

Universidad Latina de Costa Rica
Facultad de Ingeniería y Tecnología de la Información
Escuela de Ingeniería Civil

**Manual de diseño estructural e inspección para estructuras temporales
construidas con andamios multidireccionales para Costa Rica.**

*Propuesta de trabajo de graduación para optar por el grado académico de Licenciada
en Ingeniería Civil.*

Proponente:

Josselyn Audrey Esquivel Bolaños

Abril 2020

Tabla de Contenidos

CAPÍTULO I.....	1
1. Problema y Propósito.....	2
1.1. Estado actual del problema.....	2
1.2. Planteamiento del problema.	3
1.2.1. Enunciado del problema.....	3
1.2.2. Formulación del problema.....	3
1.3. Justificación del estudio de investigación.	4
1.4. Objetivos.....	5
1.4.1. Objetivo general.	5
1.4.2. Objetivos específicos.	5
1.5. Alcance y Limitaciones.	6
1.5.1. Alcances.....	6
1.5.2. Limitaciones.	7
1.6. Delimitaciones.....	8
1.6.1. Delimitaciones Temporal.....	8
1.6.2. Delimitaciones Espacial.....	8
CAPÍTULO II.....	9
2. Marco Teórico.....	10
2.1. ¿Qué se entiende como una estructura en términos ingenieriles?	10
2.1.1. Estructuras permanentes	12
2.1.2. Estructuras temporales.....	12
2.2. Normativas que regulan las estructuras temporales.....	20
2.2.1. Normativas internacionales.	20

2.2.2.	Normativas a nivel nacional.....	25
2.3.	Las metodologías para el análisis estructural de estructuras temporales de andamios multidireccionales.	27
2.3.1.	Deformaciones de elementos.....	27
2.4.	La metodología de inspección de estructuras temporales de andamios multidireccionales.....	29
2.4.1.	Personal inspector.....	29
2.4.2.	Fases de una inspección.....	29
CAPÍTULO III.....		32
3.	Marco Metodológico.....	33
3.1.	Definición del enfoque metodológico y métodos de investigación.	33
3.2.	Sujetos y fuentes de información.....	33
3.2.1.	Sujetos de información.....	33
3.2.2.	Fuentes de información.....	35
3.3.	Definición de variables.....	36
3.3.1.	Conceptual.....	36
3.3.2.	Operativo.....	37
3.3.3.	Instrumental.....	37
3.4.	Instrumentos y técnicas utilizadas en la recopilación de los datos.	38
3.5.	Confiabilidad y validez de los instrumentos de recolección de datos de la investigación.....	39
CAPÍTULO IV.....		40
4.	DISEÑO ESTRUCTURAL E INSPECCION.....	41
4.1.	PRÁCTICA 1: Conocimiento del equipo a utilizar en estructuras temporales. 41	
4.1.1.	Introducción.....	41

4.1.2.	Objetivos	41
4.1.3.	Equipo	41
4.1.4.	Procedimiento	42
4.1.5.	Análisis de resultados	60
4.2.	PRÁCTICA 2: Diseño estructural e inspección de estructura temporal conocida como escenario para conciertos.	61
4.2.1.	Introducción.....	61
4.2.2.	Objetivos	61
4.2.3.	Equipo	61
4.2.4.	Montaje.....	63
4.2.5.	Especificaciones para el montaje	66
4.2.6.	Sistema de techo al aire libre	76
4.2.7.	Modelado en SAP de escenario para conciertos.....	77
➤	Clasificación del Suelo y ubicación según CSCR-10	77
➤	Clasificación según su uso CSCR-10	77
➤	Clasificación según su forma estructural	77
➤	Clasificación según requisitos de detallado	77
➤	Aceleración Pico Efectiva	78
➤	Periodo Fundamental inicial de la estructura	78
➤	Parámetros Utilizados.....	90
➤	BLOQUE 1	110
CAPÍTULO V		123
5.	Conclusiones y Recomendaciones.....	124
5.1.	Conclusiones.	124
5.2.	Recomendaciones.	125

Bibliografía..... 126

Índice de Tablas

Tabla 1: Datos técnicos.	19
Tabla 2. Normativa aplicable para Costa Rica.....	25
Tabla 3. Especialización en prospectiva organizacional para el análisis estructural.	28
Tabla 4: Matriz de sujetos de información.	34
Tabla 5. Datos del vástago de base.	42
Tabla 6. Dimensiones de tubo vertical.....	45
Tabla 7. Dimensiones de tubo horizontal según fabricante.	47
Tabla 8. Dato de pasador de marco según fabricante.....	47
Tabla 9. Datos de tubo diagonal V según fabricante.	48
Tabla 10. Datos de tubo diagonal H según fabricante.....	50
Tabla 11. Datos de viga de carga según fabricante.	51
Tabla 12. Viga de aluminio según catálogo.....	51
Tabla 13. Datos de viga de aluminio según fabricante.	53
Tabla 14. Lista de equipo para montaje de escenarios con sistema Modex.	62
Tabla 15. Valores de entrada en SAP	77
Tabla 16. Sismo en Y, X=0.....	91
Tabla 17. Sismo en Y, X=5.....	91
Tabla 18. Sismo en Y, X=10.....	91
Tabla 19. Sismo en Y, X=15.5.....	92
Tabla 20. Sismo en Y, X=20.....	92
Tabla 21. Sismo en Y, X=25.....	92
Tabla 22. Sismo en X, Y=2.5.....	93
Tabla 23. Sismo en X, Y=7.5.....	93
Tabla 24. Sismo en X, Y=10.....	93
Tabla 25. Sismo en X, Y=12.5.....	94
Tabla 26. Sismo en X, Y=16.5.....	94
Tabla 27. Sismo en X, Y=21.5.....	94
Tabla 28. Periodos de oscilación y masas.....	95
Tabla 29. Lista de equipo para gradería.....	105

Índice de Figuras

Figura 1: Acoplamiento multidireccional.	15
Figura 2: Complemento para la unión hacia el acoplamiento multidireccional.	15
Figura 3:Ensamble de acoplamiento multidireccional.....	16
Figura 4: Base de la estructura conocida como vastago.	16
Figura 5: Aspecto sistema multidireccional.....	17
Figura 6. : Requisitos eventos masivos plazas públicas, desfiles, ferias electorales.....	26
Figura 7. Vástago de base según catálogo.	42
Figura 8. Dimensiones en centímetros de pieza de arranque según catálogo.	43
Figura 9. Calza de madera.	44
Figura 10. Postes verticales según catálogo.	44
Figura 11. Postes Horizontales según catálogo.	46
Figura 12. Pasador de marco según catálogo.	47
Figura 13. Tubo Diagonal V según catálogo.....	48
Figura 14. Tubo Diagonal H según catálogo.	49
Figura 15. Tubo Diagonal H según catálogo	49
Figura 16. Viga puente según catálogo.	50
Figura 17. Descripción Viga de aluminio.	52
Figura 18. Descripción Viga de aluminio según catálogo.	52
Figura 19. Formaleta metálica según catálogo.....	53
Figura 20. Alineación correcta de la formaleta metálica.	54
Figura 21. Uso correcto de las cuñas.	55
Figura 22. Datos de formaleta según fabricante.....	55
Figura 23, Casco para trabajo en altura.	56
Figura 24. Guantes antideslizantes para trabajo en altura.	57
Figura 25. Lentes de seguridad para trabajos en altura.	57
Figura 26. Zapatos de seguridad.....	58
Figura 27. Arnés de protección personal.....	58
Figura 28. Línea de vida del arnés.	59

Figura 29. Ejemplo del uso correcto de arnés con la línea de vida.	59
Figura 30. Opción de contrapeso usado en estructura temporales.	60
Figura 31. Ejemplo de escenario a seguir.	63
Figura 32. Plano de dimensiones del escenario en planta a seguir.....	64
Figura 33. Distancia correcta para descarga del equipo.	66
Figura 34. Ejes de referencia del escenario.	66
Figura 35. Distribución de tubos horizontales y diagonales.....	67
Figura 36. Puntos de conexión en planta al inicio del montaje.	67
Figura 37. Vástago de base.....	68
Figura 38. Pieza de arranque sobre vástago de base.	68
Figura 39. Marco formado por los tubos horizontales.....	68
Figura 40. Patrón a seguir de tubos diagonales H.....	69
Figura 41. Conexión del tubo diagonal H con tubo vertical.	69
Figura 42. Sentido de las vigas de carga.	70
Figura 43. Sentido de los tubos horizontales.....	70
Figura 44. . Vigas de carga en eje Y, Tubo Horizontal eje X.	71
Figura 45. Dirección a seguir de los tubos diagonales V.....	72
Figura 46. Viga de aluminio sentada sobre viga de carga.....	73
Figura 47. Viga de aluminio sentada sobre viga de carga.....	73
Figura 48. Colocación correcta de paneles.	74
Figura 49. Colocación correcta de paneles y cuñas.	75
Figura 50. Colocación del sarán en escenario.....	75
Figura 51. Sistema de techo al aire libre	76
Figura 52. Vista frontal de la estructura.....	78
Figura 53. Vista lateral de la estructura.	79
Figura 54. Vista posterior de la estructura.....	79
Figura 55. Vista en planta de estructura.	80
Figura 56. Propiedades para el acero.	80
Figura 57. Propiedades de los contrapesos	81
Figura 58. Elementos definidos	82
Figura 59. Dimensiones tubo vertical.	82

Figura 60. Propiedades tubo vertical.	83
Figura 61. Dimensiones tubo diagonal V.	83
Figura 62. Propiedades tubo diagonal V.	83
Figura 63. Dimensiones tubo horizontal.	84
Figura 64. Propiedades tubo horizontal.	84
Figura 65. Dimensiones viga.	85
Figura 66. Propiedades viga.	85
Figura 67. Zonas definidas como membranas.	86
Figura 68. Membrana.	86
Figura 69. Tipo de apoyo.	87
Figura 70. Elementos y apoyos.	87
Figura 71. Espectros de respuesta.	88
Figura 72. Factor para definir los espectros de respuesta.	89
Figura 73. Sistema estructural tipo otro.	90
Figura 74. Combinaciones en SAP.	95
Figura 75. Cantidad de diafragmas.	96
Figura 76. Diafragma semirrígido.	96
Figura 77. Ubicación de los 7 diafragmas.	97
Figura 78. Contrapesos asignados.	97
Figura 79. Valor de CP.	98
Figura 80. Valor de CT.	98
Figura 81. Esfuerzo longitudinalmente axial SAP.	99
Figura 82. Esfuerzo longitudinalmente axial catálogo.	99
Figura 83. Momento flector SAP.	100
Figura 84, Momento flector catálogo.	100
Figura 85. Fuerza diagonal SAP.	101
Figura 86. Fuerza diagonal catálogo.	101
Figura 87. Cumplimiento de las derivas.	102
Figura 88. Capacidad de la estructura.	102
Figura 89. Dimensiones de gradería a construir.	104
Figura 91. Ejes de una gradería.	106

Figura 92. Distribución de piezas de arranque.	107
Figura 93. Distribución de tubos horizontales y diagonales H.	107
Figura 94. Elevación de tubos al primer nivel.	108
Figura 95. Nivelación de elementos.	108
Figura 96. Alturas de tubos verticales para gradería.	109
Figura 97. Numeración de bloques en gradería.	110
Figura 98. Pasillo y baranda frontal.	110
Figura 99. Colocación de Y de viga de carga bloque 2.	111
Figura 100. Colocación de Y de viga de carga bloque 3.	112
Figura 101. Colocación de Y de diagonales V en bloque 2.	113
Figura 102. Colocación de Y de diagonales V en bloque 3.	113
Figura 103. Colocación de diagonales V en el eje X para bloque 3.	114
Figura 104. Ubicación de vigas de aluminio en gradería, vista de perfil.	115
Figura 105. Ubicación de vigas de aluminio en gradería, vista de perfil.	115
Figura 106. Grada especial para graderías con andamiaje multidireccional.	116
Figura 107. Ubicación de grada.	117
Figura 108. Diagonal vertical de grada.	117
Figura 109. Diagonal con tornillo.	118
Figura 110. Resultado de grada colocada en bloque 2 y 3.	118
Figura 111. Grada con guía para panel de gradería.	119
Figura 112. Gradería para 250 personas.	120

CAPÍTULO I

1. Problema y Propósito.

1.1. Estado actual del problema.

Desde inicios de los años 2000's el país ha tenido la oportunidad de iniciar con las estructuras para escenarios partiendo de los andamios comunes utilizados para la construcción de edificaciones, lo cual fue generando un método empírico en el armado de este.

Costa Rica como país a lo largo de los años se ha encontrado con un gran rezago en diseño estructural para estructuras temporales construidas con andamios multidireccionales, ya que la información de este solo lo adquieren aquellas personas que compran los distintos tipos de andamiaje y no necesariamente implica que dominen o conozcan del tema a la perfección, lo que conlleva que gran parte de este ámbito no sean Ingenieros civiles especializados en estructuras y en muchos casos ni llegan a la ingeniería como profesión.

Al tratarse de estructuras donde se cuentan con personas cantando, bailando o simplemente sentados, debería de tratarse con más cautela porque no está exenta de un accidente o falla del sistema como tal ya que como toda estructura tiene sus respectivas cargas y por eso no se trata de temas a la ligera y como existen tantos manuales y reglas de construcciones de estructuras permanentes, también lo debería de haber para estructuras temporales.

1.2. Planteamiento del problema.

1.2.1. Enunciado del problema.

La guía de normativa y consideraciones aplicables a la construcción, el reglamento de construcciones, el manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puente, el reglamento de operaciones portuaria, son una resumida representación de como existen opciones, ayuda y facilidades para ejecutar diferentes proyectos, desde la parte constructiva que es lo que responsabiliza al Ingeniero Civil.

Los manuales brindan información detallada de forma ordenada y sistemática, lo que permite comprender mejor los procedimientos a seguir con claridad y cumpliendo con las respectivas normas; la variedad de manuales de procesos para diferentes ámbitos permite la ejecución correcta y que se cumpla con el alcance del mismo, de no contar con manuales nacionales existe la facilidad y las herramientas para consultar por uno internacional y usarlo de apoyo en puntos específicos.

El reglamento de construcciones en el capítulo XII. Obras temporales, hace mención a las obras temporales, pero el mismo cuenta con 12 artículos los cuales brindan una reglamentación resumida y superficial en el que requieren autorización de distintos departamentos para poder darle funcionamiento a la estructura, tomando en cuenta la responsabilidad profesional de la empresa encargada de colocarla, la cual para muchos casos el método empírico es el más usado. Para el capítulo VII. Disposiciones para edificaciones se cuenta con más de 55 artículos de información y tecnicismos de cualquier mínimo detalle que lleva una edificación permanente.

1.2.2. Formulación del problema.

Luego de la reseña realizada sobre el tema y el enunciado el problema indicado anteriormente se tiene que la pregunta a responder el presente trabajo de investigación es:

¿Por qué la importancia de crear un manual específicamente enfocado en estructuras temporales?

1.3. Justificación del estudio de investigación.

La construcción de estructuras permanentes en Costa Rica ha crecido debido a la gran demanda, las casa, edificios, puentes, calles, y demás estructuras siempre van a ser de gran ayuda y fundamentales para la civilización ya que nos dan vivienda, un medio por el cual transportarnos de un lugar a otro y también gran oportunidad de trabajo. Como toda construcción posee su respectivo respaldo en cuanto a cálculos que hacen de su construcción realizable. Aplica el mismo principio para estructuras temporales

Costa Rica cuenta con más de 5 empresas encargadas de montar diferentes estructuras temporales para todo tipo de evento a lo largo del año, de ellas solo 2 cuentan con la experiencia, trayectoria y conocimiento sobre cada detalle técnico, estructural y fundamental para construir, las demás empresas funcionan a costas de conocimientos ajenos.

1.4. Objetivos.

1.4.1. Objetivo general.

Crear un manual de diseño estructural e inspección para estructuras temporales construidas con andamios multidireccionales para Costa Rica.

1.4.2. Objetivos específicos.

Elaborar una guía que considere el procedimiento y equipo a usar para ejecutar una construcción con andamios multidireccionales.

Realizar un análisis que considere los principales aspectos del modelado de un escenario para conciertos con andamios multidireccionales.

Realizar una guía que considere los principales aspectos de la inspección en sitio para la construcción con andamios multidireccionales.

1.5. Alcance y Limitaciones.

1.5.1. Alcances.

Para este trabajo se va a enfocar en estructuras temporales tipo andamios multidireccionales, se analizarán únicamente dos tipos de fabricantes de andamiaje multidireccional, no así a otro tipo de andamios como el que es usado en albañilería, las cuales son usadas en Costa Rica, mas no en el mundo, como lo son Modex y Lahyer, con esto se puede dar a conocer las especificaciones técnicas de la casa matriz de cada una de ellas, así como sus diferentes capacidades de carga y características para la misma función.

El análisis estructural se enfocará a los siguientes tipos de estructuras:

- Escenarios para conciertos
- Graderías

Debido a que son los más utilizados, no así a otro tipo de configuraciones que se puedan hacer con estas estructuras.

Se modelará la estructura a usar tomando en cuenta factores como:

- Altura
- Cargas vivas
- Peso propio de la estructura
- Peso de distintos equipos colgados a la estructura, tales como sonido, luces, audio y video
- Cargas sísmicas

1.5.2. Limitaciones.

Se utilizarán normas alemanas como referencias las cuales no están traducidas al español en muchos casos.

Las certificaciones de los andamios multidireccionales las obtienen las empresas que compran del mismo, por lo que no es un documento público.

No se van a realizar pruebas para obtener la resistencia de los elementos, sino se va a trabajar con los valores dados por los fabricantes y no fallando los miembros.

Por el uso reciente de este tipo de estructuras, el país no cuenta con un alto bagaje de norma técnica, por lo novedoso del tema.

1.6. Delimitaciones.

1.6.1. Delimitaciones Temporal.

Las referencias para este manual son muy pocas, ya que solo se cuentan con guías de fabricantes las cuales describen los componentes y su modo básico de uso.

Existen versiones de manuales de fabricantes desde 1995 a la actualidad, ya que la condición del andamio multidireccional no varía en capacidad ni modulación, solo le agregan nuevas piezas.

Se cuenta con ocho meses para elaborar el trabajo en su totalidad, tiempo en el cual se debe realizar el manual para diseño estructural e inspección de la estructura.

1.6.2. Delimitaciones Espacial.

En este trabajo se utilizarán guías extranjeras, por el fabricante, que están diseñadas principalmente para el uso del que adquiriera del producto.

Este trabajo de investigación tiene como delimitación temporal el territorio del país de Costa Rica ya que es el que no cuenta con un manual referente al diseño y paso a paso de la construcción de estructuras temporales que con frecuencia son montadas año a año.

CAPÍTULO II

2. Marco Teórico

2.1. ¿Qué se entiende como una estructura en términos ingenieriles?

Puede definirse, en general, una estructura como: ...

"conjunto de elementos resistentes capaz de mantener sus formas y cualidades a lo largo del tiempo, bajo la acción de las cargas y agentes exteriores a que ha de estar sometido"...

La estructura soporta las cargas exteriores (acciones y reacciones), las cuales reparten su efecto por los diferentes elementos estructurales que resultan sometidos a diferentes esfuerzos, los cuales inducen un estado tensional, que es absorbido por el material que la constituye. Las estructuras son de diferentes tipos:

- Elementos lineales sencillos (vigas y pilares)
- Estructuras de barras
- Estructuras articuladas
- Estructuras reticuladas
- Estructuras laminares
- Continuos tridimensionales

La deducción, a partir de un conjunto de cargas o fuerzas exteriores y de las características mecánicas del material, de los estados de sollicitación de los elementos estructurales, es el objetivo inmediato de las técnicas de análisis de la Ingeniería Estructural. El Ingeniero que se enfrenta al diseño de una estructura, sea ésta un simple entramado plano de piezas prismáticas o sea una estructura tridimensional de 6 formas complejas, debe, naturalmente, conocer las técnicas analíticas asociadas a los necesarios cálculos. Estas técnicas habrán de ser utilizadas en el contexto de normativa cuya aplicación garantizará la estandarización de los métodos, el control de los resultados, la repetitividad de los cálculos, ... El conocimiento de esta normativa y de su razón de ser y aplicabilidad debe ser simultáneo al estudio de los métodos y técnicas aplicables al cálculo de estructuras.

Pero el cálculo de estructuras no es, en sí mismo, más que una herramienta que se utiliza para prever si las formas y dimensiones de una construcción son aptas para soportar las cargas de trabajo. El Ingeniero que se enfrenta al diseño de una estructura, debe ir más allá que a la simple aplicación (probablemente en la mayoría de los casos auxiliado por un ordenador que hará esta tarea más sencilla) de los métodos y técnicas del análisis estructural; debe, a nuestro criterio, conocer la razón de ser de la morfología de la estructura y las causas profundas de su comportamiento.

Las estructuras no se construyen solamente para que resistan, sean estables, mantengan sus formas, soporten la agresión del medio, tengan un aspecto estético, se construyen también, para que cumplan unas determinadas finalidades o funciones (soporte, aislamiento, contención, transmisión de esfuerzos), cuya consecución en el tiempo es lo que condiciona, generalmente, su tipología y las características exigibles a su comportamiento; el conocimiento y comprensión de estas funciones es imprescindible en el proceso de diseño y cálculo de una estructura. Con la toma en consideración de estos factores (probablemente con énfasis diferentes de un caso a otro) así como de los posibles condicionantes o limitaciones (comportamiento del material disponible, técnica constructiva, costo) ha de comenzar el proceso de planteamiento del problema que trata de resolver el Ingeniero.

La construcción de estructuras es una de las más antiguas ramas o especialidades de la ingeniería. Un punto de comienzo para la Ingeniería Estructural puede fijarse en el año 500 a.C. cuando los griegos empezaron a utilizar piedra para construir estructuras cuyas columnas soportaban vigas horizontales.

A la vez que la experiencia y las reglas empíricas iban conformando el conocimiento, Aristóteles y Arquímedes establecían los principios de la Estática.

Utilizando algunos metales, madera, piedra y mampostería, los romanos continuaron construyendo, hasta la mitad del primer milenio, introduciendo nuevas formas como el arco, la bóveda y el marco; no fueron, sin embargo, los romanos demasiado analíticos pues concentraron sus esfuerzos más en las técnicas constructivas, sobre todo de ciertas formas.

Los edificios y otras estructuras deben ser diseñados de manera que, en el caso de producirse daños locales, mantengan su integridad estructural, permaneciendo estables frente al daño local original. Esto debe ser logrado mediante una distribución de los elementos estructurales que provean de estabilidad al sistema estructural completo, de modo que transfieran las cargas de cualquier zona dañada a otras zonas que sean capaces de resistir esas cargas sin colapsar. Esto puede ser logrado proveyendo suficiente continuidad, redundancia, o capacidad de disipación de energía (ductilidad), o una combinación de ellas, a los miembros de la estructura.

2.1.1. Estructuras permanentes

Todos los elementos y sistemas estructurales y todos los componentes de edificios y otras estructuras, deben ser diseñados para resistir las fuerzas debidas a sismo y viento, considerando el volcamiento, deslizamiento y levantamiento debido a acciones tales como succiones, supresiones y otras de la misma naturaleza, y se debe disponer de una trayectoria continua de las fuerzas para transmitir las a las fundaciones. En los casos en que toda la resistencia a estas fuerzas o parte de ella se deba a la carga muerta, ésta debe ser determinada como la mínima esperada durante la ocurrencia del hecho que origina las fuerzas. Se debe considerar el efecto de las deformaciones verticales y horizontales resultantes de estas fuerzas. Cuando se use un dispositivo de deslizamiento para aislar los elementos, se debe incluir el efecto fricción entre los elementos deslizantes como una fuerza.

2.1.2. Estructuras temporales

Las estructuras móviles son aquellas que se montan para satisfacer una demanda temporal (horas, días, semanas), ofrece una variedad de usos: en obras de construcción, en la industria, plantas químicas, centrales eléctricas, astilleros o como estructura para eventos. También se configura como andamio de trabajo, de protección, de fachada, de apoyo, tipo jaula o torre móvil.

En aplicaciones como eventos, exposiciones, ferias, campings, naves para trabajos de construcción, etc. Una estructura móvil típica está diseñada para ofrecer refugio a personas, equipos, materiales, animales o cualquier cosa que necesite ser

protegido de los elementos. Sin embargo, condicionantes como el calor y/o la humedad puede tener un efecto negativo en los niveles de confort así como en la composición de la estructura en sí. Esto puede provocar problemas de seguridad e higiene y conflictos con las aseguradoras.

2.1.2.1. Estructuras temporales tipo andamios.

Un andamio es una construcción provisional con la que se hacen puentes, pasarelas o plataformas sostenidas por madera o acero. Actualmente hay prefabricado y modulares.

Los andamios pueden alcanzar diversas alturas, llegando a alturas mayores de treinta metros. Dependiendo de la complejidad suelen tener un plan de montaje estructurado y calculado. Los aviones grandes o edificios altos, entre otras opciones, requieren del uso de escaleras, plataformas y andamios para alcanzar las áreas de trabajo, los cuales deben cumplir con los lineamientos de seguridad apropiados. Es de esta manera que los andamios son un tipo de estructura necesaria en la construcción y mantenimiento de diferentes estructuras a distintas alturas. Sin los andamios, estos tipos de trabajos se complicarían más.

2.1.2.1.1. Andamios tipo madera

Son plataformas sostenidas por marcos de madera, los cuales son usados como caballetes rígidos o plegables, no es recomendable usar estos andamios para trabajos de más de 4 metros debido a la inestabilidad por la falta de superficie de apoyo.

2.1.2.1.2. Andamios colgantes

Son estructuras colgantes de un edificio o estructura, que por medio de tecles ya sean manual o eléctrico permite controlar la altura de trabajo, cuenta con barandas de seguridad y los operarios deben utilizar arnes y cuerda de seguridad fija a una estructura firme.

Estos andamios colgantes son muy utilizados para la limpieza de vidrios en edificios de altura.

2.1.2.1.3. Andamios tubulares.

También llamados unidireccionales por ser la estructura comúnmente más utilizada en obras sobre fachadas rectas, el cual sirve para la sustentación de una plataforma de trabajo, generalmente de metal, cuyas piezas y uniones están previamente dimensionadas. La plataforma tendrá unos 60cm de ancho como mínimo y su acceso se realizará por escaleras montándose en el interior del andamio. La plataforma dispondrá de una rampa de acceso y una protección perimetral antiácidas conformada por una baranda de seguridad.

2.1.2.1.3.1. Sistema de andamio multidireccional

Dentro de los componentes básicos que integran a un andamio se encuentran las uniones verticales y horizontales, así como las transversales (acoplamiento). Gracias a los discos de unión, es posible adaptarse sin ningún problema a cualquier forma y altura, siendo altamente versátil tomando en consideración las cargas admisibles tanto sobre los discos de unión como también sobre los vástagos de base. La versatilidad y la flexibilidad abren una gama de opciones para resolver accesos a estructuras de geometrías curvas y complejas gracias a su disco de unión los cuales se encuentran espaciados en intervalos de 50cm a lo largo de los portes verticales, y cada uno permite hasta 8 conexiones en horizontal y diagonal. Su geometría, le otorga gran rigidez, lo que asegura una unión altamente resistente. El desempeño del sistema no solo depende de su diseño, sino que también de su fabricación de alta precisión, que incluye soldadura automática manejada por computador, todas las piezas son de acero galvanizado por inmersión en caliente, tanto por el exterior como por el interior, lo cual llega a asegurar una gran durabilidad.

Los elementos horizontales son de diferente longitud. Es posible construir plantas ortogonales y de ángulos inclinados. Las longitudes estándar de los elementos horizontales corresponden a: 0,74m, 0,82m, 0,90m, 1,01m, 1,13m, 1,25m, 1,50m, 1,80m, 2,00m, 2,50m, 3,00m, 4,00m.

La siguiente figura muestra un acoplamiento multidireccional, el cual ofrece diferentes formas de unión dependiendo del arreglo estructural.

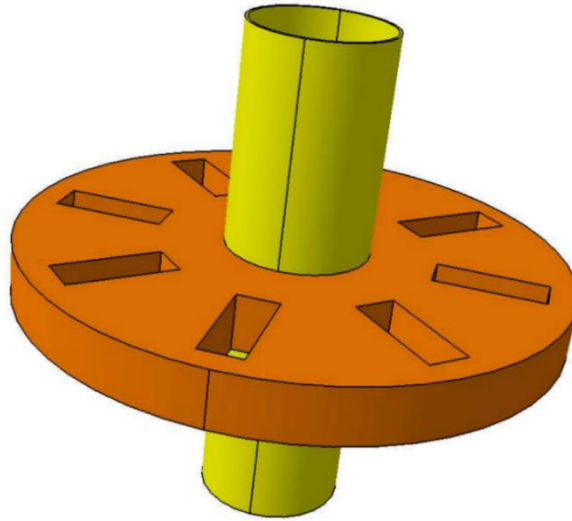


Figura 1: Acoplamiento multidireccional.

Fuente: (HUNNEBECK, 2019)

La figura 1 muestra la parte que se sostiene un elemento (tubo) hacia el acoplamiento multidireccional.

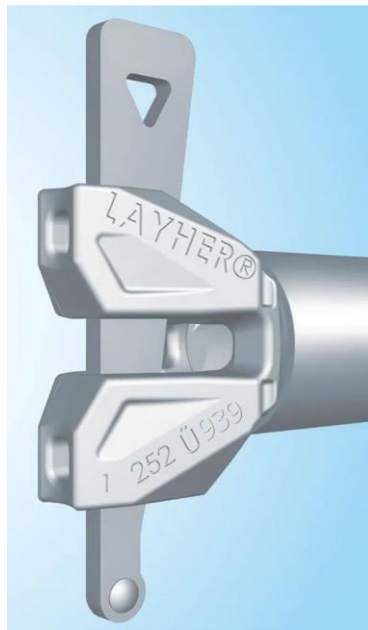


Figura 2: Complemento para la unión hacia el acoplamiento multidireccional.

Fuente: (Lahyer, 2019)

En la figura 2 se observa el ensamble total del acoplamiento multidireccional, en el cual se nota que los complementos son fijados con una cuña. Tanto el complemento como el acoplamiento, los tubos se insertan en el interior de las boquillas que contiene cada uno.

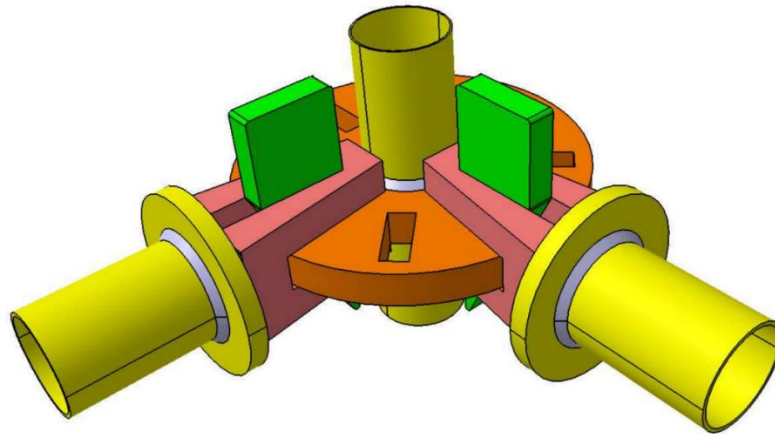


Figura 3: Ensamble de acoplamiento multidireccional.

Fuente: (HUNNEBECK, 2019)

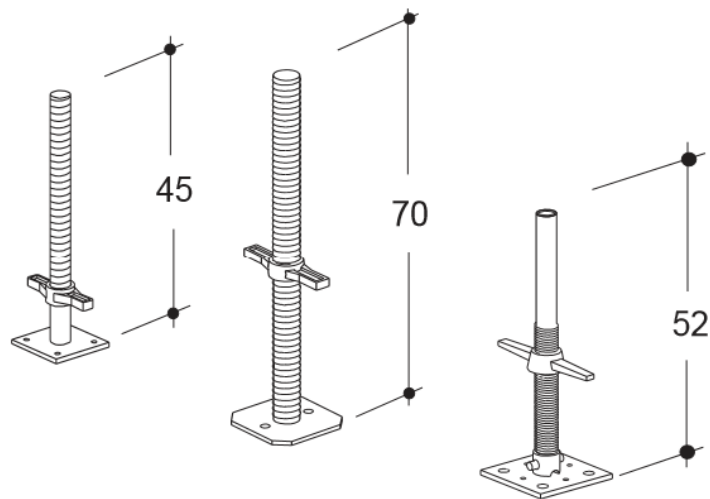


Figura 4: Base de la estructura conocida como vastago.

Fuente: (HUNNEBECK, 2019)

Para de esta forma darle un aspecto general del sistema en andamiaje multidireccional el cual está configurado con tubos verticales, horizontales, vástagos de base, diagonales, entre otros.

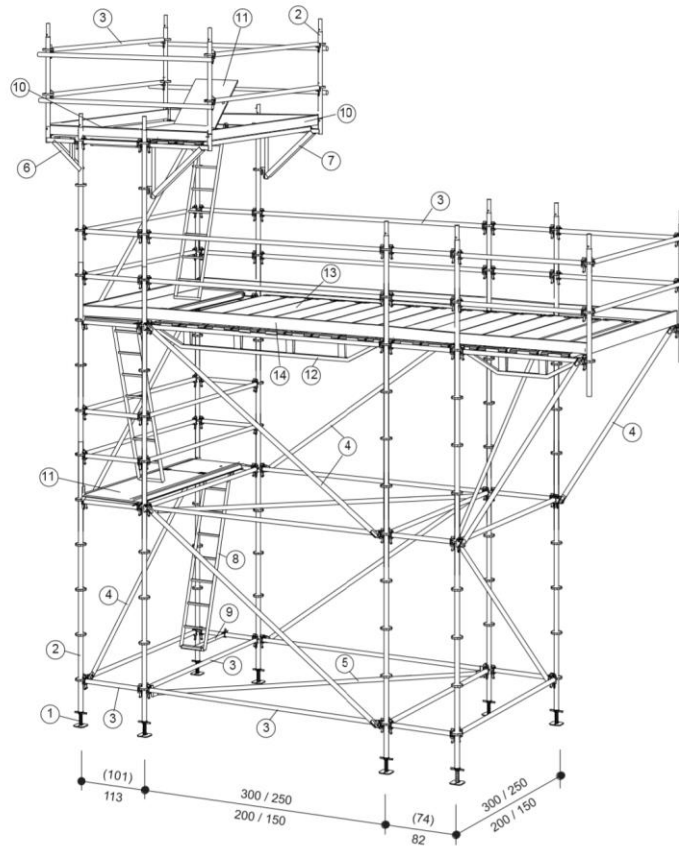


Figura 5: Aspecto sistema multidireccional.

Fuente: (HUNNEBECK, 2019)

Para este sistema de andamiaje es importante tomar en cuenta los siguientes criterios:

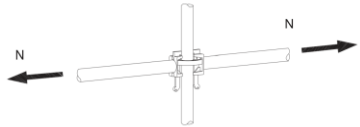
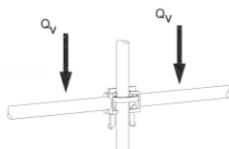
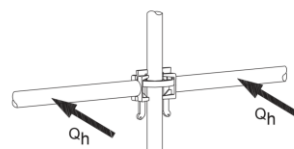
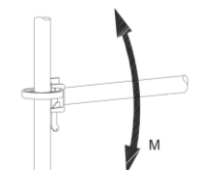
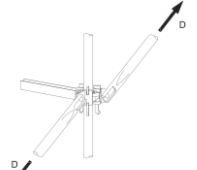
- La finalidad del uso de andamio (andamio de trabajo, de protección, de captura, especial, de soporte o de apoyo a labores de encofrado).
- La magnitud y la zona exacta de las cargas verticales tanto vivas como muertas - a ser absorbidas.
- Las cargas horizontales producidas a consecuencia del viento.
- El número de niveles de trabajo, su ancho y longitud.

- La elección de las plataformas requeridas, las que dependiendo de su naturaleza (plataforma de acero, de madera, de aluminio, etc.) tendrán distinto peso propio que se transmitirá al andamio.
- La elección de tubos verticales en longitudes adecuadas.
- Los tubos verticales deberán ser acoplados en la vecindad inmediata de los niveles de trabajo o de los tubos conectores.
- La disposición y el número de diagonales verticales, así como su ubicación:
 - (a) Disposición en forma de torre.
 - (b) Disposición cruzada y continua (en ambos casos, un máximo de 5 campos de andamio por cada diagonal vertical).
- El número y la ubicación de los anclajes del andamio (distancia máxima en la altura: 4,0m por cada par de postes).
- La posibilidad de utilizar plataformas comúnmente disponibles.
- Inicio del montaje con o sin pieza de arranque (la pieza de arranque facilita el montaje y permite que tan sólo un hombre efectúe el montaje).
- Adecuado para encofrado de vigas de madera y armazón de aluminio.
- Montaje y desmontaje sencillos y seguros.
- Utilizable como tierra de servicio simple o pesado, torres de apoyo o andamio de pajarera.
- El espaciado variable entre postes permite la máxima utilización de la capacidad.
- Tiempos de montaje cortos.
- Apuntalamiento para extensiones y proyecciones de fácil montaje.
- Ideal para construir torres de alta capacidad de soporte.

Entre los datos técnicos de uniones del andamiaje multidireccional se encuentra la fuerza longitudinal axial, fuerza de corte tanto vertical como horizontal, el momento flector y la fuerza diagonal.

Extrayendo estos resultados del manual del producto de las diferentes empresas fabricantes y dejando las respectivas usadas en Costa Rica con su debida certificación. Conociendo el sistema multidireccional de empresas fabricantes como HUNNEBECK con su andamio Modex y Lahyer con su sistema ALLROUND.

Tabla 1: Datos técnicos.

		MODEX	ALLROUND
<p>Fuerza longitudinal axial</p> 	k N	16	15.1
<p>Fuerza de corte (vertical)</p> 	k N	12	11.6
<p>Fuerza de corte (horizontal)</p> 	k N	17	4.5
<p>Momento flector</p> 	k N / c m	47	45
<p>Fuerza diagonal</p> 	k N	9	5.9

Fuente: Catálogo de fabricantes (HUNNEBECK, 2019), (Lahyer, 2019).

2.2. Normativas que regulan las estructuras temporales

2.2.1. Normativas internacionales.

2.2.1.1. Normativa vigente relativa a las instalaciones temporales en Euskadi, Países Vascos.

- **Ley 4/1995, Espectáculos públicos y actividades recreativas.**

Dado al incremento, frecuencia y diversidad de montajes como estructuras temporales, graderías, carpas, etc. Se trata de estructuras temporales las que al montaje siempre le sigue el desmontaje por lo que se tendrán que tener en cuenta todas las etapas a la hora de evaluar los riesgos y planificar las medidas preventivas.

El artículo 15 de la ley 4/1995 hace referencia a las instalaciones eventuales:

1. Las instalaciones o estructuras eventuales, portátiles o desmontables que pretendan utilizarse en la celebración de espectáculos o actividades recreativas requerirán de previa licencia otorgada por el Ayuntamiento mediante un procedimiento especial y sumario.

Tomando las disposiciones de **La Norma Vasca de Autoprotección** se aplicarán a las actividades de espectáculos públicos y actividades recreativas que se celebren en lugares, recintos e instalaciones en las que se celebren los eventos regulados por la normativa vigente en materia de Espectáculos Públicos y Actividades Recreativas, siempre que cumplan con las siguientes características:

- En espacios cerrados: “Edificios cerrados: con capacidad o aforo superior a 300 personas, o con una altura de evacuación igual o superior a 28 m.” Instalaciones o estructuras cerradas eventuales, portátiles, desmontables o de temporada: con capacidad o aforo superior a 300 personas.
- Al aire libre: en general, aquellas con una capacidad o aforo igual o superior a 10.000 personas.

La elaboración, implantación, mantenimiento y revisión del Plan de Autoprotección es responsabilidad del titular de la actividad. El contenido del mismo, debe incidir no solo en las actuaciones ante situaciones de emergencia, sino también y con carácter previo,

en el análisis y evaluación de los riesgos, en la adopción de medidas preventivas y de control de los riesgos.

En el caso de actividades temporales realizadas en centros, establecimientos, instalaciones o dependencias, que dispongan de autorización para una actividad distinta de la que se pretende realizar e incluida en el anexo I, catálogo de actividades incluidas en el ámbito de aplicación de la Norma Vasca de Autoprotección, el organizador de la actividad temporal estará obligado a elaborar e implantar, con carácter previo al inicio de la nueva actividad, un Plan de Autoprotección complementario.

- UNE 76-501-87. Estructuras auxiliares y desmontables. Clasificación y Definición.
- UNE-EN 13814. Estructuras temporales. Carpas. Seguridad.
- UNE-EN 15619. Tejidos recubiertos de caucho o plástico. Seguridad en las estructuras temporales (tiendas). Especificaciones de los tejidos recubiertos destinados a tiendas y estructuras similares.
- UNE-EN 13814 Maquinaria y estructuras para parques y ferias de atracciones. Seguridad.

*Las normas UNE son documentos de aplicación voluntaria y únicamente pueden convertirse en legalmente obligatorias si se legisla conforme a ellas o se las refiere como obligatorias en disposiciones legales vigentes. *

La diversa normativa expuesta tiene como objetivo principal la seguridad de los usuarios, pero en este documento nos centraremos en aspectos a tener en cuenta para la protección de los trabajadores que llevan a cabo el montaje/ desmontaje de esas estructuras temporales entre las que se incluyen: carpas, gradas, escenarios, etc. Con el objetivo de conseguir un incremento en la protección de la seguridad y salud de los trabajadores que realizan estos trabajos es necesario el conocimiento de la normativa por parte de todos los agentes que intervienen, así como la integración de la prevención en todos los niveles jerárquicos de las diferentes empresas participantes.

- **Riesgos debidos a la realización de trabajos en altura.**

La configuración de las estructuras hace necesario realizar trabajos desde equipos de trabajo temporales en altura en los que se encuentra presente el riesgo de caídas a distinto nivel.

Se elegirán los equipos de trabajo más apropiados para garantizar y mantener unas condiciones de trabajo seguras priorizando las protecciones colectivas frente a las individuales.

La utilización de la escalera de mano como puesto de trabajo en altura deberá limitarse a las circunstancias en que, la utilización de otros equipos de trabajo más seguros no esté justificada por el bajo nivel de riesgo y por las características de los emplazamientos que el empresario no pueda modificar.

La utilización de las técnicas de acceso y de posicionamiento mediante cuerdas se limitará a circunstancias en las que la evaluación del riesgo indique que el trabajo puede ejecutarse de manera segura y en las que, además, la utilización de otro equipo de trabajo más seguro no esté justificada.

- **Riesgos debidos a la caída de elementos**

La caída de elementos es un problema existente, pero debe controlarse al máximo dado a que hay vidas humanas involucradas, se debe trabajar muy ordenadamente y con los equipos necesarios para evitar la caída de cualquier herramienta de trabajo o elemento de la estructura. Adicionalmente se debe estar claro de lo fundamental que es usar el equipo de protección para las estructuras temporales.

- **Riesgo de sobreesfuerzos**

Los equipos de construcción (andamios) son componentes muy pesados y difíciles de manipular por lo que es conveniente tener criterios de salud ocupacional para no exceder lo estipulado sobre la capacidad a levantar.

Es muy frecuente ver lesiones en columnas, pies y brazos dado a la mala manipulaciones de estos elementos, la mayoría de personal tiende exceder el peso que

puede cargar y esto viendo siendo un factor de riesgo muy común en el montaje de las estructuras temporales.

- **Riesgo de caídas al mismo y a distinto nivel**

La falta de orden y las propias características de los emplazamientos, al aire libre y sobre firmes muy variables, en los que existen elementos y huecos no señalizados ni protegidos dan lugar a caídas al mismo nivel. La parte anterior del escenario, que se encuentra sin proteger, da lugar a caídas a distinto nivel.

- **Riesgos derivados de las condiciones climatológicas**

Los colaboradores que realicen estos trabajos a la intemperie están expuestos a condiciones climatológicas como lo son las temperaturas extremas de frío, calor y lluvia. Para reducir riesgos se deben de ejecutar medidas adecuadas disminuyendo los tiempos que se encuentren expuestos a estas condiciones y facilitándoles tiempos de descanso.

Es de gran importancia prestarle atención al efecto producido por el viento ya que, sobre las estructuras temporales, ya que la mayor parte del tiempo se encuentran sometidas a esas variables por ser construidos en lugares abiertos, forradas con publicidad que no permite el flujo libre del viento,

El viento es del efecto más importante que hay que tomar en cuenta, es muy frecuente utilizar sistemas de arriostres, cables tensados y otras soluciones para resolver esta condición climatológica.

2.2.1.2. Reglamento de construcción para el distrito federal.

2.2.1.2.1. Licencias de construcción especial.

La licencia de construcción especial, debe expedirse en un plazo máximo de 24 horas contadas a partir del día hábil siguiente a la recepción de la solicitud, con excepción de las que se refieran a la construcción, reparación o mantenimiento de instalaciones subterráneas o aéreas.

Del reglamento de construcción para el distrito federal se tiene como parte del capítulo II la licencia de construcción especial el cual es un documento que la administración expide para poder construir, ampliar, modificar, instalar, reparar, demoler, desmantelar una obra o instalación, entre otros. El artículo 57 aclara donde regulan en el punto VII "Obras o instalaciones temporales en propiedad privada y de la vía pública para ferias aparatos mecánicos, circo, carpas, graderías desmontables y otros similares."

Solicitud ante la Administración en el formato que establezca la misma, en el formato que establezca la misma, suscrita por el interesado, en la que se señale el nombre, denominación o razón social y en su caso, del representante legal; domicilio para oír y recibir notificaciones; ubicación y características principales de la obra y/o instalación de que se trate; nombre, número de registro, firma y domicilio del Director Responsable de Obra y de los Corresponsables;

b) Comprobantes de pago de derechos.

c) Responsiva del Director Responsable de Obra y los Corresponsables, en su caso.

2.2.2. Normativas a nivel nacional

Del reglamento de construcciones de Costa Rica en el artículo 209, capítulo XII menciona todas las normativas respectivas a los sitios de reunión pública, las cuales deben de cumplirse a las disposiciones aplicables establecidas en la ley para asegurar el bienestar de los expectantes.

Normativa aplicable según artículo 209, Capítulo XII, Reglamento de construcciones:

Tabla 2. Normativa aplicable para Costa Rica.

Ley de espacios exclusivos para personas con discapacidad y ley de igualdad de oportunidad para las personas con discapacidad.			
Ley N°8306	Ley N°31948	Ley N°7600	Ley N°26831-MP

Ley del Benemerito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica y su reglamento general sobre seguridad humana y proteccion contra incendios.	
Ley N°8228	Ley N°37615-MP

Ley de uso de suelo.
Ley N°833

Convencion Interamericana sobre proteccion de los derechos humanos de las personas mayores.
Ley N°9394

Fuente: Elaboración propia.

Además de los requisitos solicitados por el ministerio de salud para eventos masivos:



REQUISITOS EVENTOS MASIVOS PLAZAS PUBLICAS, DESFILES, FERIAS ELECTORALES

REQUISITOS EVENTOS MASIVOS	PLAZA PÚBLICA	DESFILE	FERIA ELECTORAL
1. Solicitud de Autorización Sanitaria para Eventos Masivos	SI	SI	SI
2. Carta de Apoyo de entidad de Atención Pre-hospitalaria	SI	SI	SI
3. Carta de Apoyo Fuerza Pública	SI	SI	SI
4. Carta de Apoyo de la Policía de Tránsito	SI	SI	SI
5. Carta de Compromiso de la Empresa que recolectará los desechos sólidos, generados durante y después del evento	SI	SI	SI
6. Pólizas de Riesgo	SI	SI	SI
7. Certificación Estructural de las estructuras temporales, emitida por un Ingeniero Civil, Estructural o Arquitecto	SI	SI hubiera estructura temporal	SI hubiera estructura temporal
8. Plan de Manejo de Desechos Sólidos	SI	SI	SI
9. Plan de Manejo de Desechos Líquidos	SI hay manipulación u otras fuentes de agua	SI hay aguas servidas	SI hay aguas servidas
10. Certificación de cabañas sanitarias con su contrato de limpieza y mantenimiento, cantidad, entre otras.	SI	SI	SI
11. Plan de Operaciones y de Seguridad del evento o actividad por parte de la producción o administrador	SI	SI	SI
12. Planos croquis a escala con ubicación	SI	SI	SI
13. Carné de Manipulación de Alimentos de ventas de comidas	SI hay manipulación de alimentos	SI hay manipulación de alimentos	SI hay manipulación de alimentos
14. Permiso de Funcionamiento vigente del lugar donde se va a realizar la actividad	Cuando aplique	N/A	Cuando aplique
15. Certificación de capacidad estática y dinámica, emitida por un Ingeniero Civil, Estructural o Arquitecto, de acuerdo a la logística a implementar en el evento	SI	N/A	SI
16. Visto Bueno para la detonación de pólvora o fuegos pirotécnicos	SI se fuera a realizar	SI se fuera a realizar	SI se fuera a realizar
17. Certificado de Control y Calidad de Espectáculos Públicos del Ministerio de Justicia y Gracia	N/A	N/A	N/A
18. Plan de Emergencias	SI	SI	SI
19. Copia del contrato de arrendamiento del local donde se llevará a cabo el evento masivo	N/A	N/A	N/A
20. Certificación de Personería Jurídica del Representante Legal.	SI	SI	SI

Figura 6. : Requisitos eventos masivos plazas públicas, desfiles, ferias electorales.

Fuente: (salud, 2020)

El Ministerio de salud es la entidad pública encargada del cumplimiento de cada una de las leyes y requisitos para eventos donde se encuentran estructuras temporales y por ello cuenta con dos puntos por cumplir relacionados directamente con la ingeniería y capacidades estructurales, el siete y el quince respectivamente descritos:

- Certificación estructural de las estructuras temporales, emitidas por un ingeniero civil, estructural o arquitecto
- Certificación de capacidad estática y dinámica, emitida por un ingeniero civil, estructural o arquitecto, de acuerdo a la logística a implementa en el evento.

Siendo dicha certificación una descripción básica de las capacidades de carga de cada uno de los componentes necesarios para montar una estructura temporal.

2.3. Las metodologías para el análisis estructural de estructuras temporales de andamios multidireccionales.

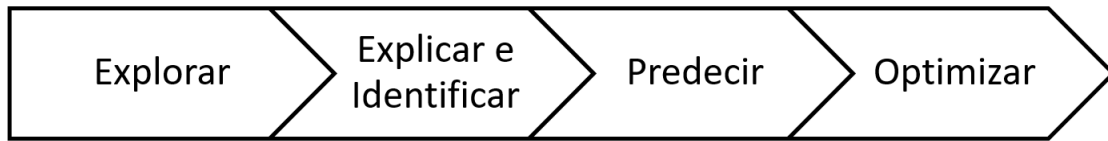
El análisis estructural es una herramienta para modelamiento cualitativo, con esto podemos explorar e identificar las influencias entre las variables del modelo que se quiera representar, hasta llegar al punto de optimizar el conjunto o solución deseable y factible.

2.3.1. Deformaciones de elementos

En el análisis de estructuras, a un aumento de las cargas exteriores corresponde un aumento proporcional de las deformaciones y de los esfuerzos internos. Sin embargo, se presentan casos en los que la aplicación de las cargas, aun siendo estas no muy grandes, modifican de tal forma la geometría del sistema, que aquella proporcionalidad deja de ser aplicable, y la estructura se deforma de una manera distinta de lo que correspondería a dichas cargas en el rango lineal, pudiendo incluso provocar su colapso.

Después de haber aplicado las condiciones a las cuales trabaja el arreglo estructural, se muestra cómo se comporta el mismo, viendo así las deformaciones sufridas en los elementos por las cargas.

Tabla 3. Especialización en prospectiva organizacional para el análisis estructural.



Fuente: Elaboración propia.

Primera etapa del modelamiento: Conocer el tema a comunicar para así poder definir y estructurar un problema desde varias perspectivas. Describir la situación, el contexto del problema y los distintos objetivos para poder explorar la totalidad del tema. Esta etapa se centra en describir el sistema y en ella se generan las variables y parámetros.

Segunda etapa del modelamiento: el principal interés es el de definir las relaciones entre las variables. La visualización del sistema como una red de nodos, representando variables, y de vértices, representando influencias, son los primeros resultados.

Tercera etapa del modelamiento: se realizan análisis más detallados basados en modelos cuantitativos. De estos modelos se construyen los escenarios intermedios, se realizan las simulaciones y se establecen previsiones condicionales.

Cuarta etapa del modelamiento: el proceso de modelamiento se completa con técnicas de investigación para encontrar las soluciones óptimas. Se apoya esta etapa con la determinación de las estrategias apropiadas.

2.4.La metodología de inspección de estructuras temporales de andamios multidireccionales

El propósito básico de una inspección de seguridad es llevar a cabo un examen planificado y sistemático, tanto de los equipos técnicos como de la organización y modos de gestión del establecimiento, con el fin de verificar si el industrial ha adoptado todas las medidas necesarias para garantizar un alto nivel de protección para las personas, los bienes y el medio ambiente.

2.4.1. Personal inspector

Para la ejecución de una inspección es fundamental que el personal que la lleve a cabo disponga de un nivel de conocimientos y experiencia suficientes, que le permita obtener conclusiones veraces y objetivas del proceso de evaluación realizado.

2.4.2. Fases de una inspección

Antes de llevar una inspección, es necesario realizar una serie de gestiones previas para tratar de evitar, en lo posible, cualquier tipo de imprevisto o una falta de compenetración entre el equipo inspector y la empresa que va a ser inspeccionada.

A continuación de forma detallada las fases en las que se debe desarrollar una inspección:

- **Planificación:** De las principales funciones que se llevan a cabo durante la planificación de una inspección están:
 - Selección y asignación de funciones a inspectores.
 - Definir un alcance de la inspección.
 - Identificar los documentos y las leyes por cumplir.
 - Recopilación y análisis de información.
- **Desarrollo de la inspección:**
 - Maximizar la eficacia en la ejecución de las inspecciones.
 - Optimizar los recursos necesarios.

- Evitar conflictos en conclusiones y resoluciones derivadas de las inspecciones.
- Mejorar la transparencia entre autoridades competentes.
- Informe de inspección:
 - Lugar y fecha de realización de la inspección.
 - Objeto y alcance de la inspección.
 - Identificación de los documentos normativos a cumplir.
 - Resultado de la inspección.

CAPÍTULO III

3. Marco Metodológico.

3.1. Definición del enfoque metodológico y métodos de investigación.

El presente trabajo de investigación tiene un enfoque cuantitativo. El diseño y análisis de las conexiones estudiadas en este trabajo de investigación serán realizadas según lo estipulado por las leyes y especificaciones relacionadas al área de estudio. Los análisis se pueden llevar a cabo por diferentes investigadores y aun así los resultados deberían ser coherentes y similares dentro de un rango de incertidumbre determinado.

La metodología de investigación para este trabajo es cuantitativa de corte analítica. De mayor medida este trabajo tiene un aspecto analítico ya que el proceso de análisis incluye determinar aspectos de comportamiento de materiales que componen una conexión de acero estructural. Se realizará un análisis estructural para tres tipos de estructuras temporales y de esta forma saber si su ejecución empíricamente es la correcta.

3.2. Sujetos y fuentes de información.

El presente trabajo de investigación tendrá como insumos los siguientes:

3.2.1. Sujetos de información.

Los sujetos de información para este trabajo serán los que se indican en la siguiente matriz.

Tabla 4: Matriz de sujetos de información.

Nombre	Descripción profesional	Tema
Olman Elizondo Esquivel	Ingeniero Civil, Profesor de estructuras de acero.	Consulta sobre el modelado de las distintas estructuras temporales en el programa ANSYS partiendo de la información brindada por el fabricante.
Steilyn Esquivel Campos	Ingeniero Electromecánico, propietario de empresa dedicada a las estructuras temporales en andamios multidireccional.	Consulta sobre los posibles riesgos debido a un mal diseño en las estructuras temporales y desde su trayectoria la importancia de un manual de diseño estructural e inspección para estructuras temporales construidas con andamios multidireccionales para Costa Rica.
Andrés Solano Mata	Jefe de operaciones, Especialista en estructuras temporales con más de 20 años de experiencia.	Consulta, desde su experiencia, por el montaje de las estructuras temporales, así como el modulado de la misma.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2 (continuación). Matriz de sujetos de información.

Nombre	Descripción profesional	Tema
Ronald Jiménez Castro	Ingeniero Civil, Profesor de Estructuras II.	Consulta sobre las variables que consideraría en un diseño estructural para estructuras temporales desde su experiencia en estructuras permanentes.

Fuente: Elaboración propia.

3.2.2. Fuentes de información.

Para el presente trabajo de investigación, las fuentes de información a las que se van a recurrir son catálogos de fabricantes.

3.3. Definición de variables.

3.3.1. Conceptual.

Se entiende como acero estructural a una aleación de metales en una proporción determinada que permita el funcionamiento elástico y resistencia óptima para ser utilizada en construcciones.

- Anclaje: Medios insertados en, o acoplados a, la estructura para acoplar un miembro de unión.
- Base regulable: Placa base que tiene un dispositivo de regulación vertical.
- Placa base: Placa utilizada para distribuir la carga en un montante sobre un área mayor.
- Arriestrado en plano horizontal: Ensamblaje de los componentes que proporciona rigidez tangencial en los planos horizontales, por ejemplo, mediante techados, marcos, paneles, diagonales y conexiones rígidas.
- Arriestrado en plano vertical: Ensamblaje de los componentes que proporciona rigidez tangencial en los planos verticales, por ejemplo, marcos con o sin refuerzos esquinales, marcos abiertos, plataformas de acceso, conexiones rígidas o semi-rígidas entre los componentes horizontales y verticales, diagonales, u otros elementos utilizados para arriestrado vertical.
- Acoplamiento: Dispositivo utilizado para conectar dos tubos.
- Proyecto: Concepción y cálculo para diseñar un esquema de montaje.
- Larguero: Componente horizontal, normalmente en la dirección de la dimensión mayor del andamio de trabajo.
- Sistema modular: Sistema en el que tanto la tubería vertical como horizontal son componentes separados, proporcionando los verticales alojamiento en los intervalos predeterminados (módulos) para la conexión de otros componentes de andamio.
- Nudo: Punto teórico donde dos o más elementos se conectan juntos.
- Acoplamiento paralelo: Acoplamiento utilizado para conectar dos tubos paralelos.
- Plataforma: Una o más unidades de plataforma en un módulo del mismo nivel.

- Unidad de plataforma: Unidad (prefabricada o de otro tipo) que soporta una carga en sí misma y que forma la
- Plataforma o parte de la plataforma y puede formar una parte estructural de un andamio de trabajo.
- Acoplamiento de ángulo recto: Acoplamiento utilizado para conectar dos tubos que se cruzan en un ángulo recto.
- Protección lateral: Conjunto de componentes que forman una barrera para proteger a la gente del riesgo de caída y para retener materiales.
- Manguito acoplador: Acoplamiento utilizado para la unión de dos tubos situados co-axialmente.
- Acoplamiento giratorio: Acoplamiento utilizado para unir dos tubos que se cruzan con cualquier ángulo.
- Miembro de unión: Componente del andamio que lo conecta con un anclaje a la estructura.
- Andamio de trabajo: Construcción temporal que se precisa para proporcionar un lugar seguro de trabajo para la construcción, mantenimiento, reparación o demolición de edificios y otras estructuras, y para el acceso necesario.

3.3.2. Operativo.

Se recurre al fabricante para obtener características mecánicas tanto de la tubería como de sus componentes, tomando en cuenta las marcas que se usan en el país y de esta forma con los datos recaudados de las especificaciones diseñar de manera que cumpla con las leyes del país.

3.3.3. Instrumental.

Se analizar el comportamiento del andamio multidireccional sometido a cargas vivas y muertas.

Se utilizará el programa de análisis SAP para estudiar la estructura temporal y analizar el comportamiento de la misma.

3.4. Instrumentos y técnicas utilizadas en la recopilación de los datos.

Para el diseño de la estructura se utilizaron los datos técnicos extraídos de los catálogos del fabricante tomando en cuenta lo estipulado por la especificación ASIC que contempla el procedimiento adecuado para conexiones de acero estructural.

La elaboración de los modelos de andamios de acero a estudiar será realizada en su totalidad con el programa SAP. Con este programa se construirán un modelo de la estructura de andamio multidireccional y así asegurar resultados confiables.

Se realizarán tres tipos de diseños respectivos a escenarios, tarimas y graderías los cuales además de un análisis estructural llevara el paso a paso de la construcción e inspección de estas.

3.5. Confiabilidad y validez de los instrumentos de recolección de datos de la investigación.

Los datos técnicos utilizados no requieren de prueba de análisis ya que se utilizan valores de capacidad dados por el fabricante del andamio.

Dado a que no hay normas, códigos o especificaciones establecidas para el diseño de estructuras temporales los resultados en cuanto a su confiabilidad serán comparados con proyectos de mismo objetivo y esperar resultados con buen rango de aceptabilidad.

El software utilizado para analizar las conexiones estudiadas contemplara en su diseño los datos técnicos dados por el fabricante como sería el momento flector, fuerza longitudinal axial, fuerza de corte vertical, fuerza de corte horizontal, la fuerza diagonal y también las respectivas capacidades de carga de cada elemento.

CAPÍTULO IV.

4. DISEÑO ESTRUCTURAL E INSPECCION.

4.1. PRÁCTICA 1: Conocimiento del equipo a utilizar en estructuras temporales.

4.1.1. Introducción

Es de suma importancia el conocer e identificar el equipo con el que se va a trabajar en campo, saber de su resistencia es información relevante para cualquier ingeniero civil o arquitecto que vele por dicha estructura, así como su modulación y función. Sin embargo, muchas veces se desconoce de dicha información ya que no existe un documento que unifique la totalidad de equipo a usar para estructuras temporales construidas con andamios multidireccionales en Costa Rica.

En esta práctica se propone que el lector conozca, identifique y distinga el equipo con el cual se trabajan las estructuras temporales a nivel país.

4.1.2. Objetivos

- Identificar el equipo utilizado en Costa Rica para la construcción de estructuras temporales
- Conocer características fundamentales de las diferentes piezas.

4.1.3. Equipo

- Vástago de base
- Pieza de arranque
- Calzas
- Tubo Vertical o Poste Vertical
- Tubo Horizontal o Tubo conector
- Pasador
- Tubo Diagonal V
- Tubo Diagonal H
- Vigas de Carga o Viga Puente
- Vigas de Aluminio
- Formaleta Mecánica o Panel

- Protección personal
- Contrapesos

4.1.4. Procedimiento

4.1.4.1. Componentes básicos

(a) Vástago de base

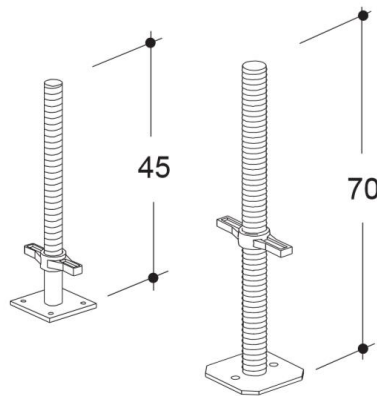


Figura 7. Vástago de base según catálogo.

Fuente: (HUNNEBECK, 2019)

Este Vástago es usado al inicio de cada montaje como lo dice su propio nombre, de base, para la estructura futura. Se conocen dos opciones de la misma y las dimensiones dependen del fabricante, en este caso se conoce la de 45 centímetros la cual tiene un rango de ajuste de 6,5 a 35cm y la de 70 centímetros con un rango de 6.5 a 50,0cm.

Tabla 5. Datos del vástago de base.

Componente	Peso Kg/unidad
Vástago de base 45 / 3.8	3.1
Vástago de base 70 / 3.8	4

Fuente: (HUNNEBECK, 2019)

(b) Pieza de arranque

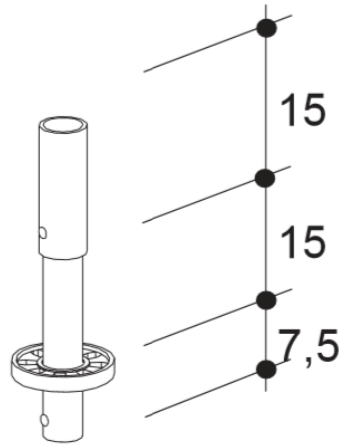


Figura 8. Dimensiones en centímetros de pieza de arranque según catálogo.

Fuente: (HUNNEBECK, 2019)

Con la pieza de arranque insertado en la base se constituye el inicio, facilitando la instalación del poste o tubo vertical inferior con el cual se empieza a tomar la altura. Además, puede utilizarse como una posible conexión adicional.

Componente	Peso Kg/unidad
Pieza de arranque	2.0

Tabla 3. Datos de pieza de arranque.

(c) Calza de madera

Su función consiste en compensar los problemas de resistencia del suelo y ampliar el área de contacto entre el suelo y el vástago de base mencionado anteriormente.



Figura 9. Calza de madera.

Fuente: (HUNNEBECK, 2019)

(d) Tubo Vertical o Poste Vertical

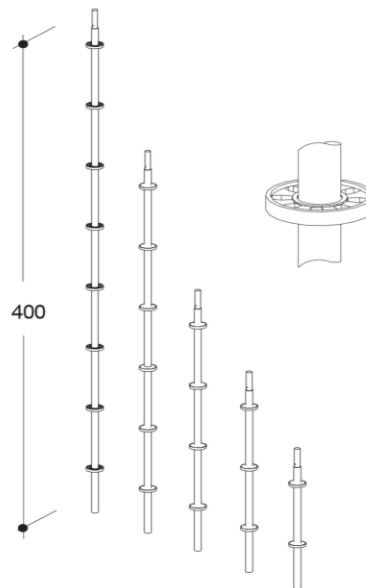


Figura 10. Postes verticales según catálogo.

Fuente: (HUNNEBECK, 2019)

Los postes verticales son tubos de acero galvanizado de 48,3mm de diámetro con una arandela soldada cada 50cm. dotada cada una de 8 perforaciones, de las cuales las 4 más pequeñas son empleadas para formar ángulos rectos, mientras que los 4 restantes permiten gran variedad de ángulos.

Además, estos postes verticales pueden conectarse con más tubos entre sí. Las longitudes de la pieza no varían entre fabricantes, se mantiene constante el tubo de 100cm, 150cm, 200cm, 300cm, 400cm.

En un montaje se puede jugar con diferentes modulados dependiendo de la compañía y su disponibilidad de piezas en las diferentes longitudes, lo cual hace que varíe el diseño estructural y su ensamble.

Tabla 6. Dimensiones de tubo vertical.

Componente	Peso Kg/unidad
Tubo Vertical 100cm	5.6
Tubo Vertical 150cm	8.0
Tubo Vertical 200cm	10.4
Tubo Vertical 300cm	15.3
Tubo Vertical 400cm	20.2

Fuente: (HUNNEBECK, 2019)

(e) Tubo Horizontal o Poste Conector

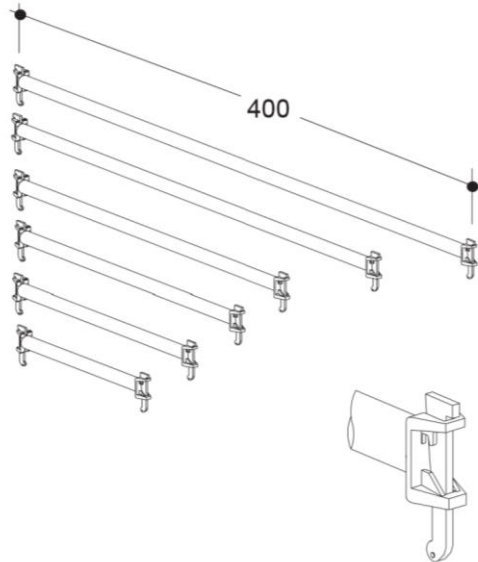


Figura 11. Postes Horizontales según catálogo.

Fuente: (HUNNEBECK, 2019)

Las horizontales se utilizan como elementos que rigidizan la estructura, soportes de plataformas y como barandas, tiene conectores soldados en sus extremos.

Gracias a la unión de cierre con cuña, se garantiza el buen funcionamiento de la estructura, centrando las cargas entre verticales y horizontales. Incluso durante el montaje existe seguridad, puesto que el cierre con cuña simplemente colocada, sin amartillar, evita una posible desconexión involuntaria. La colocación de cierres de seguridad permite, en determinados casos en el nivel de plataformas, el ahorro de horizontales longitudinales.

Tabla 7. Dimensiones de tubo horizontal según fabricante.

Andamio Tipo	Componente	Peso Kg/unidad	Andamio Tipo	Componente	Peso Kg/unidad
Modex	Tubo Horizontal 74cm	3.5	Lahyer	Tubo Horizontal 39cm	1.9
	Tubo Horizontal 82cm	3.8		Tubo Horizontal 45cm	2.1
	Tubo Horizontal 90cm	4.1		Tubo Horizontal 73cm	2.9
	Tubo Horizontal 101cm	4.6		Tubo Horizontal 86cm	3.3
	Tubo Horizontal 113cm	5.0		Tubo Horizontal 90cm	3.4
	Tubo Horizontal 125cm	5.4		Tubo Horizontal 104cm	3.8
	Tubo Horizontal 150cm	6.4		Tubo Horizontal 109cm	4.0
	Tubo Horizontal 180cm	7.5		Tubo Horizontal 129cm	4.6
	Tubo Horizontal 200cm	8.2		Tubo Horizontal 140cm	5.0
	Tubo Horizontal 250cm	10.1		Tubo Horizontal 157cm	5.5
	Tubo Horizontal 300cm	12.0		Tubo Horizontal 207cm	7.0
Tubo Horizontal 400cm	15.8	Tubo Horizontal 257cm	8.5		
			Tubo Horizontal 307cm	10.1	
			Tubo Horizontal 414cm	13.4	

Fuente: (HUNNEBECK, 2019), (Lahyer, 2019).

(f) Pasador de marco

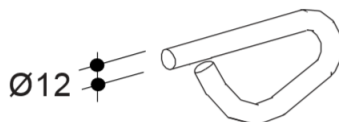


Figura 12. Pasador de marco según catálogo.

Fuente: (HUNNEBECK, 2019)

Para una unión entre postes verticales resistente a las tensiones.

Tabla 8. Dato de pasador de marco según fabricante.

Componente	Peso Kg/unidad
Pasador de marco	0.3

Fuente: (HUNNEBECK, 2019).

(g) Tubo Diagonal V

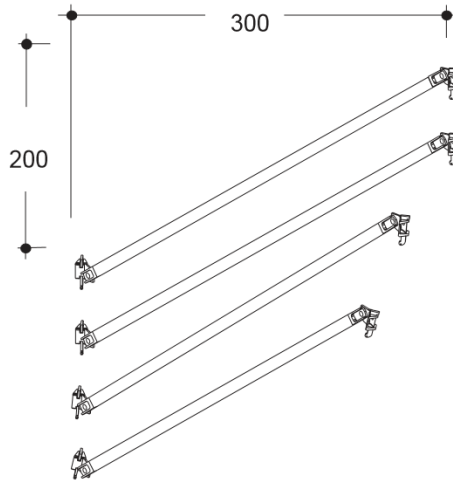


Figura 13. Tubo Diagonal V según catálogo.

Fuente: (HUNNEBECK, 2019).

Este elemento es usado para el arrostramiento vertical del andamio multidireccional.

Tabla 9. Datos de tubo diagonal V según fabricante.

Elemento para modelo Modex	Alto / Largo (cm)	Peso Kg/unidad	Elemento para modelo Lahyer	Alto / Largo (cm)	Peso Kg/unidad
Diagonal V	200/300	14.9	Diagonal V	157/200	7.7
	200/250	13.6		257/200	9.5
	200/200	12.1		307/200	10.5
	200/150	10.9		414/200	14.0
	200/113	10.3		200/300	11.2
	200/82	9.8		200/250	10.0
	150/ 180	10.2		200/200	8.8
				200/100	7.6
				200/150	7.5
				250/100	8.6
				250/150	9.4
				300/100	9.7
				300/150	10.3

Fuente: (HUNNEBECK, 2019), (Lahyer, 2019).

(h) Tubo Diagonal H

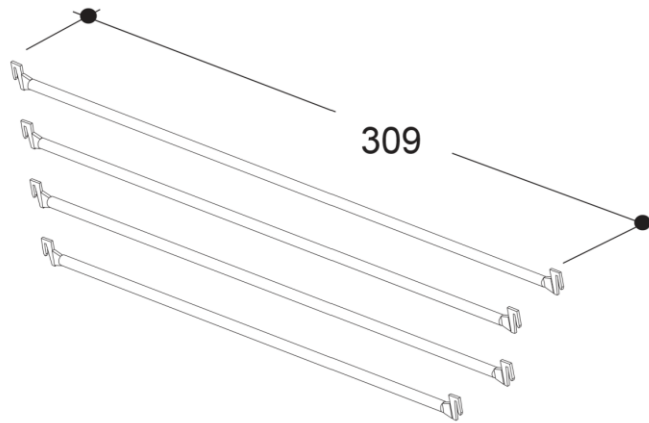


Figura 14. Tubo Diagonal H según catálogo.

Fuente: (HUNNEBECK, 2019)

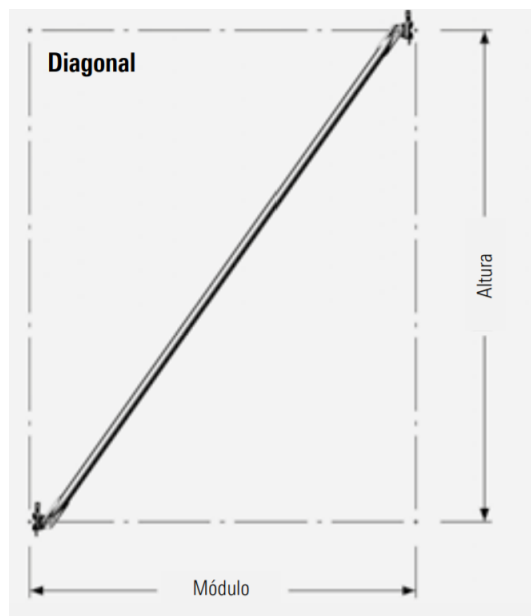


Figura 15. Tubo Diagonal H según catálogo

Fuente: (Lahyer, 2019)

Es usado tanto para el arrostramiento de niveles horizontales en andamios como para el replanteo de estructuras cubicas complejas.

Tabla 10. Datos de tubo diagonal H según fabricante.

Elemento para modelo Modex	Alto / Largo (cm)	Peso Kg/unidad	Elemento para modelo Lahyer	Alto / Largo (cm)	Peso Kg/unidad
Diagonal H	250/250	13.7	Diagonal H	200/200	11.3
	250/200	12.4		207/207	11.5
	300/101	12.4		257/257	14.0
		307/307		15.8	

Fuente: (HUNNEBECK, 2019), (Lahyer, 2019).

(i) Viga Puente o Viga de Carga

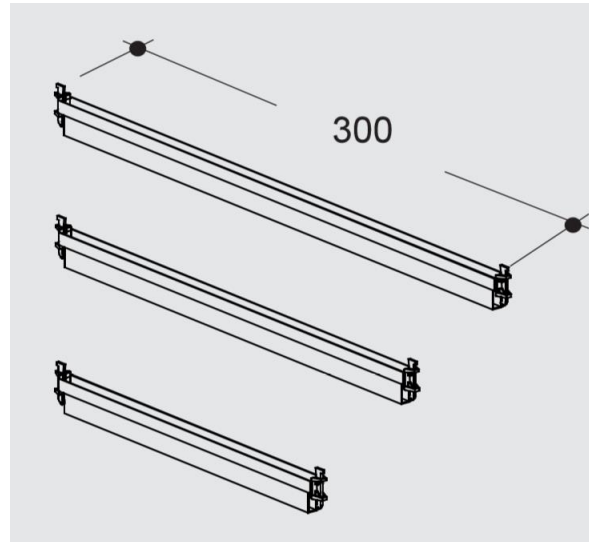


Figura 16. Viga puente según catálogo.

Fuente: (HUNNEBECK, 2019).

Sirven como soporte para cargas elevadas y luces importantes, son travesaños de tablonés reforzados para grandes capacidades de carga y tramos más anchos.

Tabla 11. Datos de viga de carga según fabricante.

Elemento para modelo Modex	Largo / Alto	Peso Kg/unidad	Elemento para modelo Lahyer	(Largo / Alto) * B	Peso Kg/unidad
Vigas Puente	300/12.6	25.9	Vigas Puente	307	19.2
	250/12.6	21.6		257	15.8
	200/12.6	17.2		207	12.6
	150/12.6	12.9		157	9.7
	125/12.6	10.7			
	113/12.6	9.7			
	82/12.6	7.0			

B= ±5cm

Fuente: (HUNNEBECK, 2019), (Lahyer, 2019).

(j) Vigas de Aluminio

Tabla 12. Viga de aluminio según catálogo.



Fuente: (HUNNEBECK, 2019).

Las vigas de aluminio están diseñadas de forma óptima para ser combinada con otros componentes: Plywood, sistemas de apuntalamiento y andamiaje. También estas son más ligeras, su aluminio es de alta resistencia y anticorrosivo, ofrecen una gran capacidad de carga debido a su bajo peso

El aluminio minimiza el número total miembros horizontales y verticales requeridos en el trabajo, en comparación con madera, además es compatible con muchos de los sistemas constructivos disponibles.

Usadas en el área de estructuras temporales las vigas de aluminio brindan el soporte necesario para colocar el sistema de formaleta o panel sobre estos y poder crear un espacio habitable para cualquier tipo de evento.

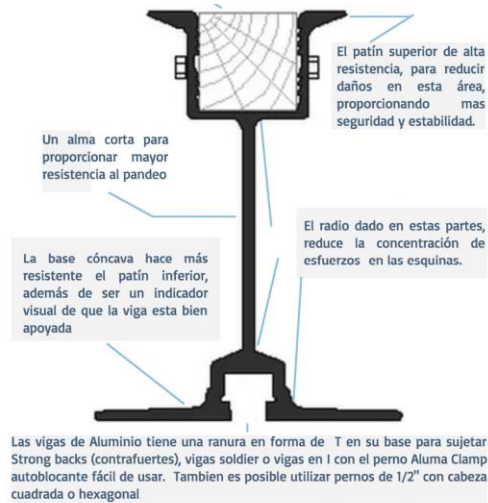


Figura 17. Descripción Viga de aluminio.

Fuente: (Lahyer, 2019) (Arreconsa, 2015)

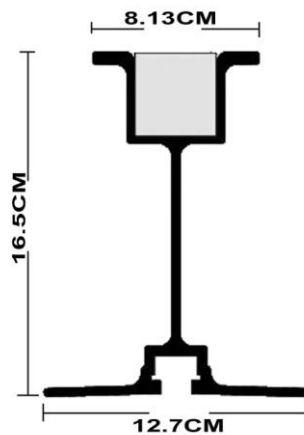


Figura 18. Descripción Viga de aluminio según catálogo.

Fuente: (HUNNEBECK, 2019)

Tabla 13. Datos de viga de aluminio según fabricante.

Componente	Longitud (cm)	Peso Kg/unidad
Viga Aluminio	275	16.36
	335	19.93
	366	79.7
	427	25.41
	488	29.04
	549	32.67
	640	38.08

Fuente: (HUNNEBECK, 2019)

(k) Panel o Formaleta Mecánica y Cuñas

- Panel o Formaleta Mecánica

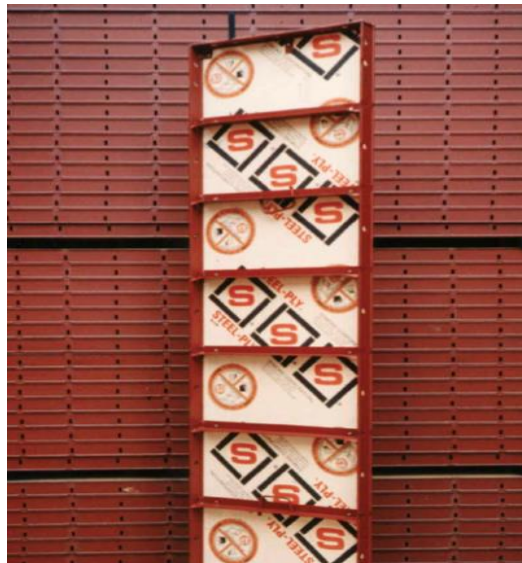


Figura 19. Formaleta metálica según catálogo.

Fuente: (Symons, 2019)

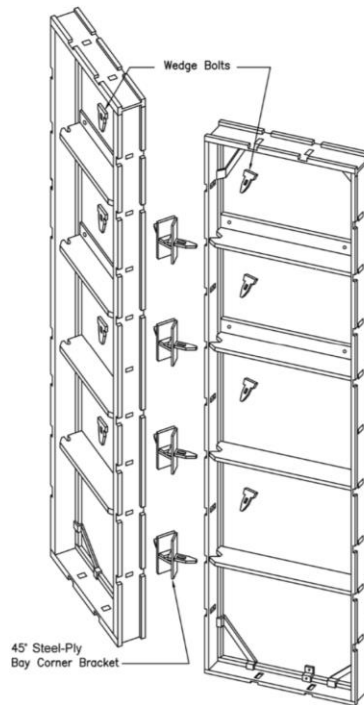


Figura 20. Alineación correcta de la formaleta metálica.

Fuente: (Symons, 2019)

El sistema de formaleta mecánica para encofrar tiene un diseño fácil de montar y desmontar, con el cual se pueden desarrollar muros de cualquier forma y altura. Está compuesto de madera multilaminar especialmente laminada colocada en fuertes armazones de acero y pueden usarse alrededor de 200-250 veces antes de cambiar la madera multilaminar.

Tales paneles se combinan para proporcionarle un sistema con una capacidad de 4882 Kg/m² (1000lbs/ft²) y con un factor previsible de seguridad durante la vida útil del encofrado con su anchura de los paneles de 60 cm

- **Cuñas**

Las Cuñas acoplan los paneles, suplementos y tirantes por medio de una sencilla operación la cual consiste en dos cuñas idénticas funcionando como juego de enlace, una acoplado y la otra como cuña que la sujeta. En los acoplamientos típicos de un tirante lateral a otro tirante lateral, el bucle del extremo del tirante se coloca en las ranuras de los dados y se sujeta por las mismas cuñas.

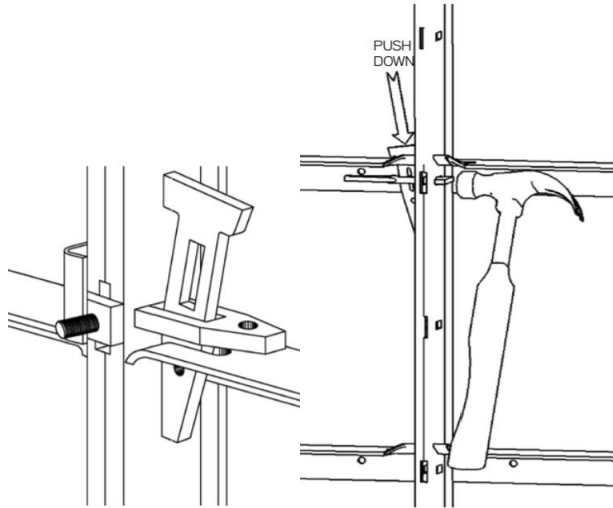


Figura 21. Uso correcto de las cuñas.

Fuente: (Symons, 2019)

Componente	Longitud (cm)	Peso Kg/unidad
Panel	244	34.0
	182	26.3
	150	21.7
	120	18.14
	91	13.6

Figura 22. Datos de formaleta según fabricante.

Fuente: (Symons, 2019)

(I) Protección personal

Este procedimiento aplica para todos los operarios trabajando con andamiaje multidireccional a partir de 1,5 m desde el piso al punto inferior del trabajo con el fin de minimizar la posibilidad de ocurrencia de accidentes de trabajo.

Equipo:

- **Casco para trabajo en altura**

Se utiliza para prevenir golpes en la cabeza por un posible derrumbe, caída de algún elemento como ladrillos, herramientas pesadas, metales, andamios, etc. Para estas personas es indispensable el uso de este objeto



Figura 23, Casco para trabajo en altura.

Fuente: (Proteccion, 2005)

- **Guantes antideslizantes**

La importancia de evitar algún daño físico en el trabajador, riesgos que pueden generarse al manipular herramientas o materiales propios del oficio que terminan ocasionando estados de riesgo.



Figura 24. Guantes antideslizantes para trabajo en altura.

Fuente: (Proteccion, 2005)

- **Lentes**

Debido a que es difícil que se determine o controle la dirección en que salen impulsados los pequeños trozos de metal procedentes del material que se está maquinando, todos los operarios de máquinas deben de utilizar algún tipo de protección para la vista



Figura 25. Lentes de seguridad para trabajos en altura.

Fuente: (Proteccion, 2005)

- **Calzado de seguridad**

Calzado de protección con puntera, referido a aquel calzado destinado a proteger los dedos de los pies del usuario, debido a la existencia de riesgos de agentes físicos de acción mecánica.



Figura 26. Zapatos de seguridad.

Fuente: (Proteccion, 2005)

- **Arnés de posicionamiento para trabajos de altura.**

Los arneses, son dispositivos de sujeción destinados a detener la caída de las personas, dispuesto sobre el cuerpo de estas para sujetarla durante y después de la caída, estos dispositivos disponen de puntos de anclaje a nivel del dorso, torso y a los costados de las caderas.



Figura 27. Arnés de protección personal.

Fuente: (Proteccion, 2005)

- **Línea de vida**

Dispositivos de anclaje a arnés de seguridad cuya finalidad es evitar al trabajador llegar a una zona de riesgo de caída y protegerle de está en caso de que suceda.



Figura 28. Línea de vida del arnés.

Fuente: (Proteccion, 2005)

La importancia de equipo consiste en que permite permanecer asegurados durante el paso de un fraccionamiento, al ir desconectando y conectando sucesivamente las dos cintas.



Figura 29. Ejemplo del uso correcto de arnés con la línea de vida.

Fuente: (Proteccion, 2005)

(m) Contrapesos

En su forma más básica, el refuerzo se define como la creación de soportes para reforzar el lado exterior de una pared para que pueda absorber una mayor presión de la fuerza del peso.

Una opción el área de estructuras temporales como contrapeso las tanquetas de 1000L y estas se sujetan al escenario por medio de lingas o cables de acero certificados.



Figura 30. Opción de contrapeso usado en estructura temporales.

Fuente: (Arreconsa, 2015)

4.1.5. Análisis de resultados

Una vez que se dan a conocer los componentes básicos que conforman las estructuras temporales en Costa Rica se puede identificar cuando uno de ellos se encuentre dañado y se deba reemplazar para evitar fallas.

A pesar de que ambos sistemas tengan en común que están compuesto gran parte con acero galvanizado, se logran diferenciar de gran manera debido a sus medidas y por ende su modulación.

4.2.PRÁCTICA 2: Diseño estructural e inspección de estructura temporal conocida como escenario para conciertos.

4.2.1. Introducción

Cuando se escucha hablar de escenarios para conciertos lo primero que viene a la mente es entretenimiento, arte y música, pero descuidamos el contexto dejando de lado el trabajo que requiere poner en obra una estructura de este nivel, el cual solo compiten compañías con operaciones muy estructuradas ya que tienen suficiente capacidad de equipo, maquinaria adecuada y un personal altamente capacitado.

Cada montaje requiere adecuar una estructura al tipo de evento y entorno, para ello disponemos una gran variedad de sistemas de estructuras que se pueden combinar entre si y que permiten la integración del diseño, no solo pensando en su uso funcional sino también cuidando la estética visual.

La estructura de soporte principal de los escenarios usados en Costa Rica consiste en la combinación del sistema multidireccional, vigas de aluminio y plataformas de formaleta los cuales son elementos homologados y que cuenta con sus certificaciones de seguridad.

4.2.2. Objetivos

- Conocer los aspectos referentes a la inspección que requiere el montaje de un escenario para conciertos.
- Realizar un análisis estructural de un diseño específico de escenario.

4.2.3. Equipo

- Vástago de base
- Pieza de arranque
- Calzas

- Pasadores
- Tubo Vertical o Poste Vertical
- Tubo Horizontal o Tubo conector
- Tubo Diagonal V
- Tubo Diagonal H
- Vigas de Carga o Viga Puente
- Vigas de Aluminio
- Formaleta Mecánica o Panel
- Contrapesos
- Protección personal
- Contrapesos

Tabla 14. Lista de equipo para montaje de escenarios con sistema Modex.

Equipo	Longitud (cm)	Cantidad	Peso Kg/unidad
Vástago de base	45/3.8	139	3.1
Pieza de arranque	37.5	139	2.0
Calzas	-	139	1.0
Tubo Vertical	150	42	8.0
Tubo Vertical con pasador	200	76	10.4
Tubo Vertical sin pasador	200	24	10.4
Tubo Vertical	400	400	20.2
Pasadores de marco	-	400	0.3
Tubo Horizontal	250	1571	10.1
Tubo Diagonal V	100/250	50	11.4
Tubo Diagonal V	200/250	1232	13.6
Tubo Diagonal H	250/250	25	13.7
Vigas de Carga o Viga Puente	250	116	21.6
Vigas de Aluminio	640	18	38.08
Formaleta Mecánica o Panel	244	186	34.0

Fuente: Elaboración propia.

4.2.4. Montaje

4.2.4.1. Preparación del equipo

- a) Una vez identificado el evento con sus respectivos diseños y conociendo el lugar, fecha y hora se agenda, reserva y programa el equipo a usar para el montaje con toda la dinámica que se explica a continuación.
- b) Se programa una visita técnica donde se reúnen los distintos proveedores, se especifica el diseño del escenario y con base en ello se procede a realizar un listado del equipo.

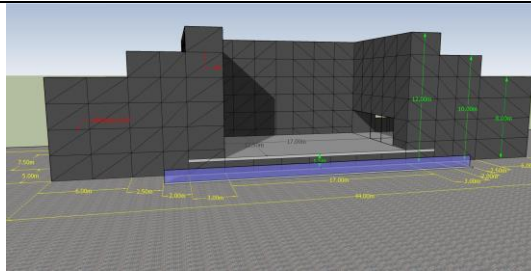


Figura 31. Ejemplo de escenario a seguir.

Fuente: Mega Escenarios S.A, 2019

- c) Para el listado de equipo se consideran aspectos importantes como el modulado a usar, el inventario de la respectiva compañía y su agenda de eventos.

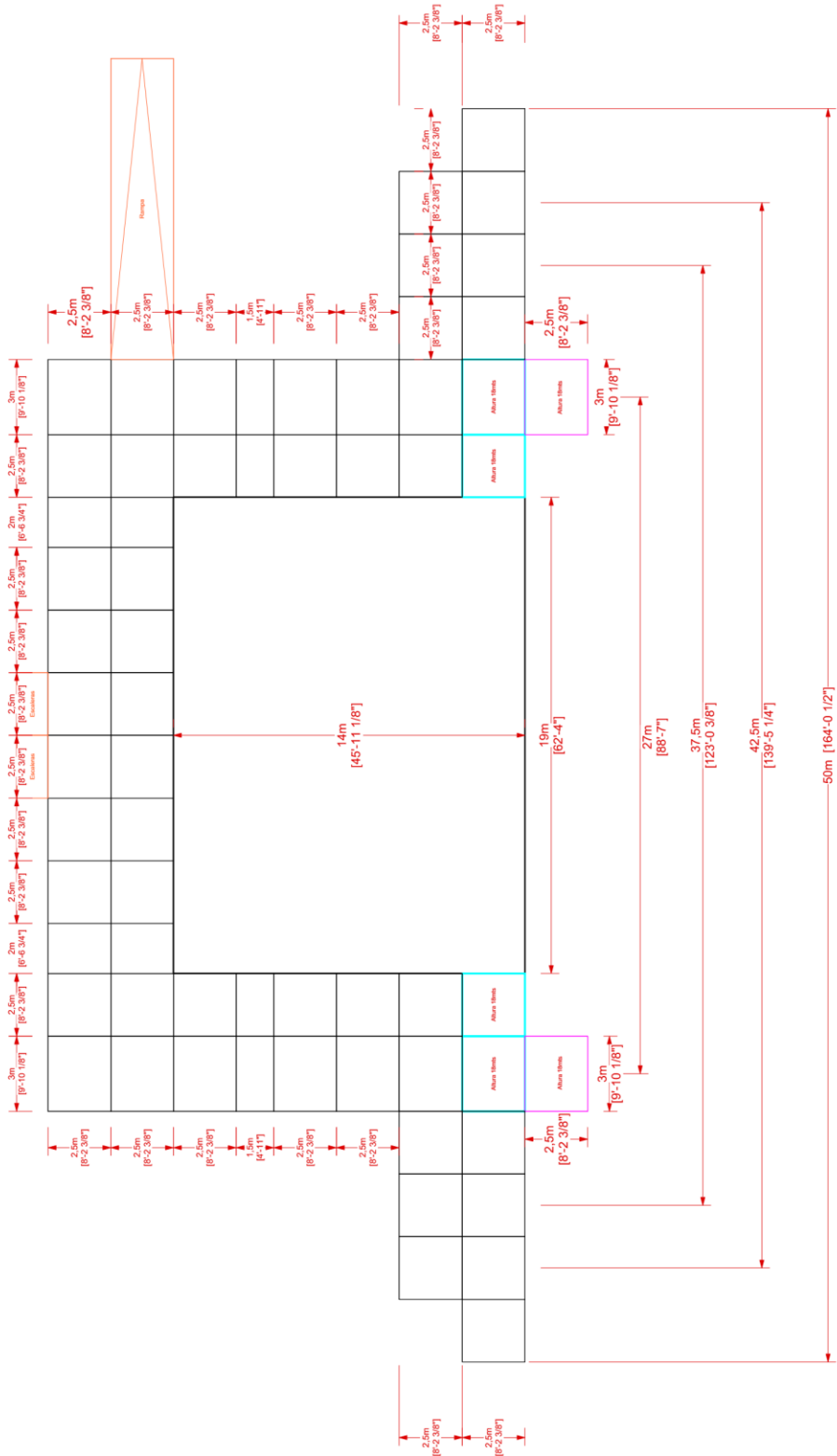


Figura 32. Plano de dimensiones del escenario en planta a seguir.

Fuente: *Mega Escenarios S.A, 2019*

- d) Una vez la lista aprobada los técnicos inician el proceso de carga de equipo en los camiones de la compañía contratada. Es de suma importancia que toda la estructura base del escenario como vástagos de base, piezas de arranque se encuentren posicionadas para su fácil descarga y de esta manera no atrasar la construcción.
- e) Se recomienda para este proceso camiones de plataforma, conociendo su respectiva capacidad para no excederla, y montacargas.¹
- f) Se le conoce como caja negra a la zona color azul, que su función viene siendo las paredes de la tarima, que es la zona marcada con color amarillo. Además de que la caja negra es la encargada de sostener el techo del escenario, el cual lleva el sonido, las luces y las pantallas.



Figura 26. Caja negra color azul y tarima color amarillo.

4.2.4.2. Montaje en sitio

- a) Una vez el camión en el sitio del evento se ubica el mismo en una zona cercana donde el montacargas no exceda los 40 metros de distancia entre el camión cargado y la ubicación del escenario, para así tener un trayecto efectivo y cumplir con los tiempos, tomando en cuenta de 2 a 3 días para la construcción del mismo.

¹ Nota: El tiempo a usar en esta tarea depende de factores como el almacenamiento del equipo, su método de moverlo o el tipo de camión a cargar. Una vez el camión cargado con dirigen al lugar donde se desarrollará el evento.



Figura 33. Distancia correcta para descarga del equipo.

Fuente: Mega Escenarios S.A, 2018

- b) Terminada la descarga del equipo se inicia con la etapa del ensamble del escenario, es de suma importancia comenzar por buscar el centro del mismo y de esta forma dar inicio a la construcción.

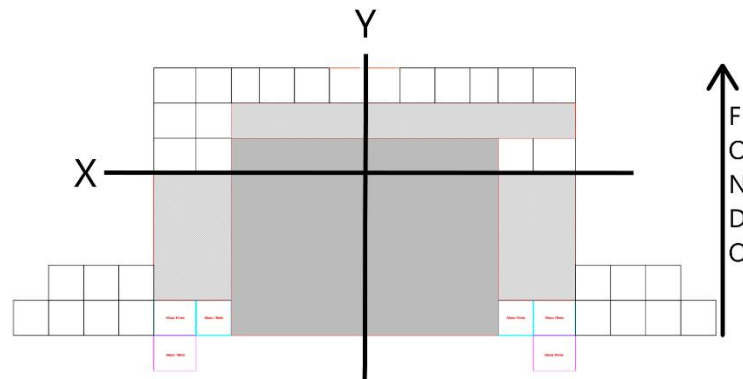


Figura 34. Ejes de referencia del escenario.

Fuente: Mega Escenarios S.A, 2018

4.2.5. Especificaciones para el montaje

- a) Se da inicio a ese proceso distribuyendo a nivel del suelo los tubos horizontales en los ejes X y Y a nivel de suelo, según las medidas estipuladas en el plano de planta y los tubos diagonales H.



Figura 35. Distribución de tubos horizontales y diagonales.

Fuente: Elaboración propia.

- b) Una vez hecha la cuadrícula se procede a colocar las calzas de madera, los vástagos de base y piezas de arranque en los puntos de conexión de los tubos horizontales.
- c) En la siguiente figura se muestra la ubicación de los puntos de conexión mencionados anteriormente.

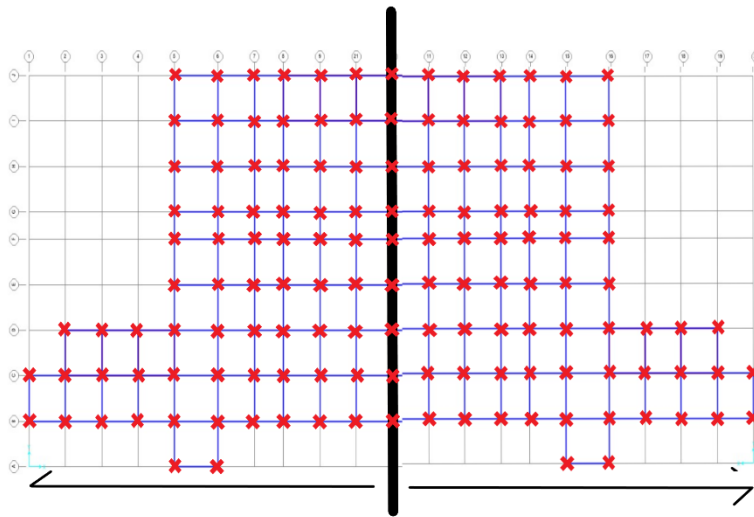


Figura 36. Puntos de conexión en planta al inicio del montaje.

Fuente: Elaboración propia.

- d) Sobre cada calza de madera instalar el vástago de base.

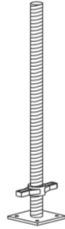


Figura 37. Vástago de base.

Fuente: (HUNNEBECK, 2019)

- e) Instalar las piezas de arranque sobre los vástagos de base.

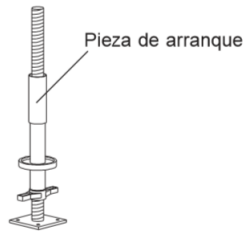


Figura 38. Pieza de arranque sobre vástago de base.

Fuente: (HUNNEBECK, 2019)

- f) Colocar los tubos horizontales de las dimensiones acordadas en el plano para de esta manera formar un marco rígido y estable.

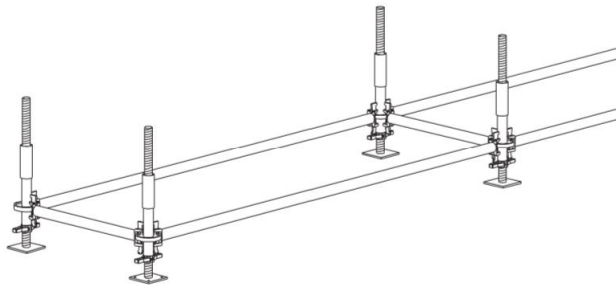


Figura 39. Marco formado por los tubos horizontales.

Fuente: (HUNNEBECK, 2019)

- g) Se incorpora el tubo diagonal H entre los marcos de base construidos ya que esta pieza ayuda alineando y cuadrando la estructura, se coloca siguiendo el patrón que muestra la Figura 32.



Figura 40. Patrón a seguir de tubos diagonales H

Fuente: Elaboración propia.

Conexión de la diagonal H

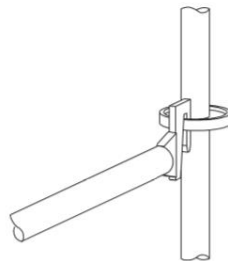


Figura 41. Conexión del tubo diagonal H con tubo vertical.

Fuente: (HUNNEBECK, 2019)

- h) Una vez completada la cuadrícula determinada se procede a nivelar este marco construido, ya que las bases del sistema son ajustables, entonces con un nivel se ajustan los tubos horizontales, es recomendable nivelar del centro del escenario hacia los lados. Otra opción es nivelar con una cuerda colocándola de un lado al otro y ajustando las bases hasta tocar la misma.
- i) Se colocan tubos verticales en cada pieza de arranque de toda la base del escenario. Para este caso la altura a llegar es de 18 metros en la caja

negra del escenario, entonces se inicia usando los tubos verticales de 3 o 4 metros dependiendo del plano.

- j) Para la zona de la tarima se colocan verticales de 1 o 1.5 metros de altura dependiendo de la altura del escenario.
- k) En el eje Y se colocan las vigas de carga FIGURA 20 como se muestra en la figura, para de esta forma sentar con facilidad las vigas de aluminio y los paneles a colocar.

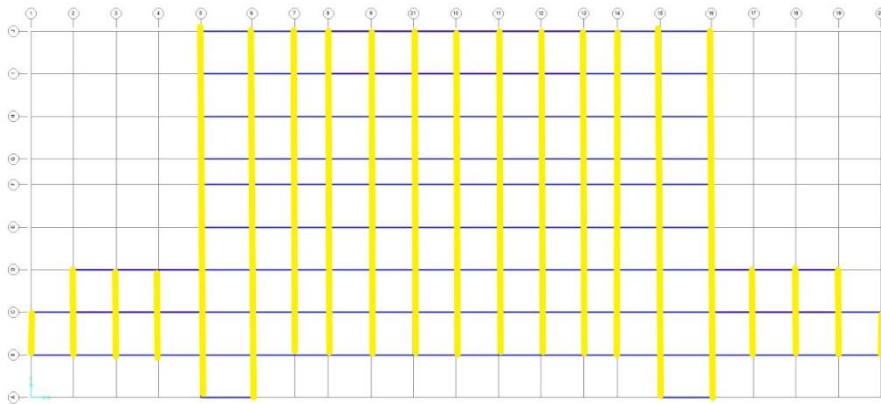


Figura 42. Sentido de las vigas de carga.

Fuente: Elaboración propia.

- l) En el eje X de esta primera altura en la zona de tarima, se colocan los horizontales con las respectivas medidas según el plano.

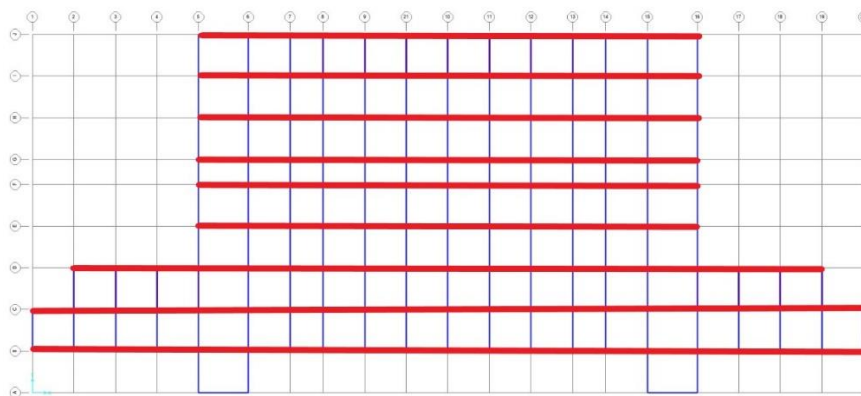


Figura 43. Sentido de los tubos horizontales.

Fuente: Elaboración propia.

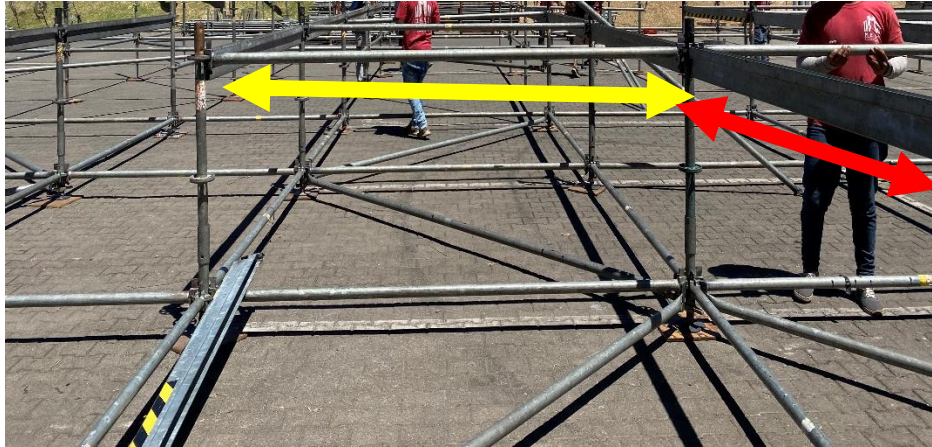


Figura 44. . Vigas de carga en eje Y, Tubo Horizontal eje X.

Fuente: Elaboración propia.

- m) Se divide la actividad de los operarios, unos se encargan de la tarima y otros de la caja negra.
- n) Para la caja negra se organiza el personal a diferentes alturas, dejando las personas especialistas en alturas, dado que se tiende a superar los 15 metros de altura, tomando en cuenta las recomendaciones de salud ocupacional en cuanto arnés, líneas de vida, casco, guantes y zapatos de seguridad. De esta forma se van colocando tubos verticales hasta llegar a su respectiva altura colocando el pasador entre tubos verticales.
- o) Los tubos horizontales se colocan cada 2 metros a lo alto del tubo vertical e inmediatamente se arriostra con los tubos diagonales V correspondientes, esta conexión se martilla ayudando a la rigidez en la estructura.



Figura 45. Dirección a seguir de los tubos diagonales V.

Fuente: Mega Escenarios S.A, 2018

- p) La dirección del tubo diagonal V se determina por tensión de la estructura.
- q) Para la tarima del escenario se ponen sobre las vigas de carga se colocan las vigas de aluminio en sentido perpendicular, se usan solamente para el área de tarima. Esta colocación de vigas es parte del método utilizado en Costa Rica.



Figura 46. Viga de aluminio sentada sobre viga de carga.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 47. Viga de aluminio sentada sobre viga de carga.

Fuente: Elaboración propia.

- r) Se inicia la colocación en fila de paneles en el área de tarima siguiendo el sentido X, que es el lado más largo del panel, se coloca una segunda fila y así sucesivamente a lo largo de las vigas de aluminio hasta cubrir toda el área de la tarima del escenario.



Figura 48. Colocación correcta de paneles.

Fuente: Elaboración propia.

- s) Los paneles van unidos unos con otros por medio de las cuñas de sujeción, las cuales se encargan de mantener unida la zona de paneles.



Figura 49. Colocación correcta de paneles y cuñas.

Fuente: Elaboración propia.

- t) Una vez armado el escenario y toda la caja negra se procede a forrar la estructura con un sarán negro siendo esto una práctica común en Costa Rica y de esta forma queda finalizada el escenario.



Figura 50. Colocación del sarán en escenario.

Fuente: Elaboración propia.

4.2.6. Sistema de techo al aire libre

Esta tarea le compete a la empresa de luces y sonido contratada y es de las más importantes porque de esto depende la finalización de la construcción del escenario

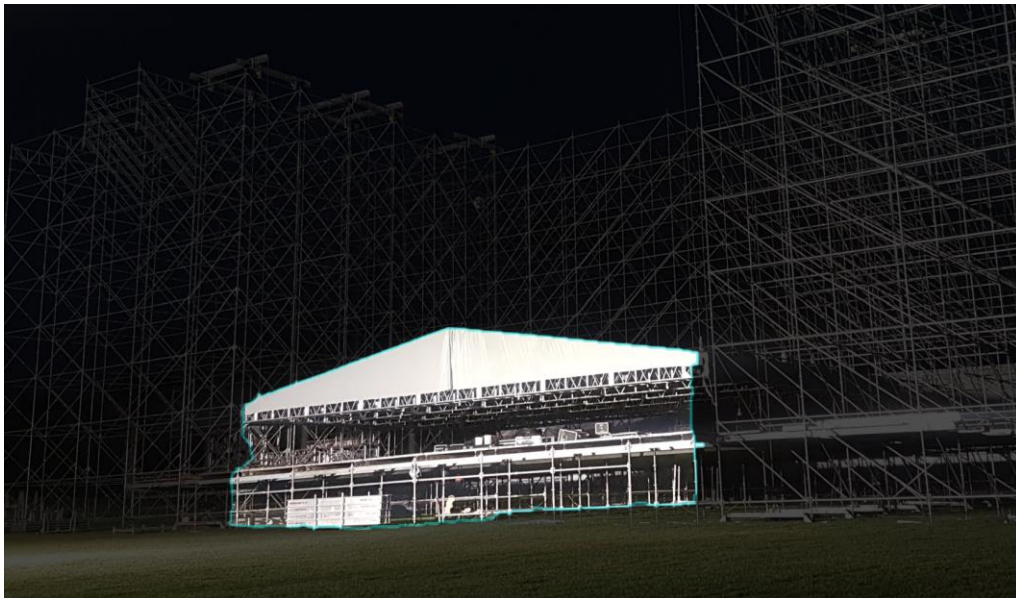


Figura 51. Sistema de techo al aire libre

Fuente: Mega Escenarios S.A, 2019

4.2.7. Modelado en SAP de escenario para conciertos.

A continuación, se realizará un análisis que considere los principales aspectos del modelado para estructuras con andamios multidireccionales, este analizará las capacidades de los elementos por el método dinámico.

4.2.7.1. Valores de entrada

Tabla 15. Valores de entrada en SAP

Cargas temporales	Cargas permanentes
400 kg/m ²	30 kg/m ²

Fuente: Elaboración propia

4.2.7.1.1. Clasificaciones de la Estructura

- Clasificación del Suelo y ubicación según CSCR-10
 - Suelo S3
 - Ubicación: Zona Sísmica III (San José)

Esto para un caso de un concierto en el estadio nacional de Costa Rica.

- Clasificación según su uso CSCR-10
 - Tipo E: Misceláneas
 - Importancia: 0.75
- Clasificación según su forma estructural
 - Tipo Otro
 - Irregular
- Clasificación según requisitos de detallado
 - Ductilidad Local Moderada
 - Ductilidad Global Asignada: 1

➤ Aceleración Pico Efectiva

- $a_{ef} = 0.36$

➤ Periodo Fundamental inicial de la estructura

- Sobre Resistencia: 2

- FED: 1.443

- $T(s) = 0.48$

La modulación y elaboración en el software debe de ir con el equipo y las dimensiones del plano en la Figura 32.

4.2.7.2. Modelo completado en SAP

➤ Vista Frontal.

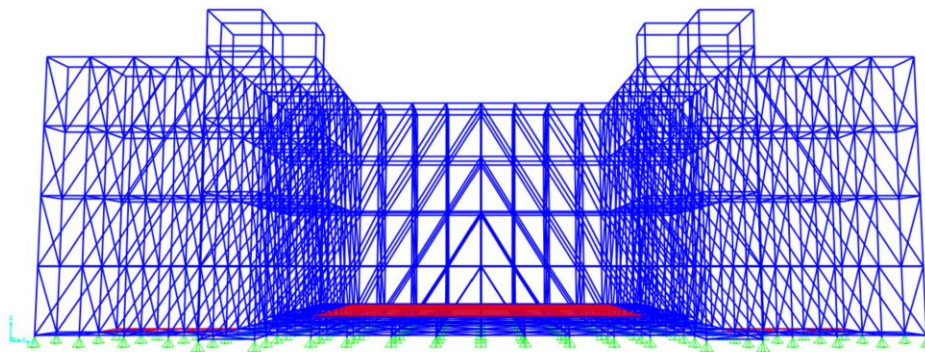


Figura 52. Vista frontal de la estructura

Fuente: SAP.

➤ Vista Lateral

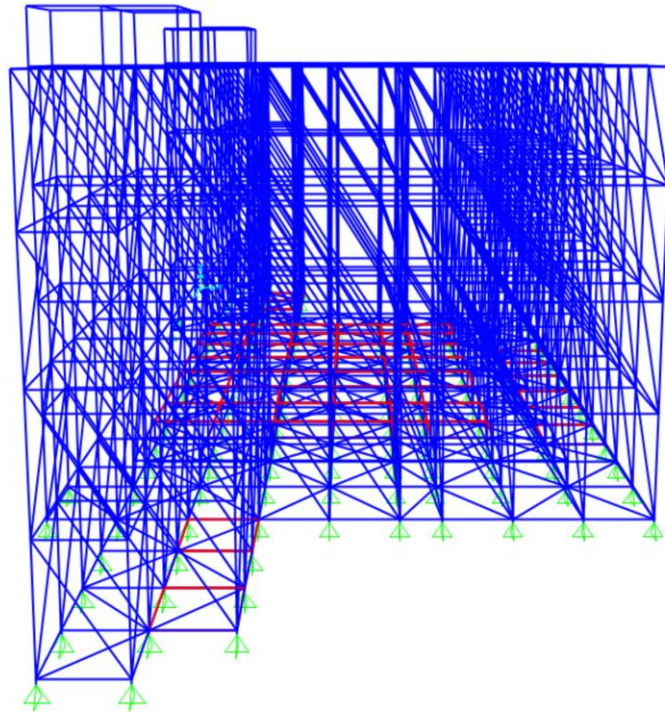


Figura 53. Vista lateral de la estructura.

Fuente: SAP.

➤ Vista Posterior

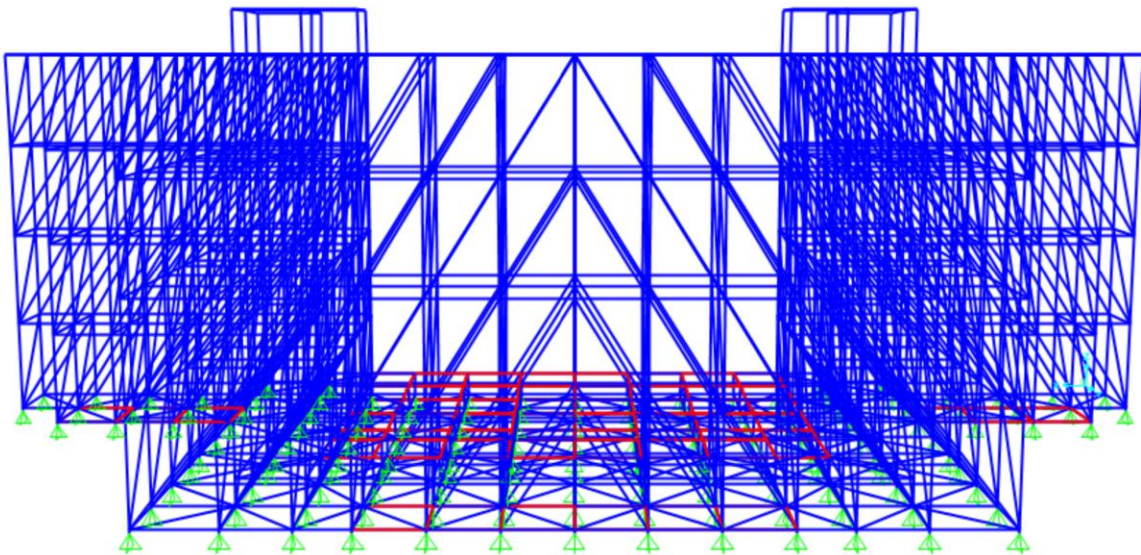


Figura 54. Vista posterior de la estructura.

Fuente: SAP.

➤ Vista Planta

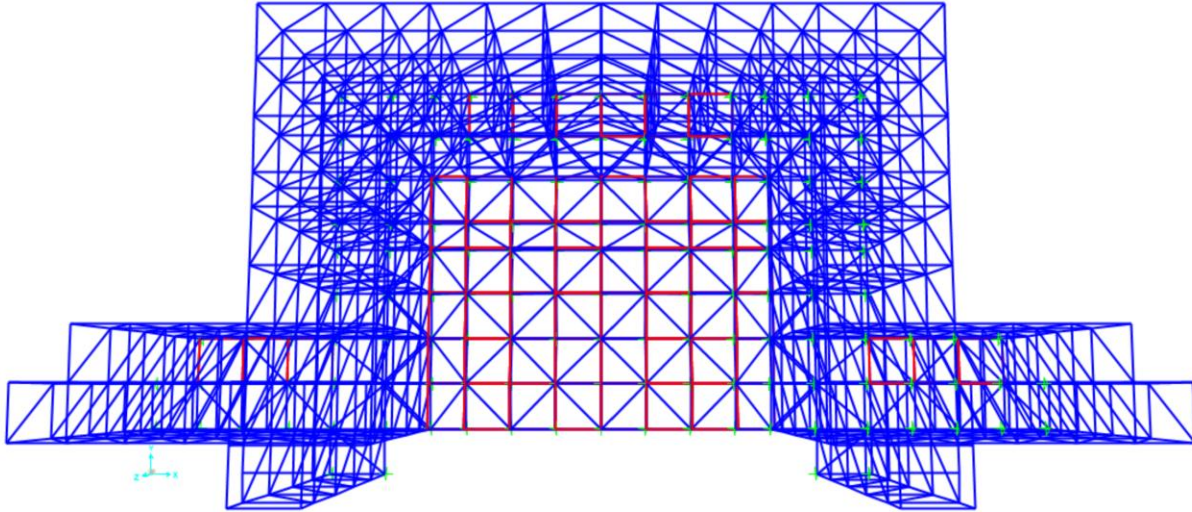


Figura 55. Vista en planta de estructura.

Fuente: SAP.

4.2.7.3. Materiales utilizados

Se definen las propiedades del material a usar, siendo este el acero para este caso.

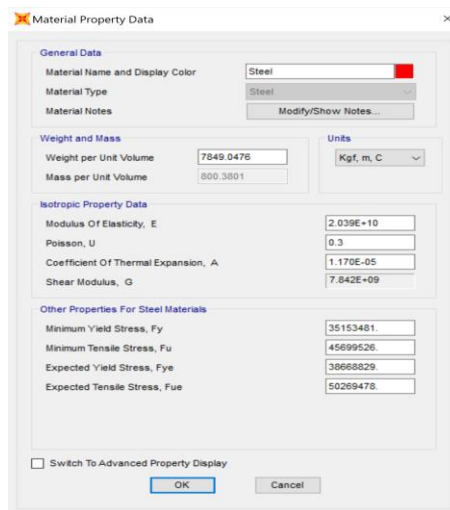


Figura 56. Propiedades para el acero.

Fuente: SAP.

Los contrapesos, un material definido sin peso para poder cargarle uno luego cuando sea necesario.

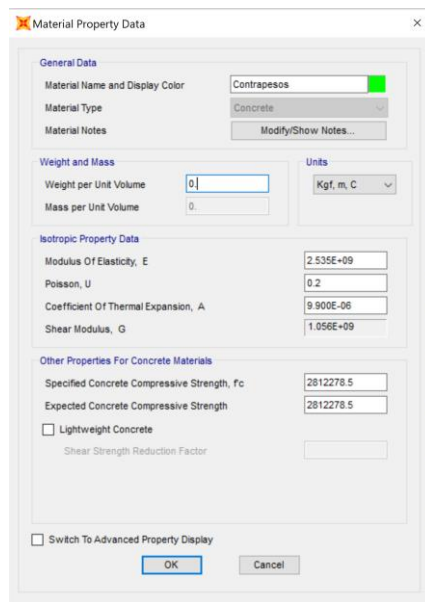


Figura 57. Propiedades de los contrapesos

Fuente: SAP.

4.2.7.4. Elementos utilizados

Teniendo el conocimiento de los equipos a usar, se procede a definir sus secciones, diámetro, espesor.

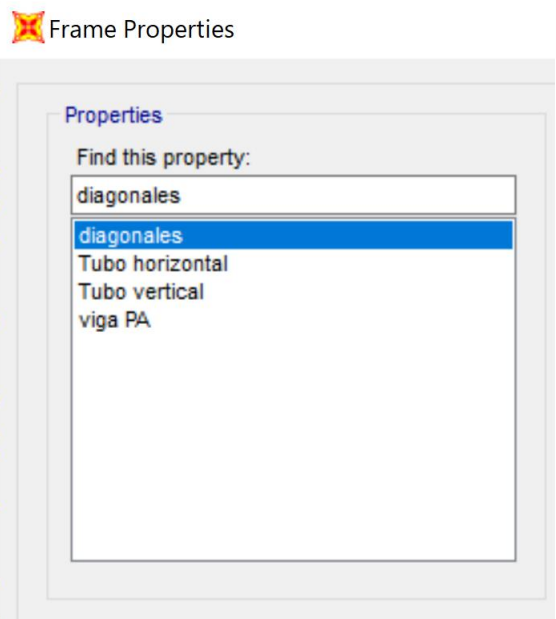


Figura 58. Elementos definidos

Fuente: SAP.

- Tubo vertical

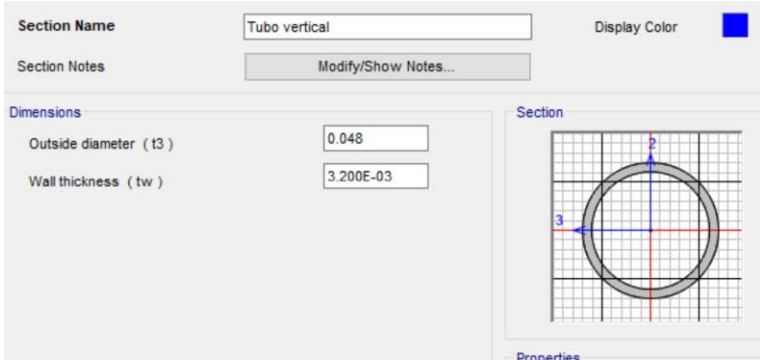


Figura 59. Dimensiones tubo vertical.

Fuente: SAP.

Section Name			
Tubo vertical			
Properties			
Cross-section (axial) area	4.504E-04	Section modulus about 3 axis	4.732E-06
Moment of Inertia about 3 axis	1.136E-07	Section modulus about 2 axis	4.732E-06
Moment of Inertia about 2 axis	1.136E-07	Plastic modulus about 3 axis	6.433E-06
Product of Inertia about 2-3	0.	Plastic modulus about 2 axis	6.433E-06
Shear area in 2 direction	2.260E-04	Radius of Gyration about 3 axis	0.0159
Shear area in 3 direction	2.260E-04	Radius of Gyration about 2 axis	0.0159
Torsional constant	2.271E-07	Shear Center Eccentricity (x3)	0.

Figura 60. Propiedades tubo vertical.

Fuente: SAP.

- Tubo diagonal

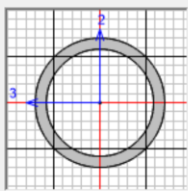
Section Name		Display Color
diagonales		■
Section Notes		
Modify/Show Notes...		
Dimensions		Section
Outside diameter (t3)	0.0483	
Wall thickness (tw)	4.050E-03	
Material		Properties
+ Steel		Section Properties...
Property Modifiers		Time Dependent Properties...
Set Modifiers...		

Figura 61. Dimensiones tubo diagonal V.

Fuente: SAP.

Section Name			
diagonales			
Properties			
Cross-section (axial) area	5.630E-04	Section modulus about 3 axis	5.754E-06
Moment of Inertia about 3 axis	1.390E-07	Section modulus about 2 axis	5.754E-06
Moment of Inertia about 2 axis	1.390E-07	Plastic modulus about 3 axis	7.952E-06
Product of Inertia about 2-3	0.	Plastic modulus about 2 axis	7.952E-06
Shear area in 2 direction	2.831E-04	Radius of Gyration about 3 axis	0.0157
Shear area in 3 direction	2.831E-04	Radius of Gyration about 2 axis	0.0157
Torsional constant	2.779E-07	Shear Center Eccentricity (x3)	0.

Figura 62. Propiedades tubo diagonal V.

Fuente: SAP.

- Tubo horizontal

Section Name: Tubo horizontal

Display Color: ■

Section Notes: Modify/Show Notes...

Dimensions

Outside diameter (t3) : 0.048

Wall thickness (tw) : 3.200E-03

Section

Material: A992Fy50

Property Modifiers: Set Modifiers...

Properties: Section Properties..., Time Dependent Properties...

Figura 63. Dimensiones tubo horizontal.

Fuente: SAP.

Section Name: Tubo horizontal			
Properties			
Cross-section (axial) area	4.504E-04	Section modulus about 3 axis	4.732E-06
Moment of Inertia about 3 axis	1.136E-07	Section modulus about 2 axis	4.732E-06
Moment of Inertia about 2 axis	1.136E-07	Plastic modulus about 3 axis	6.433E-06
Product of Inertia about 2-3	0.	Plastic modulus about 2 axis	6.433E-06
Shear area in 2 direction	2.260E-04	Radius of Gyration about 3 axis	0.0159
Shear area in 3 direction	2.260E-04	Radius of Gyration about 2 axis	0.0159
Torsional constant	2.271E-07	Shear Center Eccentricity (x3)	0.

Figura 64. Propiedades tubo horizontal.

Fuente: SAP.

- Viga PA.

Section Name: viga PA Display Color: ■

Section Notes:

Dimensions

Depth (t3):

Width (t2):

Section

Material: Steel

Property Modifiers:

Properties:

Figura 65. Dimensiones viga.

Fuente: SAP.

Section Name: viga PA

Properties

Cross-section (axial) area	2.090E-03	Section modulus about 3 axis	1.593E-05
Moment of Inertia about 3 axis	3.640E-07	Section modulus about 2 axis	1.593E-05
Moment of Inertia about 2 axis	3.640E-07	Plastic modulus about 3 axis	2.389E-05
Product of Inertia about 2-3	0.	Plastic modulus about 2 axis	2.389E-05
Shear area in 2 direction	1.742E-03	Radius of Gyration about 3 axis	0.0132
Shear area in 3 direction	1.742E-03	Radius of Gyration about 2 axis	0.0132
Torsional constant	6.152E-07	Shear Center Eccentricity (x3)	0.

Figura 66. Propiedades viga.

Fuente: SAP.

4.2.7.5. Membranas para el área habitable conocida como la tarima y los contrapesos

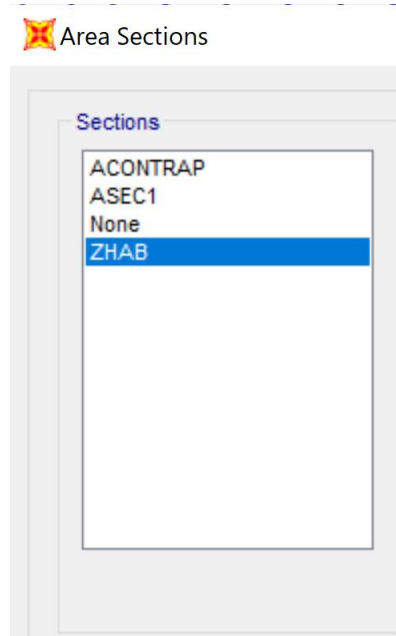


Figura 67. Zonas definidas como membranas.

Fuente: SAP.

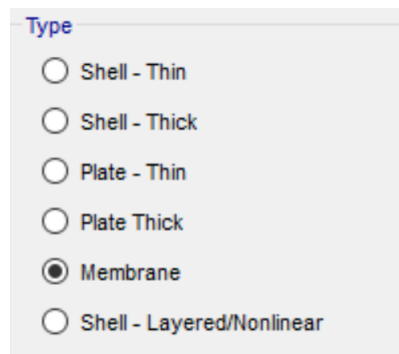


Figura 68. Membrana.

Fuente: SAP.

4.2.7.6. Apoyos

Se colocan apoyos simplemente apoyados al suelos ya que no va enterrados, solo colocados.

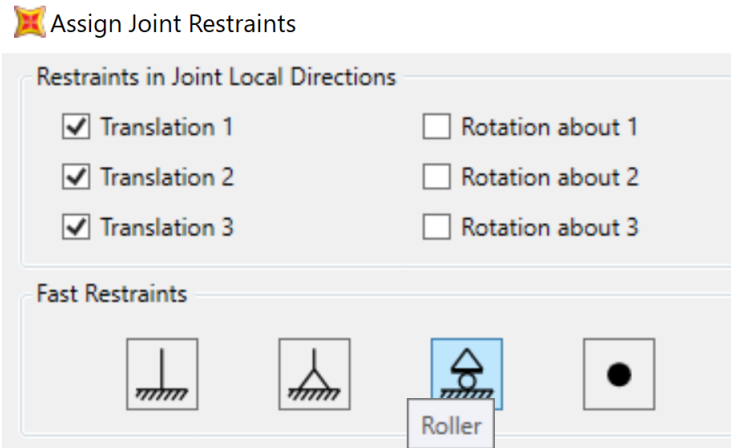


Figura 69. Tipo de apoyo.

Fuente: SAP.

Demostración de los diferentes tipos de elemento según su color

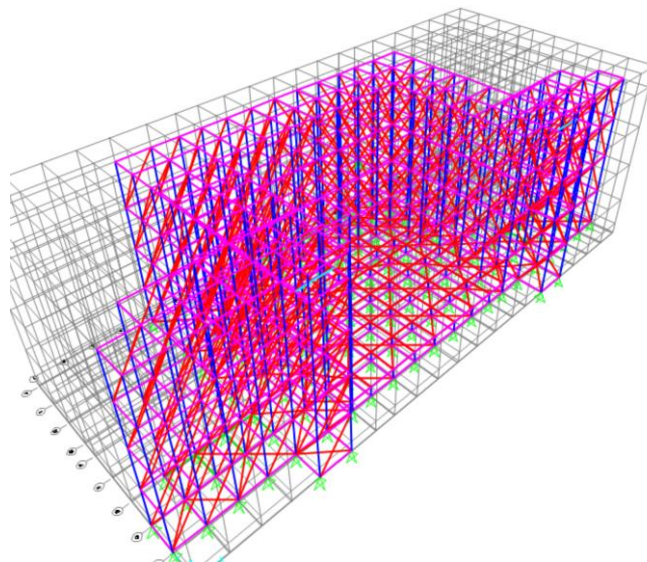


Figura 70. Elementos y apoyos.

Fuente: SAP.

Una vez definidos los perfiles, materiales, propiedades y áreas se proceden a la parte del sismo.

4.2.7.7. Sismo.

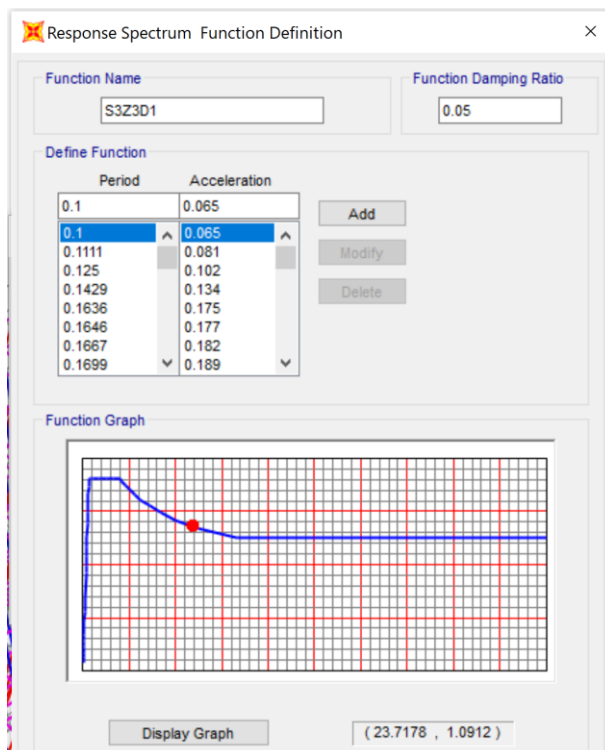


Figura 71. Espectros de respuesta.

Fuente: SAP.

El programa SAP comienza a iterar periodos para saber cuál es el periodo natural de la estructura y con eso calcula demanda sísmica en punto crítico.

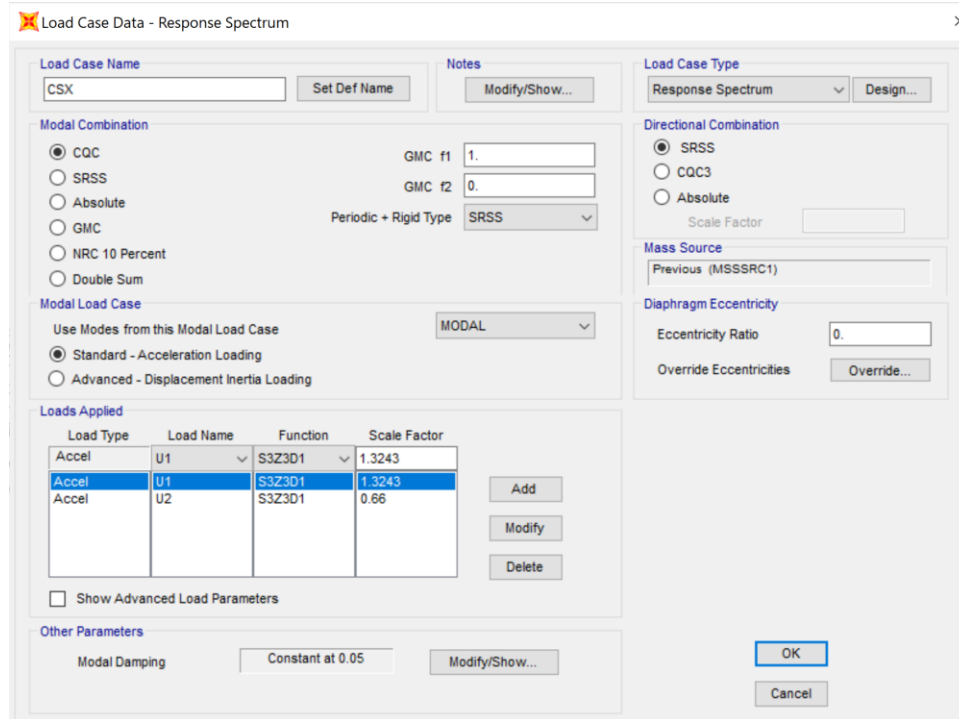


Figura 72. Factor para definir los espectros de respuesta.

Fuente: SAP.

$$C = \frac{a_{ef} \times I}{SR} \times g$$

a_{ef} : 0.36

I : 0.75

SR : 2

g : 9.8

c : 1.323

- El 30% en el eje contrario
- 100% en el eje de análisis

4.2.7.8. Análisis Dinámico mediante SAP

➤ Parámetros Utilizados

- **Amortiguamiento:** 5%
- **Tipo de combinación modal:** CQC
- **Espectro utilizado en dirección X:** Z3S4D2.0
- **Factor de escala en dirección X:** 1.32(x+0.3y)
- **Espectro utilizado en dirección Y:** Z3S4D2.0
- **Factor de escala en dirección Y:** 1.32(0.3x+1y)

4.2.7.9. Cálculo de derivas.

Al ser una estructura semirrígida se analiza de marco de por medio para contemplar el mayor caso de eventos posibles

Estas deben cumplir con los máximos estipulados por el CSCR-10 según la siguiente tabla

TABLA 7.2. Límite superior de los desplazamientos relativos divididos por la altura entre niveles, $\Delta_i/H_i^{(1)}$, según Categoría de Edificación y Sistema Estructural.

Sistema Estructural (según artículo 4.2)	Edificaciones A y C (Limitación Severa según artículo 4.1)	Edificaciones B, D y E (Limitación Normal según artículo 4.1)
tipo marco	0.010	0.016
tipo dual	0.010	0.014
tipo muro	0.008	0.008
tipo voladizo	0.010	0.016
tipo otros	0.005	0.008
Nota ⁽¹⁾ $H_i = h_i - h_{i-1}$, altura entre el nivel inferior y superior del piso i .		

Figura 73. Sistema estructural tipo otro.

Fuente: CSCR-10

➤ Para sismo en Y

Tabla 16. Sismo en Y, X=0

X = 0m						
NIVEL	H	DEFORMACION Y	DERIVA i	DERIVA E	RAZON DERIVA	0.010
0+0,14	14	0.0007	-0.0184	-0.0023	-0.001314	SI CUMPLE
0+4m	400	0.003	-0.0296	-0.0037	-0.000074	SI CUMPLE
0+8m	800	0.0067	-0.032	-0.004	-0.000040	SI CUMPLE
0+12m	1200	0.0107	-0.0288	-0.0036	-0.000024	SI CUMPLE
0+16m	1600	0.0143	0.1144	0.0143	0.000072	SI CUMPLE
0+18m	1800	0	0	0	0.000000	SI CUMPLE

Fuente: Elaboracion propia.

Tabla 17. Sismo en Y, X=5

X = 5 m						
NIVEL	H	DEFORMACION Y	DERIVA i	DERIVA E	RAZON DERIVA	0.010
0+0,14	14	0.0005	-0.0056	-0.0007	-0.0004000	SI CUMPLE
0+4m	400	0.0012	-0.0088	-0.0011	-0.0000220	SI CUMPLE
0+8m	800	0.0023	-0.0104	-0.0013	-0.0000130	SI CUMPLE
0+12m	1200	0.0036	-0.0104	-0.0013	-0.0000087	SI CUMPLE
0+16m	1600	0.0049	0.0392	0.0049	0.0000245	SI CUMPLE
0+18m	1800	0	0	0	0.0000000	SI CUMPLE

Fuente: Elaboracion propia.

Tabla 18. Sismo en Y, X=10

X = 10 m						
NIVEL	H	DEFORMACION Y	DERIVA i	DERIVA E	RAZON DERIVA	0.010
0+0,14	14	0.0006	-0.0672	-0.0084	-0.005	SI CUMPLE
0+4m	400	0.009	-0.016	-0.002	0.000	SI CUMPLE
0+8m	800	0.011	0.0776	0.0097	0.000	SI CUMPLE
0+12m	1200	0.0013	-0.0016	-0.0002	0.000	SI CUMPLE
0+16m	1600	0.0015	-0.2768	-0.0346	0.000	SI CUMPLE
0+18m	1800	0.0361	0.2888	0.0361	0.000	SI CUMPLE

Fuente: Elaboracion propia.

Tabla 19. Sismo en Y, X=15.5

X = 15,5 m						
NIVEL	H	DEFORMACION Y	DERIVA i	DERIVA E	RAZON DERIVA	0.010
0+0,14	14	0.0022	-0.1008	-0.0126	-0.007	SI CUMPLE
0+4m	400	0.0148	0.1	0.0125	0.000	SI CUMPLE
0+8m	800	0.0023	-0.0024	-0.0003	0.000	SI CUMPLE
0+12m	1200	0.0026	-0.004	-0.0005	0.000	SI CUMPLE
0+16m	1600	0.0031	-0.24	-0.03	0.000	SI CUMPLE
0+18m	1800	0.0331	0.2648	0.0331	0.000	SI CUMPLE

Fuente: Elaboracion propia.

Tabla 20. Sismo en Y, X=20

X = 20 m						
NIVEL	H	DEFORMACION Y	DERIVA i	DERIVA E	RAZON DERIVA	0.010
0+0,14	14	0.0031	-0.0704	-0.0088	-0.005	SI CUMPLE
0+1m	100	0.0119	0.0632	0.0079	0.001	SI CUMPLE
0+4m	400	0.004	-0.008	-0.001	0.000	SI CUMPLE
0+8m	800	0.005	-0.0088	-0.0011	0.000	SI CUMPLE
0+12m	1200	0.0061	-0.0064	-0.0008	0.000	SI CUMPLE
0+16m	1600	0.0069	0.0552	0.0069	0.000	SI CUMPLE

Fuente: Elaboracion propia.

Tabla 21. Sismo en Y, X=25

X = 25 m						
NIVEL	H	DEFORMACION Y	DERIVA i	DERIVA E	RAZON DERIVA	0.010
0+0,14	14	0.0055	-0.0392	-0.0049	-0.003	SI CUMPLE
0+1m	100	0.0104	0.0464	0.0058	0.000	SI CUMPLE
0+4m	400	0.0046	-0.008	-0.001	0.000	SI CUMPLE
0+8m	800	0.0056	-0.0088	-0.0011	0.000	SI CUMPLE
0+12m	1200	0.0067	-0.008	-0.001	0.000	SI CUMPLE
0+16m	1600	0.0077	0.0616	0.0077	0.000	SI CUMPLE

Fuente: Elaboracion propia.

➤ Para sismo en X se tiene las siguientes condiciones

Tabla 22. Sismo en X, Y=2.5

Y = 2.5m						
NIVEL	H	DEFORMACION X	DERIVA i	DERIVA E	RAZON DERIVA	0.010
0+0,14	14	0.0028	-0.1216	-0.0152	-0.009	SI CUMPLE
0+1m	100	0.018	0.1232	0.0154	0.000	SI CUMPLE
0+4m	400	0.0026	-0.0016	-0.0002	0.000	SI CUMPLE
0+8m	800	0.0028	-0.0024	-0.0003	0.000	SI CUMPLE
0+12m	1200	0.0031	-0.0032	-0.0004	0.000	SI CUMPLE
0+16m	1600	0.0035	-0.3632	-0.0454	0.000	SI CUMPLE
0+18m	1800	0.0489	0.3912	0.0489	0.000	SI CUMPLE

Fuente: Elaboracion propia.

Tabla 23. Sismo en X, Y=7.5

Y = 7.5 m						
NIVEL	H	DEFORMACION X	DERIVA i	DERIVA E	RAZON DERIVA	0.010
0+0,14	14	0.0083	-0.0768	-0.0096	-0.005	SI CUMPLE
0+1m	100	0.0179	0.112	0.014	0.001	SI CUMPLE
0+4m	400	0.0039	0.0016	0.0002	0.000	SI CUMPLE
0+8m	800	0.0037	-0.0024	-0.0003	0.000	SI CUMPLE
0+12m	1200	0.004	-0.0016	-0.0002	0.000	SI CUMPLE
0+16m	1600	0.0042	0.0336	0.0042	0.000	SI CUMPLE

Fuente: Elaboracion propia.

Tabla 24. Sismo en X, Y=10

Y = 10 m						
NIVEL	H	DEFORMACION X	DERIVA i	DERIVA E	RAZON DERIVA	0.010
0+0,14	14	0.0106	-0.0616	-0.0077	-0.004	SI CUMPLE
0+1m	100	0.0183	0.0888	0.0111	0.001	SI CUMPLE
0+4m	400	0.0072	-0.0056	-0.0007	0.000	SI CUMPLE
0+8m	800	0.0079	-0.0064	-0.0008	0.000	SI CUMPLE
0+12m	1200	0.0087	-0.0048	-0.0006	0.000	SI CUMPLE
0+16m	1600	0.0093	0.0744	0.0093	0.000	SI CUMPLE

Fuente: Elaboracion propia.

Tabla 25. Sismo en X, Y=12.5

Y = 12,5 m						
NIVEL	H	DEFORMACION X	DERIVA i	DERIVA E	RAZON DERIVA	0.010
0+0,14	14	0.0085	-0.0848	-0.0106	-0.006	SI CUMPLE
0+4m	400	0.0191	0.0992	0.0124	0.000	SI CUMPLE
0+8m	800	0.0067	-0.0056	-0.0007	0.000	SI CUMPLE
0+12m	1200	0.0074	-0.0072	-0.0009	0.000	SI CUMPLE
0+16m	1600	0.0083	-0.0056	-0.0007	0.000	SI CUMPLE
0+18m	1800	0.009	0.072	0.009	0.000	SI CUMPLE

Fuente: Elaboracion propia.

Tabla 26. Sismo en X, Y=16.5

Y = 16,5 m						
NIVEL	H	DEFORMACION X	DERIVA i	DERIVA E	RAZON DERIVA	0.010
0+0,14	14	0.0029	-0.1448	-0.0181	-0.010	SI CUMPLE
0+1m	100	0.021	0.1408	0.0176	0.001	SI CUMPLE
0+4m	400	0.0034	-0.0024	-0.0003	0.000	SI CUMPLE
0+8m	800	0.0037	-0.0016	-0.0002	0.000	SI CUMPLE
0+12m	1200	0.0039	-0.0008	-0.0001	0.000	SI CUMPLE
0+16m	1600	0.004	0.032	0.004	0.000	SI CUMPLE

Fuente: Elaboracion propia.

Tabla 27. Sismo en X, Y=21.5

Y = 21,5 m						
NIVEL	H	DEFORMACION X	DERIVA i	DERIVA E	RAZON DERIVA	0.010
0+0,14	14	0.0014	-0.0032	-0.0004	0.000	SI CUMPLE
0+4m	400	0.0018	-0.0008	-0.0001	0.000	SI CUMPLE
0+8m	800	0.0019	0.0056	0.0007	0.000	SI CUMPLE
0+12m	1200	0.0012	-0.0008	-0.0001	0.000	SI CUMPLE
0+16m	1600	0.0013	0.0104	0.0013	0.000	SI CUMPLE
0+18m	1800	0	0	0	0.000	SI CUMPLE

Fuente: Elaboracion propia.

- Ductilidad global asignada: 1
- Sobre Resistencia: 2

4.2.7.10. Revisión de periodos de oscilación y masas

Tabla 28. Periodos de oscilación y masas.

TABLE: Modal Participating Mass Ratios															
OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	0.214597	0.02279	0.02499	0.00005839	0.02279	0.02499	0.00005839	0.0003836	0.0005553	0.56	0.0003836	0.0005553	0.56
MODAL	Mode	2	0.18445	0.003819	0.0001088	0.000006929	0.02661	0.0251	0.00001277	0.0007479	0.003648	0.001715	0.001131	0.004203	0.56
MODAL	Mode	3	0.18427	0.00238	0.000271	0.000009002	0.02899	0.02537	0.00002177	0.0008784	0.00306	0.001644	0.00201	0.007263	0.56
MODAL	Mode	4	0.179499	0.000006075	0.003325	0.000005011	0.029	0.02869	0.00002678	0.01392	0.000005875	0.0001065	0.01593	0.007269	0.56
MODAL	Mode	5	0.179491	0.00003794	0.00001121	7.714E-08	0.02904	0.0287	0.00002686	0.0001924	0.0002453	0.002745	0.01612	0.007514	0.57
MODAL	Mode	6	0.169615	0.87	0.002972	0.000006036	0.89	0.03168	0.00003289	0.0000476	0.01178	0.00935	0.01617	0.01929	0.58
MODAL	Mode	7	0.16626	0.0002094	0.00007505	7.406E-07	0.9	0.03175	0.00003363	0.00004698	0.00007654	0.00002376	0.01622	0.01937	0.58
MODAL	Mode	8	0.166161	0.0004831	0.00003687	5.031E-07	0.9	0.03179	0.00003414	0.00005017	0.00009901	4.316E-07	0.01627	0.01947	0.58
MODAL	Mode	9	0.147278	0.0008452	0.87	0.0000718	0.9	0.9	0.0001059	0.0172	2.088E-07	0.01663	0.03347	0.01947	0.59
MODAL	Mode	10	0.130479	0.00005042	0.00001388	0.000001724	0.9	0.9	0.0001077	0.00003184	0.0001007	0.00002147	0.0335	0.01957	0.59
MODAL	Mode	11	0.130314	0.00003976	0.00002735	0.000001198	0.9	0.9	0.0001089	0.000008412	0.00006884	0.000001816	0.03351	0.01964	0.59
MODAL	Mode	12	0.124021	0.0005454	0.006649	0.0001174	0.9	0.91	0.0002263	0.02368	0.00002044	0.05497	0.05719	0.01966	0.65
MODAL	Mode	13	0.123858	0.0004196	0.007656	0.0001337	0.9	0.92	0.00036	0.02757	0.000006197	0.04281	0.08476	0.01967	0.69
MODAL	Mode	14	0.123051	0.00002715	0.001333	0.00001322	0.9	0.92	0.0003733	0.003555	0.0000383	0.008385	0.08831	0.0197	0.7
MODAL	Mode	15	0.12302	0.00003076	0.001522	0.00001594	0.9	0.92	0.0003892	0.004261	0.00003931	0.009833	0.09257	0.01974	0.71

Fuente: Elaboracion propia.

Esto lo representa es en cual punto el método dinámico funciona y la estructura no entra en un periodo de resonancia. La masa de la estructura llega al 90% de la masa participativa, entonces quiere decir que hay que buscar cuando la masa llegue al 90% en X y en Y

4.2.7.11. Combinaciones

Se definen todas las combinaciones como lo estipula el CSCR

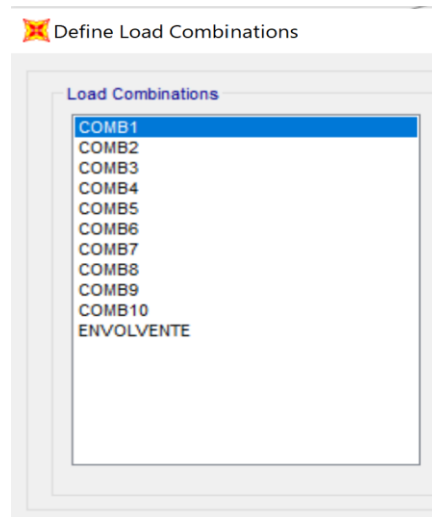


Figura 74. Combinaciones en SAP.

Fuente: SAP.

Luego se asigna un diafragma por cada nivel de tubos horizontales.

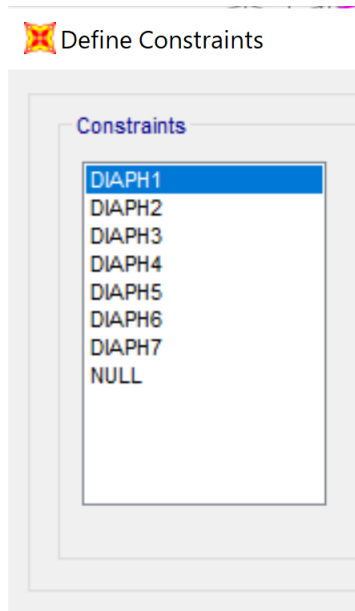


Figura 75. Cantidad de diafragmas.

Fuente: SAP.

Se coloca como semirigido el diafragma.

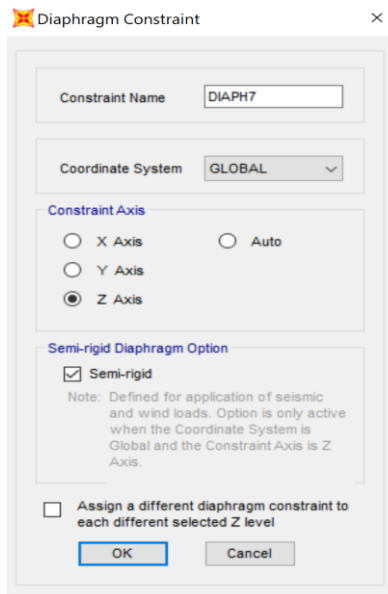


Figura 76. Diafragma semirrígido.

Fuente: SAP.

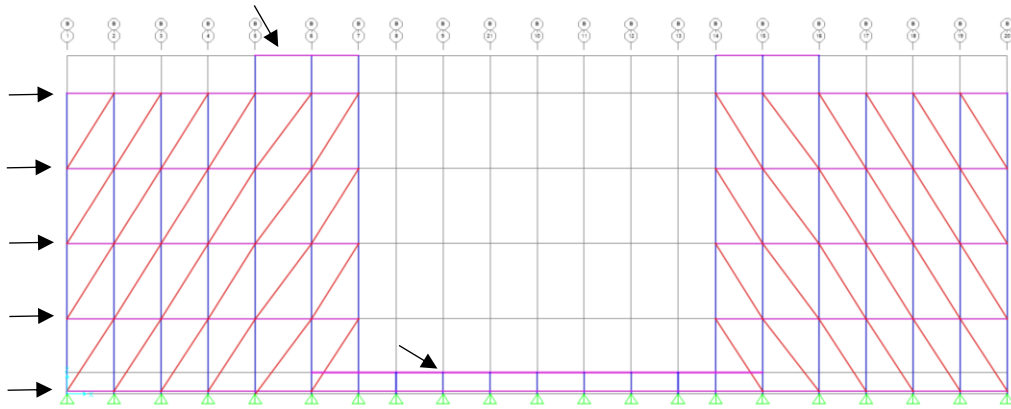


Figura 77. Ubicación de los 7 diafragmas.

Fuente: SAP.

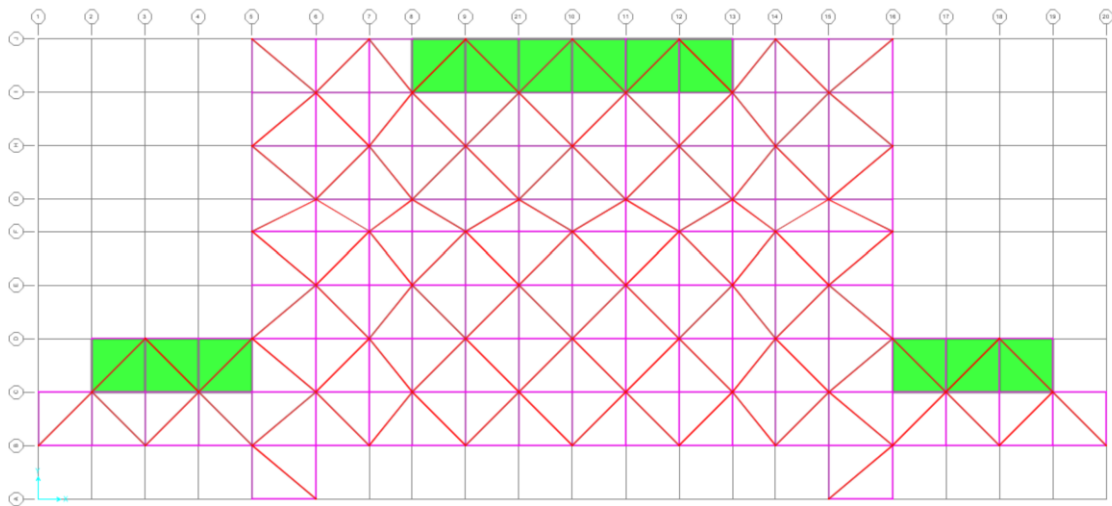


Figura 78. Contrapesos asignados.

Fuente: SAP.

4.2.7.12. Carga permanente

Assign Area Uniform Loads to Frames

General

Load Pattern: CP

Coordinate System: GLOBAL

Load Direction: Gravity

Load Distribution: One Way

Uniform Load

Load: 160 kg/m²

Options

Add to Existing Loads

Replace Existing Loads

Delete Existing Loads

Figura 79. Valor de CP.

Fuente: SAP.

Área del contrapeso: 2.5mx2.5m: 6.25m²

Peso del contrapeso: 1000kg

Carga: 1000/6.25: 160kg/m²

4.2.7.13. Carga temporal

TABLA 6.1. Cargas temporales unitarias mínimas.

Destino del piso	Carga temporal (kg/m ²)
Habitación (casas de habitación, apartamentos, viviendas, dormitorios, cuartos de hotel, edificios para internados en escuelas, cuarteles, cárceles, correccionales, hospitales y similares).	200
Oficinas, despachos, laboratorios, salones de lectura, aulas, salas de juego y similares.	250
Escaleras, rampas, vestíbulos, pasajes de libre acceso al público.	400
Lugares de reunión desprovistos de asientos fijos, estadios, salones de baile, etc.	500
Bibliotecas, salones de archivo.	500
Lugares de reunión con asientos fijos, templos, cines, teatros, gimnasios, etc.	400
Comercios, bodegas y fábricas de mercancía ligera.	500
Comercios, bodegas y fábricas de mercancías con peso intermedio.	650
Comercios, bodegas y fábricas de mercancía pesada.	800
Techos de fibrocemento, láminas de acero galvanizado y otros.	40
Azoteas con pendiente superior a 5 por ciento.	100
Azoteas con pendiente inferior a 5 por ciento.	200
Voladizos en vía pública (marquesinas, balcones y similares).	300
Garajes y aparcamientos (para automóviles exclusivamente).	300

NOTA: Las cargas dadas en esta tabla son mínimas. El diseñador debe considerar las condiciones reales a las que se ve sujeto el piso a efectos de incrementar las cargas.

Figura 80. Valor de CT.

Fuente: CSCR-10

4.2.7.14. Análisis del método dinámico.

Se proyectarán los diagramas de los elementos que más sufrieron en la estructura, verificando así la viabilidad en esfuerzos de los elementos y comparando su capacidad con la del fabricante.

➤ Esfuerzos de elementos.

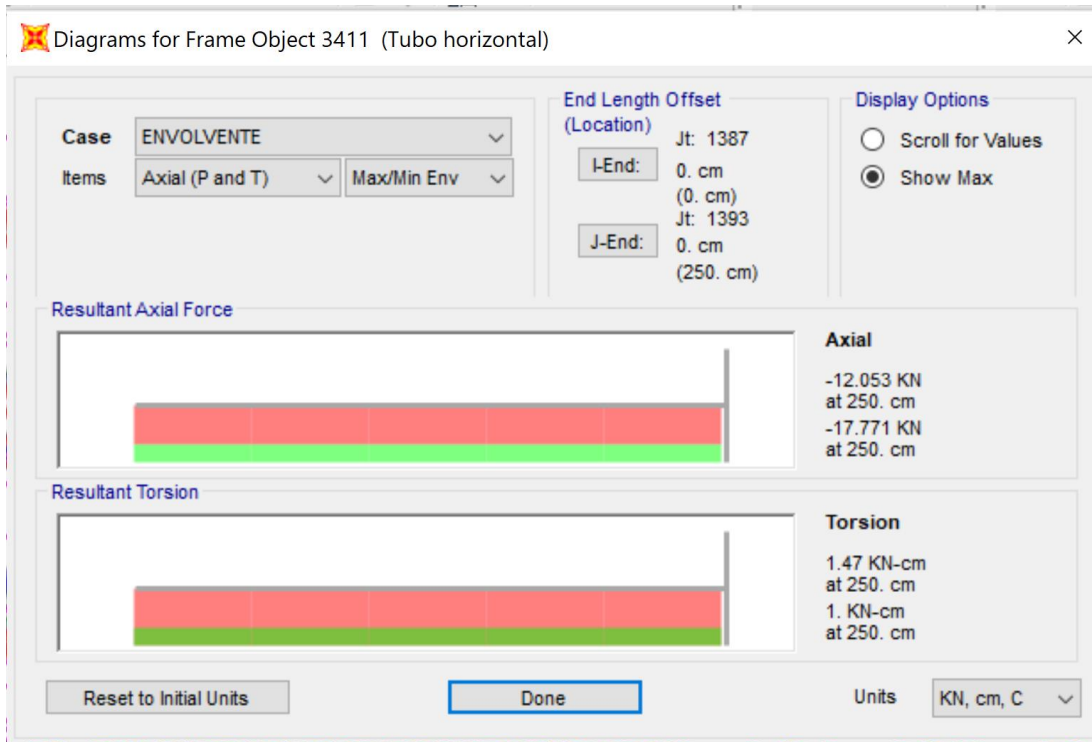


Figura 81. Esfuerzo longitudinalmente axial SAP.

Fuente: SAP.

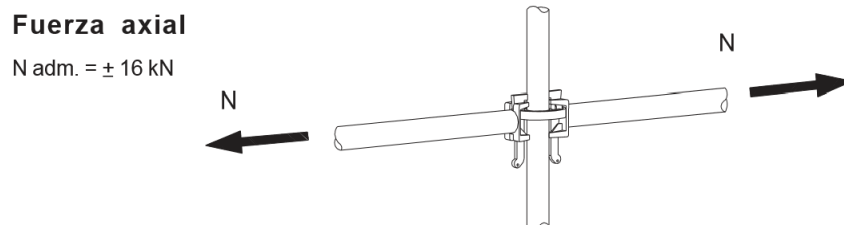


Figura 82. Esfuerzo longitudinalmente axial catálogo.

Fuente: (HUNNEBECK, 2019)

Siendo 16kN el 100% de la capacidad del elemento, se logra demostrar que para el esfuerzo axial de este escenario el elemento se encuentra en un 75.33% de su capacidad total.

Teniendo el modulado en SAP con todos los factores de seguridad del código sísmico la estructura está en capacidad de un 25% más de capacidad por elemento, por lo que se comprueba que el diseño estructural en Costa Rica de escenarios para concierto con andamiaje multidireccional es efectivo, sin embargo está abierto a cambios para poder ser mejorado.

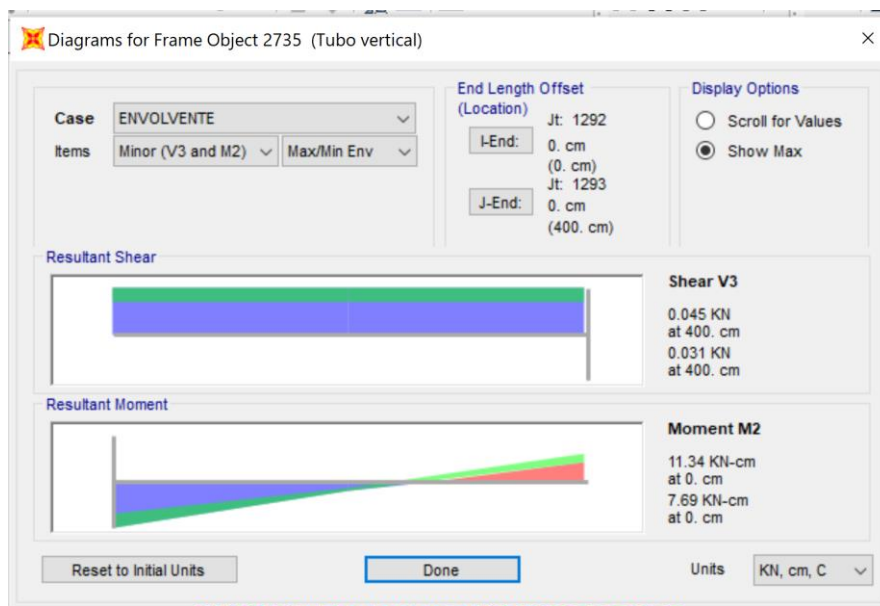


Figura 83. Momento flector SAP.

Fuente: SAP.

Momento flector

$M_{adm.} = \pm 47 \text{ kN cm}$

Rigidez del elemento conector:

$C_{m} \approx 8000 \text{ kN cm/rad}$

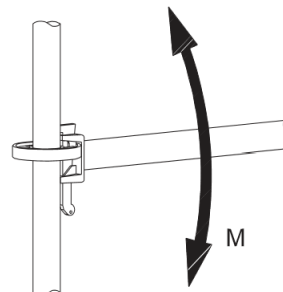


Figura 84, Momento flector catálogo.

Fuente: (HUNNEBECK, 2019)

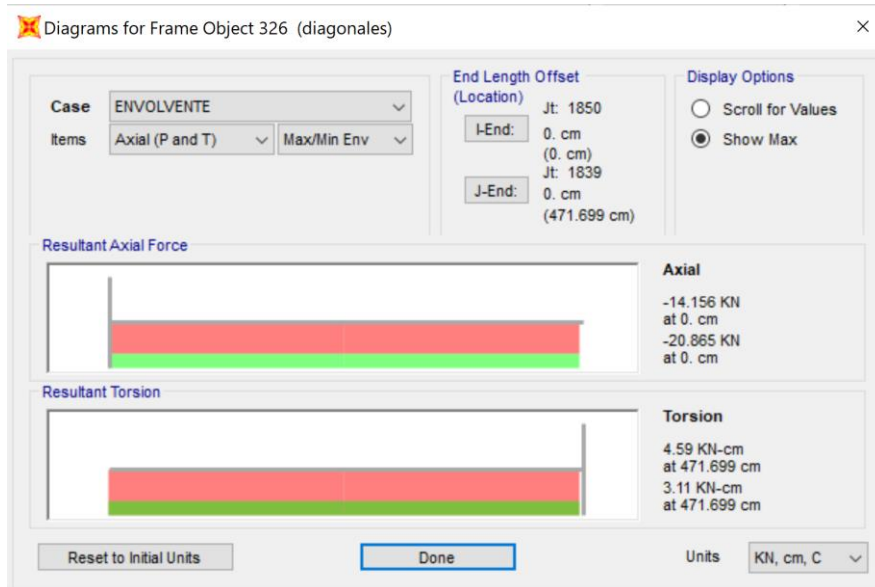


Figura 85. Fuerza diagonal SAP.

Fuente: SAP

Fuerza diagonal

$D_{adm.} = \pm 9 \text{ kN}$
 (para todos los ángulos comprendidos entre 20° y 60°)

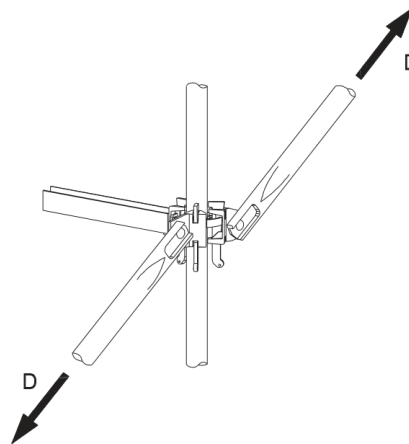


Figura 86. Fuerza diagonal catálogo.

Fuente: (HUNNEBECK, 2019)

- Desplazamientos en la estructura.

X = 0m						
NIVEL	H	DEFORMACION Y	DERIVA I	DERIVA E	RAZON DERIVA	0.010
0+0,14	14	0.0007	-0.0184	-0.0023	-0.001314	SI CUMPLE
0+4m	400	0.003	-0.0296	-0.0037	-0.000074	SI CUMPLE
0+8m	800	0.0067	-0.032	-0.004	-0.000040	SI CUMPLE
0+12m	1200	0.0107	-0.0288	-0.0036	-0.000024	SI CUMPLE
0+16m	1600	0.0143	0.1144	0.0143	0.000072	SI CUMPLE
0+18m	1800	0	0	0	0.000000	SI CUMPLE

Figura 87. Cumplimiento de las derivas.

Fuente: Elaboracion propia.

Verificando el comportamiento de la estructura y comprobando su cumplimiento con los parámetros del CSCR para una estructura miscelánea. Las deformaciones no superan los 10mm.

- Capacidad de la estructura.

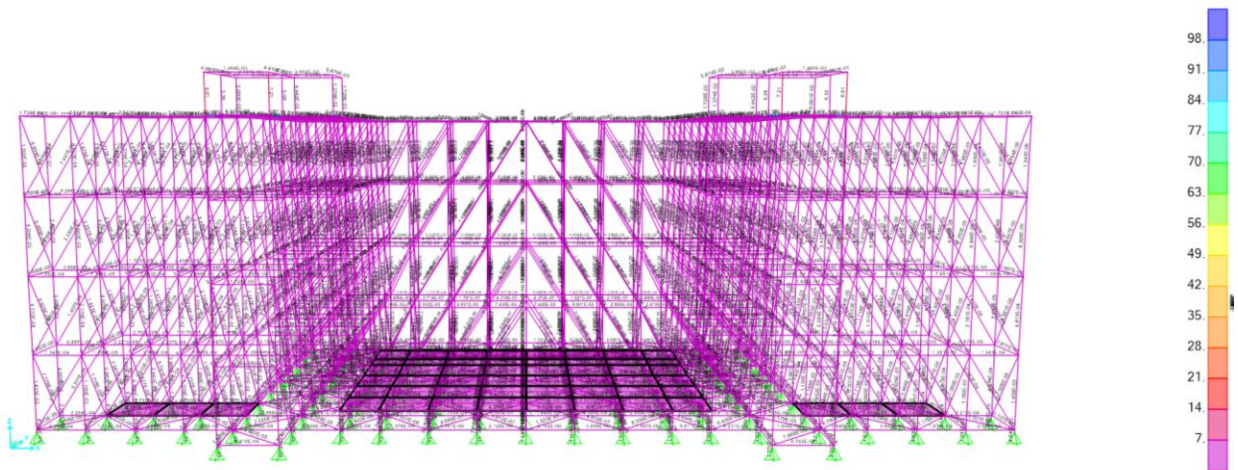


Figura 88. Capacidad de la estructura.

Fuente: SAP

Ningún elemento del escenario está sometido al 100% de su capacidad de acuerdo al modelado y las condiciones específicas de diseño.

4.3. PRÁCTICA 3: Diseño e inspección de estructura temporal conocida como gradería.

1. Introducción

Las graderías son de gran utilidad para todo tipo de eventos tanto interior y exterior, como desfiles, actividades deportivas o espectáculos, estas son de fácil adaptación ya que al ser creadas con andamiaje multidireccional pueden tener flexibilidad en sus dimensiones y configuraciones

Esta estructura se caracteriza por tener una grada hecha en tubo cuadrado de acero, con un sistema de tornillo de media y tuerca de 19mm, tiene una altura de 1.0m con 2.44m de fondo, una huella de 0.61m y contrahuella de 0.25m.

2. Objetivos

- Conocer los aspectos referentes a la inspección que requiere el montaje de una gradería.
- Realizar el diseño estructural de un caso específico de gradería.

3. Equipo

- Vástago de base
- Pieza de arranque
- Calzas
- Tubo Vertical o Poste Vertical
- Tubo Horizontal o Tubo conector
- Tubo Diagonal V
- Tubo Diagonal H
- Vigas de Carga o Viga Puente
- Vigas de Aluminio
- Grada
- Cruceta de grada
- Formaleta Mecánica o Panel
- Protección personal

4. Montaje

4.1. Preparación del equipo

- a) Una vez identificado el evento con sus respectivos diseños y conociendo el lugar, fecha y hora se agenda, reserva y programa el equipo a usar para el montaje con toda la dinámica que se explica a continuación.
- b) Se programa una visita técnica para conocer la futura locación de la gradería y conocer posibles desniveles o condiciones desfavorables.
- c) Teniendo como reglamentación del ministerio de Salud que para una gradería el espacio por persona sentada debe ser de 45cm y conociendo el panel de formaleta que es el área donde se sientan las personas, sabemos que por panel entran 5 personas, se genera la lista de acuerdo a este principio.
- d) Una vez la lista de equipo aprobada se procede a cargar el equipo, conociendo que el tiempo de ensamble es proporcional a las dimensiones de la gradería.



Figura 89. Dimensiones de gradería a construir.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 29. Lista de equipo para gradería..

Equipo	Longitud (cm)	Cantidad	Peso Kg/unidad
Vástago de base	45/3.8	8	3.1
Pieza de arranque	37.5	8	2.0
Calzas	30x30	8	1.0
Tubo Vertical	400	2	20.2
Tubo Vertical	200	2	10.4
Tubo Vertical	150	2	8.0
Tubo Vertical	50	2	3.0
Tubo Horizontal	150	2	6.4
Tubo Horizontal	250	8	10.1
Tubo Diagonal V	100/250	3	11.4
Tubo Diagonal V	200/250	3	13.6
Tubo Diagonal H	250/250	2	13.7
Vigas de Carga	250	4	21.6
Vigas de Aluminio	320	6	19.8
Panel	244x61	10	34.0
Grada	244x62	4	20.0
Cruzetas grada	244x63	4	4.0

Fuente: Elaboración propia.

4.2. Montaje en sitio

- a) Una vez el camión en el sitio del evento se ubica el mismo en una zona cercana donde el montacargas no exceda los 40 metros de distancia entre el camión cargado y la ubicación del escenario, para así tener un trayecto efectivo y cumplir con los tiempos.
- b) Terminada la descarga del equipo se inicia con la etapa del ensamble de la gradería, es de suma importancia conocer el frente y el fondo de la misma como datos de entrada.



Figura 90. Ejes de una gradería.

Fuente: Elaboración propia.

4.3. Especificaciones para el montaje

- a) Primero se colocan los vástagos de base distribuidos de forma tentativa en el suelo.



Figura 91. Distribución de piezas de arranque.

Fuente: Elaboración propia.

- b) Se distribuyen los tubos horizontales en los ejes X y Y a nivel de suelo y las diagonales H para estructurar el cuadro, esto tomando en cuenta factores como el fondo y el frente de la gradería.



Figura 92. Distribución de tubos horizontales y diagonales H.

Fuente: Elaboración propia.

- c) Una vez hecha la cuadrícula se procede a colocar las calzas de madera, las bases ajustables y piezas de arranque en los puntos de conexión de los tubos horizontales.
- d) Luego se procede a colocar los tubos horizontales y las diagonales H en su respectivo disco de unión aproximadamente a 14cm del suelo sin desnivel.



Figura 93. Elevación de tubos al primer nivel.

Fuente: Elaboración propia.

- e) Se procede a nivelar tubos horizontales con la herramienta denominada nivel, de la siguiente forma



Figura 94. Nivelación de elementos.

Fuente: Elaboración propia.

- f) Se colocan tubos verticales en cada pieza de arranque de toda la base del escenario. Para este caso la altura de los mismos va aumentando de la siguiente manera



Figura 95. Alturas de tubos verticales para gradería.

Fuente: Elaboración propia.

- g) El motivo por el que se dé un costado de la gradería se encuentren tubos verticales de 3 y 4 metros es porque representa los barandales de la estructura.
- h) Los cuadros o módulos formados por estructura se numerarán de la siguiente manera



Figura 96. Numeración de bloques en gradería.

Fuente: Elaboración propia.

➤ BLOQUE 1

- i) En el bloque 1 se encuentran tubos verticales de 2 metros debido a que las graderías deben cumplir con un pasillo de entrada y baranda de protección en su frente, el color amarillo de la siguiente figura representa la ubicación del pasillo de paso.
- j) Se colocan tubos horizontales cada 50cm del tubo vertical inicial del módulo 1 para de esta forma cumplir con la baranda frontal.



Figura 97. Pasillo y baranda frontal.

Fuente: Elaboración propia.

➤ BLOQUE 2

- k) El sentido para la colocación de las vigas de carga es en Y, esta se colocará a 50cm.



Figura 98. Colocación de Y de viga de carga bloque 2.

Fuente: Elaboración propia.

- l) En el sentido X van colocadas los tubos horizontales a 50cm de altura.
m) Se colocan tubos horizontales en el sentido Y desde 1.0m de altura hasta alcanzar el 1.5m, esto para mantener la estructura rígida al irse elevando la altura.

➤ BLOQUE 3

- n) Para el bloque 3 se colocan a 1.5m la viga de carga en el sentido Y.



Figura 99. Colocación de Y de viga de carga bloque 3.

Fuente: Elaboración propia.

- o) Los tubos horizontales van colocados en el sentido X, a 1.5m para el tramo vecino con el bloque 2 y a 2.0m para el tramo final.

4.4. Colocación de diagonales

4.4.1. BLOQUE 2

Se colocan las diagonales V en el sentido Y desde la pieza de arranque hasta 1.0m del tubo vertical respectivo, esto para ambos lados.



Figura 100. Colocación de Y de diagonales V en bloque 2.

Fuente: Elaboración propia.

4.4.2. BLOQUE 3

- a) Se colocan los diagonales V en el sentido Y desde la pieza de arranque hasta alcanzar los 2.0m en el tubo vertical final.



Figura 101. Colocación de Y de diagonales V en bloque 3.

Figura 31. Colocación de Y de diagonales V en bloque 3.

Fuente: Elaboración propia.

- b) Los diagonales V en el sentido X van de la siguiente manera, el sentido X vecino con el bloque 2 inicia con un diagonal desde los 50cm hasta alcanzar 1.5m del tubo vertical, el diagonal para el tramo final se coloca desde la pieza de arranque hasta una altura de 2 metros



Figura 102. Colocación de diagonales V en el eje X para bloque 3.

- **Fuente:** Elaboración propia.

- a) Como aspecto importante tenemos que las diagonales V en el sentido Y van colocadas en el mismo sentido y de menos a más y para las diagonales V en el sentido X se tiene que se van intercalando de sentido.
- b) Luego de ese paso se proceden a martillar todas las uniones de la estructura.

4.5. Vigas de Aluminio

Se colocan las vigas de aluminio en el sentido X de la gradería y se posicional 2 por bloque de la siguiente manera, una al inicio y otra al final.



Figura 103. Ubicación de vigas de aluminio en gradería, vista de perfil.

- **Fuente:** Elaboración propia.

Para el bloque 2 se colocará la viga de aluminio vecina del bloque 3 en un espacio de la unión entre tubo vertical, viga de carga y diagonal V. Lo mismo para el bloque 3, pero este espacio se va a encontrar en el fondo de la gradería.



Figura 104. Ubicación de vigas de aluminio en gradería, vista de perfil.

- **Fuente:** Elaboración propia.

4.6. Gradas

- a) Esta pieza es de suma importancia para las graderías, ya que por su largo la podemos ubicar en un cuadro de estructura de andamiaje multidireccional y de esta forma cumplir con la función principal que es tener una visibilidad de parte de todos los que la habiten.



Figura 105. Grada especial para graderías con andamiaje multidireccional.

Fuente: Elaboración propia.

- b) Para el bloque 2 esta pieza será ubicada en el eje Y en los costados de la misma y va colocada sobre las vigas de aluminio, lo mismo para el bloque 3 solo que a diferente altura.



Figura 106. Ubicación de grada.

Fuente: Elaboración propia.

- c) Esta pieza lleva un arrioste vertical y horizontal que se coloca en los tornillos con tuerca. Esta diagonal ayuda para que ambas gradas colocadas en un mismo bloque no sufran una falla como lo podría ser una volcadura.



Figura 107. Diagonal vertical de grada.

Fuente: Elaboración propia.

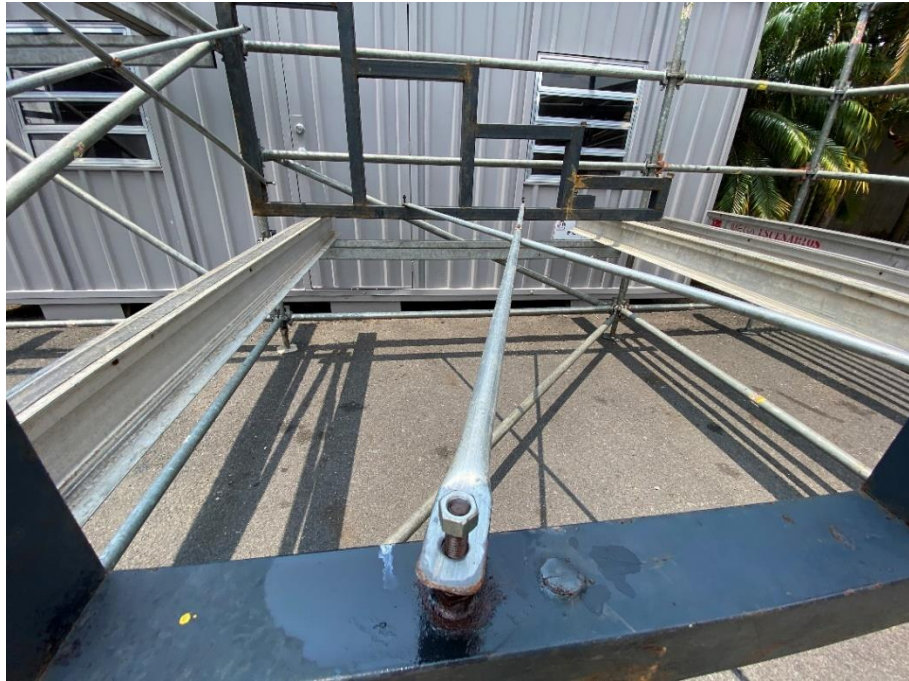


Figura 108. Diagonal con tornillo.

Fuente: Elaboración propia.

- d) Se socan los tornillos de estas diagonales para evitar que la estructura corra riegos o que personas puedan acceder quitar estas piezas con las manos.

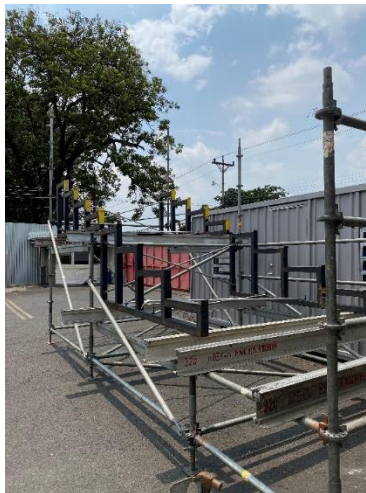


Figura 109. Resultado de grada colocada en bloque 2 y 3.

Fuente: Elaboración propia.

4.7. Paneles

a) Para el bloque 1 se colocarán 2 paneles continuos y encuñados en esta zona para terminar el pasillo.

b) Para el bloque 2 se coloca un panel por cada escalón de la grada descrita anteriormente.

c) Para el bloque 3 se practica lo mismo que en el bloque 2.



Figura 110. Grada con guía para panel de gradería.

Fuente: Elaboración propia.

Una vez colocados todos los paneles de la estructura se ha finalizado con la misma.

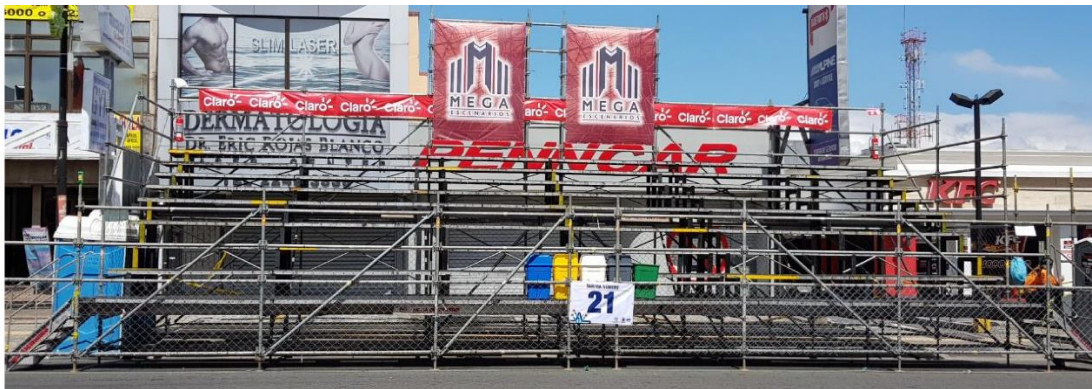


Figura 111. Gradería para 250 personas.

Fuente: Elaboración propia.

4.4. PRÁCTICA 4: Inspección de estructuras temporales de andamiaje multidireccional.

1. Introducción

- La inspección para estas construcciones es de suma importancia ya que un error como en cualquier otra estructura puede provocar una falla y eso es lo que queremos evitar a toda costa, los errores no son aceptables porque se juegan con la vida de las personas.

En la inspección todas las estructuras tanto como escenario para concierto, tarima para cámaras, caja negra o gradería, a todas se les da la misma importancia.

Factores como el tiempo de entrega, conocimiento de los elementos con los que se trabaja y su respectiva ubicación no pueden desconocerse para esta tarea, es una constante toma de decisiones, pero con criterio profesional gracias a la experiencia.

2. Equipo

- Martillo
- Llave
- Nivel
- Cinta métrica

3. Procedimiento

Se deben respetar 3 factores de suma importancia para la inspección de estructuras temporales con andamios multidireccionales.

➤ Tiempo:

A nivel ingenieril los tiempos son importantes para saber el proyecto si está siendo atrasado y como solucionarlo. Que se lleve un control estricto de los tiempos de montaje para que se cumpla el objetivo en los tiempos estipulados es fundamental ya que de esta estructura depende toda una organización por detrás que están a la espera de uno y de que se finiquite la estructura lo más pronto posible.

➤ Elementos:

Se inspecciona que todos los elementos estén colocados conforme a los catálogos y a sus capacidades de carga, las cargas distribuidas conforme a los requerimientos técnicos y que se hayan incluido las piezas correctas y necesarias. Si en la inspección visualmente se ve algo torcido se necesita de herramienta para corroborarlo, ya que facilita seguir el plano diseñado con lo puesto en sitio, si esto no cumple una vez construido en sitio, se procede a desmontar y volver a montarlo con las medidas respectivas.

Corroborar que todo este nivelado y que no se encuentren piezas sueltas, cuando se pasa por la estructura en media inspección y se encuentra un tubo suelto se procede a dar la orden de volver a martillar toda la estructura.

➤ Arriostres y contra pesos:

Tener criterio para solucionar las inclemencias del tiempo y que el diseño de la estructura este construido para el peor escenario posible. Siempre se tiene que cumplir con una estructura bien armada, tener tensoras para garantizar que la estructura no va a fallar.

➤ Detalles importantes

- Respetar las capacidades tanto de carga como de desalojo.
- Verificar que no haya materiales inflamables.
- Verificar que la estructura terminada no exceda los desplazamientos estipulados,
- Comprobar que el procedimiento de los operarios sea repetitivo: Poner, nivelar, colocar, martillar.

CAPÍTULO V

5. Conclusiones y Recomendaciones

5.1. Conclusiones.

A pesar de Costa Rica sea un país de tercer mundo ha sido ejemplar en lo que respecta al diseño de escenarios para estructuras temporales, siendo un país pionero en esta área del cual el resto de países de Centro América han llegado a tomar nota del diseño. Costa Rica tiene un estándar muy alto en construcción de escenarios es por eso que al país han venido grandes artistas a nivel mundial y estamos al nivel de evento del primer mundo, esto es porque en el país y su gobierno ha exigido y ha impulsado hacer las cosas profesionalmente y con altos estándares.

Esta tesis va enfocada a que se realicen los pasos anteriormente explicados para que la estructura nunca vaya a tener un resultado que no sea el deseado, ya que después de su modulado en un software se demostró que la estructura se comporta bien, soporta la carga a la que está sometida, usando los factores que el código sísmico exige a nivel país y dando cabida a que se pueda colgar más peso a la estructura.

El andamiaje modular tiene muchos años de existir y ha sido probado a nivel mundial en conciertos, se han visto estructuras muy grandes y pesadas y también se ha visto estructuras colapsar por un mal diseño, el análisis estructural que se hizo es precisamente no llegar al punto de falla, sino que se diseña un escenario para que soporte las capacidades tanto de carga como climáticas del país.

Inspeccionar de manera profesional la obra ayuda antes de iniciada en tiempos debido a que con un plano estudiado se maneja el mejor el espacio a trabajar y es más fácil seguir las dimensiones, durante su construcción porque con un panorama abierto hasta evitar caídas de operaciones y después de terminada porque corrigiendo un error se llegan a salvar vidas, evitar fallas en la estructural. El desempeño del inspector durante la obra genera confianza en sus habitantes.

5.2. Recomendaciones.

Se recomienda en cuanto a la estructura que, si al techo del escenario para conciertos le aumentan los pesos, ya que el mismo está diseñado para una capacidad de hasta 500kg.m², aumentar su resistencia disminuyendo las distancias entre conexiones, ya que tenemos un sistema que cuenta con uniones cada 50cm, pero se traduce en que se requeriría más del doble del equipo.

Se ven según catálogos, recomendaciones de ingeniería y estudios hechos que definitivamente el andamiaje multidireccional tiene la capacidad y los estándares para poder hacer actividades masivas y de este tipo. Es probado y aprobado que el sistema funciona, se puede someter a muchas cargas y a muchas condiciones adversas en cuanto a clima y que es realmente confiable, por eso a nivel mundial hay tantos sistemas que vienen siendo similares a este.

Bibliografía

- Colegio Federados de Ingenieros y Arquitectos de Costa Rica. (2016). *Guía de Normativa y Consideraciones Aplicables a la Construcción*. Obtenido de <https://cfia.or.cr/descargas/2016/guiaNormativa2016.pdf>
- Crane and Mahinery. (2019). *Crane machine*. Obtenido de Tipos de andamios: https://www.gruasyaparejos.com/maquinaria/tipos-de-andamio/#andamios_tubulares
- Diseño Estructural - Disposiciones generales y combinaciones de cargas. (2010). Chile. Obtenido de https://www.u-cursos.cl/usuario/3ad9e52ee57c6df8595d35790bad7c32/mi_blog/r/NCh3171_2010_Disposiciones_de_Dise_o_y_Combinaciones_de_carga.pdf
- HUNNEBECK. (2019). *MODEX*. Obtenido de ANDAMIO MODEX - EL ANDAMIO SISTEMÁTICO ORIGINAL Y GENUINO: https://www.aluma.cl/products/andamiaje/andamiaje_modular/modex
- Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo. (2018). *Reglamento de Construcciones*. San Jose, Costa Rica. Obtenido de <http://www.invu.go.cr>
- Lahyer. (2019). *Sistema Lahyer*. Obtenido de <https://www.layher.es/wp-content/uploads/2016/05/Sistema-de-andamio-multidireccional-Layher-Allround.pdf>
- Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales España. (2004). *NTP 669: Andamios de trabajo prefabricados*. España.
- Munters. (15 de octubre de 2019). *Munters*. Obtenido de Estructuras temporales: <https://www.munters.com/es/industrias/temporary-structures/>
- OSALAN. (abril 2015). *Estructuras Temporales para Espectáculos*. Obtenido de <http://www.osalan.euskadi.eus>
- salud, M. d. (2020). *Ministerio de Salud Costa Rica*. Obtenido de <https://www.ministeriodesalud.go.cr/index.php/biblioteca-de->

archivos/tramites/autorizaciones-y-certificaciones/concentraciones-masivas/721-requisitos-para-solicitar-recomendacion-para-eventos-masivos/file

Sociedad Mexicana de Ingenieria Estructural, A.C. (2017). *Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal*. Ciudad de Mexico, Mexico. Obtenido de <http://www.smie.org.mx/layout/reglamentos-construccion/ciudad-de-mexico-reglamento-construcciones-2016-compilado.pdf>

Symons. (2019). *Symons, sistema SYM-PLY*. Obtenido de http://symonsforms.com/docs/default-source/application-guides/s_sym-ply_ag.pdf?sfvrsn=a5eedd60_21