Angulos	1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"
Cordon superior	Compresión	┘ L 2 Angulos	L 2 1/2" x 2 1/2" x 3/16"
Montantes	Compresión	┘ L 2 Angulos	L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"

Diseño de correas

Separacion correas 1,69 5 espacio: 1,69 m
Separacion cerchas 6 1 espacio 1,44 m
Separacion tirantes 2,00

CM= 0,2
CV= 0,35

Wu= 1,352 KN/m
Mu+= 6,084 KN*m
Lb= 2,00 m

P7 x 2 - 5/8 x 2,0

WG= 5,17 Kg/m

DISEÑO DE LOS ELEMENTOS CUBIERTA 9

DISEÑO DE ELEMENTOS A TENSION

conexiones soldadas

DISEÑO DEL CORDON INFERIOR
ELEMENTOS 3 10

Pu= 171,891 KN

*Estado limite de fluencia:

$$Pu = \phi * fy * Ag$$

Pu =	171,89	kN
fy =	248	Mpa
φ =	0,9	

Angulo L 2 1/2" x 2 1/2" x 1/8"

Ag =	3,92	cm ²
fy =	248	Mpa
φ =	0,9	

Pu = 174,99 kN

Nº angulos 2

*Estado limite de fractura:

$$Pu = \phi * fu * Ae$$

Pu =	171,89	KN
fu =	400	Mpa
φ =	0,75	
U =	0,87	
An =	3,92	cm ²

Pu = 204,62 kN

DISEÑO DE DIAGONALES

Elementos 38 49
Pu 98,627 kN

*Estado limite de fluencia:

$$Pu = \phi * fy * Ag$$

Pu =	98,63	kN
fy =	248	Mpa
φ =	0,9	

Angulo L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"

Ag =	2,32	cm ²
fy =	248	Mpa
φ =	0,9	

Pu = 103,56 kN

Nº angulos 2

*Estado limite de fractura:

$$Pu = \phi * fu * Ae$$

Pu =	98,63	KN
fu =	400	Mpa

ϕ =	0,75	
U =	0,87	
An =	2,32	cm ²

$$P_u = 121,10 \text{ kN}$$

DISEÑO DE ELEMENTOS A COMPRESIÓN

DISEÑO DEL MONTANTE

Elementos **27** **37** **MONTANTES MAS CARGADOS**
Pu **27,478** **kN**

Perfil L 1 1/4" x 1 1/4" x 1/8"
 Seccion no atiesada
 No perfiles 2

Area 2,32 cm²

$$\begin{aligned} b / t &= 12,00 \quad \rightarrow \quad Q_s = 1 \\ 200 / F_y^{1/2} &= 12,70 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_u &= 27,48 \text{ KN} \\ F_y &= 248 \text{ Mpa} \\ K &= 1 \\ r_{xx} - r_{yy} &= 1,18 \text{ cm} \\ L &= 0,68 \text{ m} \\ E &= 200000 \text{ Mpa} \\ \phi &= 0,85 \\ \text{Area} &= 4,64 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$k*L / r_{xx-ryy} = 57,6271 \quad \text{OK}$$

$$\lambda_c = 0,646 \text{ pand. inelastico}$$

$$F_r = 208,2620 \text{ Mpa}$$

$$P_u = 82,14 \text{ KN}$$

Elementos **31** **33** **MONTANTES MAS LARGOS**
Pu **24,54** **kN**

Perfil L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"
 Seccion no atiesada
 No perfiles 2

b 1,5 pg
 t 0,13 pg
 Area 2,32 cm²

$$\begin{aligned} b / t &= 12,00 \quad \rightarrow \quad Q_s = 1 \\ 200 / F_y^{1/2} &= 12,70 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_u &= 24,54 \text{ KN} \\ F_y &= 248 \text{ Mpa} \\ K &= 1 \\ r_{xx} - r_{yy} &= 1,38 \text{ cm} \\ L &= 2,01 \text{ m} \\ E &= 200000 \text{ Mpa} \\ \phi &= 0,85 \\ \text{Area} &= 4,64 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$k*L / r_{xx - ryy} = 145,6522 \quad \text{OK}$$

$$\lambda_c = 1,632593 \text{ pand. elastico}$$

$$F_r = 81,6010 \text{ Mpa}$$

$$P_u = \boxed{32,18343} \text{ KN}$$

Escogemos L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"

DISEÑO DE CORDON SUPERIOR

Elementos 16 23
Pu 176,54 kN

Perfil L 2 1/2" x 2 1/2" x 1/4"
 Seccion no atiesada
 No perfiles 2

$P_u = 176,54 \text{ KN}$
 $F_y = 248 \text{ Mpa}$
 $K = 1$

b 2,5 pg
 t 0,25 pg
 Area 7,67 cm²
 I 29,26 cm⁴
 x 1,82 cm

L = 1,69 m
 E = 200000 Mpa
 $\phi = 0,85$
 Area = 15,34 cm²
 $I_x = 58,52 \text{ cm}^4$
 $I_y = 128,607 \text{ cm}^4$
 $r_x = 1,9532 \text{ cm}$
 $r_y = 2,895 \text{ cm}$

$b/t = 10,00 \rightarrow Q_s = 1$
 $100 / F_y^{2/3} = 12,70$

$k*L / r = \boxed{86,526} \text{ OK}$

$\lambda_c = \boxed{0,970} \text{ pand. inelastico}$

$F_r = \boxed{167,29} \text{ Mpa}$

$P_u = \boxed{218,13} \text{ KN}$

UTILIZAR

Cordon Inferior	Tensión	┌ L 2 Angulos	L 2 1/2" x 2 1/2" x 1/8"
Diagonales	Tensión	┌ L 2 Angulos	L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"
Cordon superior	Compresión	┌ L 2 Angulos	L 2 1/2" x 2 1/2" x 1/4"
Montantes	Compresión	┌ L 2 Angulos	L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"

Diseño de correas

Separacion correas 1,69 5 espacios 1,69 m
 Separacion cerchas 7,5 1 espacio : 1,44 m
 Separacion tirantes 1,88

CM= 0,2
 CV= 0,35

Wu= 1,352 KN/m
 Mu+= 9,50625 KN*m
 Lb= 1,88 m

P8 x 2 -5/8 x 2,5

WG= 6,91 Kg/m

DISEÑO DE LOS ELEMENTOS CUBIERTA 10

DISEÑO DE ELEMENTOS A TENSIÓN

conexiones soldadas

DISEÑO DEL CORDON INFERIOR

ELEMENTOS 4 15

Pu= 152,678 KN

*Estado limite de fluencia:

$$Pu = \phi * fy * Ag$$

Angulo L 2 1/2" x 2 1/2" x 1/8"

angulos 2

*Estado limite de fractura:

$$Pu = \phi * fu * Ae$$

Pu =	152,68	kN
fy =	248	Mpa
φ =	0,9	

Ag =	3,92	cm ²
fy =	248	Mpa
φ =	0,9	

Pu = 174,99 kN

Pu =	152,68	KN
fu =	400	Mpa
φ =	0,75	
U =	0,87	
An =	3,92	cm ²

Pu = 204,62 kN

DISEÑO DE DIAGONALES

Elementos 56 73

Pu 86,239 kN

*Estado limite de fluencia:

$$Pu = \phi * fy * Ag$$

Angulo L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"

Nº angulos 2

*Estado limite de fractura:

$$Pu = \phi * fu * Ae$$

Pu =	86,24	kN
fy =	248	Mpa
φ =	0,9	

Ag =	2,32	cm ²
fy =	248	Mpa
φ =	0,9	

Pu = 103,56 kN

Pu =	86,24	KN
fu =	400	Mpa

$\phi =$	0,75	
U =	0,87	
An =	2,32	cm ²

$$Pu = 121,10 \text{ kN}$$

DISEÑO DE ELEMENTOS A COMPRESIÓN

DISEÑO DEL MONTANTE

Elementos **39** **55** **MONTANTES MAS CARGADOS**
Pu **23,762** **kN**

Perfil L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"

Seccion no atiesada

No perfiles 2

Area 1,48 cm²

$$\frac{b}{t} = 8,00$$

$$\frac{200}{F_y^{1/2}} = 12,70$$

$$\rightarrow Q_s = 1$$

$$Pu = 23,76 \text{ KN}$$

$$F_y = 248 \text{ Mpa}$$

$$K = 1$$

$$r_{xx} - r_{yy} = 0,77 \text{ cm}$$

$$L = 0,67 \text{ m}$$

$$E = 200000 \text{ Mpa}$$

$$\phi = 0,85$$

$$Area = 2,96 \text{ cm}^2$$

$$k*L / r_{xx} - r_{yy} = 87,0130 \text{ OK}$$

$$\lambda_c = 0,975 \text{ pand. inelastico}$$

$$F_r = 166,5486 \text{ Mpa}$$

$$Pu = 41,90 \text{ KN}$$

Elementos **46** **48** **MONTANTES MAS LARGOS**
Pu **21,70** **kN**

Perfil L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"

Seccion no atiesada

No perfiles 2

b 1,75 pg

t 0,13 pg

Area 2,72 cm²

$$\frac{b}{t} = 14,00$$

$$\frac{200}{F_y^{1/2}} = 12,70$$

$$\rightarrow Q_s = 0,97$$

$$Pu = 21,70 \text{ KN}$$

$$F_y = 248 \text{ Mpa}$$

$$K = 1$$

$$r_{xx} - r_{yy} = 1,38 \text{ cm}$$

$$L = 2,57 \text{ m}$$

$$E = 200000 \text{ Mpa}$$

$$\phi = 0,85$$

$$Area = 5,44 \text{ cm}^2$$

$$k*L / r_{xx} - r_{yy} = 186,2319 \text{ OK}$$

$$\lambda_c = 2,087445 \text{ pand. elastico}$$

$$F_r = 49,9139 \text{ Mpa}$$

$$P_u = \boxed{23,08017} \text{ KN}$$

Escogemos L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"

DISEÑO DE CORDON SUPERIOR

Elementos **24** **34**
Pu **155,26** **kN**

Perfil L 2 1/2" x 2 1/2" x 3/16"
 Seccion no atiesada
 No perfiles 2

$P_u = 155,26$ KN
 $F_y = 248$ Mpa
 $K = 1$

b 2,5 pg
 t 0,19 pg
 Area 5,81 cm²
 I 22,76 cm⁴
 x 1,76 cm

L = 1,38 m
 E = 200000 Mpa
 $\phi = 0,85$
 Area = 11,62 cm²
 $I_x = 45,52$ cm⁴
 $I_y = 91,913$ cm⁴
 $r_x = 1,9792$ cm
 $r_y = 2,812$ cm

$b/t = 13,33$ → $Q_s = 0,98$
 $200 / F_y^{1/2} = 12,70$

$$k \cdot L / r = \boxed{69,724} \quad \text{OK}$$

$$\lambda c = \boxed{0,782} \text{ pand. inelastico}$$

$$F_r = \boxed{189,62} \text{ Mpa}$$

$$P_u = \boxed{187,29} \text{ KN}$$

UTILIZAR

Cordon Inferior	Tensión	┌ L 2 Angulos	L 2 1/2" x 2 1/2" x 1/8"
Diagonales	Tensión	┌ L 2 Angulos	L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"
Cordon superior	Compresión	┌ L 2 Angulos	L 2 1/2" x 2 1/2" x 3/16"
Montantes	Compresión	┌ L 2 Angulos	L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"

Diseño de correas

Separacion correas 1,38 9 espacios 1,38 m
 Separacion cerchas 5
 Separacion tirantes 1,67
 CM= 0,2
 CV= 0,35
 Wu= 1,104 KN/m
 Mu+= 3,45 KN*m
 Lb= 1,67 m

P6 x 2 x 1,5

WG= 3,23 Kg/m

DISEÑO DE LOS ELEMENTOS CUBIERTA 11

DISEÑO DE ELEMENTOS A TENSIÓN

conexiones soldadas

DISEÑO DEL CORDON INFERIOR

ELEMENTOS 4 15

Pu= 184,411 KN

*Estado limite de fluencia:

$$Pu = \phi * fy * Ag$$

Angulo L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/4"

angulos 2

Pu =	184,41	kN
fy =	248	Mpa
φ =	0,9	

Ag =	4,44	cm ²
fy =	248	Mpa
φ =	0,9	

Pu = 198,20 kN

*Estado limite de fractura:

$$Pu = \phi * fu * Ae$$

Pu =	184,41	kN
fu =	400	Mpa
φ =	0,75	
U =	0,87	
An =	4,44	cm ²

Pu = 231,77 kN

DISEÑO DE DIAGONALES

Elementos 56 73
Pu 100,542 kN

*Estado limite de fluencia:

$$Pu = \phi * fy * Ag$$

Angulo L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"

angulos 2

Pu =	100,54	kN
fy =	248	Mpa
φ =	0,9	

Ag =	2,32	cm ²
fy =	248	Mpa
φ =	0,9	

Pu = 103,56 kN

*Estado limite de fractura:

$$P_u = \phi * f_u * A_e$$

$P_u =$	100,54	KN
$f_u =$	400	Mpa
$\phi =$	0,75	
$U =$	0,87	
$A_n =$	2,32	cm ²

$$P_u = \boxed{121,10} \text{ kN}$$

DISEÑO DE ELEMENTOS A COMPRESIÓN

DISEÑO DEL MONTANTE

Elementos **39** **33** **MONTANTES MAS CARGADOS**
Pu **28,825** **kN**

Perfil L 1 1/4" x 1 1/4" x 1/8"
 Seccion no atiesada
 No perfiles 2

Area 1,91 cm²

$$\frac{b}{t} = 10,00 \quad \rightarrow \quad Q_s = 1$$

$$200 / F_y^{1/2} = 12,70$$

$P_u = 28,83$ KN
 $F_y = 248$ Mpa
 $K = 1$
 $r_{xx} - r_{yy} = 0,98$ cm
 $L = 0,67$ m
 $E = 200000$ Mpa
 $\phi = 0,85$
 $Area = 3,82$ cm²

$$k*L / r_{xx}-r_{yy} = \boxed{68,3673} \quad \text{OK}$$

$$\lambda_c = \boxed{0,766} \text{ pand. inelastico}$$

$$F_r = \boxed{193,9571} \text{ Mpa}$$

$$P_u = \boxed{62,98} \text{ KN}$$

Elementos **46** **48** **MONTANTES MAS LARGOS**
Pu **26,33** **kN**

Perfil L 2" x 2" x 1/8"
 Seccion no atiesada
 No perfiles 2

$b = 2$ pg
 $t = 0,13$ pg
 Area 3,12 cm²

$$\frac{b}{t} = 16,00 \quad \rightarrow \quad Q_s = 0,91$$

$$200 / F_y^{1/2} = 12,70$$

$P_u = 26,33$ KN
 $F_y = 248$ Mpa
 $K = 1$
 $r_{xx} - r_{yy} = 1,59$ cm
 $L = 2,57$ m
 $E = 200000$ Mpa
 $\phi = 0,85$
 $Area = 6,24$ cm²

$$k*L / r_{xx} - r_{yy} = \boxed{161,6352} \quad \text{OK}$$

$$\lambda_c = \boxed{1,811745} \text{ pand. elastico}$$

$$Fr = 66,2609 \text{ Mpa}$$

$$Pu = 35,14478 \text{ KN}$$

Escogemos L 2" x 2" x 1/8"

DISEÑO DE CORDON SUPERIOR

Elementos 23 34
Pu 188,39 kN

Perfil L 2 1/2" x 2 1/2" x 1/4"
Seccion no atiesada
No perfiles 2

b 2,5 pg
t 0,25 pg
Area 7,67 cm²
I 29,26 cm⁴
x 1,82 cm

$$\frac{b}{t} = 10,00 \rightarrow Qs = 1,00$$

$$200 / Fy^{1/2} = 12,70$$

$$Pu = 188,39 \text{ KN}$$

$$Fy = 248 \text{ Mpa}$$

$$K = 1$$

$$L = 1,38 \text{ m}$$

$$E = 200000 \text{ Mpa}$$

$$\phi = 0,85$$

$$Area = 15,34 \text{ cm}^2$$

$$Ix = 58,52 \text{ cm}^4$$

$$Iy = 128,607 \text{ cm}^4$$

$$rx = 1,9532 \text{ cm}$$

$$ry = 2,895 \text{ cm}$$

$$k*L / r = 70,654 \text{ OK}$$

$$\lambda_c = 0,792 \text{ pand. inelastico}$$

$$Fr = 190,74 \text{ Mpa}$$

$$Pu = 248,71 \text{ KN}$$

UTILIZAR

Cordon Inferior	Tensión	┘ L 2 Angulos	L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/4"
Diagonales	Tensión	┘ L 2 Angulos	L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"
Cordon superior	Compresión	┘ L 2 Angulos	L 2 1/2" x 2 1/2" x 1/4"
Montantes	Compresión	┘ L 2 Angulos	L 2" x 2" x 1/8"

Diseño de correas

Separacion correas 1,38 9 espacios = 1,38 m
Separacion cerchas 6
Separacion tirantes 2,00
CM= 0,2
CV= 0,35
Wu= 1,104 KN/m
Mu+= 4,968 KN*m

Lb= 2,00 m

P6 x 2 - 5/8 x 2,0

WG= 4,77 Kg/m

DISEÑO DE LOS ELEMENTOS CUBIERTA 12

DISEÑO DE ELEMENTOS A TENSIÓN

conexiones soldadas

DISEÑO DEL CORDON INFERIOR ELEMENTOS 4 15

Pu= 222,365 KN

*Estado limite de fluencia:

$$Pu = \phi * fy * Ag$$

Pu =	222,37	kN
fy =	248	Mpa
φ =	0,9	

Angulo L 2 1/2" x 2 1/2" x 3/16"

Ag =	5,81	cm ²
fy =	248	Mpa
φ =	0,9	

Pu = 259,36 kN

Nº angulos 2

*Estado limite de fractura:

$$Pu = \phi * fu * Ae$$

Pu =	222,37	KN
fu =	400	Mpa
φ =	0,75	
U =	0,87	
An =	5,81	cm ²

Pu = 303,28 kN

DISEÑO DE DIAGONALES

Elementos 56 73
Pu 121,230 kN

*Estado limite de fluencia:

$$Pu = \phi * fy * Ag$$

Pu =	121,23	kN
fy =	248	Mpa
φ =	0,9	

Angulo L 1 1/4" x 1 1/4" x 3/16"

Ag =	2,8	cm ²
fy =	248	Mpa
φ =	0,9	

Pu = 124,99 kN

Nº angulos 2

*Estado limite de fractura:

$$Pu = \phi * fu * Ae$$

Pu =	121,23	KN
fu =	400	Mpa
φ =	0,75	
U =	0,87	

$$A_n = 2,80 \text{ cm}^2$$

$$P_u = 146,16 \text{ kN}$$

DISEÑO DE ELEMENTOS A COMPRESIÓN

DISEÑO DEL MONTANTE

Elementos **39** **33** **MONTANTES MAS CARGADOS**
Pu **34,756** **kN**

Perfil L 1" x 1" x 1/8"
 Seccion no atiesada
 No perfiles 2

Area 1,48 cm²

$$\frac{b}{t} = 8,00 \quad \rightarrow \quad Q_s = 1$$

$$200 / F_y^{1/2} = 12,70$$

$$P_u = 34,76 \text{ KN}$$

$$F_y = 248 \text{ Mpa}$$

$$K = 1$$

$$r_{xx} - r_{yy} = 0,77 \text{ cm}$$

$$L = 0,67 \text{ m}$$

$$E = 200000 \text{ Mpa}$$

$$\phi = 0,85$$

$$Area = 2,96 \text{ cm}^2$$

$$k*L / r_{xx}-r_{yy} = 87,0130 \quad \text{OK}$$

$$\lambda_c = 0,975 \text{ pand. inelastico}$$

$$F_r = 166,5486 \text{ Mpa}$$

$$P_u = 41,90 \text{ KN}$$

Elementos **46** **48** **MONTANTES MAS LARGOS**
Pu **31,74** **kN**

Perfil L 2" x 2" x 1/8"
 Seccion no atiesada
 No perfiles 2

b 2 pg
 t 0,13 pg
 Area 3,12 cm²

$$\frac{b}{t} = 16,00 \quad \rightarrow \quad Q_s = 0,91$$

$$200 / F_y^{1/2} = 12,70$$

$$P_u = 31,74 \text{ KN}$$

$$F_y = 248 \text{ Mpa}$$

$$K = 1$$

$$r_{xx} - r_{yy} = 1,59 \text{ cm}$$

$$L = 2,57 \text{ m}$$

$$E = 200000 \text{ Mpa}$$

$$\phi = 0,85$$

$$Area = 6,24 \text{ cm}^2$$

$$k*L / r_{xx} - r_{yy} = 161,6352 \quad \text{OK}$$

$$\lambda_c = 1,811745 \text{ pand. elastico}$$

$$F_r = 66,2609 \text{ Mpa}$$

$$P_u = 35,14478 \text{ KN}$$

Se escoge L 2" x 2" x 1/8"

DISEÑO DE CORDON SUPERIOR

Elementos **23** **34**
Pu **227,16** **kN**

Perfil L 2 1/2" x 2 1/2" x 1/4"
 Seccion no atiesada
 No perfiles 2

Pu = 227,16 KN
 Fy = 248 Mpa
 K = 1

b 2,5 pg
 t 0,25 pg
 Area 7,67 cm²
 I 29,26 cm⁴
 x 1,82 cm

L = 1,38 m
 E = 200000 Mpa
 φ = 0,85
 Area = 15,34 cm²

b / t = 10,00 → Qs = 1
 200 / Fy^{1/2} = 12,70

Ix = 58,52 cm⁴
 Iy = 128,607 cm⁴
 rx = 1,9532 cm
 ry = 2,895 cm

k*L / r = OK

λc = pand. inelastico

Fr = Mpa

Pu = KN

UTILIZAR

Cordon Inferior	Tensión	∟ 2 Angulos	L 2 1/2" x 2 1/2" x 3/16"
Diagonales	Tensión	∟ 2 Angulos	2" x 2" x 1/8"
Cordon superior	Compresión	∟ 2 Angulos	L 2 1/2" x 2 1/2" x 1/4"
Montantes	Compresión	∟ 2 Angulos	L 2" x 2" x 1/8"

Diseño de correas

Separacion correas 1,38 9 espacios = 1,38 m
 Separacion cerchas 7,5
 Separacion tirantes 1,88

CM= 0,2
 CV= 0,35

Wu= 1,104 KN/m
 Mu+= 7,7625 KN*m
 Lb= 1,88 m

P8 x 2 - 5/8 x 2,0

WG= 5,57 Kg/m

DISEÑO DE LOS ELEMENTOS CUBIERTA 13

DISEÑO DE ELEMENTOS A TENSIÓN

conexiones soldadas

DISEÑO DEL CORDON INFERIOR

ELEMENTOS 5 14

Pu= 153,307 KN

*Estado limite de fluencia:

$$Pu = \phi * fy * Ag$$

Angulo L 2 1/2" x 2 1/2" x 1/8"

angulos 2

Pu =	153,31	kN
fy =	248	Mpa
φ =	0,9	

Ag =	3,92	cm ²
fy =	248	Mpa
φ =	0,9	

Pu = 174,99 kN

*Estado limite de fractura:

$$Pu = \phi * fu * Ae$$

Pu =	153,31	kN
fu =	400	Mpa
φ =	0,75	
U =	0,87	
An =	3,92	cm ²

Pu = 204,62 kN

DISEÑO DE DIAGONALES

Elementos 57 72

Pu 61,810 kN

*Estado limite de fluencia:

$$Pu = \phi * fy * Ag$$

Angulo L 1" x 1" x 1/8"

Nº angulos 2

Pu =	61,81	kN
fy =	248	Mpa
φ =	0,9	

Ag =	1,48	cm ²
fy =	248	Mpa
φ =	0,9	

Pu = 66,07 kN

*Estado limite de fractura:

$$Pu = \phi * fu * Ae$$

Pu =	61,81	kN
fu =	400	Mpa
φ =	0,75	

U =	0,87
An =	1,48

$$Pu = 77,26 \text{ kN}$$

DISEÑO DE ELEMENTOS A COMPRESIÓN

DISEÑO DEL MONTANTE

Elementos 39 55 MONTANTES MAS CARGADOS

Pu 34,070 kN

Perfil L 1" x 1" x 1/8"

Seccion no atiesada

No perfiles 2

Area 1,48 cm²

$$\frac{b}{t} = 8,00$$

$$\frac{200}{F_y^{1/2}} = 12,70$$

$$\rightarrow Q_s = 1$$

$$Pu = 34,07 \text{ KN}$$

$$F_y = 248 \text{ Mpa}$$

$$K = 1$$

$$r_{xx} - r_{yy} = 0,77 \text{ cm}$$

$$L = 0,49 \text{ m}$$

$$E = 200000 \text{ Mpa}$$

$$\phi = 0,85$$

$$Area = 2,96 \text{ cm}^2$$

$$k*L / r_{xx}-r_{yy} = 63,6364 \text{ OK}$$

$$\lambda_c = 0,713 \text{ pand. inelastico}$$

$$Fr = 200,4325 \text{ Mpa}$$

$$Pu = 50,43 \text{ KN}$$

Elementos 46 48 MONTANTES MAS LARGOS

Pu 21,68 kN

Perfil L 2" x 2" x 1/8"

Seccion no atiesada

No perfiles 2

Area 3,12 cm²

$$\frac{b}{t} = 16,00$$

$$\frac{200}{F_y^{1/2}} = 12,70$$

$$\rightarrow Q_s = 0,91$$

$$Pu = 21,68 \text{ KN}$$

$$F_y = 248 \text{ Mpa}$$

$$K = 1$$

$$r_{xx} - r_{yy} = 1,59 \text{ cm}$$

$$L = 2,55 \text{ m}$$

$$E = 200000 \text{ Mpa}$$

$$\phi = 0,85$$

$$Area = 6,24 \text{ cm}^2$$

$$k*L / r_{xx} - r_{yy} = 160,3774 \text{ OK}$$

$$\lambda_c = 1,797645 \text{ pand. elastico}$$

$$Fr = 67,3044 \text{ Mpa}$$

$$P_u = \boxed{35,69823} \text{ KN}$$

Se escoge L 2" x 2" x 1/8"

DISEÑO DE CORDON SUPERIOR

Elementos 23 34
 Pu 159,11 kN

Perfil L 2 1/2" x 2 1/2" x 3/16"

Seccion no atiesada

No perfiles 2

b 2,5 pg
 t 0,19 pg
 Area 5,81 cm²
 I 22,76 cm⁴
 x 1,76 cm

$$b/t = 13,33 \rightarrow Q_s = 0,98$$

$$200 / F_y^{1/2} = 12,70$$

$$P_u = 159,11 \text{ KN}$$

$$F_y = 248 \text{ Mpa}$$

$$K = 1$$

$$L = 1,5 \text{ m}$$

$$E = 200000 \text{ Mpa}$$

$$\phi = 0,85$$

$$\text{Area} = 11,62 \text{ cm}^2$$

$$I_x = 45,52 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 91,913 \text{ cm}^4$$

$$r_x = 1,9792 \text{ cm}$$

$$r_y = 2,812 \text{ cm}$$

$$k*L / r = \boxed{75,787} \text{ OK}$$

$$\lambda_c = \boxed{0,849} \text{ pand. inelastico}$$

$$F_r = \boxed{181,17} \text{ Mpa}$$

$$P_u = \boxed{178,94} \text{ KN}$$

UTILIZAR

Cordon inferior	Tensión	┘ ┘ 2 Angulos	L 2 1/2" x 2 1/2" x 1/8"
Diagonales	Tensión	┘ ┘ 2 Angulos	1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"
Cordon superior	Compresión	┘ ┘ 2 Angulos	L 2 1/2" x 2 1/2" x 3/16"
Montantes	Compresión	┘ ┘ 2 Angulos	L 2" x 2" x 1/8"

Diseño de correas

Separacion correas 1,5 8 espacio 1,5 m
 Separacion cerchas 5 1 espacio 0,44 m
 Separacion tirantes 1,67
 CM= 0,2
 CV= 0,35
 Wu= 1,2 KN/m
 Mu+= 3,75 KN*m
 Lb= 1,67 m

P6 x 2 x 2,0

WG= 4,27 Kg/m

DISEÑO DE LOS ELEMENTOS CUBIERTA 14

DISEÑO DE ELEMENTOS A TENSIÓN

conexiones soldadas

DISEÑO DEL CORDON INFERIOR ELEMENTOS 5 14

Pu= 183,551 KN

*Estado limite de fluencia:

$$Pu = \phi * fy * Ag$$

Angulo L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/4"

angulos 2

*Estado limite de fractura:

$$Pu = \phi * fu * Ae$$

Pu =	183,55	kN
fy =	248	Mpa
φ =	0,9	

Ag =	4,44	cm ²
fy =	248	Mpa
φ =	0,9	

Pu = 198,20 kN

Pu =	183,55	KN
fu =	400	Mpa
φ =	0,75	
U =	0,87	
An =	4,44	cm ²

Pu = 231,77 kN

DISEÑO DE DIAGONALES

Elementos 57 72
Pu 74,035 kN

*Estado limite de fluencia:

$$Pu = \phi * fy * Ag$$

Angulo L 1 1/4" x 1 1/4" x 1/8"

angulos 2

*Estado limite de fractura:

$$Pu = \phi * fu * Ae$$

Pu =	74,04	kN
fy =	248	Mpa
φ =	0,9	

Ag =	1,91	cm ²
fy =	248	Mpa
φ =	0,9	

Pu = 85,26 kN

Pu =	74,04	KN
fu =	400	Mpa

ϕ =	0,75	
U =	0,87	
An =	1,91	cm ²

$$P_u = 99,70 \text{ kN}$$

DISEÑO DE ELEMENTOS A COMPRESIÓN

DISEÑO DEL MONTANTE

Elementos Pu 39 40,827 55 kN MONTANTES MAS CARGADOS

Perfil L 1" x 1" x 1/8"
 Seccion no atiesada
 No perfiles 2

$P_u = 40,83 \text{ KN}$
 $F_y = 248 \text{ Mpa}$
 $K = 1$
 $r_{xx} - r_{yy} = 0,77 \text{ cm}$
 $L = 0,49 \text{ m}$
 $E = 200000 \text{ Mpa}$
 $\phi = 0,85$
 $\text{Area} = 2,96 \text{ cm}^2$

Area 1,48 cm²

$$\frac{b}{t} = 8,00 \quad \rightarrow \quad Q_s = 1$$

$$200 / F_y^{1/2} = 12,70$$

$$k \cdot L / r_{xx} - r_{yy} = 63,6364 \quad \text{OK}$$

$$\lambda_c = 0,713 \quad \text{pand. inelastico}$$

$$F_r = 200,4325 \text{ Mpa}$$

$$P_u = 50,43 \text{ KN}$$

Elementos Pu 46 25,93 48 kN MONTANTES MAS LARGOS

Perfil L 2" x 2" x 1/8"
 Seccion no atiesada
 No perfiles 2

$P_u = 25,93 \text{ KN}$
 $F_y = 248 \text{ Mpa}$
 $K = 1$
 $r_{xx} - r_{yy} = 1,59 \text{ cm}$
 $L = 2,55 \text{ m}$
 $E = 200000 \text{ Mpa}$
 $\phi = 0,85$
 $\text{Area} = 6,24 \text{ cm}^2$

Area 3,12 cm²

$$\frac{b}{t} = 16,00 \quad \rightarrow \quad Q_s = 0,91$$

$$200 / F_y^{1/2} = 12,70$$

$$k \cdot L / r_{xx} - r_{yy} = 160,3774 \quad \text{OK}$$

$$\lambda_c = 1,797645 \quad \text{pand. elastico}$$

$$F_r = 67,3044 \text{ Mpa}$$

$$P_u = \boxed{35,69823} \text{ KN}$$

Se escoge L 2" x 2" x 1/8"

DISEÑO DE CORDON SUPERIOR

Elementos 23 34
 Pu 190,55 kN

Perfil L 2 1/2" x 2 1/2" x 1/4"

Sección no atiesada

No perfiles 2

$$\begin{aligned} P_u &= 190,55 \text{ KN} \\ F_y &= 248 \text{ Mpa} \\ K &= 1 \end{aligned}$$

b 2,5 pg
 t 0,25 pg
 Area 7,67 cm²
 I 29,26 cm⁴
 x 1,82 cm

$$\begin{aligned} L &= 1,5 \text{ m} \\ E &= 200000 \text{ Mpa} \\ \phi &= 0,85 \\ \text{Area} &= 15,34 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b/t &= 10,00 \rightarrow Q_s = 1 \\ 200 / F_y^{1/2} &= 12,70 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_x &= 58,52 \text{ cm}^4 \\ I_y &= 128,607 \text{ cm}^4 \\ r_x &= 1,9532 \text{ cm} \\ r_y &= 2,895 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$k \cdot L / r = \boxed{76,798} \text{ OK}$$

$$\lambda_c = \boxed{0,861} \text{ pand. inelastico}$$

$$F_r = \boxed{181,87} \text{ Mpa}$$

$$P_u = \boxed{237,14} \text{ KN}$$

UTILIZAR

Cordon Inferior	Tensión	∟ 2 Angulos	L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/4"
Diagonales	Tensión	∟ 2 Angulos	1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"
Cordon superior	Compresión	∟ 2 Angulos	L 2 1/2" x 2 1/2" x 1/4"
Montantes	Compresión	∟ 2 Angulos	L 2" x 2" x 1/8"

Diseño de correas

Separacion correas 1,5 8 espacios 1,5 m
 Separacion cerchas 6 1 espacio=0,44 m
 Separacion tirantes 2,00
 CM= 0,2
 CV= 0,35
 Wu= 1,2 KN/m
 Mu+= 5,4 KN*m
 Lb= 2,00 m

P6 x 2 - 5/8 x 2,0

WG= 4,77 Kg/m

DISEÑO DE LOS ELEMENTOS CUBIERTA 15

DISEÑO DE ELEMENTOS A TENSIÓN

conexiones soldadas

DISEÑO DEL CORDON INFERIOR

ELEMENTOS 5 14

Pu= 232,304 KN

*Estado limite de fluencia:

$$Pu = \phi * fy * Ag$$

Angulo L 2 1/2" x 2 1/2" x 3/16"

Nº angulos 2

*Estado limite de fractura:

$$Pu = \phi * fu * Ae$$

Pu =	232,30	kN
fy =	248	Mpa
φ =	0,9	

Ag =	5,81	cm ²
fy =	248	Mpa
φ =	0,9	

Pu = 259,36 kN

Pu =	232,30	kN
fu =	400	Mpa
φ =	0,75	
U =	0,87	
An =	5,81	cm ²

Pu = 303,28 kN

DISEÑO DE DIAGONALES

Elementos 57 72

Pu 93,651 kN

*Estado limite de fluencia:

$$Pu = \phi * fy * Ag$$

Angulo L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"

Nº angulos 2

*Estado limite de fractura:

$$Pu = \phi * fu * Ae$$

Pu =	93,65	kN
fy =	248	Mpa
φ =	0,9	

Ag =	2,32	cm ²
fy =	248	Mpa
φ =	0,9	

Pu = 103,56 kN

Pu =	93,65	kN
fu =	400	Mpa
φ =	0,75	
U =	0,87	

$$A_n = 2,32 \text{ cm}^2$$

$$P_u = 121,10 \text{ kN}$$

DISEÑO DE ELEMENTOS A COMPRESIÓN

DISEÑO DEL MONTANTE

Elementos **39** **55** **MONTANTES MAS CARGADOS**
Pu **51,637** **kN**

Perfil L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"
 Seccion no atiesada
 No perfiles 2

Area 2,32 cm²

$$\frac{b}{t} = 12,00 \quad \rightarrow \quad Q_s = 1$$

$$200 / F_y^{1/2} = 12,70$$

$$P_u = 51,64 \text{ KN}$$

$$F_y = 248 \text{ Mpa}$$

$$K = 1$$

$$r_{xx} - r_{yy} = 0,77 \text{ cm}$$

$$L = 0,49 \text{ m}$$

$$E = 200000 \text{ Mpa}$$

$$\phi = 0,85$$

$$Area = 4,64 \text{ cm}^2$$

$$k \cdot L / r_{xx} - r_{yy} = 63,6364 \quad \text{OK}$$

$$\lambda_c = 0,713 \quad \text{pand. inelastico}$$

$$F_r = 200,4325 \text{ Mpa}$$

$$P_u = 79,05 \text{ KN}$$

Elementos **46** **48** **MONTANTES MAS LARGOS**
Pu **32,85** **kN**

Perfil L 2" x 2" x 1/8"
 Seccion no atiesada
 No perfiles 2

Area 3,12 cm²

$$\frac{b}{t} = 16,00 \quad \rightarrow \quad Q_s = 0,91$$

$$200 / F_y^{1/2} = 12,70$$

$$P_u = 32,85 \text{ KN}$$

$$F_y = 248 \text{ Mpa}$$

$$K = 1$$

$$r_{xx} - r_{yy} = 1,59 \text{ cm}$$

$$L = 2,55 \text{ m}$$

$$E = 200000 \text{ Mpa}$$

$$\phi = 0,85$$

$$Area = 6,24 \text{ cm}^2$$

$$k \cdot L / r_{xx} - r_{yy} = 160,3774 \quad \text{OK}$$

$$\lambda_c = 1,797645 \quad \text{pand. elastico}$$

$$F_r = 67,3044 \text{ Mpa}$$

$$P_u = 35,69823 \text{ KN}$$

Se escoge L 2" x 2" x 1/8"

DISEÑO DE CORDON SUPERIOR

Elementos 23 34
Pu 241,10 kN

Perfil L 3" x 3" x 1/4"

Seccion no atiesada

No perfiles 2

b 3 pg
t 0,25 pg
Area 9,29 cm²
I 51,61 cm⁴
x 2,14 cm

b / t = 12,00 → Qs = 1
200 / Fy^{1/2} = 12,70

Pu = 241,10 KN
Fy = 248 Mpa
K = 1
L = 1,5 m
E = 200000 Mpa
φ = 0,85
Area = 18,58 cm²
Ix = 103,22 cm⁴
Iy = 215,430 cm⁴
rx = 2,3570 cm
ry = 3,405 cm

k*L / r = 63,640 OK

λc = 0,713 pand. inelastico

Fr = 200,43 Mpa

Pu = 316,53 KN

UTILIZAR

Cordon inferior	Tensión	┘└ 2 Angulos	L 2 1/2" x 2 1/2" x 3/16"
Cordon superior	Compresión	┘└ 2 Angulos	L 3" x 3" x 1/4"
Diagonales	Tensión	┘└ 2 Angulos	L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"
Montantes	Compresión	┘└ 2 Angulos	L 2" x 2" x 1/8"

Diseño de correas

Separacion correas 1,5 8 espacios 1,5 m
Separacion cerchas 7,5 1 espacio= 0,44 m
Separacion tirantes 1,88

CM= 0,2
CV= 0,35
Wu= 1,2 KN/m
Mu+= 8,4375 KN*m
Lb= 1,88 m

P8 x 2 - 5/8 x 2,0

WG= 5,57 Kg/m

DISEÑO DE LOS ELEMENTOS CUBIERTA 16

DISEÑO DE ELEMENTOS A TENSIÓN

conexiones soldadas

DISEÑO DEL CORDON INFERIOR

ELEMENTOS 4 13

Pu= 153,387 KN

*Estado limite de fluencia:

$$Pu = \phi * fy * Ag$$

Pu =	153,39	kN
fy =	248	Mpa
φ =	0,9	

Angulo L 2 1/2" x 2 1/2" x 1/8"

Ag =	3,92	cm ²
fy =	248	Mpa
φ =	0,9	

Nº angulos 2

Pu = 174,99 kN

*Estado limite de fractura:

$$Pu = \phi * fu * Ae$$

Pu =	153,39	KN
fu =	400	Mpa
φ =	0,75	
U =	0,87	
An =	3,92	cm ²

Pu = 204,62 kN

DISEÑO DE DIAGONALES

Elementos 50 65

Pu 57,105 kN

*Estado limite de fluencia:

$$Pu = \phi * fy * Ag$$

Pu =	57,11	kN
fy =	248	Mpa
φ =	0,9	

Angulo L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"

Ag =	2,32	cm ²
fy =	248	Mpa
φ =	0,9	

Nº angulos 2

Pu = 103,56 kN

*Estado limite de fractura:

$$Pu = \phi * fu * Ae$$

Pu =	57,11	KN
fu =	400	Mpa

$\phi =$	0,75	
$U =$	0,87	
$A_n =$	2,32	cm ²

$$P_u = 121,10 \text{ kN}$$

DISEÑO DE ELEMENTOS A COMPRESIÓN

DISEÑO DEL MONTANTE

Elementos Pu 35 49 MONTANTES MAS CARGADOS
Pu 31,810 kN

Perfil L 1 1/4" x 1 1/4" x 1/8"
 Seccion no atiesada
 No perfiles 2

$P_u = 31,81 \text{ KN}$
 $F_y = 248 \text{ Mpa}$
 $K = 1$
 $r_{xx} - r_{yy} = 0,77 \text{ cm}$
 $L = 0,52 \text{ m}$
 $E = 200000 \text{ Mpa}$
 $\phi = 0,85$
 $\text{Area} = 2,96 \text{ cm}^2$

Area 1,48 cm²

$$\frac{b}{t} = 8,00 \rightarrow Q_s = 1$$

$$200 / F_y^{1/2} = 12,70$$

$$k \cdot L / r_{xx} - r_{yy} = 67,5325 \text{ OK}$$

$$\lambda_c = 0,757 \text{ pand. inelastico}$$

$$F_r = 195,1178 \text{ Mpa}$$

$$P_u = 49,09 \text{ KN}$$

Elementos Pu 41 43 MONTANTES MAS LARGOS
Pu 21,59 kN

Perfil L 2" x 2" x 1/8"
 Seccion no atiesada
 No perfiles 2

$P_u = 21,59 \text{ KN}$
 $F_y = 248 \text{ Mpa}$
 $K = 1$
 $r_{xx} - r_{yy} = 1,59 \text{ cm}$
 $L = 2,51 \text{ m}$
 $E = 200000 \text{ Mpa}$
 $\phi = 0,85$
 $\text{Area} = 6,24 \text{ cm}^2$

Area 3,12 cm²

$$\frac{b}{t} = 16,00 \rightarrow Q_s = 0,91$$

$$200 / F_y^{1/2} = 12,70$$

$$k \cdot L / r_{xx} - r_{yy} = 157,8616 \text{ OK}$$

$$\lambda_c = 1,769447 \text{ pand. elastico}$$

$$F_r = 69,4666 \text{ Mpa}$$

$$P_u = \boxed{36,84509} \text{ KN}$$

Se escoge L 2" x 2" x 1/8"

DISEÑO DE CORDON SUPERIOR

Elementos **22** **29**
Pu **157,04** **kN**

Perfil L 2 1/2" x 2 1/2" x 3/16"
 Seccion no atiesada
 No perfiles 2

$P_u = 157,04$ KN
 $F_y = 248$ Mpa
 $K = 1$

b 2,5 pg
 t 0,19 pg
 Area 5,81 cm²
 I 22,76 cm⁴
 x 1,76 cm

L = 1,69 m
 E = 200000 Mpa
 $\phi = 0,85$
 Area = 11,62 cm²

$b/t = 13,33$ → $Q_s = 0,98$
 $W_u / F_y^{2/3} = 12,70$

$I_x = 45,52$ cm⁴
 $I_y = 91,913$ cm⁴
 $r_x = 1,9792$ cm
 $r_y = 2,812$ cm

$$k*L / r = \boxed{85,386} \text{ OK}$$

$$\lambda_c = \boxed{0,957} \text{ pand. inelastico}$$

$$F_r = \boxed{167,24} \text{ Mpa}$$

$$P_u = \boxed{165,18} \text{ KN}$$

UTILIZAR

Cordon Inferior	Tensión	┘ L 2 Angulos	L 2 1/2" x 2 1/2" x 1/8"
Diagonales	Tensión	┘ L 2 Angulos	L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"
Cordon superior	Compresión	┘ L 2 Angulos	L 2 1/2" x 2 1/2" x 3/16"
Montantes	Compresión	┘ L 2 Angulos	L 2" x 2" x 1/8"

Diseño de correas

Separacion correas 1,69 7 espacio: 1,69 m
 Separacion cerchas 5 1 espacio: 0,61 m
 Separacion tirantes 1,67

CM= 0,2
 CV= 0,35
 W_u= 1,352 KN/m
 Mu+= 4,225 KN*m

L_b= 1,67 m

P6 x 2 x 2,0

WG= 4,27 Kg/m

DISEÑO DE LOS ELEMENTOS CUBIERTA 17

DISEÑO DE ELEMENTOS A TENSIÓN

conexiones soldadas

DISEÑO DEL CORDON INFERIOR
ELEMENTOS 4 13

Pu= 184,651 KN

*Estado limite de fluencia:

$$Pu = \phi * fy * Ag$$

Pu =	184,65	kN
fy =	248	Mpa
φ =	0,9	

Angulo L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/4"

Ag =	4,44	cm ²
fy =	248	Mpa
φ =	0,9	

Nº angulos 2

Pu = 198,20 kN

*Estado limite de fractura:

$$Pu = \phi * fu * Ae$$

Pu =	184,65	KN
fu =	400	Mpa
φ =	0,75	
U =	0,87	
An =	4,44	cm ²

Pu = 231,77 kN

DISEÑO DE DIAGONALES

Elementos 50 65
Pu 68,756 kN

*Estado limite de fluencia:

$$Pu = \phi * fy * Ag$$

Pu =	68,76	kN
fy =	248	Mpa
φ =	0,9	

Angulo L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"

Ag =	2,32	cm ²
fy =	248	Mpa
φ =	0,9	

Nº angulos 2

Pu = 103,56 kN

*Estado limite de fractura:

$$Pu = \phi * fu * Ae$$

Pu =	68,76	KN
fu =	400	Mpa

$\phi =$	0,75	
U =	0,87	
An =	2,32	cm ²

$$P_u = 121,10 \text{ kN}$$

DISEÑO DE ELEMENTOS A COMPRESIÓN

DISEÑO DEL MONTANTE

Elementos Pu 35 49 MONTANTES MAS CARGADOS
Pu 38,301 kN

Perfil L 1" x 1" x 1/8"
 Seccion no atiesada
 No perfiles 2

Area 1,48 cm²

$P_u = 38,30 \text{ KN}$
 $F_y = 248 \text{ Mpa}$
 $K = 1$
 $r_{xx} - r_{yy} = 0,77 \text{ cm}$
 $L = 0,52 \text{ m}$
 $E = 200000 \text{ Mpa}$
 $\phi = 0,85$
 $Area = 2,96 \text{ cm}^2$

$$\frac{b}{t} = 8,00 \rightarrow Q_s = 1$$

$$200 / F_y^{1/2} = 12,70$$

$$k*L / r_{xx} - r_{yy} = 67,5325 \text{ OK}$$

$$\lambda_c = 0,757 \text{ pand. inelastico}$$

$$F_r = 195,1178 \text{ Mpa}$$

$$P_u = 49,09 \text{ KN}$$

Elementos Pu 41 43 MONTANTES MAS LARGOS
Pu 26,00 kN

Perfil L 2" x 2" x 1/8"
 Seccion no atiesada
 No perfiles 2

Area 3,12 cm²

$P_u = 26,00 \text{ KN}$
 $F_y = 248 \text{ Mpa}$
 $K = 1$
 $r_{xx} - r_{yy} = 1,59 \text{ cm}$
 $L = 2,51 \text{ m}$
 $E = 200000 \text{ Mpa}$
 $\phi = 0,85$
 $Area = 6,24 \text{ cm}^2$

$$\frac{b}{t} = 16,00 \rightarrow Q_s = 0,91$$

$$200 / F_y^{1/2} = 12,70$$

$$k*L / r_{xx} - r_{yy} = 157,8616 \text{ OK}$$

$$\lambda_c = 1,769447 \text{ pand. elastico}$$

$$F_r = 69,4666 \text{ Mpa}$$

$$P_u = \boxed{36,84509} \text{ KN}$$

Se escoge L 2" x 2" x 1/8"

DISEÑO DE CORDON SUPERIOR

Elementos 22 29
Pu 189,04 kN

Perfil L 2 1/2" x 2 1/2" x 1/4"
 Seccion no atiesada
 No perfiles 2

$P_u = 189,04 \text{ KN}$
 $F_y = 248 \text{ Mpa}$
 $K = 1$

b 2,5 pg
 t 0,25 pg
 Area 7,67 cm²
 I 29,26 cm⁴
 x 1,82 cm

L = 1,69 m
 E = 200000 Mpa
 $\phi = 0,85$
 Area = 15,34 cm²

$b / t = 10,00 \rightarrow Q_s = 1$
 $200 / F_y^{1/2} = 12,70$

$I_x = 58,52 \text{ cm}^4$
 $I_y = 128,607 \text{ cm}^4$
 $r_x = 1,9532 \text{ cm}$
 $r_y = 2,895 \text{ cm}$

$k \cdot L / r = \boxed{86,526} \text{ OK}$

$\lambda_c = \boxed{0,970} \text{ pand. inelastico}$

$F_r = \boxed{167,29} \text{ Mpa}$

$P_u = \boxed{218,13} \text{ KN}$

UTILIZAR

Cordon Inferior	Tensión	L 2 Angulos	L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/4"
Diagonales	Tensión	L 2 Angulos	L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"
Cordon superior	Compresión	L 2 Angulos	L 2 1/2" x 2 1/2" x 1/4"
Montantes	Compresión	L 2 Angulos	L 2" x 2" x 1/8"

Diseño de correas

Separacion correas 1,69 7 espacios 1,69 m
 Separacion cerchas 6 1 espacio= 0,61 m
 Separacion tirantes 2,00

CM= 0,2
 CV= 0,35

Wu= 1,352 KN/m
 Mu+= 6,084 KN*m
 Lb= 2,00 m

P6 x 2 -5/8 x 2,0

WG= 4,77 Kg/m

DISEÑO DE LOS ELEMENTOS CUBIERTA 18

DISEÑO DE ELEMENTOS A TENSION

conexiones soldadas

DISEÑO DEL CORDON INFERIOR ELEMENTOS 4 13

Pu= 234,911 KN

*Estado limite de fluencia:

$$Pu = \phi * fy * Ag$$

Angulo L 2 1/2" x 2 1/2" x 3/16"

Nº angulos 2

*Estado limite de fractura:

$$Pu = \phi * fu * Ae$$

Pu =	234,91	kN
fy =	248	Mpa
φ =	0,9	

Ag =	5,81	cm ²
fy =	248	Mpa
φ =	0,9	

Pu = 259,36 kN

Pu =	234,91	KN
fu =	400	Mpa
φ =	0,75	
U =	0,87	
An =	5,81	cm ²

Pu = 303,28 kN

DISEÑO DE DIAGONALES

Elementos 50 65
Pu 87,464 kN

*Estado limite de fluencia:

$$Pu = \phi * fy * Ag$$

Angulo L 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"

Nº angulos 2

*Estado limite de fractura:

Pu =	87,46	kN
fy =	248	Mpa
φ =	0,9	

Ag =	2,32	cm ²
fy =	248	Mpa
φ =	0,9	

Pu = 103,56 kN

Pu = 87,46 KN

$$P_u = \phi * f_u * A_e$$

$f_u =$	400	Mpa
$\phi =$	0,75	
$U =$	0,87	
$A_n =$	2,32	cm ²

$$P_u = 121,10 \text{ kN}$$

DISEÑO DE ELEMENTOS A COMPRESIÓN

DISEÑO DEL MONTANTE

Elementos Pu 35 49 MONTANTES MAS CARGADOS
87,464 kN

Perfil L 1 1/4" x 1 1/4" x 1/8"
 Seccion no atiesada
 No perfiles 2

Area 1,91 cm²

$P_u = 87,46$ KN
 $F_y = 248$ Mpa
 $K = 1$
 $r_{xx} - r_{yy} = 0,98$ cm
 $L = 0,52$ m
 $E = 200000$ Mpa
 $\phi = 0,85$
 $Area = 3,82$ cm²

$$\frac{b}{t} = 10,00 \rightarrow Q_s = 1$$

$$200 / F_y^{1/2} = 12,70$$

$$k*L / r_{xx}-r_{yy} = 53,0612 \text{ OK}$$

$$\lambda_c = 0,595 \text{ pand. inelastico}$$

$$F_r = 614,8580 \text{ Mpa}$$

$$P_u = 199,64 \text{ KN}$$

Elementos Pu 41 43 MONTANTES MAS LARGOS
33,07 kN

Perfil L 2" x 2" x 1/8"
 Seccion no atiesada
 No perfiles 2

Area 3,12 cm²

$P_u = 33,07$ KN
 $F_y = 248$ Mpa
 $K = 1$
 $r_{xx} - r_{yy} = 1,59$ cm
 $L = 2,51$ m
 $E = 200000$ Mpa
 $\phi = 0,85$
 $Area = 6,24$ cm²

$$\frac{b}{t} = 16,00 \rightarrow Q_s = 0,91$$

$$200 / F_y^{1/2} = 12,70$$

$$k*L / r_{xx} - r_{yy} = 157,8616 \text{ OK}$$

$$\lambda_c = 1,769447 \text{ pand. elastico}$$

$$F_r = 68,4601 \text{ Mpa}$$

$$P_u = \boxed{35,47569} \text{ KN}$$

Escogemos L 2" x 2" x 1/8"

DISEÑO DE CORDON SUPERIOR

Elementos 22 29
Pu 240,50 kN

Perfil L 3" x 3" x 1/4"
 Sección no atiesada
 No perfiles 2

$P_u = 240,50 \text{ KN}$
 $F_y = 248 \text{ Mpa}$
 $K = 1$

$b = 3 \text{ pg}$
 $t = 0,25 \text{ pg}$
 Area $9,29 \text{ cm}^2$
 $I = 51,61 \text{ cm}^4$
 $x = 2,14 \text{ cm}$

$L = 1,69 \text{ m}$
 $E = 200000 \text{ Mpa}$
 $\phi = 0,85$
 Area = $18,58 \text{ cm}^2$
 $I_x = 103,22 \text{ cm}^4$
 $I_y = 215,430 \text{ cm}^4$
 $r_x = 2,3570 \text{ cm}$
 $r_y = 3,405 \text{ cm}$

$b/t = 12,00 \rightarrow Q_s = 1$
 $100 / F_y^{1/4} = 12,70$

$$k*L / r = \boxed{71,701} \text{ OK}$$

$$\lambda_c = \boxed{0,804} \text{ pand. inelastico}$$

$$F_r = \boxed{189,25} \text{ Mpa}$$

$$P_u = \boxed{298,89} \text{ KN}$$

UTILIZAR

Cordon inferior	Tensión	2 Angulos	2 1/2" x 2 1/2" x 3/16
Cordon superior	Compresión	2 Angulos	L 3" x 3" x 1/4"
Diagonales	Tensión	2 Angulos	1 1/2" x 1 1/2" x 1/8"
Montantes	Compresión	2 Angulos	L 2" x 2" x 1/8"

Diseño de correas

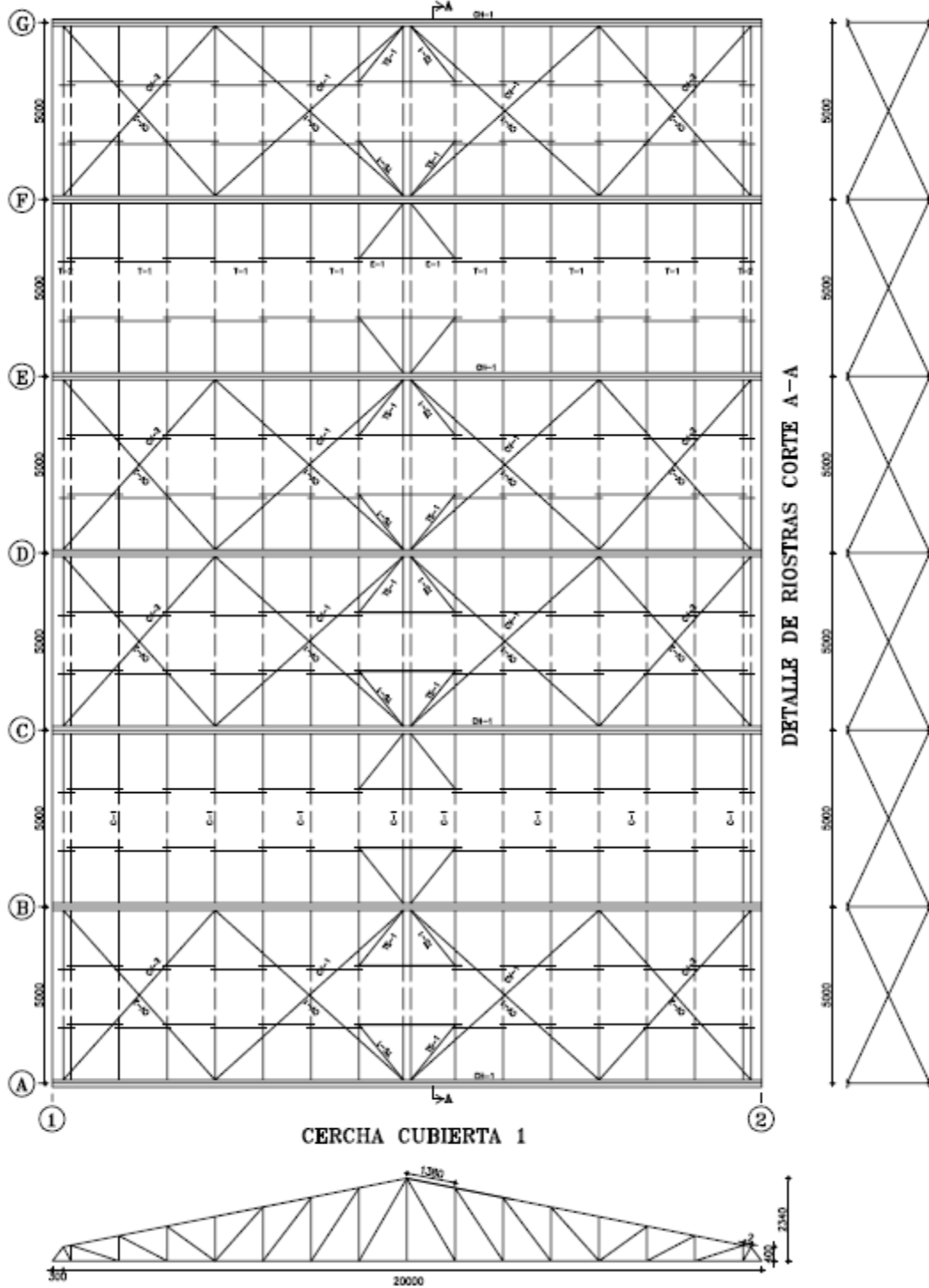
Separacion correas 1,69 7 espacio: 1,69 m
 Separacion cerchas 7,5 1 espacio: 0,61 m
 Separacion tirantes 1,88
 $CM = 0,2$
 $CV = 0,35$
 $W_u = 1,352 \text{ KN/m}$
 $M_{u+} = 9,50625 \text{ KN*m}$
 $L_b = 1,88 \text{ m}$

P8 x 2 -5/8 x 2,5

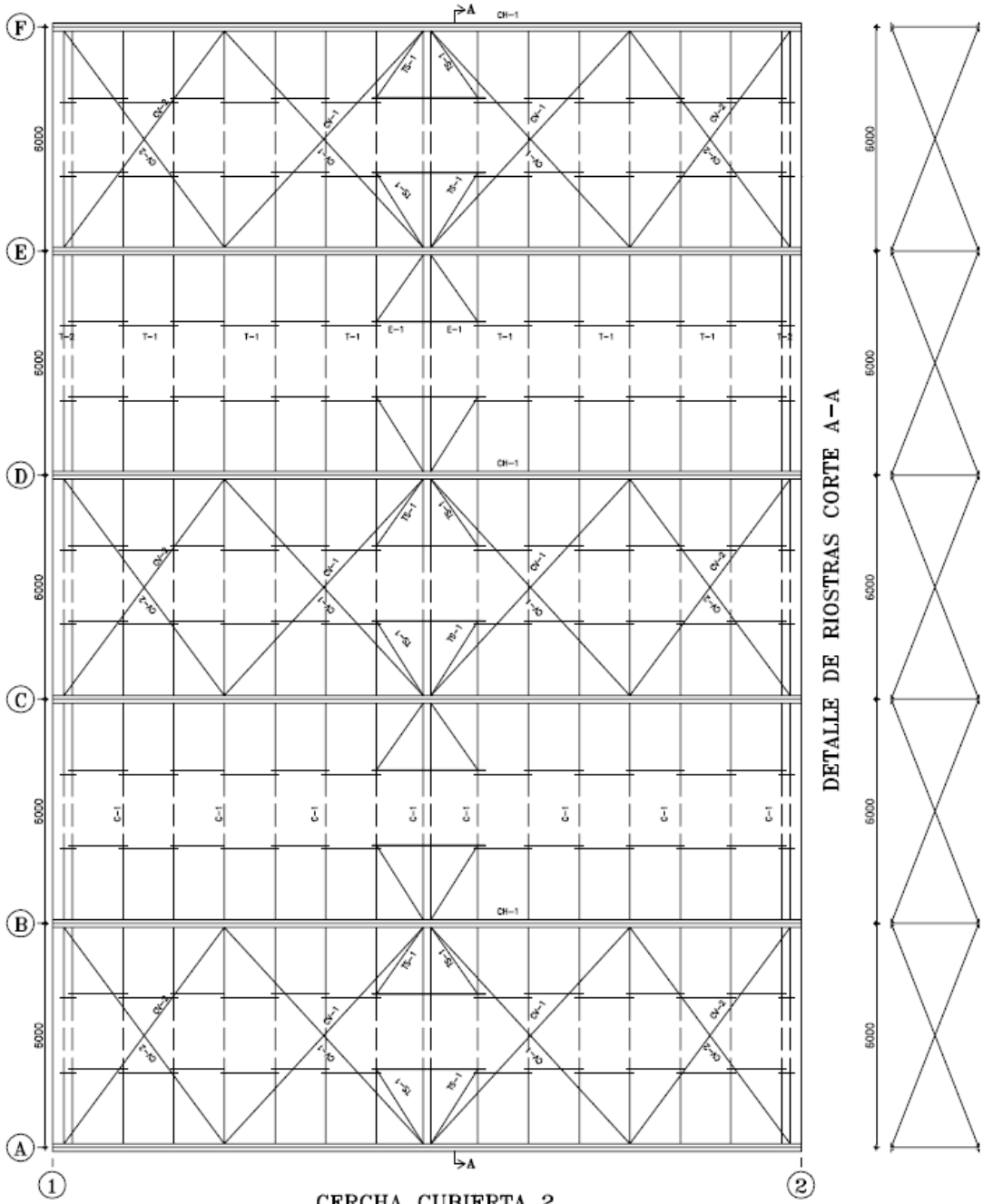
$WG = 6,91 \text{ Kg/m}$

ANEXO B. PLANTA Y CORTES DE LAS CUBIERTAS.

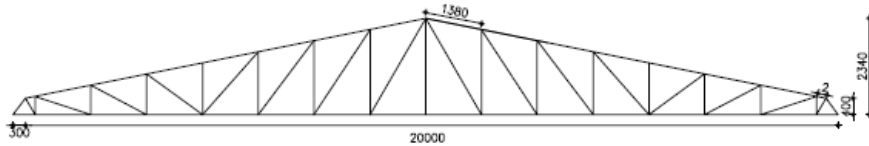
PLANTA CUBIERTA 1



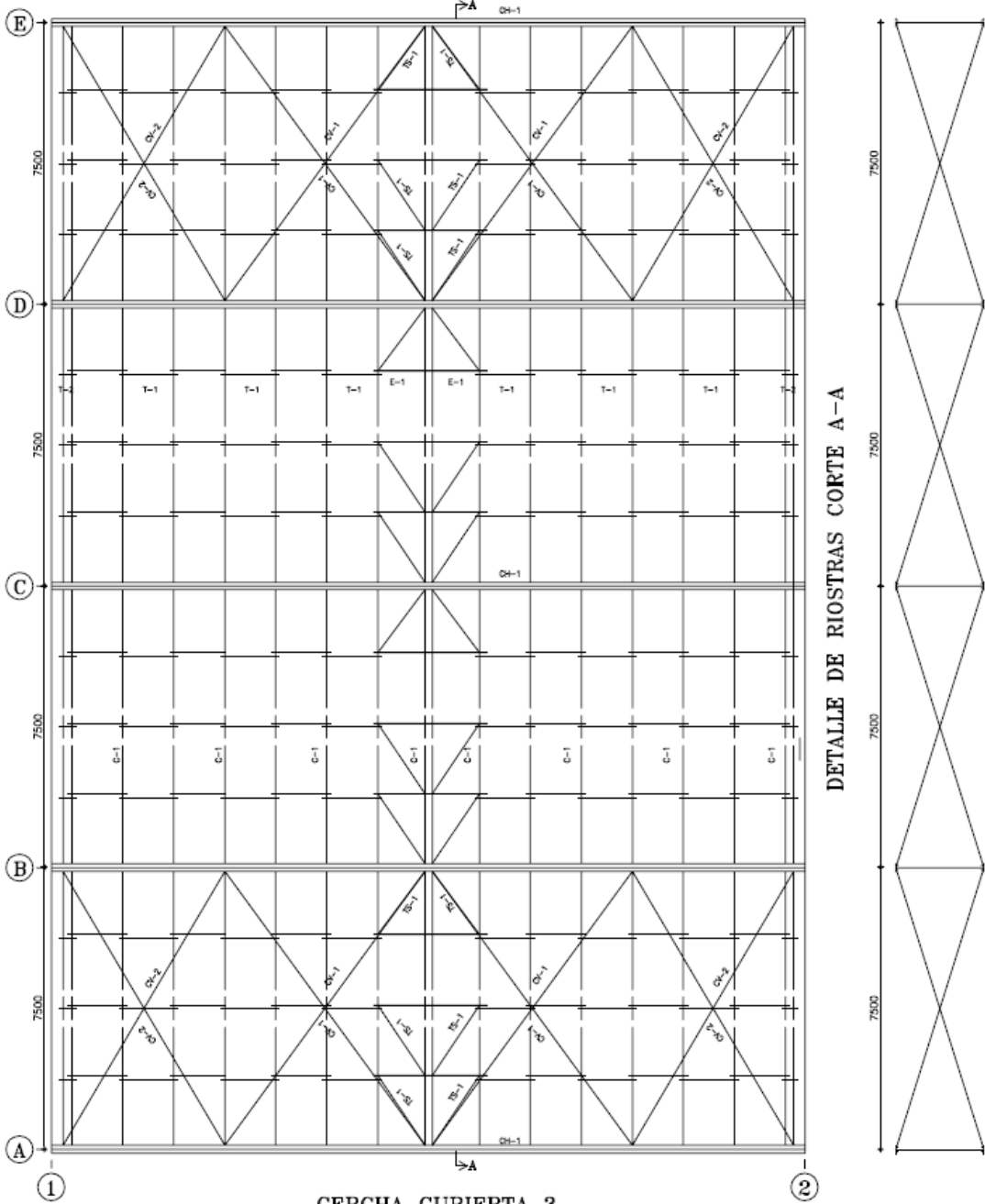
PLANTA CUBIERTA 2



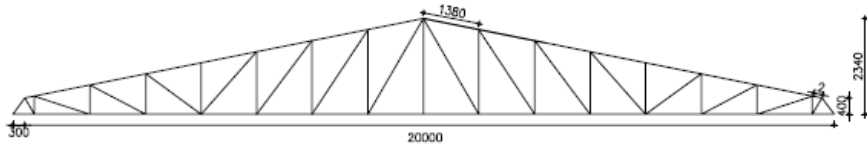
CERCHA CUBIERTA 2



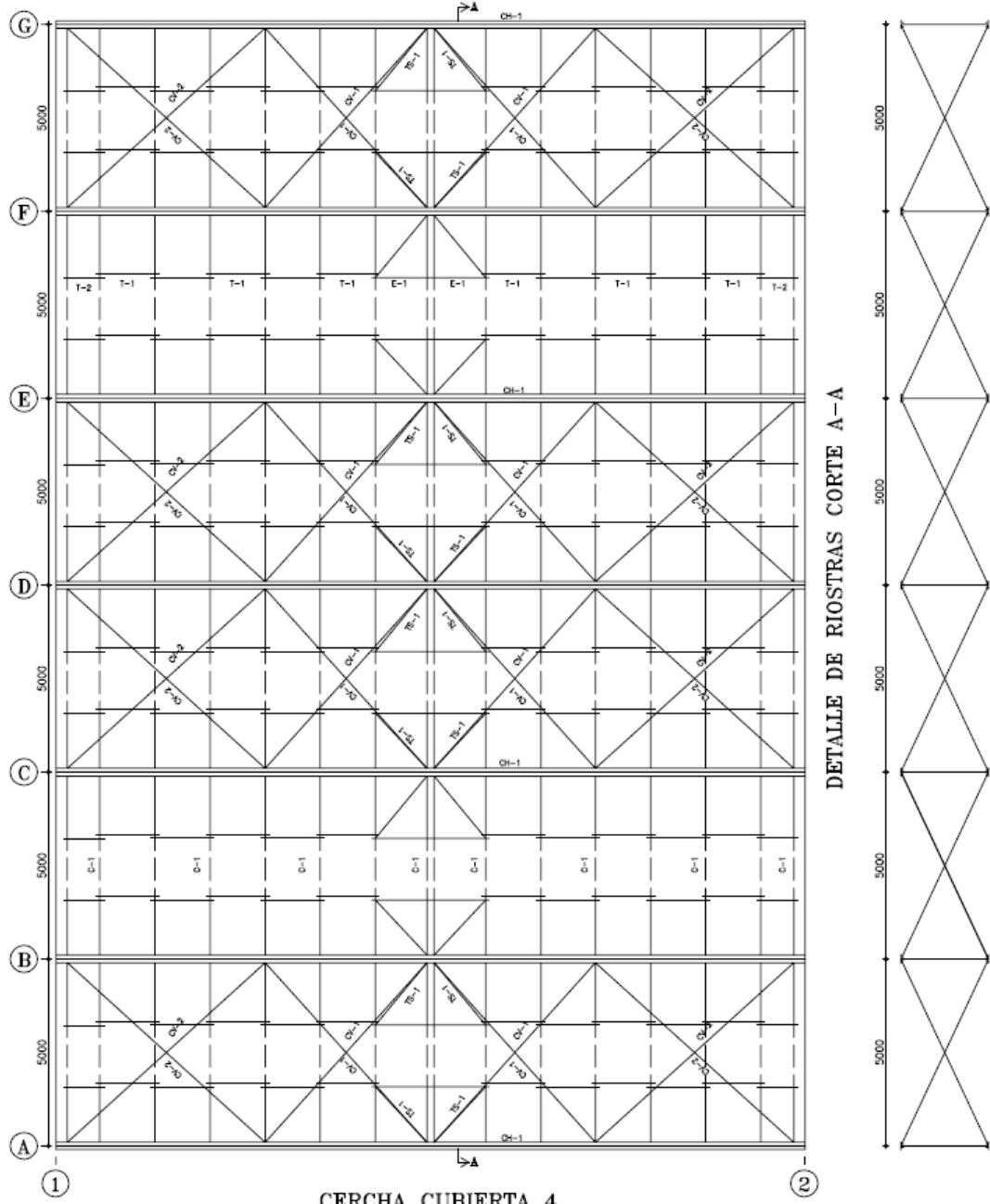
PLANTA CUBIERTA 3



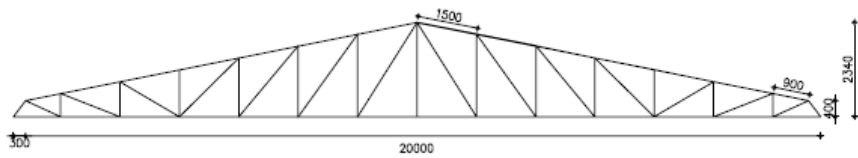
CERCHA CUBIERTA 3



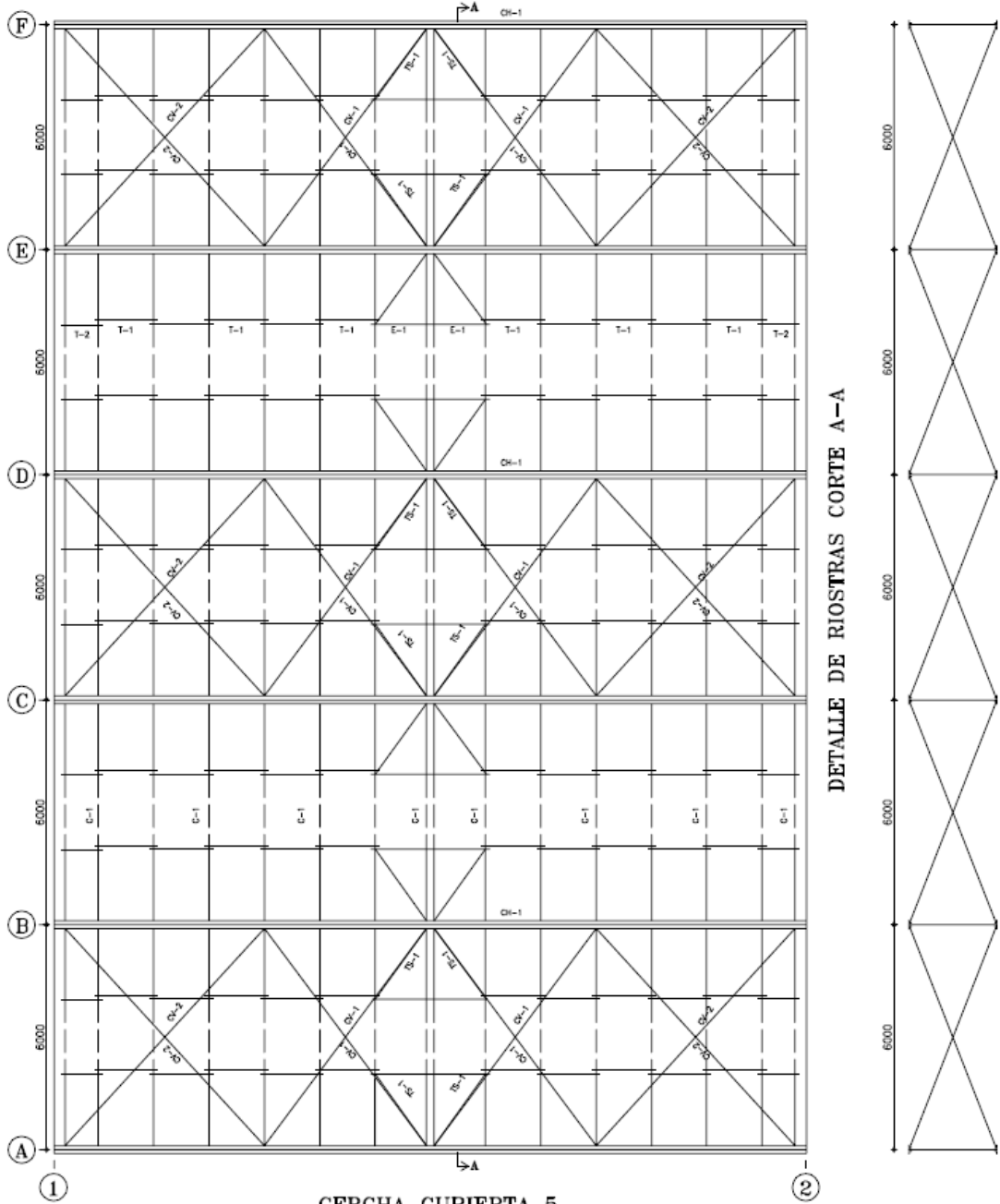
PLANTA CUBIERTA 4



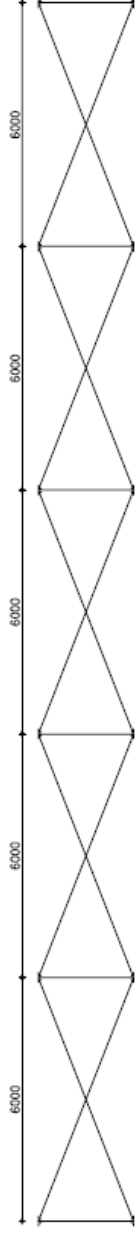
CERCHA CUBIERTA 4



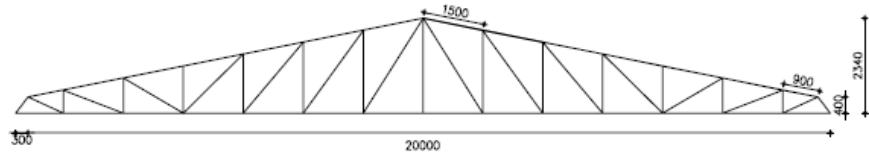
PLANTA CUBIERTA 5



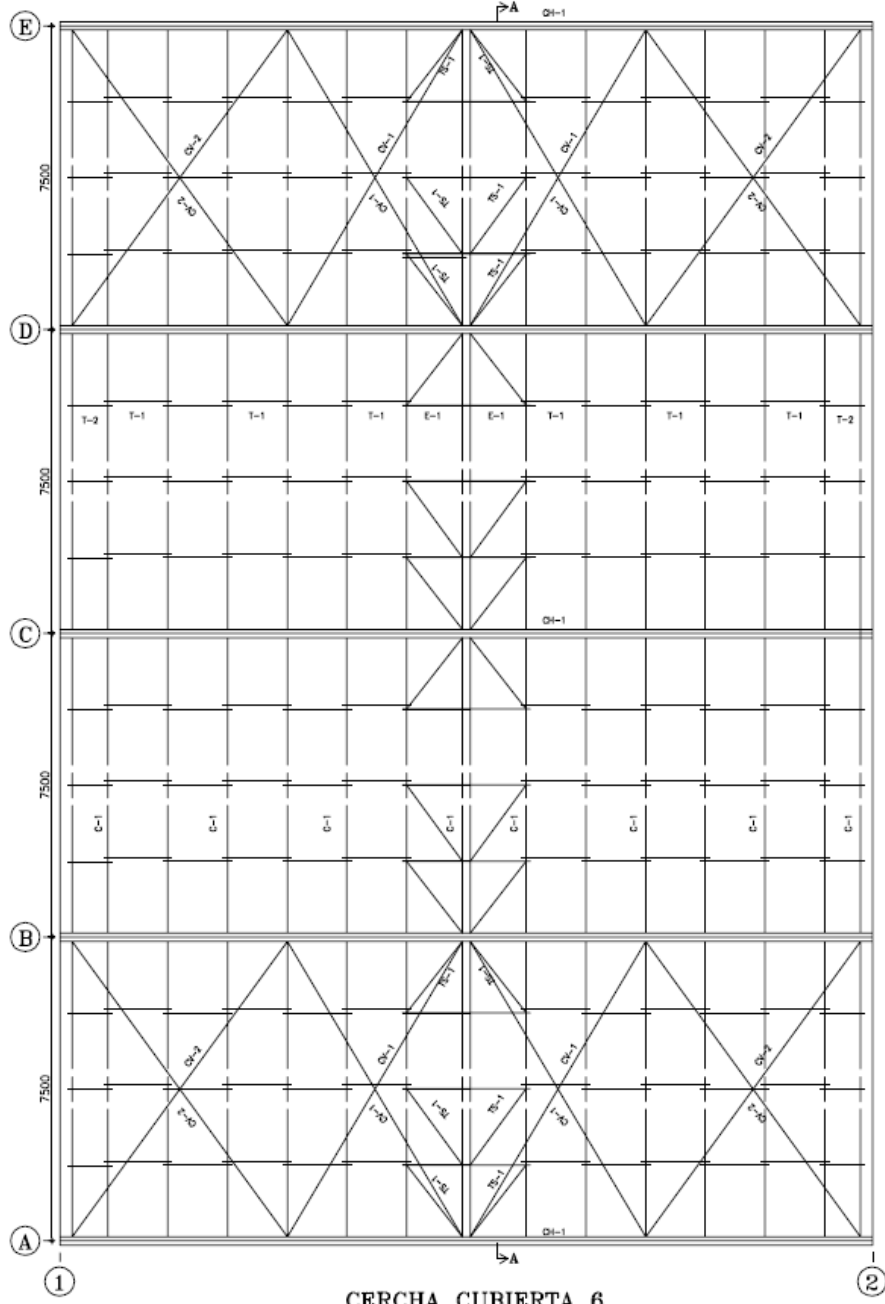
DETALLE DE RIOSTRAS CORTE A-A



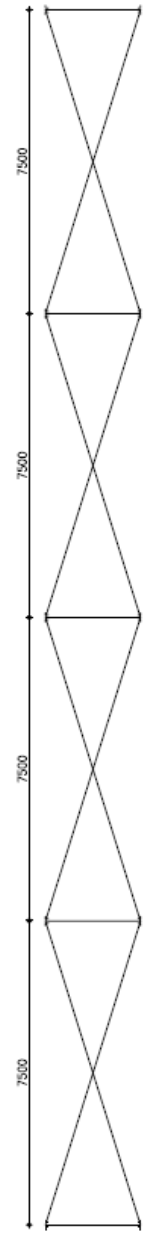
CERCHA CUBIERTA 5



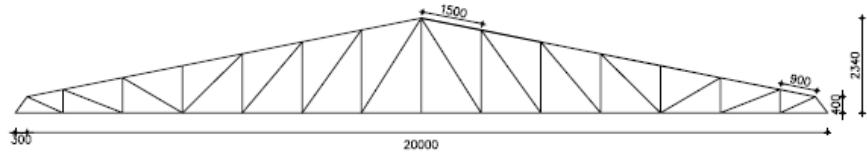
PLANTA CUBIERTA 6



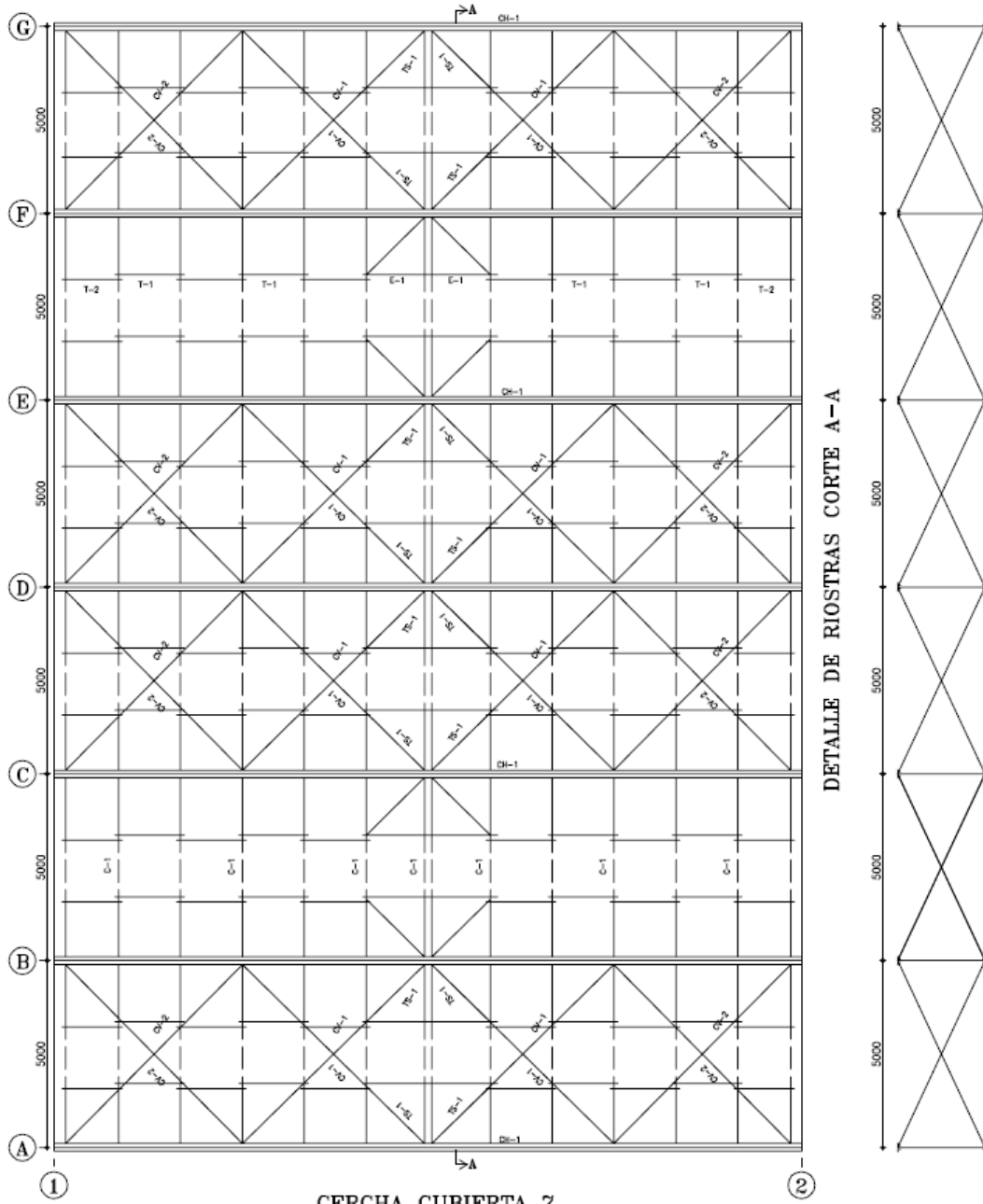
DETALLE DE RIOSTRAS CORTE A-A



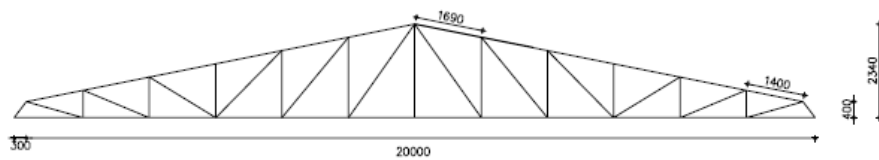
CERCHA CUBIERTA 6



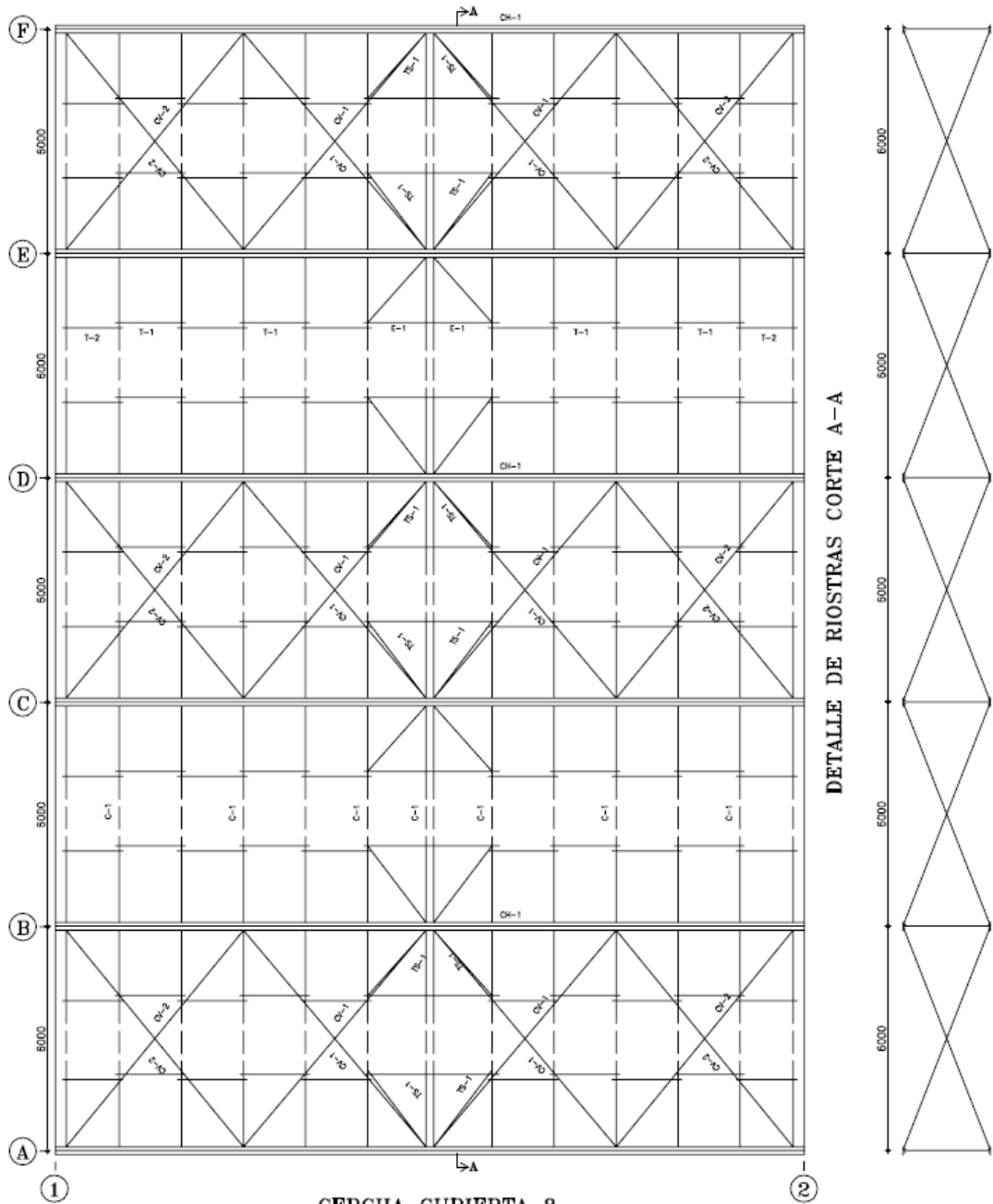
PLANTA CUBIERTA 7



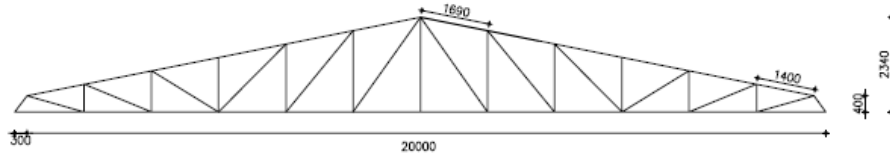
CERCHA CUBIERTA 7



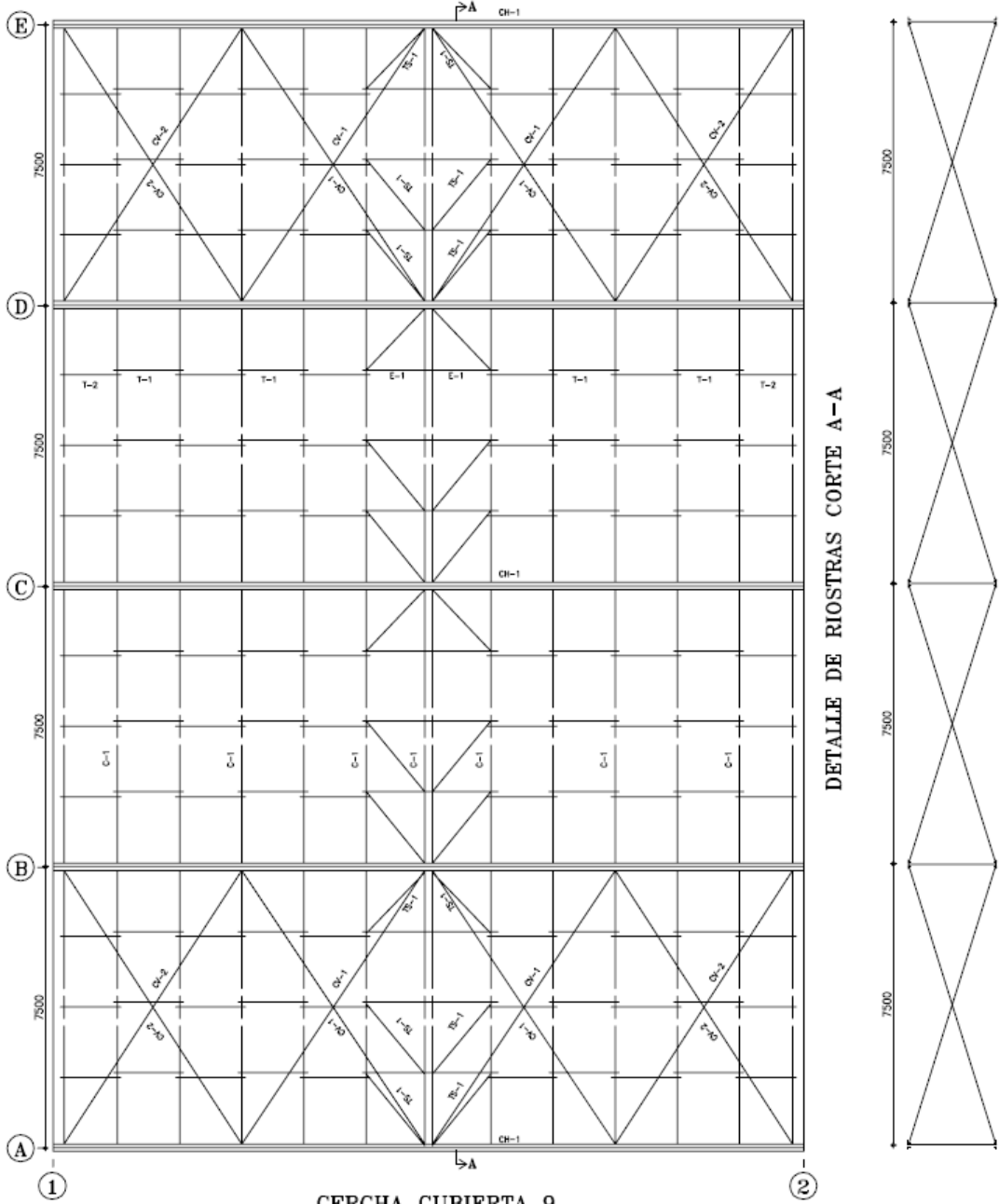
PLANTA CUBIERTA 8



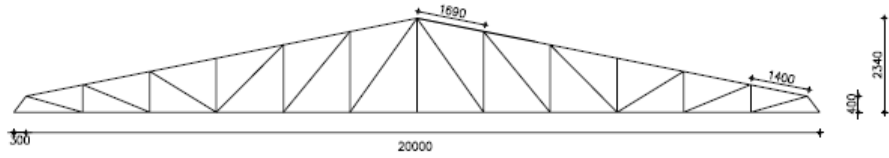
CERCHA CUBIERTA 8



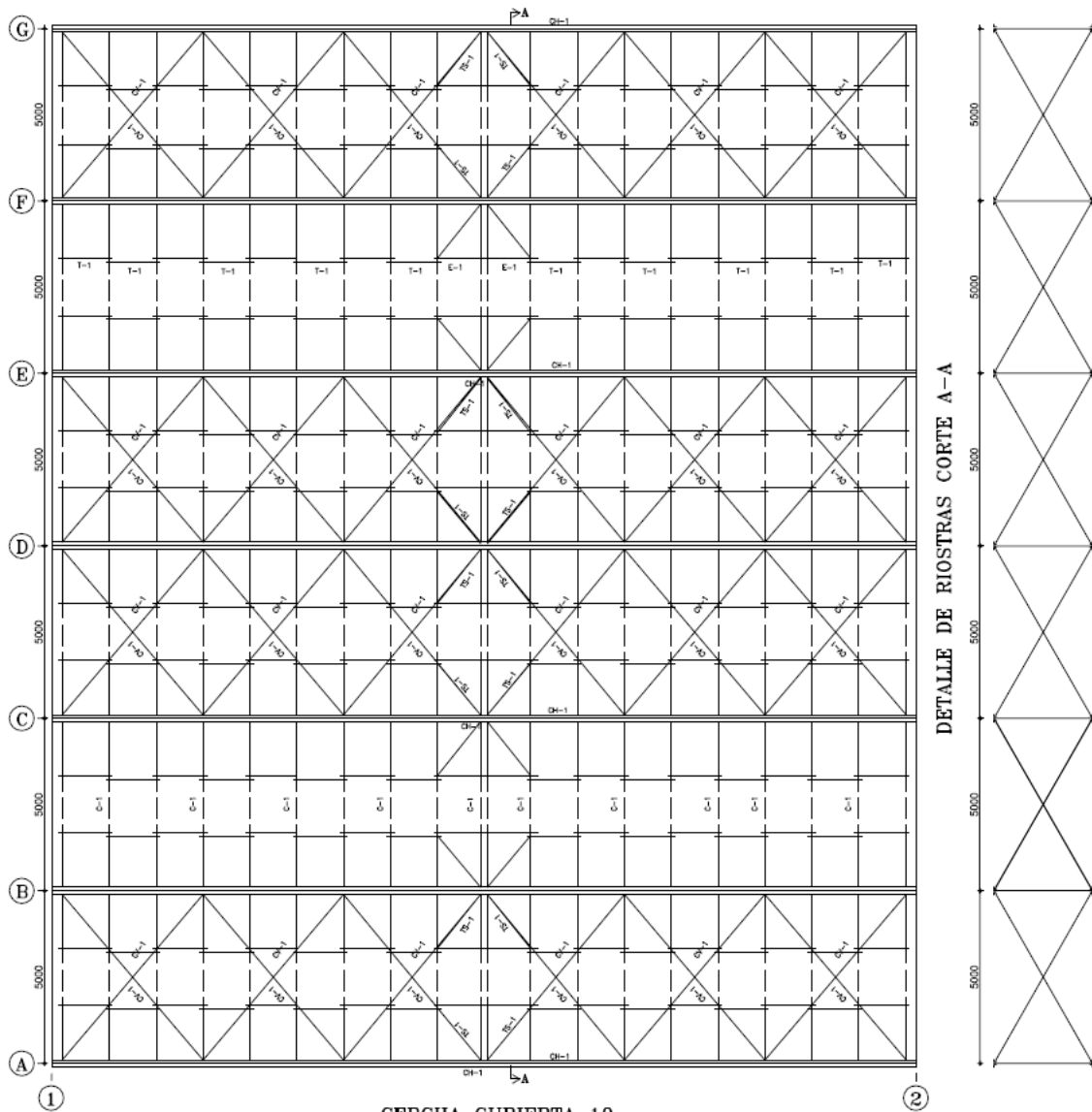
PLANTA CUBIERTA 9



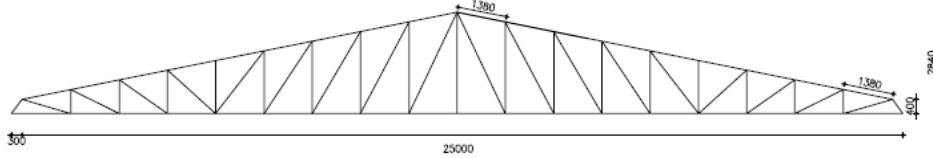
CERCHA CUBIERTA 9



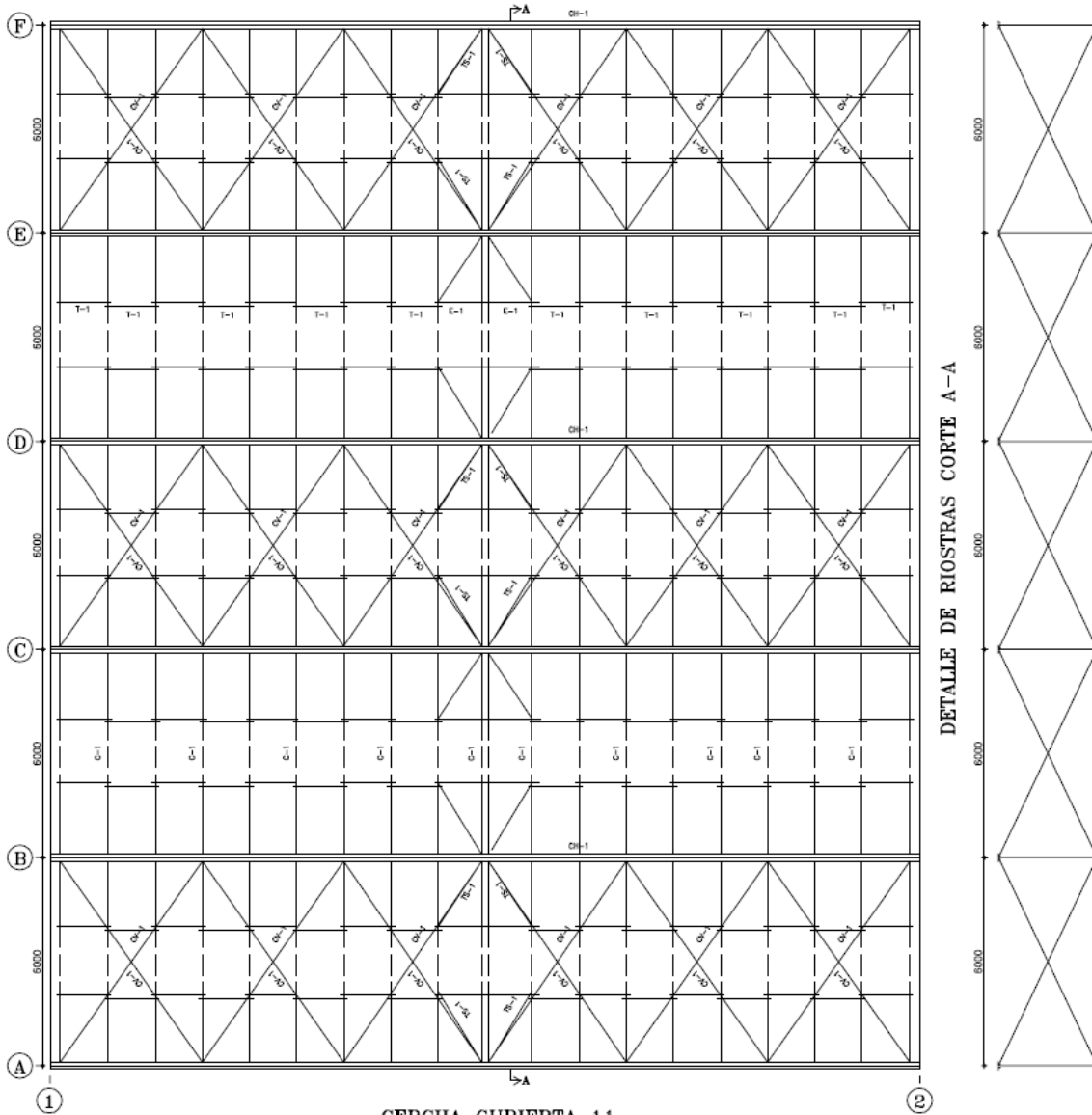
PLANTA CUBIERTA 10



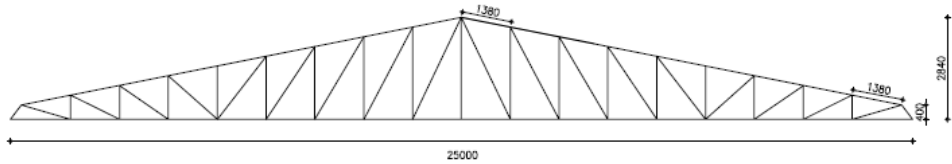
CERCHA CUBIERTA 10



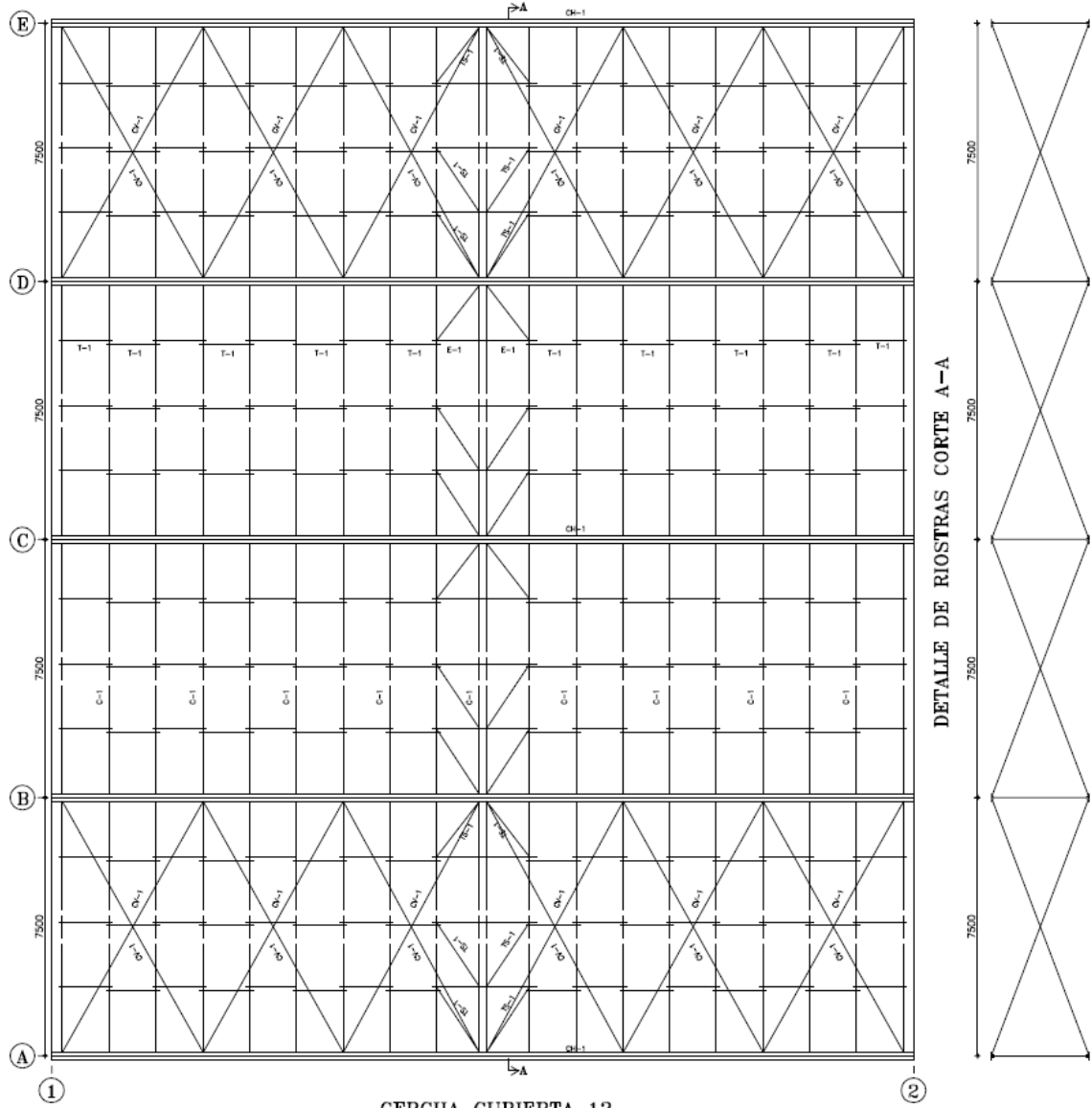
PLANTA CUBIERTA 11



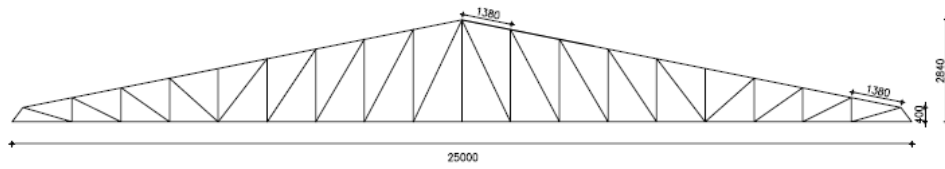
CERCHA CUBIERTA 11



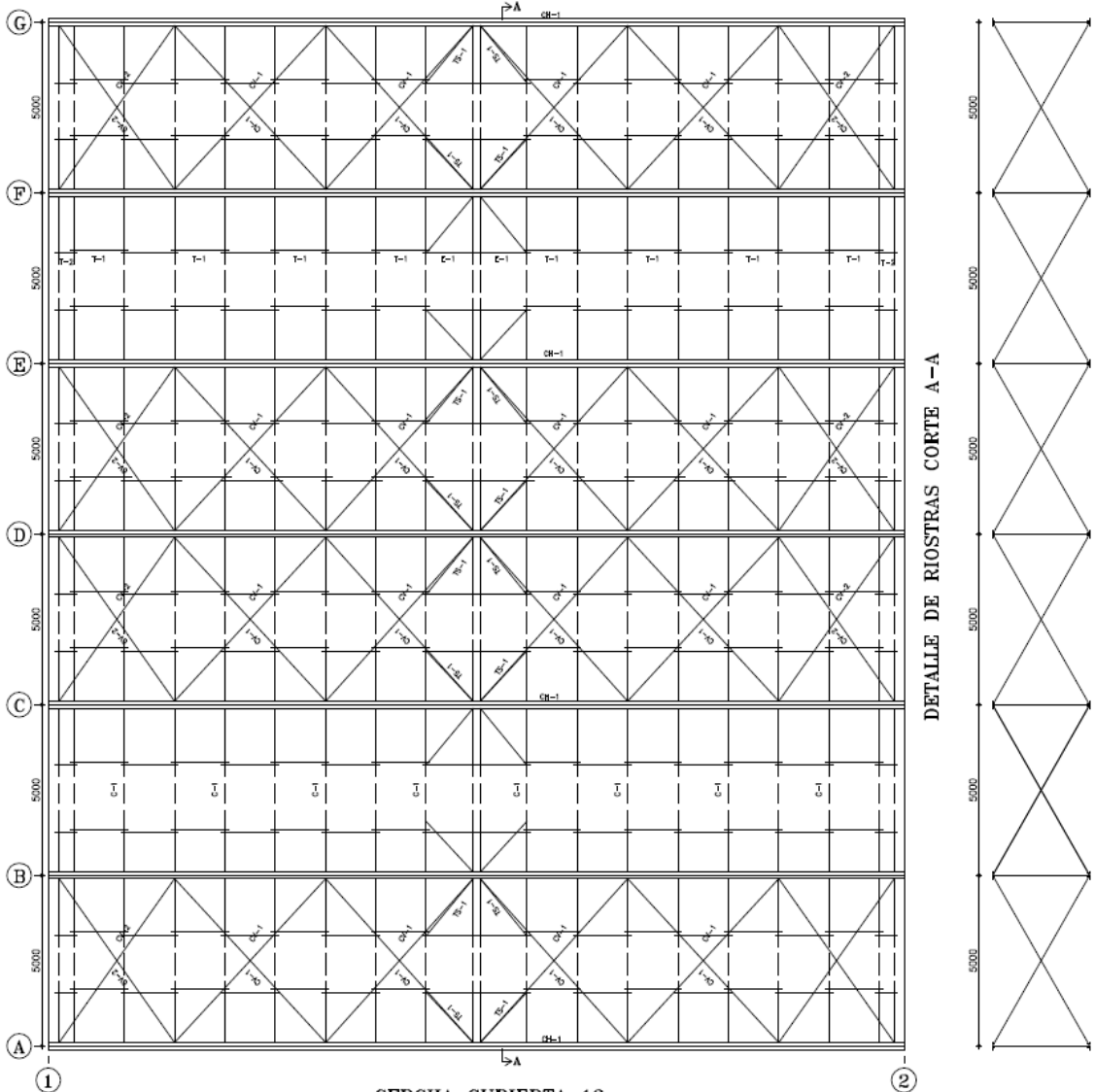
PLANTA CUBIERTA 12



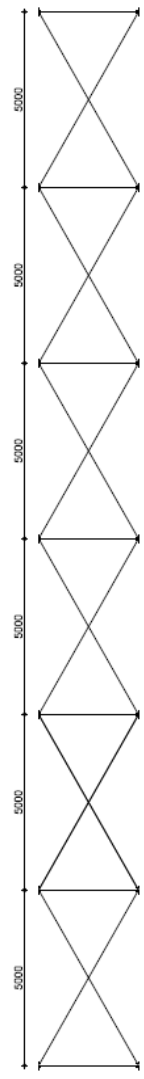
CERCHA CUBIERTA 12



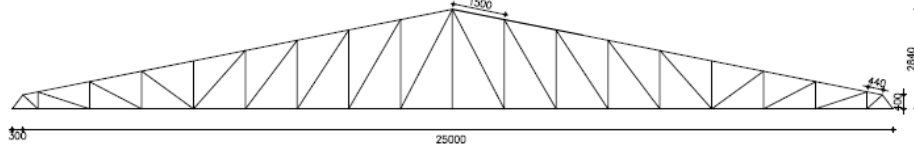
PLANTA CUBIERTA 13



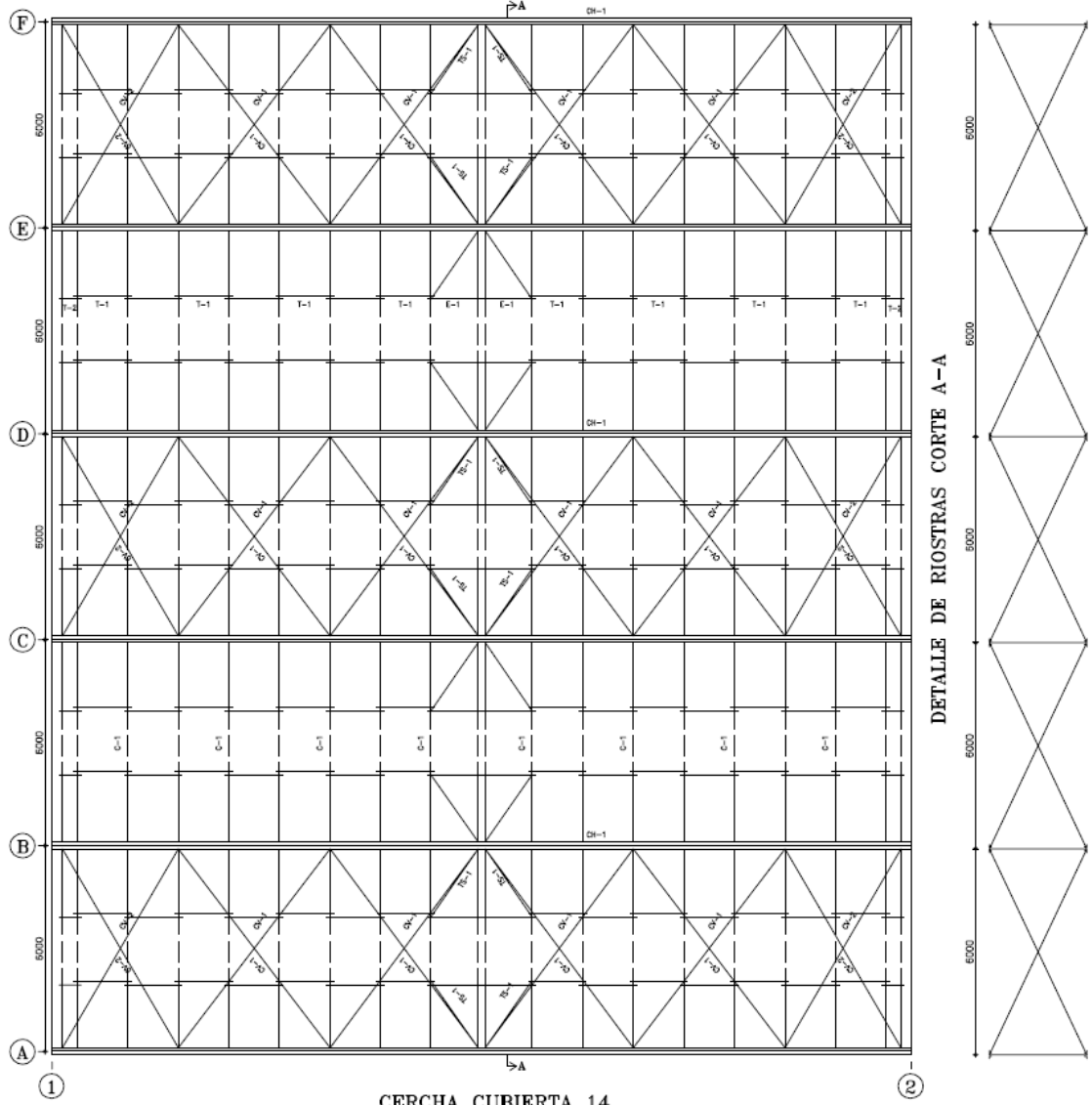
DETALLE DE RIOSTRAS CORTE A-A



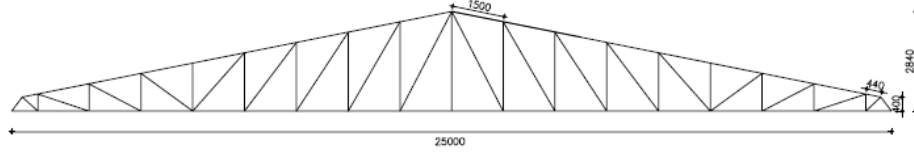
CERCHA CUBIERTA 13



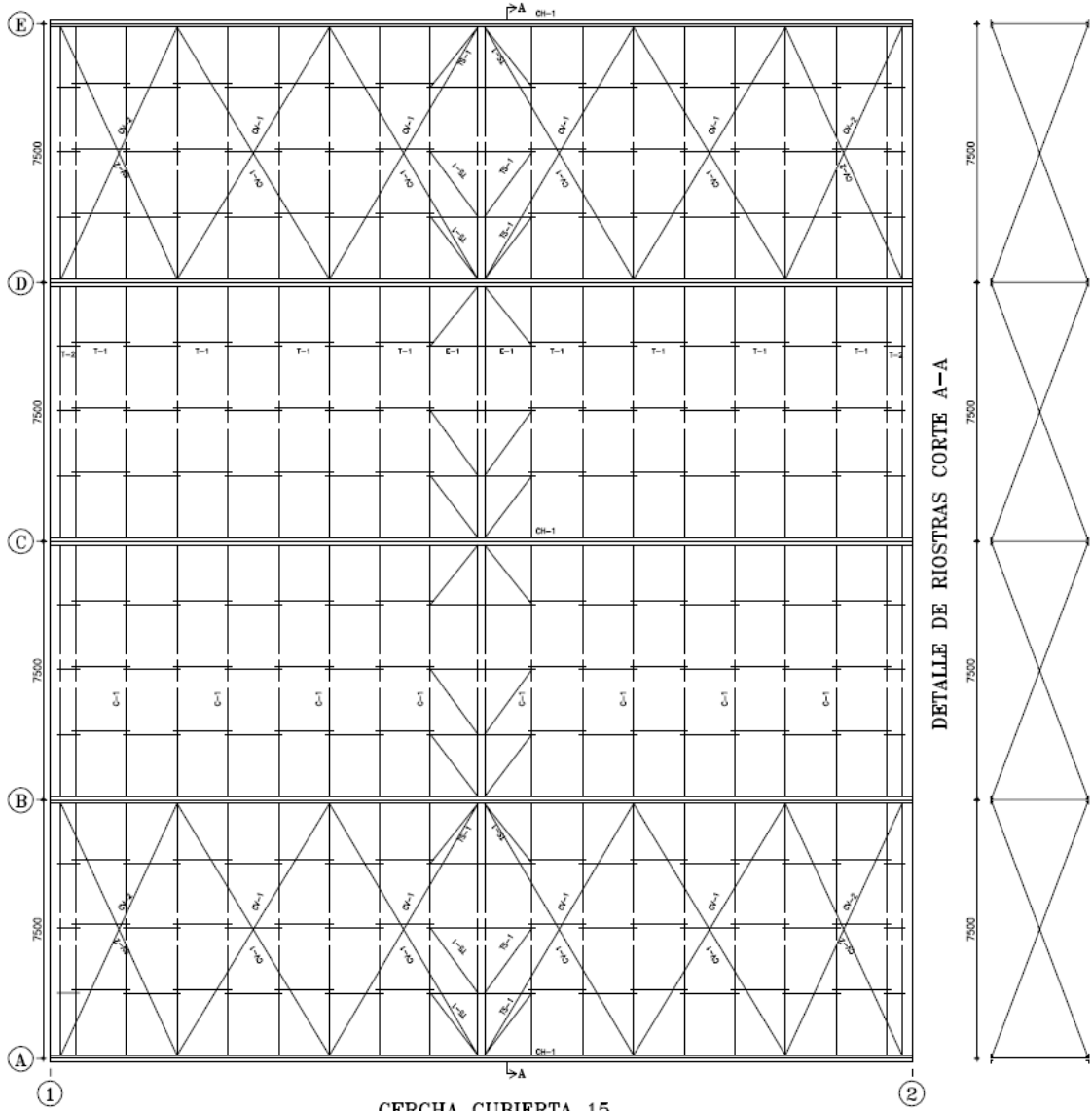
PLANTA CUBIERTA 14



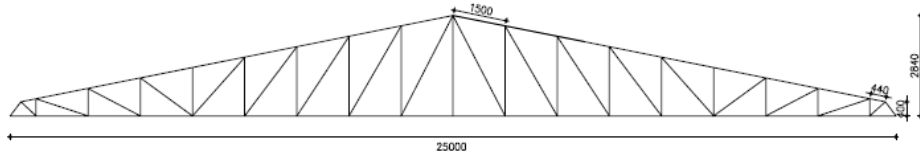
CERCHA CUBIERTA 14



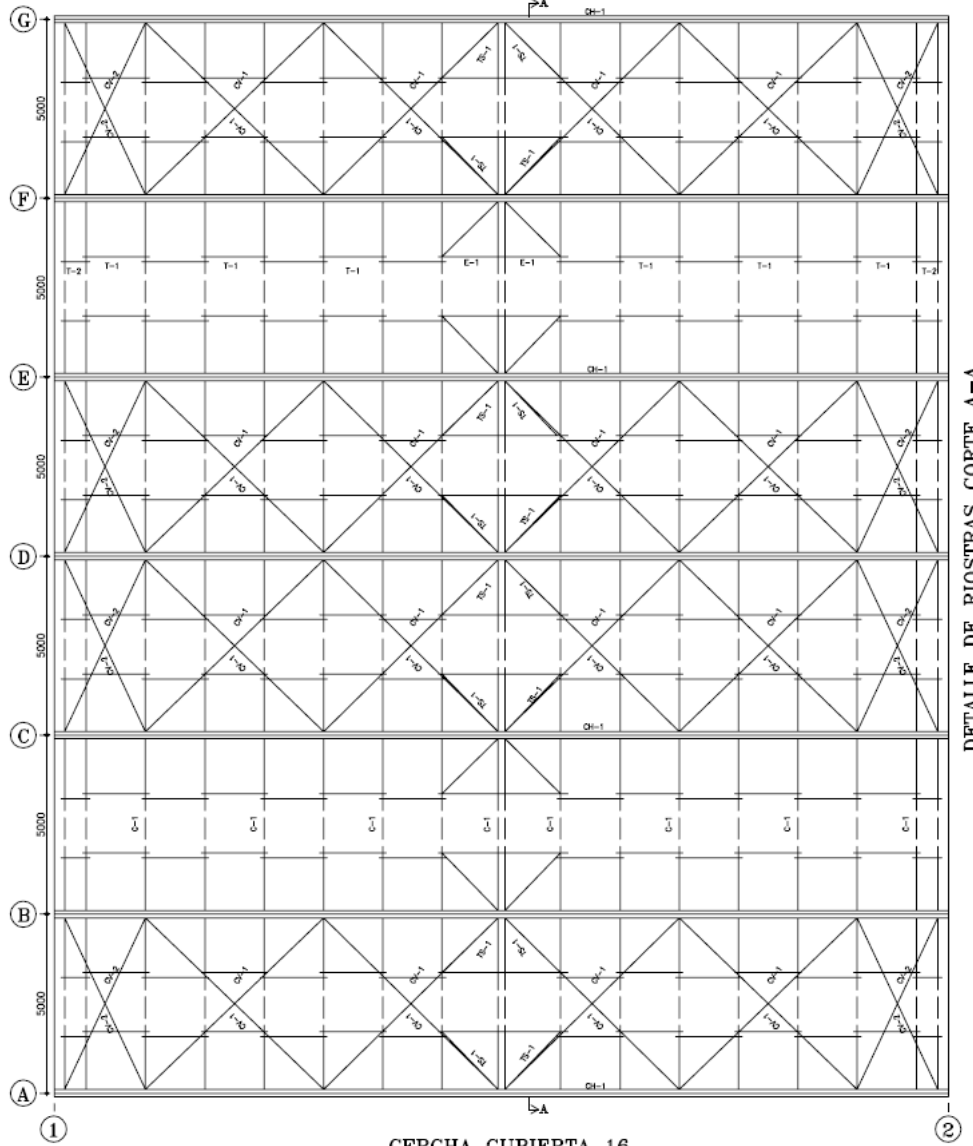
PLANTA CUBIERTA 15



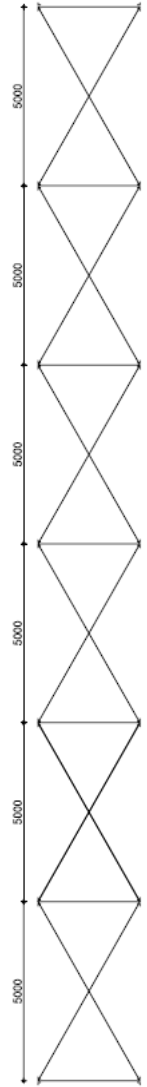
CERCHA CUBIERTA 15



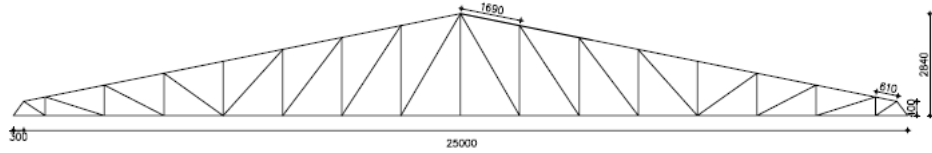
PLANTA CUBIERTA 16



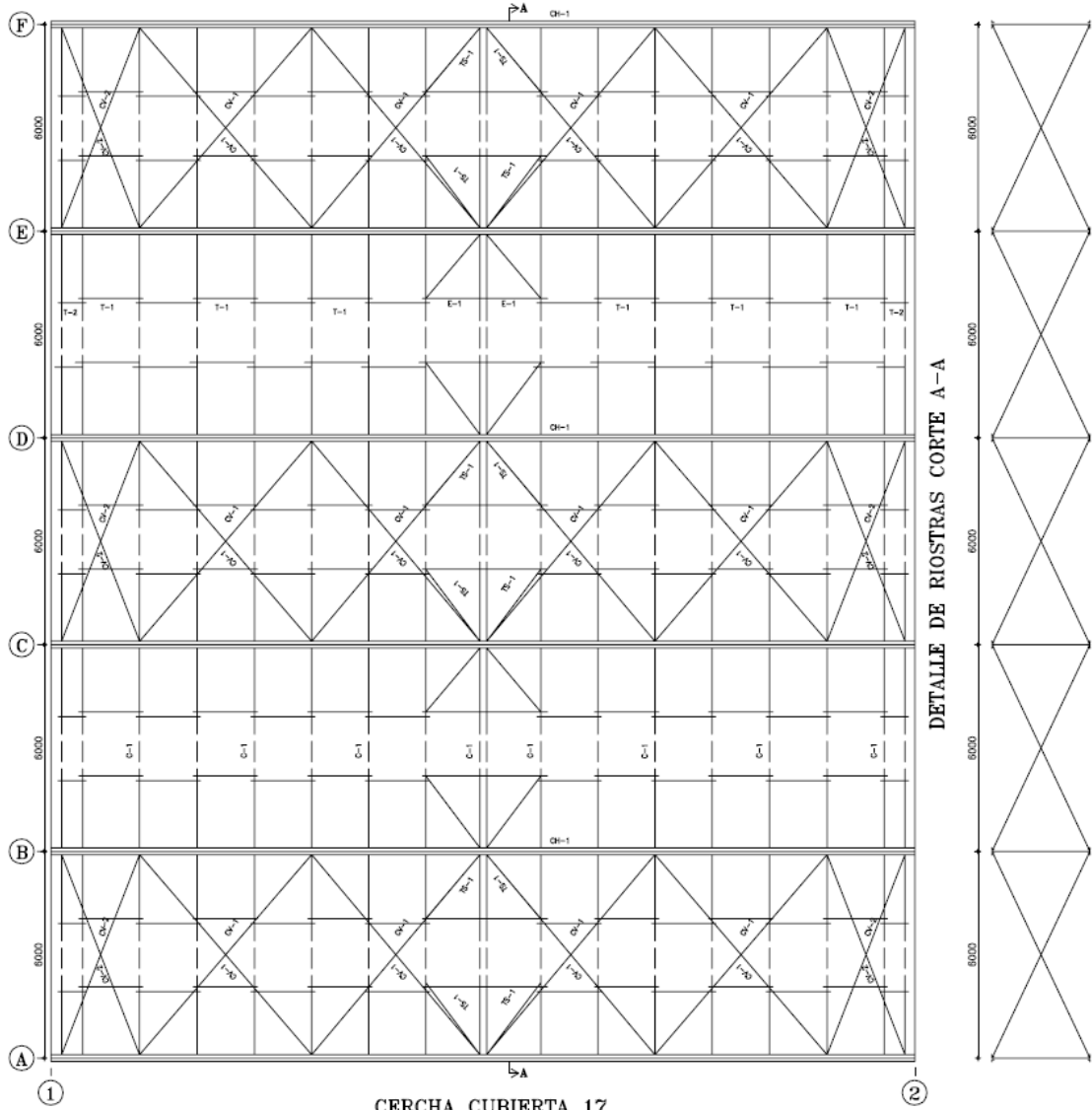
DETALLE DE RIOSTRAS CORTE A-A



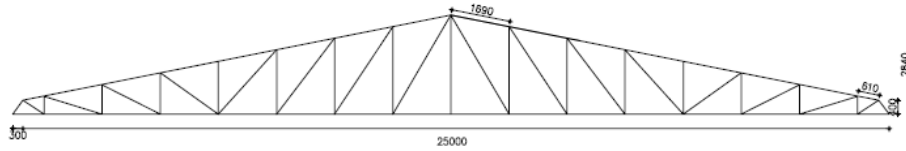
CERCHA CUBIERTA 16



PLANTA CUBIERTA 17



CERCHA CUBIERTA 17



PLANTA CUBIERTA 18

