

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CIUDAD JUÁREZ

Instituto de Ingeniería y Tecnología

Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental



**Evaluación técnico-económica de una cubierta
anticlástica ligera para un área deportiva en instalaciones
de una escuela de educación básica**

Documento presentado en requerimiento para obtener el grado de maestro en
Ingeniería Civil.

Autor: Juan Carlos Hernández Palacios

Director: Arturo Marrufo Meléndez.

Ciudad Juárez, Chih., a 24 de octubre de 2018

Revisión del Documento de Proyecto de Titulación por Director del Proyecto

(Requisito para enviarlo al Comité de Evaluación)

Después de haber revisado los aspectos técnicos, la estructura y formato del documento en general con título “Evaluación técnico-económica de una cubierta anti clástica ligera para un área deportiva en instalaciones de una escuela de educación básica” que presenta el C. Juan Carlos Hernández Palacios, considero que se cumplen los requerimientos necesarios para que se proceda a su evaluación final ante el comité evaluador que designe la Academia del Programa de Maestría en Ingeniería Civil.

ATENTAMENTE

Arturo Marrufo Meléndez
Ciudad Juarez, Chih.
24 de octubre del 2018

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CIUDAD JUÁREZ

INSTITUTO DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental

Programa de Maestría en Ingeniería Civil

Los miembros del sínodo, nombrado por la Academia del Programa de Maestría en Ingeniería Civil, habiendo realizado la evaluación del proyecto de titulación “*Evaluación técnico-económica de una cubierta anticlástica ligera para un área deportiva en instalaciones de una escuela de educación básica*” que presenta el C. Juan Carlos Hernandez Palacios, con matrícula 164286, como requisito parcial para acreditar la materia de Proyecto de titulación, manifiestan que ha obtenido una calificación de: / 6 puntos posibles (/ 3 documento escrito; / 3 presentación).

Director

Arturo Marrufo Meléndez

Evaluador

Jesús Eduardo Aguilera González

Evaluador

Osiris Vidaña Bencomo

Evaluador

Norma Martínez Martínez

Ciudad Juárez, Chih., a 24 de octubre de 2018

Agradecimientos

Te doy gracias Dios por todas las cosas que me has brindado, por ayudarme a tomar las decisiones correctas y por guiarme a través de esta carrera tan hermosa, gracias.

A mis padres por la formación que me dieron y por ser un soporte tan grande en mi vida, por su apoyo y su comprensión para lograr este momento tan especial.

A mis amigos y compañeros de la maestría por su ayuda durante estos semestres.

Y especialmente a ti, que desde que te conocí, has estado a mi lado, siendo la mejor compañía a lo largo de estos años, mil gracias por permitirme estar a tu lado, María del Carmen Salinas Chávez.

Contenido

Capítulo 1. Introducción.....	1
1.1. Antecedentes.....	2
1.2. Planteamiento del problema.....	6
1.2.1. Área de estudio	6
1.2.2. Alcance	7
1.3. Objetivos.....	8
1.3.1. Objetivo general	8
1.3.2. Objetivos específicos.....	8
1.4. Justificación	8
Capítulo 2. Marco teórico.	11
2.1. Clasificación de las cubiertas.	11
2.1.1. Especificaciones de cubierta.	13
2.2. Herramientas de evaluación y administración de proyectos.....	15
2.2.1. Estructura desglosada del trabajo (EDT).....	15
2.2.2. Programación de obra.....	16
2.2.3. Ruta crítica.....	17
2.2.4. Análisis de riesgo.....	18
2.2.5. Punto de equilibrio.....	19
2.2.6. Ciclo de vida.....	20
2.2.7. Valor Presente Neto.....	20
2.2.8. Tasa de recuperación mínima atractiva.....	22
2.2.9. Tasa Interna de Rendimiento.....	22
2.3. Análisis de Costos.	23
2.3.1. Costo directo.	24
2.3.1.1. Material.....	24
2.3.1.2. Mano de obra.....	25
2.3.1.3. Maquinaria y equipo.....	27
2.3.2. Costo Indirecto.....	27
2.3.3. Financiamiento.....	28
2.3.4. Utilidad.....	29

2.3.5. Costo final.....	29
Capítulo 3. Metodología.....	31
3.1. Cubiertas a considerar.....	31
3.2. Proceso de construcción.	32
3.3. Costos.	34
3.4. Tiempo de ejecución.	35
3.5. Evaluación del proyecto.	35
3.6. Análisis de riesgo.	36
3.7. Mantenimiento.....	36
Capítulo 4. Análisis técnico de obras.	38
4.1. Método constructivo.	38
4.1.1. Actividades.	39
4.1.2. Tiempo de ejecución.	41
4.1.3. Holgura.	43
4.2. Análisis de proyección de sombras.	45
Capítulo 5. Análisis económico de cubiertas.	48
5.1. Análisis de partidas a costo directo.....	48
5.2. Análisis del costo indirecto.	50
5.3. Análisis del costo por financiamiento.	51
5.4. Análisis de la utilidad.	52
5.5. Costo final.	53
Capítulo 6. Análisis de negocio de comparación entre cubiertas.....	54
6.1. Ubicación de obras.	54
6.2. Punto de equilibrio.	57
6.3. Análisis del Valor Presente Neto.	59
6.4. Análisis de riesgo.	62
6.5. Ciclo de vida.	64
Capítulo 7. Conclusiones.....	66
7.1. Conclusiones del proyecto.....	66
Anexo A. Anteproyectos	69
Anexo B. Catálogo de conceptos cubierta tradicional (domo).....	72
Anexo C. Catálogo de conceptos cubierta propuesta (velaria con arco).....	75
Anexo D. Catálogo de conceptos cubierta propuesta (velaria sin arco).....	77
Referencias bibliográficas.....	79

Índice de figuras

Figura 1. Estructura espacial, Nizhny Novgorod, Rusia, 1896. (Revolv, 2014)	3
Figura 2. Sidney Myer Music Bowl, Melbourne, Australia. (Myer, 2017)	4
Figura 3. Estadio olímpico de Múnich, Múnich, Baviera, Alemania, (Wikimedia, 2017).	4
Figura 4. Aeropuerto Jeddah, Arabia Saudita, 1981, (Prezoa, 2014).	5
Figura 5. Velaria en Plaza Belenes, Zapopan, 2018.	6
Figura 6. Parque Dr. Martiniano Carvajal, Mazatlán, Sinaloa	7
Figura 7. Ejemplo de estructura sinclástica (Retana, 2015).	11
Figura 8. Tipos de cubiertas anti clásticas (Moore, 1999).	12
Figura 9. Cubierta tipo domo. (Archivo del autor, 2018).	13
Figura 10. Conexiones en cubiertas (Durán, 2011).	14
Figura 11. Conexiones en cubiertas (Durán, 2011).	14
Figura 12. EDT de aspectos técnicos.	15
Figura 13. EDT de aspectos económicos.	16
Figura 14. Diagrama donde se ubican las actividades.	17
Figura 15. Gráfica de una distribución triangular.	19
Figura 16. Gráfica de punto de equilibrio.	19
Figura 17. Gráfica de VPN (Urbina, 2007)	21
Figura 18. Gráfica de VPN con TIR (Urbina, 2007).	23
Figura 19. EDT del capítulo.	32
Figura 20. EDT de actividades para construcción de cubiertas.	39
Figura 21. Diagrama PERT de actividades indicando la ruta crítica de cubierta tradicional.	44
Figura 22. Diagrama PERT de actividades indicando la ruta crítica de cubierta propuesta.	45
Figura 23. Proyección de sombras de ambas cubiertas.	45
Figura 24. Gráfica de Proyección de sombras de ambas cubiertas.	46
Figura 25. Proyección de sombras de ambas cubiertas.	47
Figura 26. Gráfica de proyección de sombras de ambas cubiertas.	47
Figura 27. Gráfica comparativa entre insumos.	49
Figura 28. Licitaciones por estado para construcción de cubiertas.	54
Figura 29. Licitaciones por estado para el 2017.	55
Figura 30. Licitaciones por estado para el 2018.	56
Figura 31. Licitaciones por estado para el 2017-2018.	56
Figura 32. Gráfica de punto de equilibrio.	57
Figura 33. Gráfica de Punto de equilibrio de las tres cubiertas.	58
Figura 34. Gráfica de VPN de cubierta tradicional.	60
Figura 35. Gráfica de VPN de cubierta propuesta.	61
Figura 36. Gráfica de VAN de cubiertas.	63
Figura 37. Gráfica de TIR de cubiertas.	63
Figura 38. Gráfica de Ciclo de vida de cubierta tradicional.	64
Figura 39. Gráfica de Ciclo de vida de cubierta propuesta.	65

Índice de tablas

Tabla 1. Tabla de datos históricos de Ciudad Juárez. (Merkel, 2014).	9
Tabla 2. Especificaciones con las que se debe de elaborar la lona para la velaría.	13
Tabla 3. Conceptos de las cubiertas.	31
Tabla 4. Medidas reglamentarias de cancha.	38
Tabla 5. Tabla de actividades de la cubierta tradicional.	40
Tabla 6. Tabla de actividades de la cubierta propuesta.	40
Tabla 7. Duración de las actividades de cubierta tradicional.	41
Tabla 8. Duración de las actividades de cubierta propuesta.	42
Tabla 9. Porcentaje de avance para cubierta tradicional.	42
Tabla 10. Porcentaje de avance para cubierta propuesta.	43
Tabla 11. Tabla de holgura de actividades de la cubierta tradicional.	43
Tabla 12. Tabla de holgura de actividades de la cubierta propuesta.	44
Tabla 13. Incidencia en las cubiertas.	48
Tabla 14. Cubiertas divididas en partidas.	50
Tabla 15. Costos indirectos.	51
Tabla 16. Costos por financiamiento.	52
Tabla 17. Integración del costo final.	53
Tabla 18. VPN de la cubierta tradicional.	60
Tabla 19. VPN de la cubierta propuesta.	61
Tabla 20. Información necesaria para tener un análisis de riesgo de inversión.	62
Tabla 21. Comparación entre cubiertas.	66
Tabla 22. Instalaciones de educación en Ciudad Juárez.	69

Capítulo 1. **Introducción**

El uso de tensoestructuras o lo que han denominado arquitectura textil, se ha utilizado desde el origen de las civilizaciones, para poder protegerse del clima.

Se han empleado diversas formas y materiales para lograr que estas estructuras cumplan su propósito, que puede ser desde un puente colgante o suspendido, ya que se utilizan los mismos principios de una estructura con curvatura simple. También se encuentran las estructuras funiculares colgantes que están divididas en tres tipos como son las de curvatura simple, de doble cableado o bien de doble curvatura.

Las velarias como se les conoce a las tensoestructuras pertenecen a una variación de una estructura de cable de doble curvatura. Los casos más comunes son los circos que utilizan carpas que son empleadas como membrana anticlástica que está en tensión y que está soportada por un arco de compresión o un mástil, en ocasiones se utilizan más de uno cuando el claro a cubrir es muy grande.

Una técnica para hacer un diseño con base a tensoestructuras es realizar un modelo a escala usando un puntal, una tela elástica soportada por arcos y mástiles o cuerdas. Es indispensable para definir la forma y su estabilidad con el viento de la cubierta en cuestión, se debe de diseñar como estructura de doble curvatura, uno de los más sencillos ejemplos es la que aparenta una silla de montar, la cual es característica de estas cubiertas y se logra tomando una tela elástica, a la cual se tensan las cuatro esquinas, esto es si la tela es de forma cuadrada o rectangular, dos de sus extremos contrarios se les aplica una fuerza de tensión hacia abajo, mientras que los otros dos extremos contrarios se tensan hacia arriba.

Utilizando los principios de la silla de montar antes mencionada, se va a utilizar dicha forma para dar solución al problema de que se trata este proyecto, ya que es de los ejemplos que se puede lograr para cubrir el área en cuestión y debido a que será en instalaciones donde la seguridad es un tema muy importante, esta solo consta de cuatro apoyos.

Anteriormente se consideraban a estas cubiertas como adecuadas a estructuras temporales esto debido al deterioro que sufrían las cubiertas, ya que se confeccionaban a base de telas o se realizaban con materiales que, debido a su prolongada exposición a la luz solar, su vida útil era muy corta. Con el desarrollo de nuevos tejidos y la composición de geomembranas compuestas que minimizan el deterioro causado por el sol, su vida útil ha ido creciendo, ya que se ha incrementado hasta 20 años, llevando consigo su utilización como estructuras permanentes.

En la actualidad para dar solución a los espacios sin cubrir en los centros educativos, concretamente en los pertenecientes a las escuelas de educación básica, se emplean los domos a base de estructura metálica y cubierta de lámina. Dicha construcción se emplea para cubrir el área donde se realizan los deportes o bien en las explanadas principales de las escuelas.

De esta manera se realizará una comparación económica entre una cubierta tradicional o domo y una velaría o tensoestructura utilizando el principio de la silla de montar, con dos extremos a manera de catenaria funicular y los otros dos extremos tensionados.

1.1. Antecedentes

Actualmente para que a una escuela de uso público en el estado de Chihuahua, le sea construida una cubierta a base de estructura metálica se tiene que realizar una solicitud al ICHIFE (Instituto Chihuahuense de Infraestructura Física Educativa), el cual en el caso de tener presupuesto y considerar que es necesario la construcción de la misma, se realiza una licitación, la cual se puede ver a través del portal Compranet haciéndose pública, para que expongan sus propuestas los diferentes constructores interesados en este proyecto.

Esta cubierta licitada se tiene que presentar su convocatoria con un estudio de mecánica de suelos y con base a una memoria de cálculo, que en ocasiones puede o no estar dentro de las bases.

Ahora bien, una tensoestructura o cubierta ligera como la que se propone para reemplazar la solución antes mencionada, es una forma arquitectónica delgada y flexible, que se crea a partir de membranas tensadas, soporta las cargas únicamente a través del desarrollo de esfuerzos de tracción. Uno de los requisitos que debe de tener para ser considerada como estructura de cubierta ligera o tensoestructura, es que la forma adquiera una doble curvatura dándole la estabilidad tridimensional requerida.

Se pueden dividir en clasificaciones de acuerdo a su forma o a los tipos de superficies, como por ejemplo, en el caso de las estructuras con curvatura doble existen la estructura sinclástica y la anticlástica que es con la que se trabajará en esta investigación, (ASCE, 2002).

El uso de estas cubiertas con geomembranas se popularizó a finales del siglo XX, una de las primeras construcciones a gran escala utilizando este sistema de construcción fue en el año 1896 por el ingeniero Ruso Vladimir Shukhov, esto durante la “All-Russia Industrial and Art Exhibition”, en Nizhny Novgorod, Rusia donde se cubrió un área de 27,000m², (Figura 1).



Figura 1. Estructura espacial, Nizhny Novgorod, Rusia, 1896. (Revolvy, 2014)

Después, la construcción más notable fue el Sídney Myer Music Bowl, construido en 1958 en Melbourne, Victoria, Australia, por el arquitecto Barry Pattern e inaugurada el 12 de febrero de 1959 por el primer ministro Robert Menzies, ante una audiencia de alrededor de 30,000 personas, donde se presenta como un escenario al aire libre en los jardines de Kings Domain (Figura 2); es administrado actualmente por el Centro de Artes de Melbourne.



Figura 2. Sidney Myer Music Bowl, Melbourne, Australia. (Myer, 2017)

Más tarde, después de algunos años Frei Paul Otto, un arquitecto, profesor y teórico alemán construyó el pabellón alemán en Montreal en 1967, años después utilizó las membranas tensadas en el Estadio Olímpico de Múnich, ubicado en la ciudad de Múnich, Baviera, Alemania, construido para los Juegos Olímpicos de 1972, en el cual se utilizó una cubierta a base de metacrilato o PMMA (polimetilmetacrilato), dicho material puede ser similar a otros plásticos como el policarbonato o el poliestireno, (Figura 3).

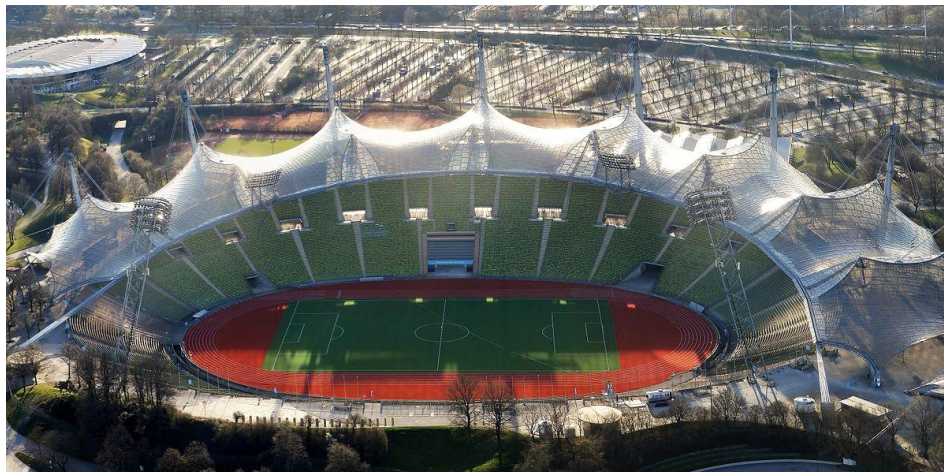


Figura 3. Estadio olímpico de Múnich, Múnich, Baviera, Alemania, (Wikimedia, 2017).

En 1974 se empezó la construcción del Aeropuerto Internacional Rey Abdulaziz al norte de Yida, Arabia Saudita, inaugurándose el 31 de mayo de 1981, tiene una superficie de 405,000m², ver Figura 4.



Figura 4. Aeropuerto Jeddah, Arabia Saudita, 1981, (Prezoa, 2014).

Para esta obra se emplearon múltiples velarias para cubrir grandes claros, dando también un aspecto agradable a la vista arquitectónicamente hablando, pero siempre cumpliendo con la finalidad de proteger de la intemperie.

Actualmente se están utilizando velarias en construcciones ya realizadas como centros comerciales o plazas públicas que en un principio no se tenían contempladas áreas cubiertas y estas sirven como complemento para cubrir los espacios que están a la intemperie, terrazas y/o pasillos.

Una de las razones por las que se escogen este tipo de soluciones, es porque se pueden ajustar a cualquier construcción ya terminada, solo se deben de concentrar en los apoyos, que en algunos casos se pueden utilizar la estructura ya existente o bien proponer otros, en algunos casos se pueden calcular con mástiles o postes suspendidos, (Figura 5).



Figura 5. Velaria en Plaza Belenes, Zapopan, 2018.

1.2. Planteamiento del problema

Actualmente para proponer una cubierta en un espacio al aire libre se tiene que analizar el propósito principal que es cubrir de la intemperie, ya sea lluvia, rayos solares, nieve, entre otros. Por lo regular en el caso de las instituciones de educación básica se solicitan o se proponen cubiertas a base de estructura metálica llamadas domos, pero no se hace un análisis o bien no se contemplan otras soluciones como son las velarias, las cuales pueden ser de varias formas y diseños con los cuales se puede aprovechar para lograr una mejor eficiencia en su elaboración, aparte de proteger de la lluvia, le puede proporcionar una zona de mayor confort al usuario.

1.2.1. Área de estudio

La tensoestructura que se analizó en un principio de ejemplo y como comparación, es la que está construida en la ciudad de Mazatlán, Sinaloa, concretamente en el parque Dr. Martiniano Carvajal, ubicado entre las calles Av. Paseo Claussen y Av. Manuel Gutiérrez Nájera, en donde se licitó en el año del 2015 bajo el número de licitación LO-825012978-N01-2015. Esta cubierta ligera se proyectó para cubrir un espacio donde abarca una cancha de basquetbol y un área asignada a gradas, (Figura 6).



Figura 6. Parque Dr. Martiniano Carvajal, Mazatlán, Sinaloa.

Desafortunadamente está cubierta ocupa demasiado espacio en sus soportes y mástiles, con lo cual la comparación entre este ejemplo y un domo, no sería muy útil, debido a que se tiene que ajustar a las dimensiones que ocupa un domo cubriendo solo el área de una cancha de basquetbol reglamentaria en una escuela de educación básica.

Sin embargo, aunque no se utilizará como base para la comparación, la forma de ésta servirá como antecedente para el diseño de la cubierta propuesta en la investigación.

1.2.2. Alcance

Este proyecto y sus procesos solo serán presentados como investigación de procedimiento administrativo y evaluación del proyecto, su limitación está sujeta a estos términos y no así a la construcción del mismo. Los insumos serán considerados y cotizados en la región de Ciudad Juárez, Chihuahua, México.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Analizar una estructura anticlástica ligera como cubierta, ubicada en un área deportiva en una escuela de educación básica, esto para realizar una comparación enfocada al negocio con los domos que se instalan en estas instituciones de enseñanza. Se utilizarán las herramientas de administración de proyectos, contemplando los diferentes puntos utilizados en los análisis de riesgo, tomando en cuenta también el aspecto técnico además del económico, sus ventajas y desventajas de las formas y los materiales a utilizar.

1.3.2. Objetivos específicos

Se establecen los siguientes objetivos específicos:

- Localizar una cubierta a base de estructura metálica que cumpla con los requerimientos del INIFED, la cual debe de estar propuesta para un área deportiva en una escuela de educación básica.
- Realizar una propuesta como una solución alternativa tomando en cuenta la misma área a cubrir con la cubierta de estructura metálica.
- Realizar una comparación en base a los factores técnicos y económicos de un proyecto para establecer los parámetros de factibilidad entre ambas cubiertas.
- Elaborar un análisis de sensibilidad que permita establecer las variables para definir los parámetros que lleven al éxito del proyecto.

1.4. Justificación

El clima de la ciudad se podría definir como desértico seco extremoso, debido a que los inviernos son muy intensos y los veranos igualmente, en ocasiones existen diferencias de temperatura de un día a otro de una manera muy drástica y sin predicción alguna, como se aprecia en la Tabla 1.

Tabla 1. Tabla de datos históricos de Ciudad Juárez. (Merkel, 2014).

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
<i>Temperatura media (°C)</i>	6.4	9	12.4	17.7	22.1	26.8	27.9	26.9	23.6	17.9	11.1	7.3
<i>Temperatura Mínima (°C)</i>	-1.5	0.5	3.7	8.7	12.9	17.7	20.1	19.3	15.8	9.4	2.5	-0.8
<i>Temperatura Máxima (°C)</i>	14.3	17.6	21.2	26.8	31.4	35.9	35.8	34.6	31.5	26.5	19.7	15.4
<i>Temperatura Media (°F)</i>	43.5	48.2	54.3	63.9	71.8	80.2	82.2	80.4	74.5	64.2	52	45.1
<i>Temperatura Mínima (°F)</i>	29.3	32.9	38.7	47.7	55.2	63.9	68.2	66.7	60.4	48.9	36.5	30.6
<i>Temperatura Máxima (°F)</i>	57.7	63.7	70.2	80.2	88.5	96.6	96.4	94.3	88.7	79.7	67.5	59.7
<i>Precipitación (mm)</i>	10	11	8	5	7	15	42	41	34	20	10	16

Es por esto que, ante este tipo de clima, sobre todo en los meses entre abril y septiembre que el intenso sol propicia altas temperaturas, surge la necesidad de protegernos de los daños que nos pueden causar al estar en la intemperie, esto sobre todo a las personas mayores y los menores de edad.

A los menores de edad se les protege en sus hogares, pero al estar en su horario escolar es cuando pueden ser propensos a sufrir por las inclemencias del tiempo sobre todo porque es a la hora de recreo o receso que se sienten las temperaturas en primavera-verano más extremas.

Se tienen registrados en el país alrededor de 100 mil escuelas de educación básica con 22 millones de alumnos, para el 2013 se tenían censadas por parte de la Secretaria de Educación Pública (SEP), 1,333 escuelas con 287,364 alumnos registrados; esto solo en Ciudad Juárez. (INEGI, 2017). De las cuales el 48.4% son escuelas primarias, y no todas cuentan con los recursos para la colocación de un domo a manera de protección para los alumnos en sus áreas de recreación.

Actualmente ante el crecimiento poblacional de la ciudad, según datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía, se tienen registrados 21,968 nacimientos en el 2016 solo en Ciudad Juárez (INEGI, 2017), lo cual nos lleva a la necesidad de aumentar la construcción de instalaciones educativas.

En la mayoría de la construcción de áreas destinadas a la educación solo se contemplan los salones y los servicios, pero no así las cubiertas en los espacios abiertos, es por esto que se contempla la necesidad de proponer una alternativa de solución para cubrir esta necesidad sin dejar de lado el cumplimiento con las normatividades existentes y las diferentes reglamentaciones de la localidad.

Es por esto que, se propone el uso de una estructura ligera que pueda competir en negocio o inversión con la construcción de los tradicionales domos que se han estado licitando para las

diferentes áreas escolares, realizando una evaluación técnico-económica de ambas estructuras y proponiendo la necesidad de buscar alternativas para las cubiertas tradicionales, esto realizando un estudio de las necesidades en todo el país, asimismo proponiendo un estudio a fondo para la toma de decisiones para una empresa constructora, una escuela, gobierno o usuario que quiera involucrarse en la construcción de una cubierta.

Capítulo 2. Marco teórico.

En este capítulo se detallarán los temas a considerar como fundamento y que serán de relevancia para esta investigación, se explicarán las herramientas y los métodos a utilizar para llevar a cabo los resultados a obtener.

2.1. Clasificación de las cubiertas.

El tipo de cubierta va a depender de la forma geométrica con la que se diseñe, dentro de las tenso estructuras la clasificación puede ser sinclásticas o bien anticlásticas.

Estructura sinclástica. Es aquella superficie que posee curvaturas similares en un punto dado, o bien los centros de las curvaturas se encuentran en el mismo lado de la superficie, ejemplos: cúpula (esfera), paraboloide elíptico, elipsoide, hiperboloide de dos hojas (Figura 7).

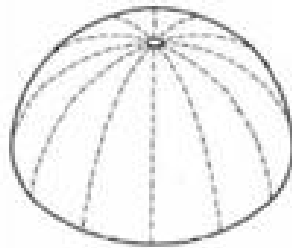


Figura 7. Ejemplo de estructura sinclástica (Retana, 2015).

Carl Friedrich Gauss fue un matemático, astrónomo y físico alemán que las clasificó de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$K = \frac{1}{r_1 - r_2} \quad (1)$$

En donde los valores de “ r_1 ” y “ r_2 ” son positivos, las llamo superficies gaussianas positivas, de acuerdo con que por lo regular son cúpulas, en este caso el resultado de la ecuación deberá ser mayor a cero.

Estructura anticlástica. Son superficies doblemente curvadas y tienen una curvatura opuesta en cada dirección (Figura 8).

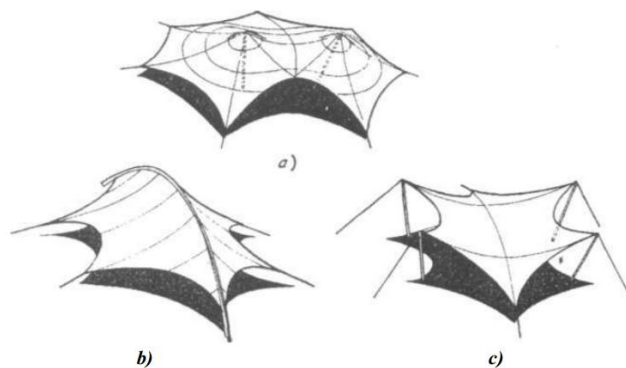


Figura 8. Tipos de cubiertas anti clásticas (Moore, 1999).

Denominadas también como superficies Gaussianas Negativas, consideradas como superficies que uno de sus dos arcos resulta negativo de acuerdo a la ecuación anteriormente vista, siendo el resultado menor que cero, o simplemente como superficie con forma de silla de montar.

Cubierta tipo domo. Como una tercera clasificación de estructuras Gaussianas está la que es considerada como nula en la cual uno de los radios de la ecuación antes vista es infinito, haciendo que esta estructura sea un tipo de bóveda dentro de las cuales se encuentra la cubierta tipo domo.

La construcción de estos se ha propuesto para los espacios en donde se requiera proteger del clima ya sea una cancha deportiva, una explanada o pasillo (Figura 9).



Figura 9. Cubierta tipo domo. (Archivo del autor, 2018).

2.1.1. Especificaciones de cubierta.

En este caso el material de la lona será a base de una película compuesta de 87% de PVC y 13% de poliéster, deberá de ser anti flama, *anti wick* (anti transpirante), antihongos, y deberá de tener protección a los rayos ultra violeta además de reunir las características de la Tabla 2:

Tabla 2. Especificaciones con las que se debe de elaborar la lona para la velaría.

	Longitudinal	Transversal
Elongación a la ruptura	35 %	35 %
Resistencia a la tensión	65 kgf/cm > 143.30 lbf/in	65 kgf/cm > 143.30 lbf/in
Desgarre	20 kg > 44.09 lbf	20 kg > 44.09 lbf
Peso	508 ± 17 gm/m2 15 ± 0.5 oz/sqyd	
Flamabilidad	< 100 mm/min	

Además de la cubierta es necesario, según lo requiera el proyecto, de tensores, mástiles de acero, terminales de cable, aristas, esquinas, anclajes superficiales y/o enterrados, grilletes, (Figura 10 y Figura 11).



Figura 10. Conexiones en cubiertas (Durán, 2011).



Figura 11. Conexiones en cubiertas (Durán, 2011).

Algunas de estas conexiones son articuladas y se pueden ajustar, en otros casos son articuladas, pero no ajustables.

2.2. Herramientas de evaluación y administración de proyectos.

Para llevar a cabo una evaluación es necesario tener, hasta este punto, el proyecto definido para realizar un planteamiento que analice todas las circunstancias, que van desde los materiales de construcción hasta el lugar de ubicación, así como también el suministro de ese material y el costo unitario de cada uno de los elementos a utilizar.

Esta labor requiere que se realice mediante una metodología precisa para analizar los diferentes pasos a seguir que toda la evaluación de un proyecto requiere, esto para evitar el riesgo de llegar a perder dinero y tiempo.

2.2.1. Estructura desglosada del trabajo (EDT).

La estructura desglosada del trabajo nos permite descomponer jerárquicamente las tareas a desempeñar para llevar a cabo el proyecto, en este caso se iniciará con dos divisiones principalmente que determinarán los dos capítulos en los que se dividirá la metodología.

Como inicio de tendrán los aspectos técnicos, donde se abarcará todo lo relacionado a las construcciones a comparar por un lado se tiene la cubierta tradicional o tipo domo y en el siguiente a la relacionada con la propuesta como se puede ver en la Figura 12.

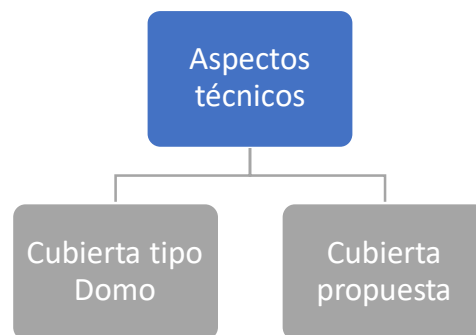


Figura 12. EDT de aspectos técnicos.

Después, para complementar a los aspectos técnicos se realizarán evaluaciones de lo referente al análisis de riesgo y del análisis financiero de ambas construcciones como se muestra en la Figura 13.

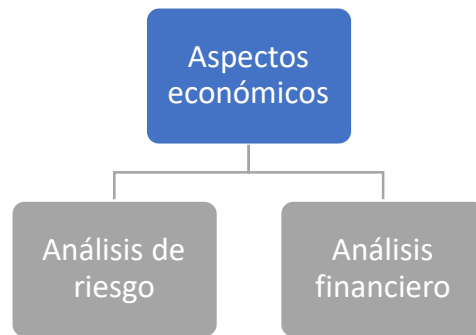


Figura 13. EDT de aspectos económicos.

2.2.2. Programación de obra.

De acuerdo a los datos recabados de los catálogos de conceptos se realizarán los tiempos de ejecución y será utilizando el mismo programa que se empleó para el desarrollo de los costos, que es el OPUS, tomando en cuenta lo siguiente:

- Fecha de inicio de la actividad.
- Duración de la actividad.
- Días Laborables.
- Fecha de terminación de la actividad.

La fecha de inicio para realizar la comparación en ambas construcciones será el día 7 de enero del año 2019, esto debido a que se propone como obra de inicio de año.

Determinar estas actividades nos ayuda a una planeación dentro de la obra para la asignación de recursos además de establecer rutas críticas y tareas que nos ayuden a llevar a buen fin el proyecto en tiempo y forma.

2.2.3. Ruta crítica.

Establecer las actividades a desarrollar en ambas construcciones nos permiten calcular el tiempo a utilizar y definir las rutas críticas, estas actividades se ordenan de acuerdo a su programación y su tiempo de ejecución para después establecer las prioridades de los proyectos.

Con cada actividad se plantea un tiempo de ejecución mediante un diagrama en donde se indican los siguientes datos:

- Actividad (A): Actividad a realizar.
- Duración (D): Tiempo que se requiere para ejecutar la actividad.
- Inicio temprano (ES, por sus siglas en inglés “Early Start”): Marca el inicio de una actividad.
- Inicio tardío (LS, “Late Start”): Establece el inicio posterior al programado, pero permitiendo poder terminar la actividad en la fecha propuesta.
- Termino Temprano (EF, “Early Finish”): Indica la fecha de terminación de la actividad.
- Termino tardío (LF, “Late Finish”): Muestra la fecha de terminación de una actividad después de la fecha programada originalmente.

Utilizando la anterior información se elabora un diagrama indicando en cada una de las actividades estos datos como se muestra en la Figura 14.

ES		EF
ACTIVIDAD		
DURACION		
LS		LF

Figura 14. Diagrama donde se ubican las actividades.

Para poder incluir los datos que no se tienen se utilizan las siguientes formulas:

Termino tardío:

$$LS = LF - D \quad (2)$$

Termino temprano:

$$EF = ES + D \quad (3)$$

Una vez teniendo todos los datos de nuestras actividades se procede a sacar la holgura de cada una de las actividades mediante la siguiente formula:

$$H = LF - EF \quad (4)$$

Esto nos permite identificar las actividades que nos ayudan a poder prescindir de ellas sin olvidarlas ni dejarlas de lado simplemente para poder seguir avanzando.

Es muy importante tener en cuenta estas actividades ya que nos permitirán terminar con el proyecto en la fecha establecida desde un principio, esto gracias a que estas actividades nos permiten un margen de tiempo que pudiéramos necesitar para la realización de algunas tareas sin permitir el retraso del proyecto.

2.2.4. Análisis de riesgo.

Este análisis ayuda a determinar si un proyecto es viable o no, se realiza una simulación en base a una distribución triangular donde se establecen un valor mínimo o pesimista, un valor máximo u optimista y la moda o probable.

Este modelo empieza la distribución con el valor mínimo, llegando hasta el punto más alto que es la moda en línea recta para después descender hasta alcanzar el valor máximo (Figura 15).

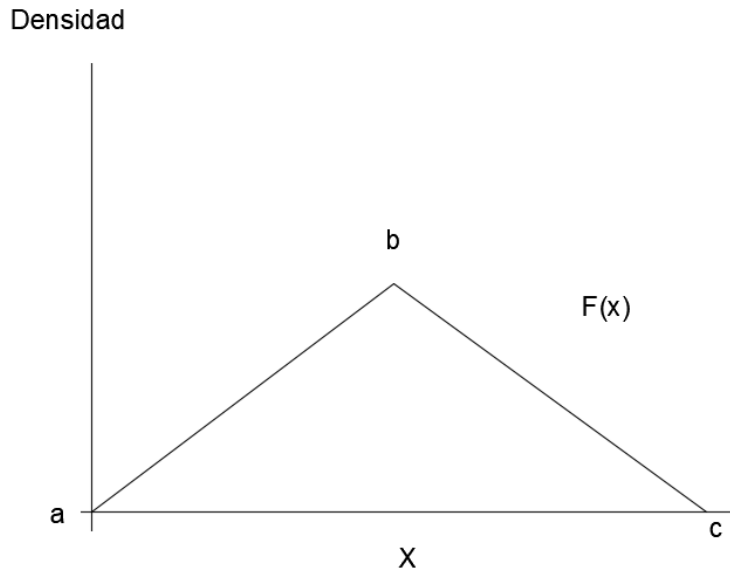


Figura 15. Gráfica de una distribución triangular.

2.2.5. Punto de equilibrio.

Se dice que, el punto de equilibrio es en el cual la empresa no pierde ni gana dinero; es decir, cuando todos los gastos de lo vendido son iguales a su costo (Contreras, 2002).

Para obtenerlo se separan los gastos fijos de los gastos variables, para determinarlo se emplea una gráfica de ejes cartesianos, utilizando los valores contra el volumen o cantidad producida en un año (Figura 16) .

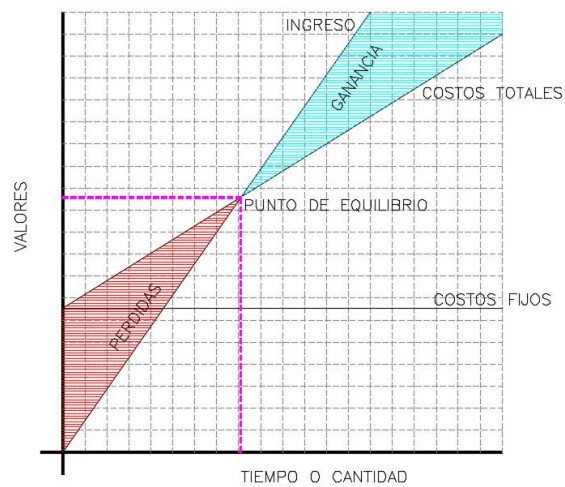


Figura 16. Gráfica de punto de equilibrio.

Y se puede obtener matemáticamente con la siguiente formula:

$$Q = \frac{C.F.}{P_v - C_v} \quad (5)$$

Donde:

- Q=Punto de equilibrio.
- C.F.=Costo final.
- P_v=Precio de venta unitario.
- C_v=Costo de venta unitario

2.2.6. Ciclo de vida.

Para la realización de un análisis del ciclo de vida de la obra se estará utilizando el programa *life365*, el cual se basa en la norma ASTM C1556 y ayuda con lo siguiente:

- Realiza una predicción del tiempo de corrosión de acero de refuerzo y lo llama periodo de iniciación.
- Hace una predicción de cuando la corrosión llega a un nivel donde ya no es aceptable el elemento estructural y lo llama periodo de propagación.
- Determina una programación de mantenimiento.
- Estima el costo de ciclo de vida con los costos y los futuros precios de mantenimiento.

2.2.7. Valor Presente Neto.

El Valor Presente Neto (VPN) se calcula con base a una visualización y programación de los próximos años, no es agregarle un porcentaje a el costo sino traernos de esa programación a futuro el valor de nuestra inversión y ver si es costeable la inversión, se puede definir con la siguiente formula:

$$VPN = S_0 + \sum_{t=1}^n \frac{S_t}{(1+t)^t} \quad (6)$$

Donde:

- VPN = Valor presente neto
- S_o = Inversión inicial.
- S_t = Flujo de efectivo.
- n = Numero de periodos de vida del proyecto.
- i = Tasa de recuperación mínima atractiva.

En donde dependerá del resultado si el VPN sea mayor o menor a cero, si la inversión es costeable o no.

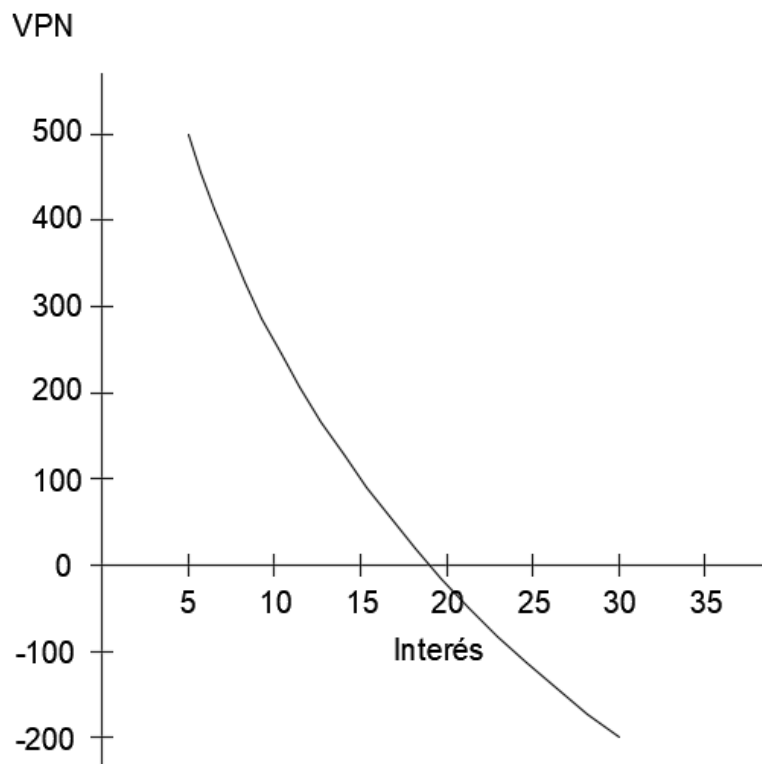


Figura 17. Gráfica de VPN (Urbina, 2007) .

La Figura 17 muestra como es un caso frecuente del VPN con respecto al interes, donde indica que cuando el interes es mayor disminuye el VPN y cuando este es menor a cero el proyecto de inversion no es factible.

2.2.8. Tasa de recuperación mínima atractiva.

La tasa de recuperación mínima atractiva (TREMA) o también conocida como (TMAR), tiene por objetivo presentar el beneficio que una persona física, inversionista o empresa puede obtener por el desembolso que va a realizar.

Esta se puede resumir como sigue:

$$TREMA = \text{tasa de inflacion} + \text{premio al riesgo} \quad (7)$$

Donde:

- Tasa de inflación: El Banco de México determina y controla la inflación, se tiene que revisar esta tasa en base a su metodología.
- Premio al riesgo: Es el crecimiento del dinero que un inversionista arriesga, concluyendo que a mayor cantidad que arriesgue mayor puede ser la ganancia.

2.2.9. Tasa Interna de Rendimiento.

La tasa interna de rendimiento (TIR), se ve reflejada en la Figura 18, es el punto donde el valor presente neto se convierte en cero, en ese punto el porcentaje indicado se convierte en el TIR, en este ejemplo de la gráfica antes mencionada el valor es menor al 20%.

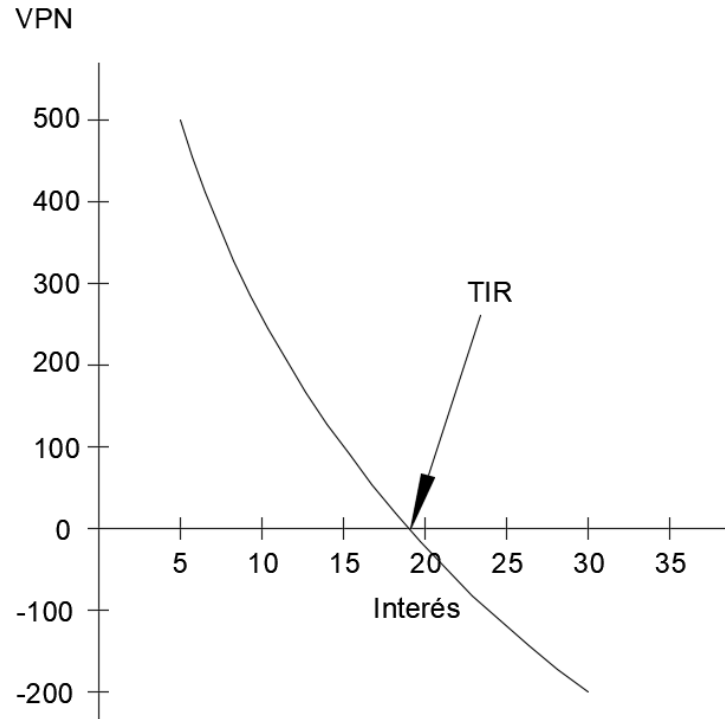


Figura 18. Gráfica de VPN con TIR (Urbina, 2007).

Es importante saber que si:

$$TREMA \geq TIR \quad (8)$$

La recomendación es que se acepte la inversión.

$$TREMA < TIR \quad (9)$$

Es recomendable rechazar esta inversión.

2.3. Análisis de Costos.

Toda obra que se realiza depende de una planeación, una programación y recursos para que se lleve a cabo, dentro de los cuales se tienen una variedad de costos que influyen en el costo final de un producto o servicio, en este caso se tomarán en cuenta el costo directo, el indirecto, financiamiento y la utilidad para generar un costo final de cada uno de los productos.

2.3.1. Costo directo.

Dentro del costo directo se especifican los materiales, la mano de obra, el equipo que se utilice y un porcentaje de desgaste de la herramienta a utilizar y se realiza de la siguiente manera:

$$CD = MAT + MO + EQ + HERR \quad (10)$$

Donde:

- CD = Costo directo
- MAT = Material.
- MO = Mano de obra.
- EQ = Equipo.
- HERR = Herramienta.

2.3.1.1. Material

El reglamento de la Ley de Obras Publicas y Servicios Relacionados con las Mismas (LOPSRM, 2010), en su artículo 193 establece que:

“El costo directo por materiales es el correspondiente a las erogaciones que hace el contratista para adquirir o producir todos los materiales necesarios para la correcta ejecución del concepto de trabajo, que cumpla con las normas de calidad y las especificaciones generales y particulares de construcción requeridas por la dependencia o entidad. Los materiales que se usen en los trabajos podrán ser permanentes o temporales, los primeros son los que se incorporan y forman parte de los trabajos; los segundos son los que se utilizan en forma auxiliar y no forman parte integrante de los trabajos. En este último caso se deberá considerar el costo en proporción a su uso”.

Se obtendrá de lo siguiente:

$$M = Pm * Cm \quad (11)$$

Donde:

- M=Costo del material.
- Pm=Costo básico unitario vigente de mercado.
- Cm=Consumo de materiales por unidad de medida del concepto de trabajo.

2.3.1.2. *Mano de obra.*

El costo de la mano de obra se obtiene mediante el salario real que percibe el trabajador y su rendimiento en el trabajo que realiza.

En el artículo 190 de la sección II del Reglamento de la Ley de Obras Publicas y Servicios Relacionados con las mismas (LOPSRM, 2010), indica lo siguiente:

“El costo directo por mano de obra es el que se deriva de las erogaciones que hace el contratista por el pago de salarios reales al personal que interviene en la ejecución del concepto de trabajo de que se trate, incluyendo al primer mando, entendiéndose como tal hasta la categoría de cabo o jefe de una cuadrilla de trabajadores. No se considerarán dentro de este costo las percepciones del personal técnico, administrativo, de control, supervisión y vigilancia que corresponden a los costos indirectos”.

Y se obtiene mediante:

$$MO = \frac{Sr}{R} \quad (12)$$

Donde:

- MO = Mano de obra.
- Sr = Salario real.
- R = Rendimiento.

Para el salario real existen tabuladores además se adecuan a cada zona donde se ejecuten los trabajos pueden ser basados en los que presenta cada año la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción, estas se realizan mediante las prestaciones derivadas de la Ley Federal del trabajo, la Ley del Seguro Social, la Ley del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores.

Para obtener el salario real se considera los siguiente:

$$Sr = Sn * Fsr \quad (13)$$

Donde:

- Sr = Salario Real.
- Sn = Salario según tabuladores.
- Fsr = Factor de salario real.

El Fsr es indicado de acuerdo a lo dispuesto por el artículo 191 del Reglamento de la Ley de Obras Publicas y Servicios Relacionados con las Mismas (LOPSRM, 2010).

El cual indica que el rendimiento *“es la cantidad de trabajo que desarrolla el personal que interviene directamente en la ejecución del concepto de trabajo por jornada de ocho horas”*.

Y de acuerdo a este artículo se obtiene de la siguiente manera:

$$Fsr = Ps \left(\frac{Tp}{Tl} \right) + \frac{Tp}{Tl} \quad (14)$$

Donde:

- Fsr = Factor de salario real.
- Ps = Obligaciones obrero patronales.
- Tp = Días realmente pagados durante el mismo año.
- Tl=Días realmente laborados durante el mismo periodo.

2.3.1.3. Maquinaria y equipo.

Para la maquinaria y el equipo la Ley de Obras Publicas y Servicios Relacionados con las Mismas en su artículo 194 (LOPSRM, 2010), indica los siguiente:

“El costo horario directo por maquinaria o equipo de construcción es el que se deriva del uso correcto de las maquinas o equipos adecuados y necesarios para la ejecución del concepto de trabajo, de acuerdo con lo estipulado en las normas de calidad y especificaciones generales y particulares que determine la dependencia o entidad y conforme al programa de ejecución convenido. El costo horario directo por maquinaria o equipo de construcción es el que resulta de dividir el importe del costo horario de la hora efectiva de trabajo entre el rendimiento de dicha maquinaria o equipo en la misma unidad de tiempo”.

Se obtiene mediante la siguiente formula:

$$ME = \frac{Phm}{Rhm} \quad (15)$$

Donde:

- ME=Costo horario por maquinaria o equipo de construcción.
- Phm=Costo horario directo por hora efectiva de trabajo de la maquinaria o equipo de construcción considerados como nuevos.
- Rhm=Rendimiento horario de la maquina o equipo considerados como nuevos.

2.3.2. Costo Indirecto.

Este costo es un porcentaje aplicado al costo directo que representa los gastos técnico-administrativos necesarios para una correcta ejecución de los trabajos realizados en obra.

Y se presenta como sigue:

$$CI = \left(\frac{CIA}{CC} \right) * CD + CIC \quad (16)$$

Donde:

- CI=Costo indirecto.
- CIA=Costo de administración central.
- CC=Capacidad de contratación.
- CD=Costo directo.
- CIC=Costo de administración de campo.

Después para sacar el porcentaje que se agregara al costo directo se obtiene de la siguiente formula:

$$I = \left(\frac{CI}{CD} \right) * 100 \quad (17)$$

Donde:

- I=Porcentaje de costo indirecto.
- CI=Costo indirecto.
- CD=Costo directo.

2.3.3. Financiamiento.

Por lo regular cuando se habla de financiamiento se vuelve sinónimo de préstamo o de crédito y esto es porque por lo regular se obtiene a través de una institución financiera pero también en ocasiones es con recurso que ponen adicional los socios de alguna empresa que este conformada por algún régimen que requiera a socios o que el acta constitutiva lo permita.

También se puede obtener de la siguiente manera:

$$PF = \left(\frac{CFA}{CD + CI} \right) * 100 \quad (18)$$

Donde:

- PF=Porcentaje de financiamiento.
- CFA=Costo del financiamiento acumulado.
- CD=Costo directo.
- CI=Costo Indirecto

2.3.4. Utilidad.

La utilidad es la razón u objeto de el porque se realizan los trabajos de construcción o de producción de una empresa, en base a la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción (CMIC), establece lo siguiente:

$$z = \left(\frac{un}{1-(ISR+PTU)} \right) \quad (19)$$

Donde:

- z=Porcentaje de utilidad.
- un=Porcentaje de utilidad neta propuesta.
- ISR=Impuesto sobre la renta.
- PTU=Participación de los trabajadores en las utilidades.

2.3.5. Costo final.

Para obtener el precio final se realiza la sumatoria de los conceptos que influyen en el precio unitario de las partidas del catálogo y es el resultado de los siguiente:

$$CF = CD + CI + CF + Z \quad (20)$$

Donde:

- CF=Costo final.
- CD=Costo directo.
- CI=Costo indirecto.
- CF=Costo por financiamiento.
- Z=Porcentaje de utilidad.

Capítulo 3. Metodología.

En este capítulo se describirán los pasos a utilizar para hacer cumplimiento a los objetivos propuestos en esta investigación y describirá las actividades a realizar para llevar a cabo la comparación de la cual es objeto este escrito.

3.1. Cubiertas a considerar.

Las cubiertas, tradicional y la propuesta que será estudiada y analizada deberán de cumplir con los requisitos necesarios para hacer la comparación. Ambas deben de cubrir el área de una cancha de basquetbol la cual tiene unas medidas reglamentarias que van desde los 22.00 m a 28.00 m de largo por un ancho de 14.00 m a 15.00 m, además de que la cubierta tradicional debe ser a base de estructura metálica y cumplir con la normatividad técnica que exige el Instituto Nacional de la Infraestructura Física Educativa (INIFED), así como también respetar los lineamientos que marca el reglamento de construcción de la localidad o entidad federativa donde se realice la comparación.

Se considerarán los conceptos que forman parte de una cubierta desde la subestructura hasta el acabado final como se indica en la Tabla 3:

Tabla 3. Conceptos de las cubiertas.

CONCEPTO	TRADICIONAL	PROPUESTA
Cimentación	Zapata aislada	Zapata aislada
Estructura	Metálica	Metálica
Cubierta	Lamina	Geomembrana
Acabados	Pintura	Pintura

Después de realizar la selección de la cubierta tradicional y de la propuesta se elaborará el anteproyecto de cada una de ellas para revisar a fondo la evaluación de los procesos constructivos y de los materiales, dicho proyecto se elaborará con ayuda del programa AUTOCAD, el cual es un software especializado para realizar dibujos en 2d y 3d.

En la primera parte de este capítulo se realizará la comparación con base a una división de las actividades o tareas de acuerdo con la siguiente EDT (Figura 19).

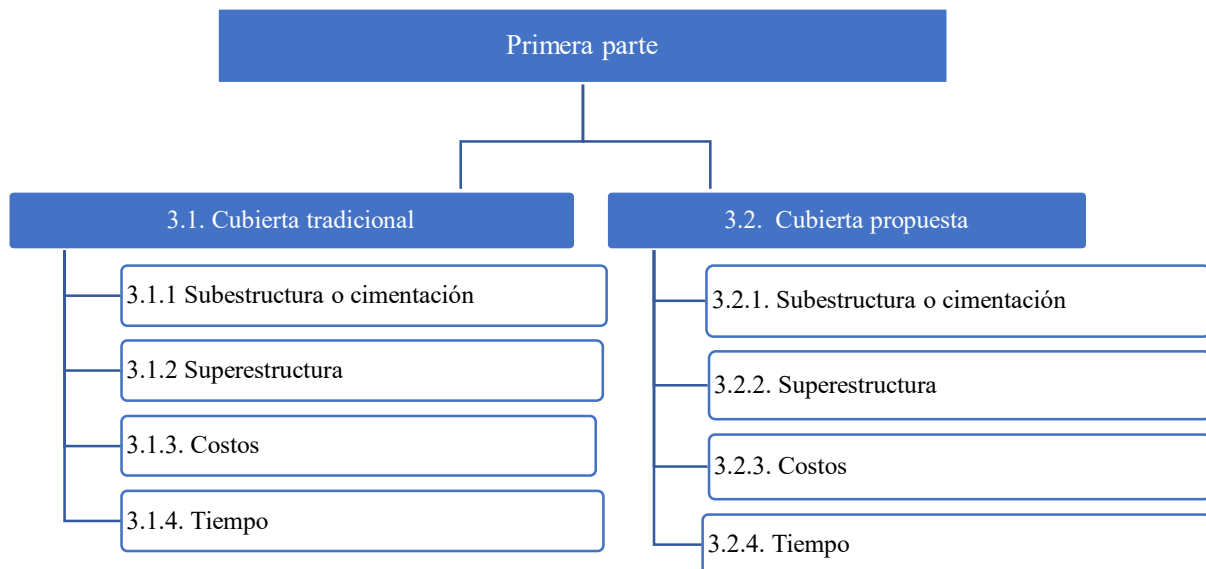


Figura 19. EDT del capítulo.

Después se realizará la programación de actividades, la evaluación de los costos y una vez que se tengan las dos cubiertas en anteproyecto se llevará a cabo la planeación de la ejecución ambos proyectos, lo importante aquí es indicar bajo que lineamientos se llevará a cabo la comparación.

3.2. Proceso de construcción.

Dentro de la comparación que se va a realizar también se detallará el proceso constructivo de ambas cubiertas como sigue a continuación:

- **Adquisición de materiales:** Los materiales en el caso de las cubiertas metálicas tradicionales se pueden adquirir normalmente con las empresas distribuidoras de acero, en el caso de la cubierta propuesta se tiene que realizar el pedido de material por encargo y se tiene que contemplar el tiempo de entrega.
- **Modificaciones:** Para la cubierta metálica son pocas o nulas las modificaciones que se le tienen que realizar, en ocasiones solo se les adjuntaran a las columnas soportes o bases que se pueden realizar en sitio caso contrario en el caso de la cubierta propuesta se le pueden hacer ajustes al material o dobleces al mismo dentro de un taller antes de llevarlo al sitio.
- **Transportación:** En el caso de la cubierta tradicional se contempla un flete que es realizado por parte de la empresa distribuidora, para la cubierta propuesta se realizará el diseño para que este no sea un problema en caso de que los elementos estructurales sobrepasen las medidas de los vehículos de carga que se encuentren en la zona.
- **Acabados:** Se debe tener un taller o un área para aplicarle el acabado a los elementos estructurales que sea necesario aplicarles un recubrimiento o pintura ya que el distribuidor lo vende sin ningún tipo de acabado.
- **Cerco de protección:** Debido a que la obra se va a construir dentro de las instalaciones de una institución de educación básica, se debe de incluir dentro de los conceptos un cerco de protección para que además de las personas que hacen uso de la institución no ingresen al área de la obra y también esta protección sirve para dar más control a la obra.
- **Señalización:** Aunque es un paso que en ocasiones está implícito al empezar una obra, esto es muy importante ya que se va a trabajar con elementos estructurales con dimensiones mayores a 2.00 metros es por esto que la obra debe de tener indicaciones en caso de emergencia.
- **Trazo:** Este paso es indispensable para la ubicación de la cimentación además de que la cubierta cubra el área de la cancha de basquetbol.

- **Excavación:** Se deberá de ejecutar esta actividad de acuerdo a la cimentación propuesta.
- **Cimentación:** La propuesta para ambos casos será a base de zapatas aisladas que estarán construidas a base de concreto reforzado con acero, se incluyen también los dados de concreto reforzado.
- **Montaje estructural:** Ya que este construida la cimentación y que el concreto alcance la resistencia indicada por los códigos y reglamentación que se han estado analizando, y que los elementos estructurales se encuentren en sitio se procede a la colocación de estos elementos, esto incluye su nivelación.
- **Cubierta:** Una vez colocados los elementos estructurales se continua con la colocación de la cubierta que en el caso de la tradicional será a base de lámina galvanizada y la cubierta propuesta a base de una geomembrana.
- **Limpieza y ajustes:** Por último, se realizan todos los ajustes y la limpieza necesarios para que la obra tenga un buen fin y sea entregada a las autoridades correspondientes de la institución escolar en la que se está realizando.

En todos los pasos antes mencionados se llevará una rigurosa inspección para que sean llevadas a cabo con las medidas de seguridad exigidas por los códigos y reglamentaciones que a cada uno de los trabajos aplique y según lo recomiende el INIFED y el reglamento de construcción de la localidad donde se realice la comparación.

3.3. Costos.

Los precios de cada una de las actividades se realizan mediante el cálculo de la mano de obra, los materiales y el costo de la herramienta, equipo y/o maquinaria, los cuales irán dentro de lo que son los costos directos.

En el caso de los indirectos se señalarán dentro de los causantes por los procesos administrativos y de supervisión que van incluidos al realizar una obra de construcción.

El costo de financiamiento y el de utilidad se determinarán con base a la inversión que se realice y en base al comportamiento actual del mercado de los materiales.

Para este apartado se realizarán estos cálculos a través de un análisis de precios unitarios utilizando el programa OPUS, el cual es un software especializado en ingeniería de costos, programación y control de obras.

3.4. Tiempo de ejecución.

Para la programación del tiempo de ejecución se tendrá como base la propuesta por la licitación a escoger y en el caso de que no venga incluida se puede llevar a cabo una propuesta que lleven un orden cronológico de las actividades a realizar.

En el caso de la cubierta la calendarización se empezará a partir de que se realice la adquisición de los materiales que componen la cubierta anticlástica.

Ante esto se realizará la ruta crítica de las actividades según la secuencia lógica de las actividades, para mostrar la flexibilidad que puede tener el proyecto mediante la localización de la holgura en los trabajos.

La calendarización de los trabajos se desarrollará desde la firma del contrato o en este caso se propone una fecha de inicio que sería el primero de enero del año próximo al que se presenta esta investigación y será a base de días naturales, la terminación de trabajos se contemplará cuando se tenga programada la conclusión de los trabajos y que sea el proyecto llave en mano.

La realización de este apartado se realizará con ayuda del programa OPUS, el cual cuenta con una interfaz fácil de utilizar y con el cual se ha estado trabajando desde un principio de esta investigación.

3.5. Evaluación del proyecto.

Se realizará por medio del valor presente neto (VPN), la evaluación financiera de ambas opciones y se contemplarán diversos escenarios en los cuales se contemplarán las utilidades para analizar la rentabilidad del proyecto, esta etapa es una de las más importantes para llevar a cabo en esta investigación ya que depende de este análisis para la toma de decisiones.

El valor presente neto se obtendrá del valor equivalente que se realice mediante una proyección a cierto tiempo con una cantidad de obras establecida como prospección a futuro, esto para analizar si el proyecto es óptimo o si es conveniente invertir en cualquiera de las cubiertas.

Para tomar esta decisión es importante saber que:

- Cuando el $VPN > 0$, es conveniente invertir en el proyecto.
- Cuando el $VPN < 0$, se debe rechazar esa inversión.

3.6. Análisis de riesgo.

En los negocios y en la industria de la construcción se presentan riesgos, los cuales pueden afectar a cada uno de los diferentes actores de las distintas empresas que forman parte de la obra de construcción, ya sea el inversionista, la institución que será la que ocupe la obra o que será el usuario de la misma. En este apartado se realizará la matriz de riesgo y se analizará lo que tenga una severidad más alta.

Se realizará un análisis cualitativo y cuantitativo con respecto a los diferentes tipos de riesgo que se plantearan durante el proceso de la obra.

Primero se realizará una simulación para ver si no existe riesgo al invertir en este tipo de obras con ayuda del programa *Risk Simulator* de la empresa *OSL Consulting Ltd*, mediante el cual se debe de tener la información de una tasa de descuento, un Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR), además de todo lo relacionado al proyecto como es el precio, el costo y la inversión.

Después con los resultados se analiza si el TIR es mayor a la tasa de descuento y si el VAN también es mayor a cero, entonces se acepta el proyecto como posible inversión ya que nos da una certidumbre aceptable para este tipo de construcción.

3.7. Mantenimiento.

En esta última etapa del capítulo se analizará el ciclo de vida y/o mantenimiento que se deben de dar a ambas cubiertas en base a las normas recomendadas por el Instituto de la Infraestructura

Física educativa (INIFED), esto con el fin de establecer una evaluación que, a parte del tiempo, costo y calidad, ayude a establecer una plusvalía sobre el valor de la cubierta propuesta.

Capítulo 4. Análisis técnico de obras.

En este capítulo de la investigación se plasman los resultados obtenidos para analizar y comparar a las dos cubiertas a evaluar (cubierta tradicional o domo y cubierta propuesta o velaria), esto mediante diferentes análisis técnicos que van desde el tipo de cubiertas a utilizar hasta análisis de proyecciones de sombras.

El principal objetivo de las cubiertas a evaluar es que cubran un espacio deportivo en este caso será una cancha de basquetbol la cual como se ha mencionado anteriormente debe de tener las dimensiones que indica la Tabla 4.

Tabla 4. Medidas reglamentarias de cancha.

	<i>Largo</i>	<i>Ancho</i>
<i>Cancha de basquetbol</i>	26.00m a 28.00m	14.00m a 15.00m

Aunque este análisis está enfocado a un área deportiva, este se puede emplear para cubiertas propuestas en explanadas, áreas recreativas y/o pasillos.

4.1. Método constructivo.

La mayor parte de las construcciones se realizan basándose en una programación de trabajos las cuales en algunos casos dependen unas actividades de otras para poder ser llevadas a cabo, en el caso de las cubiertas propuestas y la tradicional se toman en cuenta dichas actividades desglosadas en una EDT para poder concluir la obra en tiempo y en forma, y se desglosa como lo indica la Figura 20.

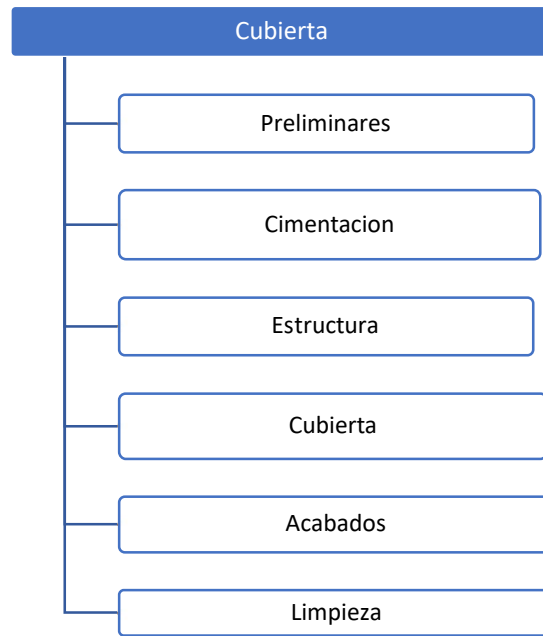


Figura 20. EDT de actividades para construcción de cubiertas.

A diferencia de otras construcciones estas cubiertas no llevarán instalaciones de ningún tipo (hidráulicas, sanitarias, clima), en el caso de que así lo requiera y se especifique en la licitación para cada caso en particular se podrían incluir instalaciones eléctricas, en este caso el alcance de la licitación no lo establece como requisito de obra por lo tanto no se considera, en caso contrario se incluiría como otro apartado dentro de la EDT de actividades, considerando la secuencia lógica de las actividades.

4.1.1. Actividades.

Dentro del catálogo de conceptos se realiza una programación con sus respectivas actividades que irán ordenadas de acuerdo con su proceso lógico las cuales se agrupan dentro de una tabla de datos y se les asigna una letra o número para identificarlas (Tabla 5 y Tabla 6).

Tabla 5. Tabla de actividades de la cubierta tradicional.

D O M O			
	Actividad	Duracion	Dependencia
A	Trazo y nivelacion	6	
B	Excavacion	7	A
C	Plantilla de concreto	7	B
D	Zapata de concreto	15	C
E	Relleno con material	8	D
F	Dado de concreto	8	D
G	Firme de concreto	8	D, E, F
H	Ancas de 1"	5	F
I	Placa base	2	H
J	Grout	6	I
K	Columnas	7	H, I
L	Angulos	6	K
M	Soporte para contravientos	6	K
N	Contraventeo -contraflamdeo	6	M
O	Cuerda superior, inferior y diagonales	5	K
P	Mon-ten	6	K
Q	Lamina galvanizada	6	M, N, O, P
R	Canalon y tubo de pvc para bajada pluvial	3	Q
S	Acarreo de escombros	4	Q, R
T	Limpieza	3	S

Tabla 6. Tabla de actividades de la cubierta propuesta.

V E L A R I A			
	Actividad	Duracion	Dependencia
A	Trazo y nivelacion	3	
B	Excavacion	4	A
C	Plantilla de concreto	3	B
D	Cimbra en cimentacion	30	C
E	Armado de acero	5	C, D
F	Concreto	15	E, D
G	Ancas de acero	6	E, F
H	Relleno con material	5	F
I	Montaje de mastil	33	G
J	Cubierta de lona	50	I
K	Cableado como contraventeo	15	I, J
L	Pintura esmalte	8	I, J, K
M	Limpieza gruesa	3	L
N	Acarreo de escombros	4	M

Estas listas de actividades muestran que en el caso de la cubierta tradicional o domo se realizan 20 actividades en comparación con la cubierta propuesta o velaria en la cual solo se realizan 14 actividades.

4.1.2. Tiempo de ejecución.

Se identificaron las actividades a realizar para la ejecución de las cubiertas propuestas y mediante el análisis de costos se realizarán en base a tiempos de ejecución.

En el caso de la cubierta tradicional se solicita el material y se va instalando conforme se va avanzando en obra, esto en lo que se refiere a la estructura y cubierta, caso contrario en lo que se refiere a la velaría, el material de esta se tiene que solicitar desde el inicio de obra ya que los elementos estructurales se hacen en taller y la velaría se solicita con los proveedores de este material y su fabricación puede tardarse de 6 a 8 semanas, es por esto que el tiempo de ejecución es muy importante ya que en el caso de la velaría si no se ejecutan los primeros conceptos en tiempo presentarían un atraso y esto significaría perder dinero.

Las obras, en este caso, se dividieron en cuatro partidas para su análisis, en ambos casos se propuso el mismo inicio de obra para su desarrollo de ejecución de obra.

Tabla 7. Duración de las actividades de cubierta tradicional.

Numero de partida	Partida	Duración	Inicio	Fin
1	Preliminares	7 días	07 / enero / 2019	13 / enero / 2019
2	Cimentación	59 días	14 / enero / 2019	13 / marzo / 2019
3	Estructura	23 días	13 / marzo / 2019	04 / abril / 2019
4	Limpieza y acarreo	6 días	05 / abril / 2019	10 / abril / 2019
	Duración total	95 días	07 / enero / 2019	10 / abril / 2019

En la Tabla 7, se puede apreciar que la duración de la cubierta propuesta son 95 días, con un inicio de obra el 7 de enero del 2019 para terminar el 10 de abril del mismo año.

Tabla 8. Duración de las actividades de cubierta propuesta.

Numero de partida	Partida	Duración	Inicio	Fin
1	Preliminares	3 días	07 / enero / 2019	10 / enero / 2019
2	Cimentación	40 días	09 / enero / 2019	17 / febrero / 2019
3	Estructura	27 días	17 / febrero / 2019	18 / marzo / 2019
4	Limpieza y acarreo	6 días	18 / marzo / 2019	23 / marzo / 2019
	Duración total	76 días	07 / enero / 2019	23 / marzo / 2019

En la Tabla 8 se observa que la duración de la cubierta propuesta es de 76 días, contados a partir del 7 de enero del 2019 hasta su fecha de terminación que sería el 23 de marzo del mismo año.

Por el método de construcción y el tipo de material que se va a emplear se tiene una diferencia entre los dos tipos de construcción de 19 días.

Tabla 9. Porcentaje de avance para cubierta tradicional.

C O N C E P T O	2019	2019	2019	2019			TOTAL %
	MESES						
	1	2	3	4	5	6	
PRELIMINARES							0.59%
CIMENTACION	0.59%						5.72%
	1.06%	3.59%	1.07%				
ESTRUCTURA							90.73%
			85.75%	4.98%			
LIMPIEZA							2.96%
				2.96%			
PARCIAL:	1.65%	3.59%	86.82%	7.94%			
ACUMULADO:	1.65%	5.24%	92.06%	100.00%			

Para la programación mensual se puede ver en la Tabla 9 que el gasto de las partidas mensual para la cubierta tradicional el mayor porcentaje de recursos a utilizar es para lo relativo a la estructura incluyendo la cubierta. También se puede observar en la Tabla 10 que, al igual que en la cubierta tradicional, la cubierta propuesta el mayor gasto es en la estructura.

Tabla 10. Porcentaje de avance para cubierta propuesta.

C O N C E P T O		2019	2019	2019				TOTAL %
		MESES						
		1	2	3	4	5	6	
PRELIMINARES								0.81%
CIMENTACION								4.50%
ESTRUCTURA								71.64%
LIMPIEZA								23.05%
	PARCIAL:	26.34%	20.12%	53.54%				
	ACUMULADO:	26.34%	46.46%	100.00%				

4.1.3. Holgura.

Una vez teniendo esto se procede a sacar una tabla de holgura, esta se puede realizar mediante la Figura 14, donde ya tenemos nuestra programación y la duración de cada una de las actividades de las obras que se van a comparar y a través de las fórmulas (2), (3) y (4), mediante las cuales se pueden obtener los días que tenemos de holgura en las actividades.

Tabla 11. Tabla de holgura de actividades de la cubierta tradicional.

D O M O						
Actividad	Duración	Inicio temprano	Término temprano	Inicio tardío	Término tardío	Holgura
A	6	0	6	0	6	0
B	7	6	13	6	13	0
C	7	13	20	13	20	0
D	15	20	35	20	35	0
E	8	35	43	66	74	31
F	8	35	43	35	43	0
G	8	35	43	74	82	39
H	5	43	48	43	48	0
I	2	48	50	48	50	0
J	6	50	56	76	82	26
K	7	50	57	50	57	0
L	6	57	63	76	82	19
M	6	57	63	57	63	0
N	6	63	69	63	69	0
O	5	57	62	64	69	7
P	6	57	63	63	69	6
Q	6	69	75	69	75	0
R	3	75	78	75	78	0
S	4	78	82	78	82	0
T	3	82	85	82	85	0

En la Tabla 11 se puede observar que son varias las actividades que para la cubierta tradicional nos permiten una holgura en los tiempos esto es que, estas actividades aunque son indispensables

dentro del desarrollo de la obra, estas en caso de que la obra lo requiera se pueden reprogramar siempre y cuando queden en el tiempo de programación que en un principio se defina.

Tabla 12. Tabla de holgura de actividades de la cubierta propuesta.

VELARIA						
Actividad	Duración	Inicio temprano	Término temprano	Inicio tardío	Término tardío	Holgura
A	3	0	3	0	3	0
B	4	3	7	3	7	0
C	3	7	10	7	10	0
D	30	10	40	10	40	0
E	5	40	45	40	45	0
F	15	45	60	45	60	0
G	6	60	66	60	66	0
H	5	60	65	170	175	110
I	33	66	99	66	99	0
J	50	99	149	99	149	0
K	15	149	164	149	164	0
L	8	164	172	164	172	0
M	3	172	175	172	175	0
N	4	175	179	175	179	0

Se puede identificar que en la cubierta tradicional se tienen varias actividades que nos permiten una holgura para su ejecución mientras que en comparación con la cubierta propuesta solo se tiene una actividad que presenta la holgura Tabla 12.

Para un mejor análisis de las tablas anteriores se realiza un diagrama de PERT en donde de acuerdo a su duración y su orden de acuerdo a la programación, permite identificar una ruta crítica como se muestra señalizada con una línea roja como se muestra en la Figura 21.

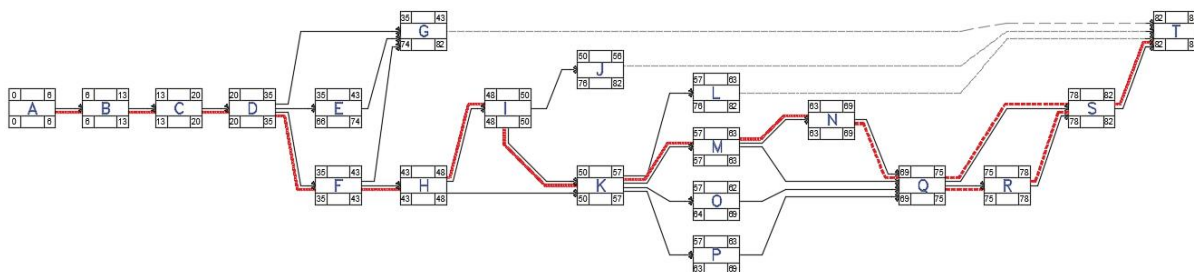


Figura 21. Diagrama PERT de actividades indicando la ruta crítica de cubierta tradicional.

Para la cubierta propuesta o velaria, se puede observar en la Figura 22, que la mayoría de sus actividades la vuelven ruta crítica, es decir que a excepción de una todas las demás actividades son indispensables para la continuidad de la obra.

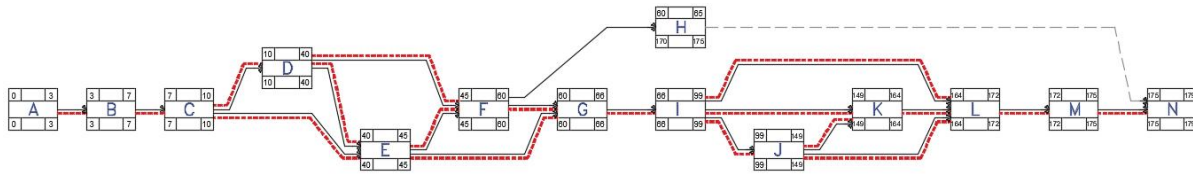


Figura 22. Diagrama PERT de actividades indicando la ruta crítica de cubierta propuesta.

Lo que significa que, debido a su forma de construcción en el caso de la cubierta tradicional o domo, en comparación con la otra cubierta, las actividades difieren una de otra sobre todo por la velaria que depende en gran parte de sus elementos estructurales y la velaria.

4.2. Análisis de proyección de sombras.

Una vez teniendo el diseño de las cubiertas se realizaron simulaciones con el programa Formfinder en donde, aparte de ayudar a dar la forma necesitada, se crea una proyección de sombra situando las coordenadas de cualquier lugar del mundo en este caso se realizaron con las coordenadas de Ciudad Juárez, Chihuahua, donde como resultado se obtiene lo ejemplificado en la Figura 23.

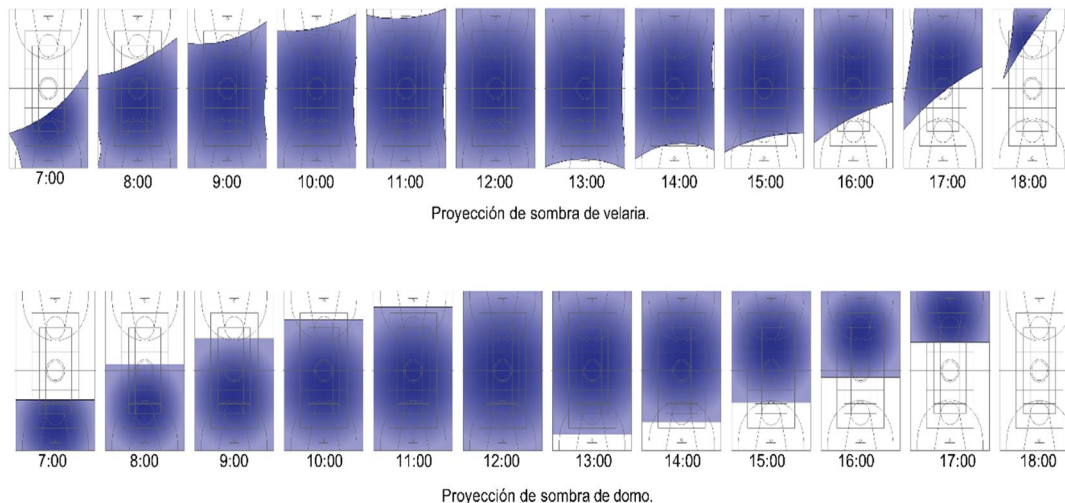


Figura 23. Proyección de sombras de ambas cubiertas.

En donde se muestra que la forma de la velaría ayuda a que cubra más tiempo la zona de la cancha de basquetbol, que es donde se colocara la cubierta.

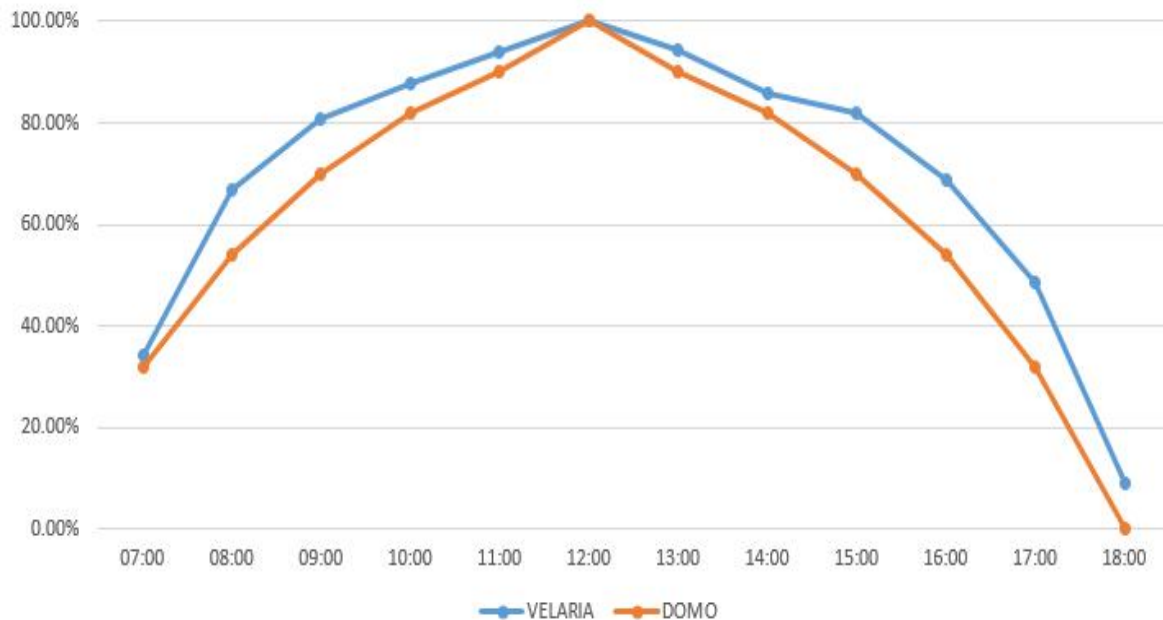


Figura 24. Gráfica de Proyección de sombras de ambas cubiertas.

En la Figura 24 se puede apreciar que la velaría cubre por más tiempo la zona en donde se colocara, que es la cancha de basquetbol.

Ahora bien, debido a que el programa en su proceso de diseño solo tiene una retícula para realizar el diseño de la cubierta, no especifica un norte establecido de origen, entonces se tiene el primer diseño con la proyección de sombras reflejado en la Figura 24, se realizó otra opción de comparación girando a 90 grados la cancha y las cubiertas a comparar, obteniendo el análisis que se puede observar en la Figura 25.

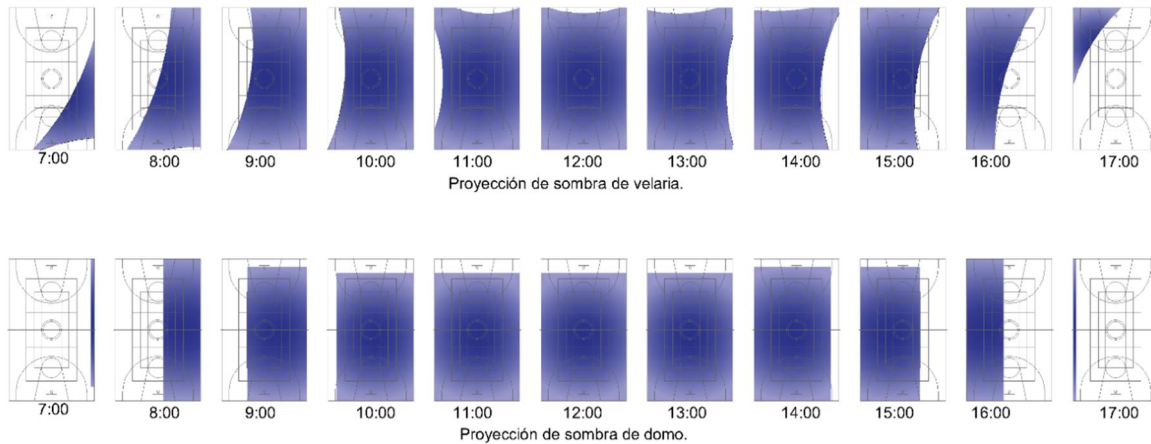


Figura 25. Proyección de sombras de ambas cubiertas.

En la Figura 25 la proyección se hizo para ambas cubiertas, pero en el otro sentido donde también nos muestra que la velaría ofrece mayor porcentaje de cobertura.

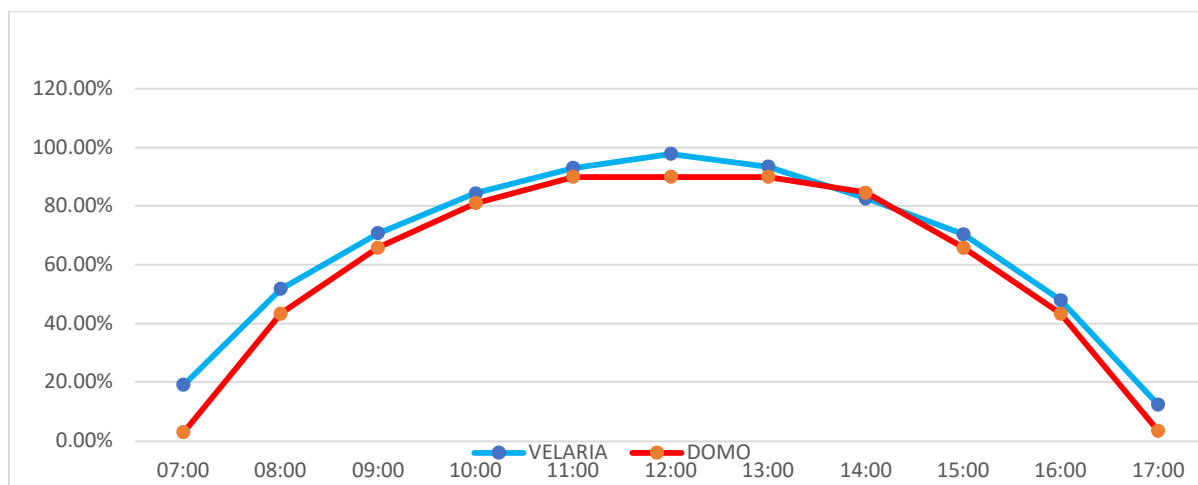


Figura 26. Grafica de proyección de sombras de ambas cubiertas.

En la Figura 26 se puede apreciar que también en este sentido la velaría ofrece más cobertura, aunque solo en el horario de las 14:00hrs la cubierta tradicional ofrece más cobertura en general durante todo el día la velaría sigue siendo la mejor opción.

Capítulo 5. Análisis económico de cubiertas.

En este capítulo se realizará una comparación en cubiertas para realizar un análisis económico que incluirá todo lo que se debe realizar para lograr un costo final como son el costo directo, el costo indirecto, el financiamiento y la utilidad.

En un principio se tenía la cubierta tradicional o domo y la cubierta propuesta o velaria, en donde esta última tenía un arco estructural el cual puede ser omitido y realizarse a partir de este capítulo la comparación entre estas tres cubiertas que serán la cubierta tradicional, la cubierta propuesta con arco y la cubierta propuesta sin arco. Los anteproyectos se pueden observar en el Anexo A.

5.1. Análisis de partidas a costo directo.

Para analizar los costos de los diferentes conceptos que componen ambas cubiertas y que integran el presupuesto, se toman en cuenta tres apartados que son: el Equipo a utilizar, la mano de obra que se tendrá que contratar y los materiales para la ejecución de la cubierta, los cuales se representan en la siguiente tabla para su análisis.

Tabla 13. Incidencia en las cubiertas.

	DOMO	% INCIDENCIA	VELARIA CON ARCO	% INCIDENCIA	VELARIA SIN ARCO	% INCIDENCIA
EQUIPO	\$ 53,414.47	5.03%	\$ 51,509.57	4.84%	\$ 46,512.35	5.30%
MANO DE OBRA	\$ 515,124.21	48.49%	\$ 372,873.55	35.09%	\$264,122.30	30.13%
MATERIALES	\$ 493,686.92	46.48%	\$ 638,352.70	60.07%	\$566,026.96	64.57%
	\$ 1,062,225.60	100.00%	\$1,062,735.82	100.00%	\$876,661.61	100.00%

Tomando en cuenta la información anteriormente obtenida se puede apreciar que en el caso de la cubierta tradicional o domo la mano de obra a considerar en porcentaje de incidencia es muy similar a el porcentaje de los materiales, mientras que en el caso de la velaría el porcentaje de materiales es superior a la mano de obra, esto se puede apreciar en la siguiente gráfica comparativa entre estas cubiertas (Figura 27).

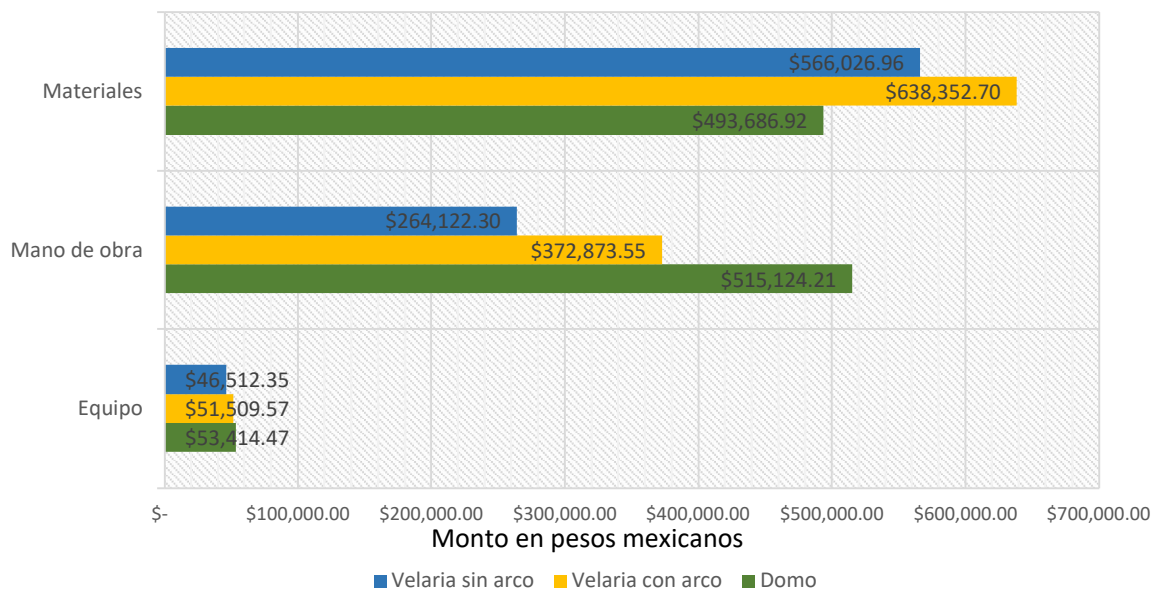


Figura 27. Gráfica comparativa entre insumos.

Con estos datos generados se puede mencionar que los precios entre la cubierta tradicional y la velaría con arco tienen una diferencia de alrededor de quinientos pesos considerando un arco de tubería metálico, sin embargo, si este se elimina puede reducir el costo de la obra.

Además de los insumos se hace la división en cuatro partidas principales que componen las cubiertas las cuales se dividen en: Preliminares que contiene los conceptos de trazo y nivelación, la cimentación, estructura la cual contiene todo lo relacionado al acero en la estructura y cubierta, y por último la limpieza y el acarreo (Tabla 14).

Tabla 14. Cubiertas divididas en partidas.

	DOMO	VELARIA CON ARCO	VELARIA SIN ARCO
PRELIMINARES	\$ 6,242.40	\$ 10,988.96	\$ 11,000.37
CIMENTACIÓN	\$ 60,783.10	\$ 60,667.97	\$ 61,347.17
ESTRUCTURA	\$ 963,753.17	\$ 966,100.36	\$ 780,629.22
LIMPIEZA Y ACARREO	\$ 31,446.93	\$ 24,978.53	\$ 23,684.85
	\$ 1,062,225.60	\$ 1,062,735.82	\$ 876,661.61

Para revisar estos costos se pueden observar en los catálogos de conceptos de los Anexo B, Anexo C y Anexo D.

5.2. Análisis del costo indirecto.

Para el análisis de los costos indirectos se tomaron en cuenta los dos principales conceptos de gastos que en la obra se requieren para complementar el costo general de la misma, que son la administración central y la administración en obra. Para lo cual se incluyen los sueldos y salarios de la mano de obra basados en lo recomendado por la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción (CMIC), al igual que las prestaciones recomendadas por la misma.

Dentro de estos costos se toman en cuenta:

- Sueldo de personal directivo
- Sueldo de personal técnico
- Sueldo de personal administrativo
- Cuota patronal del IMSS e INFONAVIT
- Prestaciones
- Pasajes y viáticos
- Ayuda de transporte
- Ayuda de renta de casa
- Renta de edificios y locales
- Locales de mantenimiento y/o guarda
- Renta de bodega
- Equipos y muebles
- Depreciaciones
- Campamentos

- Sueldo de consultores, asesores y laboratorios
- Estudios
- Papelería
- Teléfonos, radios
- Equipos de computación
- Copias, duplicados
- Gastos de licitación
- Seguridad e higiene
- Construcción de caminos de acceso
- Instalaciones.

Una vez teniendo estos datos y sus costos asignados a administración de oficina central y a gastos de oficina de obra se puede llegar a obtener los datos de la Tabla 15.

Tabla 15. Costos indirectos.

	<i>Costo Indirecto por administración central</i>	<i>Costo Indirecto por administración de obra</i>	<i>Costo Indirecto Total</i>
<i>Cubierta tradicional (domo)</i>	9.47 %	10.33 %	19.80 %
<i>Cubierta propuesta (velaría)</i>	8.73 %	8.01 %	16.74 %

Cuando se hace este análisis se puede identificar que en el caso de la administración central el porcentaje es muy parecido mientras que en el caso de la administración de obra existe una diferencia razonable, esto debido al tiempo de ejecución y al personal necesario para llevar a cabo el trabajo.

5.3. Análisis del costo por financiamiento.

Ya que se debe de referenciar un porcentaje de base actual, se pueden tomar los porcentajes de los Certificados de la Tesorería de la Federación (CETES), los Bonos de Desarrollo del Gobierno Federal en Unidades de Inversión (UDIBONOS) o en este caso se basó en el porcentaje de la Tasa de Interés Interbancaria de Equilibrio.

En lo referente al financiamiento se tomó en cuenta un porcentaje de 8.10 % anual como tasa de interés, tomado en cuenta de la TIIE (Tasa de Interés Interbancaria de Equilibrio), la cual fue publicada por el Banco de México para el mes de septiembre del 2018, cabe aclarar que este porcentaje se utilizará en las tres cubiertas.

Tabla 16. Costos por financiamiento.

	<i>Unidades</i>	<i>Gastos</i>	<i>Interés a pagar</i>	<i>Financiamiento</i>
<i>Domo</i>	1	\$ 1,272,583.51	\$ 6,362.91	0.50 %
<i>Velaria</i>	1	\$ 1,273,193.77	\$ 10,058.23	0.79 %
<i>Velaria sin arco</i>	1	\$ 1,116,312.79	\$ 9,738.32	0.87 %

5.4. Análisis de la utilidad.

La utilidad la proponen los contratistas o constructores la cual se indica en las licitaciones y/o en los contratos para obtener la ganancia que se pretende obtener durante la construcción de una obra, en este caso se empleara la fórmula (19).

$$z = \left(\frac{7}{1-(0.33+0.10)} \right) = 12.28 \% \quad (21)$$

Conociendo el porcentaje obtenido de la obra se le agrega este porcentaje a las cantidades anteriormente obtenidas como lo son el costo directo, el indirecto y el financiamiento para tener el costo total de cada obra en particular y la cual se va a presentar como propuesta.

5.5. Costo final.

Una vez obtenidos cada uno de los costos de las diferentes categorías antes mencionadas se procede a realizar la sumatoria de estos para presentar como costo final como sigue:

Tabla 17. Integración del costo final.

	<i>Costo directo</i>	<i>Costo indirecto</i>	<i>Financiamiento</i>	<i>Utilidad</i>	<i>Costo final</i>
<i>Cubierta tradicional</i>	\$ 1,062,225.60	\$ 210,356.91	\$ 6,327.35	\$ 157,050.13	\$ 1,435,959.99
<i>Velaria</i>	\$ 1,062,735.82	\$ 210,457.95	\$ 10,083.95	\$ 157,586.50	\$ 1,440,864.22
<i>Velaria sin arco</i>	\$ 876,661.61	\$ 239,651.18	\$ 9,738.32	\$ 138,279.08	\$ 1,264,330.19

El costo final es el que el constructor o contratista presenta como propuesta para acceder a un concurso de obra o para solicitar ante alguna institución poder acceder a una licitación de obra.

Ya teniendo estos datos se puede observar que en el caso de la cubierta tradicional o domo se requiere menos financiamiento en comparación con las otras dos cubiertas, sin embargo la utilidad que se puede obtener puede ser la misma que la velaria con arco, en el caso de la velaria sin arco la utilidad es menor que las otras dos, su financiamiento es menor que la velaria con arco y el costo indirecto es mayor, sin embargo la propuesta económica final puede ser muy competitiva en comparación con las otras dos cubiertas.

Capítulo 6. Análisis de negocio de comparación entre cubiertas.

En este punto de la investigación se realiza una comparación donde se establecerán la metodología a seguir para realizar una evaluación de los proyectos para identificar cuál de ellos presentan una ventaja sobre el otro.

6.1. Ubicación de obras.

Tomando en cuenta información relacionada con licitaciones de obra pública en la página de COMPRANET, del año 2017 hasta septiembre del 2018 se puede apreciar que la mayor parte de solicitudes de construcción de este tipo es en la zona del bajío, en donde en el año 2017 de 103 licitaciones durante el año la mayoría fue en esta zona, mientras que hasta el mes de septiembre del 2018 de 63 licitaciones vigentes para ese mes igualmente la mayoría son en la misma zona Figura 28.

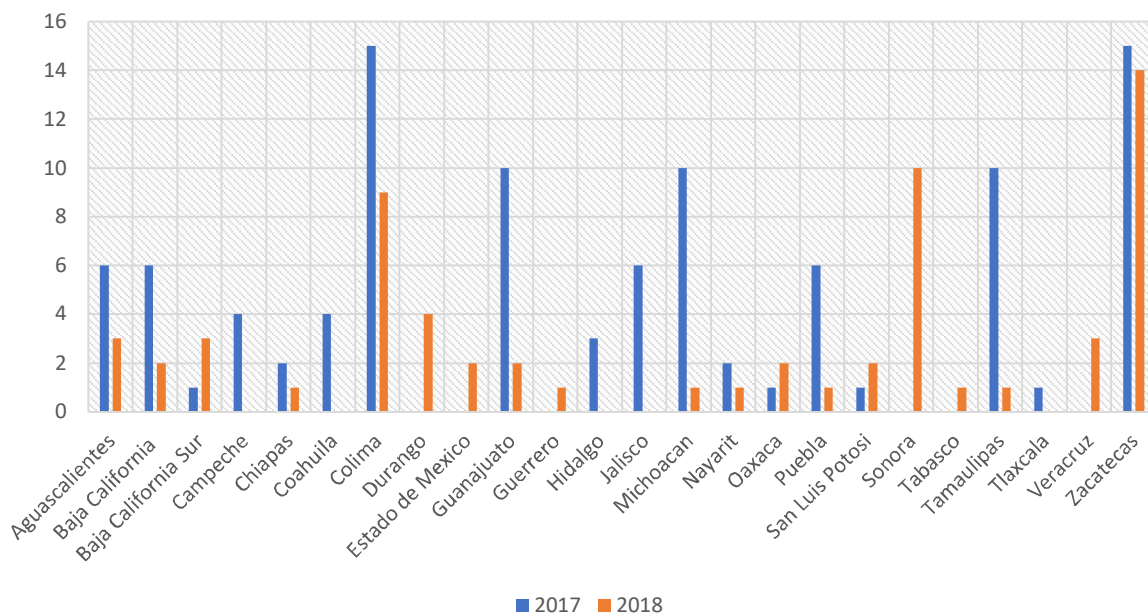


Figura 28. Licitaciones por estado para construcción de cubiertas.

Se puede apreciar en la Figura 29, la cual está por estado e indica donde fueron las licitaciones del 2017, en donde hasta cinco obras de este tipo fueron en los estados de Baja California Sur,

Campeche, Chiapas, Coahuila, Hidalgo, Nayarit, Oaxaca, San Luis Potosí y Tlaxcala, mientras que en los estados de Aguascalientes, Baja California, Guanajuato, Jalisco, Michoacán, Puebla y Tamaulipas se registraron de 6 a 10 obras, En los estados donde se concentraron más de 10 obras fueron en Colima y Zacatecas para este año.



Figura 29. Licitaciones por estado para el 2017.

Para el 2018 los estados con obras especificadas con cubiertas fueron hasta de 5 obras por estado Aguascalientes, Baja California, Baja California Sur, Chiapas, Durango, Estado de México, Guanajuato, Guerrero, Michoacán, Nayarit, Oaxaca, Puebla, San Luis Potosí, Tabasco, Tamaulipas y Veracruz, donde se pudieron identificar hasta 10 obras fueron en Colima y Sonora, mientras que donde hubo más de 10 obras fue en el estado de Zacatecas con 14 hasta lo que va del año, ver Figura 30.



Figura 30. Licitaciones por estado para el 2018.

Dando como resultado que en los estados donde se realizaron más de 10 obras durante el 2017 y hasta septiembre del 2018 fueron Guanajuato, Michoacán, Tamaulipas, Colima, y Zacatecas, ver Figura 31.



Figura 31. Licitaciones por estado para el 2017-2018.

Entonces se puede considerar una propuesta de ubicación de oficina central en la zona cercana a Aguascalientes, puesto que, es en esa zona es donde se puede llegar a cubrir las necesidades de cubiertas para los estados que hasta la fecha han estado solicitando más cubiertas,

6.2. Punto de equilibrio.

Para poder analizar una oportunidad de negocio o de inversión es indispensable la definición de un punto de equilibrio mediante el cual en cada proyecto se define si tiene ganancia o pérdidas. Con este análisis se identifica cuando el valor es cero es decir cuando se cruzan la línea de costo con la línea de venta.

Y se obtiene de la formula (5), en donde tenemos que indicar nuestros costo final, precio de venta y el costo de venta.

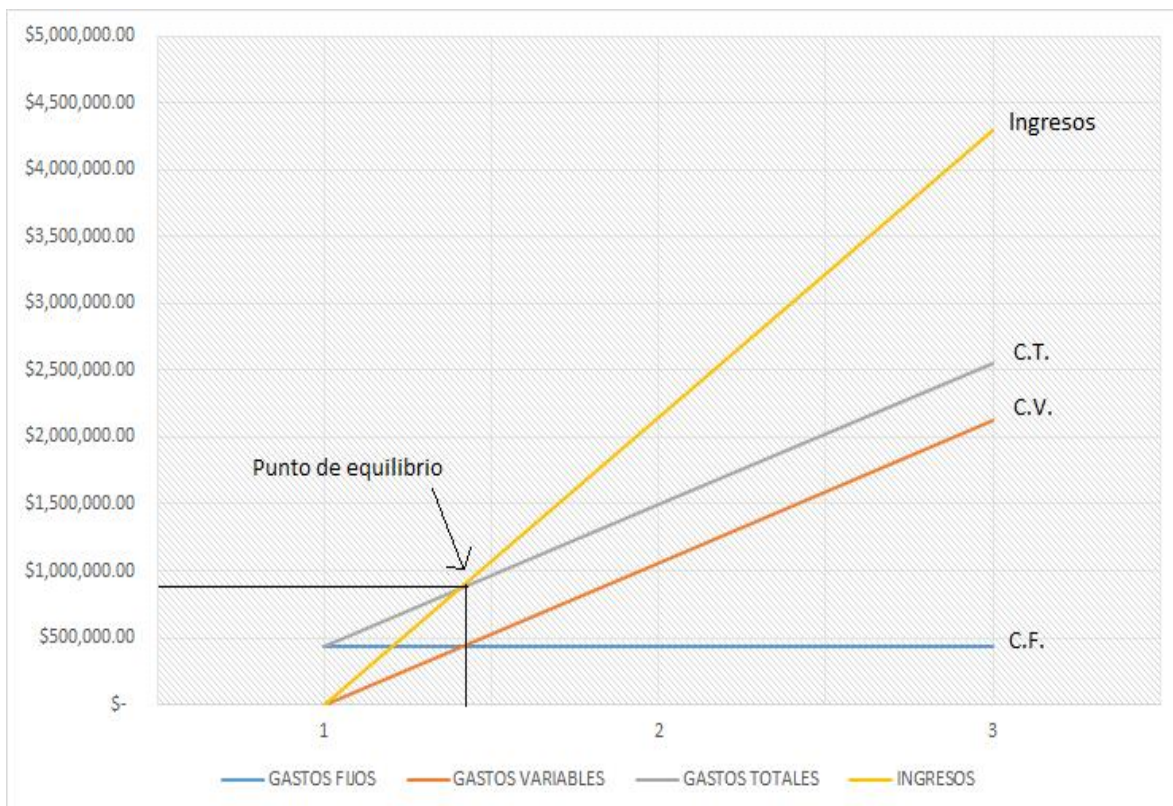


Figura 32. Gráfica de punto de equilibrio.

Para este caso de la Figura 32 se indica que:

$$Q = \frac{433,368.52}{1,435,959.99 - 1,062,225.60} = 1.16 \text{ unidades} \quad (22)$$

Entonces indica que a partir de la primera unidad construida se obtiene la ganancia, esto es invirtiendo en una oficina central en la zona donde se requiera.

Para el caso de la velaría con arco es como sigue:

$$Q = \frac{420,915.90}{1,440,864.22 - 1,062,735.82} = 1.11 \text{ unidades} \quad (23)$$

Para este resultado no hay mucha diferencia entre la gráfica de la cubierta tradicional con la velaría con arco. Para la velaría sin arco la formula da lo siguiente:

$$Q = \frac{479,302.36}{1,264,330.19 - 876,661.61} = 1.23 \text{ unidades} \quad (24)$$

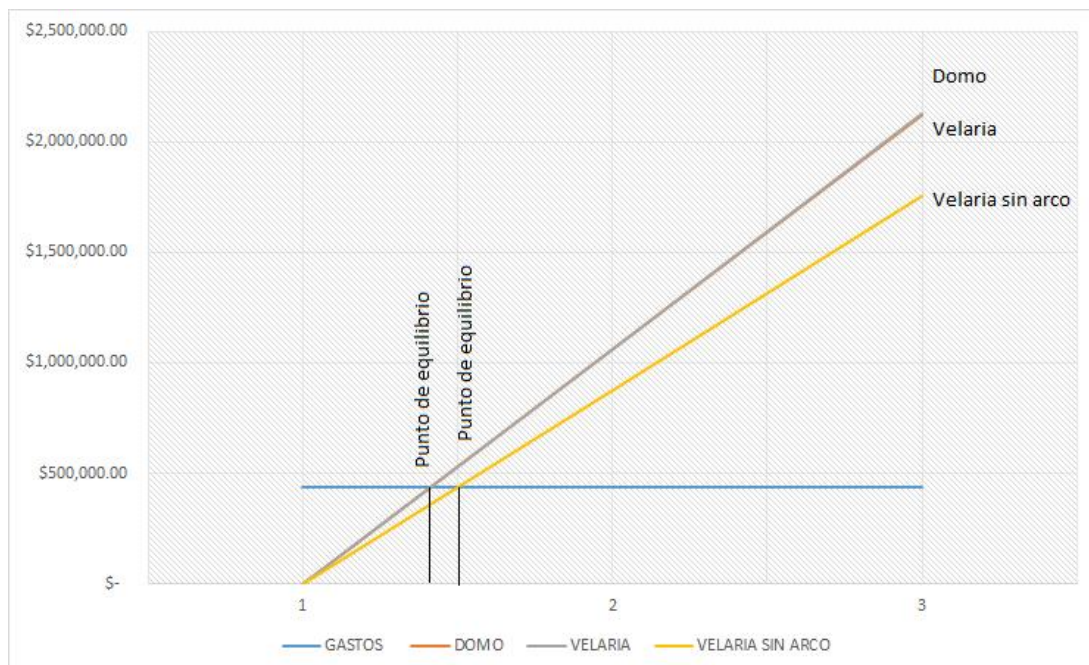


Figura 33. Gráfica de Punto de equilibrio de las tres cubiertas.

Al hacer la comparación de las tres cubiertas se puede apreciar que, aunque el punto de equilibrio en las tres es más de uno, esto es porque se va a realizar la inversión de hacer una oficina central en la zona donde se pueda abarcar los más estados posibles donde se concentran la mayor cantidad de cubiertas solicitadas, por lo menos hasta la fecha de esta investigación Figura 33.

Es importante aclarar que hasta este punto se hizo una inversión ya sea en la oficina central o bien en la construcción de un domo o una velaria y esto es lo que nos están mostrando los datos que la inversión se está realizando y es a partir de ahí que es lo que nos muestran las gráficas y el cálculo del punto de equilibrio que en la segunda construcción es donde podemos generar la ganancia, no quiere decir que desde la primera tenemos una pérdida sino que nuestro dinero de la inversión lo podemos empezar a recuperar a partir de la segunda construcción.

6.3. Análisis del Valor Presente Neto.

Como se mencionó en la metodología se definirá a través del valor presente neto (VPN) que determina la variable que integra esta evaluación tomando en cuenta una tasa de rendimiento mínima aceptable (TREMA), el ingreso probable o esperado para decidir si el proyecto es factible para inversión o si se puede rechazar esto va a determinarse con la cantidad de obras a la que se proyecten en una cantidad de tiempo programada por el contratista.

La tasa de rendimientos mínima aceptable se puede obtener de dos formas una mediante la fórmula (7), vista anteriormente donde se puede tomar el porcentaje de la Tasa de Interés Interbancaria de Equilibrio (TIIE), establecido por el Banco de México, o en este caso como puede ser una obra para el Gobierno local se procede a tomar el porcentaje que establecen para la evaluación de proyectos, el cual es del 10%.

Una vez teniendo esto datos se procede a la evaluación del Valor Presente Neto utilizando la formula (6), dando como resultados los valores obtenidos en la Tabla 18 y Tabla 19.

Tabla 18. VPN de la cubierta tradicional.

Porcentaje	VPN
2.00%	\$ 2,963,614.92
4.00%	\$ 2,219,793.92
6.00%	\$ 1,544,808.33
8.00%	\$ 930,917.60
10.00%	\$ 371,389.32
12.00%	\$ -139,648.73
14.00%	\$ -607,332.40
16.00%	\$ -1,036,165.45
18.00%	\$ -1,430,107.30
20.00%	\$ -1,792,647.44

Esto indica que no se puede emplear un TIR de más del 12 % a 5 años ya que dejaría de ser un proyecto viable como se puede apreciar en la gráfica de la Figura 34.

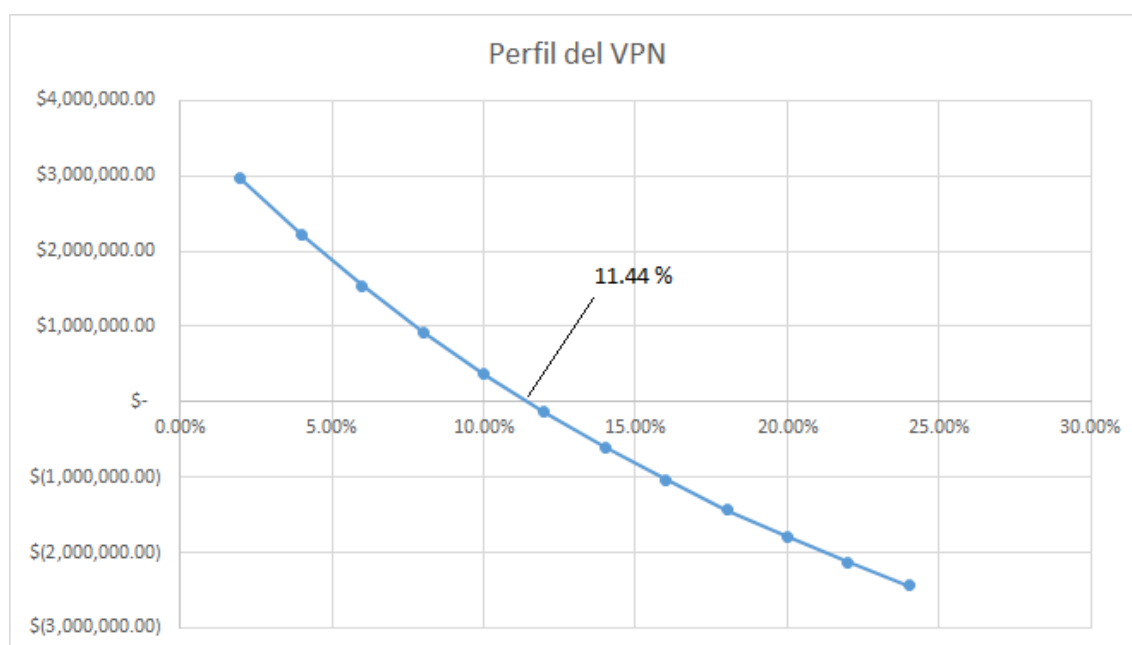


Figura 34. Gráfica de VPN de cubierta tradicional.

Mientras que para la cubierta propuesta se puede apreciar que al igual que en la cubierta tradicional el TIR no debe de exceder el 12.00% para que el proyecto sea viable (Tabla 19).

Tabla 19. VPN de la cubierta propuesta.

Porcentaje	VPN
2.00%	\$1,089,485.91
4.00%	\$799,044.99
6.00%	\$542,798.97
8.00%	\$315,853.08
10.00%	\$114,113.84
12.00%	-\$65,856.51
14.00%	-\$226,956.69
16.00%	-\$371,640.46
18.00%	-\$501,992.78
20.00%	-\$619,791.70

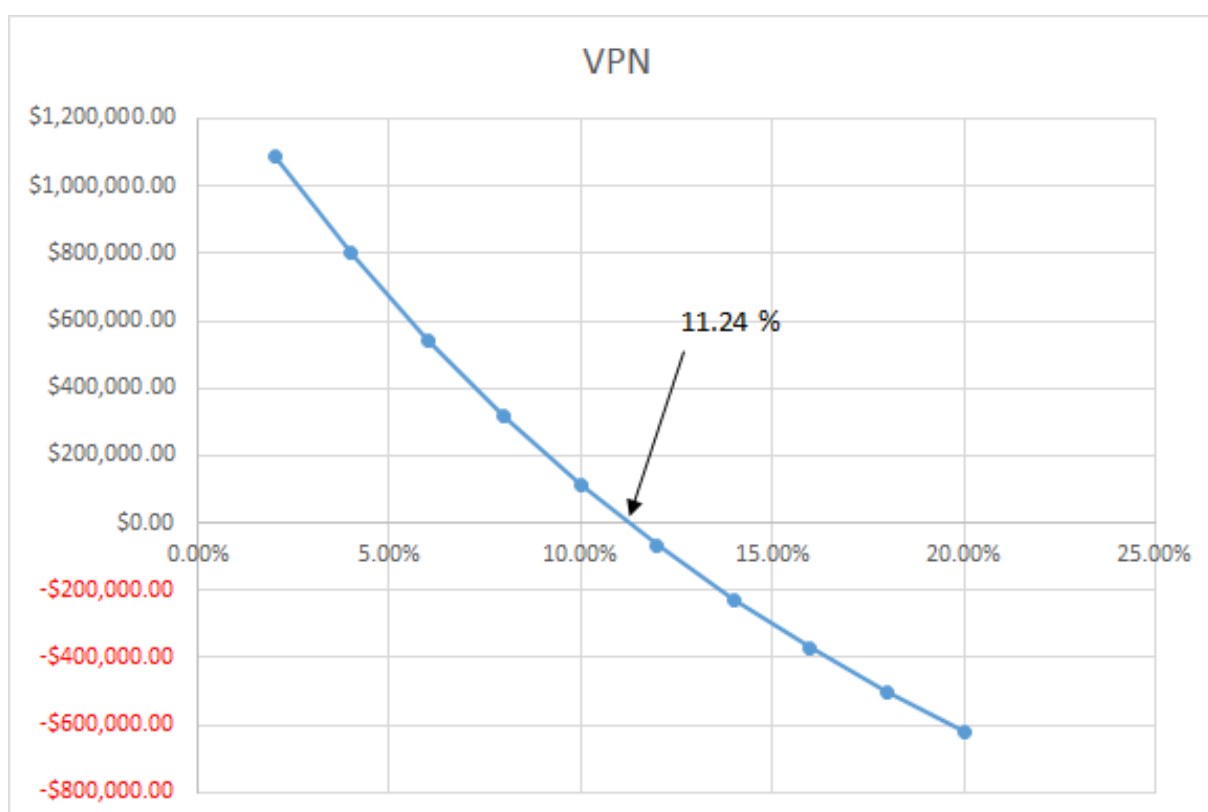


Figura 35. Gráfica de VPN de cubierta propuesta.

Esto se puede ver reflejado en la gráfica de la Figura 35, donde se puede apreciar que a partir del 11.24% cruza la línea de \$0.00 y empieza a ser un valor negativo.

Esto es que, en cualquiera de los dos casos ya sea la cubierta tradicional o bien la cubierta propuesta, el TREMA a utilizar no debe de exceder el 11.44% y el 11.24% respectivamente para que los proyectos sean costeables.

6.4. Análisis de riesgo.

Se considera en un principio, con ayuda del programa *Risk Simulator*, hacer un análisis de riesgo de inversión para identificar si los proyectos a comparar son viables.

Para determinar el análisis se tienen los datos de la Tabla 20.

Tabla 20. Información necesaria para tener un análisis de riesgo de inversión.

Horizonte	5	años				
Producción	30					
Precio	\$1,062,225.60					
Costo	\$1,435,959.99					
Inversión	\$1,062,225.60					
Horizonte	0	1	2	3	4	5
Año	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Ingresos		\$31,866,768.00	\$31,866,768.00	\$31,866,768.00	\$31,866,768.00	\$31,866,768.00
Costos		\$1,435,959.99	\$1,435,959.99	\$1,435,959.99	\$1,435,959.99	\$1,435,959.99
Inversión	-\$1,062,225.60					
Flujo de caja económico (FCE)	-\$1,062,225.60	\$30,430,808.01	\$30,430,808.01	\$30,430,808.01	\$30,430,808.01	\$30,430,808.01
Tasa de descuento	15%					
VAN (Valor Actual neto)	100946562.61					
TIR (Tasa Interna de Retorno)	2865%					
B/C (beneficio/costo)	96.03					

Los resultados que indica la gráfica del VAN es que el proyecto es aceptable ya que el porcentaje de certeza es de 99.40 %, el cual fue realizado con 1,000 ensayos.

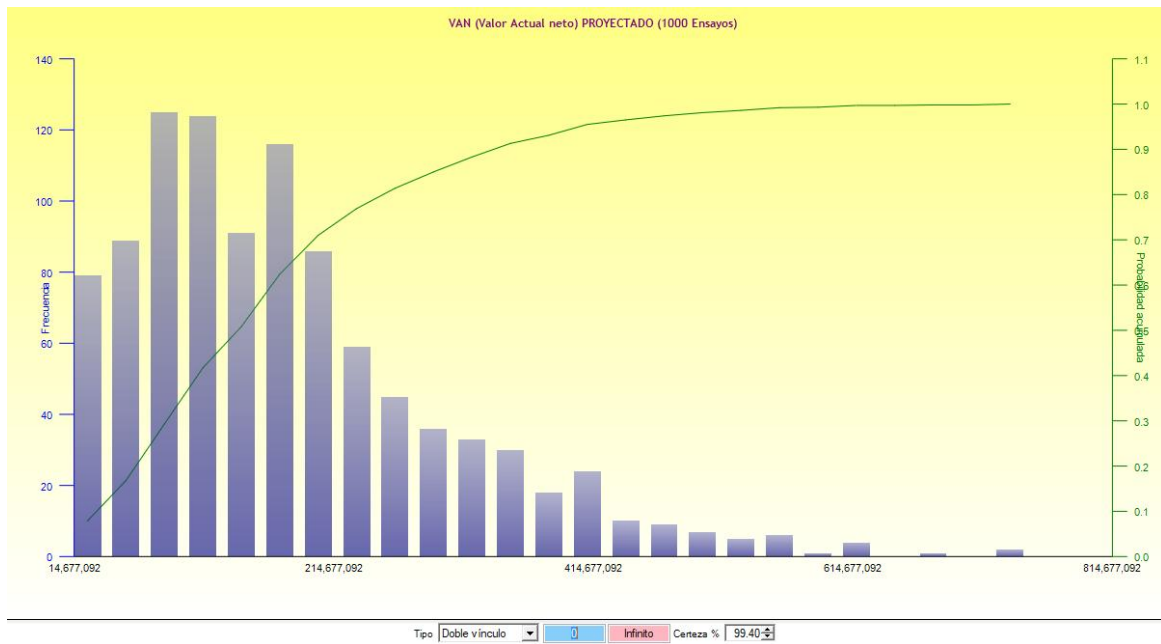


Figura 36. Gráfica de VAN de cubiertas.

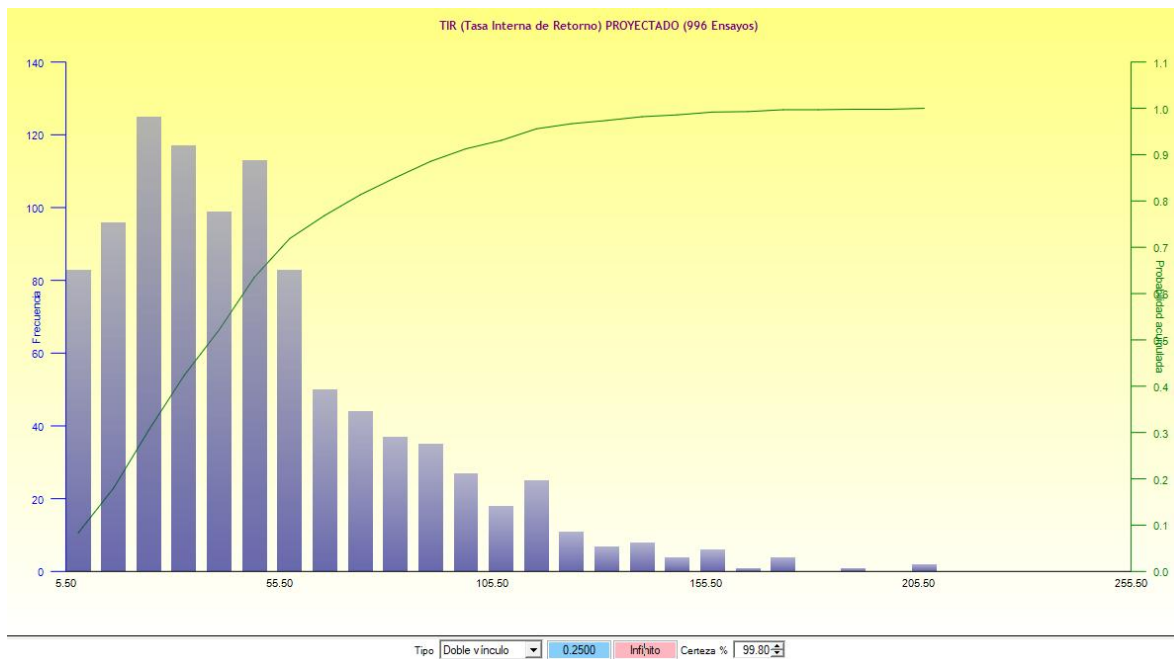


Figura 37. Gráfica de TIR de cubiertas.

En este caso la gráfica de VAN y TIR (Figura 36, Figura 37 respectivamente), nos indican para las tres cubiertas da una certeza del 99%, con lo cual se especifica que los tres proyectos son viables para hacer la inversión.

6.5. Ciclo de vida.

Para el ciclo de vida se empleó el programa life365, en donde nos indica que para la cubierta tradicional requiere un costo mantenimiento de \$107,800.00 a los veinte años después de este tiempo el costo de mantenimiento se duplica a los siguientes 10 años y así consecutivamente (Figura 38).

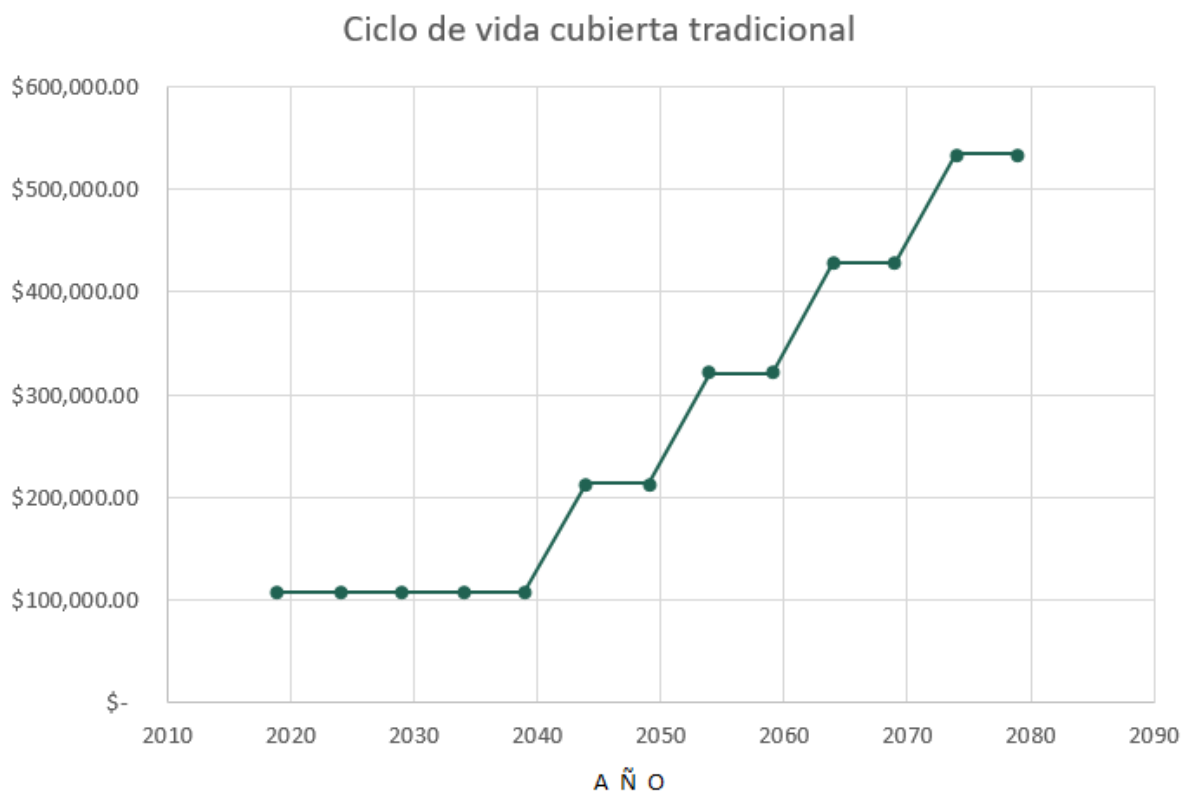


Figura 38. Gráfica de Ciclo de vida de cubierta tradicional.

Después se realizó el mismo ejercicio con la velaría (Figura 39), en donde nos indica que el costo de mantenimiento para esta cubierta es de \$83,000.00 m.n. durante los primeros 20 años, pero al

igual que la cubierta tipo domo se duplica durante los próximos 10 años y después el costo de mantenimiento se va duplicando cada 10 años.

Es importante saber que el ejercicio se realizó para que las estructuras tuvieran una duración de 150 años.

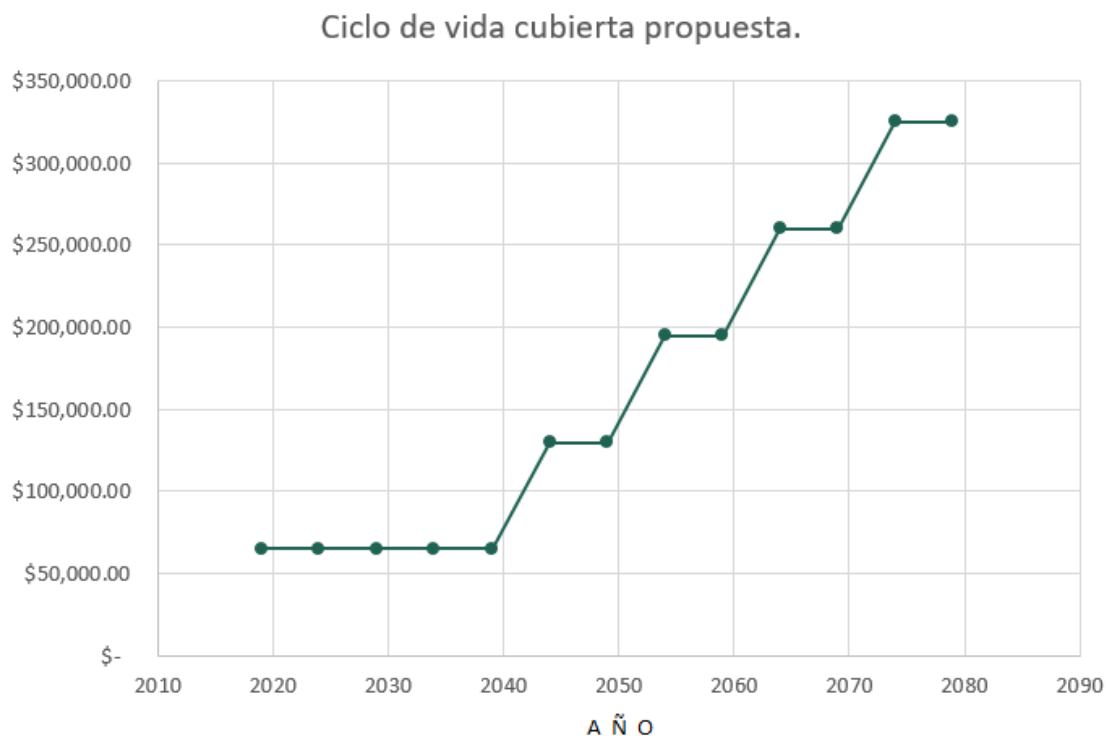


Figura 39. Gráfica de Ciclo de vida de cubierta propuesta.

En general se puede apreciar que al año son más de 100 licitaciones, por lo menos de obra pública de solicitudes de construcción de cubiertas, en base a esto se puede hacer un análisis de la información para poder dar un pronóstico de las obras a futuro y en donde se pueden llegar a realizar, esto con el fin de verificar si puede ser factible dedicarse al negocio como constructora o inversionista en caso de que se quiera empezar especializándose en este tipo de construcciones.

También es interesante saber que si desde un principio se plantea lo relacionado al financiamiento y el porcentaje de utilidad que se tendrá en cada obra no se debe de dejar de lado cualquier riesgo por pequeño que parezca , ya que esto puede llegar a ocasionar pérdidas.

Capítulo 7. Conclusiones

Una vez teniendo los datos del capítulo anterior se reúne la información para verla reflejada en este capítulo que sirve para tomar decisiones sobre los proyectos a analizar y sobre lo que se desarrollara para llevar a buen fin la investigación.

7.1. Conclusiones del proyecto

Teniendo en cuenta los datos de las cubiertas propuestas se puede apreciar que si desde el principio se toman en cuenta una programación para su ejecución y se toman en cuenta los riesgos que se pueden correr durante la misma. Se puede llegar a establecer que la cubierta propuesta puede ser una alternativa a las cubiertas tradicionales o domos, puesto que puede tener varias ventajas de las cuales se puede apreciar en la siguiente tabla:

Tabla 21. Comparación entre cubiertas.

	Cubierta tradicional (Domo)	Cubierta propuesta (Velaria)
<i>De los materiales</i>	La estructura se puede encontrar con cualquier proveedor de acero.	La estructura se tiene que hacer sobre pedido en un taller especializado.
	La cubierta es a base de lámina.	La cubierta es a base de una geomembrana que puede ser de un conjunto de varios materiales a recomendación del proyectista.
	En caso de fallar algún elemento o bien por su mala ejecución de ensamble puede ser muy peligroso para los usuarios.	En caso de colapso el riesgo de provocar daños es menor en comparación con la cubierta tradicional.

Continuación de tabla 21.

	Cubierta tradicional (Domo)	Cubierta propuesta (Velaria)
<i>De los materiales (continuación)</i>		Debido a los elementos estructurales, su tiempo de ejecución es menor, considerándose desde un 20% menor.
		Menor uso de equipo y maquinaria para su construcción.
		Se puede llegar a optimizar para que los materiales a utilizar tengan un menor calibre y por lo tanto menor costo.
	Cubierta puede repararse parcialmente	Cubierta en caso de ruptura se puede “soldar” dependiendo de los materiales con los que se sugirió la geomembrana.
<i>De la mano de obra</i>		De 30% a 50% menos de mano de obra.
<i>De su Forma</i>		Debido a su forma puede cubrir de un 8% a un 12% más de los rayos solares, pero se puede ajustar a otro tipo de forma de manera que pueda cubrir más.
		Debido a su forma no presenta la posibilidad de formación de nidos de aves.

Es mediante la información antes mencionada que, la propuesta ofrece mayores bondades para poder tomarse en cuenta como alternativa de construcción para cubrir las diferentes áreas que se requieren en las instituciones de educación básica y es por esto que se recomendaría realizar un ejercicio de gestión para poder lograr la requisición de este tipo de alternativas en un futuro próximo.

Otro de los principales objetivos es identificar si puede ser viable el hacer un negocio a base de este tipo de construcciones, a lo cual según el análisis de riesgo de inversión nos indica que el proyecto tiene una certeza de ser una buena inversión, sin embargo se debe de tener una administración adecuada y siguiendo los planes de financiamiento y flujo de efectivo correcto para que este pueda llevarse a cabo.

Además de lo anteriormente mencionado, otro de los puntos que nos indica la investigación es que desafortunadamente la zona más cercana donde se pudieran dar este tipo de construcciones es en Sonora, pero a base de las licitaciones generadas durante el 2017, y que hasta esta fecha se han publicado, podemos hacer un análisis para poder realizar una inversión en el sitio donde se han realizado más licitaciones de este tipo de obras, lo cual nos indica que es la zona de Zacatecas, Colima, Michoacán, Jalisco, Guanajuato, que es donde se han localizado más de 10 licitaciones por estado.

En donde se puede analizar un punto estratégico como oficina central para poder dar abasto a esta zona, haciendo una proyección de por lo menos 20 a 30 obras por año, además de hacer una labor de convencimiento en las direcciones de las diferentes instituciones encargadas de asignar estas obras para poder hacer el cambio a la cubierta propuesta.

Como alternativa sería presentar ante el Instituto Chihuahuense de Infraestructura Física Educativa (ICHIFE), la propuesta de licitar velarias en lugar de las cubiertas tradicionales o domos ya que actualmente cuenta en su padrón de escuelas registradas con más de 1,200 escuelas que van desde preescolar hasta secundaria como se puede observar en la Tabla 22, todavía se pueden construir este tipo de alternativas de solución.

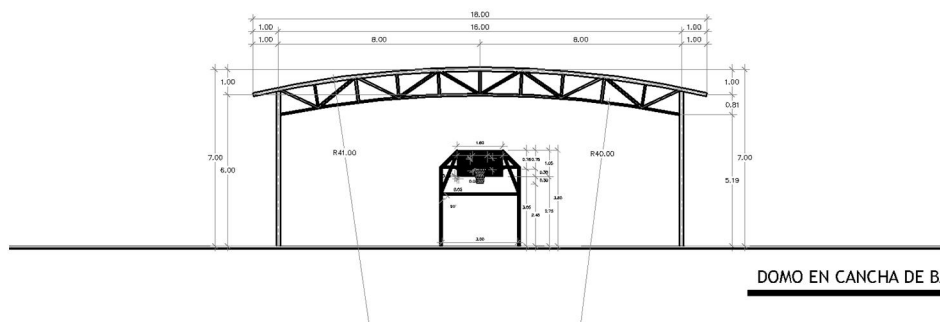
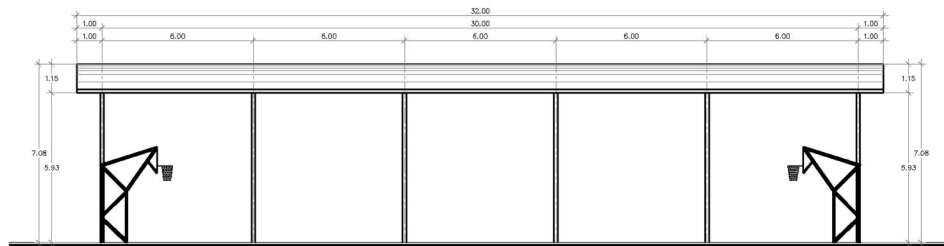
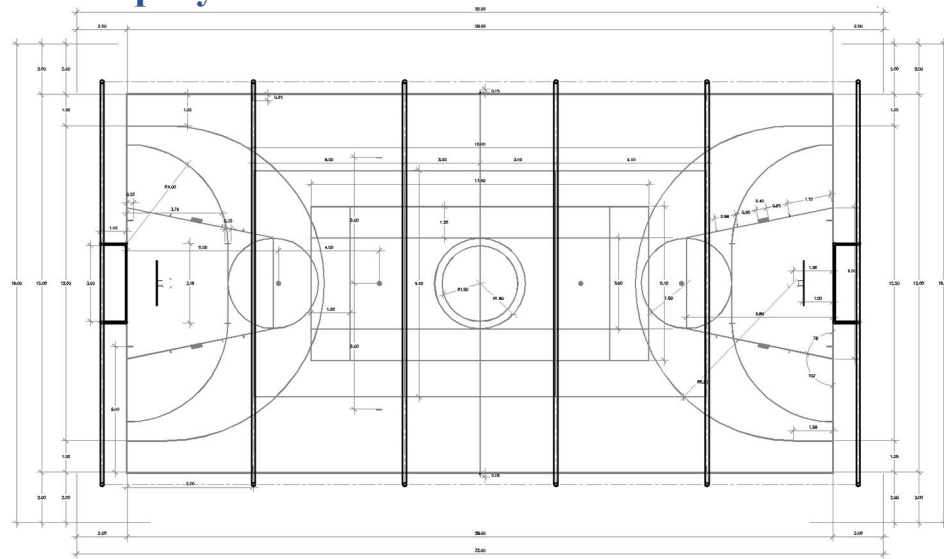
Tabla 22. Instalaciones de educación en Ciudad Juárez.

TIPO DE INSTALACIÓN	CANTIDAD
PREESCOLARES	426
PRIMARIAS	567
SECUNDARIAS	126
OTRAS INSTALACIONES (RELATIVAS A LA EDUCACIÓN)	169
TOTAL	1,288

Esto se puede lograr mediante una buena gestión presentada al instituto en donde se haga énfasis en la importancia de realizar este tipo de obras.

Cabe mencionar que existen aparte centros comunitarios o espacios deportivos y recreativos en la ciudad en donde también se pueden colocar estas soluciones.

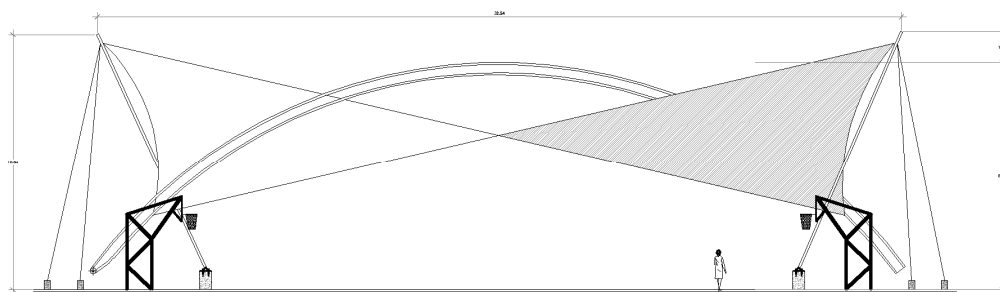
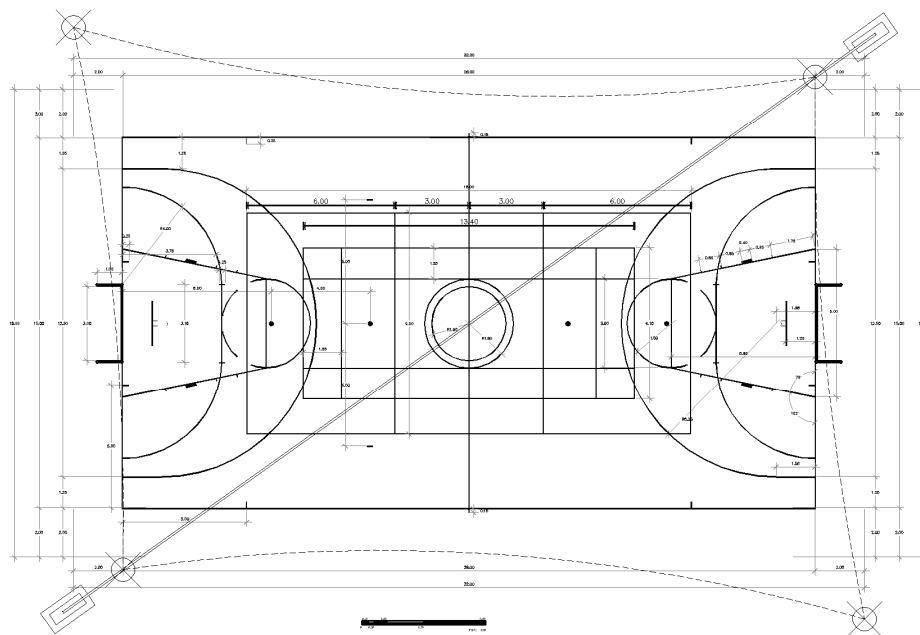
Anexo A. Anteproyectos.



DOMO EN CANCHA DE BASQUETBOL

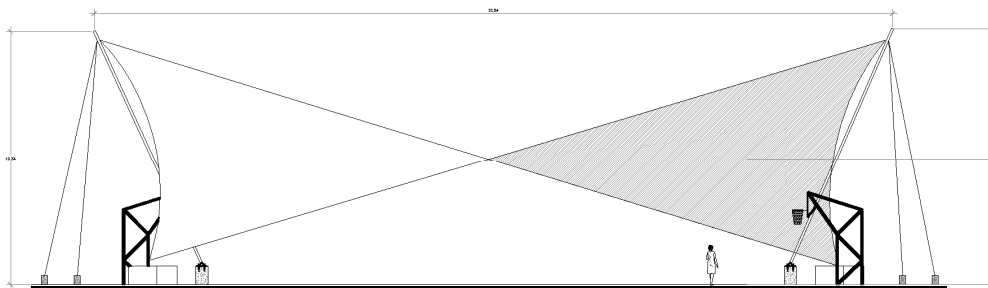
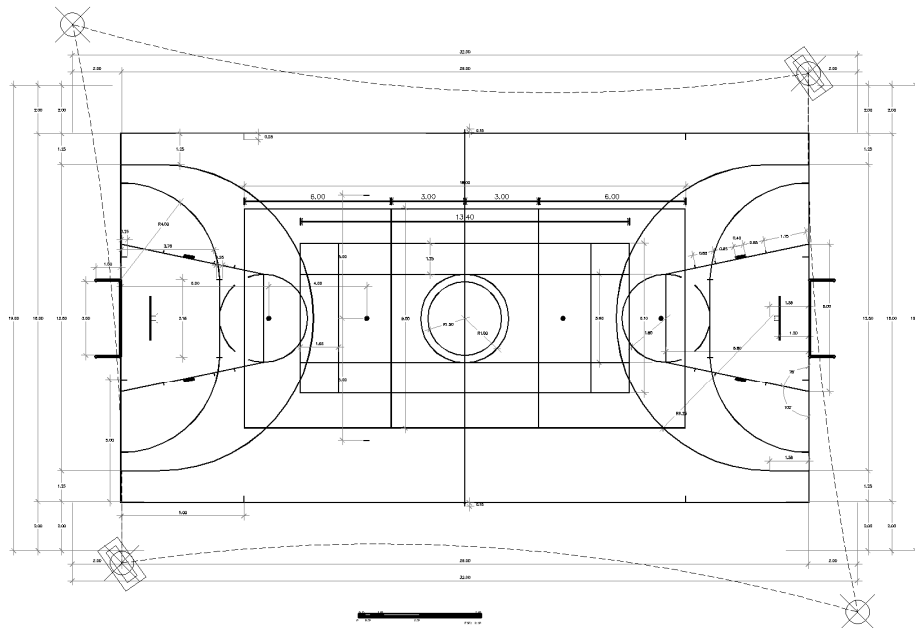
ESC. 1:150

	PROTOTIPO : CUBIERTA TRADICIONAL (DOMO)		NOMENCLATURA:
	CONSTRUCCION : CANCHA DE BASQUETBOL	FECHA: 19 DE OCTUBRE 2018	
	PLANO :	ACTUALIZACIÓN: 01	
			HOJA: 01 DE 03



VELARIA EN CANCHA DE BASQUETBOL
ESC. 1:250

	PROTOTIPO : CUBIERTA PROPUESTA (VELARIA CON ARCO)		NOMENCLATURA: HOJA: 02 DE 03
	CONSTRUCCION :	FECHA: 19 DE OCTUBRE 2018	
	PLANO :	ACTUALIZACIÓN: 01	



VELARIA EN CANCHA DE BASQUETBOL
ESC. 1:250

	PROTOTIPO : CUBIERTA PROPUESTA (VELARIA SIN ARCO)		NOMENCLATURA:
	CONSTRUCCION :	FECHA:	
	CANCHA DE BASQUETBOL	19 DE OCTUBRE 2018	
	PLANO :	ACTUALIZACIÓN:	HOJA: 03 DE 03
		01	

Anexo B. Catálogo de conceptos cubierta tradicional (domo).

CLAVE	C O N C E P T O	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO			
				P.U	P.U. CON LETRA	IMPORTE	%
&DOMO							
#PRELIMINARES							
IMAGEN04	Letrero alusivo a la obra de 3.00m x 2.00m, soportes de 1.20m libres por pieza, incluye: PTR de 3" x 2", lamina lisa calibre 18, tubular de 2" x 2" habilitado de materiales, pintura general y rotulado.	pza.	1.00	\$ 765.60	SETECIENTOS SETENTA Y UN PESOS 88/100 M.N.	\$ 765.60	0.07%
PRE-01	Trazo y nivelación de terreno para desplante de estructura, incluye: materiales, mano de obra y equipo.	m²	480.00	\$ 11.41	DIEZ Y SIETE PESOS 17/100 M.N.	\$ 5,476.80	0.52%
Total de						\$ 6,242.40	0.59%
#CIMENTACION							
ZAP-001	Excavación en cepas con retroexcavadora, incluye afine de taludes, material seco, tipo "B", profundidad de 0.00m a 2.00m	m³	27.90	\$ 86.13	NOVENTA PESOS 58/100 M.N.	\$ 2,403.03	0.23%
ZAP-007	Plantilla de concreto hecho en obra resistencia normal agregado máximo 3/4", F'c=100 kg/cm² de 5 cm de espesor, incluye: materiales, mano de obra, acarreos de materiales a 20.00m de distancia horizontal.	m²	22.50	\$ 116.21	CIENTO CUARENTA Y CUATRO PESOS 28/100 M.N.	\$ 2,614.73	0.25%
ZAP-013	Relleno con material producto de excavación zanja compactado con pisón de metal donde el área lo permita, con humedad óptima para garantizar una compactación adecuada.	m³	22.99	\$ 154.26	CIENTO CINCUENTA Y SEIS PESOS 46/100 M.N.	\$ 3,546.44	0.33%
ZAP-020	Zapata de concreto hecho en obra resistencia normal agregado máximo 1 1/2" f'c=250 kg/cm², varilla #4 a cada 10cm, de separación en ambos sentidos, peralte de 25.00cm, incluye: habilitado, armado de acero de refuerzo, colado, vibrado, acarreos de materiales a 20.00 m de distancia horizontal, desperdicios, mano de obra y todo lo necesario para su ejecución (sección: 1.30m x 1.30m)	pza.	10.00	\$ 3,059.33	TRES MIL TRESCIENTOS NOVENTA Y SIETE PESOS	\$ 30,593.30	2.88%
ZAP-021	Dado de concreto hecho en obra, resistencia normal, agregado máximo 1 1/2", f'c=250 kg/cm², 8 varillas #4, estribos del #3 a cada 15 cms, incluye cimbrado, descimbrado, habilitado, armado de acero de refuerzo, colado, vibrado, acarreos de materiales a 20.00m de distancia horizontal, desperdicios, mano de obra y todo lo necesario para su ejecución (sección: 0.45m x 0.45m x 0.75m).	pza.	10.00	\$ 1,637.32	UN MIL SETECIENTOS NOVENTA PESOS 19/100 M.N.	\$ 16,373.20	1.54%
ZAP-022	Firme de concreto hecho en obra, resistencia normal f'c=150 kg/cm², agregado máximo	m²	22.50	\$ 233.44	DOSCIENTOS SETENTA	\$ 5,252.40	0.49%

1 1/2" de 10 cm de espesor, incluye materiales, mano de obra, desperdicios, acarreo de materiales a 20.00m. De distancia horizontal y todo lo necesario para su ejecución.

PESOS 93/100 M.N.

Total de						\$ 60,783.09	5.72%
#ESTRUCTURA							
EST-005	Suministro y colocación de columna, incluye: pintura anticorrosiva y esmalte, materiales, desperdicios, equipo, herramienta y mano de obra.	pza.	10.00	\$ 19,053.29	DIEZ Y NUEVE MIL DIEZ Y SEIS PESOS 92/100 M.N.	\$ 190,532.90	17.94%
EST-017	Suministro y colocación de ángulos de 1 1/2" x 1/4" y 1" x 1 1/4", P.T.R. de 1" cal. 14 (0.075) para reforzar armadura primaria existente (en base a memoria de cálculo realizada ya que no cumplía con especificación), incluye: montaje hasta una altura de 8.00m, equipo, herramienta, consumibles, fondo anticorrosivo y pintura de esmalte, mano de obra.	kg.	1,875.02	\$ 278.15	DOSCIENTOS SETENTA Y OCHO PESOS 77/100 M.N.	\$ 521,536.81	49.10%
EST-018	Suministro, habilitación y colocación de mon-ten de 7" cal. 14 (diseño según proyecto), Angulo de 4" x 1/4" de 25 cms, para fijar monten a estructura, incluye: montaje hasta una altura de 8.00m, equipo, herramienta, consumibles, fondo anticorrosivo, pintura esmalte y mano de obra.	kg.	2,079.00	\$ 13.40	DIEZ Y NUEVE PESOS 11/100 M.N.	\$ 27,858.60	2.62%
EST-019	Suministro, habilitación y colocación de contra venteo para rigidizar estructuras a base de varilla lisa de 3/4", incluye: montaje hasta una altura de 8.00 m. equipo, herramienta, consumibles, fondo anticorrosivo, pintura esmalte y mano de obra.	kg.	292.00	\$ 34.04	TREINTA Y NUEVE PESOS 31/100 M.N.	\$ 9,939.68	0.94%
EST-020	Suministro, habilitación y colocación de contra flambeo para rigidizar estructuras a base de varilla lisa de 3/8", incluye: montaje hasta una altura de 8.00 m, equipo, herramienta, consumibles, fondo anticorrosivo, pintura esmalte y mano de obra.	kg.	100.00	\$ 34.04	TREINTA Y NUEVE PESOS 31/100 M.N.	\$ 3,404.00	0.32%
EST-021	Colocación de soporte para contravientos en marcos principales a base de Angulo de 2" x 1/4" (mca L1051 x 6), incluye: montaje hasta una altura de 8.00m , equipo, herramientas, consumibles, fondo anticorrosivo y mano de obra.	pza.	8.00	\$ 285.26	DOSCIENTOS OCHENTA Y CINCO PESOS 18/100 M.N.	\$ 2,282.08	0.21%
EST-022	Suministro, habilitación y colocación de canalón para desagüe pluvial a base de lámina lisa galvanizada cal. 26, con desarrollo de 0.90m, incluye: sellador sikaflex, elementos de fijación, herramientas, materiales, equipo, andamiajes, consumibles y mano de obra.	ml	48.00	\$ 239.18	DOSCIENTOS CUARENTA Y DOS PESOS 89/100 M.N.	\$ 11,480.64	1.08%

EST-023	Suministro y colocación de tubo sanitario liso de pvc de 4", reforzado para bajada de aguas pluviales, incluye: conexiones, codos, pegamentos de pvc, fijación, mano de obra, herramientas, equipo y materiales.	ml	32.00	\$ 39.85	CUARENTA Y CINCO PESOS 3/100 M.N.	\$ 1,275.20	0.12%
EST-024	Suministro y colocación de grout no metálico para rellenar hueco entre dados y placas de acero, incluye: todo lo necesario para su ejecución.	m³	0.11	\$ 200.94	DOSCIENTOS UN PESOS 64/100 M.N.	\$ 22.10	0.00%
EST-025	Suministro, habilitación y colocación de lámina galvanizada ondulada Terminium Zintro TO-100, acanalada, R-101 OS, cal. 24, incluye: montaje hasta una altura de 8.00m, equipo, herramienta, consumibles y mano de obra.	m²	480.00	\$ 376.71	TRESCIENTOS SETENTA Y CUATRO PESOS 82/100 M.N.	\$ 180,820.80	17.02%
EST-026	Suministro y colocación de anclas de 1" de diámetro liso por 0.80m de largo, acero A-36, incluye: tuercas y rondanas de alta resistencia. (4 piezas)	pza.	40.00	\$ 268.02	DOSCIENTOS SETENTA Y SEIS PESOS 89/100 M.N.	\$ 10,720.80	1.01%
EST-027	Suministro, habilitación, colocación de cuerda superior a base de PTR de 2" x 2" x 0.11", (diseño según proyecto), incluye: montaje hasta una altura de 8.00m, equipo, herramientas, consumibles, fondo anticorrosivo y pintura esmalte y mano de obra.	kg.	75.00	\$ 20.22	VEINTICINCO PESOS 93/100 M.N.	\$ 1,516.50	0.14%
EST-028	Suministro, habilitación, colocación de cuerda inferior a base de PTR de 2" x 2" x 0.11", (diseño según proyecto), incluye: montaje hasta una altura de 8.00m, equipo, herramientas, consumibles, fondo anticorrosivo y pintura esmalte y mano de obra.	kg.	75.00	\$ 20.22	VEINTICINCO PESOS 93/100 M.N.	\$ 1,516.50	0.14%
EST-029	Suministro, habilitación, colocación de cuerda en diagonales a base de PTR de 1 1/2" x 1 1/2" x 0.125" (diseño según proyecto), incluye: montaje hasta una altura de 8.00m, equipo, herramientas, consumibles, fondo anticorrosivo y pintura esmalte y mano de obra.	kg.	52.00	\$ 16.28	VEINTIUN PESOS 99/100 M.N.	\$ 846.56	0.08%

Total de						\$ 963,753.18	90.730%
-----------------	--	--	--	--	--	---------------	---------

**#LIMPIEZA
Y
ACARREO**

TER-001	Limpieza gruesa al final de obra para entregar, incluye: materiales, mano de obra, equipo y herramienta.	m²	48.00	\$ 646.84	SEISCIENTOS CUARENTA Y SEIS PESOS 84/100 M.N.	\$ 31,048.32	2.92%
TER-002	Acarreo de escombros producto de demoliciones y/o excavaciones en camión de volteo fuera de obra a una distancia de 10km, incluye: carga a mano, equipo y herramienta.	m³	36.27	\$ 10.99	DIEZ PESOS 99/100 M.N.	\$ 398.61	0.04%

Total de						\$ 31,446.93	2.96%
-----------------	--	--	--	--	--	--------------	-------

Total de						\$ 1,062,225.59	
-----------------	--	--	--	--	--	-----------------	--

TOTAL						\$ 1,062,225.59	100.000%
--------------	--	--	--	--	--	-----------------	----------

Anexo C. Catálogo de conceptos cubierta propuesta (velaria con arco).

CLAVE	C O N C E P T O	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO		IMPORTE	%
				P.U	P.U. CON LETRA		
#VELARIA							
#PRELIMINARES							
IMAGEN04	Letrero alusivo a la obra de 3.00m x 2.00m, soportes de 1.20m libres por pieza, incluye: PTR de 3" x 2", lamina lisa calibre 18, tubular de 2" x 2" habilitado de materiales, pintura general y rotulado.	pza.	1	\$765.60	SETECIENTOS SESENTA Y CINCO PESOS 60/100 M.N.	\$765.60	0.07%
PRE-01	Trazo y nivelación de terreno para desplante de estructura, incluye: materiales, mano de obra y equipo.	m²	896	\$11.41	ONCE PESOS 41/100 M.N.	\$10,223.36	0.96%
Total de						\$10,988.96	1.03%
#CIMENTACION							
ZAP-001	Excavación en cepas con retroexcavadora, incluye afine de taludes, material seco, tipo "B", profundidad de 0.00m a 2.00m	m³	32	\$86.13	OCHENTA Y SEIS PESOS 13/100 M.N.	\$2,756.16	0.26%
ZAP-007	Plantilla de concreto hecho en obra resistencia normal agregado máximo 3/4", F'c=100 kg/cm² de 5 cm de espesor, incluye: materiales, mano de obra, acarreo de materiales a 20.00m de distancia horizontal.	m²	16	\$116.21	CIENTO DIEZ Y SEIS PESOS 21/100 M.N.	\$1,859.36	0.17%
ZAP-012	Cimbra común en cimentación con madera de pino de 3a., incluye: cortes, habilitado, alineado, nivelado, curado, acarreo dentro de la obra, limpieza.	m²	43.94	\$372.86	TRESCIENTOS SETENTA Y DOS PESOS 86/100 M.N.	\$16,383.47	1.54%
ZAP-008	Suministro, habilitado y armado de acero de refuerzo en cimentación F'y= 4200 kg/cm2, cualquier diámetro, incluye: Cortes, ganchos, traslapes, silletas, alambre recocido, acarreo dentro de la obra , limpiezas.	kg.	865.99	\$20.57	VEINTE PESOS 57/100 M.N.	\$17,813.41	1.68%
ZAP-015	Suministro y colocación de anclas de acero estructural A-36 F'y=2350 kg/cm2 redondo de 16mm de diámetro y 100 cm de desarrollo, incluye: 12 cm de cuerda estándar, tuerca, contratuerca, rondanas, cortes, nivelación, plomeo, alineado, elementos de fijación, limpiezas gruesas.	pza.	8	\$253.94	DOSCIENTOS CINCUENTA Y TRES PESOS 94/100 M.N.	\$2,031.52	0.19%
ZAP-011	Suministro y colocación de concreto F'c=200kg/cm2 hecho en obra T.M.A. 3/4" en cimentación vaciado con carretilla y botes, incluye: colado, tendido, vibrado, curado, acarreo dentro de la obra, limpieza.	m³	8.82	\$1,827.87	UN MIL OCHOCIENTOS VEINTISIETE PESOS 87/100 M.N.	\$16,121.81	1.52%
ZAP-013	Relleno con material producto de excavación zanja compactado con pisón de metal donde el área lo permita, con humedad óptima para garantizar una compactación adecuada.	m³	24	\$154.26	CIENTO CINCUENTA Y CUATRO PESOS 26/100 M.N.	\$3,702.24	0.35%

Total de						\$60,667.97	5.71%
-----------------	--	--	--	--	--	-------------	-------

#ESTRUCTURA

EST-017	Suministro, fabricación y montaje de armaduras a base de tubo negro de 1a. Cedula 20, 30 y/o 40 cualquier diámetro, incluye, cortes, rolado de tuberías, soldadura, primer anticorrosivo, acarreo dentro de la obra, elevaciones, alturas de acuerdo a proyecto, limpieza gruesa.	kg.	5,489.75	\$17.45	DIEZ Y SIETE PESOS 45/100 M.N.	\$95,796.14	9.01%
EST-018	Suministro y colocación de cubierta de lona oplex blackout calibre 700, incluye: cortes, traslapes, material de fijación, acarreo, dentro de la obra, elevaciones, alturas de acuerdo a proyecto, limpieza gruesa.	m²	896	\$597.44	QUINIENTOS NOVENTA Y SIETE PESOS 44/100 M.N.	\$535,306.24	50.37%
EST-016	Suministro y aplicación de pintura de esmalte calidad Comex sobre estructura metálica, (perfiles tubulares, tubos, barandales, etc.), incluye: Manos de pintura suficientes para cubrir satisfactoriamente la superficie, protección de áreas adyacentes, acarreo, limpieza.	kg.	6,736.90	\$49.40	CUARENTA Y NUEVE PESOS 40/100 M.N.	\$332,802.86	31.32%
EST-019	Cableado lateral como contra venteo a base de cable de 3/8" anclado a laterales de velaria, incluye: materiales, cortes, amarres, arandelas, elevaciones, tensado, pijas, pernos a tuerca de seguridad, pruebas de tensión, equipo de seguridad y señalamientos, limpieza general.	jgo.	4	\$548.78	QUINIENTOS CUARENTA Y OCHO PESOS 78/100 M.N.	\$2,195.12	0.21%

Total de						\$966,100.36	90.91%
-----------------	--	--	--	--	--	--------------	--------

#LIMPIEZA Y ACARREO

TER-001	Limpieza gruesa al final de obra para entregar, incluye: materiales, mano de obra, equipo y herramienta.	m3	38	\$646.84	SEISCIENTOS CUARENTA Y SEIS PESOS 84/100 M.N.	\$24,579.92	2.31%
TER-002	Acarreo de escombros producto de demoliciones y/o excavaciones en camión de volteo fuera de obra a una distancia de 10km, incluye: carga a mano, equipo y herramienta.	m³	36.27	\$10.99	DIEZ PESOS 99/100 M.N.	\$398.61	0.04%

Total de						\$24,978.53	2.35%
-----------------	--	--	--	--	--	-------------	-------

Total de						\$1,062,735.82	100.00%
-----------------	--	--	--	--	--	----------------	---------

TOTAL						\$1,062,735.82	100.00%
--------------	--	--	--	--	--	----------------	---------

Anexo D. Catálogo de conceptos de cubierta propuesta (velaría sin arco)

CLAVE	C O N C E P T O	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO		IMPORTE	%
				P.U	P.U. CON LETRA		
&VELARIASIN/ARCO							
#PRELIMINARES							
IMAGEN04	Letrero alusivo a la obra de 3.00m x 2.00m, soportes de 1.20m libres por pieza, incluye: PTR de 3" x 2", lamina lisa calibre 18, tubular de 2" x 2" habilitado de materiales, pintura general y rotulado.	pza.	1.00	\$ 765.60	SETECIENTOS SESENTA Y CINCO PESOS 60/100 M.N.	\$ 765.60	% 0.09
PRE-01	Trazo y nivelación de terreno para desplante de estructura, incluye: materiales, mano de obra y equipo.	m²	897.00	\$ 11.41	ONCE PESOS 41/100 M.N.	\$ 10,234.77	% 1.17
Total de						\$ 11,000.37	
#CIMENTACION							
ZAP-001	Excavación en cepas con retroexcavadora, incluye afine de taludes, material seco, tipo "B", profundidad de 0.00m a 2.00m	m³	32.00	\$ 86.13	OCHENTA Y SEIS PESOS 13/100 M.N.	\$ 2,756.16	% 0.31
ZAP-007	Plantilla de concreto hecho en obra resistencia normal agregado máximo 3/4", F'c=100 kg/cm² de 5 cm de espesor, incluye: materiales, mano de obra, acarreo de materiales a 20.00m de distancia horizontal.	m²	16.00	\$ 116.21	CIENTO DIEZ Y SEIS PESOS 21/100 M.N.	\$ 1,859.36	% 0.21
ZAP-012	Cimbra común en cimentación con madera de pino de 3a., incluye: cortes, habilitado, alineado, nivelado, curado, acarreo dentro de la obra, limpieza.	m²	43.94	\$ 372.86	TRESCIENTOS SETENTA Y DOS PESOS 86/100 M.N.	\$ 16,383.47	% 1.87
ZAP-008	Suministro, habilitado y armado de acero de refuerzo en cimentación F'y= 4200 kg/cm2, cualquier diámetro, incluye: Cortes, ganchos, traslapes, silletas, alambre recocido, acarreo dentro de la obra , limpiezas.	kg.	909.29	\$ 20.57	VEINTE PESOS 57/100 M.N.	\$ 18,704.10	% 2.13
ZAP-015	Suministro y colocación de anclas de acero estructural A-36 F'y=2350 kg/cm2 redondo de 16mm de diámetro y 100 cm de desarrollo, incluye: 12 cm de cuerda estándar, tuerca, contratuerca, rondanas, cortes, nivelación, plomeo, alineado, elementos de fijación, limpiezas gruesas.	pza.	4.00	\$ 253.94	DOSCIENTOS CINCUENTA Y TRES PESOS 94/100 M.N.	\$ 1,015.76	% 0.12
ZAP-011	Suministro y colocación de concreto F'c=200kg/cm2 hecho en obra T.M.A. 3/4" en cimentación vaciado con carretilla y botes, incluye: colado, tendido, vibrado, curado, acarreo dentro de la obra, limpieza.	m³	9.26	\$ 1,827.87	UN MIL OCHOCIENTOS VEINTISIETE PESOS 87/100 M.N.	\$ 16,926.08	% 1.93
ZAP-013	Relleno con material producto de excavación zanja compactado con pisón de metal donde el área lo permita, con humedad óptima para garantizar una compactación adecuada.	m³	24.00	\$ 154.26	CIENTO CINCUENTA Y CUATRO PESOS 26/100 M.N.	\$ 3,702.24	% 0.42
Total de						\$ 61,347.17	
#ESTRUCTURA							
EST-017	Suministro, fabricación y montaje de armaduras a base de tubo negro de 1a. Cedula 20, 30 y/o 40 cualquier diámetro, incluye, cortes, rolado de tuberías, soldadura, primer anticorrosivo, acarreo dentro de la obra, elevaciones, alturas de	kg.	2,489.75	\$ 17.45	DIEZ Y SIETE PESOS 45/100 M.N.	\$ 43,446.14	% 4.96

EST-018	acuerdo a proyecto, limpieza gruesa. Suministro y colocación de cubierta de lona oplex blackout calibre 700, incluye: cortes, traslapes, material de fijación, acarreos, dentro de la obra, elevaciones, alturas de acuerdo a proyecto, limpieza gruesa.	m²	896.00	\$ 597.44	QUINIENTOS NOVENTA Y SIETE PESOS 44/100 M.N.	\$ 535,306.24	% 61.06
EST-016	Suministro y aplicación de pintura de esmalte calidad Comex sobre estructura metálica, (perfiles tubulares, tubos, barandales, etc.), incluye: Manos de pintura suficientes para cubrir satisfactoriamente la superficie, protección de áreas adyacentes, acarreos, limpieza.	kg.	4,042.14	\$ 49.40	CUARENTA Y NUEVE PESOS 40/100 M.N.	\$ 199,681.72	% 22.78
EST-019	Cableado lateral como contra venteo a base de cable de 3/8" anclado a laterales de velaria, incluye: materiales, cortes, amarres, arandelas, elevaciones, tensado, pijas, pernos a tuerca de seguridad, pruebas de tensión, equipo de seguridad y señalamientos, limpieza general.	jgo.	4.00	\$ 548.78	QUINIENTOS CUARENTA Y OCHO PESOS 78/100 M.N.	\$ 2,195.12	% 0.25
Total de #LIMPIEZA Y ACARREO						\$ 780,629.22	
TER-001	Limpieza gruesa al final de obra para entregar, incluye: materiales, mano de obra, equipo y herramienta.	m3	36.00	\$ 646.84	SEISCIENTOS CUARENTA Y SEIS PESOS 84/100 M.N.	\$ 23,286.24	% 2.66
TER-002	Acarreo de escombros producto de demoliciones y/o excavaciones en camión de volteo fuera de obra a una distancia de 10km, incluye: carga a mano, equipo y herramienta.	m³	36.27	\$ 10.99	DIEZ PESOS 99/100 M.N.	\$ 398.61	% 0.05
Total de						\$ 23,684.85	
Total de						\$ 876,661.61	
TOTAL						\$ 876,661.61	

Referencias bibliográficas

- ASCE. (2002). Artículo conmemorativo 150 aniversario. *American Society of Civil Engineers (ASCE)*.
- Contreras, R. D. (2002). *Evaluación de proyectos* (Tercera ed.). Ciudad de México: Costa-amíc editores, S.A.
- Durán, J. I. (2011). Los detalles constructivos de las Tenso Estructuras. Barcelona, España.: Escuela de Arquitectura de Barcelona.
- INEGI. (24 de septiembre de 2017). *Instituto Nacional de Estadística y Geografía*. Recuperado el 20 de 11 de 2017, de <http://www.inegi.org.mx/>
- LOPSRM. (2010). *Reglamento de la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las mismas*. Ciudad de México: Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión.
- Merkel, A. (20 de 1 de 2014). *Datos climáticos mundiales*. Recuperado el 20 de 10 de 2017, de <https://es.climate-data.org>
- Moore, F. (1999). Comprensión de las estructuras en arquitectura. En F. H. carrasco. (Ed.), *Comprensión de las estructuras en arquitectura*. (pág. 286). México: Mc Graw Hill.
- Myer. (10 de septiembre de 2017). *City of Melbourne*. Recuperado el 20 de 11 de 2017, de <https://whatson.melbourne.vic.gov.au/Placestogo/TheatreVenues/AllTheatreVenues/Pages/4470.aspx>
- Prezoa, I. (15 de mayo de 2014). *Los mejores aeropuertos del mundo*. Recuperado el 25 de Septiembre de 2018, de <https://chileanjourna.wordpress.com/2014/07/30/los-mejores-aeropuertos-del-mundo/>
- Retana, T. (25 de junio de 2015). *slideplayer.es*. Recuperado el 20 de 11 de 2017, de <http://slideplayer.es/slide/3274311/>
- Revolvy. (24 de febrero de 2014). *Revolvy*. Recuperado el 25 de 11 de 2017, de <https://www.revolvy.com/main/index.php?s=Tensile%20structure>
- Urbina, G. B. (2007). *Fundamentos de Ingeniería Económica* (Cuarta ed.). México, D.F.: McGraw-Hill.
- Wikimedia. (09 de septiembre de 2017). *Fundación Wikimedia, Inc*. Recuperado el 20 de 11 de 2017, de https://es.wikipedia.org/wiki/Estadio_Ol%C3%ADmpico_de_M%C3%A9xico