



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

“Propuesta alternativa de Cubierta Autoportante, en la optimización de Costo-Tiempo, para la construcción de almacenes, Lima-Perú 2018”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**Ingeniero Civil**

**AUTOR:**

Laos Espinoza Roberto Carlos

**ASESOR:**

Mg. Ing. Enrique Eduardo Huaroto Casquillas

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Administración y seguridad de la construcción

**LIMA - PERÚ**

**2018**

El **Jurado** encargado de evaluar la tesis presentada por don (ña)

LAOS ESPINOZA ROBERTO CARLOS

cuyo título es:

“PROPUESTA ALTERNATIVA DE CUBIERTA AUTOPORTANTE, EN LA OPTIMIZACIÓN DE COSTO-TIEMPO, PARA LA CONSTRUCCIÓN DE ALMACENES, LIMA - PERÚ 2018 “

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el estudiante, otorgándole el calificativo de:

..... 14 ..... (número) ..... CATORCE ..... (letras).

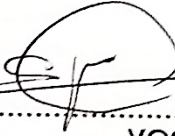
Lugar y fecha... Lima 5-12-2018 .....

.....  
  
 PRESIDENTE

Ing. Santos Ricardo Padilla Pichen

.....  
  
 SECRETARIO

Ing. Margarita Boza Olaechea

.....  
  
 VOCAL

Ing. Enrique Eduardo Huaroto Casquillas

**NOTA:** En el caso de que haya nuevas observaciones en el informe, el estudiante debe levantar las observaciones para dar el pase a Resolución.

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------

## **Dedicatoria**

A mis padres por su apoyo incondicional, a mis hermanos que siempre me dieron el apoyo necesario.

A la memoria de mis abuelos, y a todos mis familiares y amigos.

### **Agradecimiento**

A mi asesor de tesis Ing. Enrique Eduardo Huaroto Casquillas, por su experiencia científica para la formulación de la Tesis.

A mis padres Carmen Espinoza y Eladio Laos por demostrarme su brillante ejemplo de trabajo, perseverancia y superación, así mismo también a mis hermanos que, por su ayuda moral y económica, con la cual he logrado cumplir satisfactoriamente uno de mis objetivos.

A todos ellos, infinitas gracias.

El autor

## Declaración de autenticidad

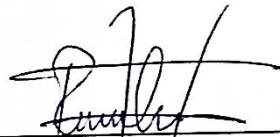
Yo, Roberto Carlos Laos Espinoza, estudiante de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo, identificado con DNI 43150838, con tesis titulada Propuesta alternativa de Cubierta Autoportante, en la optimización de Costo-Tiempo, para la construcción de almacenes, Lima-Perú 2018.

Declaro bajo juramento que:

- 1) La tesis es de mi autoría.
- 2) Se ha respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas. Por lo tanto, la tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente.
- 3) La tesina no ha sido auto plagiada; es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
- 4) Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseadas, ni duplicados, ni copiados y por lo tanto los resultados que se presentan en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.

De identificarse la falta de fraude (datos falsos), plagio (información sin citar autores), autoplagio (presentar como nuevo algún trabajo de investigación propio que ya ha sido publicado), piratería (uso ilegal de información ajena) o falsificación (representar falsamente las ideas de otros), asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad César Vallejo.

Los Olivos, 05 de diciembre de 2018.



---

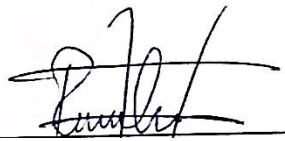
Roberto Carlos Laos Espinoza

DNI 43150838

## **Presentación**

Señores miembros del Jurado, se presenta ante ustedes la Tesis titulada: “Propuesta alternativa de Cubierta Autoportante, en la optimización de Costo-Tiempo, para la construcción de almacenes, Lima-Perú 2018”, con la finalidad de determinar la relación entre la optimización de Costo-Tiempo y las Coberturas Autoportantes, en cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo para obtener el título profesional de Ingeniero Civil. Los resultados que se han obtenido durante el proceso de investigación representan, a parte de un modesto esfuerzo, evidencias donde se han verificado que la Cobertura Autoportante tiene un nivel de correlación positiva con la optimización de Costo-Tiempo en la edificación de almacenes.

Esperando cumplir con los requisitos de aprobación.



---

Roberto Carlos Laos Espinoza

DNI 43150838

# Índice

## CARÁTULA

## PÁGINAS PRELIMINARES

Página del Jurado.....	ii
Dedicatoria.....	iii
Agradecimiento.....	iv
Declaratoria de autenticidad.....	v
Presentación.....	vi
Índice.....	vii
<b>RESUMEN.....</b>	<b>xiii</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>xiv</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>15</b>
1.1. Realidad problemática.....	16
1.2. Trabajos previos.....	18
1.2.1 En el ámbito internacional.....	18
1.2.2 En el ámbito nacional.....	22
1.3. Teorías relacionadas al tema.....	26
1.3.1 Cubiertas metálicas de almacenaje.....	26
1.3.1.1 Aspectos Funcionales.....	26
1.3.2 Tipos de cubiertas de almacenaje.....	27
1.3.2.1 Cubierta de Almacenaje Convencional.....	28
A. Partes de una cubierta de almacenaje convencional.....	28
B. Costo.....	31
C. Tiempo de ejecución.....	32
D. Acabado final y mantenimiento.....	33
1.3.2.2 Cobertura Autoportante.....	33
A. Tipos de Cobertura Autoportante.....	34
B. Características principales de las Coberturas Autoportantes.....	35
C. Ventajas de las Coberturas Autoportantes.....	35
D. Tiempo de ejecución de las Coberturas Autoportantes.....	35
E. Costo de las Coberturas Autoportante.....	36
F. Notas técnicas y recomendaciones en las Coberturas Autoportantes.....	37

G. Materiales usados en Coberturas Autoportantes.....	38
1.4. Formulación del problema.....	38
1.4.1. Problema general.....	38
1.4.2. Problemas específicos.....	38
1.5. Justificación de la investigación.....	39
1.6. Hipótesis de investigación.....	40
1.7. Objetivos de la investigación.....	40
1.7.1. Objetivo general.....	40
1.7.2. Objetivos específicos.....	40
<b>II. METODOLOGÍA.....</b>	<b>41</b>
2.1. Tipo de investigación.....	42
2.2. Nivel de investigación.....	42
2.3. Diseño de Investigación.....	43
2.4. Operacionalización de Variables.....	44
2.5. Población y muestra.....	45
2.5.1. Población.....	45
2.5.2. Muestra.....	45
2.6. Técnicas e instrumento de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	45
2.6.1. Técnicas.....	46
2.6.2. Instrumentos.....	47
2.6.3. Validez.....	48
2.6.4. Confiabilidad.....	48
2.7. Métodos de análisis de datos.....	48
2.8. Aspectos éticos.....	49
<b>III. RESULTADOS.....</b>	<b>50</b>
3.1. Del Proyecto.....	51
3.1.1. Memoria Descriptiva.....	51
3.1.2. Plano de Ubicación.....	56
3.2. Formatos de recolección de datos.....	56
3.3. Certificaciones de ensayos de calidad de materiales.....	60
3.3.1. Certificación de las características eficaces de los perfiles.....	60
3.3.2. Certificado de carga máxima admisible.....	60



3.3.3. Resultado de Ensayos.....	63
3.3.3.1. Características del perfil para grandes luces.....	66
3.4. Optimización de Tiempo.....	66
3.4.1. Cronograma de obra de cobertura convencional.....	66
3.4.1.1. Mano de obra y rendimiento.....	68
3.4.2. Cronograma de obra de Cobertura Autoportante.....	69
3.4.2.1. Proceso constructivo de la Cobertura Autoportante.....	72
3.4.3. LAST PLANNER.....	77
3.4.4. Comparativa de tiempos de ejecución.....	79
3.5. Optimización de Costos.....	80
3.5.1. Presupuesto de cobertura convencional.....	80
3.5.2. Presupuesto de Cobertura Autoportante.....	83
3.5.3. Análisis de Precios Unitarios (APU).....	84
3.5.4. Comparativa de presupuestos.....	86
3.6. Normativa de las Coberturas Autoportantes.....	87
3.6.1. Reglamento Nacional de Edificaciones – RNE 2006.....	87
3.6.2. AISC Especificación para edificaciones de estructuras metálicas....	88
3.6.3. AISI Especificación para el Diseño de Estructuras metálicas conformadas en frío.....	88
3.6.4. Elementos de acero nacional.....	88
<b>IV. DISCUSIÓN.....</b>	<b>90</b>
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>94</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>96</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>98</b>
<b>VIII. ANEXOS.....</b>	<b>102</b>
Anexo 01. Matriz de consistencia.....	103
Anexo 02. Tabla de censo de empresas manufactureras.....	104
Anexo 03. Plano de Ubicación.....	105
Anexo 04. Formato de recolección de datos de proveedores de materiales.....	106
Anexo 05. Formato de recolección de datos de campo del proyecto.....	107
Anexo 06. Formato de recolección de datos de personal técnico.....	108
Anexo 07. Hoja de registro de los defectos de fabricación del perfil.....	109
Anexo 08. Certificado de calidad de los pernos.....	110

Anexo 09. Formato de control de montaje de cobertura.....	111
Anexo 10. Autorización dela versión Final.....	113
Anexo 11. Acta de aprobación de originalidad de tesis.....	114
Anexo 12. Autorización de publicación de tesis en repositorio.....	115
Anexo 13. Pantallazo de Turnitin.....	116

## Índice de figuras

Figura 1. Viguetas con perfil “Z” que conforman el entramado donde se colocará la cobertura.....	28
Figura 2. Vigas tijerales principales.....	29
Figura 3. Columnas metálicas reticuladas.....	29
Figura 4. Columnas de cierre de perfiles tipo “C”.....	30
Figura 5. Planchas de anclaje.....	30
Figura 6. Cobertura Calaminon TR-4 blanco.....	31
Figura 7. Plano de Ubicación del proyecto.....	56
Figura 8. Ensayo de características eficaces de los perfiles carga distribuida uniformemente.....	60
Figura 9. Colapso del arco para determinar su carga máxima admisible.....	61
Figura 10. Carga asimétrica distribuida sobre la mitad del perfil.....	61
Figura 11. Carga asimétrica distribuida sobre la totalidad del perfil.....	62
Figura 12. Tirantes metálicos contrarrestando las reacciones horizontales.....	62
Figura 13. Tirantes metálicos contrarrestando las reacciones del viento.....	63
Figura 14. Certificado de Perfil INCO 70.4.....	64
Figura 15. Certificado de Perfil INCO 70.4.....	65
Figura 16. Características del perfil que cubre hasta 35m.....	66
Figura 17. Vigas Tijerales Tipo Arco T-1 vista lateral.....	69
Figura 18. Vigas Tijerales Tipo Arco T-1 vista frontal.....	69
Figura 19. Cobertura Autoportante, sin presencia de vigas.....	70
Figura 20. Perfil de plancha galvanizada pintada.....	73
Figura 21. Fabricación del perfil de la cobertura autoportante.....	74
Figura 22. Sellado e izamiento de los perfiles de cobertura autoportante.....	75
Figura 23. Izaje de los perfiles de cobertura autoportante.....	75
Figura 24. Charla con el personal trabajador.....	80
Figura 25. Toma de testigos de la cimentación del proyecto.....	80
Figura 26. Toma de niveles para fondo de cimentación.....	82
Figura 27. Toma de niveles para fondo de cimentación.....	82
Figura 28. Excavación con maquinaria para cimentación.....	82

## Índice de tablas

Tabla 1. Presupuesto total de cobertura convencional.....	32
Tabla 2. Planilla de metrados de cobertura autoportante .....	37
Tabla 3. Formato de recolección de distribuidores de insumos y materiales .....	57
Tabla 4. Formato de recolección de datos de campo del proyecto.....	58
Tabla 5. Formato de recolección de personal técnico y profesional .....	59
Tabla 6. Cronograma de Obra Cobertura Convencional.....	67
Tabla 7. Cronograma de Obra Cobertura Autoportante.....	71
Tabla 8. Diagrama de Red del cronograma de cobertura autoportante.....	71
Tabla 9. Formato de registro de defectos de los elementos a fabricar.....	72
Tabla 10. Formato de calidad e el montaje de perfiles.....	76
Tabla 11. LOOK AHEAD de tres semanas.....	78
Tabla 12. Comparativa de tiempos de ejecución.....	79
Tabla 13. Presupuesto Cobertura Convencional.....	81
Tabla 14. Presupuesto Cobertura Autoportante.....	83
Tabla 15. APU de cobertura convencional.....	84
Tabla 16. APU de cobertura autoportante.....	85
Tabla 17. Comparativa de ambos sistemas constructivos .....	86
Tabla 18. Comparativa en montos totales de ambos sistemas constructivos....	87

## Resumen

El estudio se aborda con el enfoque de Abad (2016) define que la cubierta autoportante es una solución constructiva en la que no existe estructura portante de por medio, lo cual reduce el peso de la estructura de manera sustancial, generando un mejor comportamiento del perfil de plancha metálica ante las cargas propias y las cargas externas como nieve, lluvia y viento y la variable 2 se basa en el enfoque de Muñoz (2017) quien sostiene que una correcta presentación de una programación de obra, permite reducir los tiempos muertos, y detallar cada actividad para poder monitorizar de manera adecuada cada paso, esto también con la intención de discriminar actividades secundarias que no influyen en el proceso productivo, o que influyan en la ruta crítica. El objetivo de esta investigación es determinar si el uso de la Cobertura Autoportante reduce o mejora de manera significativa los tiempos de ejecución y el costo general del proyecto, los principales resultados fueron que existe una optimización del Costo-Tiempo en un porcentaje aproximado de 30% con el uso de las Coberturas Autoportantes, ya que obvia el uso de los perfiles estructurales para la fabricación de las vigas, viguetas y otros elementos de las estructuras portantes, los cuales consumen tiempo de armado, soldado y pintado, actividades que la cobertura autoportante no contiene en su proceso constructivo por el hecho de prescindir de estructura portante.

Palabras claves: Cobertura Autoportante, Optimización de Costo-Tiempo.

## **Abstract**

The study deals with the approach of Abad (2016) argue that the self-supporting roof is a constructive solution in which there is no supporting structure, which reduces the weight of the structure substantially, generating a better behavior of the profile of metallic plate against the own charges and external charges such snow, rain and wind, and for the variable 2 is based in the approach of Muñoz (2017) who argue that a correct presentation of a work schedule, allows to reduce downtime, and detail each activity to be able to monitor each step appropriately, this also with the intention of discriminating secondary activities that do not influence the productive process, or that influence the critical route. The objective of this research is to determine if the use of the Self-supporting Covers reduces or significantly improves the execution times and the general cost of the project, the main results were that there is an Cost-Time optimization in an approximate percentage of 30% with the use of the Self-supporting Covers, since it obviates the use of the structural profiles for the manufacture of the beams, joists and other elements of the load-bearing structures, which consume manufacture, welded and painted, activities that the self-supporting cover does not contain in its construction process due to the fact that it does not have a load-bearing structures.

**Keywords:** Self-supporting Cover, Optimization of Cost-Time

## I. INTRODUCCIÓN

## 1.1. Realidad problemática

Actualmente existe un incremento en la demanda de lotes destinados para almacenaje o salas de producción de industrias de todo rubro, esto trae como consecuencia la inversión en construcción de almacenes o naves industriales de manera convencional. Es decir, usando los materiales y estructuras compuestas por vigas tijerales, o vigas metálicas de alma llena, trayendo como consecuencia el aumento en el coste y tiempo de ejecución de esta, lo que conlleva a la pérdida de producción y ganancia de las industrias.

Gutarra menciona la demanda de almacenes y la reinversión de la industria en general

La construcción de almacenes de estructura metálica en relación con el nivel de actividad industrial y logístico de las empresas se ha incrementado durante los últimos meses, las industrias en general están retomando sus inversiones en capacidad instalada; muestra de ello es que este año se espera a nivel nacional, tanto las empresas industriales como los principales operadores logísticos, construyan alrededor de 250 almacenes, muchas de las cuales se ubicarán en el interior del Perú [...] (2016, p. 13).

De esta manera, se incrementa la demanda de almacenes con menor plazo de ejecución y costo, que permita utilizar terrenos propios. Por otra parte, tenemos los retrasos en tiempos de ejecución de las naves industriales convencionales, que debido a la magnitud de la edificación y de los elementos que lo conforman hace que el trabajo realizado este cargado de inconvenientes y retrasos que involucra un incremento en costos para las empresas y retrasos en la producción.

Salazar en su libro menciona el balance de técnica - tiempo – costo

[...] Respecto a la Técnica, podemos decir que actualmente no existe obra imaginada por el hombre que no sea posible de realizar, ya que, tanto la propia tecnología, como el desarrollo de procesos constructivos, han alcanzado horizontes no imaginados. En relación al Tiempo, también podemos afirmar que las nuevas disciplinas de programación proporcionan al hombre moderno la posibilidad de realizar cualquier obra en condiciones de tiempo que anteriormente se podrían considerar imposibles. Pero en referencia al Costo (recursos), [...], tiene también un valor sustancial hasta cierto punto inconvencional; es decir, creemos que los dos factores anteriores están, en cierta forma, supeditados al tercero. [...], y en última instancia podemos decir que si el elemento Costo de una obra cualquiera, está dentro de los rangos lógicos acostumbrados para ese momento o época histórica, es posible



realizar la misma reduciendo los tiempos de ejecución y aun supliendo en muchos casos las carencias de técnica. [...] (1969, p. 22).

Como menciona Salazar, el balance de técnica – tiempo – costo, viene a ser una combinación que se relacionan entre sí, para esto el desarrollo de nuevas técnicas o tecnologías ayudan a mejorar ese balance, por lo tanto, las coberturas Autoportantes son la alternativa ideal, ya que minimiza tiempo y costos en su proceso constructivo, así como otras ventajas que ofrece su funcionalidad

Abad menciona una descripción de una cobertura autoportante.

Una cubierta curvada autoportante es una solución constructiva en la que no existe estructura portante. Es la propia chapa metálica curvada la que soporta las cargas y las transmite a los apoyos sin necesidad de estructura intermedia. La chapa Metálica curvada es un perfil metálico grecado o nervado que es curvado mediante embuticiones o rodillos. Dicha chapa curvada se fija a las vigas de apoyo mediante tornillos (2016, p. 5).

Las cubiertas autoportantes son una tecnología desarrollada con la finalidad de optimizar los costos y tiempos, los cuales debido a sus características prescinde de estructuras metálicas portantes, los cuales encarecen los costos y el tiempo de armado, así como también el mantenimiento de las mismas, es por esta razón que las cubiertas autoportantes tienden a ser una alternativa económica y confiable.

Las cubiertas autoportantes están reglamentadas por UBC / BOCA / ANSI / CFE. Por lo que no existe ningún riesgo de colapso o falla en su composición, estas al ser elementos tipo membrana distribuyen de manera uniforme las tensiones que reciben, ya sean estas de origen térmico o climático. Estas tensiones son distribuidas sobre las paredes de manera uniforme, las cuales contribuyen al reparto lineal de cargas hacia la cimentación. Sin embargo, en las cubiertas tradicionales generalmente solo colaboran las zapatas, de manera alternada y puntualmente, generando de esta manera tensiones en el cerramiento, las cuales en ocasiones son transmitidas al pavimento ocasionando grietas.

Debido a su característica de forma y buen acabado mejora la escorrentía de las aguas pluviales, al deslizamiento de capas de nieve, (Avila, 2006) y ofrece una menor resistencia a la carga del viento, minimizando de esta manera los momentos en los apoyos de la estructura. Al carecer de juntas longitudinales se reduce el número de uniones transversales,

así como de elementos mecánicos de fijación, Tradicionalmente los pernos y juntas de goma que llegan a ser puntos de entrada de agua.

Youssef, Choulli (2003), menciona lo siguiente “[...] La carencia de vigas principales, hace que su proceso constructivo sea mucho más rápido reduciendo en un 50% el tiempo de armado y se reduce su coste de mantenimiento periódico al carecer de perfiles de soporte susceptibles a la corrosión [...]” (p.13).

Es de esta manera, que la presente investigación brindará una alternativa en la construcción de naves de almacenaje para la industria en general, para lograr una reducción en costos y tiempos, logrando así optimizar la producción y la inversión de las empresas industriales que requieren de alternativas cada vez más funcionales, óptimas y que reduzcan los costos de su mantenimiento.

## **1.2. Trabajos previos**

Con la finalidad de reunir información sobre las variables de investigación, se ha revisado trabajos realizados por otros investigadores, dentro de los cuales se destacan:

### **1.2.1. En el ámbito internacional**

Abad Fuentes, Carmen Vanessa (2016) en su tesis Diseño de un sistema constructivo de cubierta curvada autoportante de chapa de acero conformada en frío, tesis para optar el Grado de Magíster en la Universidad Politécnica de Catalunya – España, tiene como objetivos realizar un estudio de un sistema constructivo de una cubierta curvada autoportante de chapa de acero conformada en frío, definiendo el procedimiento de diseño y la realización de las tablas de capacidades de cargas actuantes.

El estudio manifiesta de manera explicativa, la naturaleza de las estructuras autoportantes, así como sus diversos elementos que lo conforman, detallando los materiales, los tipos de cubiertas y el accionar de los elementos externos que producen reacciones en la estructura. Establece estos estudios mediante un software de cálculo Macro ANSYS, con las que ha realizado simulaciones de las cubiertas, determinando el comportamiento de este ante las cargas transmitidas por su propio peso y por las fuerzas externas como cargas de viento, lluvia y nieve, con esto determinó el diseño del perfil que compondrá la cobertura, considerando el peralte, las dimensiones y la forma del perfil.

En sus conclusiones manifiesta:

- La utilización de cables metálicos es un tema donde se tiene que profundizar, para ello se eligió el tipo de cable más idóneo, el cual sirve como tirante en la cubierta, contribuyendo a la resistencia de presión ejercida sobre los arcos. Este sirve para contener cargas de viento.
- En cuanto a la hipótesis de carga se realizó estudios para el tipo de cubierta considerando diferentes situaciones y permutaciones en caso de que actúen fuerzas de viento lateral, y combinaciones de viento y nieve. Como conclusión al estudio de viento se determinó reducir las combinaciones más desfavorables de cada tipo de edificación, y reemplazarlas por hipótesis combinadas.
- Se afinaron y modificaron los procedimientos de cálculo de las Macros ANSYS, con las que se pudo realizar diferentes pruebas y simulaciones de las cubiertas, ajustándolas de manera adecuada para cada una de las hipótesis combinadas.
- Se han generado metodologías pautadas para la generación de tablas de capacidades de carga, generándolas para los casos estudiados. En la obtención de resultados mediante las simulaciones ANSYS, se determinaron cambios bruscos de comportamientos no obteniéndose resultados, esto debido a que la metodología aplicada no converge en ellos. Este caso mínimo era para cubiertas de gran longitud y baja flecha, las cuales no se consideraron en las tablas de carga. Por lo tanto, se observa que, en todas las tablas generadas, se muestra que, a mayor longitud de arco, y menor su flecha, el comportamiento de la cubierta es menos funcional.

Bonilla, Cristian y Rueda, Cristian (2006), en su tesis Optimización de los procesos en la construcción de estructuras metálicas de edificios, tesis para optar por el Grado de Ingeniero Mecánico, en la Escuela Politécnica Nacional – Ecuador, tiene como objetivo determinar un procedimiento documentado para las operaciones que se realizan en las diferentes etapas de construcción de las estructuras metálicas, con la finalidad de minimizar el costo-tiempo total, estableciendo también la importancia del cumplimiento de normas y códigos específicos.

En sus conclusiones manifiesta:

- La construcción de estructuras metálicas es un proceso desarrollado en base al avance y desarrollo del tratamiento y descubrimiento del acero, es por esta razón que todos los procesos involucrados deben ser evaluados, analizados y optimizados, con el fin de lograr una mayor provecho y ventaja que este sistema constructivo involucra.
- La posibilidad de edificar grandes edificaciones sin el uso del concreto, y todas las desventajas que este involucra, hace posible disminuir el tiempo de construcción, sin obviar el adecuado análisis de capacidad de equipos y personal, logrando una rentabilidad en costos durante la elaboración del proyecto.
- En la actualidad el diseño estructural no presenta un problema, ya que existen gran número de softwares que optimizan el tiempo de análisis y diseño, con estos se tiene la posibilidad de realizar cambios instantáneos y resultados más confiables, ya que es posible modificar valores, para verificar las condiciones de las edificaciones en caso se produzca alguna falla.

González, Francisco (2015), en su tesis Metodología eficiente para optimización de pórticos industriales en viga armada según EC-3, tesis para optar el título de Doctor en Ingeniería Civil, Oviedo – España, tiene como objetivos emplear algoritmos heurísticos, para obtener el mínimo coste en el diseño de elementos estructurales.

En sus conclusiones manifiesta:

- Los algoritmos heurísticos son capaces de obtener soluciones óptimas y construibles con entrada de datos mínimas (luz, altura y separación entre pórticos, tipo de puente grúa y ubicación), permitiendo ser utilizado por un técnico no especializado en el diseño de estructuras de viga armada.
- El entorno gráfico implementado permite que la entrada de datos se realice me poco tiempo, mientras que la optimización de tiempo puede variar entre uno u dos minutos dependiendo de la complejidad de la estructura, de esta manera un técnico no especializado puede obtener un pórtico en viga armada, optimizando costos.

- Las naves articuladas en la cimentación exigen importantes secciones de acero para controlar los desplazamientos horizontales, es por esto que se recomienda el uso solamente en naves de alturas bajas (menos de 8m) en zonas de viento no excesivo.

Montoya, Denise (2016), en su tesis Optimización de estructuras de naves industriales empleando tecnología BIM, tesis para optar el Grado de Maestría en ingeniería civil opción estructuras en la Universidad Autónoma de Aguascalientes – México, tiene como objetivo determinar la optimización del diseño, análisis y elaboración de proyectos de cubiertas metálicas, mediante la tecnología BIM.

En sus conclusiones manifiesta:

- Se pudo observar la existencia de diversas aplicaciones de los softwares de ingeniería, que permiten el intercambio de información de manera eficiente, logrando minimizar el tiempo de desarrollo del proyecto en un 50% al hacerlo de manera convencional, ya que unifica las tareas que intervienen, generando información de manera globalizada y de forma automática.
- El fácil manejo del programa Robot, permitió la disminución de volumen de acero en un 4.79%, pues permite modificar la estructura y optimizarla con el fin de reducir costos.
- A pesar de la buena combinación de softwares, es recomendable revisar los diseños en el programa Robot, antes de realizar el análisis correspondiente, ya que puede presentar algunos errores, como inestabilidad en los nodos, omitir las propiedades de los elementos, entre otros.
- Finalmente se determinó que la implementación de tecnología BIM al diseño y análisis de estructuras metálicas para naves industriales, ayuda en minimizar los tiempos en un 50%, así como minimizar los errores y tiempos.

Rodríguez, Enrique (2015), en su tesis Análisis y optimización de la estructura del “Gimnasio Maravillas” de Alejandro de la Sota, tesis para optar por el Grado en fundamentos de la Arquitectura, en la Universidad de Valladolid – España, tiene como objetivo estudiar los diferentes sistemas estructurales que han predominado con el pasar de los años, han ido

desapareciendo y evolucionando o haciéndose más importantes, debidos a las nuevas técnicas y materiales.

En sus conclusiones manifiesta:

- Mediante la investigación se ha podido determinar las alternativas de cubiertas de grandes luces y su evolución en cuanto a su estado de arte, a través de los sistemas adintelados y de las estructuras trianguladas, hasta llegar a soluciones híbridas actuales en acero, madera y concreto armado, las cuales han diversificado las posibilidades, a la vez se pudo investigar las diversas técnicas y materiales que surgieron y provocaron su desarrollo.
- Con este estudio se obtuvo una clasificación según la geometría de todos los métodos estructurales contemporáneos que se usan comúnmente para cubrir espacios de grandes luces, ya sean arcos, vigas de alma llena, cerchas, estructuras en celosía, estructuras superficiales y membranas. Aparte de la clasificación también se determinó la diferencia entre cada uno de ellos, generalmente mediante el tipo de material.
- La conclusión final de este trabajo es confirmar a través del análisis de la estructura del Gimnasio Maravilla, que la solución adoptada por don Alejandro De la Sota es la más adecuada. Esto posible a través del cálculo manual e informático con el programa Cype.

### **1.2.2. En el ámbito nacional**

Díaz, Karlo (2014), en su Tesis Evaluación y optimización en el diseño de estructuras metálicas aplicado a cubiertas según las especificaciones AISC – 2010 por el método LRFD, Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, en la Universidad Nacional de Cajamarca, tiene como objetivo evaluar el comportamiento óptimo estructural de los principales sistemas típicos de techos metálicos, conformados por elementos espaciales de alma abierta.

En sus conclusiones manifiesta:

- El sistema conformado por elementos estructurales de alma abierta resulta ser una alternativa óptima frente a sistemas tubulares y de alma llena, ya que poseen mejor comportamiento estructural y menor costo de construcción.

- La fase de diseño es la etapa más importante para la distribución y elección de perfiles estructurales para cada sistema, permitiendo de esta manera identificar los tipos de configuración óptima para cada sistema.
- Se realizó análisis de cargas actuantes, para los tres tipos de sistemas provocando acciones similares a las cargas vivas, muertas, de viento, y de lluvia para obtener una evaluación consistente y obtener resultados comparables de mayor confianza.
- Le análisis estructural se llevó a cabo con el software de ingeniería SAP2000, con combinaciones de cargas establecidas en el Reglamento Nacional de Edificaciones, y las envolventes necesarias para el diseño, como resultado de estos análisis se encontraron rangos de cargas participativas estáticas-dinámicas de los tres tipos de sistemas.

Gutarra, Milagros (2016), en su Tesis Mejoramiento de almacenes autoportados con elementos de acero estructural nacionales, Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, en la Universidad Nacional del Centro del Perú – Huancayo, tiene como objetivo evaluar como el empleo de cubiertas autoportantes con elementos de acero estructural optimiza la construcción con respecto a una estructura convencional.

En sus conclusiones manifiesta:

- El empleo del Almacén Autoportante con estructuras metálicas optimiza la edificación con respecto al sistema tradicional en Lima, reemplazando las columnas con puntales que forman parte de los racks metálicos, reduciendo la esbeltez de los tijerales, correas y largueros, reduciendo el peso hasta en un 24.7%.
- El sistema autoportado tiene un mejor comportamiento con respecto al sistema tradicional, ya que los desplazamientos fueron de 0.03mm, a comparación de los 82.7 mm, resultando en un 99.9% menor, ambos desplazamientos se encuentran en el rango máximo admisible que fue de 90 mm. Con respecto al costo de las estructuras se tuvo un ahorro de S/. 160,838.16, asimismo el plazo de ejecución de un sistema autoportantes fue de 106 días, mientras que el de un sistema convencional fue de 141 días, teniendo un tiempo de ahorro de 35 días.

En sus recomendaciones manifiesta:

- A las empresas del rubro de logística e industriales de alimentos, se les recomienda el uso de los almacenes autoportantes, pues resultan más económicos y de un tiempo de ejecución menor con respecto a los convencionales, sin embargo, se requiere de un espacio disponible para el libre tránsito.

Hinostroza, Alexandra (2010), en su Tesis Evaluación de las fases de éxito en el proyecto “Construcción del almacén de productos terminados (I etapa) – Kimberly Clark – Perú”, Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, en la Universidad Nacional de Ingeniería – Lima, tiene como objetivo el conocimiento de gestión de proyectos en la ejecución de obras y el involucramiento de los profesionales con este tema.

En sus conclusiones manifiesta:

- La variación del alcance del proyecto fue continua durante su ejecución, el cual se debió esencialmente a la carencia de estudio, la escasa comunicación entre los interesados del proyecto, y no contar con una ingeniería de detalle adecuada.
- La duración del proyecto se incrementó en 47 días (30% más en tiempo), a causa de los cambios de nivel del terreno que involucró (tiempo de elección de subcontratista, proceso constructivo, rendimiento bajo por interferencia)
- La calidad de la obra estuvo afectada por el bajo control por parte de la supervisión ya que se contaba con solo un ingeniero de calidad por todas las especialidades, sin embargo, la rápida intervención de los ingenieros de campo pudo detectar fallas y corregirlas, esto logró mantener la confianza de los clientes sobre los trabajos realizados.

Después de la evaluación del proyecto se concluye que además de contar con una buena técnica del proyecto, mano de obra calificada y buenos materiales, también es un punto clave la administración o gestión de este, para llegar a una conclusión exitosa del proyecto.



Loyaga, German (2016, pp. 80), en su artículo Sistema de techos autosoportados: Arcotecho, sistema de losa aligerada: Vigacero, artículo escrito en la Revista de la cámara peruana de la Construcción CAPECO N° 323,

En su artículo manifiesta:

- El sistema de cobertura autosoportado es la manera ideal de cubrir grandes áreas, con la utilización de arcos que se fabrican y unen in situ, cubriendo hasta luces de 35 m sin la necesidad de apoyos intermedios, tiene un rendimiento bastante alto, ya que se logra un promedio de 1000 m<sup>2</sup> en una semana, y resulta útil para todo tipo de espacios públicos o cerrados.
- El sistema se adapta a la variedad de climas que tenemos en nuestro país, ya que, debido al proceso de sellado entre arcos que presenta evita las filtraciones de las aguas pluviales.

Este sistema es superior al sistema convencional compuesta con estructuras metálicas de perfilera, ya que, el sistema utilizado en esta cobertura autosoportada cuenta con recubrimiento galvanizado y una capa de pintura de alta calidad que asegura una vida útil más extensa. Para evitar posibles fallas este sistema pasa por un software especial de cálculo estructural que analiza todas las variables que inciden en cada proyecto, ubicación, geográfica, velocidad de viento, zona sísmica, carga de nieve y otras como las cargas de servicio.

Mendoza, Marwin (2017), en su tesis Análisis comparativo entre coberturas reticuladas convencionales y auto portantes, caso aplicativo, tesis para optar por el Título profesional de Ingeniero Civil, en la Universidad Nacional del Altiplano – Puno, tiene como objetivo evaluar y comparar el comportamiento estructural y costo de los sistemas convencionales y autoportante del Centro de Convenciones de la Universidad Nacional del Altiplano Puno.

En sus recomendaciones manifiesta:

- Se recomienda realizar un estudio sobre la repercusión del doblado en la fabricación de las planchas autoportantes, y sobre la resistencia mecánica del

arco, debido a que estos generan efectos residuales que no se tomaron en cuenta al momento del cálculo de su resistencia.

- Se debe abastecer de apoyos en los sistemas autoportantes para que tengan suficientes grados de libertad, de manera que queden simplemente apoyados y no generen esfuerzos por aplastamiento y corte en los apoyos, los cuales pueden ocasionar desgarros en la plancha.

### **1.3. Teorías relacionadas al tema**

A continuación, se mencionan algunos de los temas a resaltar y poder comprender el proyecto de investigación.

#### **1.3.1. Cubiertas metálicas de almacenaje**

PENA, Alfredo Arnedo menciona en su libro sobre naves industriales con acero

En los edificios con grandes separaciones entre pilares es siempre un aspecto decisivo el peso propio de la estructura, especialmente cuando la sobrecarga es reducida, que es lo que suele darse en las cubiertas. A partir de unos 20 metros de luz entran en competencia los sistemas de construcción prefabricada de hormigón y de acero, para valores de 30 metros en adelante la balanza se suele inclinar a favor de la construcción en acero [...]. (2009, p.12)

Así como menciona Pena, el desarrollo de cubiertas de almacén de estructuras metálicas fue para poder cubrir largas luces entre columnas, ya que, estas son necesarias en la industria en general para poder almacenar sus productos, o usarlas como cubiertas en sus procesos de producción.

“[...] Dentro de las estructuras metálicas desarrolladas ampliamente en nuestro medio están las naves industriales, que son instalaciones que cubren grandes claros con el fin de generar espacios sin existencia de apoyos intermedios [...]” Aguiar (2013, p. 2).

##### **1.3.1.1. Aspectos Funcionales**

“Es fundamental entender bien, desde el punto de vista funcional, la complejidad de una cubierta para, más adelante, comprobar que los distintos componentes constructivos cumplen la función requerida para que se realicen de forma eficaz rehabilitaciones” Juez (2013, p. 16).

## **Requisitos Funcionales**

### **Estabilidad**

La cobertura tiene que soportar su peso propio, así como las sobrecargas que actúan sobre la misma, transmitiendo estas a la armadura del edificio. Así mismo, tiene que hacer frente a las acciones térmicas y de dilatación que lo afectan de forma directa. De esta manera el sistema estructural de la cubierta se integra en la edificación de dos maneras:

- Si cuenta con estabilidad propia se apoya en la propia estructura de la edificación, tal es el caso de las cubiertas sencillas: un ejemplo de ello son los tejados de las casas apoyados sobre vigas de madera.
- Su estabilidad está supeditada al resto de la estructura, las cuales son estructuras pesadas conformadas por vigas tijerales, vigas de amarre, columnas, correas, etc.

### **Arriostramiento en el sistema estructural del edificio**

Se producen en las cubiertas de apoyo simple, inclinadas u apoyadas sobre armaduras metálicas o de madera.

### **Estanqueidad**

Debe cumplir la función de aislamiento y no permitir el paso de agua de lluvia, viento, nieve, polvo, etc.

### **Aislamiento**

Tiene la función de aislante térmico, acústico, hídrico, resistencia al fuego y soportar temperaturas de calor extremo provocadas por los rayos solares.

### **1.3.2. Tipos de cubiertas de almacenaje**

Entre los tipos de cubiertas metálicas estudiadas en esta investigación, nos enfocaremos en las cubiertas destinadas a las naves industriales, las cuales vienen a ser las cubiertas metálicas convencionales y como alternativa de solución a las cubiertas metálicas autoportantes, las diseñadas tipo arco la cual nos permitirá obtener una optimización de Costo-Tiempo.

### 1.3.2.1. Cubierta de Almacenaje Convencional

Un almacén o nave industrial está conformado por estructuras que han ido evolucionando con el paso del tiempo, ya que, con el incremento de la industria se requiere de más espacios de almacenaje y producción.

“El almacén o nave industrial es el lugar o espacio físico en que se depositan las materias primas, el producto semiterminado o el producto terminado [...]. En una nave industrial se necesitan grandes luces, a fin de lograr grandes espacios sin existencia de apoyos intermedios, de tal suerte que la nave industrial pueda operar sin obstáculos ni restricciones, [...]” Gutarra (2016, p. 46).

Para dar a conocer mejor una nave industrial convencional, comenzaremos por las partes que lo conforman.

#### A. Partes de una cubierta de almacenaje convencional

##### i. Viguetas:

Son perfiles que conforman el entramado sobre el cual se fija la cubierta, sus secciones pueden ser del tipo “Z” o “C”, estas vienen en presentaciones de acero galvanizado conformada en frío, o acero estructural de norma ASTM A36, su fijación al resto de las estructuras puede ser mediante soldadura o tornillos calibrados.



*Figura 1.* Viguetas con perfil “Z” que conforman el entramado donde se colocará la cobertura

##### ii. Vigas portantes o principales:

Pueden ser vigas tijerales o vigas de alma llena, cuya función son las de transmitir a los apoyos las cargas provenientes de la cobertura, su distribución es de tal manera que cubra todos los módulos de la estructura, sobre estas se colocan las

correas que soportan las cubiertas, la fijación de las vigas en las columnas de apoyo se realiza mediante soldadura o pernos normados.



*Figura 2. Vigas tijerales principales*

### **iii. Columnas metálicas**

Son estructuras cuya función es la de transmitir las cargas hacia la cimentación, provenientes de las vigas, correas y cubiertas. Para su dimensionamiento se considera esfuerzos adicionales tales como la actuación de las grúas de montaje, cargas de viento, entreplantas, etc.



*Figura 3. Columnas metálicas reticuladas*

### **iv. Columnas de cierre**

Su función principal es la de transmitir a los cimientos los esfuerzos producidos por la carga de viento. Su distribución se realiza a lo largo de las fachadas frontales y laterales intercalándose entre las columnas principales.



*Figura 4.* Columnas de cierre de perfiles tipo “C”

**v. Planchas de apoyo o anclajes**

Son las que reciben las cargas de las columnas principales y las transmiten a la cimentación o pilares de concreto, su diseño varía de acuerdo con los requerimientos estructurales y a los diseños planteados por el proyectista, su espesor varía de acuerdo con las cargas a la cual será sometida.



*Figura 5.* Planchas de anclaje

**vi. Cobertura**

Conformada generalmente por chapas de acero precalado o galvanizado, estas son adosadas a las correas mediante pernos autoperforantes, las cubiertas pueden variar de acuerdo con el tipo de necesidad del proyecto, estas pueden ser planas, inclinadas o curvadas.




*Figura 6. Cobertura Calaminon TR-4 blanco.*

## **B. Costo**

En el siguiente cuadro se muestra el presupuesto de las estructuras metálicas de las naves 02 y 03 del Proyecto Almacén de Bebidas: Agua de mesa (Cielo), Puente Piedra 2014.

**Tabla 1. Presupuesto total de cobertura convencional**

						
<b>SEÑORES : ECOAJE S.A.C.</b>						
<b>REF. : PRESUPUESTO ESTRUCTURA METALICA DE LAS NAVES 02 Y 03 - PUENTE PIEDRA - A TODO COSTO.</b>						
<b>FECHA : 30 de Junio del 2014.</b>						
<b>PRESUPUESTO Nº 014/14</b>						
<b>ÍTEM</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UND</b>	<b>CANT.</b>	<b>P/UNIT.</b>	<b>PARCIAL</b>	<b>SUB - TOTAL</b>
<b>1</b>	<b>PROYECTO TRABAJOS PRELIMINARES</b>					<b>S/. 20,000.00</b>
1.01	Servicio de Ingeniería de proyectos para detalle de fabricación y supervisión de obra.	Und.	1.00	10,000.00	10,000.00	
	Almacén, residente de obra, prevencionista de riesgo y servicios para trabajos	GLB	1.00	10,000.00	10,000.00	
<b>2</b>	<b>ESTRUCTURA DE TECHO NAVE 02</b>					<b>S/. 127,475.00</b>
2.01	Columna Metálica cuadrada de 6" x 6" x 1/4" con planchas y sus anclajes de bases según planos alcanzados, pintado con dos manos de sincro-mato y acabado con dos manos de esmalte	Und.	14.00	1,650.00	23,100.00	
2.02	Viguetas V-1 "Z" de soporte . 3mm. X 305mm. X 80mm. X 6.00ml.	Und.	450.00	68.00	30,600.00	
2.03	Vigas metálicas T-1 de 11.50 mts. x h=0.70 con ángulo de 2" x 2" x 1/8"	Und.	1.00	2,350.00	2,350.00	
2.04	Vigas metálicas T-2 de 11.50 mts. x h=1.05, con ángulos de 2" x 2" x 3/16"	Und.	2.00	2,800.00	5,600.00	
2.05	Vigas metálicas T-3 de 11.50 mts. x h=1.18, con ángulos de 2" x 2" x 3/16"	Und.	1.00	2,450.00	2,450.00	
2.06	Vigas metálicas T-4 de 11.50 mts. x h=1.45, con ángulos de 2" x 2" x 1/8"	Und.	2.00	2,650.00	5,300.00	
2.07	Viga metálica T-5 de 11.50 mts. x h=1.60, con ángulo de 1-3/4" x 1"-3/4" x 1/8"	Und.	1.00	3,100.00	3,100.00	
2.08	Vigas metálicas T-6 DE 10.90 mts. x h=0.80, con ángulo de 1-1/2" x 1-1/2" x 1/8"	Und.	2.00	2,650.00	5,300.00	
2.09	Vigas metálicas T-7 de 7.48 mts., con ángulo de 1-1/2" x 1-1/2" x 1/8"	Und.	8.00	1,650.00	13,200.00	
2.10	Vigas metálicas T-8 de 8.00 mts., con ángulo de 1-1/2" x 1-1/2" x 1/8"	Und.	2.00	1,800.00	3,600.00	
2.11	Templadores lineales de 5/8" (redondo)	ml.	220.00	25.00	5,500.00	
2.12	Arriostres de 3/8"	ml.	150.00	22.00	3,300.00	
2.13	Canaletas de plancha de galvanizado de 1/32"	ml.	51.00	50.00	2,550.00	
2.14	Cobertura Calaminon tipo TI e= 0.5mm según especificaciones	m2	615.00	35.00	21,525.00	
<b>3</b>	<b>ESTRUCTURA DE TECHO NAVE 03</b>					<b>S/. 135,801.00</b>
3.01	Columna Metálica cuadrada de 6" x 6" x 1/4" con planchas y sus anclajes de bases según planos alcanzados, pintado con dos manos de sincro-mato y acabado con dos manos de esmalte	Und.	16.00	1,650.00	26,400.00	
3.02	Viguetas V-1 "Z" de soporte . 3mm. X 305mm. X 80mm. X 6.00ml.	Und.	460.00	68.00	31,280.00	
3.03	Vigas metálicas T-11 de 7.23 mts. x h= 0.70, con ángulo de 2" x 2" x 1/8"	Und.	7.00	1,800.00	12,600.00	
3.04	Vigas metálicas T-12 de 7.23 mts. x h= 0.70, con ángulo de 2" x 2" x 1/8"	Und.	7.00	1,800.00	12,600.00	
3.05	Vigas metálicas T-10 de 11.50 mts., con ángulos de 2" x 2" x 3/16"	Und.	6.00	2,600.00	15,600.00	
3.06	Vigas metálicas T-9 de 11.50 mts., con ángulo de 2" x 2" x 1/8"	Und.	2.00	2,300.00	4,600.00	
3.07	Templadores lineales de 5/8" (redondo)	ml.	180.00	25.00	4,500.00	
3.08	Arriostres de 3/8"	ml.	168.00	22.00	3,696.00	
3.09	Canaletas de plancha de galvanizado de 1/32"	ml.	53.00	50.00	2,650.00	
3.10	Cobertura Calaminon tipo TR-4 e= 0.5mm según especificaciones	m2	625.00	35.00	21,875.00	
<b>4</b>	<b>ESTRUCTURA y CERRAMIENTO LATERAL DE NAVES 02 Y 03</b>					<b>S/. 46,332.00</b>
4.01	Cerramiento lateral Calaminon CU e= 0.4mm según especificaciones	m2	572.00	35.00	20,020.00	
4.01	Estructura metálica rectangular de 3/16" en CR-1 y CR-2 horizontales y verticales incluido las placas en el concreto, de acuerdo a las especificaciones de los planos entregados.	m2	572.00	46.00	26,312.00	
<b>5</b>	<b>OTROS EQUIPOS</b>					<b>S/. 23,000.00</b>
5.01	Suministro y pintado de las estructuras (limpieza mecánica y pintado base y acabado, conforme a las especificaciones alcanzadas en los planos)	GLB.	1.00	10,000.00	10,000.00	
5.02	armado de andamios normados para trabajos de altura	GLB.	1.00	8,000.00	8,000.00	
5.03	Transporte de estructura y cobertura	GLB.	1.00	5,000.00	5,000.00	
	<b>COSTO DIRECTO</b>					<b>S/. 352,608.00</b>
	GASTOS GENERALES 5%					S/. 17,630.40
	UTILIDAD 5%					S/. 17,630.40
	<b>SUB TOTAL</b>					<b>S/. 387,868.80</b>
	IGV 18%					S/. 69,816.38
	<b>COSTO TOTAL</b>					<b>S/. 457,685.18</b>

Fuente: M&F Arquitectos.

### C. Tiempo de ejecución

“El juicio de expertos, guiado por la información histórica, puede proporcionar información sobre el estimado de la duración o las duraciones máximas



recomendadas, procedentes de proyectos similares anteriores [...]” Hinostroza (2010 p. 83)

La duración del armado y montaje de las dos naves industriales tuvo una duración estimada de 4 meses, la cual tuvo varios retrasos, debido a los cambios y refuerzos que se presentaron en el proceso de construcción, todos estos cambios en la estructura se dieron por la poca confiabilidad que tenía el ingeniero estructurista al momento de diseñar las estructuras, y mandaba sobredimensionar los elementos estructurales.

En cuanto a la Nave 01 las estructuras estaban sobredimensionadas, ya que, para cubrir una luz entre columnas de 30 metros, las vigas y columnas usaban perfiles de 4"x ¼" para las bridas superior e inferior, eso hacía que cada viga tuviera un peso aproximado de 4 toneladas por viga. La cual incrementaba el costo de pintura y montaje.

#### **D. Acabado final y mantenimiento**

“[...] El mayor inconveniente de la estructura metálica es su vulnerabilidad a la corrosión. [...]. La pintura supone un importante porcentaje del coste. Las naves deben ser protegidas tanto interior como exteriormente de forma adecuada, es decir de acuerdo con la severidad del ataque [...]” Pena (2009, p. 30)

Para el acabado final para la Nave 01, se produjo muchos inconvenientes, ya que el subcontratista inicial de la nave abandonó los trabajos, y las estructuras estuvieron expuestas sin acabado y tratamiento por varias semanas, lo que provocó grados de corrosión en toda la estructura. Para poder recuperar estos elementos, se tuvo que mandar arenar en campo, y usar un tipo de pintura epóxica que incrementaba el costo del proyecto en un porcentaje de 20% más de lo proyectado inicialmente.

#### **1.3.2.2. Cobertura Autoportante**

Sobre este tema, Martí menciona ciertas características de la cubierta autoportante en su artículo.

La orientación dominante que experimentamos al pasar bajo las bóvedas de la Estación de Autobuses de Salto o de la fábrica Refrescos del Norte en la misma ciudad es, precisamente, la de estar cobijados bajo un techo formado por una lámina de extraordinaria delgadez,

carente de relieves y nervaduras que, sin embargo, es capaz de salvar, sin aparentes dificultades, luces libres de decenas de metros. [...]. Las construcciones mencionadas responden a un tipo estructural muy frecuente en la obra de Dieste basado en las llamadas *bóvedas autoportantes*. [...]. Dieste suele optar por las bóvedas autoportantes, más económicas y de más fácil ejecución. El espacio diáfano, o sea libre de obstáculos estructurales, viene en este caso limitado por la luz transversal de cada una de las bóvedas, que suele oscilar entre los 6 m de la Estación de Salto y los 13 m de Refrescos del Norte. A cambio las bóvedas autoportantes no requieren de apoyos situados en el extremo de la cáscara, lo cual permite la formación de grandes áreas cubiertas en voladizo. (2001, p. 26-31)

Mendoza Larico, Marwin, hace mención a la situación actual de las cubiertas curvadas autoportantes.

En general las coberturas pueden dividirse en dos grupos en función de la condición de apoyo con la edificación en conjunto, sean paredes o columnas, en: cubiertas auto portantes y cubiertas con estructura de soporte. La diferencia, como sus nombres lo indican, es que en el primer grupo el mismo elemento de cubierta puede soportar su propio peso y las cargas y transmitirlos directamente a la estructura principal, mientras que en el segundo grupo el elemento de cubierta requiere de una estructura de apoyo la cual transmite las cargas a la estructura principal [...]. (2013, p. 22)

## **A. Tipos de Cobertura Autoportante**

Una cubierta autoportante puede ser plana o curvada, dependiendo de las prestaciones a las cuales serán requeridas.

### **i. Cubierta plana**

“Son cubiertas autoportantes de eje rectilíneo constituidas por yuxtaposición de las chapas con sobreposición lateral. En condiciones normales llegan a la oquedad máxima de 11 m sin estructura de soporte intermedia [...]” Youssef (2003, p.4)

### **ii. Cubiertas curvas o inclinadas**

“Son cubiertas autoportantes de eje curvilíneo conferido por el equipamiento de fabricación y complementada por un conjunto de tirantes y contravientos. La tipología de esta estructura es la de un arco con un tirante interior, que recoge los esfuerzos horizontales, de esta forma la cubierta solo transmite esfuerzos verticales (de peso propio) a los apoyos. [...] Youssef (2003, p. 5)

## **B. Características principales de las Coberturas Autoportantes**

“[...]. Las cubiertas autoportadas constituyen un cerramiento o techo tipo membrana que distribuye uniformemente las tensiones recibidas, bien de origen térmico o climático de cualquier orden. Estas tensiones son repartidas sobre las paredes de forma uniforme, contribuyendo éstas al reparto de cargas y a su transmisión lineal y uniforme a los cimientos. [...]” Youssef (2003, p. 12).

- Estas cubiertas, al carecer de juntas de unión longitudinales reducen en gran medida los elementos mecánicos de fijación, los cuales convencionalmente producen agujeros, al reducir estos posibles puntos de entrada de agua, se reducen los remates y limoyas.
- Se reducen considerablemente las deficiencias en la construcción, lo que minimiza los costos de mantenimiento.
- Al carecer de vigas tijerales, vigas de amarre, correas, constituye un proceso constructivo mucho más rápida y sencilla, funcionando como una membrana continua, sin tensiones diferenciales.
- Al carecer de perfilera susceptible a la corrosión, y por ende a tener que ser pintadas y tratadas correctamente, reducen su costo y su mantenimiento periódico.
- Este tipo de cubiertas, reducen las cargas gravitatorias debido a su menor peso unitario, con lo cual se consigue una reducción proporcional en todo el sistema, ya que las cargas transmitidas a los cimientos son menores.
- Se reduce el dimensionamiento de las zapatas, así como de la perfilera de antipandeo y arriostramiento de paredes.
- Este tipo de cubierta se considera más económico, ya que no genera residuos en obra, pues se realizan totalmente a medida, directamente para luego ser montadas.

## **C. Ventajas de las Coberturas Autoportantes**

“Las cubiertas autoportantes al carecer de estructura auxiliar de apoyo no sólo se construyen mucho más rápidas, con el consecuente ahorro económico que ello comporta, sino que además se reducen las patologías en obra y el posterior mantenimiento de la cubierta. [...]” Abad (2016, p.9).

## **D. Tiempo de ejecución de las Coberturas Autoportantes**

### **i. Transporte y descarga en obra**

Dependiendo de la longitud de los perfiles curvados a grandes luces, se realizará el transporte utilizando un apoyo intermedio situado en el centro de esta,

las colocaciones de los perfiles se apoyarán en sus extremos, y serán colocados uno encima de otro perfectamente alineados.

Los paquetes se depositarán en el suelo y sobre caballetes estables, los perfiles se descargarán paquete por paquete mediante un balacín metálico. Se utilizarán guantes de nylon como protección anticorte.

## **ii. Elevación del material a cubierta**

La elevación de las chapas se realizará una por una, mediante una grúa tipo pluma, la cual estará disponible en obra durante todo el tiempo de la elevación de esta. El proceso de elevación deberá ser guiado desde sus extremos y desde el suelo por uno o dos operarios, por medio de cuerdas, dependiendo de la dirección.

## **iii. Montante y fijaciones**

Incoperfil nos menciona en su dossier técnico el proceso de montaje.


El proceso de montaje de las cubiertas curvadas a grandes luces supone cierta complejidad tanto de elevación como disposición de los grandes formatos de pieza sobre la cubierta. [...]. Además, para dotar de efectividad a dicho sistema de piezas, se realizará una fijación previa del perfil curvado una vez colocado en su posición y, tras comprobar su correcta nivelación en el plano transversal a los nervios, se procederá a la fijación completa de la pieza. Este aspecto cobra vital importancia hasta el punto que una incorrecta nivelación de la misma podría ocasionar el colapso de la pieza bajo niveles de carga inferiores a los especificados en las tablas. (2007, p. 40)

## **E. Costo de Cobertura Autoportante**

### **i. Planilla de metrados**

Mendoza (2016, p. 130), nos muestra una planilla de metrados realizada en la UNA-Puno

**Tabla 2. Planilla de metrados de cobertura autoportante**

 <b>PLANILLA DE METRADOS</b> 								
PROYECTO DE TESIS: "AMPLIACION Y MEJORAMIENTO DE SERVICIOS PARA EVENTOS DE INVESTIGACION CIENTIFICA Y CULTURAL EN LA UNA - PUNO"								
LUGAR: CIUDAD UNIVERSITARIA - PUNO								
FECHA: 25 DE ENERO DEL 2018								
PARTIDA	DESCRIPCION	Unid.	CANTIDAD	MEDIDAS			PARCIAL	TOTAL
				LARGO	ANCHO	ALTO		
<b>01</b>	<b>CUBIERTA METÁLICA AUTOPORTANTE</b>							
<b>01.01</b>	<b>APOYOS LATERALES</b>							
<b>01.01.01</b>	<b>APOYOS EN COLUMNAS INTERMEDIAS ANCLADOS A VIGA MEDIANTE TORNILLOS DE 3/4"</b>	und						60,00
	lado derecho EJE 1 al EJE 27		30,00	--	--	--	30,00	
	lado izquierdo EJE 1 al EJE 27		30,00	--	--	--	30,00	
<b>01.01.02</b>	<b>APOYOS EN COLUMNAS PRINCIPALES</b>	und						32,00
	lado derecho EJE 1 al EJE 27		16,00	--	--	--	16,00	
	lado izquierdo EJE 1 al EJE 27		16,00	--	--	--	16,00	
<b>01.01.03</b>	<b>ANGULO DE FIERRO NEGRO DE 2 1/2"x3/8"</b>	m						247,05
	lado derecho EJE 1 al EJE 27		1,00	91,35	--	--	91,35	
	lado izquierdo EJE 1 al EJE 27		1,00	91,35	--	--	91,35	
	entre ejes 27- 28 y A-H		1,00	31,89	--	--	31,89	
	eje 1 tramo A-H		1,00	32,46	--	--	32,46	
<b>01.01.04</b>	<b>TOPES DE PLANCHA PLEGADA e=3/8"</b>	und						104,00
	lado derecho EJE 1 al EJE 28		52,00	--	--	--	52,00	
	lado izquierdo EJE 1 al EJE 28		52,00	--	--	--	52,00	
<b>01.01.05</b>	<b>PLACA METALICA INFERIOR DE FIERRO e=1/4"x7"x12" (en cada canal)</b>	und						272,00
	lado derecho EJE 1 al EJE 28		136,00	--	--	--	136,00	
	lado izquierdo EJE 1 al EJE 28		136,00	--	--	--	136,00	
<b>01.02</b>	<b>COBERTURA AUTO PORTANTE</b>							
<b>01.02.01</b>	<b>SUMINISTRO DE PLANCHAS DE ACERO GALVALUM e=1.20mm.</b>	m <sup>2</sup>						4496,87
	del arco 01 al 148		148,00	33,31	0,9014	--	4383,74	
	arco 147		1,00	30,65	0,9014	--	27,83	
	arco 148		1,00	27,26	0,9014	--	24,57	
	arco 149		1,00	23,67	0,9014	--	21,34	
	arco 150		1,00	19,70	0,9014	--	17,76	
	arco 151		1,00	15,00	0,9014	--	13,52	
	arco 152		1,00	8,33	0,9014	--	7,51	

Fuente: Mendoza (2016)

## F. Notas técnicas y recomendaciones en las Coberturas Autoportantes

Abad (2016, p.15) nos menciona algunas recomendaciones y notas técnicas para la correcta colocación de las cubiertas autoportantes.

1. Los bordes de la cubierta han de ser paralelos entre sí, ya que todas las piezas que componen la estructura tienen la misma longitud.
2. Los apoyos de los extremos, -sobre caballetes articulados metálicos-, deben ser lineales y paralelos, y estarán sobre apoyos rectos para cada costado.

3. El sistema se compone de unidades iguales entre sí, -láminas metálicas, de ondulación profunda-, superponibles según su eje longitudinal sobre la onda prevista para solape.
4. El sistema por su carácter de membrana. es ligeramente deformable. Esto le permite absorber los esfuerzos derivados de los frentes de viento u otras cargas, repartiendo y transmitiendo el esfuerzo regularmente a sus apoyos.
5. Las dilataciones de causa térmica son absorbidas por la propia deformación de la membrana conjunto aumentando o disminuyendo su flecha ligeramente.

## **G. Materiales usados en Coberturas Autoportantes**

### **i. Chapa de acero conformada en frío**

“El proceso de fabricación de cualquier elemento de chapa de acero conformada en frío empieza a partir de una bobina de acero. Esta bobina de chapa de acero se obtiene por laminación en caliente. Las características dimensionales de la chapa que conforma una bobina obtenida por laminación en caliente suele ser de 2-25mm de grosor y hasta 2.250mm de ancho. [...]” Abad (2016, p.9).

## **1.4. Formulación del problema**

Los problemas identificados para esta investigación se formularon de la siguiente manera.

### **1.4.1. Problema general**

- PG: ¿Es la cubierta autoportante la alternativa ideal para optimizar tiempo y costos en la construcción de almacenes en Lima - Perú?

### **1.4.2. Problemas específicos**

- PE1: ¿Cuáles son los requisitos funcionales de las cubiertas autoportantes?
- PE2: ¿En cuánto se reducen los tiempos de ejecución con la alternativa de cubierta autoportante?
- PE3: ¿En cuánto se reducen los costos de construcción con la alternativa de cubierta autoportante?
- PE4: ¿Son las cubiertas autoportantes reglamentadas en el RNE y aptas para su construcción en el Perú?

## **1.5. Justificación de la investigación**

La investigación se reforzará con argumentos, Los cuales serán de ayuda para tener conocimiento en profundidad de las coberturas autoportantes, además de conocer sus ventajas frente a una cobertura convencional tanto en tiempo de ejecución y costo.

(i) Conveniencia: La propuesta ayudará a las empresas del rubro industrial a reducir sus costos de reinversión con el fin de mejorar sus ganancias, además de conseguir edificaciones funcionales y de un menor tiempo de ejecución y con sobrecostos, con el que podrán reducir sus tiempos muertos en las etapas de producción.

(ii) Relevancia social: Los beneficiados serán las empresas industriales, así como los clientes finales, ya que, al reducir sus costos de ejecución de proyectos, reducen sus costos directos lo que involucra una disminución de precios de sus productos en el mercado.

(iii) Justificación económica: El ahorro en costos ayudaría a las Empresas a reinvertir en nuevas plantas de similares características, el cual aumentaría exponencialmente su producción y almacenaje de productos terminados, a la vez que permitiría el ahorro en sobrecostos de mantenimiento.

(iv) Aporte teórico: La certeza que genera la investigación al proponer una alternativa confiable en la construcción de almacenes, el cual beneficiara en la reducción de costos y tiempos. Además de realizar un análisis de la funcionalidad de la alternativa de cubierta autoportante.

(v) Aporte práctico: Con la presente investigación se pretende incentivar a las empresas a cambiar el sistema constructivo convencional de coberturas metálicas, por las autoportantes, mostrando las ventajas en costo y tiempos, sin dejar de ser funcionales.

(vi) Aporte metodológico: Para lograr el cumplimiento de los objetivos de estudio, se elaborarán instrumentos de medición para la variable. Estos instrumentos son: presupuestos, cronogramas de ejecución de obra y pruebas de resistencia a cargas; estos serán formulados y antes de su aplicación filtrado por el juicio de un experto (asesor temático) para luego ser tamizados mediante la confiabilidad y la validez.

## **1.6. Hipótesis de investigación**

Teniendo en cuenta los problemas a investigar se ha planteado las siguientes hipótesis.

- H<sub>i</sub>1: La cubierta autoportante cuenta con los requisitos funcionales para su construcción y puesta en servicio.
- H<sub>i</sub>2: Con la cubierta autoportante se reducen los tiempos de ejecución en el proceso constructivo.
- H<sub>i</sub>3: Con la cubierta autoportante se reducen los costos del proyecto de reinversión de las empresas industriales
- H<sub>i</sub>4: La cubierta autoportante está normada en el RNE y apta para su construcción en el Perú, cumpliendo con todas las normas requeridas.

## **1.7. Objetivos de la investigación**

Teniendo en cuenta los problemas a investigar se ha formulado los siguientes objetivos.

### **1.7.1. Objetivo general**

- OG: Plantear el uso alternativo de cubiertas Autoportantes, para la optimización de tiempo y costos en la construcción de almacenes en Lima – Perú.

### **1.7.2. Objetivos específicos**

- OE1: Identificar los requisitos funcionales de las coberturas autoportantes.
- OE2: Determinar en cuanto se reducen los tiempos de ejecución con la alternativa de cubierta autoportante.
- OE3: Determinar en cuanto se reducen los costos con la alternativa de cubierta autoportante.
- OE4: Identificar si las cubiertas autoportantes están reglamentadas en el RNE y aptas para su construcción en el Perú.



## II. METODOLOGÍA

## **2.1. Tipo de investigación**

De acuerdo con el objetivo que se persigue es una investigación tecnológica, ya que busca descubrir nuevos conocimientos, para posteriormente aplicarlas en el mejoramiento de un producto, proceso industrial o maquinaria y/o equipo.

Baena (2017, p. 18) “[...], concentra su atención en las posibilidades concretas de llevar a la práctica las teorías generales, y destina sus esfuerzos a resolver las necesidades que se plantea la sociedad y los hombres”.

En base a los tipos de datos analizados, tenemos un enfoque cuantitativo, ya que usa la recolección y análisis de datos, con lo que podría responder las preguntas de investigación y probar las hipótesis.

Monje define el enfoque cuantitativo:

La Investigación cuantitativa se inspira en el positivismo. Este enfoque investigativo plantea la unidad de la ciencia, es decir, la utilización de una metodología única que es la misma de las ciencias exactas y naturales (Bonilla y Rodríguez, 1997: 83). [...]. Con esta finalidad la ciencia debe valerse exclusivamente de la observación directa, de la comprobación y la experiencia. El conocimiento debe fundarse en el análisis de los hechos reales, de los cuales debe realizar una descripción lo más neutra, lo más objetiva y lo más completa posible. [...]. (2014, p. 12).

## **2.2. Nivel de investigación**

El alcance de la investigación es descriptivo correlacional, ya que busca relacionar una o más variables.

Según Rodríguez define el alcance de la investigación descriptiva de la siguiente manera:

Comprende la descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual, composición o procesos de los fenómenos. El enfoque se hace sobre conclusiones dominantes, o sobre cómo una persona, grupo o cosa, se conduce o funciona en el presente. La investigación descriptiva trabaja sobre realidades y su característica fundamental es la de presentarnos una interpretación correcta. [...]. (2005, p. 24-25).

### **2.3. Diseño de Investigación**

La presente investigación se ubica en el diseño no experimental – transeccional correlacional, ya que su intención es describir la incidencia entre uno o más variables, en un momento dado y para una población específica.

Según Hernández, Fernández y Baptista comentan:

Estos diseños describen relaciones entre dos o más categorías, conceptos o variables en un momento determinado. A veces, únicamente en términos correlacionales, otras en función de la relación causa-efecto(causales). [...]. Estos diseños pueden ser sumamente complejos y abarcar diversas categorías, conceptos o variables. Cuando establecen relaciones causales son explicativos. Su diferencia con los experimentos es la base de la distinción entre experimentación y no experimentación. En los diseños transeccionales correlacionales-causales, las causas y los efectos ya ocurrieron en la realidad (estaban dados y manifestados) o están ocurriendo durante el desarrollo del estudio, y quien investiga los observa y reporta. [...]. (2014, p. 155).

## 2.4. Operacionalización de Variables

<b>VARIABLES DE INVESTIGACIÓN</b>	<b>DEFINICIÓN CONCEPTUAL</b>	<b>DIMENSIONES</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>INSTRUMENTOS</b>
Propuesta alternativa de cubierta autoportante	Abad (2016, p.5) afirma "Una cubierta autoportante es una solución constructiva en la que no existe estructura portante. Es la propia chapa metálica curvada la que soporta las cargas y las transmite a los apoyos sin necesidad de estructura intermedia."	Requisitos Funcionales	Características eficaces de los perfiles	Certificado de Ensayos
			Carga máxima admisible	Certificado de Ensayos
		Normatividad de las Cubiertas Autoportantes	ANSI	Certificaciones
			AISC	Certificaciones
Optimización de costo-tiempo, para la construcción de almacenes.	Muñoz (2017, p.49) menciona "La correcta presentación de una programación bien concebida parte del hecho de concebir cada una de las actividades a desarrollar, discriminando de la mejor forma cada una de ellas y siendo muy detallado en las mismas."	Tiempo de ejecución de Cubiertas Autoportantes	Armado y fabricación de cobertura autoportante	LOOK AHEAD
			Elevación de Material a cubierta	Cronograma
			Montaje y fijaciones	Curva S
		Costo de las Cubiertas Autoportantes	Planilla de Metrados	Formato de Planilla de Metrados
			Presupuesto de Obra	APU

## **2.5. Población y muestra**

### **2.5.1. Población**

El tamaño de la población para esta investigación está compuesto Por todas las empresas medianas a grandes con edificaciones de estructuras metálicas dedicadas al rubro de la Industria; es decir, 1064 empresas (Vestido, impresión, alimentos y bebidas, etc.). (Censo Manufactura, 2007 – SUNAT registro ruc, 2011).

Sobre el tema, Tamayo comenta lo siguiente:

(La población es la) totalidad de un fenómeno de estudio, incluye la totalidad de unidades de análisis o entidades de población que integran dicho fenómeno y que debe cuantificarse para un determinado estudio integrado un conjunto N de entidades que participan de una determinada característica, y se le denomina población por constituir la totalidad del fenómeno adscrito a un estudio o investigación. (2004, p. 176).

### **2.5.2. Muestra**

La muestra está formada por el proyecto: “Ampliación de Bebidas: Agua de Mesa (cielo)” de la empresa ECOAJE S.A. del Grupo AJE PER; este ha sido seleccionado de manera no probabilística intencional, ya que la muestra se escogió a base de nuestro criterio de acuerdo con las características de la investigación.

Según Monje “La *MUESTRA* se define como un conjunto de objetos y sujetos procedentes de una población; es decir un subgrupo de la población, cuando esta es definida como un conjunto de elementos que cumplen con unas determinadas especificaciones. [...]” (2011, p. 123).

## **2.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad**

Monje sostiene:

El proceso de recolección de datos para una investigación se lleva a cabo mediante la utilización de métodos e instrumentos, los cuales se seleccionan según se trate de información cuantitativa o cualitativa. Algunos procedimientos son directos como la observación y la entrevista, otros indirectos como los cuestionarios y formatos. El método seleccionado depende de los objetivos y el diseño del estudio, así como de la disponibilidad de personal, tiempo y recursos financieros. [...]. (2011, p. 133).

### 2.6.1. Técnicas

Según Monje, menciona “Con frecuencia los investigadores obtienen datos cuantitativos para expresar numéricamente el resultado de la medición de sus variables y mediante procedimientos estadísticos describir fenómenos o evaluar la magnitud y confiabilidad de las relaciones entre ellos. Los métodos de recolección estructurada por lo general reúnen información que se cuantifica con mayor facilidad, aunque también se puede cuantificar la información no estructurada.” (2011, p. 133).

Las técnicas para la recolección de datos son las siguientes:

- **Observación sistemática, regulada o controlada:** “Se aplica con dos propósitos: manipular variables a observar estableciendo controles y observar fenómenos sobre los cuales se ejerce control” Monje (2011, p. 143).
  - Como primera técnica de recolección de datos se elaborará un formato de check list, con el que se determinará todas las actividades previas que se debe de considerar antes de realizar el proyecto de construcción de una nave industrial. Ver Anexo 3.
- **Estadísticas, fuentes secundarias de datos:** “Con el objeto de enriquecer el análisis, es frecuente incorporar a los datos recolectados información de censos recientes, de registros de estadísticas vitales y aún de otras encuestas.” Monje (2011, p. 1480).

Para la obtención de datos de campo y para resultados se elaboraron varios formatos de recolección de datos, entre los que se mencionan a continuación.

- **Formato de Recolección de datos de campo,** con los siguientes requerimientos, formato para la lista de proveedores de insumos, tanto nacionales como internacionales, formato para los datos de campo del proyecto como estudio de suelos, memoria descriptiva, especificaciones técnicas, planos estructurales y arquitectónicos, etc. El siguiente formato obtiene datos de los profesionales a cargo de la elaboración y ejecución del proyecto (Proyectista, Residente de Obra, Prevencionista, Supervisor, ingeniero de calidad, etc.).

- **Certificados de Ensayos realizados** para determinar sus características eficaces de los perfiles y ensayo de la carga máxima admisible, esto determinará si los materiales a usar en la cobertura autoportante son funcionales para el tipo de trabajo que van a desempeñar.
- **Las características y el tipo de diseño del perfil** de la cobertura autoportante son importantes para determinar la luz que puede cubrir dicho perfil, ya que de acuerdo con su forma obtiene cierta rigidez.
- **La elaboración del cronograma de obra** nos permite determinar el tiempo de ejecución del proyecto, esto acompañado de un control semanal como un *LOOK AHEAD* nos permite darles un mejor seguimiento a los procesos constructivos, de esta manera optimizamos el tiempo de ejecución.
- **El análisis de precios unitarios** nos permite determinar los recursos, mano de obra y el costo de las partidas a tomar en cuenta en la construcción de una edificación, en este caso de las coberturas autoportantes se elaboró un presupuesto y el análisis de los costos y pudimos determinar una reducción en los costos a comparación de la estructura convencional.

### 2.6.2. Instrumentos

Según Monje menciona “La elaboración de instrumentos para la recolección de datos exige analizar la forma como dicho instrumento de medición cumple con la función para la cual ha sido diseñado. Un instrumento bien diseñado debe reunir dos cualidades importantes: confiabilidad y validez.” (2011, p.165).

- **Análisis Documental:** Una diferencia con las otras técnicas de recolección el análisis documental se recolecta de fuentes secundarias, ya sean libros, revistas, boletines, etc. Mientras que las otras técnicas se obtienen los datos de las fuentes primarias.
- **Observación de campo no experimental:** Usada frecuentemente en la profundización del conocimiento del comportamiento de exploración.

### 2.6.3. Validez

Monje lo sustenta de esta manera:

Según Purtois y Desnet (1992: 129-163) previamente a su análisis considera importante definir los criterios y procedimientos de validación, indispensables para asegurar la cientificidad en su aplicación. Los problemas de validación tienen que ver no solo con la recogida de los datos sino también con su interpretación. Estableciendo un paralelo entre la investigación cuantitativa y cualitativa se tienen las siguientes equivalencias: a la validez interna y a la externa corresponden, respectivamente, la credibilidad y la transferibilidad; a la fidelidad corresponde la constancia interna y a la objetividad, la fiabilidad. (2011, p.170).

Para la presente investigación se elaboró un formato de validación de instrumentos, la cual será revisada y corroborada por 3 especialistas del tema que se está investigando.

### 2.6.4. Confiabilidad

Según Hernández, Fernández y Baptista mencionan lo siguiente:

La confiabilidad de un instrumento de medición se refiere al grado en que su aplicación repetida al mismo individuo u objeto produce resultados iguales. La confiabilidad de un instrumento de medición se determina mediante diversas técnicas, las cuales se comentarán brevemente después de revisar los conceptos de validez y objetividad.

## 2.7. Métodos de análisis de datos

Monje menciona que el análisis de datos depende del propósito y diseño del estudio, la hipótesis o pregunta, las escalas de medición y el tamaño de la muestra. Además, menciona los siguientes métodos:

- **Estadística para el análisis de datos:** “la estadística permite recolectar, analizar, interpretar y presentar la información que se obtiene en el desarrollo de una determinada investigación; el paso siguiente a la elaboración del Plan de investigación estadístico es la recolección definitiva de los datos.” Monje (2011, p. 173).
- **Estadística descriptiva:** “El concepto básico de la descripción estadística es la distribución de frecuencias, método para organizar y resumir datos, que son ordenados indicándose el número de veces que se repite cada valor.” Monje (2011, p. 174).



Según Morán y Alvarado, (2010, p.56) indica que:

Al analizar el tema, el estudiante podrá, a través de la concentración de los datos arrojados por el instrumento, aplicar los estadísticos y graficar los resultados [...] Los datos recolectados mediante cuestionarios, entrevistas, escala de actitudes, observación, grupos de enfoque u otros medios, deben analizarse para responder las preguntas de investigación y probar o desaprobar la hipótesis [...]. El análisis de datos depende principalmente de dos factores; lo que deseamos hacer con los datos y el planteamiento del problema.

## **2.8. Aspectos éticos**

El investigador responsable de este proyecto ha respetado la autoría de las diversas fuentes, que han sido tomadas como sustento y fundamento de la investigación respetando sus pensamientos y análisis, los cuales han sido citados mediante la norma ISO 690 en las referencias bibliográficas.

### III. RESULTADOS

### **3.1. Del Proyecto**

#### **3.1.1. Memoria Descriptiva**

## **MEMORIA DESCRIPTIVA**

### **1.- DATOS GENERALES**

#### **1.1.- AUTOR DEL ENCARGO**

El presente proyecto se desarrolla por encargo de la Empresa ECOAJE SAC

#### **1.2.- AUTOR DEL PROYECTO**

El presente proyecto lo desarrolla, el Ingeniero Civil José Luis Samaniego Q., N° colegiatura CIP 116177 del Colegio de Ingenieros del Perú.

#### **1.3.- OBJETO DEL PROYECTO**

Se redacta el presente proyecto con el objeto de describir los trabajos necesarios para la construcción de 3 naves industriales, que funcionalmente servirán como la zona de recolección, picado y molido de las botellas de plástico, el procesado del plástico y su posterior almacenado, contará con caseta de vigilancia, casa de fuerza, y patio de maniobras.

Asimismo, el presente consta de la construcción de las oficinas administrativas, y servicios higiénicos y zona de parqueo, para personal administrativo.

### **2.- DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO**

#### **2.1.- DESCRIPCIÓN DEL ÁREA A CONSTRUIR**

##### **• Emplazamiento**

El área para construir se encuentra situada dentro de la zona Industrial del distrito de Puente Piedra Calle 4; Lote 1 y 2; Manzana H; Lotización LAS VEGAS; primera etapa.

El área para construir se encuentra en la actualidad descampado, con un muro provisional de tapial, y un portón de ingreso provisional de madera.

- **Superficie**

El área para construir dentro del cual se pretende desarrollar las naves industriales tiene una superficie de aprox. 2750.09 m<sup>2</sup>, no incluye muros.

- **Forma**

El área para construir tiene forma rectangular para la nave 01, con ingreso, orientado a la nave 03, mientras que las naves 02 y 03 tienen forma de L, ambas con frente orientado al patio de maniobras del proyecto inicial.

- **Topografía**

El área para construir presenta un desnivel apreciable en la rasante de la calle de aprox. 0.34 m., y es sensiblemente horizontal en toda su superficie.

- **Linderos**

FRENTE	99.94 m
FONDO	99.94 m
IZQUIERDO	99.97 m
DERECHO	99.97 m

- **Servicios urbanos**

El área para construir descrito dispone actualmente de todos los servicios urbanísticos necesarios, por lo que es apto para desarrollar en él el presente proyecto.

## **2.2.- DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

- Tipología de la edificación: Almacén y planta de procesos.
- Plantas sobre rasante: Primer Piso
- Plantas bajo rasante: Ninguna
- Superficie total construida: aprox. 2750.09 m<sup>2</sup>.

### **2.3.- PROGRAMA DE NECESIDADES DESARROLLADO**

De acuerdo con el programa de necesidades expuesto por el propietario, este Proyecto trata de dar respuesta a éste, dentro de los límites definidos por las Ordenanzas Municipales y por los criterios económicos y estéticos.

La zona para construir consta de 3 naves industriales, respondiendo al siguiente programa:

#### **NAVE 01:**

**Zona de Almacén y Peletizados:** con 1541.91 m<sup>2</sup>, con la siguiente distribución:

El ingreso a la zona de Almacén es a la derecha de la nave 02, ya que después del proceso de fabricación, la materia se trasladará por estos ingresos para su posterior almacenamiento. El Almacén es una gran área y contiene lo siguiente:

- Parihuelas para almacenaje.
- Línea de Peletizado.

**NAVES 02 y 03:** con 1208.18 m<sup>2</sup>, con la siguiente distribución:

El ingreso a ambas zonas es por el patio de maniobras mediante una vía asfaltada desde la entrada principal, ya que por ahí ingresarán los insumos y las botellas recicladas. Luego de ingresar a la Nave 03 y dejar las botellas recicladas en el silo de botellas post consumo se pasa por la banda de acumulación de botellas para pasar por el trómel en seco y el posterior seleccionado por colores, se procede con la remoción de etiquetas, y el triturado mediante un molino HERBOLDT, ya en la Nave 02 se procede al lavado, procesado, secado y traslado al almacén el cual tiene ingreso desde la Nave 02.

Las zonas húmedas como la zona de lavados contarán con rejillas en el piso.

Las Naves 02 y 03 contienen los siguientes Equipos:

- Silo de botellas Posconsumo
- Banda de acumulación de botellas
- Tromel en seco

- Banda de selección de colores
- Tromel en caliente
- Banda de selección 01
- Removedor de etiqueta
- Banda de selección 02
- Molino HERBOLD
- Tina de flotación
- Frication 01
- Tina de lavado 01 y 02
- Frication 02
- Tina de enjuague en caliente 01
- Tina de enjuague 02
- Frication 03
- Secado en caliente
- Secado en frio

**CASA FUERZA:** con 111.23 m<sup>2</sup>, con la siguiente distribución:

El ingreso a la casa fuerza es desde el patio de maniobras ya que el patio de maniobras tiene una extensión grande que permita el ingreso directo de personal, así como de maquinaria para el funcionamiento de toda la planta

La casa fuerza consta del proceso siguiente de:

Dotar de energía eléctrica a toda la planta, tanto para el sistema de funcionamiento de las maquinas, y del servicio de iluminación, sistema contra incendio y demás procesos que utilicen energía.

La casa fuerza cuenta con tres transformadores de 1000 y 1250 KVA, y una zona de tableros.

## **2.4.- CRITERIOS ESTÉTICOS**

La estructura para la cobertura de las 3 naves industriales está hecha de estructura metálica, ya que es óptima para cubrir grandes luces, donde no se utilice columnas centrales, la estructura de soporte está elaborado con perfiles estructurales ASTM A36, tratadas con zincromato y pintadas con esmalte blanco resistente a la corrosión. Para la cobertura se utilizará la cobertura TR-4 de 0.5 mm de color Blanco, con zonas de policarbonato transparente para el ingreso de la luz de día. Se variará el tipo de cobertura para la nave 01 ya que es una estructura parabólica, mientras que las naves 02 y 03 son a dos aguas, todas van a contar con sistemas de desagüe pluvial y accesorios de acabados.

El cerramiento lateral para las tres naves será también realizado con TR-4 de 0.4 mm color blanco, lo que no permitirá el ingreso de polvo y humedad a la zona de producción y almacenamiento. Para el piso de las naves están diseñadas de concreto armado el cual tendrá la capacidad de soportar grandes pesos, tanto de las mismas maquinas, como del transporte de materiales y los cargadores frontales.

El diseño de los muros de las naves se está considerando de concreto armado, ya que este soportará el peso de la cobertura lateral, las columnas serán de estructura metálica, los cuales descansarán sobre pedestales de concreto ancladas mediante tornillos embebidos en el concreto y ajustados mediante pernos normados. Para el caso de la columna de la Nave 01 esta será una columna reticulada elaborada mediante ángulos de 2", en caso de las columnas de las naves 02 y 03 las columnas son tubos rectangulares de 4".

Asimismo, la estructura de la casa fuerza está hecha de zapatas, columnas y albañilería confinada, vigas y un techo aligerado, el cuál será revestido con mezcla y pintado posteriormente.

### 3.1.2. Plano de Ubicación

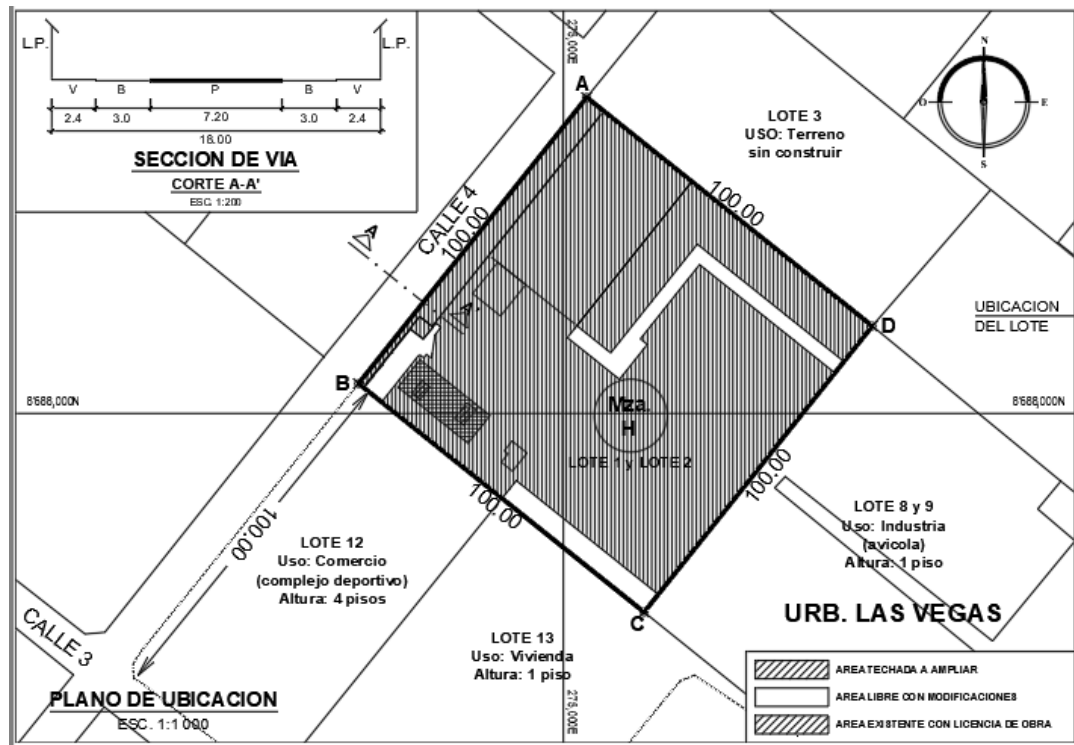


Figura 7: Plano de Ubicación del proyecto (anexo 03)

### 3.2. Formatos de recolección de datos

Para la obtención de resultados se realizaron una serie de formatos de obtención de estos, con los que pudimos fundamentar las hipótesis planteadas en la matriz, en primer lugar, se realizó un formato donde se obtenía datos de campo del proyecto realizado, en el documento que se mostrara a continuación veremos los diferentes tipos de datos que se obtuvieron.



**Tabla 3. Formato de recolección de distribuidores de insumos y materiales (Anexo 04)**

#	Elemento a comprobar	Descripciones	Proveedor Local/Nacional	Proveedor Internacional
<b>1</b>	<b>Proveedores de Perfilera y</b>			
1.1	Perfil curvado autoportante INCO 44,4	Materia prima principal para los elementos de autoaporte (perfil interior)	Arcotecho Perú, Arcus-Global	Incoperfil España, Apimet
1.2	Fieltro de lana de roca	Se dispone de forma continua en toda la cubierta, como aislamiento	HyN Empaquetaduras e Importaciones SAC, A3A Group	RockWool Peninsular S.A.U., Archiproducts
1.3	Perfiles Omega	Se dispone para la formación de la cubierta sandwich como subestructura auxiliar	Sodimac, Ardisa, Insumasur S.A.	Incoperfil España, Knauf, Durlock S.A.
1.4	Perfil curvado no portante	Material conformado por cualquier perfil no portante que sirve como perfil exterior	Precor, Calaminon S.A.	NARGESA, Welser, Metalcur
1.5	Perfiles estructurales	Perfilería estructural que recibe las reacciones generadas por la cubierta autoportante, vienen a ser las vigas de apoyo y tirantes	Tradisa, Yohersa, Aceros Arequipa, Abinsur	Gerdau, Ahm S.A.
1.6	Coronación Curvado	Accesorios de Rematería y estanqueidad	Precor, Calaminon S.A.	Incoperfil España, Knauf, Durlock S.A.
1.7	Vierteaguas Curvado	Accesorios de Rematería y estanqueidad	Precor, Calaminon S.A.	Incoperfil España, Knauf, Durlock S.A.
1.8	Junta Grecada	Accesorios de Rematería y estanqueidad	Precor, Calaminon S.A.	Incoperfil España, Knauf, Durlock S.A.
1.9	Apoyo y cierre de cubierta sandwich	Accesorios de Rematería y estanqueidad	Precor, Calaminon S.A.	Incoperfil España, Knauf, Durlock S.A.
1.10	Canal extrema	Accesorios de Rematería y estanqueidad	Precor, Calaminon S.A.	Incoperfil España, Knauf, Durlock S.A.

Fuente: elaboración propia

Como se muestra en la tabla 3, los datos que se requieren son para determinar si existe la posibilidad de encontrar esos insumos en nuestro mercado local, y si en caso de no existir, que posibilidades o alternativas existirían para poder conseguirlas o cambiarlas y continuar con el proyecto original, o en todo caso buscar alternativas en el diseño. En esta tabla se muestra todo el material e insumos de una cobertura autoportante curva.

**Tabla 4.** *Formato de recolección de datos de campo del proyecto (Anexo 05)*

#	Elemento a comprobar	Descripciones	Disponible	No Disponible
<b>2</b>	<b>Datos de Campo</b>			
2.1	Estudio de mecánica de Suelos	Estudio destinado a determinar el estado del suelo y la capacidad portante del mismo	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.2	Memoria de cálculo estructural	Datos donde se determinan los cálculos de las estructuras de la Edificación	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2.3	Planos Estructurales y Arquitectónicos	Planos que detallan los elementos estructurales y arquitectónicos	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.4	Especificaciones Técnicas	Documento donde se menciona las normas, exigencias y procedimientos del proyecto	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.5	Memoria Descriptiva	Documento donde se detalla los alcances y objetivos del proyecto	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.6	Disponibilidad de espacio de fabricación in situ	Espacio disponible en obra para la fabricación de los perfiles y planchas para la cobertura	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.7	Servicios de Energía Eléctrica Trifásica	Servicio de energía eléctrica para cubrir la dote de energía para los trabajos de soldadura y maquinaria a usar	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.8	Formatos de control de calidad para fabricación y montaje	Documentos donde se determina el control de calidad que se realiza a los procesos de fabricación y montaje de la cobertura	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.9	Programa de ejecución de obra	Cronograma de Obra Utilizando la filosofía de trabajo Last Planner	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.10	Condiciones ambientales relativas al comportamiento del viento	Datos obtenidos sobre el comportamiento del clima en los días previos al montaje de la cobertura	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 4, se obtuvo la documentación del proyecto en general, tanto en el plano técnico, como de estudios previos a la elaboración del proyecto, además de las condiciones del terreno, la disponibilidad de los servicios a utilizar durante la ejecución, y las condiciones ambientales y de espacio, que nos permitirán un proceso constructivo fluido y sin inconvenientes.

Estos documentos también nos permitirán conocer los detalles del proyecto de manera detallada, para poder plantear la alternativa de cobertura autoportante de manera adecuada, ya que con toda esa documentación podremos determinar cuáles son las fortalezas y debilidades del proyecto y poder elaborar una alternativa adecuada para la buena optimización de costo-tiempo.

En el siguiente formato se obtuvo datos de todo el personal técnico y profesional que participan en la elaboración del proyecto, y que por ende son los principales autores en el desarrollo de todos los procedimientos para la culminación del proyecto.

**Tabla 5. Formato de recolección de personal técnico y profesional (Anexo 6)**

#	Elemento a comprobar	Descripciones	Profesional y/o técnico Local/Nacional	Profesional y/o técnico Internacional
<b>3</b>	<b>Personal Profesional y</b>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.1	Ingeniero Residente	Profesional encargado de la parte técnica (proceso de ejecución, cronograma)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3.2	Prevencionista	Profesional encargado de la seguridad en	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3.3	Capataz	Personal técnico en el proceso de ejecución (coordinación de los procesos	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3.4	Operario	Personal técnico encargado de realizar el montaje y colocación de accesorios	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3.5	Oficial	Personal técnico encargado de realizar el montaje y colocación de accesorios	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3.6	Topógrafo	Personal técnico encargado de la nivelación y perfecta colocación de los	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3.7	Asistente de Topógrafo	Personal de apoyo del topógrafo	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3.8	Operario de Grúa	Personal calificado en el manejo de la grúa usada en el izaje de los	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3.9	Operario de Montacarga	Personal calificado en el manejo del montacargas para la carga y descarga del	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3.10	Responsable de calidad	Profesional encargado del control de calidad en el proceso de fabricación y	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3.11	Responsable de monitoreo ambiental	Persona encargada del manejo de residuos generados en el proceso de	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3.12	Especialista Senior en estructuras metálicas	Profesional destinado a la supervisión de los procesos complejos de Montaje y	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3.13	Supervisor	Profesional encargado de la supervisión de todos los procesos de ejecución de	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Fuente: Elaboración propia.

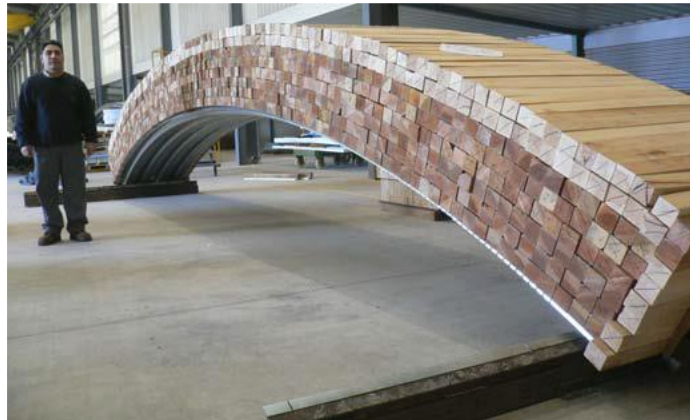
En la tabla 5, se tomó datos de la disponibilidad de los profesionales tanto en el ámbito nacional como internacional, esto nos permitirá conocer la disponibilidad del personal, así como de la capacidad de cada uno para poder desarrollar su trabajo de manera adecuada, en esta tabla obtenemos los técnicos que también están encargados de la ejecución de los trabajos, y vemos desde los ayudantes, hasta los técnicos de mano de obra calificada, que deben de contar con una homologación o capacitación para el desarrollo de las actividades, esto nos permitirá desarrollar un trabajo de calidad, minimizando riesgos, tanto de calidad como de seguridad.

### **3.3. Certificaciones de ensayos de calidad de materiales.**

Para poder realizar un buen proyecto, es necesario tener la seguridad que los materiales que se usan para el diseño de las estructuras estén correctamente certificados en el ámbito de calidad de material y de comportamiento frente a determinadas condiciones de carga y de condiciones ambientales.

#### **3.3.1. Certificación de las características eficaces de los perfiles.**

Esta certificación nos da la seguridad que los perfiles usados para la cobertura autoportante nos permitan determinar la eficacia del material frente a cargas sometidas, ya sea por la carga del viento, nieve, lluvia u otros factores externos, y que por la luz efectiva de la construcción no conlleve a problemas estructurales posteriores y un posible colapso de la edificación.

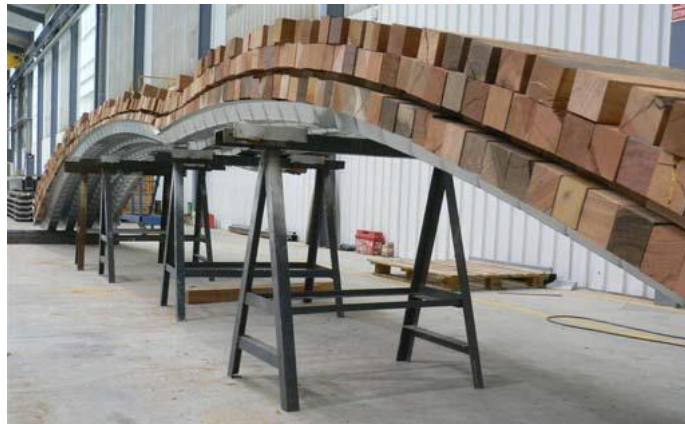


*Figura 8.* Ensayo de características eficaces de los perfiles carga distribuida uniformemente

Este ensayo se realizó de acuerdo con el EUROCÓDIGO-3, en este se colocaron trozos de soleras de madera distribuidas de manera uniforme por todo el perfil, con la finalidad de obtener una carga uniforme y poder determinar su eficacia en todo lo largo.

#### **3.3.2. Certificado de carga máxima admisible**

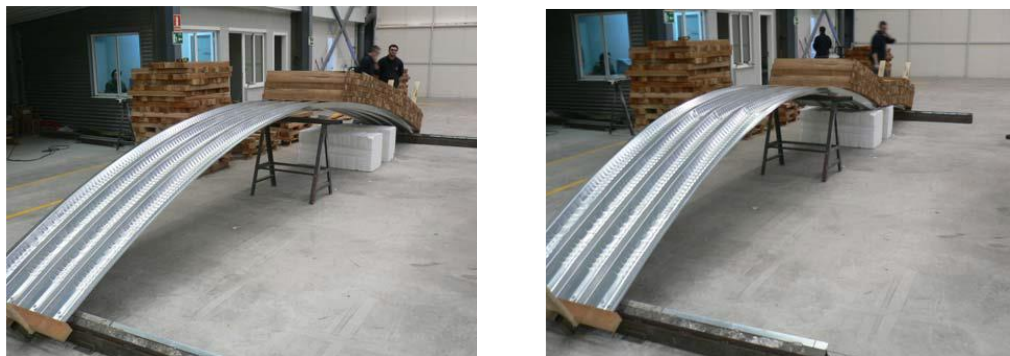
Este certificado nos permite determinar cuál es la carga máxima admisible por el perfil, previo al colapso de este.



*Figura 9.* Colapso del arco para determinar su carga máxima admisible

En este ensayo se realizó con una pendiente del arco en el arranque de  $25^\circ$ . El arco permanece anclado mediante tornillos de fijación a una viga rígida transversal, el cual permite soportar el empuje de la carga transmitidos por el arco. De este resultado y análisis de los ensayos junto con los cálculos teóricos se obtuvieron la resistencia máxima del perfil el cual fue sometido a una carga uniformemente distribuida. Estos cálculos y los ensayos realizados se realizaron sin tener en cuenta los tensores horizontales y contra viento.

Además, se realizaron ensayos, donde se procedió a cargar asimétricamente las piezas, tanto parcial y totalmente, esto también según el eurocódigo-3 esto con la finalidad de obtener las condiciones más desfavorables.



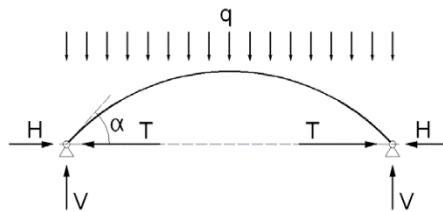
*Figura 10.* Carga asimétrica distribuida sobre la mitad del perfil



*Figura 11.* Carga asimétrica distribuida sobre la totalidad del perfil

**a) Reacciones Horizontales**

Para mejora de la estabilidad del arco se pueden colocar en la base tirantes de acero equipados con tensores, de esta manera estos se encargarán de absorber los desplazamientos.

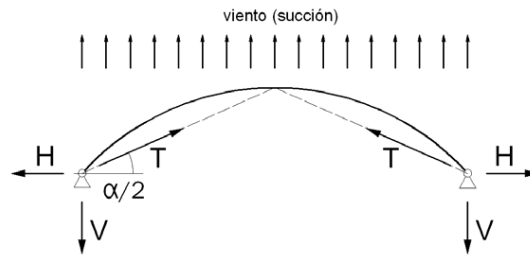


*Figura 12.* Tirantes metálicos contrarrestando las reacciones horizontales

Como recomendación se debe colocar los tirantes distancias que no superen los 2 metros, y su distribución deberá ajustarse a un tirante en cada soporte.

**b) Esfuerzos del Viento**

Estos esfuerzos son producidos por la succión del viento exterior, por la presión interior de la cubierta o una combinación de ambos. Para obtener la estabilidad se deben de colocar tirantes que fijen el centro del arco al arranque o estribo de este. Estos equipados con tensores.

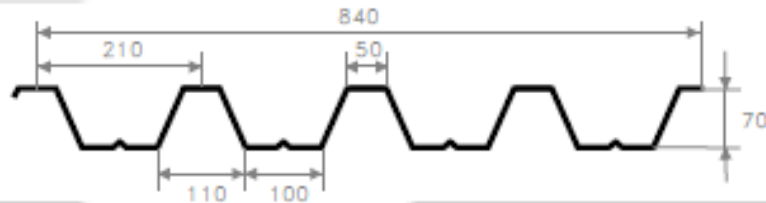


*Figura 13.* Tirantes metálicos contrarrestando las reacciones del viento

Es aconsejable instalar estos tirantes en las cubiertas expuestas en zonas de fuertes vientos, o en los puntos más vulnerables de la misma, en cuanto a la separación entre tirantes se puede usar el mismo criterio que los tirantes horizontales. Para calcular el espesor del cable, es conveniente limitar el alargamiento de este con la finalidad de acotar el desplazamiento horizontal y/o vertical de la cubierta (Ley de Elasticidad de Hooke).

### **3.3.3. Resultado de Ensayos**

## ▣ DIMENSIONES



## ▣ APLICACIONES

Perfil autoportante para cubiertas a grandes luces  
 Perfil para fachadas curvadas  
 Perfil para marquesinas

## ▣ CARACT. MECÁNICAS DEL MATERIAL

Límite Elástico  $\geq 250 \text{ N/mm}^2$   
 Material Base Calidad S250GD  
 Límite de Rotura  $\geq 330$   
 Alargamiento de Rotura Min.19%  
 Modulo de Elasticidad =  $210.000 \text{ N/mm}^2$

## ▣ VALORES EFICACES DEL PERFIL

Espesor	Peso	M. Inercia	M. Resistente (positivos)	M. Resistente (negativos)
mm	Kg/m <sup>2</sup>	mm <sup>4</sup> /m	mm <sup>3</sup> /m	mm <sup>3</sup> /m
0,6	6,96	462.532	9.858	12.196
0,7	8,13	592.251	13.135	16.255
0,75	8,71	698.464	16.127	17.837
0,8	9,29	778.881	18.405	19.159

## ▣ ALTERNATIVAS Y CONDICIONES DE FABRICACIÓN

**Revestimientos de Zinc:**  
 Galvanizado Z-275 ( 275 gramos/m<sup>2</sup> por ambas caras)  
 Prelacados Z-225 ( 225 gramos/m<sup>2</sup> por ambas caras)  
**Revestimientos Especiales:**  
 Alta Durabilidad, Plastisoles, PVDF...  
 Bajo consulta estos revestimientos pueden ser a dos caras.

**Colores:** Según carta Aceralia o carta RAL bajo consulta.  
**Perforados:** Disponibilidad de perforación del material para aplicaciones de atenuación acústica.  
**Lucernarios:** Policarbonato celular liso

## ▣ NORMATIVA

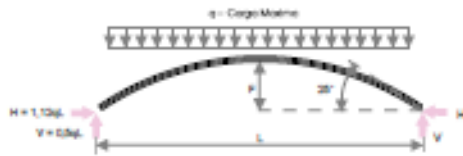
Eurocódigo 3 "Design of Structures – Part 1-3: General Rules – Supplementary rules for cold formed thin gauge members and sheeting"  
 NBE-EA-95 - Parte 4. Cálculo de las piezas de chapa conformadas  
 DIN 18800 "Structural Steelwork- Analysis of safety against buckling of linear members and frames"

Figura 14. Certificado de Perfil INCO 70.4



# INCO 70.4. Curvado

## TABLAS DE RESISTENCIA

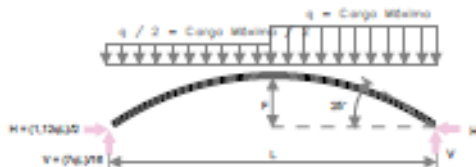


L: Luz  
 F: Flecha del Arco  
 H: Reacción Horizontal  
 V: Reacción Vertical  
 Radio =  $L^2/8F + F/2$

Espesor (mm)	Radio Mínimo (mm)
0,60	6,000
0,70	7,000
0,75	7,500
0,80	8,000

Espesor (mm)	Resistencia Máxima a Carga Simétrica (kp/m <sup>2</sup> )													
	Luz (m)													
	6,00	6,20	6,40	6,60	6,80	7,00	7,20	7,40	7,60	7,80	8,00	8,20	8,40	8,60
0,60	312	304	293	283	272	261	250	238	226	213	201	189	177	165
0,70	425	410	394	379	364	350	336	322	309	296	283	271	259	245
0,75	485	470	456	438	421	404	388	372	357	342	327	313	299	285
0,80	514	499	485	470	456	442	428	412	394	378	362	346	330	316
Radio (m)	7,09	7,33	7,57	7,80	8,04	8,28	8,52	8,75	8,99	9,23	9,46	9,70	9,94	10,17
F = Flecha (mm)	666	688	710	732	754	776	798	821	843	865	887	909	931	953

Para las cargas que aparecen en gris claro se recomienda hablar con el Departamento Técnico.



L: Luz  
 F: Flecha del Arco  
 H: Reacción Horizontal  
 V: Reacción Vertical  
 Radio =  $L^2/8F + F/2$

Espesor (mm)	Radio Mínimo (mm)
0,60	6,000
0,70	7,000
0,75	7,500
0,80	8,000

Espesor (mm)	Resistencia Máxima a Carga Antisimétrica (kp/m <sup>2</sup> )													
	Luz (m)													
	6,00	6,20	6,40	6,60	6,80	7,00	7,20	7,40	7,60	7,80	8,00	8,20	8,40	8,60
0,60	218	213	205	198	190	183	175	167	158	149	141	132	124	115
0,70	298	287	276	265	255	245	235	225	216	207	198	189	181	171
0,75	339	329	319	307	295	283	272	260	250	239	229	219	209	199
0,80	360	350	339	329	319	309	299	288	276	264	253	242	231	221
Radio (m)	7,09	7,33	7,57	7,80	8,04	8,28	8,52	8,75	8,99	9,23	9,46	9,70	9,94	10,17
F = Flecha (mm)	666	688	710	732	754	776	798	821	843	865	887	909	931	953

Para las cargas que aparecen en gris claro se recomienda hablar con el Departamento Técnico.

## LEYENDA DE CALCULO

### Combinación de Acciones

ELU: Carga Máxima = 1,35 \* Peso Propio + 1,50\* Sobrecarga Uso

ELS: Carga Máxima = 1,00\* Peso Propio + 1,00\* Sobrecarga Uso

Flecha Máxima < L /200

Los cálculos de la flecha del arco corresponden a un ángulo en el amarque de 25°.

La fijación del perfil a cada uno de los apoyos debe realizarse con un mínimo de 2 tornillos por valle (ver Dossier Técnico)

El fabricante no se hace responsable de cualquier modificación que no cumpla con los valores indicados.

Cálculos realizados por la unidad docente de E.T.S. Ingenieros Industriales del Departamento de Mecánica de los

Medios Continuos y Teoría de Estructuras de la Universidad Politécnica de Valencia

Ingeniería y Construcción del Perfil S.A. se reserva el derecho a efectuar cualquier modificación en las características y datos técnicos generales y particulares de sus perfiles, realizados por necesidades de producción o mejora tecnológica.  
 Ingeniería y Construcción del Perfil S.A. no se hace responsable del incumplimiento de las recomendaciones hechas en el documento Perfiles Curvados Autoportantes.

Figura 15. Certificado de Perfil INCO 70.4

### 3.3.3.1. Características del perfil para grandes luces.



Figura 16. Características del perfil que cubre hasta 35m.

En la imagen anterior se muestra la característica del perfil a usar para perfiles de hasta 35 m, este diseño de perfil es fabricado por la empresa peruana ARCOTECHO, el cual fabrica y realiza trabajos de coberturas autoportantes.

Estos perfiles cumplen ciertas medidas, para poder desarrollar un comportamiento rígido, frente a la medida que tienen y de acuerdo con el desempeño que van a realizar.

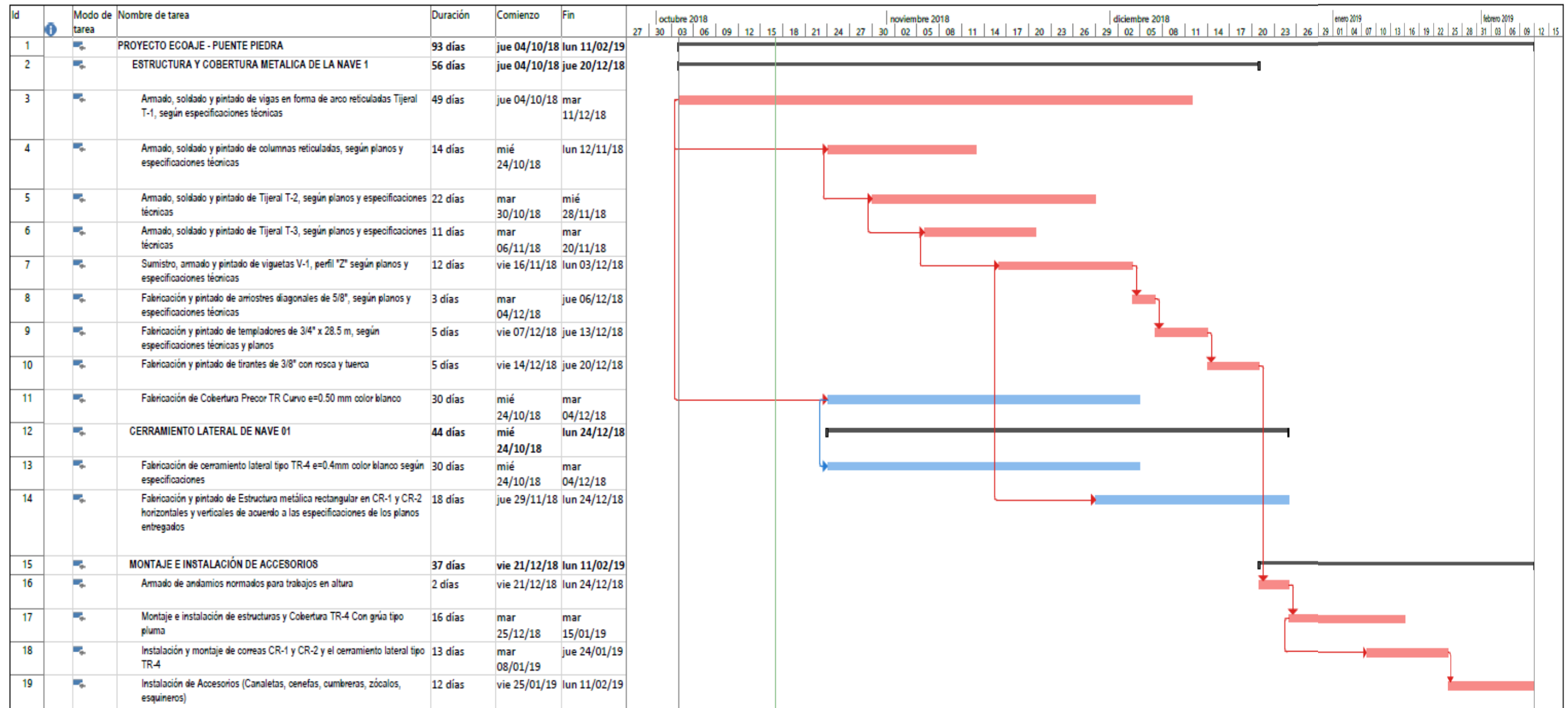
## 3.4. Optimización de Tiempo.

En este apartado veremos la optimización de Tiempo, comparando los cronogramas de obra de ambos procesos constructivos, tanto el convencional como el de la cobertura autoportante, en ambos casos se desarrolló el cronograma de acuerdo con los procedimientos que cuenta cada uno, como se podrá apreciar en los cronogramas se detalla las partidas que tienen cierta diferencia, especialmente en el proceso de fabricación de la cobertura.

### 3.4.1. Cronograma de obra cobertura convencional

Se elaboró la planificación de Obra, de la cobertura convencional, el cual veremos a continuación.

**Tabla 6. Cronograma de Obra Cobertura Convencional**



Fuente: Elaboración Propia

Como se observa en el cronograma, el tiempo de duración total es de 93 días laborables, teniendo un horario de trabajo de lunes a sábado, completando las 48 horas semanales, como se puede observar en el existen partidas que toman más tiempo que los demás, analizaremos porque se realiza con un mayor plazo de tiempo en completarse los trabajos.

La *ruta crítica* viene a remarcar en la fabricación de las vigas tijerales principales, las cuales toman un total de 43 días, esto se debe a que por el tamaño y la complejidad la culminación de estas vigas toma tiempo, ya que se elabora, mediante ángulos de 4" y de 2", estos tienen que cortarse, armarse, soldar y finalmente pintar. Al contar con 7 vigas principales y debido al tamaño y peso de estas se arman por partes, siendo que se dividen en 4 partes, las cuales se unen mediante refuerzos y soldaduras la fecha previa al montaje de estas.

#### **3.4.1.1. Mano de obra y rendimiento**

La mano de obra está repartida de la siguiente manera.

- 4 armadores
- 4 soldadores homologados
- 6 pintores

El tiempo que les toma a los armadores es de aproximadamente 14 días para terminar las 7 vigas tijerales, teniendo un rendimiento de 0.5 vigas por día, en cuanto a la soldadura los soldadores homologados dedicados netamente a esa tarea les toma 18 días con rendimiento de 0.4 vigas por día, las 4 cuadrillas de soldadores, mientras que la base de zincromato, las dos manos de pintura epoxica y dejar secar entre cada capa de pintura les toma a las cuadrillas de pintores un total de 17 días toma, con un rendimiento aproximado de 0.38 vigas por día.

Estas vigas tijerales son las principales estructuras portantes de la cobertura convencional, ya que sobre ella descansan las viguetas tipo "Z" que son las que transmiten la carga de la cobertura hacia estas vigas, y que por lo tanto son las que se tienen que considerar en una estructura convencional común.

Otra de las partidas que toman tiempo en elaborar son las columnas reticuladas las cuales también son elaboradas con perfilera estructural, el cual toma

tiempo en poder ser armada, soldada y pintada. Al igual que las vigas tijerales, el suministro, armado y pintado de las viguetas tipo “Z” también son un procedimiento tedioso, ya que esta perfilería no existe en el mercado, y por lo tanto se tiene que mandar doblar de acuerdo con las especificaciones técnicas requeridas, y por el metrado que representa se toma un aproximado de 12 días.



*Figura 17. Vigas Tijerales Tipo Arco T-1 vista lateral*

Por lo tanto, la cobertura convencional tiene partidas que toman más tiempo que una cobertura autoportante, esto debido a las características mismas de la estructura y del sistema.



*Figura 18. Vigas Tijerales Tipo Arco T-1 vista frontal*

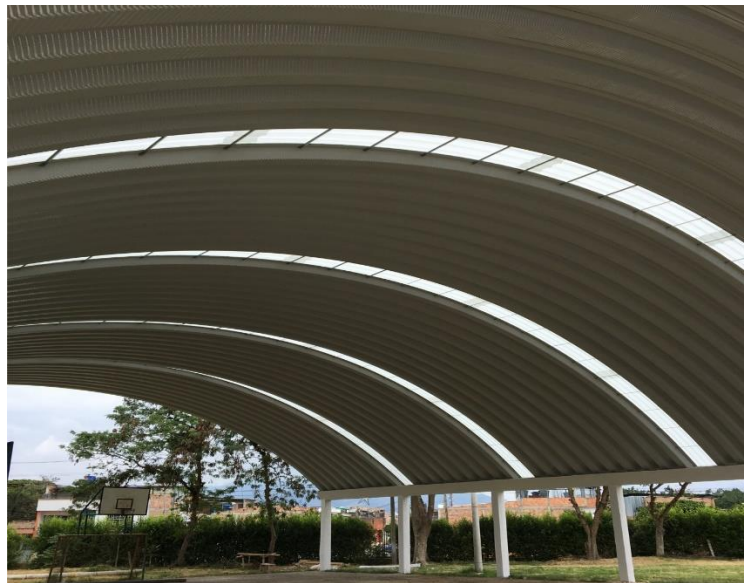
### **3.4.2. Cronograma de Obra Cobertura Autoportante**

En la siguiente ilustración se muestra el cronograma de Obra, de la cobertura convencional, el cual muestra un procedimiento constructivo totalmente diferente al realizado con la cobertura convencional, para esto se tuvo que determinar el

procedimiento adecuado para la planificación de obra, además que se tuvo que realizar un LAST PLANNER, con el cual poder llevar de manera adecuada el control de los tiempo y procedimientos constructivos, además se realizó un diagrama de red, con el cual se armó el procedimiento constructivo de manera adecuada, el cual se podrá presentar a las compañías Industriales, para su posterior estudio y análisis,

Para poder ayudarnos con el planeamiento se realizó un LOOK AHEAD de 3 semanas el cual indica los pasos de manera detallada de todo el proceso constructivo, el cual incluye desde el suministro de los materiales e insumos, hasta el mismo montaje de la cobertura, esta filosofía de planificación lo veremos más adelante.

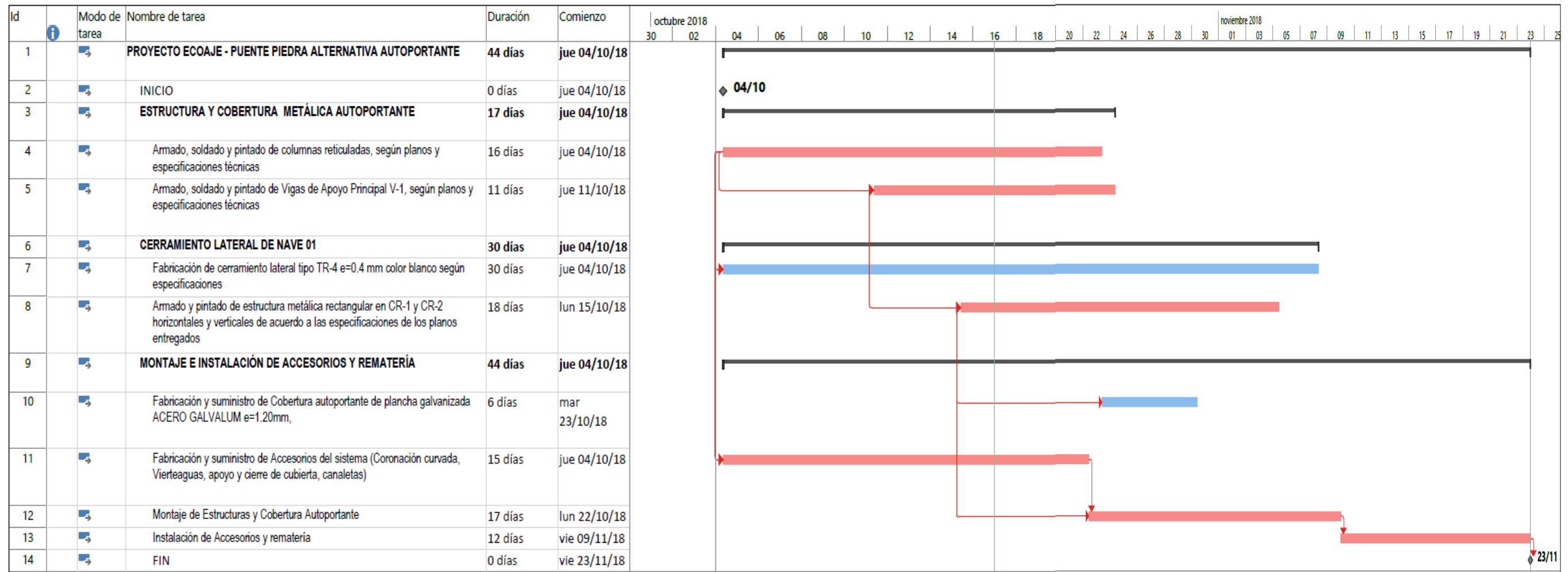
En el caso de la estructura de soporte (pedestales, columnas, cerramiento lateral) se consideró el mismo sistema tanto en el sistema convencional como en el autoportante.



*Figura 19. Cobertura Autoportante, sin presencia de vigas*

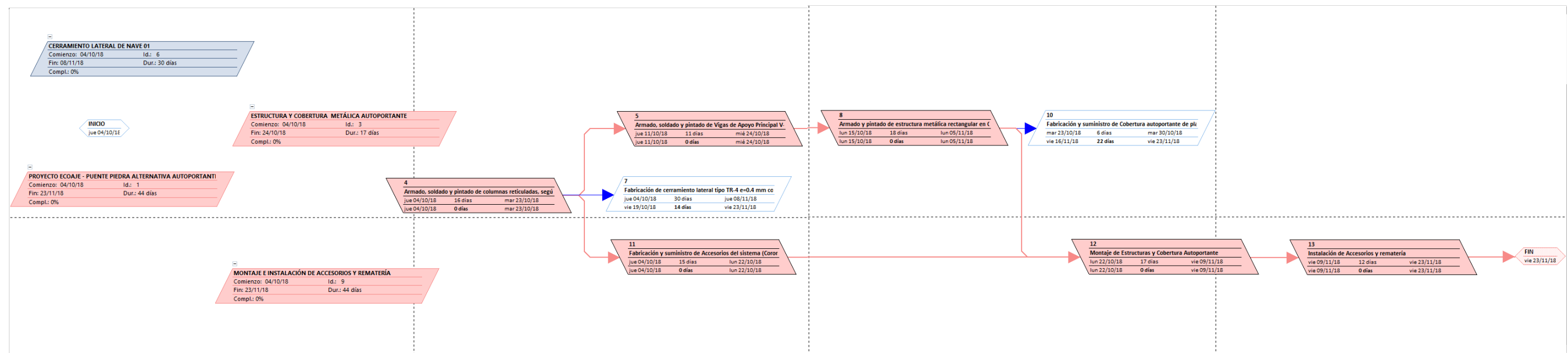


**Tabla 7. Cronograma de Obra Cobertura Autoportante**



Fuente: elaboración propia

**Tabla 8. Diagrama de Red del cronograma de cobertura autoportante**



Fuente: elaboración propia


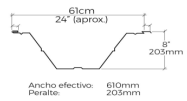
### 3.4.2.1. Proceso constructivo de la Cobertura Autoportante

El proceso constructivo de la cobertura autoportante comienza con el suministro de los insumos, hasta llegar a los procedimientos constructivos. Existen dos maneras de fabricar el elemento, la primera es elaborarla in situ y la otra es mandarla fabricar con empresas dedicadas al rubro, sin embargo, en este apartado mencionaremos el proceso de fabricación in situ.

Para la fabricación de este elemento, se tiene que tomar en cuenta las especificaciones técnicas establecidas por el proyectista, el cual tiene que contar con las características en cuanto a funcionalidad del perfil a fabricar, empezando por la calidad del material y otros procedimientos de calidad.

Se elaboró un formato de control de registro de los defectos de los perfiles de la cobertura, ya que como vimos en el apartado anterior, la calidad, la funcionalidad y el diseño del perfil es un procedimiento importante para las coberturas autoportantes, ya que son elementos que soportan su propio peso.

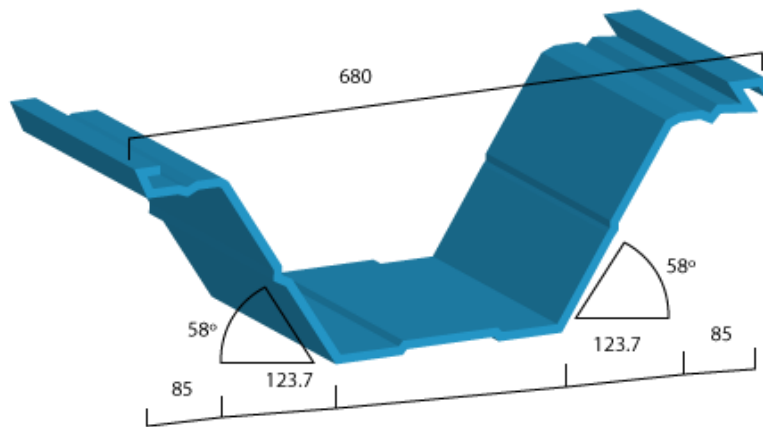
**Tabla 9.** Formato de registro de defectos de los elementos a fabricar (anexo 7)

		ID.							Hoja 1 de 1
		HOJA DE REGISTRO DE LOS DEFECTOS							Edición: Fecha: 23/10/2018
Elemento prefabricado: Perfil Curvado AP 300		Periodo de la Fabricación: 23/10/2018 - 29/10/2018							
Trabajador: Juan Aguayo Gallardo		Turno de Fabricación: Mañana-Tarde							
Fase: Fabricación de Cobertura Autoportante		Línea de producción:							
Descripción	Esquema	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Observaciones	
1.00 Dimensionamiento de Planchas Curvas según Plano y Especificaciones Técnicas									
2.00 Geometría: Ancho Efectivo, Peralte									
3.00 Acabado	Blanco RAL 9010								
4.00 Recubrimiento	Pintura Epóxica Anticorrosiva								
5.00 Cascarillado	No Disponible								
6.00 Sellado	Prueba de Agua								

Fuente: elaboración Propia

Con este formato podemos determinar los defectos de fabricación que podrían presentarse en el proceso de elaboración de los perfiles.





*Figura 20.* Perfil de plancha galvanizada pintada

Este formato nos ayuda a determinar las posibles fallas en el proceso, ya sea por problemas de material, de maquinaria, o de mano de obra, tomando las medidas necesarias para reducir estos inconvenientes.

### **I. Procedimiento de Elaboración de Perfiles.**

Para la elaboración de los perfiles, se están considerando los siguientes materiales, equipos y mano de Obra.

- 1 bobina laminada en frio zincada
- 1 plegadora, Roladora
- 1 operario de maquinaria
- 1 capataz
- 5 ayudantes

El primer paso que se tiene que considerar es el suministro a tiempo del material, en este caso la bobina laminada en frio, el cual de acuerdo con el color y textura del proyecto deberá estar en obra con anticipación antes de empezar con el proceso de fabricación del perfil.

La segunda fase es la de tener a disposición la maquina plegadora, junto con el operario encargado de manejar dicha maquinaria de manera adecuada, esta máquina se adecua al perfil que se quiere elaborar, por lo que las medidas y forma del perfil se considera y se coloca en la computadora que maneja la máquina, después de darle forma a la bobina se procede a pasar por un control de calidad del elemento,

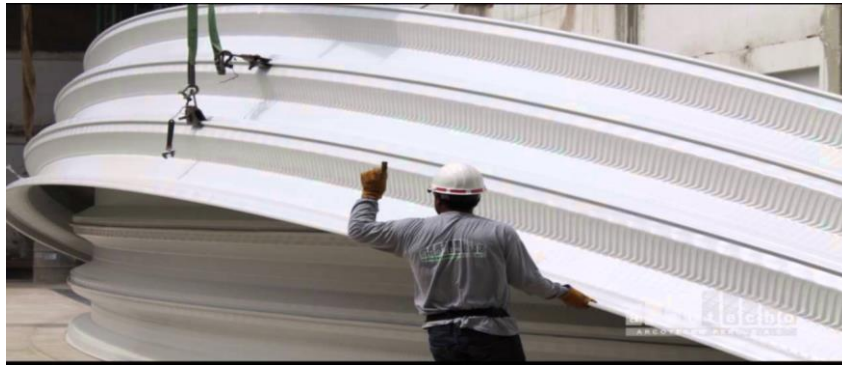
para determinar si presenta algún desperfecto en su elaboración, tomando las medidas necesarias para su corrección.

Después de pasar por el control de calidad, se procede a darle la curva requerida por el perfil, este procedimiento lo realiza la roladora, una máquina que su función es darle la curvatura necesaria al perfil, esto con la ayuda de los ayudantes, los cuales se encargan de sostener el perfil, para que no pierda la forma que tiene ni sufra deformación alguna, verificando en todo momento las medidas y forma del perfil, con la finalidad que cumpla con todos los requisitos establecidos en las especificaciones técnicas del proyecto.



*Figura 21.* Fabricación del perfil de la cobertura autoportante

Finalmente se procede a almacenar los perfiles en un lugar de espacio abierto, donde se pueda trabajar posteriormente para su unión y posterior montaje. Al igual que con la plegadora, también se elabora un control de calidad para determinar si la curvatura cumple con las especificaciones, o si en el proceso de la curvatura se originó alguna falla en el material, o en la forma del perfil. El tiempo de fabricación de los perfiles varía entre los 15 y 20 minutos por plancha, dependiendo de la forma y tamaño del perfil.



*Figura 22. Sellado e izamiento de los perfiles de cobertura autoportante*

## **II. Montaje de la Cobertura Autoportante**

Para el montaje de la cobertura Autoportante, se tiene que pasar por la fase de unión de perfiles, esta consiste en unir entre dos o tres perfiles, de manera que conformen un solo elemento, esto para que con la unión de estos se adopte una mejor rigidez como elemento, logrando un mejor procedimiento de montaje y un menor tiempo de ejecución.

Se desarrollo un formato de calidad en el montaje, el cual nos permitirá un mejor desempeño y calidad en los trabajos.



*Figura 23. Izaje de los perfiles de cobertura autoportante*

**Tabla 10. Formato de calidad en el montaje de perfiles (anexo 8)**

			<b>ID del Documento:</b> 01/18
			<b>Revisión:</b> E.L.E
			<b>Fecha:</b> 07/11/2018
			<b>Especialidad:</b> Arquitectura
<b>Proyecto:</b>	Ampliación Almacén de bebidas: Agua de Mesa (cielo)		
<b>Área:</b>	2750.09 m <sup>2</sup>		
<b>Contratista:</b>	M&F Arquitectos, Constructora y Consultora E.I.R.L.		
<b>Especificaciones:</b>			
<b>Planos:</b>	Estructurales		
<b>ELEMENTO (s):</b> Perfil Curvado AP 300			
<b>ESQUEMA DE PERFIL</b> Largo de Curvatura = 30 m.  <p>Ancho efectivo: 610mm Peralte: 203mm</p>			
	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>RESULTADO</b>	<b>COMENTARIOS</b>
	El material de cobertura no está dañado, cumple estándares/especificaciones y con requerimientos visuales para realizar la instalación	<b>C</b>	No presenta perforaciones, golpes o abolladuras.
	El montaje de la estructura de soporte esta terminada, incluyendo perforaciones mayores	<b>C</b>	La estructura portante esta pintada, asegurada y con los accesorios necesarios.
	Distribución de perfiles correcta según plano, perfectamente unidos sin aberturas	<b>C</b>	
	Correcta colocación, distribución y sellado de autopercorantes (indicar cantidad de autopercorantes/planchas y sellador)	<b>C</b>	20 autopercorantes por plancha, 3 planchas, sellador Sikaflex
	La abertura entre estructura y cobertura es la adecuada	<b>C</b>	mayor o igual a 2mm
	Correcta colocación de accesorios de techo ( Coronación, vierteaguas, Canaletas)	<b>C</b>	
	Correcta colocación de cumbrera	<b>C</b>	
	Correcta colocación de refuerzo y sellado de canaletas	<b>C</b>	Sellado con sikaflex
	Limpieza de las superficies expuestas	<b>NA</b>	
	Otros (Especificar)	<b>NA</b>	
<b>LEYENDA:</b> C:CONFORME NC: NO CONFORME NA: NO APLICA			
<b>COMENTARIOS/OBSERVACIONES</b>			
El montaje e instalación de la cobertura se presento sin ningún inconveniente, además de contar con todos los procedimientos de manera normal, todos los perfiles estuvieron en perfecto estado.			
<b>REALIZADO POR</b>	<b>REVISADO POR</b>	<b>APROBADO POR</b>	

Fuente: Elaboración Propia

Como se muestra en el formato, este controla todo el procedimiento de montaje, desde el izaje hasta la colocación de accesorios de rematería, el cual nos da un mejor control de los procedimientos.

Para finalizar este apartado cabe destacar que según el cronograma de obra elaborado el tiempo total de ejecución de la cobertura autoportante se reduce en 49 días a comparación de la cobertura convencional. En el siguiente apartado veremos cómo llevar el control semanal de estos procesos constructivos con el manejo del LAST PLANNER, y como esto nos ayuda a optimizar aún más el tiempo de ejecución de la cobertura autoportante.

### **3.4.3. LAST PLANNER**

Desarrollado a finales de los 90' por los profesores Ballard y Howell, es un sistema de control que mejora el cumplimiento de actividades y la correcta utilización de recursos y mano de obra, llevando un control semanal del cumplimiento de mediciones o actividades que se están llevando a cabo. Para tener un mejor enfoque de cómo se trabaja con este sistema, se muestra a continuación un formato elaborado para el proyecto de un LOOK AHEAD de tres semanas en el que se resume los trabajos a realizar en las tres primeras semanas de trabajo.

**Tabla 11. LOOK AHEAD de tres semanas**

				OBRA: ALMACÉN DE BEBIDAS ECOAJE SAC: ALTERNATIVA DE COBERTURA AUTOPORTANTE LOOKAHEAD DE 3 SEMANAS ANÁLISIS DE 3 SEMANAS DE LOOKAHEAD														SEMANA 1-3 FECHA 17/08/2018 PREP. POR: ROBERTO LAOS ESPINOZA									
DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES	UND.	FECHA DE INICIO PLANEADA	S. 04 - 06 OCT				SEMANA DEL 08 AL 13 DE OCTUBRE							SEMANA DEL 15 AL 20 DE OCTUBRE						SEMANA DEL 22 AL 20 DE OCTUBRE							
			J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D
			04/10	05/10	06/10	07/10	08/10	09/10	10/11	11/10	12/10	13/10	14/10	15/10	16/10	17/10	18/10	19/10	20/10	21/10	22/10	23/10	24/10	25/10	26/10	27/10	28/10
SUMINISTRO DE PERFILES Y ÁNGULOS DE ACERO ESTRUCTURAL A36	GLB	04/10/2018	RESPONSABLE	YOSAC																							
			METRADO A EJECUTAR	OK																							
TRANSPORTE DE MAQUINARIA Y EQUIPOS A OBRA (MAQUINA DE SOLDAR, PLEGADORA, ROLADORA)	GLB	04/10/2018	RESPONSABLE	VC	VC																						
			METRADO A EJECUTAR	OK	OK																						
ARMADO DE COLUMNAS RETICULADAS	UND.	06/10/2018	RESPONSABLE			CC																					
			METRADO A EJECUTAR			2																					
SOLDADO DE COLUMNAS RETICULADAS	UND.	11/10/2018	RESPONSABLE				CC	CC	CC																		
			METRADO A EJECUTAR				4	4	4																		
PINTADO DE COLUMNAS RETICULADAS	UND.	16/10/2018	RESPONSABLE							JA	JA	JA															
			METRADO A EJECUTAR							3	3	2															
ARMADO DE VIGAS V-1	UND.	11/10/2018	RESPONSABLE									CC															
			METRADO A EJECUTAR									4	4	2													
SOLDADO DE VIGAS V-1	UND.	15/10/2018	RESPONSABLE																								
			METRADO A EJECUTAR																								
PINTADO DE VIGAS V-1	UND.	21/10/2018	RESPONSABLE																								
			METRADO A EJECUTAR																								
FABRICACIÓN DE CERRAMIENTO LATERAL TIPO TR-4 e= 0.4mm COLOR BLANCO SEGÚN ESPECIFICACIONES	M2	04/10/2018	RESPONSABLE	CALAMINON			CALAMINON							CALAMINON						CALAMINON							
			METRADO A EJECUTAR	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56		
ARMADO DE CORREAS HORIZONTALES CR-1	ML	14/10/2018	RESPONSABLE																								
			METRADO A EJECUTAR									CC	CC	CC	CC	CC	CC										
ARMADO DE CORREAS VERTICALES CR-2	ML	20/10/2018	RESPONSABLE																								
			METRADO A EJECUTAR																								
PINTADO DE CORREAS CR-1 Y CR-2	ML	20/10/2018	RESPONSABLE																								
			METRADO A EJECUTAR																								
SUMINISTRO DE BOBINAS DE ACERO GALVANUM e=1.20 mm A36	UND.	22/10/2018	RESPONSABLE																								
			METRADO A EJECUTAR																								
FABRICACIÓN DE COBERTURA AUTOPORTANTE DE ACERO GALVANUM	M2	23/10/2018	RESPONSABLE																								
			METRADO A EJECUTAR																								
FABRICACIÓN Y SUMINISTRO DE ACCESORIOS DEL SISTEMA AUTOPORTANTE	ML	04/10/2018	RESPONSABLE	CALAMINON			CALAMINON							CALAMINON						CALAMINON							
			METRADO A EJECUTAR	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24		
MONTAJE DE COLUMNAS	UND.	22/10/2018	RESPONSABLE																								
			METRADO A EJECUTAR																								
MONTAJE DE VIGAS V-1	UND.	24/10/2018	RESPONSABLE																								
			METRADO A EJECUTAR																								
MONTAJE DE CORREAS CR-1 Y CR-2	ML	26/10/2018	RESPONSABLE																								
			METRADO A EJECUTAR																								
MONTAJE DE COBERTURA	M2	26/10/2018	RESPONSABLE																								
			METRADO A EJECUTAR																								

Fuente: Elaboración Propia

En este LOOK AHEAD de tres semanas mostramos el desarrollo de las partidas a ejecutar, donde tomando en cuenta el cronograma maestro se procedió a controlar las actividades de manera más detallada, tomando en cuenta cada uno de los pasos a realizar, contando con el tiempo del cronograma de obra y el metrado se determinó a los responsables y la cantidad de metrado o unidades de medición que se debería realizar día a día durante la semana, con el fin de determinar si se está cumpliendo con las metas semanales que se establecieron para cumplir con el cronograma maestro, así también esto nos permite levantar cualquier deficiencia en el proceso constructivo.

#### **3.4.4. Comparación de tiempos de ejecución**

Como pudimos observar en los apartados anteriores, se determinó mediante los cronogramas de obras los tiempos de duración de cada una de las alternativas de cobertura autoportante. Lo determinante para que la cobertura convencional tenga más duración es el tiempo que toma en armar y fabricar las vigas tijerales, viguetas y vigas de amarre, que como ya vimos en el cronograma, son las estructuras que cuenta con la mayor cantidad de días para ejecutar, mientras que en la cobertura autoportante no contamos con este tipo de estructuras, por lo que esta cobertura es de las óptimas para reducir el tiempo de ejecución, observemos la siguiente tabla para comparar los tiempos.

**Tabla 12.** *Comparativa de tiempos de ejecución*

<b>Tipo de Cobertura</b>	<b>Duración</b>	<b>Optimización</b>
<b>Cobertura Convencional</b>	93 días	53%
<b>Cobertura Autoportante</b>	44 días	

Fuente: Elaboración Propia

Esta optimización de tiempo nos permite un menor gasto de inversión y un beneficio para las empresas industriales, ya que esto permite que puedan producir en menos tiempo que la convencional, teniendo una recuperación de capital en menos tiempo, y poder tener una mejor oportunidad de reinvertir el capital en más plantas productoras y almacenes, o mejorar el sistema de producción.

### 3.5. Optimización de Costos.

En la optimización de costos, analizaremos los presupuestos, y los APUS de ambos procesos constructivos, con la finalidad de obtener la diferencia en costos y la utilización de recurso material y de mano de obra.

Para esta primera parte se elaboró el presupuesto de la cobertura convencional, en dónde el cual se detalla las partidas a ejecutar, para la culminación la cobertura convencional, teniendo en cuenta los costos reales.

#### 3.5.1. Presupuesto cobertura convencional

En este presupuesto se consideró los materiales requeridos por las especificaciones técnicas del proyecto, cumpliendo con todos los requerimientos de refuerzos, tipos de soldadura y tipos de perfiles estructurales.



*Figura 24. Charla con el personal trabajador*



*Figura 25. Toma de testigos de la cimentación del proyecto*



**Tabla 13. Presupuesto Cobertura Convencional**



S10

Página

1

RESP.: ING. ROBERTO LAOS ESPINOZA

**Presupuesto**

Presupuesto 0103002 PROYECTO ECOAJE - ALMACEN DE BEBIDAS: AGUA DE MESA  
 Subpresupuesto 001 ESTRUCTURAS  
 Cliente ECOAJE SAC  
 Lugar LIMA - LIMA - ATE

Costo al 04/10/2018

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	<b>OBRAS PROVISIONALES</b>				<b>4,684.22</b>
01.01	ALMACEN	glo	1.00	1,746.90	1,746.90
01.02	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS A OBRA	est	1.00	650.00	650.00
01.03	TRAZO DURANTE LA EJECUCION DE LA OBRA (Estructuras)	m2	1,556.00	1.47	2,287.32
02	<b>ESTRUCTURA METALICA Y COBERTURA TR-4</b>				<b>360,587.61</b>
02.01	ARMADO, SOLDADO Y PINTADO DE VIGAS EN FORMA DE ARCO RETICULADA TIERAL T-1, SEGÚN ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y PLANOS	und	7.00	10,689.91	74,829.37
02.02	ARMADO, SOLDADO Y PINTADO DE COLUMNAS RETICULADAS C-1, SEGÚN ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y PLANOS	und	14.00	4,979.35	69,710.90
02.03	ARMADO, SOLDADO Y PINTADO DE TIERAL T-2, SEGÚN ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y PLANOS	und	24.00	2,781.19	66,748.56
02.04	ARMADO, SOLDADO Y PINTADO DE TIERAL T-3, SEGÚN ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y PLANOS	und	4.00	7,656.62	30,626.48
02.05	SUMINISTRO, ARMADO Y PINTADO DE VIGUETAS V-1, PERFIL "Z" SEGÚN ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y PLANOS	m	1,180.80	42.62	50,325.70
02.06	FABRICACIÓN Y PINTADO DE ARRIOSTRES DIAGONALES DE 5/8", SEGÚN PLANOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	und	480.00	20.15	9,672.00
02.07	FABRICACIÓN Y PINTADO DE TEMPLADORES DE 3/4" 28.5M, SEGÚN PLANOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	und	7.00	223.92	1,567.44
02.08	FABRICACIÓN Y PINTADO DE TIRANTES DE 3/8" CON ROSCA Y TUERCA, SEGÚN PLANOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	und	400.00	14.85	5,940.00
02.09	FABRICACIÓN DE COBERTURA PRECOR TR-4 CURVO e=0.50 mm BLANCO, SEGÚN ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	m2	1,722.80	29.70	51,167.16
03	<b>CERRAMIENTO LATERAL NAVE 01</b>				<b>107,636.03</b>
03.01	FABRICACIÓN DE CERRAMIENTO LATERAL PRECOR TR-4 e=0.50 mm BLANCO, SEGÚN ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	m2	1,696.23	29.70	50,378.03
03.02	FABRICACIÓN Y PINTADO DE ESTRUCTURA METÁLICA RECTANGULAR EN CR-1 Y CR-2, HORIZONTALES Y VERTICALES SEGÚN PLANOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	mil	1,800.00	31.81	57,258.00
04	<b>MONTAJE E INSTALACIÓN DE ACCESORIOS</b>				<b>63,219.51</b>
04.01	ANDAMIAJE PARA TRABAJOS EN ALTURA h=16.00 m.	m	100.00	10.52	1,052.00
04.02	MONTAJE E INSTALACIÓN DE ESTRUCTURAS Y COBERTURA TR-4 CON GRÚA TIPO PLUMA	m2	1,722.80	17.36	29,907.81
04.03	INSTALACIÓN Y MONTAJE DE CORREAS CR-1 Y CR-2 Y CERRAMIENTO LATERAL TR-4 CON GRÚA TIPO PLUMA	m2	1,696.23	16.79	28,479.70
04.04	INSTALACIÓN DE ACCESORIOS (CANALETAS, CENEFAS, CUMBRERAS, ZÓCALOS, ESQUINEROS)	m	360.00	10.50	3,780.00
	<b>COSTO DIRECTO</b>				<b>536,127.37</b>
	<b>GASTOS GENERALES (15%)</b>				<b>80,419.11</b>
	<b>UTILIDAD (10%)</b>				<b>53,612.74</b>
	<b>SUBTOTAL</b>				<b>670,159.22</b>
	<b>IMPUESTO (18%)</b>				<b>120,628.66</b>
	<b>PRESUPUESTO TOTAL</b>				<b>790,787.88</b>

SON : SETECIENTOS NOVENTA MIL SETECIENTOS OCHENTISIETE Y 88/100 NUEVOS SOLES

Fuente: elaboración propia

El presupuesto muestra un presupuesto total de S/. 790,787.88, el análisis de precios unitarios se anexará al informe, para poder revisar los precios y recursos de manera adecuada.



*Figura 26.* Toma de niveles para fondo de cimentación



*Figura 27.* Toma de niveles para fondo de cimentación.



*Figura 28.* Excavación con maquinaria para cimentación

### 3.5.2. Presupuesto Cobertura Autoportante

En este presupuesto se consideró los materiales recomendados y expuestos por los profesionales y empresas dedicadas a la edificación de estructuras autoportantes, estos cumplen con la normativa y las especificaciones requeridas para este tipo de proyectos.

**Tabla 14. Presupuesto Cobertura Autoportante**



S10  
RESP.: ING. ROBERTO LAOS ESPINOZA

Página 1

#### Presupuesto

Presupuesto 0103003 PROYECTO ECOAJE - ALMACEN DE BEBIDAS - COBERTURA AUTOPORTANTE  
Subpresupuesto 001 ESTRUCTURA  
Cliente ECOAJE SAC  
Lugar LIMA - LIMA - PUENTE PIEDRA

Costo al 04/10/2018

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	OBRAS PROVISIONALES				5,534.22
01.01	ALMACEN	glb	1.00	1,746.90	1,746.90
01.02	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS A OBRA	est	1.00	1,500.00	1,500.00
01.03	TRAZO DURANTE LA EJECUCION DE LA OBRA (Estructuras)	m2	1,556.00	1.47	2,287.32
02	ESTRUCTURA Y COBERTURA METALICA AUTOPORTANTE				273,249.88
02.01	FABRICACIÓN Y SUMINISTRO DE COBERTURA AUTOPORTANTE DE PLANCHA GALVANIZADA ACERO GALVANUM E=1.20mm	m2	1,722.80	96.48	166,215.74
02.02	ARMADO, SOLDADO Y PINTADO DE COLUMNA RETICULADA C-1, SEGÚN ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y PLANOS	und	14.00	4,979.35	69,710.90
02.03	ARMADO, SOLDADO Y PINTADO DE VIGAS DE APOYO PRINCIPAL V-1, SEGÚN ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y PLANOS	und	12.00	3,110.27	37,323.24
03	CERRAMIENTO LATERAL NAVE 01				107,636.03
03.01	FABRICACIÓN DE CERRAMIENTO LATERAL PRECOR TR-4 e=0.50 mm BLANCO, SEGÚN ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	m2	1,696.23	29.70	50,378.03
03.02	FABRICACIÓN Y PINTADO DE ESTRUCTURA METÁLICA RECTANGULAR EN CR-1 Y CR-2, HORIZONTALES Y VERTICALES SEGÚN PLANOS Y ESPECIFICACIONES	m	1,800.00	31.81	57,258.00
04	TÉCNICAS MONTAJE E INSTALACIÓN DE ACCESORIOS Y REMATERÍA				40,889.24
04.01	FABRICACIÓN Y SUMINISTRO DE ACCESORIOS DEL SISTEMA AUTOPORTANTEA(CENEFA CURVA, CANALETA, APOYO Y CUMBRERA)	m	360.00	36.03	12,970.80
04.02	ANDAMIAJE PARA TRABAJOS EN ALTURA h=16.00 m.	m	100.00	10.52	1,052.00
04.03	MONTAJE DE ESTRUCTURAS PORTANTE	día	7.00	2,453.45	17,174.15
04.04	MONTAJE DE COBERTURA AUTOPORTANTE	m2	1,722.80	3.39	5,840.29
04.05	INSTALACIÓN DE ACCESORIOS Y REMATERÍA	m	360.00	10.70	3,852.00
	COSTO DIRECTO				427,309.37
	GASTOS GENERALES (15%)				64,096.41
	UTILIDAD (10%)				42,730.94
	SUBTOTAL				534,136.72
	IMPUESTO (18%)				96,144.61
	PRESUPUESTO TOTAL				630,281.33

SON : SEISCIENTOS TREINTA MIL DOSCIENTOS OCHENTIUNO Y 33/100 NUEVOS SOLES

Fuente: elaboración propia

El presupuesto muestra un presupuesto total de S/. 630,281.33, el análisis de precios unitarios se anexará al informe, para poder revisar los precios y recursos de manera adecuada.

### 3.5.3. Análisis de Precios Unitarios (APU)

#### Cobertura Convencional

**Tabla 15.** APU de cobertura convencional

Partida	02.01	ARMADO, SOLDADO Y PINTADO DE VIGAS EN FORMA DE ARCO RETICULADA TIJERAL T-1, SEGÚN ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y PLANOS					
Rendimiento	und/DIA	0.5000	EQ.	0.5000	Costo unitario directo por: und	10,689.91	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
<b>Mano de Obra</b>							
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1428	2.2848	25.00	57.12	
0101010004	OFICIAL	hh	4.0000	64.0000	12.50	800.00	
01010200010002	SOLDADOR 3G	hh	4.0000	64.0000	21.50	1,376.00	
01010200010008	OPERARIO PINTOR	hh	5.0000	80.0000	11.25	900.00	
						<b>3,133.12</b>	
<b>Materiales</b>							
02040200030002	ANGULOS DE ACERO DE 2"X2"3/16" X 6 m	var		21.0000	61.20	1,285.20	
02040200050005	ANGULOS DE ACERO DE 4"X4"1/4" X 6 m	var		30.0000	165.57	4,967.10	
02040200050006	ANGULOS DE ACERO DE 3"X3"3/16" X 6 m	var		1.0000	93.24	93.24	
0204180008	PLANCHA DE METAL DE 12" X 8" X 1/4"	und		2.0000	7.95	15.90	
0204180009	PLANCHA DE METAL DE 12" X 2" X 1/4"	und		2.0000	1.98	3.96	
02380100030001	LIJA AL AGUA #100	plg		10.0000	2.30	23.00	
0240020007	PINTURA ESMALTE ANTICORROSIVO TEKNO	gal		3.0000	42.90	128.70	
0240070002	PINTURA ZINCROMATO EPOXICA	gal		3.0000	54.90	164.70	
02550800030002	SOLDADURA ELECTRICA SUPERCITO 3/32"	kg		25.0000	13.90	347.50	
0276020025	DISCO DE CORTE	und		10.0000	3.90	39.00	
0276020050	DISCO DE DESBASTE	und		5.0000	18.90	94.50	
						<b>7,162.80</b>	
<b>Equipos</b>							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	3,133.12	93.99	
03012700010001	MAQUINA DE SOLDAR 350 A	día	1.0000	2.0000	120.00	240.00	
03013300050002	AMOLADORA BOSCH GWS 23-180	día	1.0000	2.0000	30.00	60.00	
						<b>393.99</b>	

Fuente: elaboración propia

Como observamos en este análisis de precios, el costo de una viga tijeral es costoso por el hecho que utiliza perfiles estructurales, con costos elevados, así como el ángulo de 4", además también el uso de mano de obra es costoso ya que, para poder completar la cantidad total de vigas, se han tenido que utilizar 13 personas entre operarios y soldadores, los cuales el costo en el mercado es de los de más demanda y por ende mayor costo.

La utilización de materiales para el acabado también suma un gran costo, ya que se está utilizando pintura que soporta la corrosión, que por lo general el costo en el mercado de una pintura epóxica es alta, costando el galón aproximadamente S/. 60.00, el cual para una sola viga se utiliza 3 galones.

Así mismo, las viguetas, arriostres, vigas de amarre suman el costo al proyecto por tener un costo de perfil estructural elevado a comparación de los materiales usados en la cobertura autoportante.

### Cobertura Autoportante

**Tabla 16.** APU de cobertura autoportante

Partida		02.01		FABRICACIÓN Y SUMINISTRO DE COBERTURA AUTOPORTANTE DE PLANCHA GALVANIZADA ACERO GALVANUM E=1.20mm			
Rendimiento	m2/DIA	MO.	750.0000	EQ.	750.0000	Costo unitario directo por : m2	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
<b>Mano de Obra</b>							
0101010002	CAPATAZ	hh		0.2000	0.0021	25.00	0.05
01010100060003	OPERADOR DE MAQUINARIA	hh		1.0000	0.0107	18.75	0.20
01010200010015	AYUDANTE	hh		5.0000	0.0533	10.00	0.53
							<b>0.78</b>
<b>Materiales</b>							
02340600010007	PLANCHA ZINCADA BZ JIS 3302 1.2 x 1,200mm ASTM A653	und			1.0000	93.00	93.00
							<b>93.00</b>
<b>Equipos</b>							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo			3.0000	0.78	0.02
0301400005	PLEGADORA Y ROLADORA	hm		1.0000	0.0107	250.00	2.68
							<b>2.70</b>

Fuente: elaboración propia

En este APU, el costo de metro cuadrado de cobertura autoportante nos cuesta S/.96.48 por m2, esto debido que la estructura autoportante no usa perfiles estructurales en su composición, lo cual vimos en el análisis anterior involucra

estructura portante pesada, lo cual incrementa el precio, el único material a usar en la cobertura autoportante es la plancha zincada, esta se puede hacer pedido en fabrica ya con el color y las especificaciones requeridas para el proyecto, solo el uso de 6 personas entre operarios y ayudantes hace reducir el costo del material, y el alquiler de la máquina para realizar el doblado y la forma del perfil tiene un costo de alquiler hora máquina de S/ 250.00 pudiendo conseguirse a precios menores en el mercado.

### 3.5.4. Comparativa de presupuestos

En esta comparativa se determinará la diferencia entre los costos de cada una de las alternativas, y podremos determinar el monto de inversión con las que las empresas pueden ejecutar cada tipo de alternativa, siendo por ende la cobertura autoportante la más rentable. En el siguiente cuadro detallamos los costos para cada alternativa, comparando los costos en el caso de la cobertura convencional los tijerales principales, y en la cobertura autoportante la elaborada a base de la plancha galvanizada.

**Tabla 17.** Comparativa de ambos sistemas constructivos

COMPARATIVA DE PRESUPUESTOS							
Cobertura Convencional				Cobertura Autoportante			
Descripción	Und.	Cantidad	Precio	Descripción	Und.	Cantidad	Precio
Viga principal en arco reticulada	Und.	07	74,829.37	Cobertura autoportante de plancha galvanizada	M2	1722.80	166,215.74
Viguetas V-1 Perfil "Z"	ml.	1180.80	50,325.70	Viga de apoyo principal	Und.	12	37,323.24
Tijeral T-2 de amarre	Und.	24	66,748.56	Templadores	Und	14	3134.88
Arriostres	Und	480	9,672.00				
Templadores	Und	07	1,567.44				
Tirantes	Und	400	5,940				
Cobertura Precor	M2	1722.80	51,167.16				
<b>Total</b>			<b>S/260,250.23</b>	<b>Total</b>			<b>S/206,673.86</b>

Fuente: elaboración propia

**Tabla 18.** Comparativa en montos totales de ambos sistemas constructivos

<b>Tipo de Cobertura</b>	<b>Monto (S/.)</b>	<b>Optimización</b>
<b>Cobertura Convencional</b>	S/. 790,787.88	21%
<b>Cobertura Autoportante</b>	S/. 630,281.33	

Fuente: elaboración propia

Como podemos apreciar en el cuadro la cobertura autoportante muestra un ahorro significativo, siendo este la alternativa ideal para la construcción de cobertura autoportante.

En cuanto a la logística de los materiales, tal como se mostró en el anexo 04, se muestra una lista de los proveedores tanto nacionales e internacionales de los insumos y materiales a usar en la cobertura autoportante, como podemos apreciar existen varios proveedores nacionales, los cuales ofrecen también alternativas de materiales similares a los expuestos, con la finalidad de que el proyectista opte por cualquiera de las opciones presentadas por estos. Cabe mencionar que los materiales en el mercado todas están amparadas por las normas vigentes.

### **3.6. Normativa de las Coberturas Autoportantes.**

La normativa es importante para la construcción de cualquier edificación, debido a la importancia que tiene este para el buen desarrollo de los procedimientos y procesos constructivos, y en la construcción de los almacenes autoportantes, no hay la excepción. A continuación, mencionamos algunas normativas a la que se debe de basar este tipo de construcciones.

#### **3.6.1. Reglamento Nacional de Edificaciones – RNE 2006**

##### *NTP-E.020 (Cargas)*

Toda edificación y sus partes deben ser capaces de poder resistir las cargas que se les aplique como consecuencia del uso al que están determinados. Estas actuarán de forma combinada y no deberán causar esfuerzos ni deformaciones que exceden los límites señalados para cada material estructural en su norma de diseño específica. Esta norma se complementa con la NTE E.030 diseño sismo resistente y con las normas de diseños de los diversos materiales.

*NTP-E.030 (parámetros mínimos del sismo)*

Esta norma establece las condiciones mínimas para que las edificaciones diseñadas según requerimientos tengan un comportamiento sísmico acorde con los principios señalados en el artículo 3°.

*NTP-E.090 (Parámetros de los esfuerzos en los perfiles de las estructuras metálicas)*

Norma de diseño, fabricación y montaje de estructuras metálicas para edificaciones, el cual contiene los criterios de métodos de factores de carga y resistencia (LRFD) y el método de esfuerzos permisibles (ASD).

### **3.6.2. AISC Especificación para edificaciones de estructuras metálicas.**

Esta especificación establece ciertos criterios para el diseño, fabricación y montaje de los edificios de acero estructural y otras afines. En caso esta especificación haga referencia al código de construcción aplicable, dicho código no existiera, las cargas, combinaciones de carga, limitaciones de sistema, requerimientos de diseño en general serán establecidos en ASCE/SE17.

### **3.6.3. AISI Especificación para el Diseño de Estructuras metálicas conformadas en frío.**

Especificación aplicada al diseño de miembros estructurales conformados en frío a partir de láminas, planchas, planchuelas, o barras de acero al carbono o de baja aleación de no mas de una pulgada de espesor y utilizadas para soportar cargas en un edificio. El diseño se debe de efectuar de acuerdo con los requisitos para el diseño por factores de carga y resistencia (LRFD), o de acuerdo con los requisitos para el diseño por tensión admisibles (ASD).

### **3.6.4. Elementos de acero nacional.**

Se considera elemento de acero estructural nacional a todos los que se encuentran regidos bajo las normas NTP, siendo estos los siguientes:

- Acero estructural, ASTM A36 (AASHTO M270 Grado 36)
- Tubos redondos de acero negro y galvanizado, soldados y sin costura, ASTM A53, Gr. B.
- Acero de alta resistencia y baja aleación, ASTM A242



- Tubos estructurales de acero al carbono, doblados en frío, soldados y sin costura, ASTM A500.
- Tubos estructurales de acero al carbono, doblados en caliente, soldados y sin costura, ASTM A501.
- Planchas de acero aleado, templado y revenido, de alta resistencia, adecuadas para soldadura, ASTM A514 (AASHTO M270 Grado 100 y 100W).
- Acero al Carbono – Manganeso, de alta resistencia, de calidad estructural, ASTM A529.
- Planchas de acero estructural de baja aleación, templado y revenido, con límite de fluencia mínimo de 485 Mpa, de hasta 100mm de espesor, ASTM A852 (AASHTO M270 Grado 70W).

#### IV. DISCUSIÓN

#### **4.1. ¿La cubierta autoportante cumple con los requisitos funcionales para su utilización?**

*La alternativa de cubierta autoportante cuenta con requisitos funcionales para su utilización.* Para establecer estos requisitos de una estructura autoportante, se debe de cumplir con ciertos parámetros de calidad en cuanto al material a utilizar, el cual tiene que pasar por pruebas que determinen su funcionalidad frente a ciertas condiciones de trabajo y comportamiento.

Abad Fuentes, Carmen Vanessa (2016), en su tesis Diseño de un sistema constructivo de cubierta curvada Autoportante de chapa de acero conformada en frío, nos manifiesta sobre el estudio que realizó a la chapa de acero conformada en frío, que es la principal materia prima para la elaboración de los perfiles, sobre las hipótesis de carga realizó estudios donde considero diferentes situaciones y permutaciones en caso actúen fuerzas de viento lateral, y combinaciones de viento y nieve, obteniendo condiciones desfavorables para diferentes tipos de edificación, reemplazándolas con hipótesis combinadas.

Abad también manifiesta que, para cubiertas de gran longitud y baja flecha, el comportamiento de la cubierta es menos funcional.

Complementando con los resultados obtenidos en los ensayos realizados a los perfiles se obtuvo comportamientos a diferentes situaciones de carga, sin embargo, no es posible determinar el comportamiento de esas cargas incluyendo el comportamiento del entorno, ya que en estos ensayos no se realizaron considerando estas cargas externas y/o de entorno.

Loyaga, German (2016, pág. 80), en su artículo Sistema de techos autoportados: ArcoTecho, sistema de losa aligerada: Vigacero, menciona que el sistema es adaptable a la variedad de climas que tenemos en nuestro territorio, ya que debido al proceso de sellado que presenta entre arcos evita las filtraciones causadas por las lluvias, además menciona que este sistema reduce los costos de mantenimiento, ya que la perfilería utilizada en este sistema cuenta con recubrimiento galvanizado y una capa de pintura de alta calidad que asegura una vida útil más extensa.

Como principal limitación en determinar los requisitos funcionales de los perfiles, se tuvo que no existen laboratorios de ensayos de materiales con los que se pueda determinar el comportamiento de los perfiles, combinando condiciones de carga por funcionalidad y cargas por entorno o condiciones ambientales.

#### **4.2. ¿En cuánto se reducen los tiempos y costos de ejecución con la cobertura autoportante?**

La optimización de costo-tiempo es la hipótesis general planteada en esta tesis, y la *cobertura autoportante logra reducir el costo-tiempo de ejecución* ya que con eso queremos demostrar los beneficios de optar por la alternativa de las coberturas autoportantes.

Como menciona Montoya Martínez, Denise Alejandrina (2016), en su tesis Optimización de estructuras de naves industriales empleando tecnología BIM, la aplicación de nuevas herramientas o aplicaciones de softwares de ingeniería, ayudan a reducir el tiempo de desarrollo de un proyecto hasta en un 50% comparado a un modo tradicional, ya que estos unifican tareas que interviene entre sí, globalizándola de forma automática.

Esto refuerza nuestros resultados en la diferencia de tiempos hallados en nuestra tesis, ya que tuvimos un aproximado de un 51% de tiempo ahorrado en el proceso de ejecución, esto se dio aplicando el sistema de LAST PLANNER Y LOOK AHEAD, además de la implementación de formatos de control de calidad y otras técnicas.

Bonilla Salazar, Cristian Marcelo; Rueda Martínez, Cristian Marcelo (2006), en su tesis Optimización de los procesos en la construcción de estructuras metálicas de edificios, nos mencionan que las construcciones de estructuras metálicas es un proceso desarrollado en base al avance y desarrollo del tratamiento y descubrimiento del acero, por lo que todos los procesos deben ser evaluados, analizados y optimizados, con el fin de lograr un mayor provecho, con este fin se han desarrollado un gran número de softwares que optimizan el tiempo de análisis y diseño,

Gutarra Sobrevilla, Milagros Nadieska (2016), en su Tesis Mejoramiento de almacenes autoportados con elementos de acero estructural nacionales, menciona que el costo de las estructuras se incrementa debido al peso de las estructuras, es por esto que reemplazar las estructuras convencionales, por puntales que conforman los racks metálicos, reduce la esbeltez de los tijerales, correas y largueros, lo que disminuye el peso de los mismos hasta en un 24.7%. Así mismo también manifiesta que se recomienda el uso de los almacenes autoportantes a las empresas del rubro logístico e industrial, pues resultan más económicos y con un menor tiempo de ejecución respecto a los convencionales, haciendo la salvedad que se requiere un espacio disponible para el libre tránsito.

Las conclusiones de Gutarra Sobrevilla (2016) contrastan con los resultados obtenidos en los análisis obtenidos por nuestra cuenta, ya que obtuvimos grandes diferencias en tanto costo y tiempo de ejecución a favor de las coberturas autoportantes, dando como principal alternativa a las coberturas autoportantes en el rubro logístico e industrial.

Coincidiendo con Gutarra Sobrevilla (2016), una de las limitaciones sobre las coberturas autoportantes, es que se tiene que disponer de un espacio en obra para el libre tránsito de los equipos y materiales, además de un área para la fabricación de los perfiles, en caso de disponga realizarlo in situ.

#### **4.3. ¿Son las cubiertas autoportantes reglamentadas y aptas para su construcción en el Perú?**

*La cubierta autoportante está normada y apta para su construcción en el Perú, cumpliendo con todas las normas requeridas, este sistema de cobertura autoportante se basa en la normatividad vigente en el país, tanto en los materiales a usarse como en los procedimientos de fabricación.*

En cuanto al comportamiento del sistema Gutarra Sobrevilla (2016), menciona que tienen un mejor comportamiento con respecto al sistema tradicional, ya que los desplazamientos fueron de 0.03 mm, a comparación de los 82.7 mm, resultando en un 99.9% menos, encontrándose ambos desplazamientos en el rango máximo admisible de 90 mm.

La normativa peruana esta presente en todas las opciones de materiales a usarse, ya que todas han pasado por pruebas y ensayos de resistencia de materiales.

Como limitaciones tenemos que la poca información, y la baja demanda de este sistema, resulta en que las empresas dedicadas a este rubro no cuentan con todos los certificados de calidad correspondientes.

## V. CONCLUSIONES

## CONCLUSIONES

Las Cubiertas autoportantes, cuenta con varios requisitos funcionales para su elaboración, construcción y puesta en servicio, ya que debido a sus características técnicas y de propiedades de materiales, es mucho más funcional y tiene un mejor comportamiento que un sistema convencional, esto ayuda a reducir los pesos de los elementos estructurales, lo cual lo hace más dinámico a las cargas que producen el entorno como el viento, nieve y lluvias. Mediante los ensayos realizados a las cargas se determinó los tipos de perfiles para cubrir luces de hasta 35m. lo que lo hace una alternativa propicia para grandes ambientes. Es por lo que las cubiertas autoportantes cuentan con los requisitos funcionales para su construcción y puesta en servicio.

El tiempo de ejecución como pudimos observar en la comparación de cronogramas tuvo una mejoría en un 51%, lo que lo hace una alternativa ideal para empresas que quieran reducir el tiempo muerto en su producción y generar ingresos en la brevedad de tiempo, es por lo que una cobertura autoportante es ideal para reducir tiempos de ejecución, pues el mismo sistema constructivo requiere de menos tiempo que el convencional.

Según el presupuesto de la cobertura convencional tiene un incremento del 21% frente a la cobertura autoportante, esto debido a que cuenta con elemento estructurales de gran magnitud, que por el peso en acero con el que cuentan incrementa el costo, mientras que la estructura autoportante al no contar con este sistema portante reduce los costos de construcción, es por lo que los sistemas autoportantes son alternativas que reducen el costo de inversión de las empresas.

El cumplimiento con la normatividad de los materiales utilizados en la elaboración de los perfiles, elementos estructurales y accesorios del sistema autoportantes lo hace óptimo para su fabricación en los almacenes y obras de grandes luces.

En conclusión, la alternativa de Cubierta autoportante optimiza el Costo-Tiempo de un proyecto de almacenes de cualquier envergadura, ya que tiene cuenta con los requisitos funcionales necesarios, además de estar avalado por certificaciones y la normatividad vigente del país.

## VI. RECOMENDACIONES



## **RECOMENDACIONES**

Para lograr unos mejores resultados en la demostración de los requisitos funcionales de los perfiles autoportantes, es necesario realizar ensayos con cargas sobre lo largo del perfil, y tomando en cuenta las condiciones ambientales dependiendo del lugar donde se realizará el proyecto, esto para garantizar el perfecto funcionamiento de la estructura.

La mejor manera de llevar un proceso constructivo y mejorar los tiempos de ejecución de la obra, es necesario contar con áreas libres para el tránsito, y la fabricación de los perfiles y elementos estructurales, esto con la finalidad de llevar un mejor orden y control.

El proyectista debe de considerar la disponibilidad de materiales en la zona de influencia, ya que la falta de alguno de ellos retrasaría en gran medida el avance del proyecto, es por eso que debe de tomar en cuenta todas las alternativas presentes en el mercado local y realizar un proyecto acorde con lo que se presente en la localidad.

Los materiales para usarse en la elaboración de los perfiles y elementos estructurales deben de estar avalados por la normatividad vigente, así como presentar certificados de calidad de material, y demás certificaciones que se requieran.

La opción adecuada en la elección del personal o empresa a ejecutar un sistema autoportante deberá de contar con experiencia previa o en caso de contar con certificaciones que avalen su trabajo, sería una mejor opción ya que habría la seguridad que se podría lograr lo propuesto en cuanto a la optimización de Costo-Tiempo.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

## Bibliografía

1. ABAD, Carmen. Diseño de un sistema constructivo de cubierta curvada autoportante de chapa de acero conformada en frío. 2016.
2. ARIAS, Fidas. El Proyecto de Investigación: Guía para su elaboración. Caracas : Editorial Texto, 1999.
3. AUAS, Daniel. Definición de las variables, enfoque y tipo de investigación. Bogotá : s.n., 2015.
4. AVILA, Hector. Introducción a la Metodología de la Investigación. CD. Cuauhtemoc : [s.n.], 2006.
5. BAENA, Guillermina. Metodología de la Investigación. San Juan Tlihuaca : Grupo Editorial Patria, 2017.
6. BERNAL, César. Metodología de la investigación, administración, economía, humanidades y ciencias sociales. 2010.
7. BONILLA, Galo y Rueda, Cristian. Optimización de los procesos en la construcción de estructuras metálicas de edificios. Quito : [s.n.], 2006.
8. BROTONS, Pascual. Construcción de estructuras metálicas. s.l. : Editorial Club Universitario, 2010.
9. CEGARRA, José. Metodología de la Investigación Científica y Tecnológica. Catalunya : Ediciones Díaz de Santos, 2011.
10. CHALCO, Michel. Aplicación de estándares globales del PMI en el proyecto y construcción de 03 almacenes te techo autoportante para el almacenamiento de equipos y el adoquinado de vías de acceso y circulación-Planta YURA Arequipa. Arequipa : [s.n.], 2016.
11. *Cubiertas Curvadas Auto Portantes*. INCOPERFIL. Valencia : [s.n.], 2007.
12. EPPENS, Pilar y MARISCOTTI, Lucas. Estudio de factibilidad de la implementación de fábricas desmontables de viviendas prefabricadas en el campo en la industria petrolera. 2017.
13. ESCAMER, Agustín. [www.eic.cat](http://www.eic.cat). [En línea] 06 de Junio de 2014. [Citado el: 08 de Mayo de 2018.] <http://www.eic.cat/gfe/docs/14223.pdf>.
14. FALCONÍ, Aguiar y BERMEO, Natalia. Reforzamiento Sísmico de Naves Industriales con Vigas San Andrés. 2013.
15. GARCÍA, Rafael. *Entramados de la Autarquía y el Desarrollo. Estructuras de celosía metálica en España entre 1940 y 1970.* Madrid : [s.n.], 2013.
16. GIL, Asier. El arco como sistema estructural-constructivo: aplicaciones a puentes, cubiertas de grandes luces. Bilbao : [s.n.], 2016.

17. GONZALEZ, Francisco. Metodología eficiente para optimización de pórticos industriales en viga armada según EC-3. Gijón : [s.n.], 2016.
18. GUTARRA, Milagros. Mejoramiento de almacenes autosoportados con elementos de acero estructural nacionales. Huancayo : [s.n.], 2016.
19. JUEZ, Juan, Delgado, Daniel y Hamalainen, Carlos. Rehabilitación, mantenimiento y conservación de cubiertas. Madrid : Tornapunta Ediciones, 2013.
20. HERNÁNDEZ, R., Fernandez-Collado, C y Baptista L. Metodología de la investigación. 2013.
21. HINOSTROZA, Alexandra. Evaluación de las fases de éxito en el proyecto "Construcción del Almacén de productos terminados (I Etapa) - Kimberly Clark - Perú". Lima : [s.n.], 2010.
22. LEVATTI, Hector. Diseño de dos naves industriales gemelas en el polígono Nord de Terrassa. Terrassa : [s.n.], 2013.
23. LOYAGA, German. Sistema de Techo Auto soportados. 323, Lima : s.n., 2016.
24. MARTÍ, Carlos. Las bóvedas autoportantes. 15, Montevideo : [s.n.], 2001.
25. MCCORMAC, Jack, [et al]. Diseño de estructuras metálicas: método ASD. s.l. : Alfaomega, 1999.
26. MENDOZA, Marwin. Análisis comparativo entre coberturas reticuladas convencionales y auto portantes, caso aplicativo: Centro de Convenciones de la Universidad Nacional del Altiplano-Puno. Puno : [s.n.], 2016.
27. MONGE, Alex. Diseño de un panel sándwich semi-ligero con aislamiento de fibra natural proveniente del Ecuador que supere las prestaciones de los paneles existentes actualmente en el mercado, en base a parámetros térmicos, acústicos y de respeto por el medio ambiente. Cuenca : [s.n.], 2016.
28. MONJE, Carlos. Metodología de la Investigación Cuantitativa y Cualitativa. Neiva : [s.n.], 2011.
29. MONTROYA, Denise. Optimización de estructuras de naves industriales empleando tecnología BIM. Aguascalientes : [s.n.], 2016.
30. MUÑOZ, Jefry. Optimización de las líneas base de costo y tiempo de un proyecto inmobiliario, mediante el empleo de la estructura de descomposición del trabajo (EDT). Bogotá : [s.n.], 2017.
31. NAMAKFOROOSH, Mohammad. Metodología de la Investigación. México DF : LIMUSA, 2000.
32. PENA, Alfredo. Naves industriales con acero. Montevideo : APTA, 2009.
33. PERALES, Jesús, GARCÍA, Luis y RODRÍGUEZ, Pablo. 2015. Problemas de estructuras metálicas. Castilla La Mancha : Ediciones de la Universidad de Castilla La Mancha, 2015.

34. RODRIGUEZ, Enrique. Análisis y Optimización de la estructura del "Gimnasio Maravillas" de Alejandro de la Sota. Valladolid : [s.n.], 2015.
35. RODRÍGUEZ, Ernesto. Metodología de la Investigación. Tabasco : [s.n.], 2005.
36. SALAZAR, Carlos. Costo y tiempo en edificación. s.l. : Limusa, 1969.
37. TAMAYO, Mario. El proceso de la Investigación científica. Mexico : LIMUSA, 2004.
38. YEPEZ, Carlos. Elaboración Del Sistema Constructivo De La Cimentación y Montaje de la Estructura Metálica En La Construcción De Un Galpón Destinado a Uso Múltiple En EL Km 13.5 Vía Samborondón Provincia del Guayas. Guayaquil : [s.n.], 2016.
39. YOUSSEF, Chouli. Estado de conocimiento de las cubiertas metálicas. 2003.
40. ZAMBRANO, María. Estudio de caso de una empresa de fabricación y montaje de cubiertas autoportantes: CONACERO SA., aplicando un modelo de administración de producto/servicio. Quito : [s.n.], 2013.

## VIII. ANEXOS

Anexo 1. *Matriz de consistencia*

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
<p><b>Problema General:</b></p> <p>¿Es la cubierta autoportante la alternativa ideal para optimizar tiempo y costos en la construcción de almacenes en Lima-Perú?</p> <p><b>Problemas Específicos:</b></p> <p>PE1: ¿Cuáles son los requisitos funcionales de las cubiertas autoportantes?</p> <p>PE2: ¿En cuánto se reducen los tiempos de ejecución con la alternativa de cubierta autoportante?</p> <p>PE3: ¿En cuánto se reducen los costos de construcción con la alternativa de cubierta autoportante?</p> <p>PE4: ¿Son las cubiertas autoportantes reglamentadas y aptas para su construcción en el Perú?</p>	<p><b>Objetivo General:</b></p> <p>Plantear el uso alternativo de cubiertas autoportantes, para la optimización de tiempo y costos en la construcción de almacenes en Lima - Perú</p> <p><b>Objetivos Específicos:</b></p> <p>OE1: Identificar los requisitos funcionales de las coberturas autoportantes</p> <p>OE2: Identificar en cuanto se reducen los tiempos de ejecución con la alternativa de cubierta autoportante</p> <p>OE3: Identificar en cuanto se reducen los costos con la alternativa de cubierta autoportante</p> <p>OE4: Identificar si las cubiertas autoportantes están reglamentadas y aptas para su construcción en el Perú</p>	<p><b>Hipótesis General:</b></p> <p>El uso alternativo de cubiertas autoportantes optimiza el tiempo y costo en la construcción de almacenes en Lima - Perú</p> <p><b>Hipótesis Específicas:</b></p> <p>H<sub>1</sub>: La cubierta autoportante cuenta con los requisitos funcionales para su construcción y puesta en servicio.</p> <p>H<sub>2</sub>: Con la cubierta autoportante se reduce los tiempos de ejecución en el proceso constructivo</p> <p>H<sub>3</sub>: Con la cubierta autoportante se reducen los costos del proyecto de reinversión de las Empresas industriales</p> <p>H<sub>4</sub>: La cubierta autoportante está normada y apta para su construcción en el Perú, cumpliendo con todas las normas requeridas</p>	<p><b>Variable 1:</b></p> <p>Alternativa de Cubiertas portantes, en la optimización de tiempo y costos</p>	<p><b>Tipo de Investigación:</b></p> <p>Tecnológica</p> <p><b>Nivel de Investigación:</b></p> <p>Descriptivo Correlacional</p> <p><b>Diseño de Investigación:</b></p> <p>No experimental - transeccional</p>

Anexo 2. Tabla de censo de empresas manufactureras

**NÚMERO DE EMPRESAS MANUFACTURERAS ACTIVAS POR TAMAÑO DE EMPRESA  
SEGÚN PROVINCIAS**

Provincia	Total Empresas	%	Micró	Pequeña	Mediana-grande
<b>Total</b>	<b>74 310</b>	<b>100.0%</b>	<b>68 469</b>	<b>4 777</b>	<b>1 064</b>
LIMA	72 665	97.8%	66 866	4 743	1 056
HUAURA	519	0.7%	502	13	4
HUARAL	322	0.4%	316	5	1
CAÑETE	321	0.4%	315	5	1
BARRANCA	304	0.4%	298	4	2
HUAROCHIRÍ	133	0.2%	126	7	-
OYÓN	32	0.0%	32	-	-
CANTA	10	0.0%	10	-	-
CAJATAMBO	3	0.0%	3	-	-
YAUYES	1	0.0%	1	-	-

FUENTE: CENSO MANUFACTURA, 2007 - SUNAT REGISTRO RUC, 2011

ELABORACIÓN: PRODUCE-DVMYPE-DGI/Directorio de Empresas Industriales, Septiembre 2011

NOTA: Micró (de 0 a 150 UIT), Pequeña (de 151 a 1700 UIT), Mediana y grande (de 1701 a más UIT)



*Anexo 3. Plano de Ubicación*

Anexo 4. Formato de Recolección de Datos de Proveedores de Materiales

#	Elemento a comprobar	Descripciones	Proveedor Local/Nacional	Proveedor Internacional
<b>1</b>	<b>Proveedores de Perfilera y Accesorios</b> □			
1.1	Perfil curvado autoportante INCO 44,4	Materia prima principal para los elementos de autoaporte (perfil interior)	Arcotecho Perú, Arcus-Global	Incoperfil España, Apimet
1.2	Filtro de lana de roca	Se dispone de forma continua en toda la cubierta, como aislamiento	HyN Empaquetaduras e Importaciones SAC, A3A Group	RockWool Peninsular S.A.U., Archiproducts
1.3	Perfiles Omega	Se dispone para la formación de la cubierta sándwich como subestructura auxiliar	Sodimac, Ardisa, Insumasur S.A.	Incoperfil España, Knauf, Durlock S.A.
1.4	Perfil curvado no portante	Material conformado por cualquier perfil no portante que sirve como perfil exterior	Precor, Calaminon S.A.	NARGESA, Welser, Metalcur
1.5	Perfiles estructurales	Perfilería estructural que recibe las reacciones generadas por la cubierta autoportante, vienen a ser las vigas de apoyo y tirantes	Tradisa, Yohersa, Aceros Arequipa, Abinsur	Gerdau, Ahm S.A.
1.6	Coronación Curvado	Accesorios de Rematería y estanqueidad	Precor, Calaminon S.A.	Incoperfil España, Knauf, Durlock S.A.
1.7	Vierteaguas Curvado	Accesorios de Rematería y estanqueidad	Precor, Calaminon S.A.	Incoperfil España, Knauf, Durlock S.A.
1.8	Junta Grecada	Accesorios de Rematería y estanqueidad	Precor, Calaminon S.A.	Incoperfil España, Knauf, Durlock S.A.
1.9	Apoyo y cierre de cubierta sandwich	Accesorios de Rematería y estanqueidad	Precor, Calaminon S.A.	Incoperfil España, Knauf, Durlock S.A.
1.10	Canal extrema	Accesorios de Rematería y estanqueidad	Precor, Calaminon S.A.	Incoperfil España, Knauf, Durlock S.A.


Anexo 5. Formato de Recolección de Datos de Campo del Proyecto

#	Elemento a comprobar	Descripciones	Disponible	No Disponible
<b>2</b>	<b>Datos de Campo</b>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.1	Estudio de mecánica de Suelos	Estudio destinado a determinar el estado del suelo y la capacidad portante del mismo	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.2	Memoria de cálculo estructural	Datos donde se determinan los cálculos de las estructuras de la Edificación	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2.3	Planos Estructurales y Arquitectónicos	Planos que detallan los elementos estructurales y arquitectónicos	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.4	Especificaciones Técnicas	Documento donde se menciona las normas, exigencias y procedimientos del proyecto	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.5	Memoria Descriptiva	Documento donde se detalla los alcances y objetivos del proyecto	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.6	Disponibilidad de espacio de fabricación in situ	Espacio disponible en obra para la fabricación de los perfiles y planchas para la cobertura	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.7	Servicios de Energía Eléctrica Trifásica	Servicio de energía eléctrica para cubrir la dote de energía para los trabajos de soldadura y maquinaria a usar	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.8	Formatos de control de calidad para fabricación y montaje	Documentos donde se determina el control de calidad que se realiza A los procesos de fabricación y montaje de la cobertura autoportante	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.9	Programa de ejecución de obra	Cronograma de Obra Utilizando la filosofía de trabajo Last Planner	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.10	Condiciones ambientales relativas al comportamiento del viento	Datos obtenidos sobre el comportamiento del clima en los días previos al montaje de la cobertura	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Anexo 6. Formato de Recolección de Datos de personal Técnico y Profesional

#	Elemento a comprobar	Descripciones	Profesional y/o técnico Local/Nacional	Profesional y/o técnico Internacional
<b>3</b>	<b>Personal Profesional y Técnico Calificado</b>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.1	Ingeniero Residente	Profesional encargado de la parte técnica (proceso de ejecución, cronograma)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3.2	Prevencionista	Profesional encargado de la seguridad en todo el proceso constructivo	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3.3	Capataz	Personal técnico en el proceso de ejecución (coordinación de los procesos con personal e ingeniero)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3.4	Operario	Personal técnico encargado de realizar el montaje y colocación de accesorios	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3.5	Oficial	Personal técnico encargado de realizar el montaje y colocación de accesorios	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3.6	Topógrafo	Personal técnico encargado de la nivelación y perfecta colocación de los elementos	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3.7	Asistente de Topógrafo	Personal de apoyo del topógrafo	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3.8	Operario de Grúa	Personal calificado en el manejo de la grúa usada en el izaje de los componentes	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3.9	Operario de Montacarga	Personal calificado en el manejo del montacargas para la carga y descarga del material usado en obra	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3.10	Responsable de calidad	Profesional encargado del control de calidad en el proceso de fabricación y Montaje	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3.11	Responsable de monitoreo ambiental	Persona encargada del manejo de residuos generados en el proceso de fabricación y Montaje	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3.12	Especialista Senior en estructuras metálicas	Profesional destinado a la supervisión de los procesos complejos de Montaje y Fabricación	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3.13	Supervisor	Profesional encargado de la supervisión de todos los procesos de ejecución de Obra	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Anexo 7. Hoja de Registro de los defectos de fabricación del perfil

		<b>ID.</b>  <b>HOJA DE REGISTRO DE LOS DEFECTOS</b>	Hoja 1 de 1
			Edición: Fecha: 23/10/2018

**Elemento prefabricado:** Perfil Curvado AP 300  
**Trabajador:** Juan Aguayo Gallardo  
**Fase:** Fabricación de Cobertura Autoportante

**Periodo de la Fabricación:** 23/10/2018 - 29/10/2018  
**Turno de Fabricación:** Mañana-Tarde  
**Línea de producción:**

	Descripción	Esquema	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Observaciones
1.00	Dimensionamiento de Planchas Curvas según Plano y Especificaciones técnicas	 <p>Ancho efectivo: 610mm Peralte: 203mm</p>							
2.00	Geometría: Ancho Efectivo, Peralte								
3.00	Acabado	Blanco RAL 9010							
4.00	Recubrimiento	Pintura Epóxica Anticorrosiva							
5.00	Cascarillado	No Disponible							
6.00	Sellado	Prueba de Agua							

Supervisor de Fabricación

Anexo 8. Certificado de Calidad de los Pernos



**INDUSTRIA DE PERNOS Y TUERCAS  
CORONA S.A.**

CALLE SAN ANDRÉS MZ. "G" LT. 5 SANTA MARTHA  
ATE-VITARTE LIMA-PERÚ  
Telfs.: (51-1) 7194788 - (51-1) 2013090 Fax.: (51-1) 7194789  
correo: pernoscoronasa@hotmail.com

Señores:

**M & F ARQUITECTOS CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EIRL**

Estimados señores:

Por medio de la presente se pone en conocimiento que los productos a fabricar corresponden a la siguiente norma:

**NORMA ASTM A307**

**Grado C**

Pernos de anclaje ya sea doblada o recta, teniendo propiedades que se ajusten a la especificación A36 - Resistencia a la Tracción de 58 a 80 Ksi ( 40.79 a 56.08 Kg/mm<sup>2</sup>) y destinados para los propósitos de anclajes estructurales

Cant	Descripción	Medida	Material
72	Barra Lisa	3/4-10 x 1000mm Rosca 95 mm.	A-36

**COMPOSICIÓN QUÍMICA**

Elementos	Colada	C	Mn	Si	P	S
		0.16	0.70	0.40max.	0.0016	0.018

**PROPIEDADES MECANICAS**

ITEM	Fluencia (kg/mm <sup>2</sup> )	Resistencia a la Tracción (kg/mm <sup>2</sup> )	Alargamiento en 200 mm %
Resultado	35.8	49.0	25

La Rosca es de acuerdo a la norma ASME B1.1, clase 2A

IND. DE PERNOS Y TUERCAS  
CORONA S.A.  
HECTOR QUISPE C.,  
DPTO. CONTROL DE CALIDAD

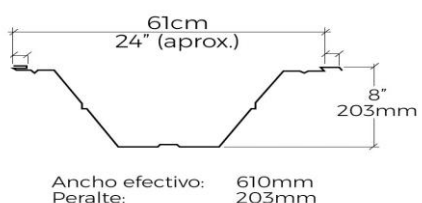
Ate, 04 de Octubre del 2014

Anexo 9. Formato de control de calidad de Montaje de Cobertura

	<b>ID del Documento:</b> 01/18
	<b>Revisión:</b> E.L.E
	<b>Fecha:</b> 07/11/2018
	<b>Especialidad:</b> Arquitectur
	<b>:</b> a

<b>Proyecto:</b>	Ampliación Almacen de bebidas: Agua de Mesa (cielo)
<b>Área:</b>	2750.09 m <sup>2</sup>
<b>Contratista:</b>	M&F Arquitectos, Constructora y Consultora E.I.R.L.
<b>Especificaciones:</b>	
<b>Planos:</b>	Estructurales

<b>ELEMENTO (s):</b> Perfil Curvado AP 300
--

<p>ESQUEMA DE PERFIL</p> <p>Largo de Curvatura = 30 m.</p>	 <p>Ancho efectivo: 610mm Peralte: 203mm</p>
--	---

DESCRIPCIÓN	RESULTADO	COMENTARIOS
El material de cobertura no está dañado, cumple estándares/especificaciones y con requerimientos visuales para realizar la instalación	C	No presenta perforaciones, golpes o abolladuras.
El montaje de la estructura de soporte está terminado, incluyendo perforaciones mayores	C	La estructura portante está pintada, asegurada y con los accesorios necesarios.
Distribución de perfiles correcta según plano, perfectamente unidos sin aberturas	C	
Correcta colocación, distribución y sellado de auto perforantes (indicar cantidad de auto perforantes/planchas y sellador)	C	20 auto perforantes por plancha, 3 planchas, sellador Sikaflex
La abertura entre estructura y cobertura es la adecuada	C	mayor o igual a 2mm
Correcta colocación de accesorios de techo ( Coronación, vierteaguas, Canaletas)	C	
Correcta colocación de cumbrera	C	
Correcta colocación de refuerzo y sellado de canaletas	C	Sellado con sikaflex

Limpieza de las superficies expuestas	<b>NA</b>	
Otros (Especificar)	<b>NA</b>	
LEYENDA: C:CONFORME NC: NO CONFORME NA: NO APLICA		

<b>COMENTARIOS/OBSERVACIONES</b>		
<p>El montaje e instalación de la cobertura se presento sin ningún inconveniente, además de contar con todos los procedimientos de manera normal, todos los perfiles estuvieron en perfecto estado.</p>		
REALIZADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR





# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE

*La Escuela de Ingeniería Civil*

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

*LAOS ESPINOZA, ROBERTO CARLOS*

INFORME TITULADO:

*PROPUESTA ALTERNATIVA DE COBERTA AUTOCORRIENTE EN LA  
OPTIMIZACIÓN DE COSTO-TIEMPO, PARA LA CONSTRUCCIÓN DE MAQUINAS,  
LIMA - PERU 2018*

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

*Ingeniero Civil*

SUSTENTADO EN FECHA:

*05 / 12 / 2018*

NOTA O MENCIÓN :

*14 (CATORCE)*



Firma del Coordinador de Investigación de  
Ingeniería Civil

Yo, ENRIQUE EDUARDO HUAROTO CASQUILLAS,

Docente de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo, sede Lima Norte), revisor(a) de la tesis titulada:

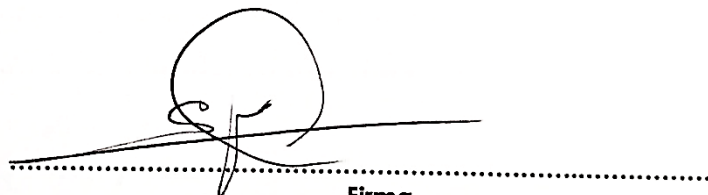
“PROPUESTA ALTERNATIVA DE CUBIERTA AUTOPORTANTE, EN LA OPTIMIZACIÓN DE COSTO-TIEMPO, PARA LA CONSTRUCCIÓN DE ALMACENES, LIMA - PERÚ 2018”

del (de la) estudiante LAOS ESPINOZA ROBERTO CARLOS

constato que la investigación tiene un índice de similitud de 23. % verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Lugar y fecha, LIMA 05 DE Diciembre 2018



**Firma**

Nombres y apellidos del (de la) docente:

ENRIQUE EDUARDO HUAROTO CASQUILLAS

DNI: 08120578.....

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------

 <b>UCV</b> UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	<b>AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE          TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL          UCV</b>	Código : F08-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 115 de 116
--	--	---

Yo LAOS ESPINOZA ROBERTO CARLOS, identificado con DNI N° 43150838,

Egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo, autorizo (  ), No autorizo (  ) la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado:

“PROPUESTA ALTERNATIVA DE CUBIERTA AUTOPORTANTE, EN LA OPTIMIZACIÓN DE COSTO-TIEMPO, PARA LA CONSTRUCCIÓN DE ALMACENES, LIMA - PERÚ 2018 “ en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derechos de Autor, Art. 23 y Art. 33

Fundamentación en caso de no autorización:

.....

.....

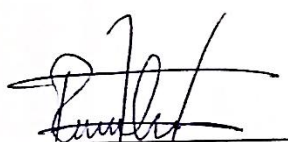
.....

.....

.....

.....

.....



FIRMA

DNI: 43150838

FECHA: 05 de Diciembre de 2018

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------

Resumen de coincidencias

23 %

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

"Propuesta alternativa de Cubierta Autoportante, en la optimización de Costo-Tiempo, para la construcción de almacenes, Lima-Perú 2018"  
TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTOR:

Luis Espinoza Roberto Carlos

ASESOR:

Mg. Orlando Hugo Ríos Diaz  
Ing. Enrique Eduardo Huaron Cawquilha

LÍNEA DE INVESTIGACION:  
Administración y seguridad de la construcción

LIMA - PERÚ  
2018

1	repositorio.unap.edu.pe Fuente de internet	4 %
2	repositorio.unap.edu.pe Fuente de internet	3 %
3	docplayer.es Fuente de internet	2 %
4	www.scribd.com Fuente de internet	2 %
5	documents.mx Fuente de internet	1 %
6	repositorio.unap.edu.pe Fuente de internet	1 %
7	cybertesis.unap.edu.pe Fuente de internet	1 %

*Mrs. M. J. H. H. H.*