



FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y GERENCIA DE
CONSTRUCCIONES**

**Diseño estructural y modelación sísmica en acero de la cubierta del
coliseo de la Universidad del Azuay**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN PREVIO LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL CON MENCIÓN EN GERENCIA DE
CONSTRUCCIONES**

AUTOR

DANIEL JOEL ONCE SARMIENTO

JOSÉ FERNANDO VÁZQUEZ CALERO

DIRECTOR

CUENCA, ECUADOR

2014

DEDICATORIA

En primer lugar a Dios por estar siempre a mi lado, dándome fuerza y valor para superar cada obstáculo en mi vida. A mis padres con todo mi cariño y mi amor, que hicieron todo en la vida para que yo pudiera lograr mis sueños, por motivarme y darme la mano cuando sentía que el camino se terminaba, a ustedes por siempre mi corazón y mi agradecimiento. A mis hermanos por ayudarme y ser un gran apoyo emocional, durante todo el tiempo que escribía esta tesis.

A mis profesores quienes nunca desistieron al enseñarme y depositaron su esperanza en mí, a mis amigos que sin su ayuda y apoyo nunca hubiera podido hacer esta tesis. Para todos ellos es esta dedicatoria, pues es a ellos a quienes se las debo, por su apoyo, esfuerzo y ayuda incondicional.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres que me acompañaron y me apoyaron en este camino de forma incondicional, que entendieron mis ausencias y mis malos momentos. A ellos que a pesar de la distancia siempre estuvieron atentos para saber cómo me iba en este proceso. A ustedes que desde el principio hasta el día de hoy siguen dándome ánimo para terminar este proceso.

Además me gustaría expresar mi más profundo y sincero agradecimiento a todas las personas que con su ayuda y dedicación han colaborado en la elaboración del presente trabajo de graduación, en especial al Ing. Msc. José Fernando Vázquez Calero, director del presente proyecto de investigación, por la orientación, seguimiento, supervisión y correcciones realizadas para que este trabajo salga adelante, pero sobre todo por el apoyo y la motivación recibida durante mi carrera universitaria.

Gracias también a mis compañeros y amigos, que me apoyaron y me permitieron entrar en su vida durante estos casi cinco años de convivir dentro y fuera de las aulas de clase.

Gracias a todos.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS, TABLAS Y ANEXOS	viii
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1: LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACIÓN BASE	3
1.1 Ubicación.....	3
1.2 Descripción y uso de la edificación.....	4
1.3 Levantamiento de la edificación existente.....	4
1.3.1 Metodología.....	5
1.3.2 Equipos y herramientas.....	5
1.3.3 Procedimiento.....	6
1.3.4 Resultados.....	8
1.4 Trazado de ejes.....	9
CAPÍTULO 2: PROYECTO ARQUITECTÓNICO	10
2.1 Consideraciones generales.....	10
2.2 Tipología de la estructura.....	10
2.3 Configuración arquitectónica.....	13
2.4 Simetría.....	15

2.5 Rigidez.....	17
2.6 Cobertura	19
2.6.1 Anclajes	21
2.7 Planos arquitectónicos	22
CAPÍTULO 3: PREDISEÑO	23
3.1 Consideraciones generales.....	23
3.2 Sistemas reticulares planos.....	24
3.3 Tipos de sistemas reticulares planos.....	25
3.3.1 Jácenas	25
3.3.2 Armadura de cubierta	25
3.4 Determinación del tipo de estructura.....	28
3.5 Prediseño	29
3.5.1 Prediseño de arcos	29
CAPÍTULO 4: MODELACIÓN Y AGRUPACIÓN DE CARGAS	32
4.1 Consideraciones generales.....	32
4.2 Tipos de cargas	33
4.2.1 Cargas muertas o permanentes	34
4.2.2 Carga viva.....	36
4.2.3 Cargas especiales	37
4.3 Análisis de cargas	40
4.3.1 Cargas muertas o permanentes	40
4.3.2 Cargas vivas.....	44
4.3.3 Cargas especiales	45

4.4 Espectro de diseño	59
4.5 Combinaciones de carga	60
CAPÍTULO 5: MODELACIÓN DE LA ESTRUCTURA	62
5.1 Consideraciones generales.....	62
5.2 Modelación computacional en Cype 3D	64
5.3 Generación del modelo estructural	65
5.3.1 Espectro de cálculo	68
5.3.1 Curvatura de arcos	69
5.4 Asignación de secciones de perfiles	73
5.5 Apoyos de la cubierta	75
5.6 Modelación de la cubierta metálica	75
5.7 Modelación computacional en Cypecad.....	76
5.7.1 Carga de viento	76
CAPÍTULO 6: DISEÑO	78
6.1 Consideraciones generales.....	78
6.1.1 Efectos de segundo orden (P Δ).....	79
6.1.2 Pandeo.....	80
6.1.3 Flechas	80
6.1.4 Comprobaciones realizadas por el programa.....	81
6.1.5 Dimensionamiento de tensores	82
6.2 Datos generales del sismo	83
6.3 Espectro de cálculo	84
6.4 Parámetros necesarios para la definición del espectro	85

6.5 Corrección por cortante basal	89
6.5.1 Cortante basal dinámico CQC	89
6.5.2 Cortante basal estático	89
6.6 Carga de viento	90
6.7 Resumen de cuantificaciones	90
6.8 Diseño de arcos	91
6.9 Diseño de celosías	92
6.9 Diseño de correas	93
6.10 Planos estructurales	95
CAPÍTULO 7: PRESUPUESTO REFERENCIAL Y ESPECIFICACIONES	
TÉCNICAS	96
7.1 Presupuesto referencial	96
7.2 Precios unitarios	97
7.3 Especificaciones técnicas	103
TECNOLOGÍA DEL MONTAJE DE LA CUBIERTA METÁLICA	111
Aspectos generales	111
Trasporte, manipulación y almacenamiento	111
Equipos de izaje	112
Izaje	112
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	119
BIBLIOGRAFÍA	122

ÍNDICE DE FIGURAS, TABLAS Y ANEXOS

FIGURAS

Figura 1.1 Plano de ubicación del coliseo.....	3
Figura 1.2 Columnas	8
Figura 1.3 Detalle de columna de hormigón	9
Figura 2.1 Tipología de la cubierta	12
Figura 2.2 Ejes del proyecto.....	14
Figura 2.3 Simetría en planta	16
Figura 2.4 Simetría en elevación.....	16
Figura 2.5 Dimensiones galvalume DIPANEL DP5.....	19
Figura 2.6 Parámetros geométricos de un techo curvo	20
Figura 2.7 Caballete para evitar abollar de la plancha DIPANEL DP5.....	22
Figura 3.1 Viga Warren.....	25
Figura 3.2 Armadura inglesa.....	26
Figura 3.3 Tipos de armadura de cubierta.....	27
Figura 3.4 Arco biarticulado	28
Figura 3.5 Dimensiones generales de un arco.....	30
Figura 4.1 Carga en los nudos.....	33
Figura 4.2 Carga en los vanos	33
Figura 4.3 Tipología de arco a diseñar	35
Figura 4.4 Tipología de correa a diseñar.....	35
Figura 4.5 Tipología de tensor a diseñar	36
Figura 4.6 Acumulación peligrosa de granizo	37
Figura 4.7 Efectos del viento en edificaciones cerradas	39
Figura 4.8 Efectos del viento en edificaciones abiertas	39
Figura 4.9 Acciones del viento sobre cubiertas	40
Figura 4.10 Parámetros de un arco.....	16
Figura 4.11 Ecuador, zonas sísmicas para propósitos de diseño y valores de zona Z.	53
Figura 5.2 Ejemplos de tipos de gráficos modelados en CYPE 3D.....	65
Figura 5.3 Ingreso de normas a utilizarse para la modelación, calculo y diseño estructural	66

Figura 5.4 Ingreso de parámetros para un diseño sismo resistente	68
Figura 5.5 Espectro de cálculo	69
Figura 5.6 Gráfico de la ecuación general del arco.....	71
Figura 5.7 Gráfico de cordones del arco	73
Figura 5.8 Dimensiones de la sección de los perfiles de cordones	73
Figura 5.9 Dimensiones de la sección de los perfiles de entramado.....	74
Figura 5.10 Modelo de arco en CYPE 3D	74
Figura 5.11 Apoyos de la cubierta metálica.....	75
Figura 5.12 Modelo de cubierta metálica en CYPE 3D.....	76
Figura 5.13 Estructura de cubierta y columnas de hormigón.....	77
Figura 6.1 Figura de flechas.....	81
Figura 6.2 Ubicación de tensores	83
Figura 6.3 Espectro de cálculo	85
Figura 6.4 Espectro de diseño según x , y según y	68
Figura 6.5 Periodos modales	88
Figura 6.6 Centro de masas y centro de rigidez	89
Figura 6.7 Arco tipo diseñado	91
Figura 6.8 Sección de cordones	92
Figura 6.9 Sección de entramado	92
Figura 6.10 Ubicación del miembro estructural.....	93
Figura 6.11 Sección de celosías	93
Figura 6.12 Ubicación del miembro estructural diseñado	94
Figura 6.13 Correa	94
Figura 6.14 Sección de correas	95
Figura 7.1 Ubicación en la fabricación del arco 1	113
Figura 7.2 Izaje arco 1.....	114
Figura 7.3 Aseguramiento arco 1	115
Figura 7.4 División del arco 2.....	115
Figura 7.5 Izaje parte 1 arco 2.....	116
Figura 7.6 Aseguramiento parte 1 arco 2	117
Figura 7.7 Izaje de celosía.....	117
Figura 7.8 Izaje de correa.....	118

TABLAS

Tabla 2.1 Información técnica de la plancha DIPANEL DP5	20
Tabla 4.1 Peso de correas.....	42
Tabla 4.2 Pesos de cubiertas	43
Tabla 4.3 Coeficiente de corrección, σ	45
Tabla 4.4 Coeficiente de exposición, C_e	47
Tabla 4.5 Coeficiente de forma, C_f	48
Tabla 4.6 Clasificación de los perfiles de suelo.....	49
Tabla 4.7 Tipo de uso, destino e importancia de la estructura.....	50
Tabla 4.8 Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada.....	53
Tabla 4.9 Tipo de suelo y factores de sitio F_a	54
Tabla 4.10 Tipo de suelo y factor del comportamiento inelástico del subsuelo F_s ...	55
Tabla 4.11 Tipo de suelo y factores de sitio F_d	56
Tabla 4.12 Coeficiente de reducción de respuesta estructural R	58
Tabla 4.13 Coeficiente de irregularidad en planta	58
Tabla 4.14 Coeficiente de irregularidad en elevación.....	59
Tabla 4.15 Espectro sísmico de diseño	60
Tabla 5.1 Resumen de parámetros para un diseño sismo resistente de acuerdo a la NEC-11	67
Tabla 5.2 Coordenadas de los cordones del arco	72
Tabla 6.1 Porcentaje de momentos en los modos utilizados.....	87
Tabla 6.2 Periodos de modos desplazados más del 30% de la masa	88
Tabla 6.3 Cortante basal dinámico.....	89
Tabla 6.4 Cortante basal estático	90
Tabla 6.5 Carga de viento	90
Tabla 6.6 Resumen de cuantificaciones	90
Tabla 7.1 Presupuesto	96
Tabla 7.2 Placas metálicas con pernos de anclaje.....	97
Tabla 7.3 Acero estructural	98
Tabla 7.4 Cubierta con planchas de galvalume.....	99
Tabla 7.5 Canal de agua lluvia.....	100

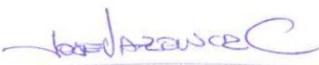
Tabla 7.6 Bajantes de agua lluvia	101
Tabla 7.7 Frisos.....	102

**DISEÑO ESTRUCTURAL Y MODELACIÓN SÍSMICA EN ACERO DE LA
CUBIERTA DEL COLISEO DE LA UNIVERSIDAD DEL AZUAY**

RESUMEN

El trabajo de investigación plantea el diseño estructural dinámico de la cubierta del coliseo, el mismo que se encuentra ubicado en el campus de la Universidad del Azuay, junto a la facultad de Ciencia y Tecnología. Se empezó con el levantamiento de la información, base necesaria para determinar las condiciones reales en las cuales se encuentra la estructura, posteriormente se realizó del proyecto arquitectónico, de la misma manera la modelación y agrupación de cargas, el pre diseño de miembros estructurales, modelación matemática y diseño definitivo de la estructura de la cubierta del coliseo. Además se ha realizado el presupuesto referencial y cronograma valorado de trabajos de la obra, motivo de la investigación.

PALABRAS CLAVE: Diseño, estructural, modelación, sísmica, acero, cubierta, coliseo.



Ing. José Fernando Vázquez Calero. Msc.

Director de Tesis



Ing. Paul Cornelio Cordero Díaz.

Director de Escuela



Daniel Joel Once Sarmiento

Tesista

**STRUCTURAL STEEL DESIGN AND SEISMIC MODELING OF THE
COLISEUM ROOFING AT UNIVERSIDAD DEL AZUAY**

ABSTRACT

The research proposes the dynamic structural design of the Coliseum roof, construction located in the campus of *Universidad del Azuay*, next to the Science and Technology Faculty. We began with the process to gather the necessary information so as to determine the actual conditions of the structure. Next, the architectural project, the modeling and grouping of loads, the pre-design of structural members, mathematical modeling, and the final design of the roof structure of the Coliseum were performed. Additionally, the reference budget and a construction schedule of values, as well as the purpose of the research were performed.

KEYWORDS: Design, Structural, Modeling, Seismic, Steel, Roof, Coliseum.



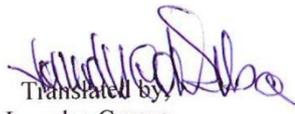
Ing. José Fernando Vázquez Calero. Msc.
Thesis Director



Ing. Paul Cornelio Cordero Díaz.
School Director



Daniel Joel Once Sarmiento
Author



Translated by
Lic. Lourdes Crespo

Once Sarmiento Daniel Joel

Trabajo de Graduación

Ing. Vázquez Calero José Fernando Msc.

Noviembre 2014.

“DISEÑO ESTRUCTURAL Y MODELACIÓN SÍSMICA EN ACERO DE LA CUBIERTA DEL COLISEO DE LA UNIVERSIDAD DEL AZUAY”

INTRODUCCIÓN

El hombre busca formas de distraerse de sus preocupaciones diarias, una manera es en concentraciones multitudinarias, de actividades deportivas, culturales, etc.

Estos eventos eran realizados en estructuras construidas de hormigón y piedra las cuales no contaban con una cubierta que protegiera a los espectadores de la exposición del ambiente, se pensó por muchos años que el hormigón, piedra, tenía una vida útil extensa o ilimitada, y que su durabilidad obedecía únicamente a sus propiedades mecánicas, por lo que los proyectistas ignoraban las condiciones agresivas del medio en la cual se construirán las estructuras.

Hoy en día, diferentes investigadores han demostrado que, la durabilidad de las estructuras dependen, no solo de sus características mecánicas sino también del medio ambiente en el que van estar inmersas (Castro, Castillo, Carpio, 1998). Un estudio presentado por el grupo DURACON, a través del proyecto realizado con el mismo nombre, que es auspiciado por el Programa de Ciencia y Tecnología para el desarrollo (CYTED), sobre la exposición del concreto hidráulico a un medio ambiente catalogado como urbano, en un tiempo de cuatro meses, demuestra un riesgo de corrosión a presencia de fisuramiento del 10% en el acero de refuerzo de los miembros estructurales (DURACON, 2007).

Se puede ver la importancia de que las estructuras de hormigón estén protegidas de la intemperie, sobre todo cuando se tiene un ambiente agresivo con presencia de lluvias

acidas o cambios bruscos de temperaturas significativos, los cuales deterioran la estructura con el pasar de los días. En una edificación que tiene una aglomeración representativa de personas, se debe tener sumo cuidado al momento de tomar la decisión de protegerla de la intemperie, debido que estas estructuras, como es el caso del coliseo, soportan altas cargas de forma imprevista.

Si el diseñador ha considerado proteger a la estructura de cubierta de la exposición medio ambiente, esta debe ser ligera y resistente, al encontrarse a gran altura y por ende los miembros estructurales necesitan salvar grandes luces, este problema puede ser solucionado por diferentes materiales tales como: hormigón, acero, madera, etc. Pero en la actualidad la mayoría de cubiertas para coliseos son realizadas en acero estructural, este material cuenta con la posibilidad de tener elementos estructurales con peraltes pequeños, y permiten salvar luces significativas, además al ser un material liviano y resistente tanto a la tracción como a la compresión, ayuda a generar estructuras ligeras resistentes a los embates de la naturaleza tales como viento y movimientos sísmicos.

Las cubiertas realizadas en acero estructural poseen ventajas realmente relevantes en comparación con otros materiales, tales como hormigón prefabricado, dado que son estables, de poco peso y además los costos en su ejecución suelen ser manejables. El acero estructural como lo define el AISC, se refiere a los elementos de acero de marco estructural que soportan las cargas de diseño. En las que se incluyen vigas de acero, columnas, vigas-columnas, tirantes de suspensión y empalmes (Rokach, 1992).

El acero se utiliza en la construcción de viviendas, puentes de grandes luces, en edificios altos, cubiertas metálicas, etc.; este material presenta ventajas a la hora de escoger el tipo de tecnología a desarrollar en un proyecto, el acero no se deteriora significativamente en el tiempo, debido a que se acerca más en su comportamiento a las hipótesis de diseño que la mayoría de los materiales (McCormac, 2002), convirtiéndolo en un material sumamente utilizado en el mundo.

CAPÍTULO 1

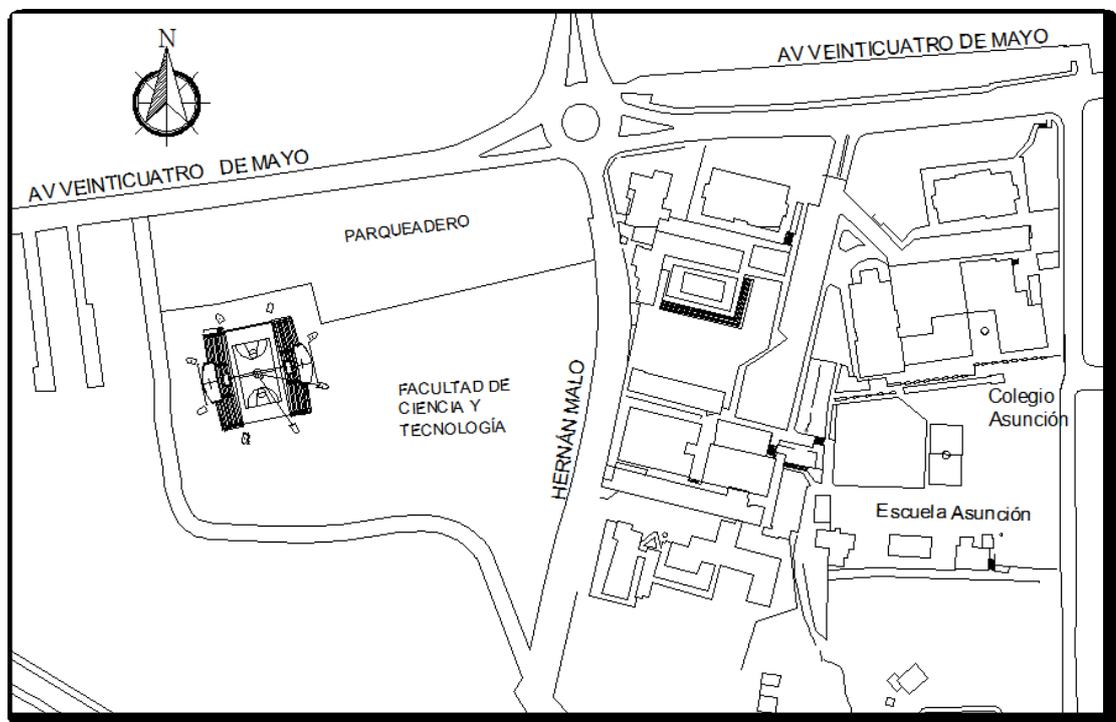
LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACIÓN BASE NECESARIA

1.1. UBICACIÓN.

El diseño estructural de la cubierta del coliseo de la UDA, que se ha tomado como tema del presente trabajo de titulación, se encuentra ubicado en el campus de la universidad, junto a la Facultad de Ciencia y Tecnología, el mismo que cuenta con una estructura de hormigón existente.

La localización del coliseo presenta ventajas tales como: vías de ingreso, acceso directo desde el parqueadero principal, distancia importante desde las aulas y se encuentra a una distancia considerable de la biblioteca que evitará ruidos molestos.

Figura 1.1 Plano de ubicación del coliseo.



Fuente: Universidad del Azuay.

1.2. DESCRIPCIÓN Y USO DE LA EDIFICACIÓN

Al ser un coliseo una edificación de miembros estructurales de grandes luces, se requiere emplear una estructura de cubierta ligera y económica, por lo que se eligió realizarla en acero estructural. El proyecto es de un solo nivel, ocupando 2900 metros cuadrados de área techada.

La estructura está destinada para la realización de actividades universitarias, como eventos deportivos, culturales, y todos los relacionados con la actividad académica de la Universidad del Azuay.

1.3. LEVANTAMIENTO DE LA EDIFICACIÓN EXISTENTE

Ante el buen estado de la edificación de hormigón armado previamente construida del coliseo de deportes de la UDA, se realizó el levantamiento del proyecto.

Tras realizar una visita previa y analizar la edificación, se elaboró la recopilación de la información base existente, en el que se expone el método más adecuado para recabar la información necesaria, teniendo en cuenta el estado actual y los posibles riesgos de tener un proyecto de hormigón armado expuesto a la intemperie.

Este trabajo presenta la mejor alternativa para la documentación de la información base necesaria, que fue analizada detalladamente, se definió el producto final y el tipo de metodología que se utilizó.

En virtud de lo expuesto, el resultado de este capítulo consiste en un modelo planimétrico y taquimétrico de la edificación actual obtenido mediante métodos topográficos y mediciones insitu.

Para las columnas de hormigón existente, se consideró de interés tener una representación de mayor detalle, estos miembros estructurales trabajan de forma independiente con el resto de la estructura.

Como se indicó, la edificación es la suma de varias subestructuras que trabajan de forma independiente con el resto del proyecto, así tenemos: graderíos y columnas.

Se presenta un levantamiento insitu tanto de los graderíos como de las columnas de hormigón armado, con la finalidad de conocer con precisión la geometría y las

secciones de los miembros estructurales que intervienen en las solicitaciones de carga de la cubierta del polideportivo de la Universidad del Azuay.

1.3.1. Metodología

Una vez que se ha determinado las características de la edificación, así como posibles daños en la misma, se procedió a utilizar la planimetría y taquimetría como metodología del levantamiento topográfico y mediciones insitu.

1.3.1.1. Planimetría

La planimetría es la representación horizontal de los datos de un terreno que tiene por objeto determinar las dimensiones de este (Navarro, 2008).

Este método topográfico permite fijar posiciones de puntos proyectados en un plano horizontal, sin importar sus elevaciones. En concreto, utilizando este procedimiento se puede representar una edificación, terreno, vivienda, etc., visto en planta.

Para la realización de la planimetría y las mediciones insitu, se ha utilizado medidor láser, flexómetro y teodolito como instrumentos de medida, con estos equipos trabajando juntos, se pudo disminuir el rango de error, sabiendo que el teodolito tiene menor precisión en las distancias, pero ayuda con mayor exactitud en datos auxiliares como el ángulo vertical o pendiente.

1.3.1.2. Taquimetría

La taquimetría representa la distancia vertical y horizontal entre puntos (León-Bonillo, 2009).

Con la taquimetría se han podido determinar las medidas a mayor detalle de los miembros estructurales que actúan en la transmisión de carga de la cubierta del coliseo a la cimentación.

1.3.2. Equipos y herramientas

- Teodolito
- Medidor láser

- Trípode
- La mira
- Radios de comunicación
- Cinta métrica
- Flexómetro
- Libreta de campo
- Caja de Herramientas como: martillo, clavos de acero, pintura.

1.3.3. Procedimiento

Las actividades necesarias que se realizaron para llevar a cabo el levantamiento topográfico son las siguientes:

- En campo: Realizadas directamente sobre la estructura de hormigón existente, en la cual se utilizaron los instrumentos de medición ya mencionados.
- Oficina: Procesamiento de datos obtenidos en el campo.

1.3.3.1. Campo

El día que se realizó el levantamiento del proyecto, se procedió a movilizarse al lugar de localización de la edificación, preparar el equipo a utilizar con el cuidado y seguridades respectivas, en el lugar de investigación, se procedió a la toma de las decisiones respectivas para dar inicio al proyecto.

Se procedió a realizar las siguientes actividades:

- Se determinó la mejor ubicación para la colocación de los puntos de referencia, los cuales sirven de vértice para conformar una poligonal de apoyo, que es la base para el levantamiento, esto se lo realiza colocando una varilla o clavo de acero como punto de partida, se realizó la limpieza de su contorno para disminuir obstáculos e interferencias para la correcta realización del proyecto.

- Posteriormente se colocó el trípode, para situar el teodolito (instrumento de medición), nivelar el aparato mediante los tornillos del mismo.
- Una vez que se tenía los instrumentos de medida respectivamente posicionados y nivelados, se inició la medición continua de las diferentes subestructuras que conforman la edificación, comenzando por valorar las distancias horizontales y verticales entre puntos de la edificación.
- Esta actividad es la etapa fundamental del levantamiento, porque se arrancó con medir los ángulos horizontales entre alineamientos, y los ángulos verticales entre puntos de la edificación ubicados sobre el mismo plano vertical.
- Posteriormente realizó la toma de distancias horizontales y verticales con la ayuda del medidor láser (instrumento de medida), este aparato ayuda a tener longitudes con un bajo rango de error, haciendo eficiente el levantamiento topográfico.
- Finalmente, se midió a detalle con flexómetro los miembros estructurales que actúan en las sollicitaciones de carga de la cubierta, aquí tenemos las columnas de hormigón armado.

1.3.3.2. Oficina

Una vez realizado correctamente los trabajos de campo se realizó lo siguiente:

- Tabulación de los datos obtenidos mediante el teodolito (instrumento de medida).
- Una vez que los datos fueron tabulados y ordenados se procedió a calcular los siguientes parámetros:
 - Distancias entre puntos.
 - Ángulos entre alineamientos.
 - Áreas parciales y totales.

- Alturas relativas de puntos.

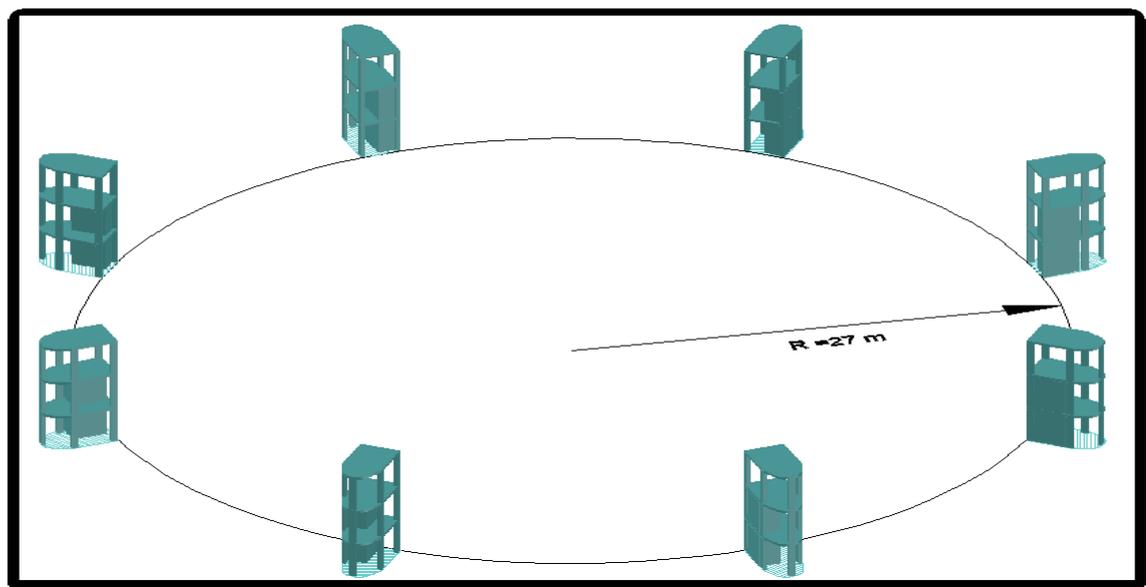
Para el cálculo de estos parámetros fue necesaria la ayuda de la geometría plana y del espacio, trigonometría y matemáticas en general.

- Con la libreta de campo previamente realizada y con los datos generados mediante el cálculo matemático, se confeccionó un plano a escala de la respectiva edificación.

1.3.4. Resultados

- **Modelo planimétrico:** se presenta un plano a escala de toda la edificación existente. *Ver anexo 1.1*
- **Columnas:** se presenta la ubicación de las columnas, estos miembros estructurales trabajan de forma independiente con el resto del proyecto, además al ser elementos que soportan las solicitaciones de carga que transmite la cubierta

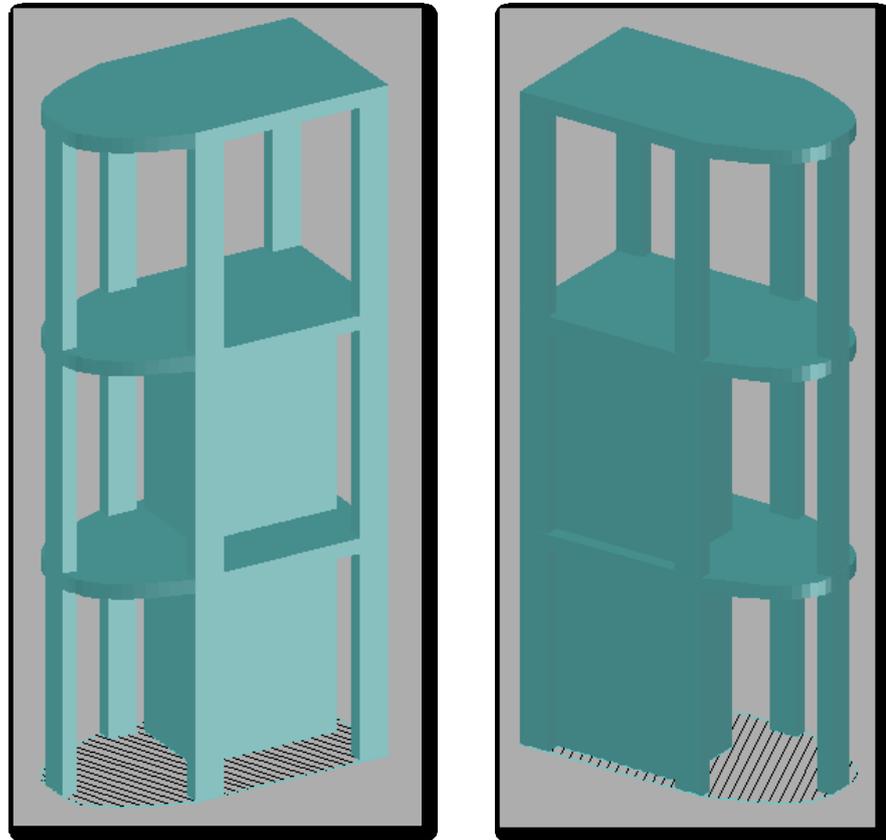
Figura 1.2 Columnas.



Fuente: Autor.

- **Modelo 3D de columna**

Figura 1.3 Detalle de columna de hormigón.



Fuente: Autor.

1.4. TRAZADO DE EJES

En todo proyecto de construcción es de suma importancia realizar un trazado de ejes tanto transversales y longitudinales, estos ayudaran para realizar el replanteo y nivelación al momento de la construcción.

De esta manera se ha visto la necesidad de realizar un trazado de ejes de los miembros estructurales que soportan las solicitaciones de carga.

De esta manera se ha realizado un trazado de ocho ejes de forma circular, los cuales corresponden a cada columna de hormigón armado de la edificación existente. *Ver anexo 1.3*

CAPÍTULO 2

PROYECTO ARQUITECTÓNICO

2.1. CONSIDERACIONES GENERALES

Como se sabe, la edificación actual cuenta con una estructura de hormigón armado previamente construida a una altura de 9 metros, tomando en cuenta que este presente trabajo de titulación busca dar un punto de partida para la terminación definitiva del polideportivo de la Universidad del Azuay, se realizó este proyecto con un estructura mixta, con una cubierta diseñada en acero estructural.

Esta techumbre nos ayuda a solucionar los problemas de grandes luces que demanda esta edificación. Al ser una obra que fue construida en su primera fase con hormigón armado y su terminación ha pasado a segundo plano, no cuenta con los respectivos sistema de anclaje que demanda la cubierta, por lo que se necesitará de pernos de unión y placas base para conformar la obra definitiva.

Como se indicó en el levantamiento de la información base necesaria, se cuenta con ocho columnas construidas de forma circular alrededor del área techada, estos miembros estructurales están conformados por cinco columnas de menores dimensiones y dos losas, los que dan la forma definitiva del elemento estructural que soportara las solicitaciones de carga de la cubierta del coliseo de la Universidad del Azuay.

La estructura de cubierta está hecha básicamente por elementos metálicos, conformado por un sistema de arcos de forma radial que están anclados a cada columna. De la misma manera, este sistema se encuentra rigidizado por miembros estructurales en forma circular ayudando a la transmisión de esfuerzos hacia la cimentación del proyecto.

2.2. TIPOLOGÍA DE CUBIERTA

Los tipos de cubiertas pueden ir desde la más simple como cubiertas de arcos, hasta las más complejas como mallas espaciales, este tipo de cubierta es eficiente para

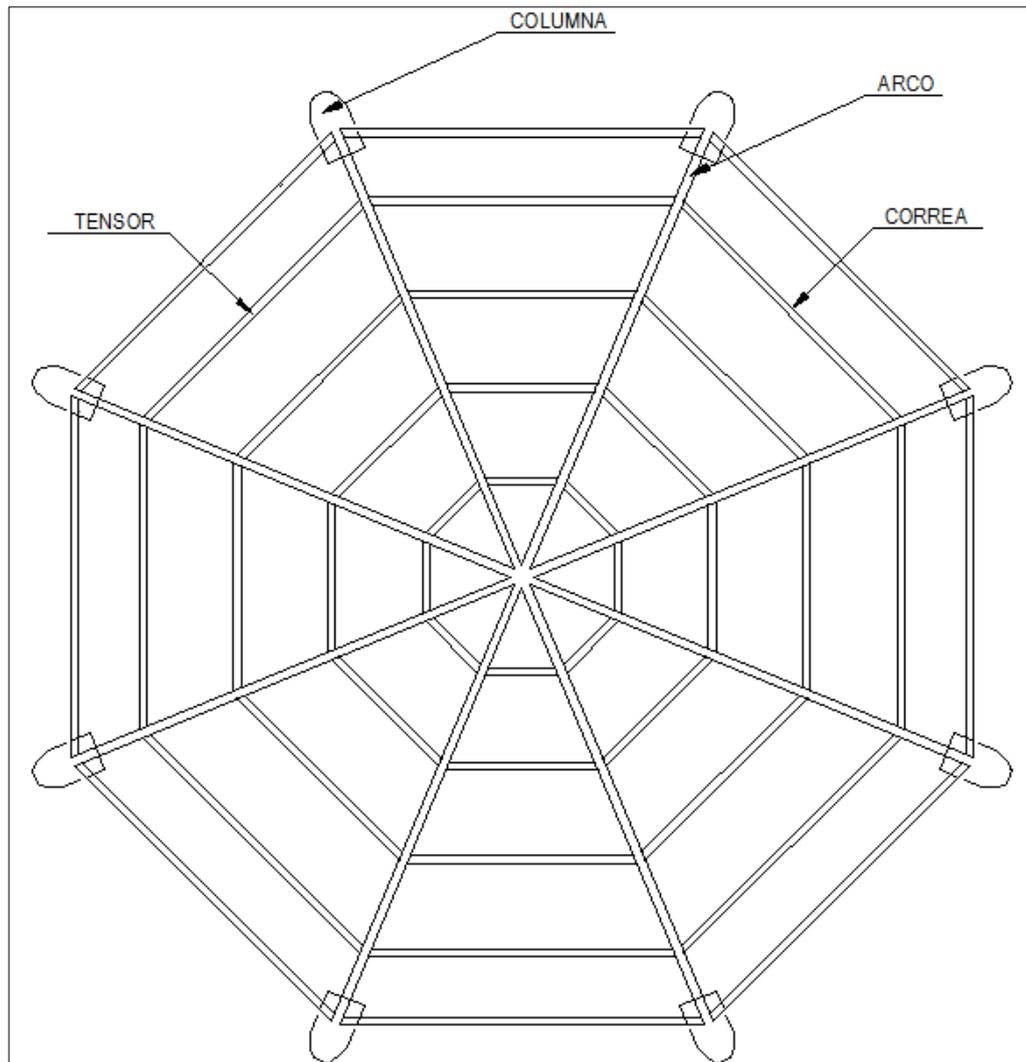
poder lograr materializar las diversas soluciones estructurales proyectadas (Ávila Gavilánez, 1991).

Las cubiertas para estadios, coliseos o cualquier proyecto que demanda grandes luces tienen condiciones únicas tales como:

- Correcta visualización de los espectadores que se encuentran en los graderíos hacia la cancha de juego, por lo que los miembros estructurales que se utilizan para poder lograr este objetivo deben tener grandes voladizos.
- La mayoría de cargas se limitan a factores externos (acciones del viento, sismo y granizo), debido que las cubiertas son intransitables y de material ligero.
- Formas simple, mientras más uniforme sea la configuración estructural fácilmente fluyen los esfuerzos evitando concentraciones en los miembros, además de ser fácil de diseñar y ejecutar al momento de la construcción.

Por lo expuesto el tipo de cubierta para este proyecto debe ser lo más sencilla y regular posible, de esta manera se ha considerado una cubierta circular conformada por arcos estructurales, correas y tensores.

Figura 2.1. Tipología de cubierta.



Fuente: Autor.

Este proyecto debe estar conformado por un material ligero y resistente tanto a la tracción como a la compresión. El acero estructural cumple con estas exigencias y demandas para este proyecto, además de ser un material dúctil, pues el comportamiento de la estructura en un evento sísmico es esencialmente plástico, así se puede dar una posibilidad de formación de rotulas plásticas que produzcan una redistribución interna de esfuerzos (Ávila Gavilánez, 1991), evitando el fallo de la estructura.

El material cumple las siguientes características:

- Alta ductilidad

- Alta relación: Resistencia/peso
- Homogéneo e isótropo
- Posibilidad de obtener conexiones

Se puede ver que el acero reúne casi todas las características para considerarlo apropiado para este proyecto.

2.3. CONFIGURACIÓN ARQUITECTÓNICA

El proyecto arquitectónico se ha visto en la necesidad de ajustarse a las exigencias y demandas de la obra previamente construida, de esta manera tomará forma redonda para proteger de la intemperie a toda la edificación existente.

El levantamiento de la información base necesaria, demuestra que las columnas están emplazadas a una distancia de 31 metros desde el centro de la construcción y separadas 18.56 metros entre ellas. Se tiene presente que las columnas en su losa superior, cuentan con cuatro orificios de 15 centímetros de diámetro cada una, a una distancia de 29.70 metros desde el centro de la edificación, haciendo inviable realizar el trazado de ejes por el centro de la columna, debido que los orificios al ser de diámetros considerables pueden fisurar losa al momento de la transmisión de esfuerzos hacia la cimentación.

Por lo expuesto, el eje circular de columnas se realizó a 28.35 metros desde el centro del proyecto, se ubica a 2.65 metros desde la cara exterior de los miembros estructural que trasmite las solicitaciones de cargas. Al tener el eje arquitectónico la misma distancia en todas las columnas, ayuda a la simetría en el proyecto y hace que el elemento trabaje de forma eficiente.

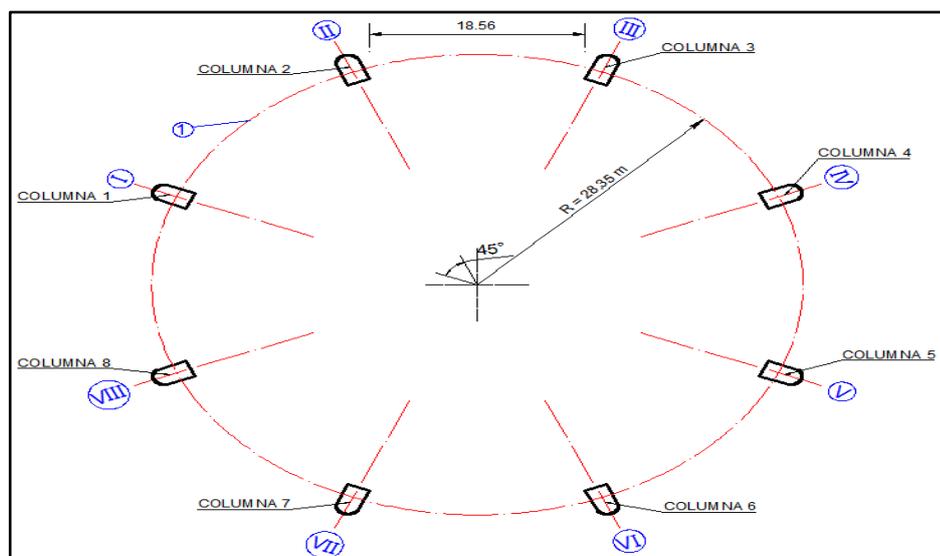
Como se indicó en el capítulo I, este proyecto es la suma de varias subestructuras, por lo que no se ignoró la ubicación de los graderíos para realizar el trazado de ejes, de esta manera toda edificación que forma parte de los eventos deportivos, culturales y todo lo relacionado con las actividades de la comunidad educativa, están dentro del área techada, con la cubierta de acero estructural se lograra cubrir toda la edificación del Gimnasio de la Universidad del Azuay y la mayor parte de Centro de estimulación integral y apoyo psicopedagógico (CEIAP).

De esta manera, este eje estructural da la forma definitiva de la cubierta, en este caso es una techumbre tipo cúpula, debido a que las columnas previamente construidas están emplazadas en forma circular como ya se mencionó. Una estructura circular presenta beneficios al momento de la transmisión de cargas, este tipo de sistema consta de varios apoyos los cuales transfieren las solicitaciones de esfuerzos.

En este proyecto arquitectónico se puede ver marcadamente dos tipos de ejes: el primero mencionado anteriormente, el segundo grupo de ejes son aquellos que dan la dirección de las columnas, de esta manera los elementos se encuentran ubicadas con su lado más rígido y de mayor inercia orientado hacia el centro de la edificación, se considera así que estos miembros estructurales, soportan de forma eficiente las solicitaciones de carga.

De acuerdo al levantamiento topográfico la edificación es simétrica, por ende dos columnas opuestas radialmente se sitúan en un mismo eje, haciendo que el proyecto trabaje en total armonía. Se tiene ocho ejes longitudinales que pasan por el centro de cada columna, en dirección perpendicular a su lado recto y más rígido, esto debido que al ser una edificación simétrica los ejes radiales se trazan desde centro del proyecto, resultado una ángulo de 45 grados entre columnas consecutivas. Por lo tanto los ejes I al VIII, pertenecen a cada columna respectivamente y el eje 1 corresponde a la forma definitiva de la cubierta.

Figura 2.2 Ejes del proyecto.



Fuente: Autor.

2.4.SIMETRÍA

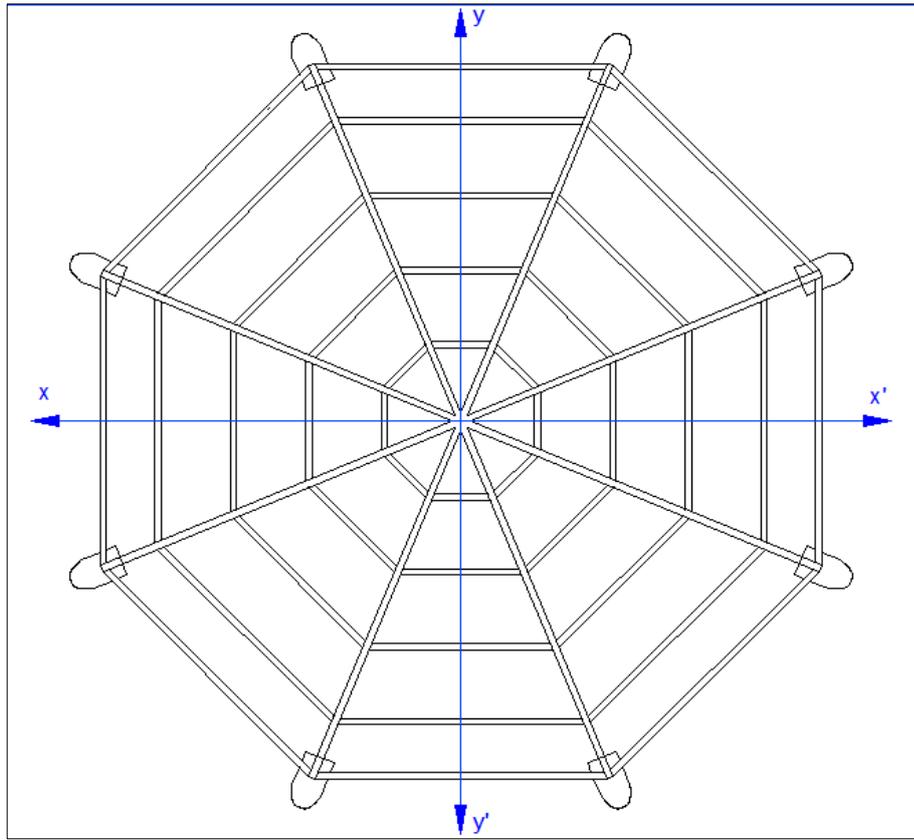
Una estructura es simétrica con respecto a un eje cuando se verifica simetría geométrica, física y de vinculación con relación a dicho eje (UNLP, 2010).

En todo proyecto de construcción es de vital importancia diseñar la edificación de forma equilibrada y simétrica, esto facilita no solo el cálculo estructural, sino también conlleva a facilidades al momento de la ejecución de la obra, disminuyendo en gran manera los tiempos de realización de trabajos.

Por tal motivo se realizó una configuración estructural simétrica y regular en planta y altura para poder lograr un adecuado desempeño sísmico, de esta manera se evita la acumulación de daño en algunos componentes en desmedro de la ductilidad global de sistema (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2011). Por esta razón la Norma ecuatoriana de la construcción penaliza el diseño de estructuras irregulares tanto en planta como elevación con el propósito de evitar que las irregularidades causen un comportamiento deficiente ante la ocurrencia de un sismo.

- **Planta:** Es mucho más sencillo diseñar una cubierta sobre una superficie circular que sobre una superficie cuadrada (Molke, 1967), este proyecto tiene una configuración estructural en planta regular, haciendo que su centro de masas y su centro de rigidez tengan una distancia mínima entre ellos, ayudando a prevenir un movimiento torsional que actúa en el plano horizontal al momento de un evento sísmico, afectando a las columnas más alejadas del centro de resistencia. Como ya se mencionó la geometría en este proyecto es simétrica, existiendo menores riesgos de concentración de esfuerzos, evitando el momento torsor en la planta de la edificación y así el comportamiento de toda la estructura se hace predecible, ayudando en gran medida al diseño de la cubierta del coliseo. Como se sabe en una cubierta circular bajo cargas uniformes se apoya uniformemente y tiene por lo tanto momentos radiales y tangenciales típicos que se pueden calcular fácilmente (Molke, 1967).

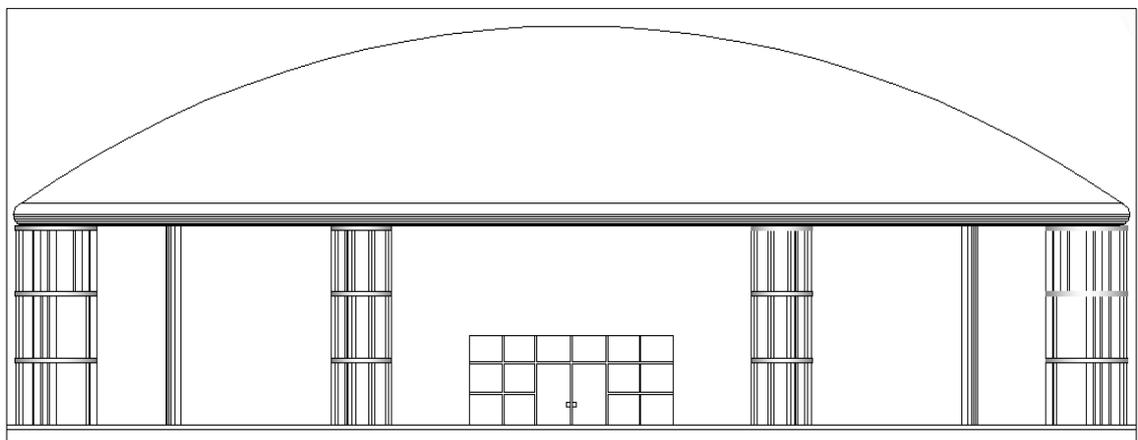
Figura 2.3 Simetría en planta.



Fuente: Autor.

- **Elevación:** En cuanto a elevación se ha visto la necesidad de realizar un proyecto arquitectónico funcional, por lo que la configuración estructural en elevación es de igual forma simétrica.

Figura 2.4 Simetría en elevación.



Fuente: Autor.

Por otro lado, la planificación, no se encuentra en los tipos de configuraciones peligrosas, ante un evento sísmico tales como: ejes verticales discontinuos, piso débil, columna corta. Esta configuración de la estructura en planta y elevación se debe a que se necesita los siguientes requerimientos funcionales de un coliseo como son:

- **Acústica:** este factor es de suma importancia en proyectos que tienen concentración masiva de gente, por lo que un diseño en forma curvo ayuda a concentrar el sonido y ampliar las ondas sonoras, haciendo eficiente la acústica en el interior del polideportivo (Correa Vigo, 2003).
- **Visualización:** es uno de los factores más predominantes en un proyecto arquitectónico, además de dar la estética y decoración al medio ambiente en el cual está inmersa, da un efecto de cerramiento para las personas que se encuentran en la parte superior de los graderíos, haciendo que estos presten atención al centro de estructura, que en este caso es la cancha de juego, que sirve para realizar eventos deportivos y culturales.

2.5. RIGIDEZ

La rigidez es un concepto relacionado con la fuerza necesaria para lograr una deformación, que puede ser de diferente forma dependiendo del movimiento (Mauricio Gallego Silva & Alberto Sarria Molina, 2006).

Por esta manera existen diversas definiciones de rigidez para un elemento estructural, en general tiene la forma de una fuerza que causa un desplazamiento unitario.

Los proyectos estructurales deben soportar diferentes sollicitaciones de carga que actúan sobre los miembros estructurales que componen la edificación, estos esfuerzos tienen diferentes orígenes tales como:

- Ligadas al peso propio del proyecto, debe tener la capacidad de soportarse a sí misma.
- Debidas a movimientos y vibraciones, puede producir deformaciones que causan grandes concentraciones de esfuerzos en los elementos estructurales.
- También por factores externos, tales como los embates de la naturaleza.

Cuando se diseña y construye un proyecto estructural, ya sea edificios, cubiertas, puentes, etc., se lo hace para que esta no se distorsione cuando está trabajando, es decir cuando trasmite las solicitaciones de carga. De esta manera la deformación de los miembros estructurales que conforman la obra, no es visible a simple vista, haciendo confiable la edificación.

Normalmente los miembros que aportan rigidez a un proyecto estructural pueden ser estructurales como “no estructurales”. Para el caso específico se puede identificar los siguientes miembros que aportan rigidez al proyecto de la cubierta de la Universidad del Azuay.

- **Columnas:** las columnas de hormigón amado que se encuentran emplazadas en la edificación existentes aportan rigidez en gran manera, debido a que se encuentran construidas en forma circular provocando que el proyecto esté totalmente confinado, de esta manera se evita el desplazamiento horizontal de la cubierta. Además estos miembros estructurales están contruidos de tal manera que su lado de mayor longitud y mayor inercia se encuentran orientados hacia el centro del proyecto aportando rigidez a la cubierta.
- **Arcos:** estos miembros estructurales están ubicados en cada una de las columnas de hormigón armado de la edificación existente, provocando un sistema de unión entre todas columnas, es decir como la estructura es simetría se puede diseñar la cubierta de tal manera que la estos elementos soportantes, causen una entramado rígido en todo el proyecto.
- **Correas:** estos elementos además de soportar las cargas de la cubierta, tiene por objetivo principal de unir los diferentes arcos que conforma la estructura, además al ser miembros de poca masa y peso, reducen en gran manera la sobrecarga del proyecto.
- **Tensores:** son miembros estructurales simples que trabajan a tracción y compresión, ideales para cubiertas de grandes luces como en este caso, de poca masa, ligeros y resistentes, estos elementos rigidizan a toda la estructura, causando un entramado evitando la deformación de los demás miembros estructurales (arcos, correas).

Además de la rigidez que aportan los diferentes miembros estructurales que conforman la cubierta, la determinada estructuración de la edificación respecto a los diferentes ejes del proyecto con correctos, así:

En la dirección del eje 1, da el confinamiento a la estructura, estos miembros están diseñados para ser emplazados en forma circular de columna a columna, provocando un arriostramiento del proyecto.

En la dirección de los ejes I –VII, están diseñados de tal manera que conforman un arco semicircular de eje a eje, al tener este tipo de sistema la aumentan en gran manera la rigidez de la estructura, haciendo que el proyecto distribuya de manera eficiente las solicitaciones de carga.

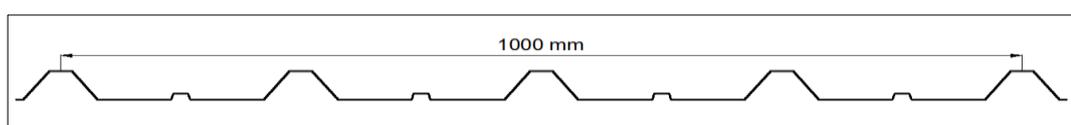
2.6. COBERTURA

En todo proyecto de construcción el techo es una de las partes más importantes de la edificación, al igual que las paredes exteriores su función es proteger a la obra de los embates de la naturaleza tales como: lluvia, granizo, viento y sol. La cubierta del inmueble debe estar conformada por materiales de gran resistencia porque se encuentra a exposición directa de la intemperie.

Por esta razón el tipo de cubierta que se utilizó es fabricada por DIPAC, la cual contiene un revestimiento en acero estructural con bajo contenido de carbono, con este tipo de recubrimiento se logra protección en dos sentidos; este material resiste la corrosión atmosférica, evitando el contacto del acero con el oxígeno del aire y brinda también una excelente protección catódica.

Debido que este proyecto demanda grandes luces en miembros estructurales, se necesitará una cobertura que presente distancias considerables entre apoyos, por tal motivo se ha elegido una cobertura DIPANEL DP5, la cual ha sido desarrollada con gran capacidad de desagüe, así se puede tener pendientes menores.

Figura 2.5 Dimensiones galvalume DIPANEL DP5.



Fuente: Catálogo DIPAC.

Están chapas son livianas, adaptables fácilmente, y reduce el costo de transporte. Además de ser frescas para ya que rechazan los rayos del sol evitando un ambiente caluroso en el interior del coliseo.

Tabla 2.1 Información técnica de la plancha DIPANEL DP5

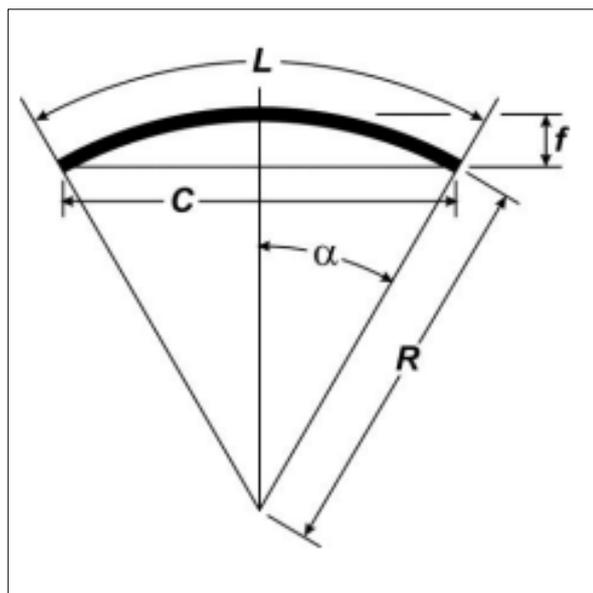
DISTANCIAS DE CORREAS								
Espesores	0.25	0.3	0.35	0.4	0.45	0.5	0.6	0.7
ml	1.0	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2
PESOS DIPANEL								
Espesores	0.25	0.3	0.35	0.4	0.45	0.5	0.6	0.7
kg/m2	2.4	2.87	3.35	3.83	4.31	4.79	5.75	6.71

Fuente: Catálogo DIPAC.

Como es en este caso, se necesita de techos curvos debido a las demandas de la edificación existente, por tal motivo se presenta el método de cálculo para la obtención de los radios mínimo de curvatura para las planchas DIPANEL DP5.

A continuación se presenta las fórmulas que relacionan los diferentes parámetros geométricos de un techo curvo:

Figura 2.6 Parámetros geométricos de un techo curvo.



Fuente: Manual de diseño de cubierta metálicas.

C: cuerda

L: longitud total de la chapa (desarrollo)

R: radio de curvatura

f: flecha

α : semi-ángulo al centro correspondiente al desarrollo y radio del techo (medido en grados).

$$R = \frac{C^2 + 4 \cdot f^2}{8 \cdot f} \qquad \alpha = \arcsen \frac{(C)}{2 \cdot R} \qquad L = \frac{\pi \cdot R \cdot \alpha}{90}$$

Las chapas tipo DP5 de galvalume prepintado tienen la posibilidad de ser curvadas mediante pliegues transversales. Solo es posible curvarlas en forma convexa, tal como se muestra en la figura. De esta forma es posible lograr un radio mínimo de curvatura de 0.50 m.

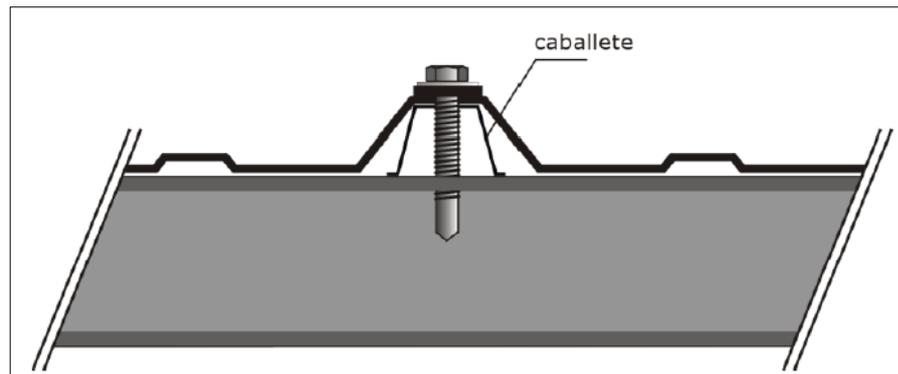
2.6.1. ANCLAJES

El sistema de anclaje es de suma importancia para los diferentes sistemas de cobertura, porque da adherencia sobre el entramo estructural y evita el viento desprenda el techo de la edificación.

La selección del mejor y adecuado sistema de anclaje depende de las características de la cubierta, la carga que debe soportar y el material de los apoyos. Los sistemas más utilizados para las cubierta DIPANEL DP5 son ganchos, clavos y tornillos, pero siempre es recomendable la utilización de caballetes, de esta manera se ajusta con precisión los tornillos evitando la abolladura en la chapa de la cubierta.

Para este proyecto se ha visto la necesidad de utilizar tornillos, porque tienen mejor anclaje hacia los perfiles laminados que sirven de apoyo para la cubierta.

Figura 2.7 Caballete para evitar abollar de la plancha DIPANEL DP5.



Fuente: Manual de diseño de cubierta metálicas.

En cuanto al material de los anclajes, es recomendable que la vida útil de estos sea similar a la de la plancha DIPANEL, se establece en general utilizar fijaciones de acero galvanizado en caliente. Además se debe realizar un mantenimiento rutinario o cambiarlos de forma periódica para evitar el desprendimiento de la cubierta, se debe tener en cuenta que existen accesorios adicionales que dan protección a los anclajes, tales como capuchones protectores de partes expuestas, revestimientos de copolímero, etc.

2.7. PLANOS ARQUITECTÓNICOS

Tomando en consideración los diferentes parámetros y características presentados en este respectivo capítulo, se realizó los diferentes planos arquitectónicos. Los que están conformados por las vistas del proyecto, así como las respectivos cortes de planta y la configuración estructural de la cubierta. *Ver anexo 2.*

CAPÍTULO 3

PREDISEÑO

3.1. CONSIDERACIONES GENERALES

El predimensionamiento es el proceso previo al diseño o cálculo estructural, que es necesario llevar a cabo en todo tipo de estructuras. De esta manera se tiene una idea clara y precisa de las posibles dimensiones que tendrán los elementos que conforman el proyecto. En este capítulo se establecen las dimensiones previas de las secciones transversales de los miembros estructurales que conforman la cubierta del coliseo de la Universidad del Azuay.

En el prediseño intervienen una serie de aspectos que comprenden el criterio a considerar para el diseño del respectivo miembro estructural. Por tal manera se tiene que tener presente que estos aspectos varían según el tipo de miembro, el material, la calidad, etc.

Este proyecto demanda una edificación mixta, es decir una estructura en su primera fase ya construida de hormigón armado, y una cubierta en acero estructural. Para lograr esta obra, se requiere una buena conexión acero hormigón, además este apoyo deberá ser una unión empernada para dar seguridad estructural.

Es preciso considerar al proyecto como un conjunto espacial cuya estabilidad ha de estar asegurada totalmente, para que todas las fuerzas que puedan actuar sobre la estructura sean correctamente transmitidas a los cimientos, por medio de los arriostramientos (Rodríguez-Avial Azcúnaga, 1963).

El tipo de estructura que se define para el proyecto de la cubierta de la Universidad del Azuay debe ser funcional, de larga vida útil, económica y sobre todo que tenga condiciones estéticas y de serviciabilidad. Por tal motivo es de suma importancia investigar varias estructuras diferentes de las que se hace la elección, a continuación se presenta las estructuras más comunes que se utilizan en el diseño de cubiertas metálicas.

3.2. SISTEMAS RETICULARES PLANOS

Estas modalidades son aplicadas con mayor frecuencia en construcciones metálicas, en general son de retícula triangular. Se consideran estas estructuras triangulares como sistemas planos articulados, con nudos en los cuales están libres de rozamiento (Rodríguez-Avial Azcúnaga, 1963), por tal motivo las barras que conforman el miembro estructural estarán sometidas a esfuerzos simples tanto de tracción como compresión.

Los sistemas reticulares planos tienen una gran aplicación en materiales como en el acero estructural, la naturaleza de este elemento se adapta fácilmente a los tres tipos fundamentales de sistemas reticulares tales como: jácenas, armaduras de cubierta y arcos o pórticos.

Estos sistemas presentan las siguientes hipótesis de cálculo:

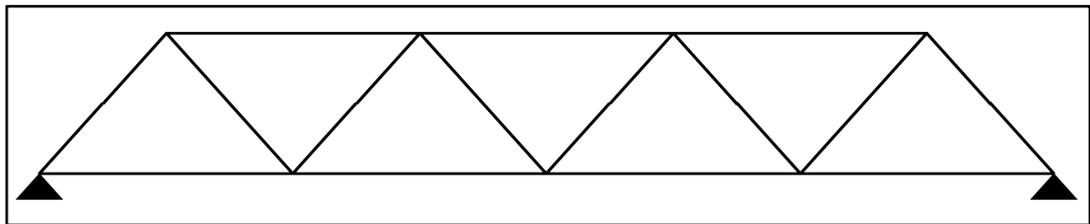
1. *Los nudos constituyen articulaciones sin rozamiento* (Rodríguez-Avial Azcúnaga, 1963): esta hipótesis no se cumple en la realidad, ya que las barras que conforman el sistema son soldadas o remachas para facilitar la construcción del mismo, pero se debe tener presente que al empotrar las barras puede causar esfuerzos adicionales de poca importancia.
2. *Todas las cargas se consideran aplicadas en los nudos y están contenidas en el plano del sistema reticular* (Rodríguez-Avial Azcúnaga, 1963): las barras se encuentran sometidas a esfuerzos simples como la tracción y compresión.
3. *Todas las barras son rectas*: En ciertos casos el proyecto arquitectónico demandan la realización de estructuras curvas, para el análisis de las barras que conforma el sistema se considera en forma recta. Además se tiene un momento debido al esfuerzo que produce la excentricidad de la barra curva (Rodríguez-Avial Azcúnaga, 1963).
4. *Se considera que el esquema inicial de estructuras y cargas se mantiene, a pesar de las deformaciones elásticas de barras y apoyos, por ser muy pequeñas a estos efectos dichas deformaciones* (Rodríguez-Avial Azcúnaga, 1963).

3.3. TIPOS DE SISTEMAS RETICULARES PLANOS.

3.3.1. JÁCENAS

En este sistema se obtiene desde el tipo más elemental de un sistema reticular plano hasta celosías compuestas, se lo realiza adosando triángulos equiláteros, con sus bases en prolongación. Se puede añadir montantes en el vértice de cada triángulo haciendo más rígido al elemento estructural.

Figura 3.1. Viga Warren.



Fuente: Fernando Rodríguez-Avial Azcúnaga.

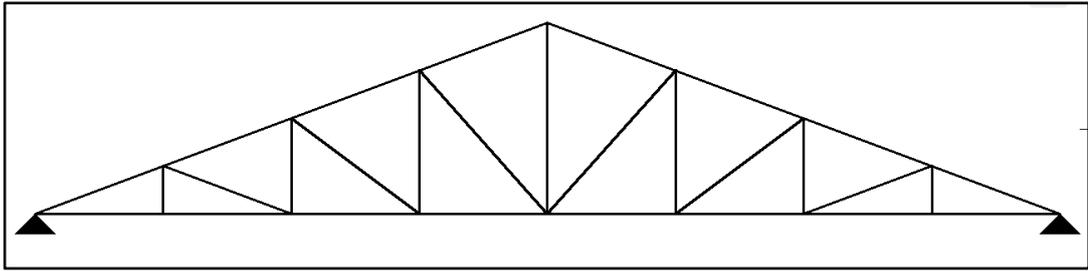
3.3.2. ARMADURA DE CUBIERTA

Se da el nombre de armadura a la estructura de celosía destinada para trabajar sobre todo soportando flexión (Banegas Avila, 2005). Una armadura está conformada por varias barras rectas, formando un conjunto simétrico y rígido, que soporta cargas aplicadas en los nudos de acuerdo a las hipótesis de cálculo presentadas con anterioridad, por lo que dichas barras estarán sometidas a esfuerzos simples de tracción y compresión permitiendo utilizar el material de manera eficiente. Estos sistemas son convenientes para proyectos que demandan condiciones de rigidez y gran altura.

Las armaduras se pueden clasificar por diferentes criterios:

- Por su aplicación: cubiertas, puentes, grúas, postes de energía.
- Por su estructura: de un alma y de dos almas.
- Armaduras planas y espaciales.
- Según los apoyos: armaduras de viga, arcos.

Figura 3.2. Armadura inglesa.



Fuente: Construcciones metálicas-Fernando Rodríguez-Avial Azcúnaga.

3.3.2.1. Tipos de armaduras de cubierta

Las armaduras de cubierta sirven para mantener las construcciones de cercha y soportar las cargas que sobre estas actúan (Banegas Avila, 2005). El conjunto formado por las arriostras, cerchas y correas, constituyen la cubierta del techo, cubriendo la edificación de las solicitaciones atmosféricas.

Estas armaduras están apoyadas sobre columnas de acero estructural u hormigón armado, según sea el caso para el cual ha sido diseñada la edificación.

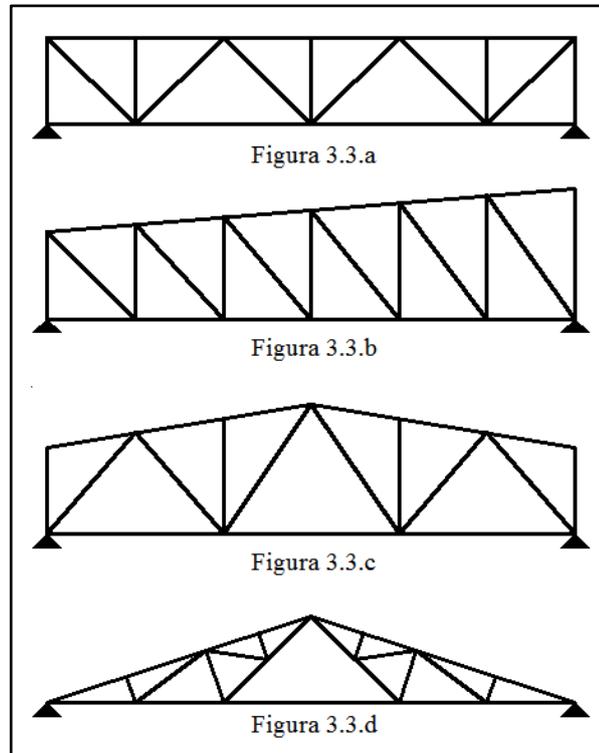
El uso y destino final de la armadura de cubierta, ayudará para el respectivo diseño de los miembros estructurales que conforman la armadura, así existen diversos diseños bases en los que se sustentan el análisis y las diferentes solicitaciones de carga que soporta una cubierta. La extensa variedad que existen en la elaboración de una armadura de cubierta, puede comprometer el análisis acertado de los miembros estructurales que conforman la armadura. Debido a que los modelos que se realizaron para la obtención de las hipótesis de cálculo tienen sus características propias y originales, haciendo cada caso un hecho particular y único.

Las armaduras de cubiertas tiene una ventaja particular, estos miembros estructurales permiten ser diseñados de forma simétrica, es decir, se puede obligar a estas armaduras a tener los mismos nudos en la parte superior e inferior del miembro estructural, por ende se tendrá, un numero de barras uniforme en todo el elemento.

Se diferencian entre ellas por su configuración de los cordones, estructural y por la variedad de celosía. Según la configuración de cordones se tiene, armaduras de

cordones paralelos (figura 3.3.a), de una vertiente (figura 3.3.b), trapezoidales (figura 3.3.c), y de configuración triangular (figura 3.3.d) (Banegas Avila, 2005).

Figura 3.3. Tipos de armadura de cubierta.



Fuente: Análisis y diseño de nave industrial con estructuras metálicas-Henry Estith Banegas Ávila.

Existe una gran variedad de estructuras de cubiertas, las que serán diseñadas según el uso y destino final a la que estará expuesta, por tal motivo este sistema es de gran importancia para proyectos los cuales demandan cubiertas de dos aguas, así el sistema trabajará de forma eficiente.

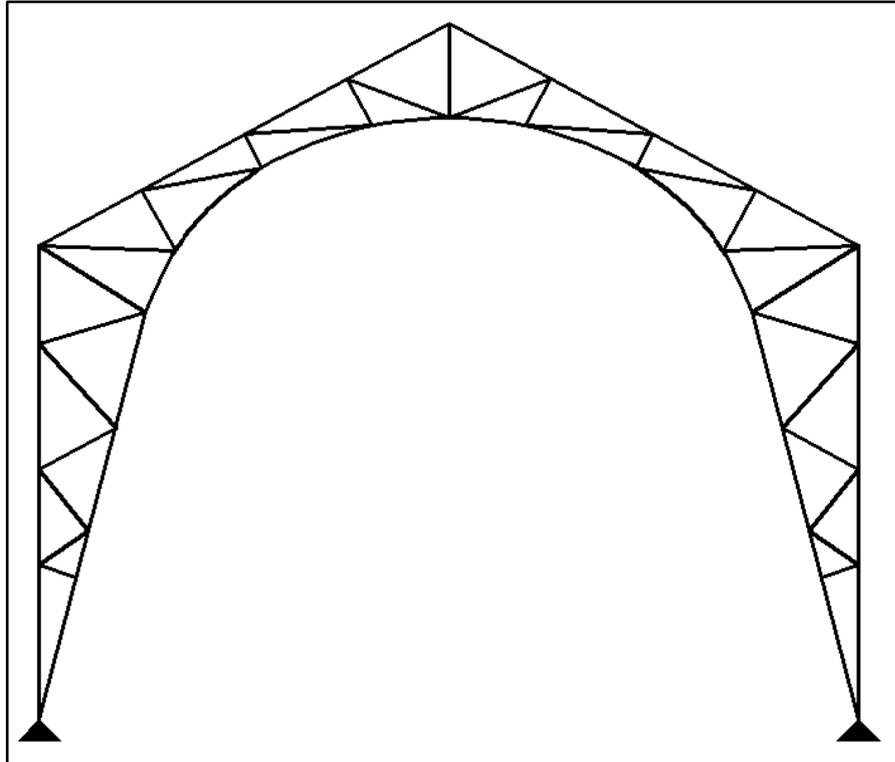
3.3.2.2. Arcos y pórticos

Los arcos y pórticos, sencillos o múltiples, constituyen un tipo de miembro estructural aplicado a proyectos que solicitan grandes luces tales como: hangares, estaciones, coliseos, naves de grandes luces, edificios industriales, etc.

De la misma manera estos elementos estructurales pueden adoptar la disposición de alma llena, o sistema reticular plano, ofreciendo numerosas posibilidades al

momento de diseñar un proyecto estructural que demanda grandes luces, los pórticos y arcos pueden ser de dos o tres articulaciones, empotrados, etc.

Figura 3.4. Arco biarticulado.



Fuente: Construcciones metálicas-Fernando Rodríguez-Avial Azcúnaga.

3.4. DETERMINACIÓN DEL TIPO DE ESTRUCTURA

Como se expuso en el capítulo II de este presente trabajo de grado, una estructura tipo arco cumple con las demandas así como exigencias de la edificación existente, logrando una armonía y una proporcionalidad entre la edificación existente y sus elementos que la constituyen, de tal manera se logra que la misma pueda distribuir de manera eficiente las cargas de servicio y otras de forma eventual.

Los demás miembros estructurales que conforman la cubierta son correas y tensores, estos elementos cumplen con parámetros únicos, lo que los hace eficaces para este proyecto.

- **SEGURIDAD:** estos miembros son capaces de distribuir las respectivas solicitaciones de carga que transmite la cobertura, además de tener una

adecuada rigidez haciendo que las vibraciones y deformaciones no sean excesivas.

- **COSTO:** para este tipo de proyectos en los cuales demandan miembros estructurales de grandes luces, el acero es la mejor opción. Además se tiene que tener presente el uso de elementos y materiales que no requieran con el tiempo, altos costos de mantenimiento.
- **SENTIDO PRÁCTICO:** estas estructuras pueden fabricarse y montarse sin que se presente problemas, además de ser económicamente viable.

3.5. PREDISEÑO

Por lo expuesto, se puede ver que el predimensionamiento de los miembros estructurales son de suma importancia para proyectos que demandan grandes luces, por tal razón, en este proyecto se la visto la necesidad de subdividirlos en grupos de elementos, los cuales corresponden a los principales miembros que conforman la cubierta del coliseo, así tenemos:

3.5.1. PRESISEÑO DE ARCOS

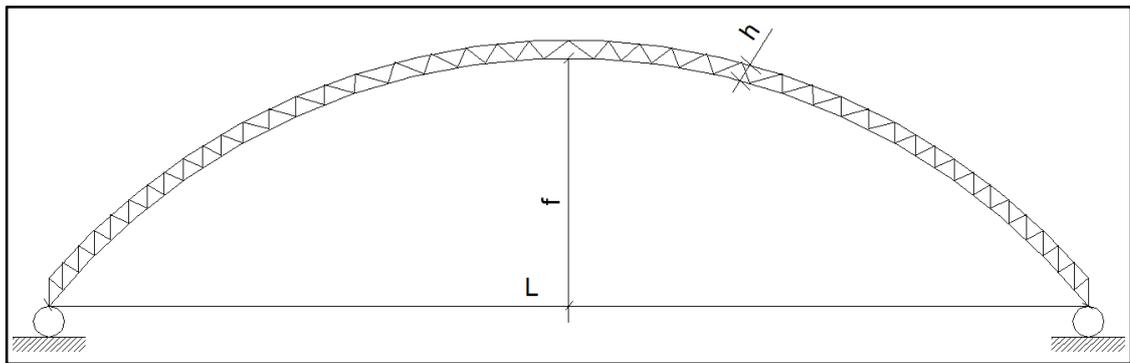
A estos miembros estructurales se ha considerado como primordiales en el diseño del proyecto, debido que son los que soportan la mayor parte de las sollicitaciones de carga que se producen en toda la estructura, además son los que transmiten los esfuerzos a la cimentación para poder ser disipadas en el suelo. Por tal motivo se los utilizan para cubrir grandes claros debido que la pequeña masa de estos miembros se debe al hecho de que los arcos son un sistema distanciador de empuje, y la sección trabaja sobre todo para la compresión provocada por la fuerza normal y relativamente poco para la flexión, por tal razón la sección resulta bastante económica (Mujanov, 1986).

Existen tres tipos de arcos que son usados con mayor frecuencia, sin articulaciones, de dos articulaciones y de tres articulaciones. La ventaja de usar uno u otro lo determina los dispositivos de apoyo, cada tipo arco tiene sus particularidades, así el de tres articulaciones es estáticamente indeterminable, es el más pesado de todos y tienen el mayor momento que los demás, sin embargo no son susceptibles a los asentamientos en los apoyos. Los de mayor uso son los arcos de dos articulaciones,

debido que los momentos se reparten con bastante regularidad por todo el sistema, haciendo que trabaje de forma eficiente. Los arcos sin articulaciones son los más ligeros, pero el momento que se produce en los apoyos es grande, haciendo aumentar las dimensiones de la cimentación, haciendo incrementar en gran manera el costo del proyecto. Así pues para condiciones de suelo malos es eficiente el arco de tres articulaciones debido que se evita los asentamientos y los posibles fallos de la estructura.

Las dimensiones generales de los arcos son el claro L , la altura h y el peralte f , dicho peralte se los asigna según las condiciones tecnológicas y por las disposiciones económicas.

Figura 3.5. Dimensiones generales de un arco.



Fuente: Construcciones metálicas, K. K. Mujanov.

Para la altura h , Mujavov K. K. recomienda $h/L = 1/40$, por lo tanto:

$$\frac{h}{L} = \frac{1}{40}$$

$L = 28.35 \text{ m}$ Distancia desde el centro hasta las columnas.

$h =$ altura del arco.

$$\frac{h}{56.70} = \frac{1}{40}$$

$$h = 1.4 \text{ m}$$

$$h = 1.50 \text{ m}$$

De igual manera el peralte f , K. K. Mujavov recomienda $f/L= 1/6$, por lo tanto:

$$\frac{f}{L} = \frac{1}{6}$$

$L = 28.35 \text{ m}$ Distancia desde el centro hasta las columnas.

f = peralte del arco.

$$\frac{f}{56.70} = \frac{1}{6}$$

$$f = 9.45 \text{ m}$$

$$f = 10 \text{ m}$$

CAPÍTULO 4

MODELACIÓN Y AGRUPACIÓN DE CARGAS

4.1. CONSIDERACIONES GENERALES

En una cubierta se tienen varios miembros estructurales de diversas formas, los que darán la forma del área techada que dependerán de las condiciones del proyecto que deban cubrir.

Como se presentó en el capítulo III de este trabajo de titulación, las estructuras eran concebidas como sistemas con nudos articulados sin rozamiento, es decir se suponía que los nudos estaban unidos por un pasador, sin reacciones ante las solicitaciones de carga, estas hipótesis de cálculo se han tomado como válidas, para facilitar el diseño de los miembros estructurales compuestos por elementos de celosía.

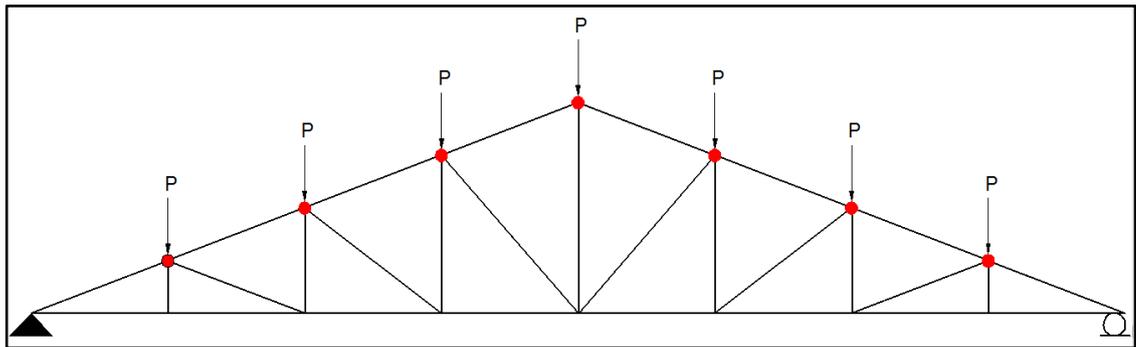
Como se sabe la tecnología avanza a pasos agigantados, hoy en día existen numerosos programas que facilitan el cálculo estructural, haciendo que los proyectos disminuyan los tiempos de realización de los mismos, esto ha hecho que los proyectistas obtengan de forma rápida y eficiente los parámetros que se necesitan para efectuar un correcto diseño de una estructura, tales como los esfuerzos de flexión, torsión, cortante, momentos, reacciones y un sin número de efectos que actúan sobre la estructura los que ayudan al diseñador a comprender de manera certera el comportamiento de la edificación ante las condiciones que se encuentra.

Es recomendable calcular las armaduras de cubiertas con uniones rígidas, ya que en la práctica común se utiliza mucho la unión soldada, la misma que tiende a formar nudos rígidos, en los cuales las barras giran en conjunto, desarrollando en muchos casos grandes esfuerzos de flexión en las aristas del marco resistente o en los empotramientos.

Es recomendable diseñar de tal manera que las cargas sean aplicadas en los nudos de la estructura (figura 4.1), ya que de esta forma los esfuerzos que actúan sobre las barras que conforman los miembros de la cubierta, tendrá efectos de tracción y

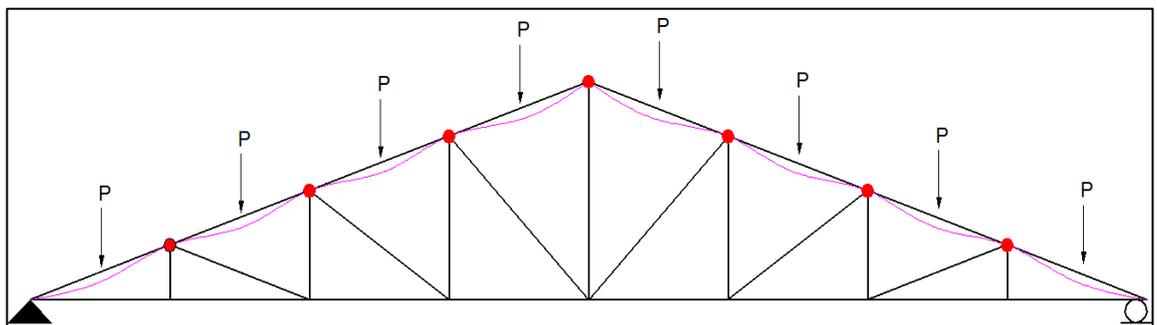
compresión, haciendo que el elemento trabaje según las condiciones esperadas. No obstante si se diseña una estructura en la que las cargas están aplicadas a los vanos del mismo (figura 4.2), se producen efectos de flexión peligrosos en las barras, provocando una posible falla en la estructura de cubierta.

Figura 4.1. Carga en los nudos.



Fuente: Manual técnico para cubiertas.

Figura 4.2. Carga en los vanos.



Fuente: Manual técnico para cubiertas.

4.2. TIPOS DE CARGAS

Poder determinar con precisión las cargas en una estructura es de suma importancia, debido que estas son las que hacen trabajar al sistema estructural, por lo que una segura agrupación de cargas dará el éxito del proyecto.

Por medio de las configuraciones arquitectónicas, estructurales de la edificación es posible estimar, agrupar y modelar las cargas, sus efectos que causan en la estructura. De esta manera la forma de manejo de las cargas se basa en el método de diseño

Elástico, debido que se estima las cargas de trabajo o servicio, es decir lo que la estructura tiene que soportar.

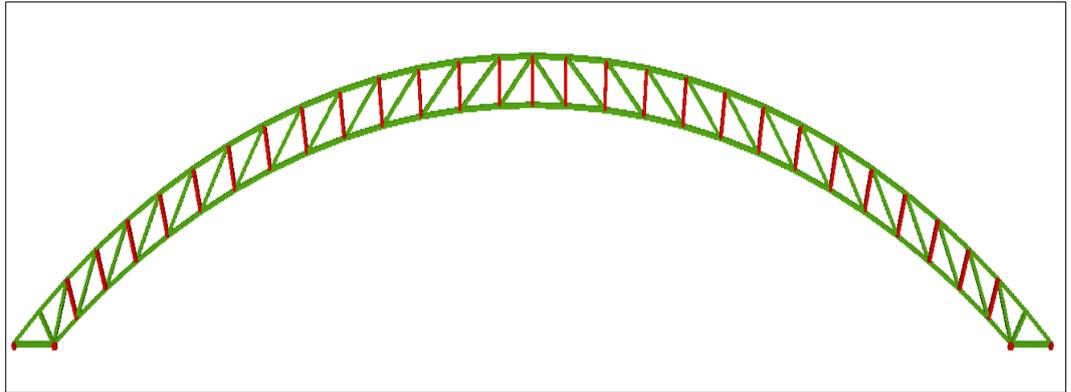
Para el análisis de cargas, estas se han subdividido en tres grupos, las que corresponden a, carga muerta o permanente, carga viva y cargas especiales, estas dependen de las condiciones y características propias de la estructura.

4.2.1. CARGAS MUERTAS O PERMANENTES

Se llaman cargas muertas a las que tienen magnitud constante y pueden permanecer en el mismo lugar durante su vida útil. En este apartado están incluidos todos los elementos físicos de la estructura, los que están diseñados en este proyecto y los posibles accesorios que se colocaran después de la ejecución del mismo, se debe tener presente que como no se conoce las dimensiones exactas de los elementos estructurales que conforman la cubierta, este tipo de carga será el resultado de estimaciones dadas en el capítulo III de este trabajo de grado. Estos pesos las podemos clasificar de la siguiente manera.

- **Peso de arcos:** corresponden a los miembros estructurales principales que soportan la cubierta y los que transmiten las solicitaciones de carga a la cimentación. Estos elementos están conformados con un sistema de barras rectas unidas de forma rígida y simétrica en diversos nudos, los cuales son los que soportan los esfuerzos de las cargas.

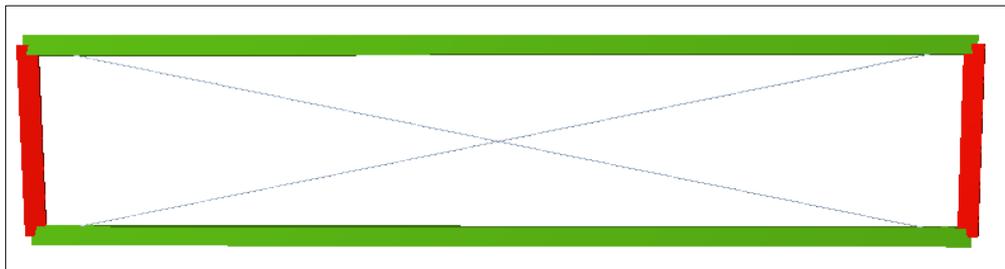
Figura 4.3. Tipología de arco a diseñar.



Fuente: Autor.

- **Peso de correas:** las correas son miembros estructurales que se encuentran en contacto directo con la cobertura de la estructura, estos elementos transmiten las cargas y los esfuerzos producidos por agentes externos, el peso propio de la misma, hacia los arcos. El comportamiento de estos miembros estructurales son similares a la una viga en flexión, debido se encuentran en medio de los arcos, salvando luces pequeñas.

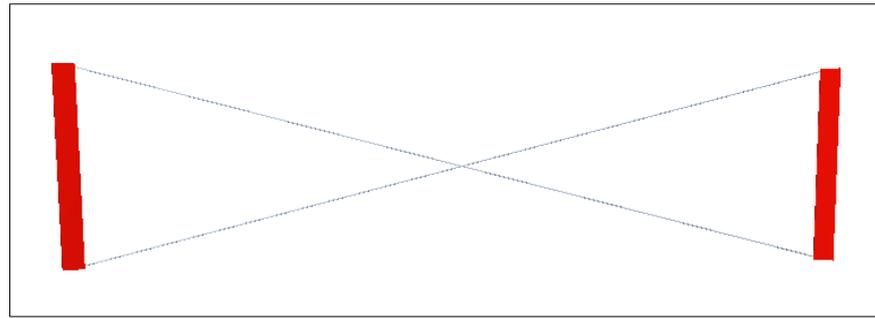
Figura 4.4. Tipología de correa a diseñar.



Fuente: Autor.

- **Peso de los tensores:** los tensores son miembros estructurales simples que trabajan solo a tracción o compresión, estos elementos secundarios que tienen como único objetivo el rigidizar a la estructura de cubierta, evitando el pandeo y torsión excesiva en los miembros estructurales principales.

Figura 4.5. Tipología de tensor a diseñar.



Fuente: Autor.

- **Peso de la cubierta:** la cubierta corresponde a todo el conjunto de planchas, laminas corrugadas, etc., que se ha utilizado para proteger a la estructura de los embates de la naturales tales como: sol, lluvia, granizo y viento. Estos esfuerzos producidos por dichas cargas son transmitidos a las correas y estos a la vez a los miembros estructurales principales que son los arcos.
- **Instalaciones eléctricas:** corresponde a todo el sistema de cableado y accesorios eléctricos que se necesita en una cubierta, así como los elementos esenciales como ventiladores, reflectores, focos, lámparas o cualquier otro sistema de iluminación de pesos considerables.

4.2.2 CARGA VIVA

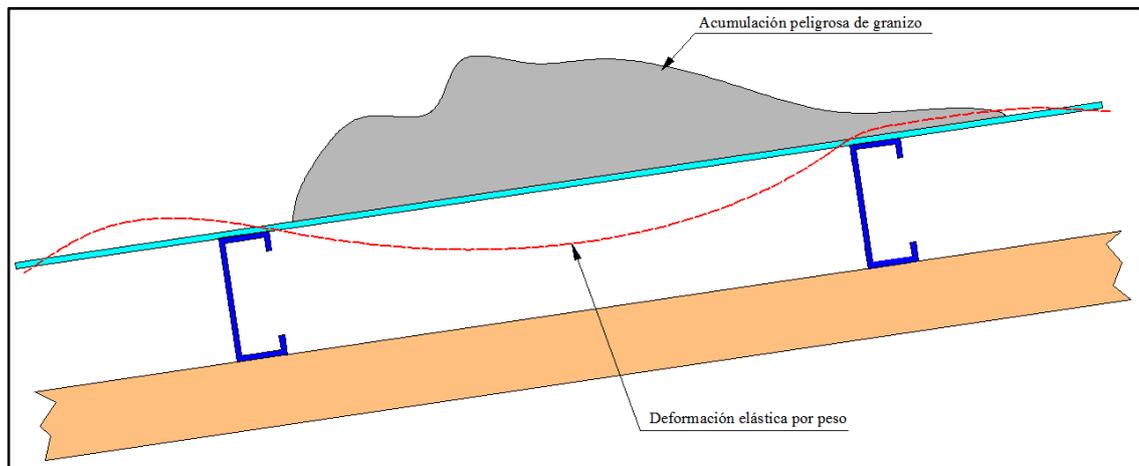
Es la carga gravitacional puede actuar en diferentes partes de la estructura, varía su magnitud en el tiempo desde un valor nulo hasta un valor máximo estimado (Romo Proaño, 2007).

Estas cargas están en movimiento por lo que conlleva a una incertidumbre en la determinación exacta de las mismas, el estudio de los efectos que producen este tipo de cargas, ha sido estudiado y analizado por décadas, y gracias a ello hoy en día existe una buena aproximación a estos valores, los que variarán según el uso y destino final de las estructuras. La Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-11) en su capítulo 1, ayudan en gran manera a determinan el valor de carga mínima a considerar.

Estas cargas se las ha subdivido de la siguiente manera:

- **Acción del granizo o lluvia:** corresponden a la carga que produce la lluvia y el granizo sobre la cubierta, este último puede acumularse peligrosamente en sectores aislados causando efectos de flexión sobre las láminas de galvalume (figura 4.3.), lo que podría causar fallo en la estructura de cubierta, empezando por los miembros estructurales mas débiles. Por lo que se debe diseñar la cubierta de tal manera que cada porción de la misma pueda soportar la carga de toda el agua lluvia y granizo que se acumule sobre la ella.

Figura 4.6. Acumulación peligrosa de granizo.



Fuente: Manual técnico para cubiertas.

- **Acción de personal por mantenimiento y montaje:** este tipo de carga corresponde a los esfuerzos adicionales que se producen al momento de montaje e izado inicial de la estructura de cubierta, estas cargas son de suma importancia debido que se debe considerar el equipo y mano de obra que se utilizarán para el armado de la estructura. Además esta situación de cargar puede repetirse varias veces debido que el proyecto requiere de manteniendo constante, ya sea por el cambio de láminas de la cubierta o por reparaciones eléctricas.

4.2.3. CARGAS ESPECIALES

Se llaman cargas especiales a aquellas las cuales tienen un tratamiento diferente a las otras, este tipo de cargas maceren de un mayor análisis que las anteriores. Dentro de estas cargas tenemos las cargas por acción del viento y cargas por efectos sísmicos.

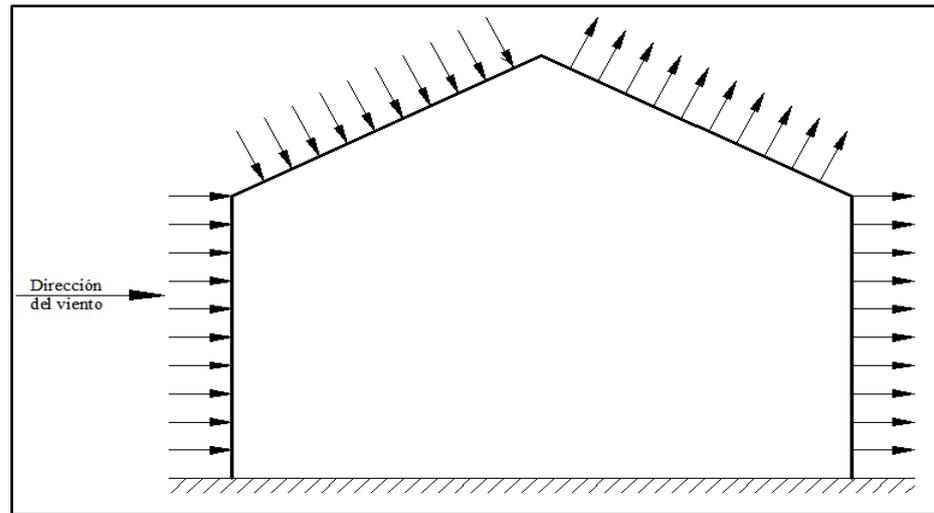
- **Carga por acción del viento:** la NEC-11 establece los parámetros para el cálculo y análisis de la acción del viento, la carga de viento tiene gran importancia sobre los proyectos estructurales, no solo en edificaciones de gran altura sino también en estructura ligeras que corren peligro de fallar ante las solicitaciones de este tipo de carga. Por lo que las estructuras se analizan ordinariamente bajo la actuación del viento en dirección a sus ejes principales y en ambos sentidos (Rodríguez-Avial Azcúnaga, 1963). Para este caso, se estima que el viento actúe en cualquier dirección, por lo que se ha establecido la dirección más desfavorable en la que el viento actuará en la cubierta del coliseo.

Los efectos que se producen se encuentran en directa relación con tipo de estructura, así se tiene dos tipos de edificaciones en las cuales el comportamiento del viento es diferente.

Hoy en día existen diferentes tipologías estructurales, las cuales tienen diferentes comportamientos ante las solicitaciones de carga del viento, por tal motivo se ha visto de suma importancia conocer la clasificación de las edificaciones que están sometidas a la acción del viento.

- **Edificaciones cerradas:** el efecto del viento sobre este tipo de edificaciones tiende a afectar a toda la estructura, debido que el viento actúa sobre todos los lados de la estructura la cual debe soportar las solicitaciones de este tipo de carga. Estas edificaciones corresponden a las cuales todos sus lados se encuentran cubiertos y no permiten el paso del viento, así tenemos naves industriales, edificios, iglesias, etc.

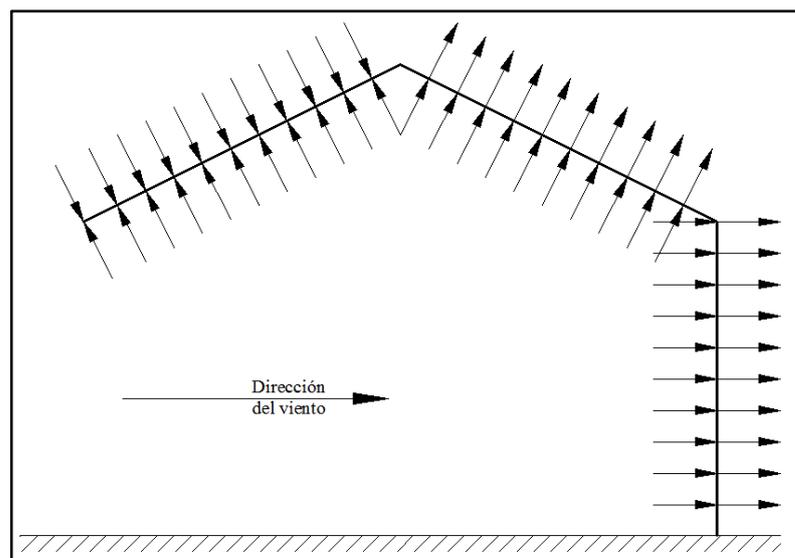
Figura 4.7. Efectos del viento en edificaciones cerradas.



Fuente: Rodríguez-Avial Azcúnaga.

- **Edificaciones abiertas:** El efecto que produce el viento sobre este tipo de edificaciones, es mayor al de las edificaciones cerradas, debido que el viento afecta a todos los lados de la construcción, causando una acción de desprendimiento de la estructura. En este tipo de estructuras tenemos aquellas que se encuentran montadas en voladizo tales como: tribunas, estaciones de servicio (gasolineras), cubiertas en voladizo, etc.

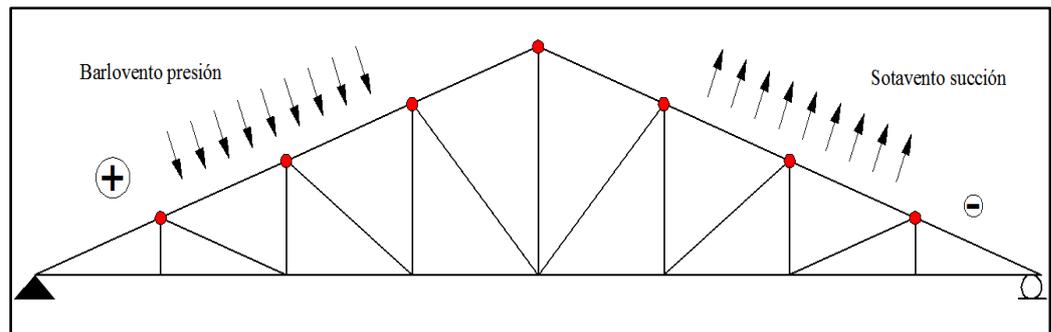
Figura 4.8. Efectos del viento en edificaciones abiertas.



Fuente: Rodríguez-Avial Azcúnaga.

El viento produce dos acciones principales sobre una cubierta, la primera a Barlovento o presión positiva, la segunda a sotavento que produce succión (figura 4.6.). El viento tiene una velocidad v (m./s.) que produce una presión dinámica en los lugares donde se anula dicha velocidad, causando sollicitaciones de carga en los miembros que conforman la cubierta del coliseo.

Figura 4.9. Acciones del viento sobre cubiertas.



Fuente: Manual técnico para cubiertas.

- **Carga por acción del sismo:** ante un evento sísmico las estructuras llegan a tener vibraciones y concentraciones de energía en sus miembros estructurales, en los que pueden acumularse energía peligrosamente causando el fallo del elemento. Por tal razón las normas y códigos actuales ayudan a determinar con seguridad el valor de carga que se necesita para realizar un diseño confiable.

4.3. ANÁLISIS DE CARGAS

4.3.1. CARGAS MUERTAS O PERMANENTES

4.3.1.1. Prediseño del peso de arcos.

El peso propio del arco por metro lineal se puede calcular por la siguiente expresión:

$$g = \frac{G}{S}$$

Dónde:

g = es el peso de 1m de arco.

S = la longitud del arco en metros.

G = peso total del arco en KN.

(Mujanov, 1986)

Por lo tanto:

$$G = w * B * c$$

Dónde:

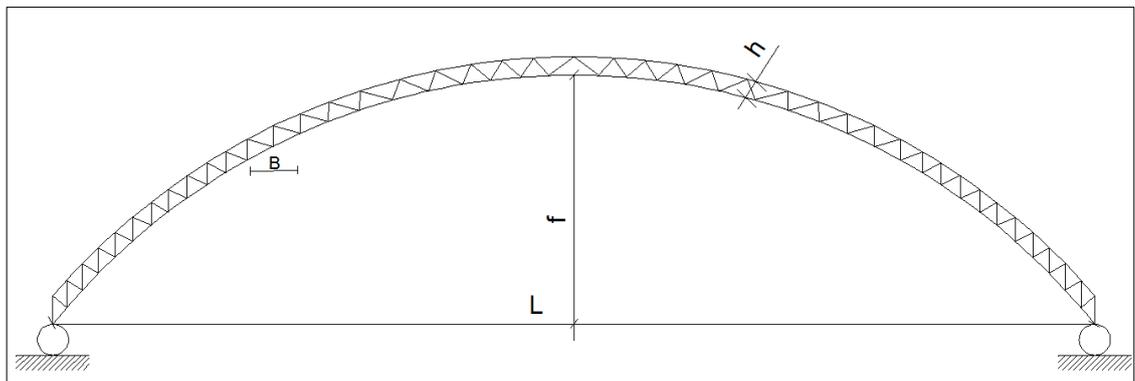
$$w = \frac{2}{3} * f * L \text{ (m2)}.$$

B = es el paso (distancia recta entre coordenadas) de los arcos en metros.

c = 0.02-0.04.

(Mujanov, 1986)

Figura 4.10. Parámetros de un arco.



Fuente: K.K. Mujanov.

Entonces:

El paso de los arcos K. K. Mujanov, recomienda entre 4-6 metros.

$$G = \frac{2}{3} * 5 * 28.35 * 5 * 0.04$$

$$G = 18.9 \text{ KN}$$

Aplicando la expresión anterior se tiene:

$$g = \frac{18.9}{29}$$

$$g = 0.652 \text{ KN/m}$$

$$g = 0.65 \text{ KN/m}$$

$$g = 65.17 \text{ Kg/m}$$

4.3.1.2. Peso de las correas.

Para lograr una mayor aproximación a los pesos que las correas aportan hacia los arcos, se ha visto la necesidad de calcular dichas cargas con el software utilizado para el diseño de la cubierta, debido que estos miembros estructurales varían la longitud dependiendo de la ubicación de los mismos.

Tabla 4.1. Peso de correas.

Material		Longitud		Volumen			Peso	
Tipo	Designación	Perfil	Materia l	Perfi l	Seri e	Materia l	Perfil	Materia l
		(m)	(m)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(kg)	(kg)
Acero laminado	A36	3573.3	3573.3	8.34	8.34	8.347	65526.2	65526.2

Fuente: Autor.

4.3.1.2. Peso de los tensores.

$$P_{ten} = L_{total} * W_{ten}$$

Dónde:

P_{ten} = Peso de los tensores en Kg.

L_{total} = Longitud total de tensores m.

W_{ten} = Peso específico del tensor Kg/ml.

Entonces:

$$L_{total} = 2062.397 \text{ m}$$

$$W_{ten} = 7,850 \text{ kg/m}^3$$

(Norma Ecuatoriana de la Construcción c. 2., 2011)

Aplicando la fórmula se tiene:

$$P_{ten} = 2062.4 * 7,860$$

$$P_{ten} = 16210.4 \text{ kg}$$

Por lo tanto:

$$Area \text{ cubierta} = 2437 \text{ m}^2$$

$$P_{distribuida} = 16210.4/2437$$

$$P_{distribuida} = 6.65 \text{ kg/m}^2$$

4.3.1.3. Peso de cubierta.

Para la obtención de este tipo de carga se ha visto la necesidad de apoyarse en el catálogo de DIPAC, el cual establece:

Tabla 4.2. Pesos de cubiertas.

Distancia de Correas								
Espesores	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.60	0.70
ml	1.00	1.40	1.50	1.60	1.70	1.80	1.90	2.00
Pesos Dipanel								
Espesores	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.60	0.70
Kg/m ²	2.40	2.87	3.35	3.83	4.31	4.79	5.75	6.71

Fuente: Catálogo DIPAC.

Por lo tanto se ha tomado un peso de Dipanel de:

$$PDipanel = 6.71 \text{ kg/m}^2$$

4.3.1.4. Peso de instalaciones eléctricas.

Para poder estimar el peso de las instalaciones se ha tenido que apoyar en el Reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR 10, el cual en su apéndice B de cargas establece que:

$$P_{instalaciones\ eléctricas} = 0.3 \text{ KN/m}^2$$

$$P_{instalaciones\ eléctricas} = 30.61 \text{ Kg/m}^2$$

(Norma Sismo Resistente Colombiana, 2010)

4.3.2. CARGAS VIVAS

4.3.2.1. Carga por granizo.

Este tipo de carga es muy eventual, pero no se puede ignorar, por lo que se ha incluido en este análisis de cargas.

Para facilitar los cálculos, el manual técnico para cubiertas realizado por Tugalt, establece una carga aproximada de granizo de 10 a 20 kg/m², por lo tanto:

$$P_{granizo} = 20 \text{ kg/m}^2$$

4.3.2.2. Carga por montaje y mantenimiento.

La norma ecuatoriana de la construcción en su capítulo 1 de cargas y materiales establece, que para cubiertas planas, inclinadas y curvas, una carga uniformemente distribuida de 0.7 KN/m², por lo tanto:

$$P_{\text{montaje}} = 700/9.8$$

$$P_{\text{montaje}} = 71.43 \text{ kg/m}^2$$

(Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2011)

4.3.3. CARGAS ESPECIALES

4.3.3.1. Acción del viento.

Según la Norma Ecuatoriana de la Construcción en su capítulo 1 de cargas y materiales establece una velocidad mínima de 75 km/h para el análisis de acción de viento, el cual es corregido aplicando el factor σ , está dado por la siguiente tabla:

Tabla 4.3. Coeficiente de corrección, σ .

ALTURA (m)	SIN OBSTRUCCIÓN (Categoría A)	OBSTRUCCIÓN BAJA (Categoría B)	ZONA EDIFICADA (Categoría C)
5	0,91	0,86	0,8
10	1,00	0,90	0,8
20	1,06	0,97	0,88
40	1,14	1,03	0,96
80	1,21	1,14	1,06
150	1,28	1,22	1,15

Categoría A: edificios frente al mar, zonas rurales o espacios abiertos sin obstáculos topográficos.

Categoría B: edificios en zonas suburbanas con edificación de baja altura, promedio hasta 10m.

Categoría C: zonas urbanas con edificios de altura.

Fuente: Norma ecuatoriana de la construcción-Cargas y materiales.

Se tiene una estructura en categoría B, la cual se encuentra con obstrucciones topográficas, con el valor de la altura de la misma se obtiene el valor de σ .

$$\sigma = 0.97$$

Entonces:

$$v_b = v * \sigma$$

Dónde:

v_b = velocidad corregida del viento en km/h.

V = velocidad instantánea máxima de viento en km/h, registrada a 10 m de altura sobre el terreno.

σ = coeficiente de corrección.

(Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2011)

Por lo tanto:

$$v_b = 0.97 * 75$$

$$v_b = 72.75 \text{ km/h}$$

$$v_b = 20.208 \text{ m/s}$$

La acción del viento se considera como una presión que actúa sobre la cubierta, para poder estimar este efecto la norma ecuatoriana de la construcción en su capítulo 1 de cargas y materiales establece la siguiente expresión:

$$P = \frac{1}{2} * \rho * v_b^2 * C_e * C_f$$

Dónde:

P = presión de cálculo expresada en Pa ó N/m².

ρ = densidad del aire expresada en kg/m³.

V_b = velocidad básica de viento en m/s.

C_e = coeficiente de entorno/altura.

C_f = coeficiente de forma.

(Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2011)

La norma ecuatoriana de la construcción en su capítulo 1 de cargas y materiales da los siguientes valores para los parámetros de la expresión.

$$\rho = 1.25 \text{ kg/m}^3$$

$$v_b = 20.208 \text{ m/s}$$

El coeficiente de exposición C_e , está determinado por entorno en donde se encuentra la estructura, por tal motivo la siguiente tabla da dicho valor:

Tabla 4.4. Coeficiente de exposición, C_e .

Grado de aspereza del entorno	Altura del punto considerado (m)							
	3	6	9	12	15	18	24	30
I Borde del mar o de un lago, con una superficie de agua en la dirección del viento de al menos 5 km de longitud	2,2	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,3	3,5
II Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia	2,1	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,3	3,5
III Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas	1,6	2,0	2,3	2,5	2,6	2,7	2,9	3,1
IV Zona urbana en general, industrial o forestal	1,3	1,4	1,7	1,9	2,1	2,2	2,4	2,6
V Centro de negocio de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura	1,2	1,2	1,2	1,4	1,5	1,6	1,9	2,0

Fuente: Documento básico SE-AE.

Por lo tanto, como este proyecto se encuentra en una zona urbana en general, ubicada a 14 metros de altura se tiene.

$$C_e = 2,1$$

Por último el coeficiente de forma C_f esta determinado por la siguiente tabla:

Tabla 4.5. Coeficiente de forma, C_f .

CONSTRUCCIÓN	Barlovento	Sotavento
Superficies verticales de edificios	+0.8	
Anuncios, muros aislados, elementos con una dimensión corta en el sentido del viento	+1.5	
Tanques de agua, chimeneas y otros de sección circular o elíptica	+0.7	
Tanques de agua, chimeneas y otros de sección cuadrada o rectangular	+2.0	
Arcos y cubiertas cilíndricas con un ángulo de inclinación que no exceda los 45°	+0.8	-0.5
Superficies inclinadas a 15° o menos	+0.3 a 0	-0.6
Superficies inclinadas entre 15° y 60°	+0.3 a +0.7	-0.6
Superficies inclinadas entre 60° y la vertical	+0.8	-0.6
El signo positivo (+) indica presión		
El signo negativo (-) indica succión		

Fuente: Norma ecuatoriana de la construcción.

Se tiene los siguientes valores:

$$C_{f\text{Barlovento}} = 0.8$$

$$C_{f\text{Sotavento}} = -0.5$$

Aplicando la expresión de presión de viento se tiene:

- Presión a barlovento:

$$P = \frac{1}{2} * 1.25 * 20.208^2 * 2.1 * 0.8$$

$$P = 428.78 \text{ N/m}^2$$

$$P = 43.75 \text{ kg/m}^2$$

- Presión a sotavento:

$$P = \frac{1}{2} * 1.25 * 20.208^2 * 2.1 * -0.5$$

$$P = -267.99.75 \text{ N/m}^2$$

$$P = -27.35 \text{ kg/m}^2$$

4.3.3.2. Tipo de perfil de suelo

La Norma Ecuatoriana de la Construcción en su capítulo 2, Peligro Sísmico establece la siguiente tabla para la clasificación del perfil de suelo a utilizar en el diseño de una edificación:

Tabla 4.6. Clasificación de los perfiles de suelo.

Tipo de perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$\bar{V}_s \geq 1500 \text{ m/s}$
B	Perfil de roca de rigidez media	$1500 \text{ m/s} > \bar{V}_s \geq 760 \text{ m/s}$
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$760 \text{ m/s} > \bar{V}_s \geq 360 \text{ m/s}$
	perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	$\bar{N} \geq 50.0$ $\bar{S}_u \geq 100 \text{ KPa} (\approx 1 \text{ kgf/cm}^2)$
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$360 \text{ m/s} > \bar{V}_s \geq 180 \text{ m/s}$
	perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	$50 > \bar{N} \geq 15.0$ $100 \text{ kPa} (\approx 1 \text{ kgf/cm}^2) > \bar{S}_u \geq 50 \text{ kPa} (\approx 0.5 \text{ kgf/cm}^2)$
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$\bar{V}_s < 180 \text{ m/s}$
	perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas	$IP > 20$ $w \geq 40\%$ $\bar{S}_u < 50 \text{ kPa} (\approx 0.50 \text{ kgf/cm}^2)$
F	Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista (Ver 2.5.4.9). Se contemplan las siguientes subclases:	
	<p>F1—Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como; suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc.</p> <p>F2—Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas (H > 3m para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas).</p> <p>F3—Arcillas de muy alta plasticidad (H > 7.5 m con índice de Plasticidad IP > 75)</p> <p>F4—Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda (H > 30m)</p> <p>F5—Suelos con contrastes de impedancia α ocurriendo dentro de los primeros 30 m superiores del perfil de subsuelo, incluyendo contactos entre suelos blandos y roca, con variaciones bruscas de velocidades de ondas de corte.</p> <p>F6—Rellenos colocados sin control ingenieril.</p>	

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción.

Según los estudios realizados por el Ing. Msc. Juan Pablo Riquetti, el tipo de suelo que se tiene en el lugar de implementación del proyecto es un suelo rígido, constituida por grava y arcilla en su mayor parte por lo que según la clasificación de la norma Ecuatoriana de la Construcción es un tipo de perfil D.

4.3.3.3. Acción sísmica.

La norma ecuatoriana de la construcción en capítulo 2, peligro sísmico, establece el cortante de diseño ante un evento sísmico el cual está dado por la siguiente expresión:

$$V = \frac{IS_a}{R\phi_P\phi_E} W$$

Dónde:

I = factor de importancia.

W = carga reactiva.

S_a = aceleración espectral correspondiente al espectro de respuesta elástico para diseño.

R = factor de reducción de respuesta estructural.

ϕ_P, ϕ_E = factores de configuración estructural en planta y en elevación.

(Norma Ecuatoriana de la Construcción c. 2., 2011)

- El factor de importancia I, está definido por el tipo de uso y destino que tiene la estructura, de esta manera esta defino por la siguiente tabla:

Tabla 4.7. Tipo de uso, destino e importancia de la estructura.

Categoría	Tipo de uso, destino e importancia	Factor
Edificaciones esenciales y/o peligrosas	Hospitales, clínicas, Centros de salud o de emergencia sanitaria. Instalaciones militares, de policía, bomberos, defensa civil. Garajes o estacionamientos para vehículos y aviones que atienden emergencias. Torres de control aéreo. Estructuras de centros de telecomunicaciones u otros centros de atención de emergencias. Estructuras que albergan equipos de generación y distribución eléctrica. Tanques u otras estructuras utilizadas para depósito de agua u otras substancias anti-incendio. Estructuras que albergan depósitos tóxicos, explosivos, químicos u otras substancias peligrosas.	1.5
Estructuras de ocupación especial	Museos, iglesias, escuelas y centros de educación o deportivos que albergan más de trescientas personas. Todas las estructuras que albergan más de cinco mil personas. Edificios públicos que requieren operar continuamente	1.3
Otras estructuras	Todas las estructuras de edificación y otras que no clasifican dentro de las categorías anteriores	1.0

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción.

- La carga reactiva W representa la carga reactiva por sismo, y es igual a la carga muerta total de la estructura mas un 25% de la carga viva de piso.
(Norma Ecuatoriana de la Construcción c. 2., 2011)

- Aceleración espectral S_a , el espectro de respuesta elástico es expresado como fracción de la aceleración de la gravedad S_a , para el nivel del sismo de diseño, consistente con el factor de zona sísmica Z , el tipo de suelo del sitio de emplazamiento de la estructura y considerando los valores de los coeficientes de amplificación o amplificación del suelo. Dicho espectro, obedece a una fracción de amortiguamiento respecto al crítico de 0.05, se obtiene mediante las siguientes expresiones, válidas para periodos de vibración estructural T pertenecientes a 2 rangos:

$$S_a = \eta Z F a \quad \text{para } 0 \leq T \leq T_c$$

$$S_a = \eta Z F a \left(\frac{T_c}{T} \right)^r \quad \text{para } T > T_c$$

(Norma Ecuatoriana de la Construcción c. 2., 2011)

Por lo tanto el periodo de vibración de la estructura T , para cada dirección principal, se estima mediante el siguiente método dado por la Norma ecuatoriana de la construcción en su capítulo 2, peligro sísmico.

$$T = C_t h_n^\alpha$$

Dónde:

- h_n = altura de la edificación de n pisos, medida desde la base de la estructura, en metros.
- Para estructuras de acero sin arriostramientos, $C_t = 0.072$ y $\alpha = 0.80$.
- Para estructuras de acero con arriostramientos, $C_t = 0.073$ y $\alpha = 0.75$.

- Para pórticos especiales de hormigón armado sin muros estructurales ni diagonales rigidizadoras, $C_t = 0.047$ y $\alpha = 0.9$.
- Para pórticos especiales de hormigón armado con muros estructurales o diagonales rigidizadoras y para otras estructuras basadas en muros estructurales y mampostería estructural, $C_t = 0.049$ y $\alpha = 0.75$.

(Norma Ecuatoriana de la Construcción c. 2., 2011)

Por lo tanto:

$$T = 0.073 * 19^{0.75}$$

$$T = 0.664$$

Entonces:

$$T_c = 0.05$$

$$T = 0.664$$

Por lo tanto:

$$T > T_c$$

Se utiliza la siguiente expresión para estimar la aceleración espectral:

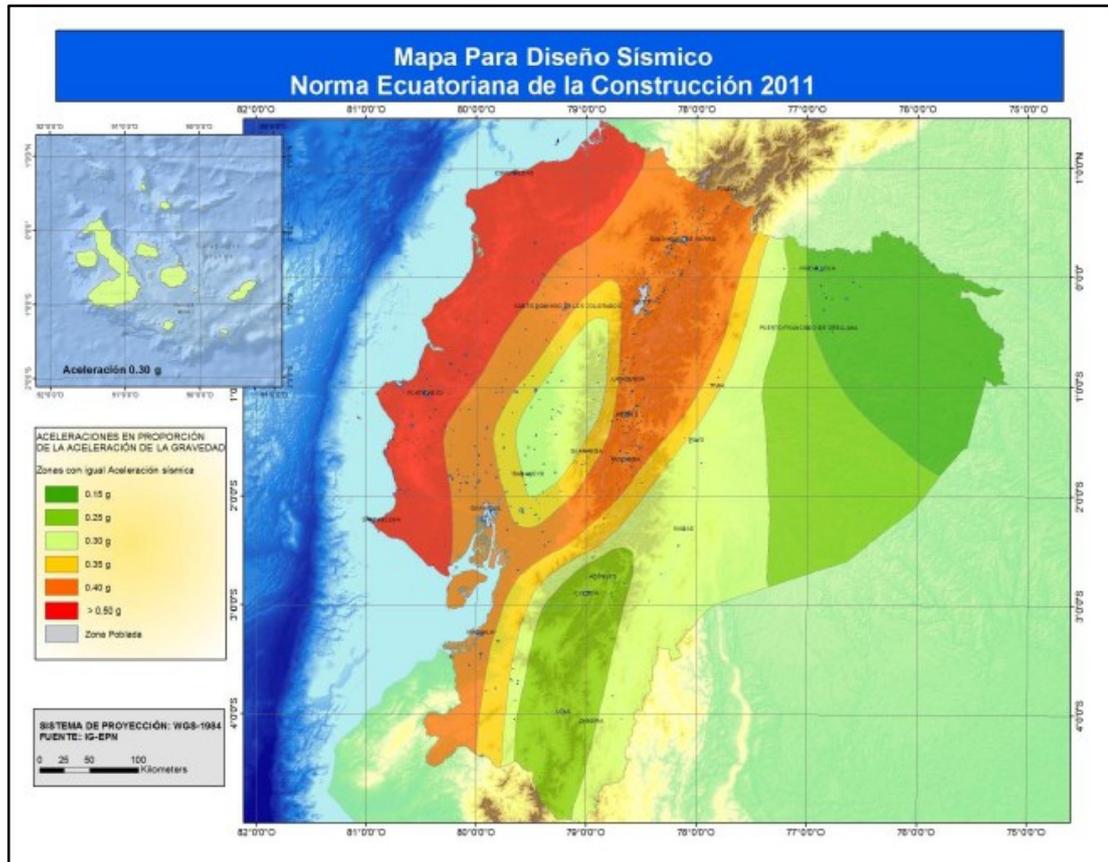
$$S_a = \eta Z F_a (T_c/T)^r \text{ para } T > T_c$$

Dónde:

- La relación de la amplificación espectral η , varía dependiendo de la región del Ecuador, así se tiene: $\eta = 1.8$ (Provincias de la Costa, excepto Esmeraldas), 2.48 (Provincias de la Sierra, Esmeraldas y Galápagos), 2.6 (Provincias del Oriente).

- Factor de zona Z, está determinado por el mapa de zonificación del Ecuador, descrito en la figura 4.7.

Figura 4.11. Ecuador, zonas sísmicas para propósitos de diseño y valores de zona Z.



Fuente: Norma Ecuatoriana de la construcción.

Tabla 4.8. Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada.

Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI
Valor factor Z	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥ 0.50
Caracterización del peligro sísmico	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy alta

Fuente: Norma Ecuatoriana de la construcción.

Por lo tanto para la ciudad de Cuenca, la Norma ecuatoriana de la construcción establece el siguiente factor:

$$Z = 0.25$$

- El coeficiente de amplificación o de amplificación dinámica de perfiles de suelo F_a , está dado por al siguiente tabla, la cual da los valores del coeficiente que amplifica las ordenadas del espectro de respuesta elástico de aceleraciones para diseño en roca, tomando en cuenta los efectos de sitio (Norma Ecuatoriana de la Construcción c. 2., 2011).

Tabla 4.9. Tipo de suelo y factores de sitio F_a .

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI
	valor Z (Aceleración esperada en roca, 'g)	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥0.5
A		0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B		1	1	1	1	1	1
C		1.4	1.3	1.25	1.23	1.2	1.18
D		1.6	1.4	1.3	1.25	1.2	1.12
E		1.8	1.5	1.39	1.26	1.14	0.97
F		ver nota					

Fuente: Norma Ecuatoriana de la construcción.

Por lo tanto:

Tipo de suelo: D

$$Z = 0.25$$

$$F_a = 1.4$$

- El periodo de vibración T_c , está dado por las siguiente expresión:

$$T_c = 0.55 F_s \frac{F_d}{F_a}$$

Dónde:

El coeficiente F_s considera, el comportamiento no lineal de los suelos, la degradación del periodo del sitio que dependiendo de la intensidad

y contenido de frecuencia de la excitación sísmica y los desplazamiento relativos del suelo, para espectros de aceleraciones y desplazamientos (Norma Ecuatoriana de la Construcción c. 2., 2011).

Tabla 4.10. Tipo de suelo y factor del comportamiento inelástico del subsuelo F_s .

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI
	valor Z (Aceleración esperada en roca, 'g)	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥ 0.5
A		0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
B		0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
C		1	1.1	1.2	1.25	1.3	1.45
D		1.2	1.25	1.3	1.4	1.5	1.65
E		1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2
F		ver nota					

Fuente: Norma Ecuatoriana de la construcción.

Por lo tanto:

Tipo de suelo: D

$$Z = 0.25$$

$$F_s = 1.25$$

El coeficiente F_d está dado por la siguiente tabla, es aquel que amplifica las ordenadas del espectro de respuesta de desplazamientos para diseño en roca, considerando pos efectos de sitios (Norma Ecuatoriana de la Construcción c. 2., 2011).

Tabla 4.11. Tipo de suelo y factores de sitio Fd.

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI
	valor Z (Aceleración esperada en roca, 'g)	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥0.5
A		0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B		1	1	1	1	1	1
C		1.6	1.5	1.4	1.35	1.3	1.25
D		1.9	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
E		2.1	1.75	1.7	1.65	1.6	1.5
F		ver nota					

Fuente: Norma Ecuatoriana de la construcción.

Por lo tanto:

Tipo de suelo: D

$$Z = 0.25$$

$$F_d = 1.7$$

Entonces aplicando la expresión de del período de vibración T_c se tiene:

$$T_c = 0.55 * 1.25 \frac{1.7}{1.4}$$

$$T_c = 0.835$$

- $r = 1$, para tipo de suelo A, B o C y $r = 1.5$, para tipo de suelo D o E.
- El periodo de vibración T, obtenido anteriormente:

$$T = 0.528$$

Finalmente reemplazando en la expresión de la aceleración espectral S_a , se tiene:

$$S_a = 2.48 * 0.25 * 1.4 (0.835/0.528) ^{1.5}$$

$$S_a = 1.726$$

- El factor de respuesta estructural R , está definido por el sistema estructural a utilizarse en la edificación, los cuales se encuentran descritos en la tabla 4.12.

Por lo tanto:

$$R = 6$$

- El factor de reducción estructural en planta ϕ_P , se estima a partir del análisis de las características de regularidad e irregularidad en las plantas de la estructura, descritas en la tabla 4.13.

Por lo tanto:

$$\phi_P = 0.9$$

- El factor de reducción estructural en planta ϕ_E , se estima a partir del análisis de las características de regularidad e irregularidad en elevación de la estructura, descritas en la tabla 4.14.

Por lo tanto:

$$\phi_E = 0.9$$

Tabla 4.12. Coeficiente de reducción de respuesta estructural R.

Valores del coeficiente de reducción de respuesta estructural R, Sistemas Estructurales Dúctiles	
Sistemas Duales	
Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas, con muros estructurales de hormigón armado o con diagonales rigidizadoras, sean de hormigón o acero laminado en caliente.	7
Pórticos de acero laminado en caliente con diagonales rigidizadoras (excéntricas o concéntricas) o con muros estructurales de hormigón armado.	7
Pórticos con columnas de hormigón armado y vigas de acero laminado en caliente con diagonales rigidizadoras (excéntricas o concéntricas).	7
Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas banda, con muros estructurales de hormigón armado o con diagonales rigidizadoras.	6
Pórticos resistentes a momentos	
Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas.	6
Pórticos especiales sismo resistentes, de acero laminado en caliente o con elementos armados de placas.	6
Pórticos con columnas de hormigón armado y vigas de acero laminado en caliente.	6
Otros sistemas estructurales para edificaciones	
Sistemas de muros estructurales dúctiles de hormigón armado.	5
Pórticos especiales sismo resistentes de hormigón armado con vigas banda.	5
Valores del coeficiente de reducción de respuesta estructural R, Sistemas Estructurales de Ductilidad Limitada	
Pórticos resistentes a momento	
Hormigón Armado con secciones de dimensión menor a la especificada en el capítulo 4, limitados a viviendas de hasta 2 pisos con luces de hasta 4 metros.	3
Estructuras de acero conformado en frío, aluminio, madera, limitados a 2 pisos.	3
Muros estructurales portantes	
Mampostería no reforzada, limitada a un piso.	1
Mampostería reforzada, limitada a 2 pisos.	3
Mampostería confinada, limitada a 2 pisos.	3
Muros de hormigón armado, limitados a 4 pisos.	3

Fuente: Norma Ecuatoriana de la construcción.

Tabla 4.13. Coeficiente de irregularidad en planta.

IRREGULARIDAD PENALIZADA EN PLANTA IRREGULARIDADES PENALIZADAS EN PLANTA	
<p>Tipo 1 - Irregularidad torsional $\phi_{tr}=0.9$ $\Delta > 1.2 \frac{(\Delta 1 + \Delta 2)}{2}$</p> <p>Existe irregularidad por torsión, cuando la máxima deriva de piso de un extremo de la estructura calculada incluyendo la torsión accidental y medida perpendicularmente a un eje determinado, es mayor que 1,2 veces la deriva promedio de los extremos de la estructura con respecto al mismo eje de referencia. La torsión accidental se define en el numeral 6.4.2 del presente código.</p>	
<p>Tipo 2 - Retrocesos excesivos en las esquinas $\phi_{tr}=0.9$ $A > 0.15B$ y $C > 0.15D$</p> <p>La configuración de una estructura se considera irregular cuando presenta entrantes excesivos en sus esquinas. Un entrante en una esquina se considera excesivo cuando las proyecciones de la estructura, a ambos lados del entrante, son mayores que el 15% de la dimensión de la planta de la estructura en la dirección del entrante.</p>	
<p>Tipo 3 - Discontinuidades en el sistema de piso $\phi_{tr}=0.9$ a) $C \times D > 0.5A \times B$ b) $(C \times D + C \times E) > 0.5A \times B$</p> <p>La configuración de la estructura se considera irregular cuando el sistema de piso tiene discontinuidades apreciables o variaciones significativas en su rigidez, incluyendo las causadas por aberturas, entrantes o huecos, con áreas mayores al 50% del área total del piso o con cambios en la rigidez en el plano del sistema de piso de más del 50% entre niveles consecutivos.</p>	
<p>Tipo 4 - Ejes estructurales no paralelos $\phi_{tr}=0.9$</p> <p>La estructura se considera irregular cuando los ejes estructurales no son paralelos o simétricos con respecto a los ejes ortogonales principales de la estructura.</p>	
<p>Nota: La descripción de estas Irregularidades no faculta al calculista o diseñador a considerarlas como normales, por lo tanto la presencia de estas Irregularidades requiere revisiones estructurales adicionales que garanticen el buen comportamiento local y global de la edificación.</p>	

Fuente: Norma Ecuatoriana de la construcción.

Tabla 4.14. Coeficientes de irregularidad en elevación.

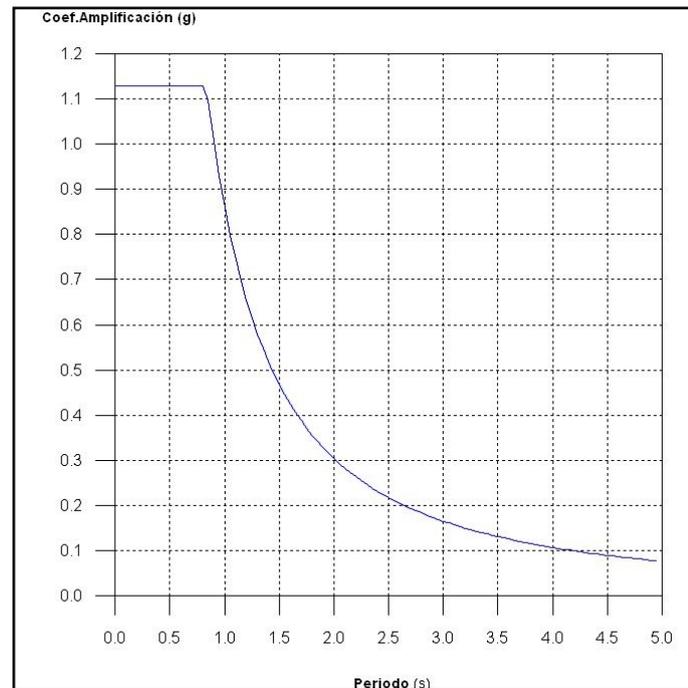
IRREGULARIDAD PENALIZADA EN ELEVACIÓN	
<p>Tipo 1 - Piso flexible $\phi_E=0.9$ Rigidez $K_c < 0.70$ Rigidez K_0 $Rigidez < 0.80 \frac{(K_{E1} + K_{E2} + K_{E3})}{3}$</p> <p>La estructura se considera irregular cuando la rigidez lateral de un piso es menor que el 70% de la rigidez lateral del piso superior o menor que el 80 % del promedio de la rigidez lateral de los tres pisos superiores.</p>	
<p>Tipo 2 - Distribución de masa $\phi_E=0.9$ $m_0 > 1.50 m_E$ ó $m_0 > 1.50 m_C$</p> <p>La estructura se considera irregular cuando la masa de cualquier piso es mayor que 1,5 veces la masa de uno de los pisos adyacentes, con excepción del piso de cubierta que sea más liviano que el piso inferior.</p>	
<p>Tipo 3 - Irregularidad geométrica $\phi_E=0.9$ $a > 1.3 b$</p> <p>La estructura se considera irregular cuando la dimensión en planta del sistema resistente en cualquier piso es mayor que 1,3 veces la misma dimensión en un piso adyacente, exceptuando el caso de los altillos de un solo piso.</p>	
<p><small>Nota: La descripción de estas irregularidades no faculta al calculista o diseñador a considerarlas como normales, por lo tanto la presencia de estas irregularidades requiere revisiones estructurales adicionales que garanticen el buen comportamiento local y global de la edificación.</small></p>	

Fuente: Norma Ecuatoriana de la construcción.

4.4. ESPECTRO DE DISEÑO

Está dado por la expresión de la aceleración espectral S_a , la que varía según el periodo de vibración T , así se tiene la siguiente gráfica:

Figura 4.15. Espectro sísmico de diseño.



Fuente: Autor.

4.5. COMBINACIONES DE CARGA

Luego de analizar las cargas reales que afectan a la estructura, se establece las combinaciones de cargas.

4.5.1. SIMBOLOGÍA

- D carga permanente.
- E carga de sismo.
- F carga de fluidos con presiones y alturas máximas bien definidas.
- F_a carga de inundación.
- H carga por la presión lateral del suelo, presión de agua en el suelo, o presión de materiales a granel.
- L sobrecarga (carga viva).
- L_r sobrecarga cubierta (carga viva).

- R carga de lluvia.
- S carga de granizo.
- T cargas por efectos acumulados de variación de temperatura, flujo plástico, retracción, y asentamiento deferencial.
- W carga de viento.

1. $1.4 D$
2. $1.2 D + 1.6 L + 0.5(Lr \text{ ó } S \text{ ó } R)$
3. $1.2 D + 1.6 (Lr \text{ ó } S \text{ ó } R) + (L \text{ ó } 0.5W)$
4. $1.2 D + 1.0 W + L + 0.5 (Lr \text{ ó } S \text{ ó } R)$
5. $1.2 D + 1.0 E + L + 0.2 S$
6. $0.9 D + 1.0 W$
7. $0.9 D + 1.0 E$

(Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2011)

CAPITULO 5

MODELACIÓN DE LA ESTRUCTURA

5.1. CONSIDERACIONES GENERALES

La modelación estructural hace referencia al proceso por el cual se realiza la idealización matemática del proyecto, esta idealización constituye a hipótesis que simplifican sustancialmente el cálculo matemático, en que se representa el comportamiento y la conducta real de la estructura. Por lo que este análisis conlleva a tomar la mejor decisión en cuanto a la geometría de la edificación, el tipo de material a utilizarse y sobre todo la ubicación de las cargas que estarán actuando sobre ella. La geometría de una estructura está comprometida con los efectos que se produzcan sobre ella, así una estructura irregular tendrá efectos mayores en comparación con una estructura regular, por tal motivo en un proyecto en que se eviten geometrías irregulares, las que puedan causar un fallo en la edificación, resultará eficiente ante las solicitaciones de carga que se apliquen sobre ella, por lo que se debe evitar configuraciones geométricas que tengan piso blando, ejes verticales discontinuos y columna corta.

En una modelación geométrica se debe idealizar la mejor ubicación de los miembros estructurales del proyecto, para que de esta forma en el análisis estructural se puedan considerar las características de masa, rigidez resistencia y amortiguamiento de cada elemento estructural, así también como las, masa de los miembros no estructurales.

Los elementos no estructurales deben ser tomados en cuenta en un modelo, debido que pueden contribuyen a modificar la rigidez de la estructura, las masas y sobre todo la capacidad de disipación de energía ante un evento sísmico. Estos elementos pueden ser paredes de cerramientos o algunos elementos ornamentales del proyecto, fachadas de gran peso, tuberías de gran diámetro, etc. En general se debe poner atención a los elementos que puedan causar efectos inadecuados en los miembros estructurales que conforman el proyecto, con la identificación de estos elementos no estructurales se puede obtener un diseño más confiable.

Esta modelación debe aproximarse a la realidad debido que a mayor simplicidad del modelo matemático más inexacto es el cálculo y diseño estructural, de igual manera, mientras más cercado a la realidad más complejo es el cálculo matemático del modelo estructural, por tal motivo debe existir un equilibrio entre la modelación y la situación real, pero en la actualidad existen software que ayudan con el cálculo matemático haciendo eficiente la modelación estructural de un proyecto.

Las hipótesis para la modelación que se han tomado en cuenta para el diseño de la cubierta del polideportivo de la Universidad del Azuay, son las siguientes:

- Hipótesis para la modelación geométrica:
 - Los elementos de estructuras planas o espaciales están representadas por líneas rectas orientadas en la misma dirección del eje centroidal del elemento (González Salcedo, 2002).
 - La sección transversal, a lo largo de un elemento permanece constante, lo cual implica que el área y momento de inercia son constantes. Una de las ventajas más importantes de esta idealización consiste en que la línea de acción esta aplicada a lo largo del eje centroidal (González Salcedo, 2002).

- Hipótesis para la modelación de cargas:
 - Las fuerzas interiores originales que preceden a las cargas son nulas. Esto requiere decir que antes de la aplicación de las cargas no existen esfuerzos residuales, la estructura no ha soportado cargas que causen deformaciones permanentes (González Salcedo, 2002).
 - Las cargas deben estar aplicadas a lo largo de los ejes centroidales para simplificar los cálculos (González Salcedo, 2002).
 - Es validad la superposición del efecto de cargas (González Salcedo, 2002).

- Hipótesis para la modelación de materiales:

- El material se considera continuo (González Salcedo, 2002).
- El material se considera homogéneo, lo que requiere decir que tiene iguales propiedades en todos los puntos (González Salcedo, 2002).
- El material es isótropo, es decir tiene iguales propiedades en todas las direcciones (González Salcedo, 2002).
- Cumple la ley de HOOKE (González Salcedo, 2002).

Para obtener un diseño estructural confiable, se debe calcular las fuerzas actuantes, momentos de flexión y torsión que actúan ante las solicitaciones de carga, por lo que un análisis estructural en el cual se incluyan los tres componentes mencionados anteriormente como la geometría, el material y las cargas, llevará a la obtención de los parámetros de los miembros estructurales, secciones transversales, inercias, centroides, etc.

Para lograr una correcta y viable modelación se debe cumplir los siguientes requisitos, los cuales conllevan a garantizar un buen desempeño en la construcción del proyecto:

- Un modelo estructural más cercano a la realidad.
- Un análisis confiable que incluyan los efectos de cargas especiales tales como viento y sismo, las que causan efectos dinámicos en la estructura.
- Un diseño uniforme y regular que permita disipar la energía ante la ocurrencia de un evento sísmico.
- Miembros estructurales que estén acordes con el proyecto arquitectónico.
- Un proyecto económicamente viable.

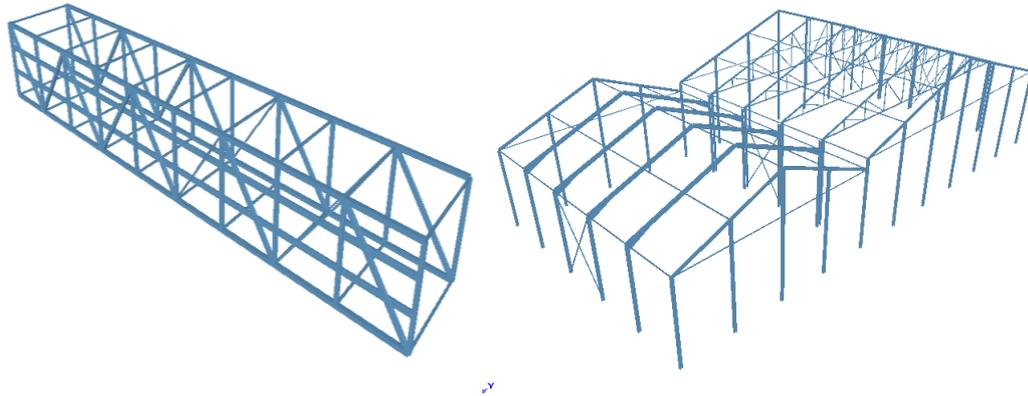
5.2. MODELACIÓN COMPUTACIONAL EN CYPE 3D

Con el avance tecnológico los cálculos matemáticos se han facilitado en gran manera, así hoy en día existen diversos software que ayudan al análisis y diseño estructural. Dichos programas cumplen un gran campo de aplicación en los que se pueden tener estructuras aporricadas simples, hasta estructuras complejas tales como edificaciones con aisladores sísmicos, mallas espaciales, etc.

Para realizar la modelación se utilizó CYPE 3D, es un programa para el cálculo, análisis y diseño de estructuras en tres dimensiones ya sea barras de madera,

hormigón y acero como es en este caso. Con este programa se puede dimensionar y optimizar el material en cual va ser utilizado en la elaboración de los miembros estructurales del proyecto, de la misma manera se obtienen las uniones más factibles para el modelo estructural realizado.

Figura 5.2. Ejemplos de tipos de gráficos modelados en CYPE 3D.



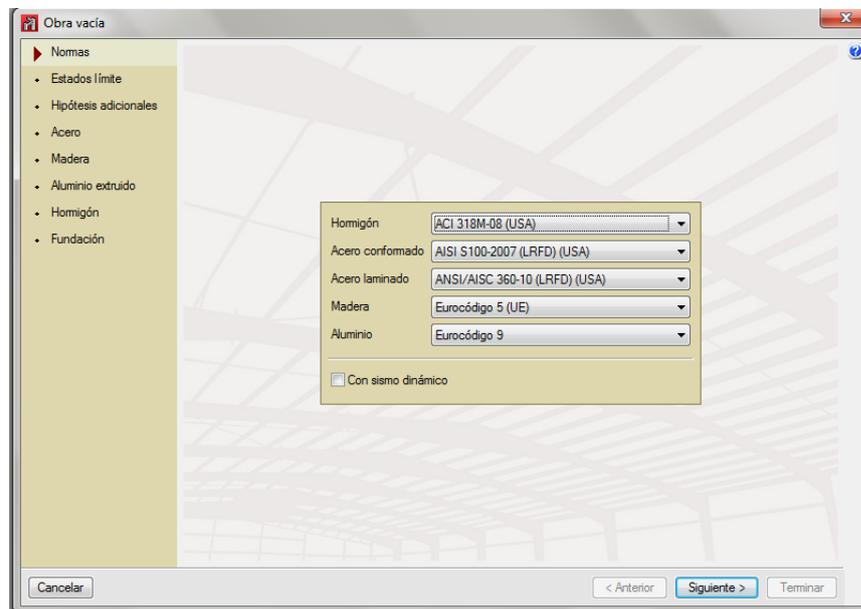
Fuente: metal3d.cype.es.

Como ya se mencionó, se utilizó el programa CYPE 3D versión 2015a para la respectiva modelación de la estructura de cubierta del polideportivo de la Universidad del Azuay, esta estructura está compuesta por arcos, celosías, correas y tensores, los que fueron modelados de acuerdo a las exigencias presentadas por la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2011, además se ha visto la necesidad de acudir al American Iron and Steel Institute (AISI) para el caso de acero estructural, debido que nuestro país no cuenta con una norma específica que hace referencia a este tipo de material.

5.3. GENERACIÓN DEL MODELO ESTRUCTURAL

La generación del modelo estructural, es la representación de la geometría de la cubierta en el programa CYPE 3D, para esta reproducción geométrica en primer se debe definir las normativas a utilizar para el diseño y cálculo de los miembros que compone la cubierta del coliseo, así tenemos:

Figura 5.3. Ingreso de normas a utilizarse para la modelación, calculo y diseño estructural.



Fuente: Autor.

Como se sabe la Norma Ecuatoriana de Construcción exige un diseño sismo resistente, el cual busca disminuir los efectos que producen un evento sísmico en una estructura, por tal motivo el capítulo 2 (Peligro sísmico), de esta presente norma exige una serie de parámetros vitales para un diseño correcto y confiable los cuales fueron descritos en el capítulo IV de este trabajo de titulación.

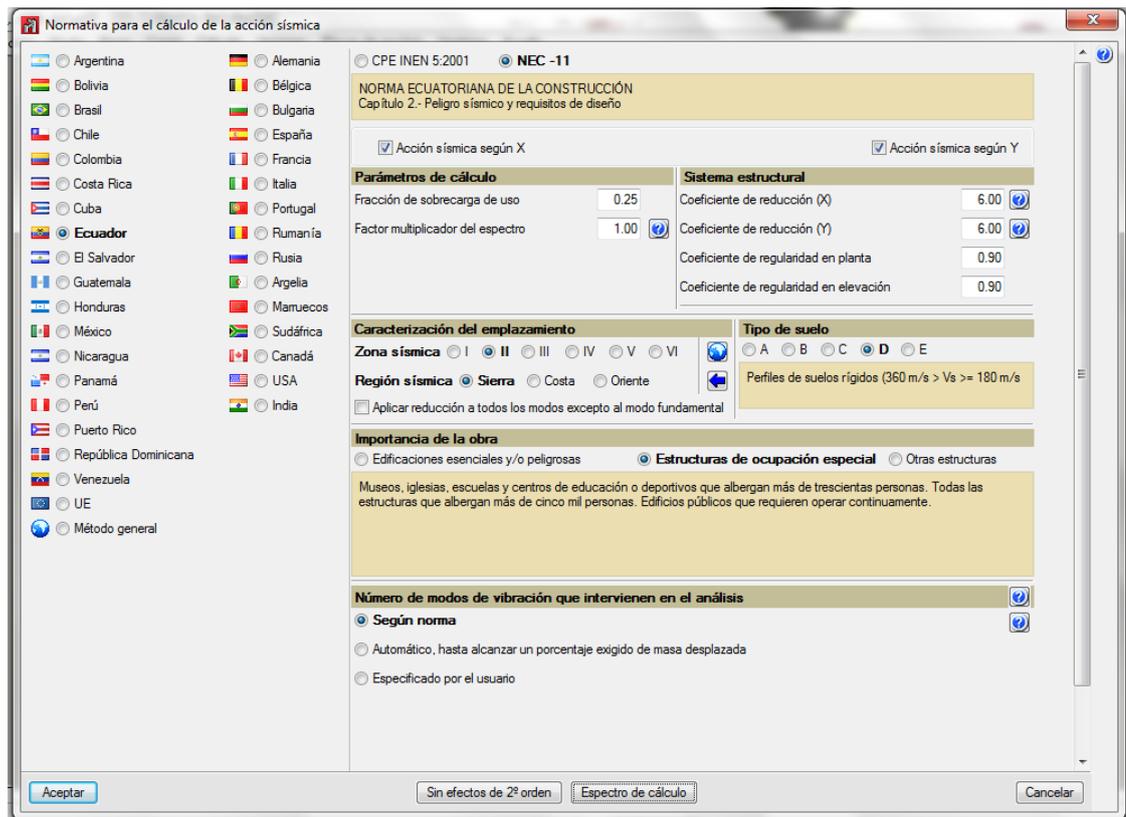
Tabla 5.1. Resumen de parámetros para un diseño sismo resistente de acuerdo a la NEC-11.

Parámetros	Valor
Zona sísmica	II
Z	0.25
R	6
I	1.3
ϕ_P	0.9
ϕ_E	0.9
Perfil de suelo	D
Fa	1.4
Fd	1.7
Fs	1.25
N	2.48
R	1.5
Ct	0.073
A	0.75

Fuente: Autor.

Cuando se tiene todos los parámetros necesarios para realizar un diseño sismo resistente el programa pide su ingreso de la siguiente manera:

Figura 5.4. Ingreso de parámetros para un diseño sismo resistente.

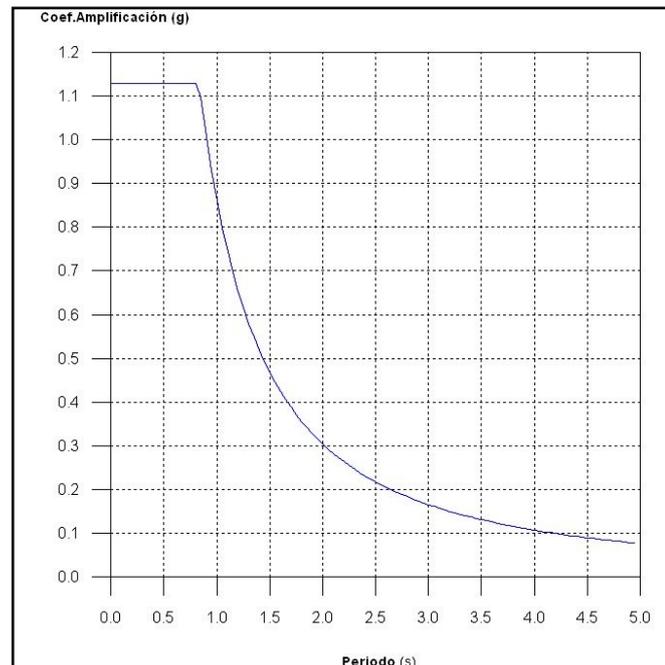


Fuente: Autor.

5.3.1. ESPECTRO DE CÁLCULO

El espectro de diseño es fundamental para un cálculo estructural confiable, dicho espectro es la respuesta elástico de aceleraciones expresando como fracción de la aceleración de la gravedad S_a , para el nivel del sismo de diseño, se expone en la figura 5.5., consistente con los parámetros mencionados anteriormente. Dicho espectro obedece a una fracción de amortiguamiento respecto al crítico de 0.05.

Figura 5.5. Espectro de cálculo.



Fuente: Autor.

5.3.2. CURVATURA DE ARCOS

Para tener una estructura simétrica y uniforme, se ha visto la necesidad de recurrir a una ecuación de segundo grado para la obtención de los puntos de la curvatura de los arcos de la cubierta. Debido que se tiene tres puntos conocidos los cuales son: puntos de apoyos del arco, conocidos en el levantamiento de la estructura existe, peralte del arco, conocido al momento de realizar el prediseño de dicho miembro estructural.

Para facilitar el cálculo de la ecuación, el centro de la cubierta se ha ubicado en el eje “y” positivo, en un sistema de coordenadas “x” ”y”, dicho punto es P1 (0,10), por lo que las coordenadas de los apoyos de los arcos son los siguientes:

P2 (-29.65, 0)

P3 (29,65, 0)

Conociendo los tres puntos por donde pasa una curva, se puede obtener la ecuación de la siguiente manera:

Ecuación general de la parábola:

$$y = ax^2 + bx + c$$

Sustituyendo los tres puntos en dicha ecuación se tiene:

$$P1 (0, 10)$$

$$10 = a * 0^2 + b * 0 + c$$

$$P2 (-29.65, 0)$$

$$0 = a * (-29.1)^2 + b * (-29.1) + c$$

$$P3 (29.65, 0)$$

$$0 = a * (29.65)^2 + b * (29.65) + c$$

Resolviendo el sistema de ecuaciones:

$$a = -\frac{10}{29.65^2}$$

$$b = 0$$

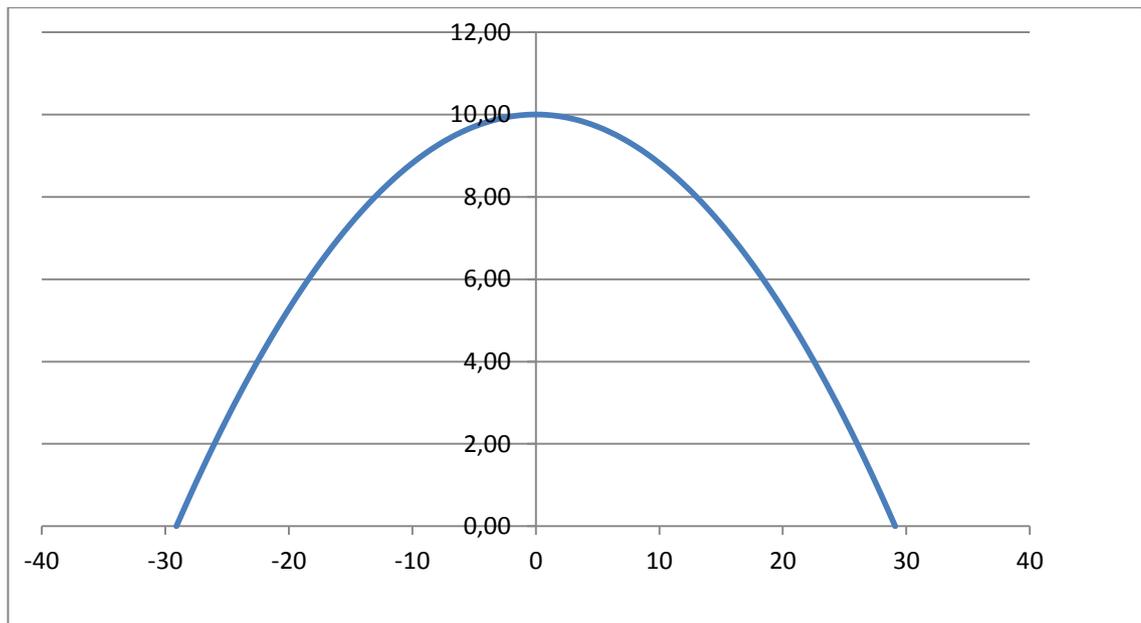
$$c = 10$$

Por lo tanto sustituyendo en la ecuación general de la parábola:

$$y = -\frac{10}{29.65^2}x^2 + 10$$

Entonces el grafico de ecuación:

Figura 5.6. Gráfico de la ecuación general del arco.



Fuente: Autor.

Una vez que ha obtenido la ecuación general del arco, se procede a obtener las coordenadas de los cordones que compone un arco, tanto el cordón superior como el inferior.

Estas coordenadas fueron obtenidas mediante lo expuesto por K.K. Mujavov, el cual establece que para arcos la distancia entre pasos es de 2-6 metros, por lo que se hizo valores a cada dos metros en el eje x, para el cordón superior como para el inferior, con la excepción que en este último se debe tomar en cuenta el valor de la altura del arco que está dado en el prediseño, por lo que la el peralte del cordón inferior es de 8.5 metros, entonces las coordenadas de los cordones son las siguientes:

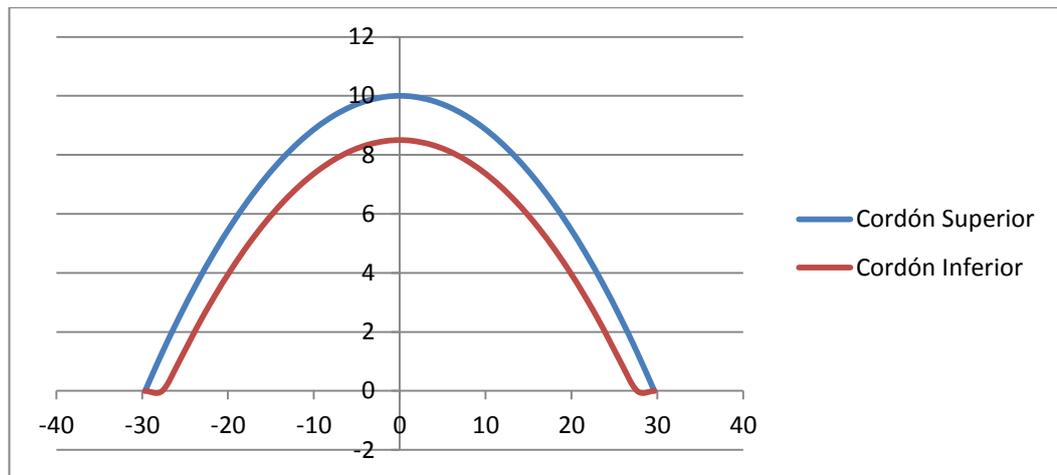
Tabla 5.2. Coordenadas de los cordones del arco.

Cordón Superior		Cordón Inferior	
x	y	x	y
29.65	0	29.65	0.00
27.65	1.30	27.65	0.00
25.65	2.52	25.65	1.02
23.65	3.64	23.65	2.14
21.65	4.67	21.65	3.17
19.65	5.61	19.65	4.11
17.65	6.46	17.65	4.96
15.65	7.21	15.65	5.71
13.65	7.88	13.65	6.38
11.65	8.46	11.65	6.96
9.65	8.94	9.65	7.44
7.65	9.33	7.65	7.83
5.65	9.64	5.65	8.14
3.65	9.85	3.65	8.35
1.65	9.97	1.65	8.47
0	10.00	0	8.50
-1.65	9.97	-1.65	8.47
-3.65	9.85	-3.65	8.35
-5.65	9.64	-5.65	8.14
-7.65	9.33	-7.65	7.83
-9.65	8.94	-9.65	7.44
-11.65	8.46	-11.65	6.96
-13.65	7.88	-13.65	6.38
-15.65	7.21	-15.65	5.71
-17.65	6.46	-17.65	4.96
-19.65	5.61	-19.65	4.11
-21.65	4.67	-21.65	3.17
-23.65	3.64	-23.65	2.14
-25.65	2.52	-25.65	1.02
-27.65	1.30	-27.65	0.00
-29.65	0.00	-29.65	0.00

Fuente: Autor.

Por lo tanto graficando dichas coordenadas se tiene:

Figura 5.7. Gráfico de cordones del arco.

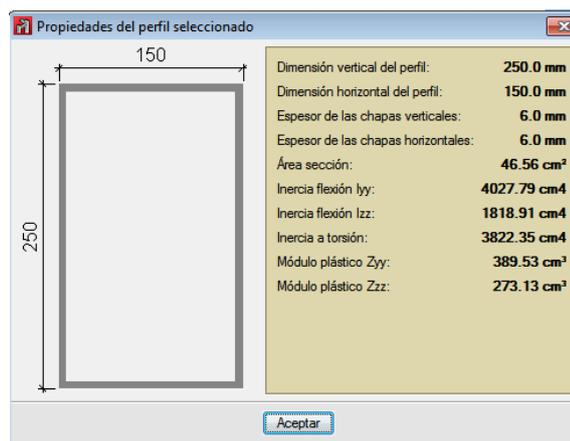


Fuente: Autor.

5.4. ASIGNACIÓN DE SECCIONES DE PERFILES

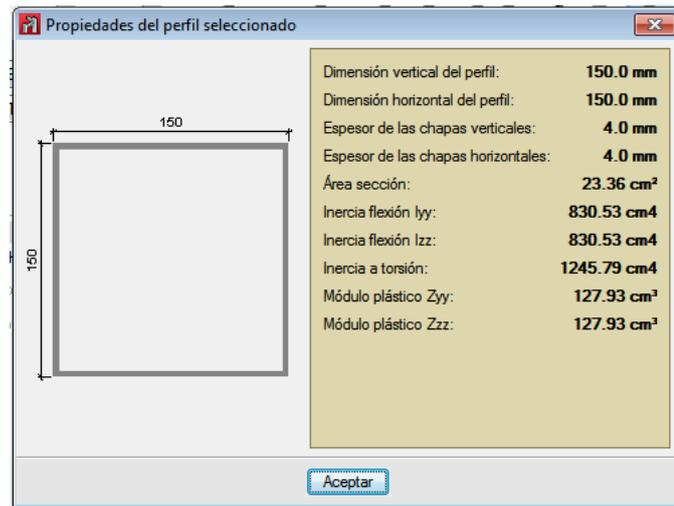
Se define tres secciones de perfiles para los conformar los miembros estructurales de la cubierta así se tiene cajón rectangular de 250x150x6mm para los cordones superiores e inferiores, cajón cuadrado de 150x150x4mm para el entramado de celosía de los arcos y para las correas de la cubierta, y por ultimo varillas R12 para los tensores.

Figura 5.8. Dimensiones de la sección de los perfiles de cordones.



Fuente: Autor.

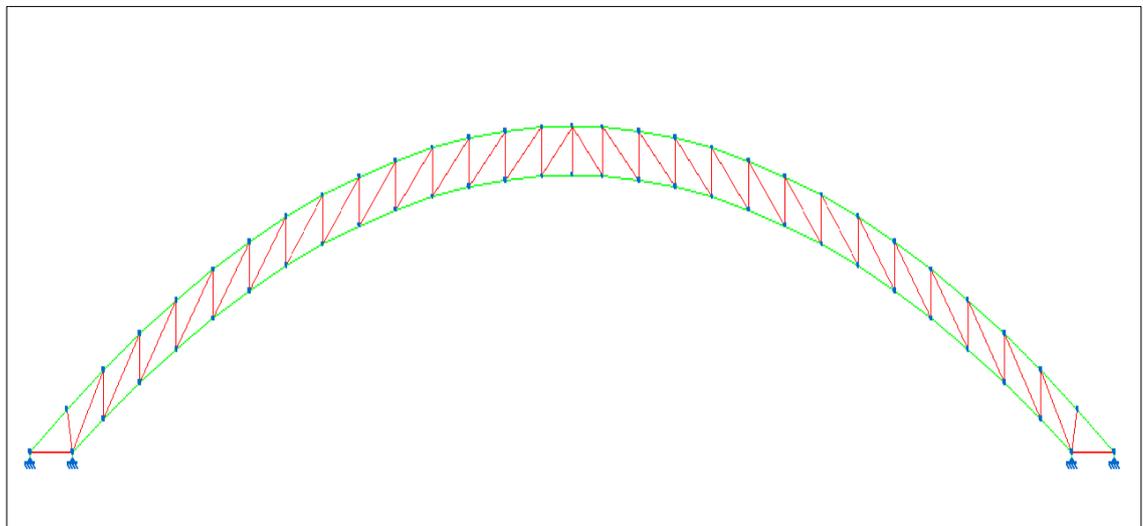
Figura 5.9. Dimensiones de la sección de los perfiles de entramado.



Fuente: Autor.

Una vez obtenidos los coordenadas las secciones de los perfiles se procede a la reproducción geométrica en CYPE 3D.

Figura 5.10. Modelo de arco en CYPE 3D.

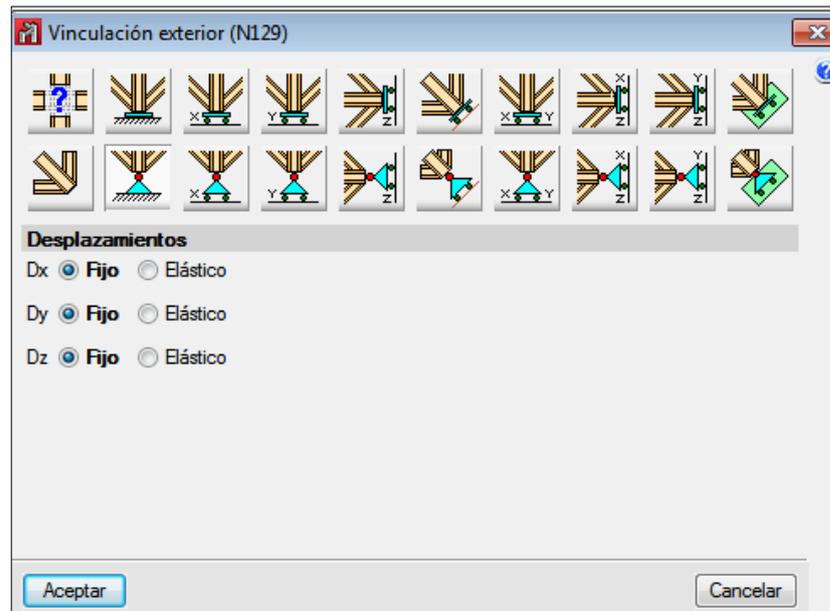


Fuente: Autor.

5.5. APOYOS DE LA CUBIERTA

Al ser una obra en que sus columnas ya se encuentran construidas, se utilizará apoyos fijos articulados, los cuales han sido modelados para ser vinculados al exterior con hormigón.

Figura 5.11. Apoyos de la cubierta metálica.

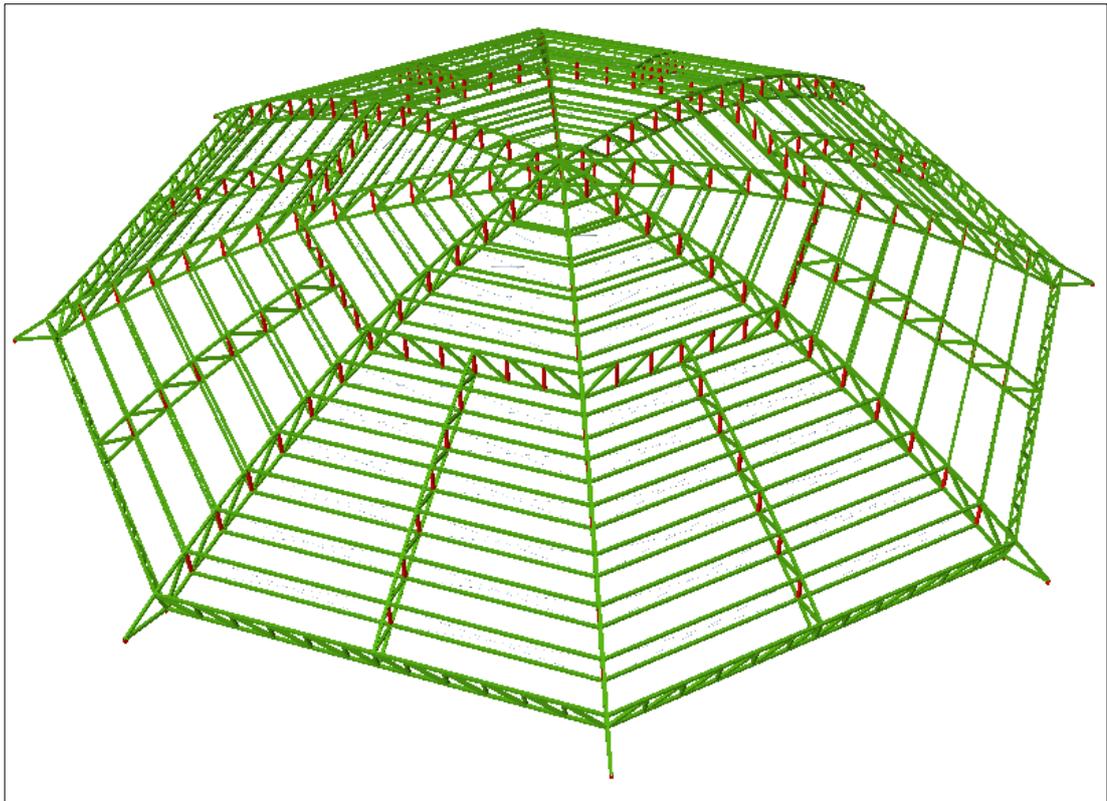


Fuente: Autor.

5.6. MODELACIÓN DE LA CUBIERTA METÁLICA

Para facilitar el cálculo de la cubierta metálica del coliseo de la Universidad del Azuay, se lo ha realizado en dos programas, la primera modelación en CYPE 3D un programa básicamente para estructuras tridimensionales la cual se presenta a continuación, y la segunda modelación en CYPECAD, en la que se agrega la acción del viento.

Figura 5.12. Modelo de cubierta metálica en CYPE 3D.



Fuente: Autor.

5.7. MODELACIÓN COMPUTACIONAL EN CYPECAD

Al tener la estructura metálica modelada en CYPE 3D, en esta se deben agregar los efectos del viento los que para cubiertas metálicas la Norma Ecuatoriana de la Construcción establece una velocidad de 21 m/s, por tal razón la acción del viento se modela en el programa CYPECAD, para el cual se debe reproducir la estructura de las columnas de hormigón las cuales se encuentran construidas.

Para esto la correcta idealización geométrica de las columnas de hormigón existentes dará una modelación confiable y segura para las acciones de viento, por tal motivo la carga de viento se lo ha ingresado de la siguiente manera:

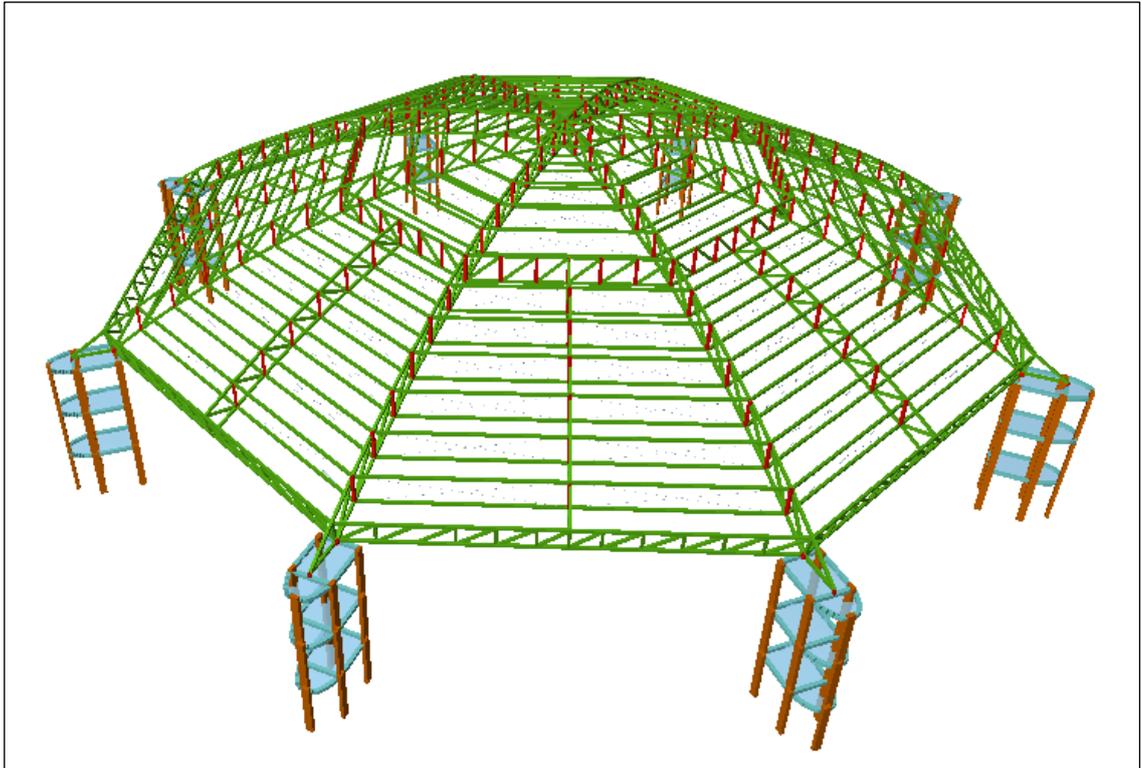
5.7.1. CARGA DE VIENTO

Como se expuso en el capítulo IV de este trabajo de grado la acción del viento sobre estructuras metálicas que se encuentran a gran altura, resulta un problema serio,

debido que le viento realiza dos acciones de presión y succión, las cuales son más desfavorables que la acción que produce un evento sísmico.

Una vez que se ha ingresado la carga de viento se procede a calcular la estructura completa.

Figura 5.13. Estructura de cubierta y columnas de hormigón.



Fuente: Autor.

CAPITULO VI

DISEÑO

6.1. CONSIDERACIONES GENERALES

Se utiliza el programa CYPE 3D para el cálculo de estructuras tridimensionales definidas con elementos tipo barras en el espacio y nudos en la intersección de las mismas. Este programa puede calcular y diseñar acero, madera, aluminio y hormigón, para el caso de acero como material en el diseño se obtiene dimensiones óptimas.

Considera un comportamiento elástico y lineal de los materiales (Memoria de CYPE 3D, 2015). Es decir las barras definidas son elementos lineales. Las cargas que se introducen en las barras pueden ser ubicadas en cualquier dirección y diferentes tipologías ya sean uniformes, triangulares, trapezoidales, puntuales y momentos. Como se sabe las hipótesis de carga se las puede asignar a la carga permanente, sobrecarga de uso y sobre todo las cargas especiales que son viento y sismo.

Con las hipótesis básicas se pueden definir y calcular cualquier tipo de combinación de acuerdo a la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2011, además de considerar el estado último de rotura del acero conformado. Para el estado último de rotura se generan todas las combinaciones según lo especificado en el ANSI/AISI/AISC 360-10 (LRFD). A partir de la geometría que se reproduzca y las cargas que se introduzcan en el programa, se obtendrá la matriz de rigidez de la estructura metálica, así como la matriz de desplazamiento de los nudos.

Se ha utilizado el acero como material de diseño de la cubierta, presentando numerosas ventajas al momento de realizar el proyecto que demanda grandes luces, además los miembros realizados en este material pueden ser laminados y conformados, ventaja que ayuda en casos de existir elementos estructurales que no son comunes en el mercado.

6.1.1. EFECTOS DE SEGUNDO ORDEN (PΔ)

En estructura en que las acciones provocadas por el viento y sismo son considerables, se debe calcular los efectos de segundo orden (PΔ), debido que las fuerzas horizontales aplicadas en los nudos provoca una deformación y se producen desplazamientos (Δ). Como se sabe en cada nudo actúa una carga de valor P para cada hipótesis gravitatoria transmitida por el nudo a la estructura.

De igual manera existe un momento de volcamiento (Mi) debido a la acción horizontal (Hi), a una determinada cota (Zi) desde el origen, por lo tanto:

$$M_H = \sum H_i * Z_i$$

(Memoria de CYPE 3D, 2015)

De la misma manera el momento por el efecto PΔ, debido a las cargas transmitidas por las barras a los nudos Pi, para cada hipótesis gravitatorias (k) definidas y por desplazamientos debidos a la acción horizontal (Δ).

$$M_{P\Delta k} = \sum P_i * \Delta_i$$

Siendo:

K: para cada hipótesis gravitatoria (peso propio, sobrecarga).

(Memoria de CYPE 3D, 2015)

Por consiguiente el coeficiente Ck está definido por la siguiente expresión:

$$C_K = \frac{M_{P\Delta K}}{M_{HK}}$$

(Memoria de CYPE 3D, 2015)

El coeficiente amplificador de mayoración de las hipótesis debidas a las acciones horizontales para todas las combinaciones en las que actúan acciones horizontales de las puede calcular con la siguiente expresión:

$$Y_z = \frac{1}{1 - (\sum \gamma_{gi} * C_i + \sum \gamma_{qi} * C_j)}$$

Siendo:

γ_{fgi} : coeficiente de mayoración de cargas permanentes de la hipótesis i.

γ_{fqi} : coeficiente de mayoración de cargas variables de la hipótesis j.

γ_z : coeficiente de estabilidad global.

(Memoria de CYPE 3D, 2015)

Se debe tener presente que para el cálculo de los desplazamientos debidos a cada hipótesis de acciones horizontales, se ha realizado un cálculo de primer orden con las secciones brutas de los elementos.

6.1.2. PANDEO

Los efectos de pandeo son analizados de tal manera que la longitud efectiva de pandeo l_k y el coeficiente β , dan la siguiente expresión:

$$l_k = \beta \cdot l$$

Siendo:

l : distancia entre nudos de la barra.

(Memoria de CYPE 3D, 2015)

En caso de existir nudos intermedios se toma la distancia real entre los apoyos de la barra, teniendo en cuenta que se está definiendo para una barra que es un tramo de la totalidad de la misma.

6.1.3. FLECHAS

Se entiende por flecha la distancia máxima entre la recta de unión de los nudos extremos de una barra y la deformada de la misma, sin tomar en cuenta la deformada de los nudos esta longitud se mide de forma perpendicular al elemento.

El programa CYPE 3D considera las siguientes flechas:

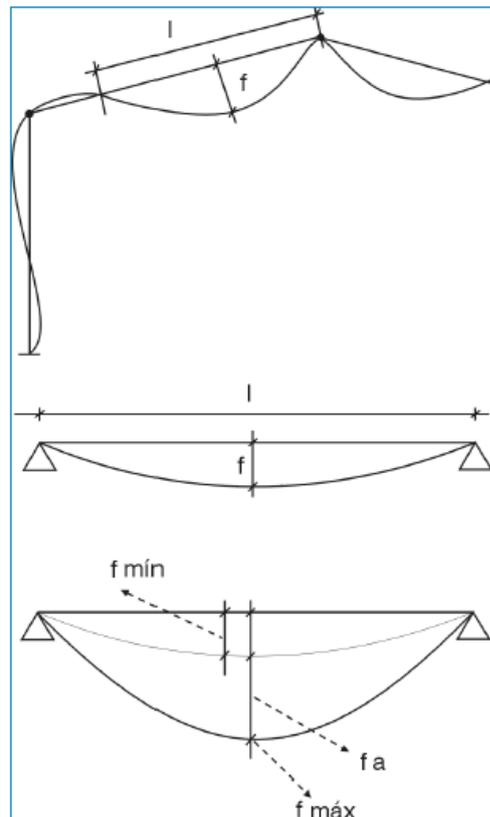
La flecha absoluta es el valor en milímetros de la flecha en la dirección considerada, la flecha relativa es aquella que se establece como un cociente de la luz entre puntos de intersección de la deformada con la barra, y por último la flecha activa es la

máxima diferencia en valor absoluto entre flecha máxima y la flecha mínima de todas las combinaciones definidas en el estado de desplazamientos.

Por lo tanto:

$$f_a = f_{max} - f_{min}$$

Figura 6.1. Figura de flechas.



Fuente: Memoria de cálculo de CYPE 3D.

6.1.4. COMPROBACIONES REALIZADAS POR EL PROGRAMA

Por lo expuesto el programa comprueba y dimensiona las barras de la estructura según el ANSI/AISI/AISC 360-10 (LRFD) y la Norma Ecuatoriana de la Construcción para el acero como material utilizado en diseño de las barras de la cubierta.

Por lo que realiza las siguientes comprobaciones:

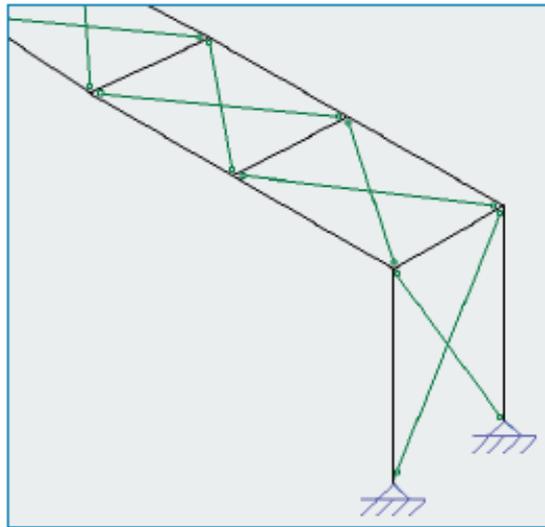
- **Comprobación de barras:** selecciona el tipo de perfil que cumple con las solicitaciones de carga, en caso de que el perfil seleccionado no resista a las acciones de la cubierta, se puede aumentar las dimensiones del mismo, con el objetivo de obtener una sección eficiente en el diseño de la cubierta.
- **Comprobaciones del estado límite de rotura (E.L.U.):** detalla de manera específica cada una de las verificaciones de las normativas indicadas anteriormente, además formula y valida los valores aplicados para las solicitaciones desfavorables de la barra deseada.
- **Comprobación de deformaciones (flechas):** como se sabe las flechas son los indicadores para que una estructura sea confiable para el usuario, por tal motivo estos valores están por debajo de los límites dados por las normativas utilizadas en el diseño de la cubierta.

6.1.5. DIMENSIONAMIENTO DE TENSORES

El tensor es analizado como un nuevo tipo de barra, por lo que los tirantes o tensores son barras de eje recto que solo admiten esfuerzos de tracción o compresión en la dirección de su eje. El programa realiza el siguiente método para el cálculo de tensores, el que tiene ciertas limitaciones.

- El elemento tensor forma parte de una rigidización en forma de cruz de San Andrés, además los cuatro vínculos donde estarán sujetos los tirantes deberán representar un rectángulo, en sus cuatro esquinas formando un ángulo recto.

Figura 6.2. Ubicación de tensores.



Fuente: Memoria de cálculo de CYPE 3D.

- La rigidez axial de los tensores (AE/L) es menor al 20% de la rigidez de los miembros que conforman el rectángulo donde se encuentra el tirante.
- Los perfiles que conforman el rectángulo donde se encuentra el tensor, deben tener la misma sección transversal, es decir, el mismo perfil.

6.2. DATOS GENERALES DE SISMO

6.2.1. Caracterización del emplazamiento

Zona sísmica: II

Región sísmica: Sierra

Tipo de suelo: D

6.2.2. Sistema estructural

RX: Factor de reducción (X): 6.00

RY: Factor de reducción (Y): 6:00

ΦP : Coeficiente de regularidad en planta: 0.9

ΦE : Coeficiente de regularidad en elevación: 0.9

Geometría en altura: Regular

6.2.3. Estimación del periodo fundamental de la estructura: S

Sistema estructural (X): II

Sistema estructural (Y): II

h: Altura del edificio: 9.00 m

Importancia de la obra: Estructuras de ocupación especial: 1.30

Parámetros de cálculo

Fracción de sobrecarga de uso: 0.70

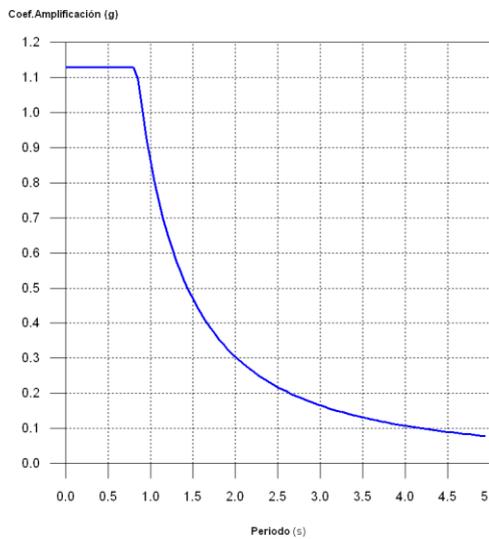
Factor multiplicador del espectro: 1.00

6.3. ESPECTRO DE CÁLCULO

6.3.3. Espectro elástico de aceleraciones

Figura 6.3. Espectro de cálculo.

Coef. Amplificación:



El valor máximo de las ordenadas espectrales es 1.128 g.

Fuente: Autor.

6.4. PARÁMETROS NECESARIOS PARA LA DEFINICIÓN DEL ESPECTRO

Z: Factor de zona: 0.25

Zona sísmica: II

n: Relación de amplificación espectral: 2.48

Región sísmica: Sierra

Fa: Factor de sitio: 1.40

Fd: Factor de sitio: 1.70

Fs: Factor de sitio: 1.25

Tipo de suelo: D

Zona sísmica: II

I: Factor de importancia

Importancia de la obra: Estructuras de ocupación especial: 1.3

r: Exponente que define la rama descendente del espectro: 1.5

Tipo de suelo: D

TC: Periodo límite superior de la rama de aceleración constante del espectro

$$T_c = 0.83 \text{ s}$$

6.4.1. Espectro de diseño de aceleraciones

El espectro de diseño sísmico se obtiene reduciendo el espectro elástico por el coeficiente ($R \cdot \Phi_P \cdot \Phi_E$) correspondiente a cada dirección de análisis.

6.4.2. Factor de comportamiento / Coeficiente de ductilidad

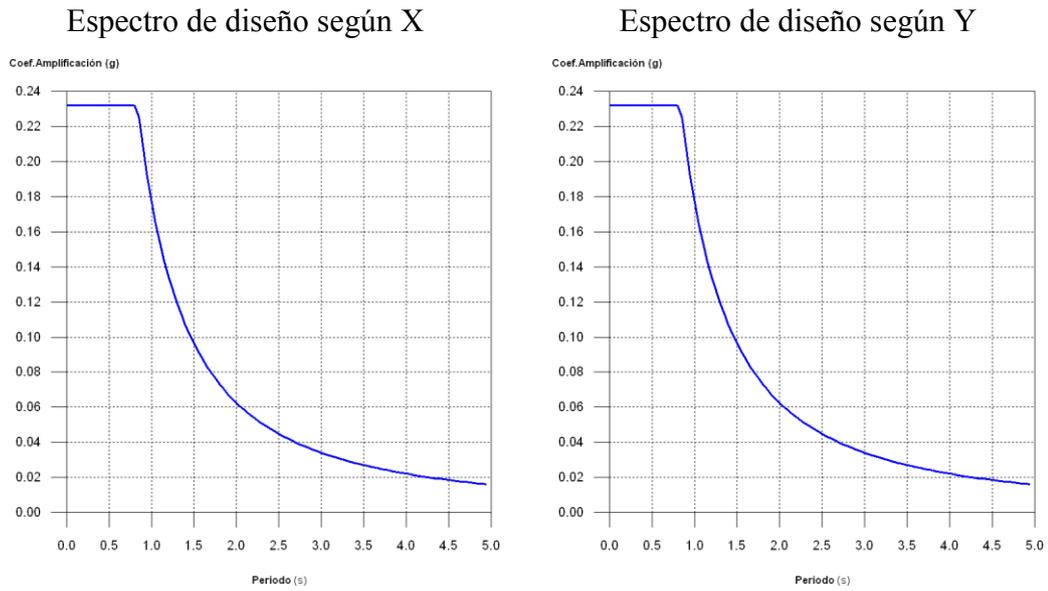
RX: Factor de reducción (X) RX : 6.00

RY: Factor de reducción (Y) RY : 6.00

Φ_P : Coeficiente de regularidad en planta Φ_P : 0.90

Φ_E : Coeficiente de regularidad en elevación Φ_E : 0.90

Figura 6.4. Espectro de diseño según x, y según y.



Fuente: Autor.

6.4.3. Coeficientes de participación

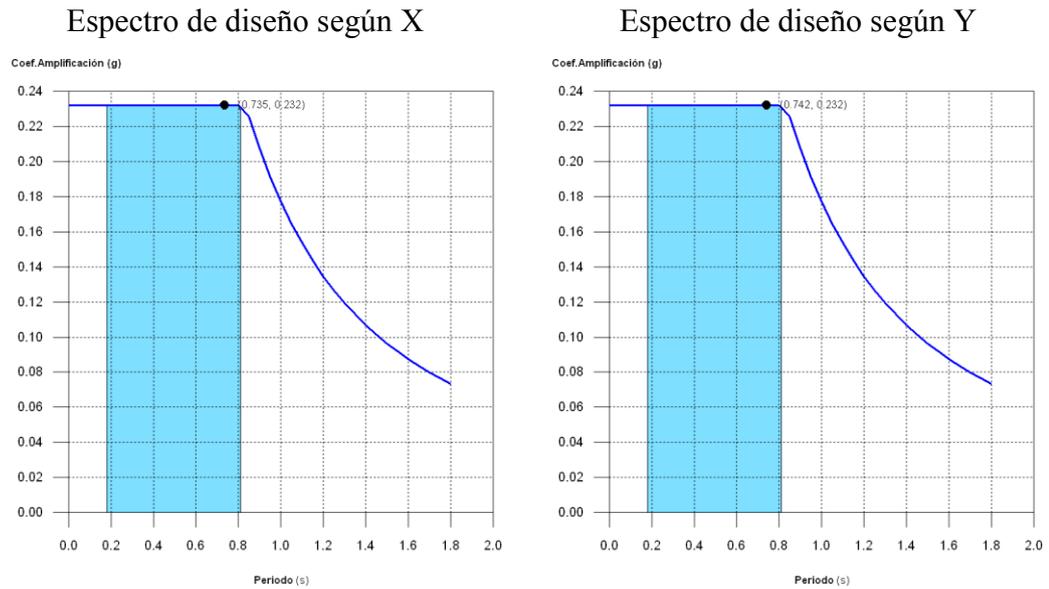
Tabla 6.1. Porcentaje de momentos en los modos utilizados.

Numero de modos utilizados	% Mx	% My
39	96.52%	96.55%

Fuente: Autor.

Representación de los periodos modales:

Figura 6.5. Periodos modales.



Fuente: Autor.

Se representa el rango de periodos abarcado por los modos estudiados, con indicación de los modos en los que se desplaza más del 30% de la masa:

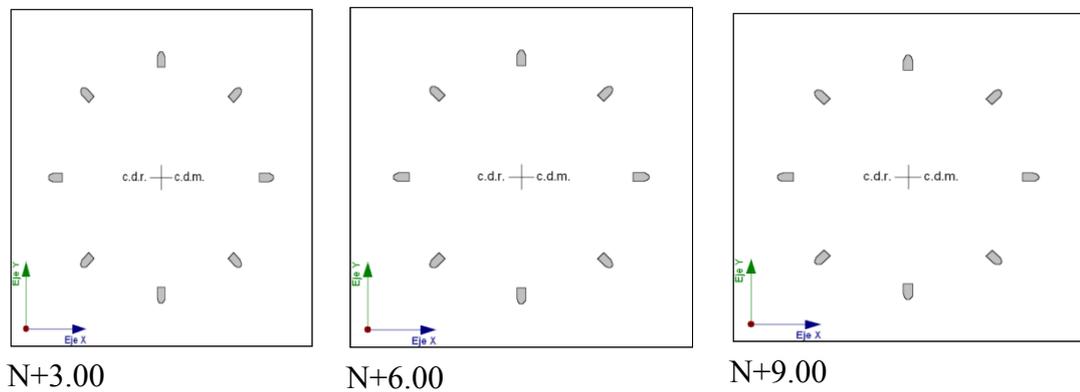
Tabla 6.2. Periodos de modos desplazados más del 30% de la masa.

Hipótesis Sismo X1			Hipótesis Sismo Y1		
Hipótesis modal	T (s)	A (g)	Hipótesis modal	T (s)	A (g)
Modo 3	0.735	0.232	Modo 2	0.742	0.232

Fuente: Autor.

Representación gráfica del centro de masas y del centro de rigidez por planta.

Figura 6.6. Centro de masas y centro de rigidez.



Fuente: Autor.

6.5. CORRECCIÓN POR CORTANTE BASAL

6.5.1. Cortante basal dinámico CQC

El cortante basal dinámico (V_d), por dirección e hipótesis sísmica, se obtiene mediante la combinación cuadrática completa (CQC) de los cortantes en la base por hipótesis modal. *Ver anexo 3.*

Tabla 6.3. Cortante basal dinámico.

Hipótesis sísmica (X)	$V_x(t)$	$V_y(t)$
Sismo X1	85.18	86.38
Sismo y1	86.32	84.96

Fuente: Autor.

6.5.2. Cortante basal estático. *Ver anexo 3.*

Tabla 6.4. Cortante basal estático.

Planta	w_i (t)
N+9.00	201.75
N+6.00	131.94
N+3.00	131.92
$W=\Sigma w_i$	465.61

Fuente: Autor.

6.6. CARGA DE VIENTO

Tabla 6.5. Carga de viento.

Cargas de viento		
Planta	Viento X (t)	Viento Y (t)
N+9.00	6.185	6.185
N+6.00	12.370	12.370
N+3.00	12.370	12.370

Fuente: Autor.

6.7. RESUMEN DE CUANTIFICACIONES

Tabla 6.6. Resumen de cuantificaciones.

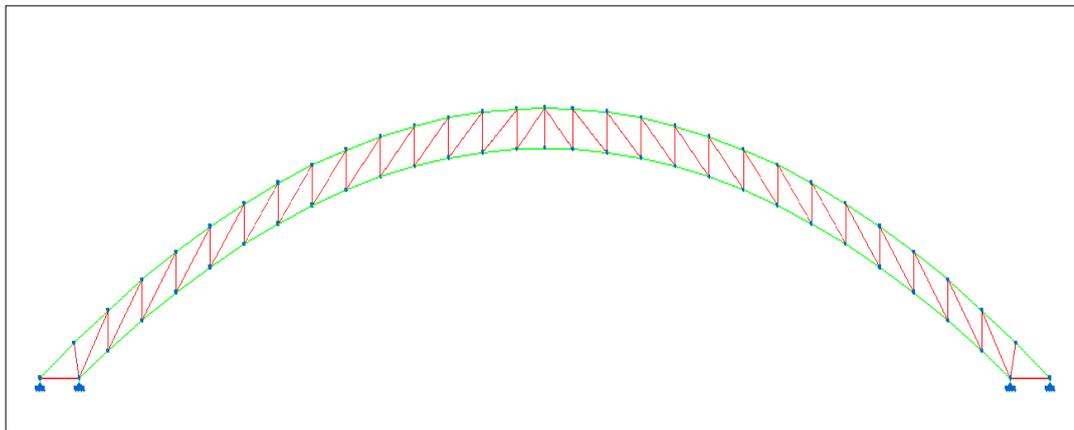
Resumen de cuantificaciones				
Material		Serie	Material (m ³)	Material (kg)
Tipo	Designación			
Acero laminado	A36	CUBIERTA UDA	4.36	34224.43

Fuente: Autor.

6.8. DISEÑO DE ARCOS

Los arcos de la cubierta del coliseo, están conformados por cordones tanto superior como inferior y un entramado, los cuales están formados de perfiles cajón rectangular y cuadrado respectivamente. Como se sabe los ocho arcos que constituyen el proyecto son iguales es decir tienen la misma sección el mismo peralte y la misma longitud haciendo que la estructura sea simétrica en sus ocho ejes radiales, para este caso se ha tomado un arco tipo de la cubierta el cual está diseñado de la siguiente manera.

Figura 6.7. Arco tipo diseñado.

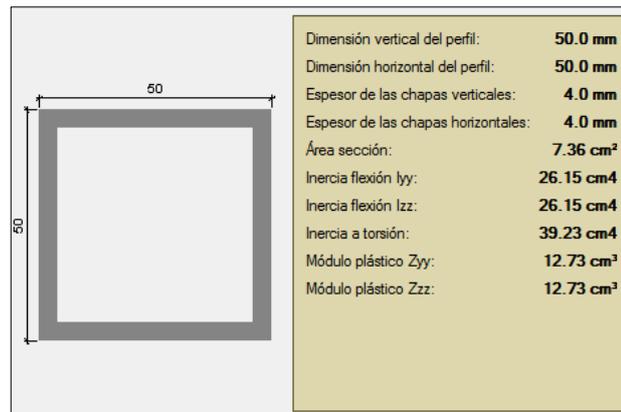


Fuente: Autor.

6.8.1 DISEÑO DE CORDONES

Los cordones superior e inferior diseñados para los arcos de la cubierta metálica tienen la siguiente sección:

Figura 6.8. Sección de cordones.

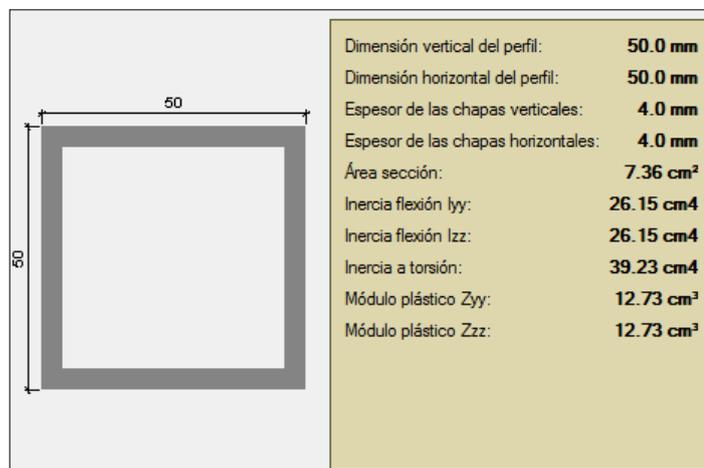


Fuente: Autor.

6.8.2. DISEÑO DE ENTRAMADO

El entramado de la cubierta metálica se lo ha realizado con una sección caja la cual cuenta con las siguientes características:

Figura 6.9. Sección de entramado.

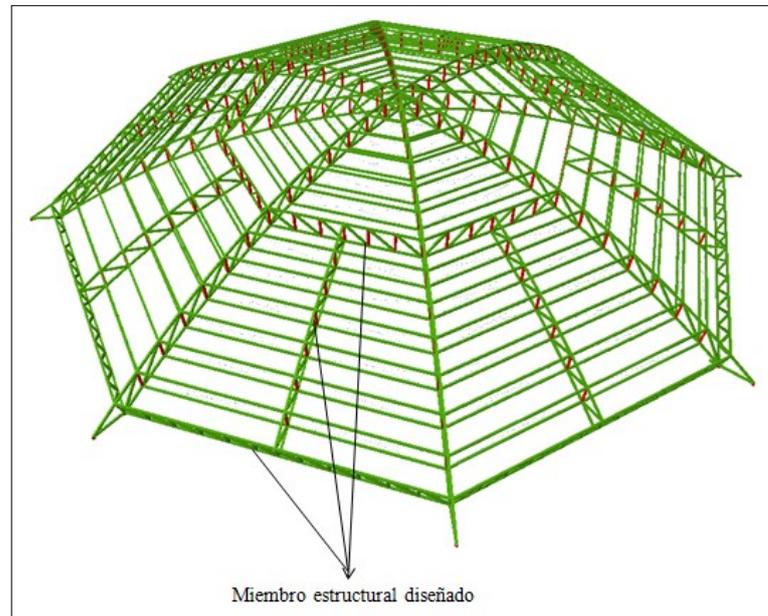


Fuente: Autor.

6.9. DISEÑO DE CELOSÍAS

Estos elementos fueron planteados de tal manera que aporta rigidez y confinamiento a toda la estructura metálica, por tal motivo se ha considerado diseñar tres tipos de celosías rigidizadoras las cuales tienen la siguiente sección.

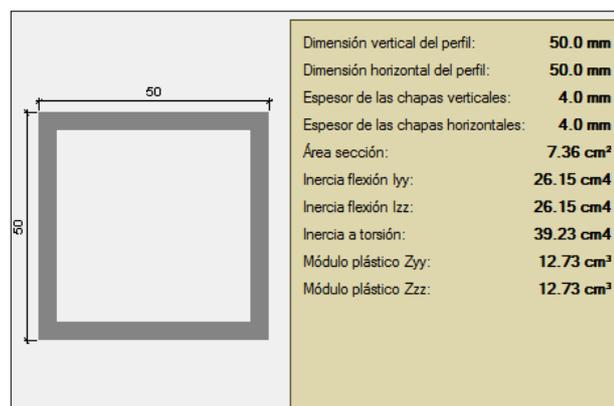
Figura 6.10. Ubicación del miembro estructural.



Fuente: Autor.

6.9.1. Sección de celosías.

Figura 6.11. Sección de celosías.

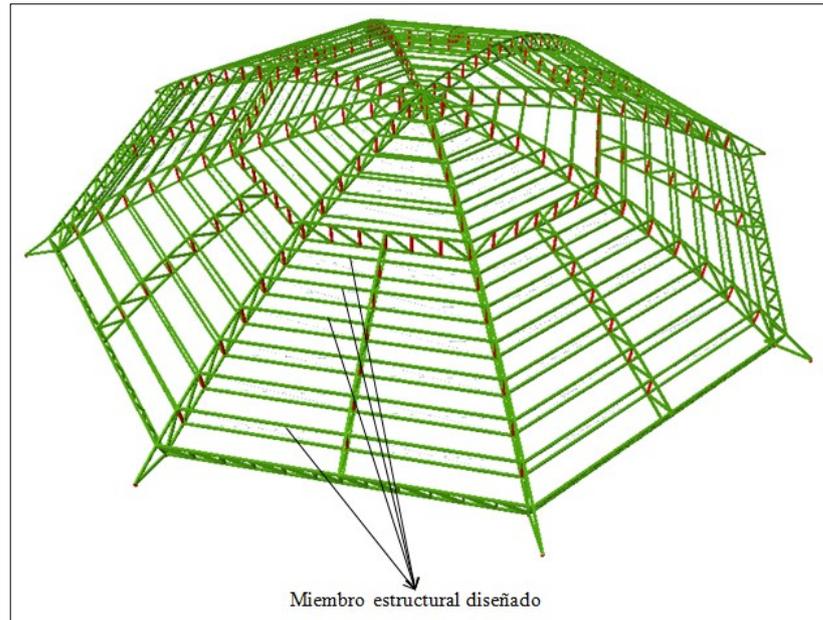


Fuente: Autor.

6.10. DISEÑO DE CORREAS

Existen dos tipos de correas las cuales se ha diseñado de acuerdo al criterio de esbeltez de las mismas, debido que tienen que salvar grandes luces:

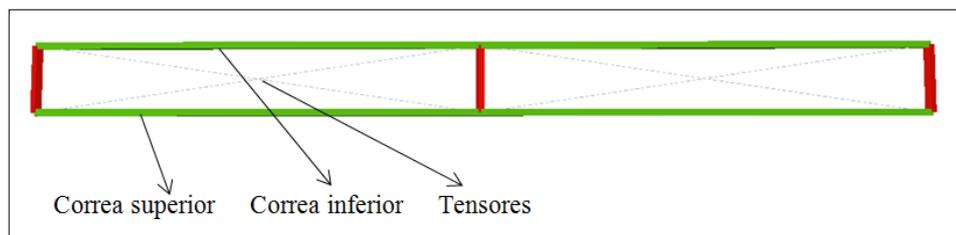
Figura 6.12. Ubicación del miembro estructural.



Fuente: Autor.

Estos elementos se encuentran ubicados en la parte más baja de la cubierta, los cuales están conformados por dos correas estructurales superior e inferior y dos tensores los cuales aportan rigidez a los elementos.

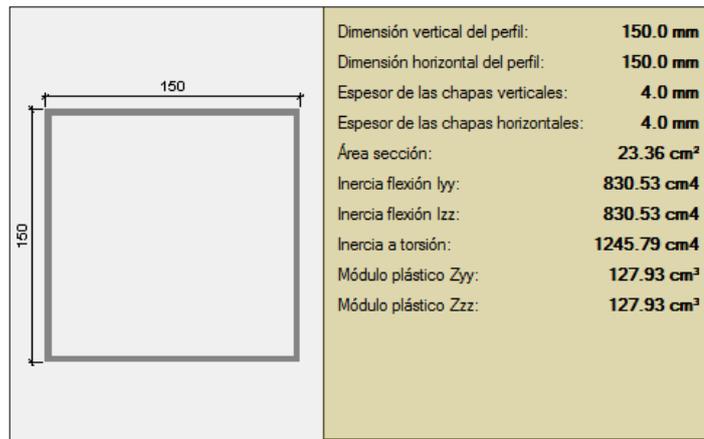
Figura 6.13. Correa.



Fuente: Autor.

6.10.1. Sección de elementos.

Figura 6.14. Sección de correas.



Fuente: Autor.

6.11. PLANOS ESTRCUTURALES

Ver anexo 4.

CAPITULO 7

PRESUPUESTO REFERENCIAL Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

7.1. PRESUPUESTO REFERENCIAL

Tabla 7.1 Presupuesto.

PRESUPUESTO TOTAL DE OBRA					
PROYECTO : CUBIERTA METÁLICA PARA EL POLIDERPOTICO DE LA UDA					
UBICACIÓN : CUENCA					
CODIGO	RUBROS - DESCRIPCION	UND	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1.001	PLACAS METALICAS CON PERNOS DE ANCLAJE	U	16.00	238.41	3,814.49
1.002	ACERO ESTRUCTURAL INCLUYE PINTADO	KG	34,224.43	3.53	120,659.08
1.003	CUBIERTA DE GALVALUME	M2	2,900.00	26.06	75,576.55
1.004	CANAL DE AGUAS LLUVIAS	ML	184.00	13.50	2,484.09
1.005	BAJANTES AGUAS LLUVIAS	ML	72.00	19.95	1,436.65
1.006	FRIZOS	ML	184.00	27.30	5,022.85
				MONTO TOTAL \$	208,993.72
_____		CUENCA - SEPTIEMBRE 2014			
FIRMA					

Fuente: Autor.

7.2. PRECIOS UNITARIOS

7.2.1 PLACAS METÁLICAS CON PERNOS DE ANCLAJE

Tabla 7.2 Análisis precio unitario placas de anclaje.

RUBRO:	PLACAS METALICAS CON PERNOS DE ANCLAJE			UNIDAD:	U
CODIGO:	1.001				
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor	1	5% M.O.			0.01
Soldadora			2.5	1.2	3
Compresor			2.5	1.1	2.75
SUBTOTAL M					5.76
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Soldador	1	3.22	3.22	0.05	0.16
Ayudante	1	3.04	3.04	0.04	0.12
SUBTOTAL N					0.28
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
Pernos de anclaje	U	4	31	124	
Placa de acero laminado A36 segun ASTM A36	U	1	45	45	
Juego de arandelas, tuerca y contratuerca	U	4	5.6	22.4	
Mortero autonivelante expansivo	kG	0.5	2.45	1.225	
SUBTOTAL O				192.625	
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
				0	
SUBTOTAL P				0	
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					198.67
INDIRECTOS Y UTILIDADES %					39.73
OTROS INDIRECTOS %					
COSTO TOTAL DEL RUBRO					238.41
VALOR OFERTADO					238.41

Fuente: Autor.

7.2.2 ACERO ESTRUCTURAL

Tabla 7.3 Análisis precio unitario acero estructural.

RUBRO:	ACERO ESTRUCTURAL				UNIDAD:	KG
CODIGO:	1.002					
EQUIPOS						
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
Herramienta Menor	1	5% M.O.				0.02
Soldadora	1	1.5	1.5	0.50		0.75
SUBTOTAL M						0.77
MANO DE OBRA						
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
Fierrero	1	3.04	3.04	0.050		0.15
Soldador Calificado	1	3.22	3.22	0.050		0.16
SUBTOTAL N						0.31
MATERIALES						
DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO		
Suelda 6011	0.0100	kg	1.53			0.0153
Pintura anticorrosiva (Tipo condor o similar)	0.0050	gl	1.35			0.00675
Perfil de acero doblado en frío Fy = 4200 Kg/cm ²	1.0500	kg	1.75			1.8375
SUBTOTAL O						1.85955
TRANSPORTE						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO		
						0
SUBTOTAL P						0
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)						2.94
INDIRECTOS Y UTILIDADES %						0.59
OTROS INDIRECTOS %						
COSTO TOTAL DEL RUBRO						3.53
VALOR OFERTADO						3.53

Fuente: Autor.

7.2.3. CUBIERTA CON PLANCHAS DE GALVALUME

Tabla 7.4 Análisis precio unitario planchas de galvalume.

RUBRO:	CUBIERTA DE GALVALUME e=0.4 mm		UNIDAD:	M2	
CODIGO:	1.003				
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor	1	5% M.O.			0.33
SUBTOTAL M					0.33
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Fierrero	1	3.04	3.04	1.1	3.34
Ayudante	1	3.04	3.04	1.1	3.34
SUBTOTAL N					6.69
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
Plancha de galvalume	m2	0.65	15.5	10.075	
Juego de arandelas, tuerca, caballete y tornillo	U	3	1.54	4.62	
SUBTOTAL O					14.695
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
SUBTOTAL P					0
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					21.72
INDIRECTOS Y UTILIDADES					4.34
OTROS INDIRECTOS %					
COSTO TOTAL DEL RUBRO					26.06
VALOR OFERTADO					26.06

Fuente: Autor.

7.2.4. CANAL DE AGUA LLUVIA

Tabla 7.2 Análisis precio unitario canal de agua lluvia.

RUBRO:	CANAL DE AGUA LLUVIA				UNIDAD: M
CÓDIGO:	1.004				
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta Menor	1	5% M.O.			0.11
Andamios	7	0.12	0.84	0.40	0.34
Cable de Seguridad	2	1.6	3.2	0.40	1.28
SUBTOTAL M					1.72
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Hojalatero	1	3.04	3.04	0.35	1.06
Ayudante	1	3.04	3.04	0.35	1.06
SUBTOTAL N					2.13
MATERIALES					
DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
Canaletas	1.00	M	7.4	7.40	
Clavos	0.20	KG	1.9		
SUBTOTAL O					7.40
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
SUBTOTAL P					0
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					11.25
INDIRECTOS Y UTILIDADES %					2.25
OTROS INDIRECTOS %					
COSTO TOTAL DEL RUBRO					13.50
VALOR OFERTADO					13.50

Fuente: Autor.

7.2.5. BAJANTES DE AGUA LLUVIA 110 MM

Tabla 7.2 Análisis precio unitario bajantes agua lluvia.

RUBRO:	BAJANTES DE AGUA LLUVIA 110 MM			UNIDAD:	ML
CÓDIGO:	1,005				
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta Menor	1	5% M.O.			0.20
Cable de Seguridad	3	1.6	4.8	0.44	2.11
SUBTOTAL M MANO DE OBRA					2.31
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Albañil	1	3.04	3.04	0.440	1.34
Ayudante	2	3.04	6.08	0.440	2.68
SUBTOTAL N					4.01
MATERIALES					
DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
Tubos de 110 mm PVC	0.33	M	28	9.24	
Codos de 110 mm PVC	0.25	UNIDAD	4.25	1.06	
SUBTOTAL O				10.30	
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
SUBTOTAL P				0	
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					16.63
INDIRECTOS Y UTILIDAD					3.33
OTROS INDIRECTOS %					
COSTO TOTAL DEL RUBF					19.95
VALOR OFERTADO					19.95

Fuente: Autor.

7.2.6. FRISOS

Tabla 7.2 Análisis precio unitario frisos.

RUBRO:	FRISOS				UNIDAD: ML
CODIGO:	1.003				
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor	1	5% M.O.			0.33
Andamios	7	0.12	0.84	0.40	0.34
Cable de Seguridad	2	1.6	3.2	0.40	1.28
SUBTOTAL M					1.95
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	ORNAL/HF	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Fierrero	1	3.04	3.04	1.1	3.34
Ayudante	1	3.04	3.04	1.1	3.34
SUBTOTAL N					6.69
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
Galvalume durvo	ml	0.65	14.6	9.49	
Juego de arandelas, tuerca, caballete y tornillo	U	3	1.54	4.62	
SUBTOTAL O				14.11	
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
SUBTOTAL P				0	
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					22.75
INDIRECTOS Y UTILIDA					4.55
OTROS INDIRECTOS %					
COSTO TOTAL DEL RUB					27.30
VALOR OFERTADO					27.30

Fuente: Autor.

7.3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

7.3.1. PLACAS DE ANCLAJES

Medidas para asegurar la compatibilidad entre los diferentes productos, elementos y sistemas constructivos que componen la unidad de obra.

La zona de soldadura no se pintará. No se pondrá en contacto directo el acero con otros metales ni con yesos.

Unidad: Unidad (U)

Materiales mínimos: Suministro y montaje de placa de anclaje de acero A36 en perfil plano, de 150X150 mm y espesor 6.4 mm, con 4 pernos soldados, de acero corrugado de 12 mm de diámetro y 300 mm de longitud total. Trabajado y montado en taller. Incluso p/p de taladro central, preparación de bordes, biselado alrededor del taladro para mejorar la unión del perno a la cara superior de la placa, soldaduras, cortes, pletinas, piezas especiales, despuntes y reparación en obra de cuantos retoques y/o desperfectos se originen por razones de transporte, manipulación o montaje.

Condiciones previas que han de cumplirse antes de la ejecución de las unidades de obra.

Ambientales: No se realizarán trabajos de soldadura cuando la temperatura sea inferior a 0°C.

Del contratista: Presentará para su aprobación, al Director de Ejecución de la obra, el programa de montaje de la estructura, basado en las indicaciones del Proyecto, así como la documentación que acredite que los soldadores que intervengan en su ejecución estén certificados por un organismo acreditado.

Proceso de ejecución.

Fases de ejecución: Limpieza y preparación del plano de apoyo. Replanteo y marcado de los ejes. Colocación y fijación provisional de la placa. Aplomado y nivelación.

Condiciones de terminación: La posición de la placa será correcta y estará ligada con la cimentación. El acabado superficial será el adecuado para el posterior tratamiento de protección.

Comprobación en obra de las mediciones efectuadas en proyecto y abono de las mismas.

Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.

7.3.2. ACERO ESTRUCUTURAL

Serán las operaciones necesarias para cortar, doblar, soldar, pintar y otras necesarias para la fabricación y montaje de una estructura en perfil de acero laminado. El objetivo es el disponer de una estructura de cubierta elaborada en perfiles estructurales, conformados en frío a partir del tool doblado, que consistirá en la provisión, fabricación y montaje de dicha estructura, según planos y especificaciones del proyecto y por indicaciones de fiscalización.

Unidad: Kilogramo (kg).

Materiales mínimos: Perfiles estructurales todos de acero laminado A-36 de 2500 kg/cm² de fluencia, platinas de acero (dimensiones varias), tubos estructurales redondos de acero, electrodos # 6011 1/8'', pernos de anclaje, desoxidante, pintura anticorrosiva, thinner; que cumplirán con las especificaciones técnicas de materiales.

Equipo mínimo: Herramienta menor, bancos de trabajo, equipo de movilización y elevación, soldadora eléctrica 300 A, amoladora, taladro barrenador, compresor 2 HP c/soplete.

Las Pruebas previas de los perfiles estructurales a utilizar (en un laboratorio calificado será aceptado por la fiscalización): verificación que cumpla con la resistencia de diseño y características generales y dimensionales: Norma INEN 136. Acero para la construcción estructural; Norma INEN 1623. Aceros. Perfiles estructurales livianos conformados en frío. Requisitos generales; INEN 1619. Aceros. Perfiles estructurales livianos conformados en frío. Canales U. Requisitos dimensionales: INEN 1624. Aceros. Perfiles estructurales livianos conformados en frío.

Las planchas de acero cumplirán los requisitos de la norma INEN 114. Planchas delgadas de acero al carbono; para calidades "Estructural" y "Estructural Soldable"; no se aceptarán planchas de acero de calidad comercial. Para tolerancias, se observará la norma INEN 115. Tolerancias para planchas de acero al carbono laminadas en caliente o en frío.

De considerarlo adecuado, se permitirá enderezar los perfiles antes de cortarlos. Enderezados con el uso de calor, serán permitidos por excepción, bajo un control riguroso y previa aprobación de fiscalización.

Unificación de medidas y espesores para cortes en serie. Control del procedimiento y longitud de cortes: no se aceptarán piezas que rebasen la tolerancia de ± 5 mm. Todos los cortes se realizarán en frío, a máquina o a mano, para el que las piezas deberán estar debidamente fijadas y aseguradas.

Por muestreo se revisará con calibrador los pernos de anclaje y sujeción. No se podrán reutilizar pernos retirados.

Control del material de suelda: no se permitirá el uso de electrodos, que no se encuentren debidamente empacados en el original del fabricante; se rechazará electrodos húmedos o dañados.

De existir óxido, será retirada con cepillo de alambre, lija gruesa y desoxidante. Control de que los perfiles se encuentren libre de pintura, grasas y otro elemento que perjudique la calidad de los trabajos en ejecución.

Realización y verificación de muestras de suelda (y pruebas de requerirlo la fiscalización).

Para proceder con la suelda, los elementos tendrán superficies paralelas, chaflanadas, limpias y alineadas; estarán convenientemente fijados, nivelados y aplomados, en las posiciones finales de cada pieza.

Los cordones de suelda, no superarán los 50 mm en ejecución consecutiva, previniendo de esta manera la deformación de los perfiles, por lo que en cordones de mayor longitud, se soldará alternadamente, llenando posteriormente los espacios vacíos. Control y verificación permanente que las secciones de suelda sean las determinadas y requeridas en planos. Control del amperaje recomendado por el fabricante de los electrodos.

Se realizará un pre - ensamble, para alinear agujeros y sistemas de conexión, que determinen un armado correcto en obra. Al disponer de estructura de ensamble con pernos, se realizarán moldes de prueba, en los que todas las piezas calcen entre sí.

Toda perforación será realizada con taladro y no será mayor a 1,5 mm. del diámetro nominal del perno.

Antes del armado, se realizará la fabricación y montaje de las vigas y columnas correspondientes a un pórtico de prueba. Verificación de alturas, cortes, niveles, plomos y otros.

Control de la colocación de apoyos, como pletinas, placas y anclajes, debidamente aplomados y nivelados.

Limpieza y pulido con amoladora de la rebaba y exceso de suelda.

Se permitirán empalmes en piezas continuas, únicamente en los lugares determinados por los planos, con los refuerzos establecidos en los mismos.

Verificación de la instalación de tensores y otros complementarios que afirmen la estructura.

Cumplidos los requerimientos previos, se iniciará la ejecución del rubro, con la recepción y aprobación de los materiales a utilizar. Se limpiarán los materiales y se prepararán las diferentes piezas que conformarán los elementos de la estructura, verificándose que sus dimensiones y formas cumplan con lo determinado en planos.

Se proseguirá con un pre armado de los elementos en fabricación, para mediante un punteado con suelda, verificar el cumplimiento de dimensiones, formas, ángulos y demás requisitos establecidos en planos. Aprobadas, se procederá con el soldado definitivo de cada una, y se realizará un nuevo control y verificación final, en la que se controlará cuidadosamente la calidad, cantidad y secciones de suelda, la inexistencia de deformaciones por su aplicación, previo a su pulido y lijado.

La suelda a utilizar será del tipo de arco (suelda eléctrica). Los electrodos serán especificados en planos, y a su falta se utilizará electrodos 6011 de 1/8" para espesores máximos de 4 mm. Para espesores superiores se utilizará electrodos 7018.

Para uniones con pernos, igualmente se realizarán pre armados en taller, verificando el adecuado empalme entre piezas y la correcta ubicación y coincidencia de las perforaciones y pernos.

Se procederá con la pintura anticorrosiva, únicamente cuando las piezas que se encuentren aprobadas y terminadas. Para su aplicación, los diferentes elementos de la estructura deberán estar limpios, sin óxido o grasa y cumplir con los procedimientos y recomendaciones de la especificación constante en estos documentos.

El constructor, preverá todos los cuidados necesarios para el transporte de los elementos y piezas a obra, asegurando el equipo adecuado y los cuidados requeridos para impedir deformaciones, esfuerzos o situaciones no previstos. Igualmente cuidará de conservar durante este proceso, la calidad del revestimiento de pintura.

7.3.3. CUBIERTA CON PLANCHAS DE GALVALUME

Son todas las actividades que se requieren para la instalación de una cubierta de galvalume prepintado tipo DP5 estructurado, con todos los sistemas de fijaciones adecuados, pero sobre con una estructura metálica de apoyo ya existente. El objetivo será la colocación del galvalume estructurado en los sitios y con el diseño que se indique en planos del proyecto, detalles constructivos, dirección arquitectónica o por fiscalización.

Unidad: Metro cuadrado (m²).

Materiales mínimos: Plancha de galvalume prepintado tipo DP5, accesorios de sujeción; que cumplirán con las especificaciones técnicas de materiales.

Equipo mínimo: Herramienta menor, taladro barrenador-percutor, andamios.

El constructor verificará que la estructura metálica de apoyo este lista y coincida con los requisitos de espaciamientos entre correas para las planchas de galvalume. Se revisarán todos los planos de detalles del montaje de las planchas. En forma conjunta con Fiscalización determinarán el método de sujeción de dichas planchas. Fiscalización deberá dar su aprobación para el comienzo de los trabajos una vez revisadas la calidad de todas las planchas y sistema de fijación, así como de seguridad y andamiaje total.

Para iniciar con la colocación de las planchas deberán estar todas sitiadas en obra con antelación. El montaje se realizará de la parte inferior hacia la superior, y deberá ir secuenciada y simultaneada con el montaje de las planchas. El traslape mínimo será de 10 cm en toda la longitud de lámina, y el equivalente a un trapecio por sus caras laterales.

Para la sujeción y colocación de las planchas de galvalume se utilizarán procedimientos acordes con la estructura de cubierta, según detalles del sistema

constructivo del fabricante o por indicaciones de fiscalización. Se utilizará el sistema de fijación a estructura metálica mediante pernos autopercutores o autotaladrantes.

Fiscalización aprobará o rechazará la entrega de este rubro concluido, que se sujetará a las pruebas, tolerancias y condiciones en las que se realiza dicha entrega.

7.3.4. CANAL DE AGUAS LLUVIAS

Son considerados aquellos elementos metálicos galvanizados que serán instalados en donde sean necesarios los canalones de aguas lluvias para las cubiertas. El objetivo será la colocación de canalones de aguas lluvias de tool galvanizado en los sitios y con el diseño que se indique en planos del proyecto, detalles constructivos, dirección arquitectónica o por fiscalización.

Unidad: Metro lineal (m).

Materiales mínimos: Canalón de tool galvanizado, sujetadores de canal (galvanizados), tornillos autotaladrantes de 1", sellador adhesivo elástico de poliuretano para juntas; que cumplirán con las especificaciones técnicas de materiales.

Equipo mínimo: Herramienta menor, atornilladora, andamios, taladro barrenador.

El constructor verificará que la estructura metálica de cubierta esté terminada y aprobada. Se revisarán todos los planos de detalles del montaje de canales y bajantes para la cubierta. En forma conjunta con Fiscalización determinarán el método de sujeción de los canalones. Fiscalización deberá dar su aprobación para el comienzo de los trabajos una vez revisadas la calidad de todos los canales y sistema de fijación, así como de seguridad y andamiaje total.

Para la sujeción y colocación de los canalones de tool se utilizarán tornillos autotaladrantes, ya que quedarán fijados a la estructura metálica de la cubierta. Se establecerá con la fiscalización el espaciamiento entre sujetadores de canal que sostendrán todo el peso.

Fiscalización aprobará o rechazará la entrega de este rubro concluido, que se sujetará a las pruebas, tolerancias y condiciones en las que se realiza dicha entrega. Su pintado se considerará en el mismo rubro, preferible antes de colocarse los mismos.

7.3.5. BAJANTES DE AGUAS LLUVIAS

Son considerados aquellos tubos de pvc que serán instalados en donde sean necesarios los bajantes de aguas lluvias para las cubiertas. El objetivo será la colocación de bajantes de aguas lluvias de pvc de 110 mm en los sitios y con el

diseño que se indique en planos del proyecto, detalles constructivos, dirección arquitectónica o por fiscalización.

Unidad: Metro lineal (m).

Materiales mínimos: Bajante de pvc 110 mm, sujetadores de bajante, tornillos tirafondos 5x40 mm, tacos Fisher 8x40 mm, sellador adhesivo de poliuretano para juntas; que cumplirán con las especificaciones técnicas de materiales.

Equipo mínimo: Herramienta menor, taladro barrenador-percutor, atornilladora, andamios.

El constructor verificará que los canales metálicos y la estructura metálica de cubierta estén terminados y aprobados. Se revisarán todos los planos de detalles del montaje de canales y bajantes para la cubierta. En forma conjunta con Fiscalización determinarán el método de sujeción de los bajantes. Fiscalización deberá dar su aprobación para el comienzo de los trabajos una vez revisadas la calidad de todos los bajantes y sistema de fijación, así como de seguridad y andamiaje total.

Para la sujeción y colocación de los bajantes de pvc se utilizarán tornillos tirafondos y tacos Fisher en pared de mampostería o columnas de hormigón, según sea el caso. Se establecerá con la fiscalización el espaciamiento entre sujetadores de bajantes que sostienen los bajantes a paredes.

Fiscalización aprobará o rechazará la entrega de este rubro concluido, que se sujetará a las pruebas, tolerancias y condiciones en las que se realiza dicha entrega. Su pintado se considerará como parte del rubro, preferible antes de colocarse los mismos.

7.3.6. FRISOS DE GALVALUME CURVO

Son todas las actividades que se requieren para la instalación de Frisos de galvalume curvo prepintado tipo DP5 estructurado, con todos los sistemas de fijaciones adecuados, pero sobre con una estructura metálica de apoyo ya existente. El objetivo será la colocación del galvalume curvo en todo el perímetro de la cubierta.

Unidad: Metro lineal (ml).

Materiales mínimos: Plancha de galvalume curvo tipo DP5, accesorios de sujeción; que cumplirán con las especificaciones técnicas de materiales.

Equipo mínimo: Herramienta menor, taladro barrenador-percutor, andamios.

El constructor verificará que la estructura metálica de apoyo y la cubierta este lista y aprobada. Se revisarán todos los planos de detalles del montaje de las planchas. En forma conjunta con Fiscalización determinarán el método de sujeción de dichas planchas. Fiscalización deberá dar su aprobación para el comienzo de los trabajos

una vez revisadas la calidad de todas las planchas y sistema de fijación, así como de seguridad y andamiaje total.

Para iniciar con la colocación de las planchas deberán estar todas sitiadas en obra con antelación. El montaje se realizará a lo largo de la cubierta. El traslape mínimo será de 10 cm en toda la longitud de lámina.

Para la sujeción y colocación de las planchas de galvalume curvo se utilizarán procedimientos acordes con la estructura de cubierta, según detalles del sistema constructivo del fabricante o por indicaciones de fiscalización. Se utilizará el sistema de fijación a estructura metálica mediante pernos autoperforantes o autotaladrantes.

Fiscalización aprobará o rechazará la entrega de este rubro concluido, que se sujetará a las pruebas, tolerancias y condiciones en las que se realiza dicha entrega.

TECNOLOGÍA DEL MONTAJE DE LA CUBIERTA METÁLICA

ASPECTOS GENERALES

Se debe disponer de los siguientes elementos en el lugar de montaje:

- Planos de la edificación existente
- Planos estructurales
- En caso de realizar los miembros estructurales “in situ”, disponer de los planos estructurales detallados de los mismos.
- Analizar e inspeccionar los espacios, características y particularidades del sitio de la obra.
- Conocer los espacios adecuados para la instalación y colocación provisional de los elementos estructurales, equipos, herramientas y recursos necesarios para la ejecución del proyecto.
- Identificar los accesos, pendientes y espacios de maniobra para los equipos de izaje.
- Investigar la mano de obra, equipos, recursos y herramientas locales.

TRANSPORTE, MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO

Se debe tener presente que la logística es fundamental en un proyecto que demanda el izaje de sus elementos, por lo que hay que coordinar el montaje con el fabricante de los miembros, es decir lo ideal sería que el fabricante realice los elementos en el orden de montaje, de esta manera se podrá coordinar un izaje directo desde los equipos de transporte hacia los lugares de colocación de las piezas.

Al momento del transporte de los miembros estructurales desde la herrería hasta el sitio de la obra, se debe tener cuidado para evitar golpes innecesarios, abolladuras causadas por las tiras de sujeción las que causan daños mecánicos a los perfiles, disminuyendo sus características funcionales.

Es necesario que la persona encargada de la obra realice un programa coordinado de entregas de piezas con la capacidad de los equipos de montaje. Además de estar pendiente al momento de la recepción de los miembros estructurales debido que estos pueden llegar con daños exigiendo una reparación o devolución del mismo.

Pero como no siempre se puede dar un izaje directo es decir desde el equipo de transporte hacia el lugar de instalación de la pieza, se requerirá de un lugar especial para el almacenamiento de los elementos de la cubierta, el cual tendrá accesos, pendientes y espacios necesarios para que el equipo pueda realizar las maniobras necesarias.

En la obra se debe tener presente los siguientes puntos:

- Los miembros con diferentes secciones y marcas de referencia no pueden mezclarse ni amontonarlas juntas.
- Las piezas cuyas características sean fáciles de dañar deben ser protegidas durante su transporte, manipulación, almacenamiento y montaje.
- Los elementos de gran peso y longitud deberán tener marcados los puntos de izado.
- Todas las piezas almacenadas estarán elevadas del suelo protegidas contra la humedad.
- Los electrodos se almacenarán en lugares secos protegidos de la humedad o lluvia

EQUIPOS DE IZAJE

La selección del equipo de izaje es una parte importante en la ejecución de la obra, ya que esto influenciará en toda la construcción del proyecto. Los equipos de montaje que se utilizarán para este proyecto serán:

- Grúa, este equipo tendrá un alcance mínimo de pluma de 25 metros de alto y capacidad de giro de 30 metros, además tendrá una capacidad de carga superior a 1500 kg.
- Equipo de transporte.
- Tornapuntas, esenciales para apuntalar los miembros estructurales antes durante y después del montaje.
- Cabrestantes: necesarios para lograr mover y alinear los elementos para su correcto ensamblaje.
- Equipos de tornillería.
- Equipo de soldar.
- Compresores de aire.
- Gatos hidráulicos.
- Equipos auxiliares como poleas, vigas, separadores, etc.
- Cables, sogas, grilletes, eslingas, etc.

IZAJE

Placas de anclaje

Las placas de anclaje son fundamentales para el montaje de los miembros estructurales, por tal motivo estas deberán colocarse y asegurarse antes del izaje de los elementos, por lo que hay que considerar los siguientes puntos:

- Contar con los respectivos planos estructurales de las placas de anclaje.
- Disponer de los materiales, equipos, herramientas y recursos necesarios para la instalación y colocación de las placas.

- Verificar las condiciones ambientales para evitar fisuras en la soldadura y hormigón por presencia de lluvia.
- Al momento de la colocación, la persona encargada de realizar el trabajo debe estar afirmada mediante cables de seguridad.

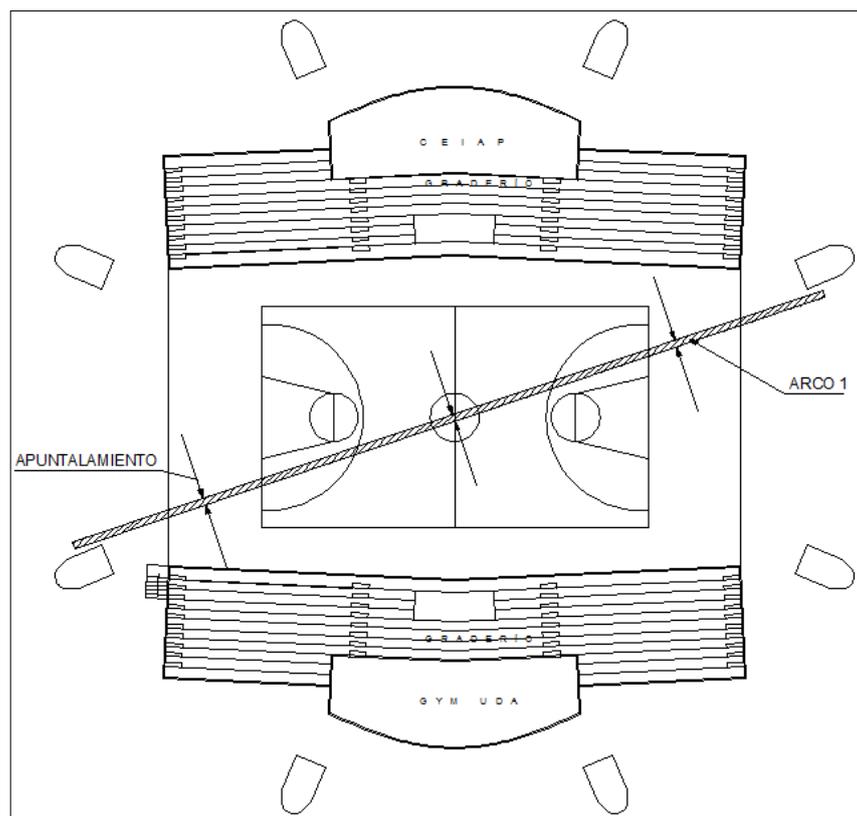
Arcos

Estos miembros estructurales son aquellos que sostienen la cubierta, por tal razón se recomienda conformarlos “in situ”, debido que tiene una curvatura particular, un gran peso y una gran altura, haciendo imposible su elaboración en el lugar de instalación. Su fabricación y colocación debe ser de la siguiente manera:

Arco 1

- Su elaboración deberá ubicarse como lo indica la siguiente figura:

Figura 7.1. Ubicación en la fabricación del arco 1.



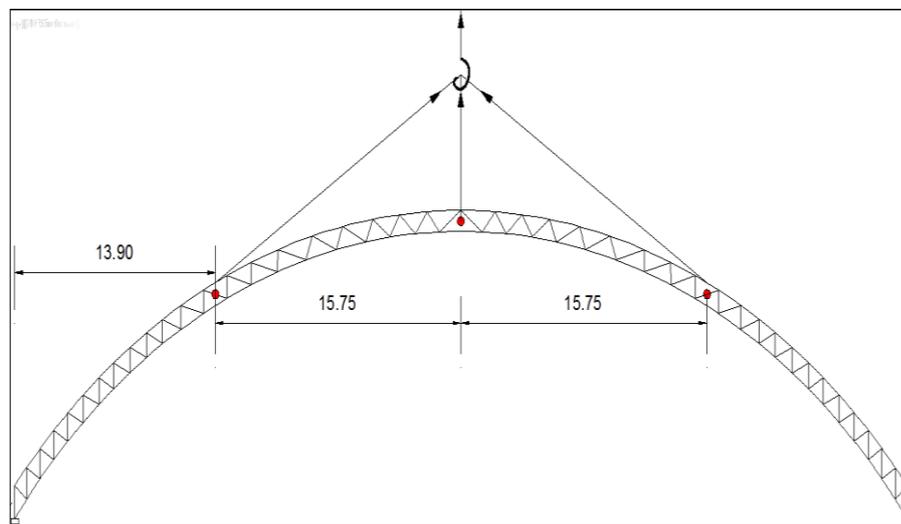
Fuente: Autor.

- Conformar el elemento de acuerdo con los planos estructurales del proyecto.
- Apuntalar y asegurar el miembro estructural para mantenerlo en la posición correcta de izaje.
- Verificar las condiciones ambientales para evitar fisuras en la soldadura por presencia de lluvia.

Izaje arco 1

Como este elemento es el más pesado y de mayor longitud, se ha visto la necesidad de colocar tres puntos de izaje, los que se encuentran distribuidos de manera uniforme en todo el perímetro del mismo, es decir que se ha dividido su masa y longitud en cuatro partes iguales de la siguiente manera:

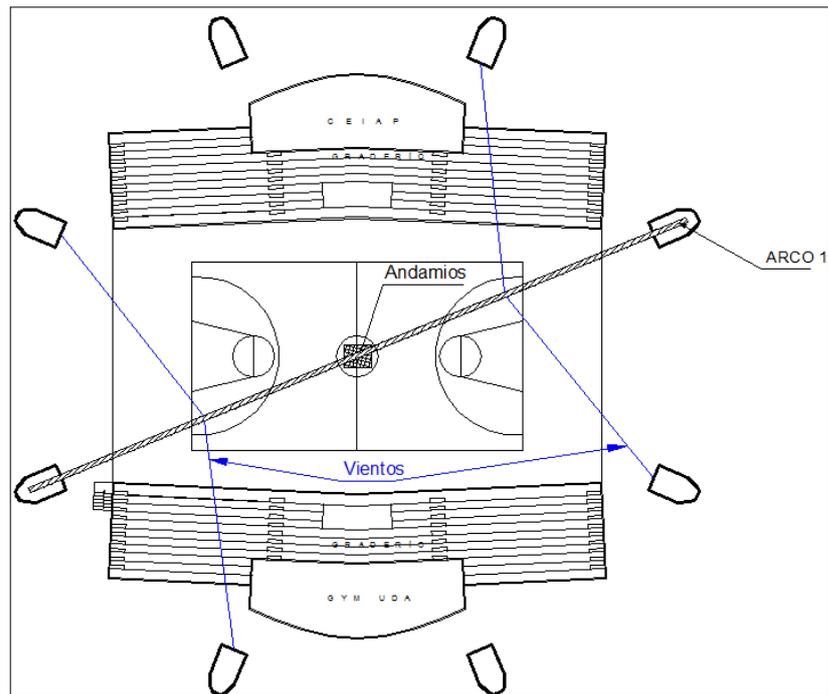
Figura 7.2. Izaje arco 1.



Fuente: Autor.

Hay que tener presente que después de la colocación definitiva del arco 1, se deberá sujetar los puntos de izaje mediante cables, vientos y sogas para mantener a este elemento alineado con sus ejes radiales. Además sería conveniente colocar una base de andamios en dirección perpendicular al centro del arco, con la finalidad de crear un soporte que permita el montaje de los demás elementos, como se indica en la siguiente figura:

Figura 7.3. Aseguramiento arco 1.

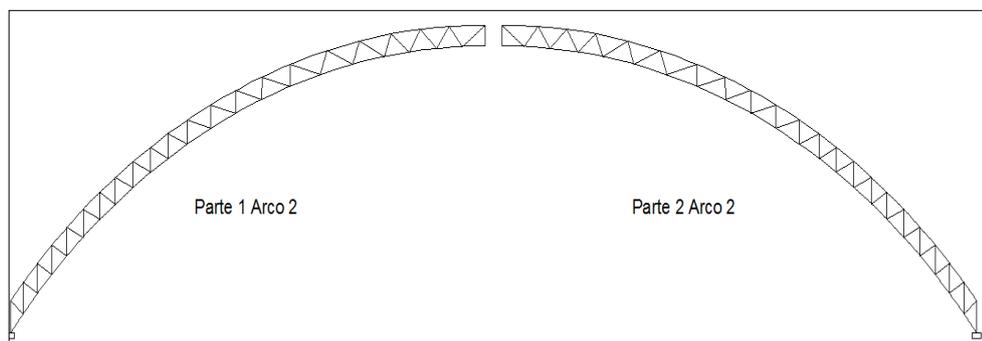


Fuente: Autor.

Arco 2

Este miembro estructural será elaborado en dos partes, es decir que al total del miembro estructural se lo dividirá por el centro del mismo como lo indica en la figura, los que serán conformados y soldados por separado en el lugar de obra, debido que tienen pesos considerables.

Figura 7.4. División del arco 2.

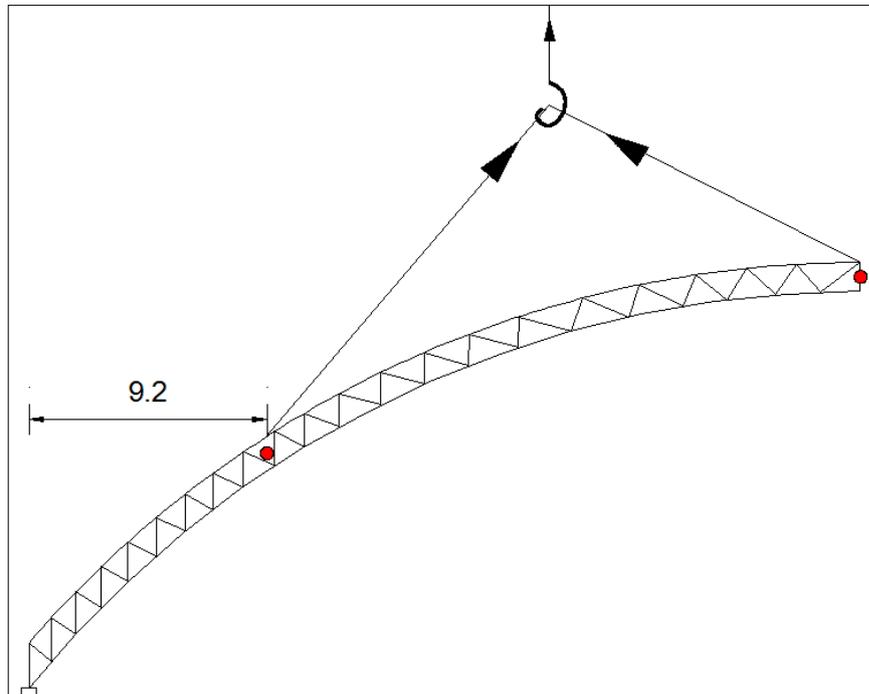


Fuente: Autor.

Izaje arco 2

De la misma manera, estos miembros han sido divididos en tres partes iguales, de las cuales se sujetan dos de tres para el izaje, para así poder lograr mantener al elemento en la posición de ensamblaje como lo indica la siguiente figura:

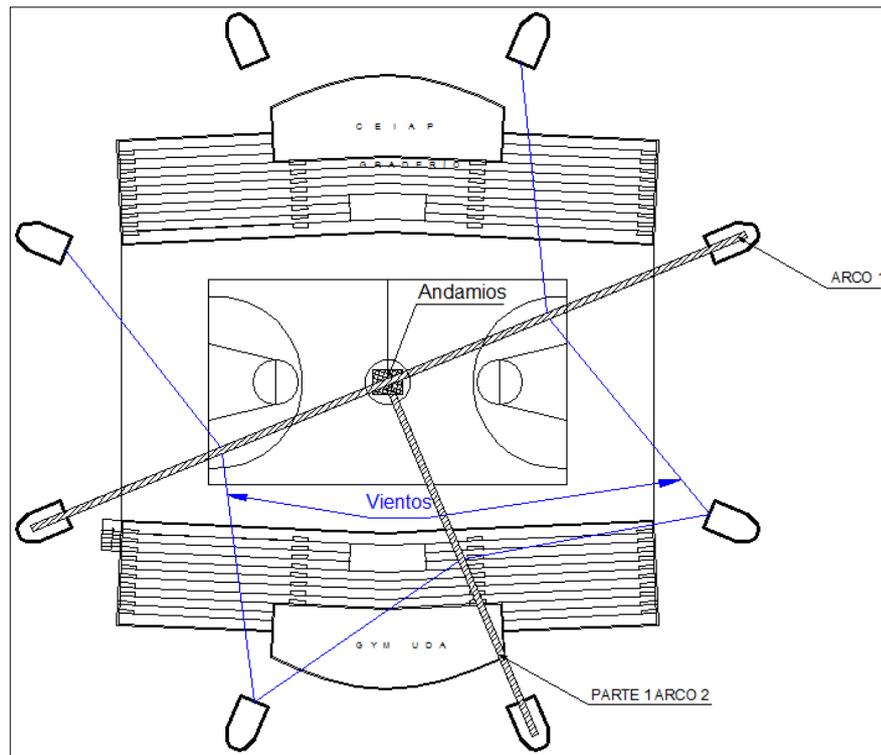
Figura 7.5. Izaje parte 1 arco 2.



Fuente: Autor.

Una vez que se haya colocado dicho elemento, de la misma manera se procederá a su sujeción con cables desde los puntos de izaje hacia las columnas de hormigón, como lo indica la siguiente figura:

Figura 7.6. Aseguramiento parte 1 arco 2.



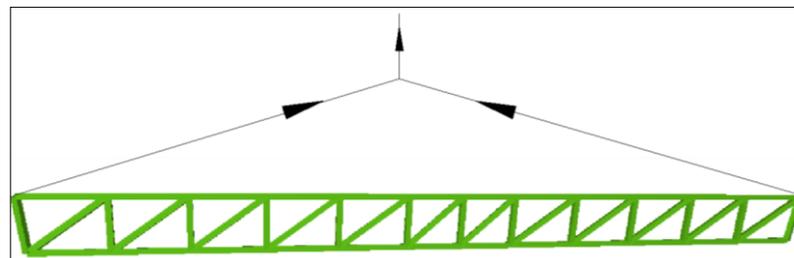
Fuente: Autor.

De la misma manera se procederá al montaje de la parte 2 del arco 2. Se repite el mismo procedimiento para los demás elementos de arcos.

Celosías

Las celosías al ser miembros estructurales de longitudes considerables es preferibles que su elaboración sea en el lugar de la obra, para su izaje se ha visto la necesidad de sujetarlas por sus extremos como indica la siguiente figura:

Figura 7.7. Izaje de celosía.

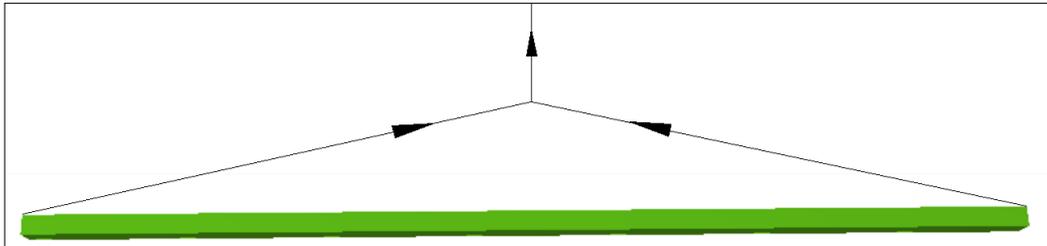


Fuente: Autor.

Correas

Las correas son elementos de poco peso y masa, por tal razón el izaje es sumamente fácil, lo que se debe tener presente es que al momento de ensamblar estos elementos el encargado de hacerlo deberá estar asegurado mediante cables de seguridad.

Figura 7.8. Izaje de correa.



Fuente: Autor.

Tensores

Los tensores son los elementos más livianos que conforman la cubierta por tal motivo su colocación es fácil y manualmente sin necesidad de grúa para su izaje. Su colocación deberá estar de acuerdo con los planos estructurales presentados.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- El código del ANSI/AISC 360-10 (LRFD) establece los parámetros necesarios para el correcto prediseño y dimensionamiento de los miembros estructurales en acero, por lo que se logró conseguir elementos seguros, confiables y de fácil conformación.
- El centro de masas y el centro de rigidez están en el centro de la cubierta, por lo que no existe un movimiento torsional que actué en el plano horizontal en un evento sísmico, el cual afecta a las columnas más alejadas del centro de resistencia.
- El viento es un factor preponderante para el diseño de los miembros estructurales, debido que se tiene una estructura ligera la cual no tiene comportamientos desfavorables ante una acción sísmica.
- Al utilizar arcos como miembros estructurales, se logró la reducción del peso por metro cuadrado de superficie de cubierta, logrando un peso de 11.9 kg/m², por lo que se pudo conseguir una estructura ligera y confiable.
- Los arcos son miembros estructurales que nos ayudan a optimizar las secciones de los elementos que lo conforman, además de salvar luces considerables, esto se debe a que existen momentos en los apoyos que contrarresta los efectos de las cargas aplicadas sobre él.
- La cubierta presenta una configuración arquitectónica y estructural simétrica teniendo un comportamiento eficiente ante la ocurrencia de un evento

sísmico, puesto que dicha carga está directamente relacionada con la masa de la estructura.

- La configuración brinda una estructura totalmente rígida, debido que cuenta con ocho arcos que conforman todo el perímetro de la cubierta, además de celosía rigidizadoras y tensores que ayudan a disminuir en gran manera los efectos de pandeo.
- El dimensionamiento de la estructura metálica se realizó por la metodología del Diseño por Factores de Carga y Resistencia (LRFD), el cual es un método sumamente utilizado, por ende se logró una estructura segura y confiable.
- Se visto la necesidad de aumentar las secciones de las correas, puesto que la longitud de estos elementos son grandes en comparación con las dimensiones de su sección transversal.

Recomendaciones

- Al momento de la ejecución se deben cumplir con todas las medidas adoptadas en el cálculo y diseño de la estructura, los cuales están referidos en los planos estructurales.
- Es recomendable el uso y manejo de códigos para la instalación de las placas de anclaje, sobre todo los pernos los cuales deben cumplir con el capítulo J de las especificaciones de ANSI/AISC 360-10 LRFD.
- Además se debe tener presente que el hormigón y mortero que se usará para nivelar las placas de anclaje deben cumplir con lo que dispone la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2011, debido que está acuerdo con la realidad de nuestro país. Conjuntamente se puede tomar como referencia lo establecido por le ACI 318-08, debido que es una parte fundamental del éxito de este proyecto.
- Es esencial someter a todos los miembros estructurales a un tratamiento anticorrosivo de pintura, para prevenir la oxidación en el sistema estructural evitando posibles fallas de los elementos.

BIBLIOGRAFÍA

- **ÁVILA GAVILÁNEZ, V. O.** (1991). *Estadio deportivo para la ciudad de Cañar (Tesis inédita de grado)*. Universidad de Cuenca, Cuenca.
- **BANEGAS AVILA, E. H.** (2005). *Análisis y diseño de nave industrial con estructuras metálicas (Pasantía internacional)*. Universidad de Cuenca, Cuenca.
- **CASTRO, CASTILLO, CARPIO, P.** (1998). *Inspección, Diagnostico, Vida Útil y Reparaciones*. México: IMCYC.
- **CORREA VIGO, F. J.** (2003). *Diseño estructural de auditorio de estructuras metálicas (Tesis inédita de grado)*. Universidad de Piura, Piura.
- **DURACON.** (2007). *INFLUENCIA DEL MEDIO AMBIENTE EN EL COMPORTAMIENTO ELECTROQUÍMICO DEL HORMIGÓN ARMADO*. Xalapa.
- **GONZÁLEZ SALCEDO, L. O.** (2002). *Lectura de introducción al análisis estructural*. Palmira: Universidad Nacional de Colombia.
- **LEÓN-BONILLO, M.** (2009). *Taquimetría*. Sevilla.
- **MAURICIO GALLEGO SILVA & ALBERTO SARRIA MOLINA.** (2006). El concreto y los terremotos. En M. G. Molina, *El concreto y los terremotos* (pág. 301). Bogotá: Dvinni.
- **MCCORMAC, J. C.** (2002). *Diseño de estructuras de acero*. México: Alfaomega.
- **MOLKE, E. C.** (1967). *Cubierta circular con marcos radiales para un gimnasio*. México: Instituto Mexicano de cemento y concreto.
- **MUJANOV, K. K.** (1986). *Construcciones metálicas*. Moscú: URSS.
- **NAVARRO, I. S.** (2008). *Manual de Topografía-Planimetría*.
- **NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION.** (2011). *Cargas y materiales*. Quito.
- **NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION, c. 2.** (2011). *Peligro sísmico y requisitos de diseño sismo resistente*.
- **NORMA SISMO RESISTENTE COLOMBIANA.** (2010). *Norma Sismo Resistente Colombiana, Apéndice B*. Bogotá.

- **RODRÍGUEZ-AVIAL AZCÚNAGA, F.** (1963). *Contrucciones metálicas*. En F. R.-A. Azcúnaga, *Contrucciones metálicas*. Madrid: Alameda.
- **ROKACH, A.** (1992). *Diseño de estructuras de acero*. Bogota: McGraw-Hill.
- **ROMO PROAÑO, M.** (2007). *Temas de hormigón armado*. Quito.
- **UNLP.** (2010). *Catedra de estructura III*. La Plata.