



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

**PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE  
APARCAMIENTO DE BICICLETAS PARA LA UNIVERSIDAD DE  
LAS AMÉRICAS - SEDE UDLAPARK**

**AUTOR**

**Andrés Sebastián Gutiérrez Salazar**

**AÑO**

**2020**



FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS APLICADAS

PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE APARCAMIENTO  
DE BICICLETAS PARA LA UNIVERSIDAD DE LAS AMÉRICAS - SEDE  
UDLAPARK.

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos  
establecidos para optar por el título de Ingeniero en Producción Industrial.

Profesor Guía

MSc. Omar Cristóbal Flor Unda

Autor

Andrés Sebastián Gutiérrez Salazar

Año

2020

## **DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA**

Declaro haber dirigido el trabajo, Propuesta de mejoramiento del servicio de aparcamiento de bicicletas para la Universidad de las Américas - sede UdlPark, a través de reuniones periódicas con el estudiante Andrés Sebastián Gutiérrez Salazar, en el semestre 2020-1, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación



---

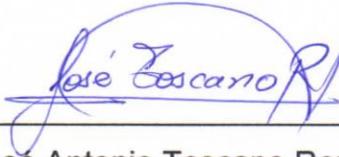
Omar Cristóbal Flor Unda

Máster en Automática, Robótica y Telemática

CI. 1713531331

## DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR

“Declaro haber revisado este trabajo, Propuesta de mejoramiento del servicio de aparcamiento de bicicletas para la Universidad de las Américas - sede UdlaPark, de Andrés Sebastián Gutiérrez Salazar, en el semestre 2020-1, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.



---

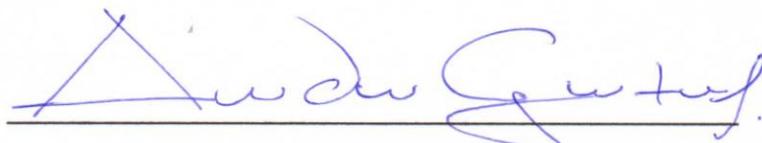
José Antonio Toscano Romero

Master en Dirección de Operaciones.

CI: 1715195284

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.



Andrés Sebastián Gutiérrez Salazar

CI. 1712686060

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios quien me otorgó una familia maravillosa, quienes me levantaron durante todo este largo camino, y me enseñaron a perseguir el crecimiento profesional pero sobre todo como ser humano. A mis maestros por su labor durante mi etapa de formación y a mi tutor por la colaboración prestada.

## **DEDICATORIA**

A mis padres Isidro, Juanita y a mi hermano Santiago por permitirme ser libre, y no haber dudado nunca de mis capacidades. Con quienes vivo el sueño de superarme y cumplir mis expectativas. A mi abuelita Mamita Rosa por haberme dado la inspiración y la mejor herencia el amor.

## RESUMEN

El presente trabajo se enfoca en optimizar el servicio de parqueadero de bicicletas cumpliendo con la demanda actual de estudiantes que utilizan este medio de transporte. Se plantea el uso de un mecanismo electromecánico de ascensor vertical, estos sistemas se encuentran en desarrollo en múltiples lugares del mundo, sin embargo, este estudio permitirá plantear una solución acorde al entorno y demanda existente para la sede UDLAPARK de la Universidad de las Américas. Este tipo de proyectos fomentará un mayor uso de transportes alternativos que se alinean a la filosofía de reducir la huella ecológica y ser amigable con el medio ambiente. Se plantea por tanto una solución con todas las consideraciones anteriores que además presentará seguridad; capacidad; optimización del espacio y eficiencia en consumo energético.

Palabras claves

Parqueadero, bicicletas, mecanismo, ascensor, UDLAPARK

## **ABSTRACT**

This paper focuses on optimizing the bicycle parking service, meeting the current demand of students using transportation. The use of an electromechanical vertical lift mechanism is proposed, these systems are in development in multiple parts of the world, however, this study will allow us to propose a solution according to the existing environment and demand for the UDLAPARK campus of the Universidad de las Américas. These types of projects will encourage greater use of alternative transport that aligns with the philosophy of reducing the ecological footprint and being friendly to the environment. A solution is therefore proposed with all the above considerations that will also present security; capacity; space optimization and efficiency in energy consumption.

### **Keywords**

Parking, bicycles, mechanism, elevator, UDLAPARK

## ÍNDICE

1. CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Antecedentes .....	1
1.2 Justificación.....	1
1.3 Alcance .....	3
1.4 Objetivos .....	4
2. CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....	5
2.1 La bicicleta .....	5
2.2 Estado del arte .....	6
2.3 Diseño estructural .....	14
2.3. Diagrama Cinemático .....	14
2.4 Diseño del Mecanismo .....	19
2.5 Herramientas .....	23
3. CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	25
3.1 Estado actual .....	25
3.2 Descripción general .....	26
3.3 Análisis Causa Raíz.....	31
3.4 Árbol de definición del problema .....	35
4. CAPÍTULO IV: PROPUESTA DE MEJORA .....	36
4.1 Modelo QFD.....	36
4.2 Desarrollo del Modelo QFD .....	38
4.3 Resultado del Modelo QFD .....	55
4.4 Consideraciones de diseño .....	57
4.5 Mecanismo móvil .....	64

4.6	Estructura Metalmecánica .....	68
4.7	Esquema eléctrico .....	84
4.8	Esquema electrónico .....	88
4.9	Simulación de Propuesta.....	91
5.	CAPÍTULO V: ANÁLISIS ECONÓMICO .....	92
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	95
6.1	Conclusiones .....	95
6.2	Recomendaciones .....	96
	REFERENCIAS .....	97
	ANEXOS .....	99

## Índice de Figuras

Figura 1. Evolución histórica de la bicicleta.....	5
Figura 2. Sistema de transporte ECOBICI en México 1.....	7
Figura 3. Sistema de transporte ECOBICI en México 2.....	7
Figura 4. Chip identificador sistema EcoCycle. ....	8
Figura 5. Vista de Corte de estructura cilíndrica del sistema EcoCycle en Japón. .....	9
Figura 6. Fachada sistema de Bigloo en España. ....	10
Figura 7. Fachada Lector de tarjetas del sistema Bigloo. ....	10
Figura 8. Parqueadero de bicicletas en Barcelona. ....	11
Figura 9. Parqueadero de bicicletas en Suiza 1. ....	12
Figura 10. Parqueadero de bicicletas en Suiza 2. ....	13
Figura 11. Parqueadero de bicicletas sede UdlaPark.....	13
Figura 12. Etapas del proceso de diseño estructural.....	15
Figura 13. Carga distribuida coplanar. ....	15
Figura 14. Carga distribuida a lo largo de un solo eje.....	16
Figura 15. Análisis estructural. ....	17
Figura 16. Tipos de esfuerzos.....	18
Figura 17. Propiedades de aceros estructurales. ....	19
Figura 18. Teorema de Grashof. ....	20
Figura 19. Mecanismos de 4 barras. ....	22
Figura 20. Diagrama SIPOC .....	26
Figura 21. Ubicación de los campus de la UDLA. ....	27
Figura 22. Configuración de acuerdo a horario de la mañana (a) y tarde (b)...	29
Figura 23. Configuración casos de usuarios. ....	30
Figura 24. Simulación situación actual parqueadero de bicicletas UdlaPark. ..	30
Figura 25. Resultado de encuestas a usuarios.....	31
Figura 26. Diagrama, Causa Efecto Situación Actual .....	32
Figura 27. Árbol de definición del problema. ....	35
Figura 28. Esquema de la Matriz QFD – Casa de la Calidad. ....	38
Figura 29. Diagrama de Pareto (Requerimientos, % acumulado, 80- 20).....	42

Figura 30. Diagrama de barras importancia – requerimientos. ....	45
Figura 31. Estructura techo casa de la calidad. ....	50
Figura 32. Casa de la Calidad – Parqueadero bicicletas UdlaPark. ....	56
Figura 33. Proceso de Aparcamiento de bicicletas. ....	59
Figura 34. Sub- Procesos de Aparcamiento y dispositivos necesarios para implementación. ....	60
Figura 35. Dimensiones de una bicicleta grande. ....	61
Figura 36. Comparación de áreas ocupadas, (a) propuesta (b) actual. ....	64
Figura 37. Diseño mecanismo en 3d. ....	65
Figura 38. Posiciones del mecanismo (a) transporte, (b) descarga, (c) retiro. ...	65
Figura 39. Método gráfico de 3 posiciones. ....	66
Figura 40. (a)Mediatrices (b) Pivotes . ....	67
Figura 41. posiciones del mecanismo. ....	67
Figura 42. Esquema de la estructura soporte. ....	71
Figura 43. Carga de Arriostramientos. ....	73
Figura 44. Cargas de Vigas y Columnas. ....	74
Figura 45. Cargas de Elevación, Vidrios y Cubierta. ....	75
Figura 46. Esquema de elementos archivo dfx. ....	76
Figura 47. Elementos importados al Saap 2000. ....	77
Figura 48. Dimensiones y propiedades de los arriostramientos. ....	77
Figura 49. Dimensiones y propiedades de columnas. ....	78
Figura 50: Dimensiones y propiedades de vigas. ....	78
Figura 51. Dimensiones y propiedades de Techo. ....	79
Figura 52. Aplicación de cargas en vigas y columnas. ....	81
Figura 53. Mecanismos principales de falla en elementos mecánicos. ....	81
Figura 54: Resultados del Análisis de Esfuerzos. ....	83
Figura 55. Esquema Eléctrico. ....	84
Figura 56. Diagrama de Mandos Electrónicos (a) y (b). ....	88
Figura 57. Diagrama para inversión de giro. ....	90
Figura 58. Diagrama de potencia. ....	90
Figura 59. Simulación de la propuesta mejorada. ....	91

## Índice de Tablas

Tabla 1. Indicadores de población comparados 2001 – 2010. DMQ .....	2
Tabla 2 Tiempos de traslado entre campus .....	27
Tabla 3. Descripción plazas de aparcamiento .....	28
Tabla 4. Descripción plazas de aparcamiento .....	40
Tabla 5. Requerimientos del cliente (80 - 20).....	41
Tabla 6. Grados de importancia .....	43
Tabla 7. Grado de importancia requerimientos de usuarios .....	44
Tabla 8. Características de Calidad .....	46
Tabla 9. Simbología usada para el tipo de característica de calidad .....	47
Tabla 10. Valor de relación entre Que y Como.....	48
Tabla 11. Matriz de relación entre Que y Como .....	48
Tabla 12. Simbología y ponderación de las correlaciones.....	49
Tabla 13. Cuantificación de los COMO .....	50
Tabla 14. Matriz de dificultad (DO) para implementar acciones .....	52
Tabla 15: Jerarquización dificultad organizacional .....	53
Tabla 16: Ponderación de COMOS.....	54
Tabla 17. Consideraciones para un aparcamiento de bicicletas .....	58
Tabla 18. Cuadro comparativo estado del arte.....	62
Tabla 19. Dimensiones de los Componentes .....	69
Tabla 20. Asignación de variables a esfuerzos de la estructura .....	72
Tabla 21. Pesos de componentes de la estructura.....	72
Tabla 22. Pesos y Cargas de todos los componentes de la estructura .....	80
Tabla 23. Configuración de memorias para desplazar entre pisos .....	89
Tabla 24. Costos de elementos de la estructura .....	93
Tabla 25. Costos de mano de obra para implementación .....	94

## **1. CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN**

### **1.1 Antecedentes**

En los últimos años el uso de la bicicleta ya no se relaciona únicamente con el deporte o recreación personal. Hoy por hoy es considerado un medio de transporte en varias ciudades y países del mundo. Su uso es cada día más frecuente porque nos transporta de manera más fácil y descomplicada.

El crecimiento del número de estudiantes en la Universidad de las Américas ha aumentado un 22%, esta cifra ha justificado la reestructuración de nuevas edificaciones e infraestructura para el desarrollo de las actividades, sin embargo, no se ha prestado atención suficiente a los espacios de parqueo de bicicletas.

Alrededor del 30% de los estudiantes habitan en los entornos aledaños a la institución y con lo cual el uso de bicicletas se ha transformado en un transporte ideal en muchos casos.

### **1.2 Justificación**

El número creciente de clientes internos y externos de la Universidad de las Américas, ha generado que los parqueaderos existentes sean insuficientes tanto para autos, motos y bicicletas, lo que obliga a la institución buscar e implementar alternativas que permitan cubrir la demanda de estos espacios de una manera óptima.

El fomento del uso de bicicletas se constituye en una opción para disminuir el número de automotores y disminuir también las superficies actuales de parqueos que podrían ser destinados para un mayor número de bicicletas, situación que se enmarca en la reducción de la huella ecológica.

El incremento de la población de Quito constituye el 1.5% del año 2001 al 2010, en consecuencia, el número de estudiantes de la universidad tiende a acrecentarse como también sus servicios. Como lo indica la tabla 1 donde

presenta la proyección de crecimiento de Quito Urbano y Quito Rural, desde el año 2011 al 2022, estas cifras fueron analizadas con los datos del último censo realizado en el país.

Tabla 1.

*Indicadores de población comparados 2001 – 2010. DMQ*

INDICADOR	TOTAL DISTRITO		QUITO URBANO <sup>4</sup>		QUITO RURAL <sup>5</sup>	
	2010	2001	2010	2001	2010	2001
Censo						
Población	2'239.191	1'842.201	1'619.146	1'411.595	620.045	430.606
• Hombres	1'088.811	893.716	783.616	675.576	305.195	218.140
• Mujeres	1'150.380	948.485	835.530	725.128	314.850	223.357
Población proyectada al año 2011	2'305.475		1'658.809		646.666	
Población proyectada al año 2022	2'787.040		1'914.410		872.630	
Tasa de crecimiento (%) 2001-2010	2.2	2.6	1.5	2.2	4.1	4.8
Hogares Pobres (%)	12.8	22.2	11.2	19.9	17.3	30.1
Hogares en Extrema Pobreza (%)	2.3	8.2	1.7	5.9	4.1	15.3
Población pobre	360.399		236.698		123.701	
Población en extrema pobreza	71.040		39.518		31.522	

La universidad ha implementado soluciones, a fin de contrarrestar el conflicto del uso de áreas, diseñando estructuras metálicas y ofreciendo un sistema de seguridad tradicional. Este servicio de parking no es el óptimo en espacio ni protección frente a la lluvia, dándose además casos de hurto que ha sido reportados según encuestas realizadas a estudiantes y personal de seguridad. Por tanto, es necesario contar con espacios seguros y bien aprovechados, que ofrezcan un mejor estado de conservación mecánica del vehículo.

El propósito de este proyecto, además de su funcionalidad, es proponer una mejora estética a la superficie de estacionamiento de las bicicletas.

La presente propuesta, describe esquemas de una estructura metalmecánica y automatizada para el parqueo de bicicletas, que permita mejorar el sistema actual, cambiando diseños tradicionales por innovadores, que respondan a la demanda proyectada y que sea modelo de referencia para otras instituciones de la ciudad como centros comerciales, universidades, parques, oficinas, etc.

Para esto se considera tres componentes principales, una estructura metálica de soporte, elevador, sistema electrónico y eléctrico. Se plantea un diseño estético acorde a las expectativas de los usuarios de la institución. Se propone una alternativa que brinda seguridad y protección ambiental a las bicicletas.

Este proyecto en su contexto tiende también a incentivar la actividad física, recreacional, la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>, apoyar a la disminución del tráfico vehicular, la reducción del uso de parqueadero de vehículos motorizados evitando personal encargado de las tareas de seguridad y asistencia en el parqueo de bicicletas.

### **1.3 Alcance**

El presente trabajo plantea una alternativa de parqueadero modular y que permita el estacionamiento de 32 bicicletas, ubicadas de manera vertical. Se definen recursos tecnológicos, humanos y de maquinaria necesarios para su construcción e implementación. Se diseña un mecanismo innovador, que optimiza el espacio y se describen componentes para el posterior diseño mecánico, eléctrico y electrónico.

La problemática ha sido analizada mediante métodos y procesos para determinar la situación actual en el campus UdlaPark de la Universidad de las Américas. Una vez identificado el problema y las necesidades de los usuarios del parqueadero de bicicletas, se procedió a diseñar una propuesta que logre brindar la cantidad de plazas requeridas, tomando en cuenta que este número tiende a crecer conforme pasen los años. Es por esto que el sistema es modular y de fácil montaje permitiendo aumentar la capacidad hacia arriba o de forma subterránea.

Por otro lado, que satisfaga las expectativas que tienen los usuarios mediante un diseño innovador y estético que pueda ofrecer seguridad y protección contra lluvia, polvo, golpes, entre otros.

Finalmente, la propuesta no genera gastos innecesarios, al ser un sistema autónomo no depende de personal de seguridad o de ayuda al usuario para su funcionamiento, ya que es fácil de usar y seguro.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo general**

Plantear una propuesta de mejoramiento del servicio actual de aparcamiento de bicicletas, mediante la implementación de un sistema automático de parqueo acorde a las necesidades de las personas que usan bicicleta en la Universidad de las Américas - Sede UdlaPark.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

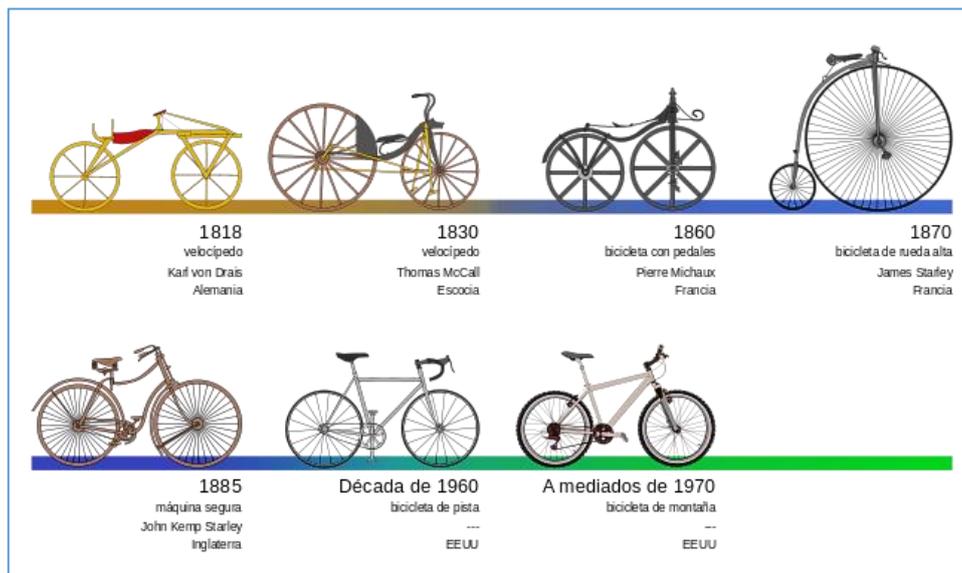
- Realizar un diagnóstico del servicio actual de parqueo, en cuanto a seguridad, espacio y facilidad al momento de parquear sus bicicletas.
- Identificar las causas más frecuentes que impiden un buen servicio de parqueo.
- Analizar alternativas tecnológicas de parqueaderos existentes, así como sus ventajas de implementación y características.
- Plantear la estructura mecánica, componentes eléctricos y electrónicos que permitan una alternativa innovadora para el parqueo de bicicletas.
- Determinar el costo de la implementación del proyecto para la sede UDLAPARK de la Universidad De Las Américas.

## 2. CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 La bicicleta

Mediante pasan los años se han dado diferentes conceptos a este mecanismo, por una parte, podemos empezar a tener un referente que nos sirva para clarificar y partir a explicar todo lo que a continuación se detalla. Por tanto, podríamos empezar definiendo como “Vehículo de dos ruedas de igual tamaño cuyos pedales transmiten el movimiento a la rueda trasera por medio de dos piñones y una cadena” (Real Academia Española, 2014). Se puede definir como Un mecanismo compuesto por dos ruedas, un cuadro, un manillar y una catalina, que mediante sistemas de pedales mueven al mecanismo por la fuerza que transmiten ruedas dentadas y una cadena.

La figura 1 presenta la evolución histórica de la bicicleta que toma lugar en Alemania a partir del año 1918 hasta 1970.



*Figura 1.* Evolución histórica de la bicicleta.  
Tomado de (McLarty, 2006).

En la actualidad cada vez son más los países que se suman a la lista en desarrollar tecnologías que permitan facilitar el uso de la bicicleta. El peso, la resistencia, la aerodinámica son características en las que se han enfocado los

investigadores, llevando a usar materiales como el cromo, carbono, y aleaciones especiales de aluminio que permiten un mayor rendimiento.

## **2.2 Estado del arte**

### **2.2.1 Sistema de transporte urbano ECOBICI**

Este sistema fue desarrollado en México, su origen empieza en el año 2009 en zonas residenciales, el programa fue realizado por el Gobierno del Distrito Federal. Actualmente EcoBici ofrece 480 cicloestaciones distribuidas a nivel nacional, 6800 bicicletas para que los ciudadanos locales o extranjeros recorran distancias cortas evitando el tráfico de la ciudad, la evolución de EcoBici en los últimos años ha permitido que hoy se pueda elegir entre bicicletas mecánicas y bicicletas eléctricas, y que las cicloestaciones cuenten con un sistema eléctrico que recargar las baterías.

Quienes usen esta red pueden cubrir una superficie de 38 km<sup>2</sup>, y acceder en un punto al servicio y dejar de usarlo en el punto más cercano a su destino, por eso se considera como una manera inteligente de moverse.

Mediante un smartphone o algún dispositivo eléctrico con acceso a internet se puede acceder al sitio web oficial, donde despliega un amplio menú con información y herramientas para brindar un mejor servicio. En ella se puede registrar de manera gratuita para obtener información de rutas, puntos de carga, mapas, promociones e incluso se puede ver un mapa de disponibilidad, en el que se detalla si existen unidades disponibles en cada una de las estaciones en tiempo real.

El usuario paga una mensualidad anual y recibe una tarjeta electrónica, con la cual se puede obtener información mediante un lector ubicado en la estación. Las Figuras 2 y 3 muestran las bicicletas que no son eléctricas y una de las cicloestaciones ubicadas en Ciudad de México.



*Figura 2.* Sistema de transporte ECOBICI en México 1.  
Tomado de (Ecobici, 2019).



*Figura 3.* Sistema de transporte ECOBICI en México 2.  
Tomado de (Diario de México, 2019).

La capacidad de cada estación varia de 15 a 30 unidades, como protección contra robos posee un seguro magnético que es anclada a la barra principal del sistema.

### **2.2.2 Sistema de estacionamiento ECO Cycle**

El estacionamiento fue desarrollado por la empresa Giken en Shinagawa - Japón, este tuvo gran aceptación y aspira expandirse por el resto de ciudades. El proyecto consiste en un sistema de forma cilíndrica que es construido bajo la tierra y que cuenta con capacidad para 204 bicicletas, el número puede aumentar o disminuir de acuerdo a las necesidades del cliente, el tiempo que tarda en entregar o almacenar una bicicleta es de 13 segundos desde el momento que se solicita. La profundidad es de 11.5 m. y el diámetro de 8 m. aproximadamente.

Para el uso correcto de EcoCycle y como seguridad contra robos, es necesario integrar un chip identificador a la bicicleta, como se muestra a continuación en la Figura 4, el mismo debe ser ubicado en la llanta delantera.



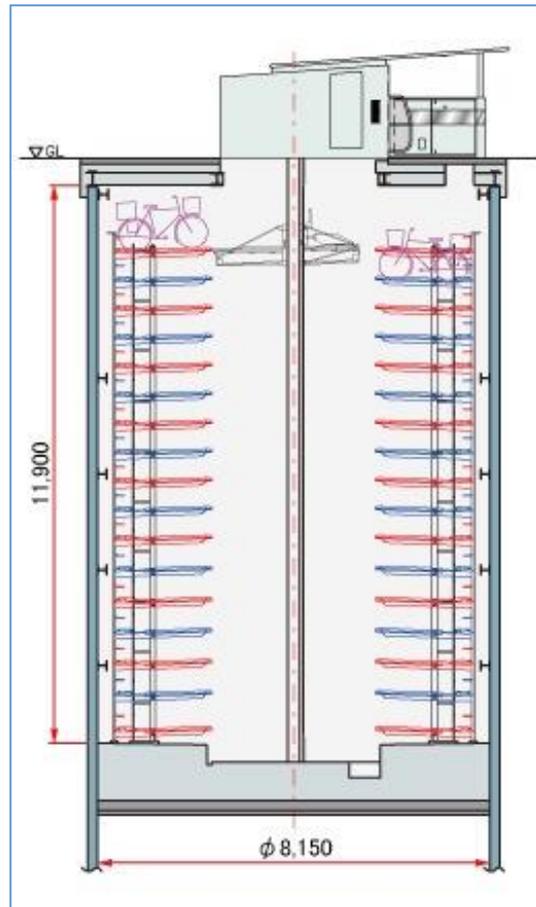
Figura 4. Chip identificador sistema EcoCycle.  
Tomado de (GIKEN LTD, 1999).

EcoCycle ofrece 2 tipos de identificaciones, una tarjeta y un tag, ambos tienen una gran durabilidad y obtienen información del estado de la bicicleta de manera rápida. Tanto las IC Card como los IC Tags tienen un ciclo de vida de aproximadamente 100000 usos, tienen una ventaja al funcionar sin contacto, de esta manera se evitan posibles errores de lectura ocasionados por el mal estado de la tarjeta o polvo que se adhiere a la misma. La IC Card es de uso exclusivo del usuario, mientras que el IC Tag se lo acopla a la estructura de la horquilla de la bicicleta.

En la Figura 5 se muestra un corte lateral de la estructura, la misma tiene una profundidad de 11.9 metros por un diámetro de 8.15 metros.

Ventajas: aprovechar el espacio porque es subterráneo, al tener arreglo octogonal la densidad de bicicletas se acomoda de mejor manera, admite diversos tipos de bicicletas, seguridad, protección de intemperie, tiempo de entrega moderado.

Desventajas: costo y tiempo de fabricación excesivo, se requiere un espacio disponible para el uso.



*Figura 5.* Vista de Corte de estructura cilíndrica del sistema EcoCycle en Japón. Tomado de (GIKEN LTD, 1999).

### 2.2.3 BIGLOO

Este estacionamiento permite aparcar 24 bicicletas. La forma del sistema es circular y sus dimensiones son de 7 m de diámetro y 1.80 de alto. Fue desarrollado en España por la empresa Bigloo en el año 2014. En el 2007 se instaló uno en la Universidad Autónoma de Barcelona, en este caso hay un rubro mensual de 6 euros y se obtiene una membresía sin costo por los primeros 3 meses, en los demás aparcamientos se empieza a generar un valor a partir de la sexta hora del uso del servicio.

El diseño al no ser subterráneo reduce costos de manera considerable, pero así mismo al estar en la superficie requiere de espacios más abiertos, algo que se puede considerar es que de ser necesario puede ser trasladado a otra localidad. La distribución está diseñada para que adicional a la bicicleta se puedan

depositar objetos personales como pueden ser accesorios, mochilas, casco sin que haya un riesgo de robo.

Para el funcionamiento utiliza un actuador en el centro de la estructura, el cual permite rotar las localidades hasta encontrar una vacante. Para activar el servicio se necesita una tarjeta RFID, la cual permite conocer la información del usuario permisos y restricciones que son presentadas en un panel táctil.



*Figura 6.* Fachada sistema de Bigloo en España.  
Tomado de (Cuartas & Cruzado, 2016).



*Figura 7.* Fachada Lector de tarjetas del sistema Bigloo.  
Tomado de (Cuartas & Cruzado, 2016).

Ventajas: permite adicionar objetos personales, variedad de bicicletas. Seguridad, protección de intemperie, se puede desmontar y trasladar a otra localidad.

Desventajas: pocas plazas, costo alto de mensualidad, necesita de un espacio grande para su funcionamiento.

### 2.2.4 Barcelona Serveis a la Mobilitat (BSM)

En la ciudad de Barcelona la empresa municipal administra 45 aparcamientos de autos. Con el tiempo se han ido adicionando plazas de bicicletas y motos. Actualmente tienen disponibilidad de 20 y 40 plazas. La primera plaza se inauguró en el año 2008, este servicio ofrece capacidad para 180 unidades aproximadamente, para motorizados de 2 ruedas, de los cuales el 15% está destinado a bicicletas. La Figura 8 muestra el ingreso y la distribución a uno de los parqueaderos de BSM ubicados en la ciudad de Barcelona.



*Figura 8.* Parqueadero de bicicletas en Barcelona.  
Tomado de (IDAE, 2010).

BSM se ha consolidado como la red de parqueaderos más grande de la ciudad de Barcelona, actualmente cuenta con más de 40 estaciones y ofrece 13000 plazas. Este sistema cuenta con la Certificación Internacional ISO 9001.

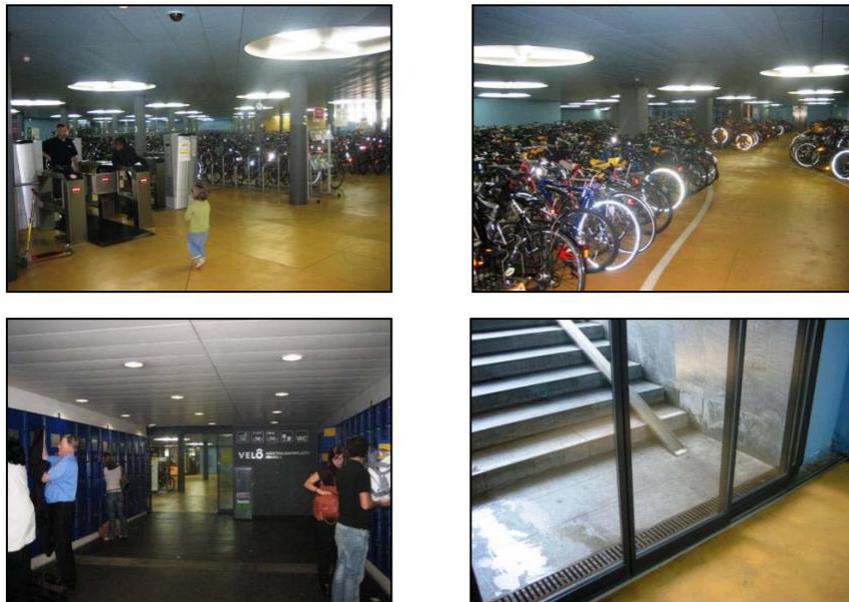
Este servicio como en muchas otras ciudades, nació con el fin de convertir a la bicicleta en un medio de transporte integrado de la ciudad. Cuenta con 366 puntos de recarga y abonos de acuerdo a la necesidad de cada usuario, se puede elegir entre diferentes franjas horarias y zonas.

### 2.2.5 Bici estación de Basilea

En el año 2001 se realizó el proyecto en Suiza, con el objetivo de solucionar el problema ocasionado por el excesivo número de bicicletas estacionadas en las inmediaciones de la principal estación del tren. El aparcamiento es subterráneo, y dispone de 1400 plazas de las cuales se ofertan 750 plazas sin costo y sin control de seguridad, y los 650 restantes con un costo por control de acceso. La accesibilidad se lo realiza por amplias rampas que permite el ingreso de peatones y ciclistas. El aparcamiento está abierto las 24 horas del día.

Para el cobro por el servicio brinda facilidades de pago en máquinas donde se puede hacer recargas o pagar en efectivo. Los precios varían dependiendo el día, por lo general fines de semana tiene un costo adicional de 0.5 euros a 0.7 euros cada hora.

Este parqueadero consta con un circuito de cámaras de video seguridad, y personal que realiza controles durante el día, adicionalmente el ingreso y salida es permitido únicamente con la tarjeta que el usuario adquirió, el robo de unidades se ha tornado muy poco recurrente.



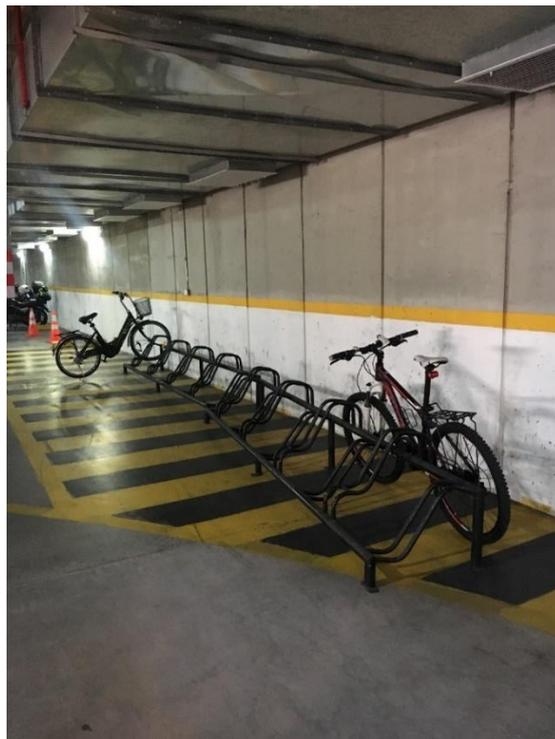
*Figura 9.* Parqueadero de bicicletas en Suiza 1.  
Tomado de (IDAE, 2010).



*Figura 10.* Parqueadero de bicicletas en Suiza 2.  
Tomado de (IDAE, 2010).

### **2.2.6 Estacionamiento bicicletas UDLA**

Tiene una capacidad de 30 plazas, el sistema de seguridad es proporcionado por cada usuario. Se accede mediante el personal encargado de la seguridad de la institución, entregando una credencial y recibiendo una tarjeta sin chip. Actualmente no tiene costo por el servicio, y no tiene algún mecanismo que brinde seguridad a las bicicletas. Actualmente el parqueadero se encuentra ubicado en el parqueadero de docentes y personal administrativo de UdlaPark.



*Figura 11.* Parqueadero de bicicletas sede UdlaPark

En la Figura 11 se constata uno de las estructuras ubicadas en el parqueadero de la sede UdlaPark.

Ventajas: no tiene costo por el uso del parqueadero, no consume energía, se puede trasladar, tiene un bajo costo de implementación.

Desventajas: No tiene ningún mecanismo de control de seguridad, causa impacto visual, ocupa mayor superficie, el sistema no es autónomo por lo que depende del personal de seguridad para poder acceder al mismo.

## **2.3 Diseño estructural**

### **2.3.1 Diagrama Cinemático**

“El diagrama cinemático de un mecanismo consiste en representar con el mínimo número de símbolos la geometría de los cuerpos y las restricciones cinemáticas existentes entre ellos”. (Roda, Mata, & Albelda, 2014), es un esbozo de cada componente pero de una manera sencilla que permite la comprensión de sus funciones y de su modo de uso en relación al cumplimiento de lo que desea obtener con el mecanismo.

### **2.3.2 Diseño estructural**

La Figura 12 contiene las 3 etapas del proceso de diseño estructural que son: Estructuración, análisis y dimensionamiento. La Estructuración es el primer paso, esto consiste en definir la forma y el tipo de material a usar, de acuerdo a las necesidades de cada cliente. El segundo paso es el análisis, el mismo se puede ayudar de software que disponen de herramientas que simulan cargas y esfuerzos en los puntos críticos, esto permite al usuario tomar medidas de seguridad en las áreas y componentes afectados. El dimensionamiento es el último paso antes de obtener el producto final, para esto se considera la resistencia y seguridad que se obtuvo del análisis, en caso de que el dimensionamiento no sea suficiente se debe regresar al primer paso que es la estructuración.

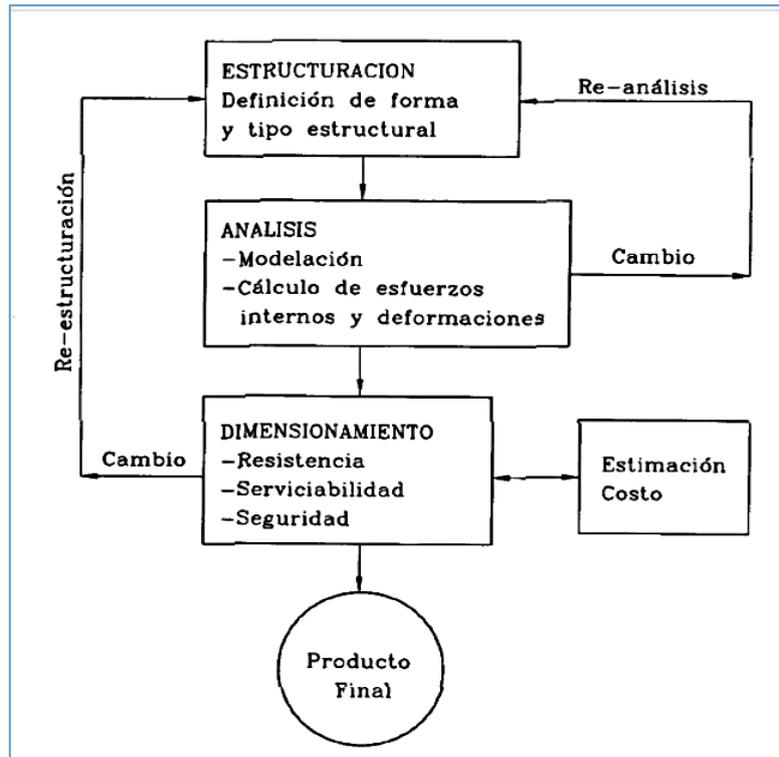


Figura 12. Etapas del proceso de diseño estructural.  
Tomado de (Riddell & Hidalgo, 2010).

### 2.3.3 Carga distribuida coplanar

Una carga simple distribuida puede representarse mediante una fuerza resultante, la cual es equivalente al área bajo la curva de carga. Esta resultante tiene una línea de acción que pasa por el centroide o centro geométrico del área o el volumen bajo el diagrama de carga. (Russel & Hibeler, 2010)

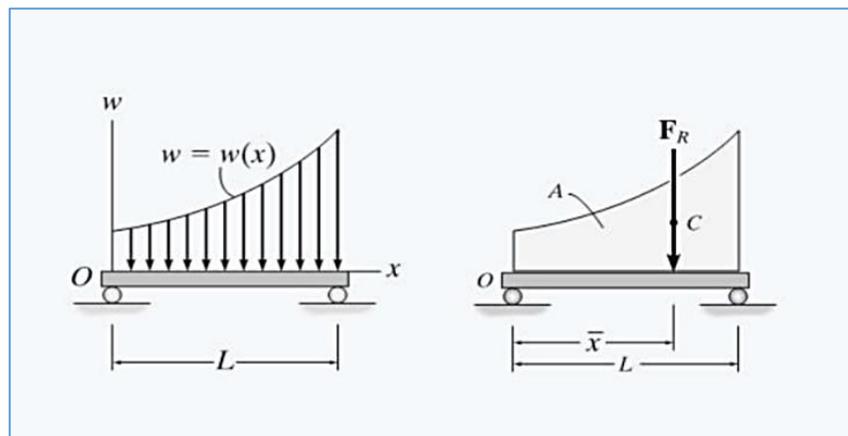


Figura 13. Carga distribuida coplanar.  
Tomado de (Russel & Hibeler, 2010).

En la Figura 13 se muestra la intensidad de la carga a lo largo de la longitud de la viga, la unidad que se usa para esta es en (N/m) o también (Lb/Ft), considerando que en los 2 casos la viga tiene un ancho constante, se puede representar a las fuerzas paralelas en una sola fuerza resultante ( $F_r$ ), además esta se la puede ubicar en un punto específico a lo largo de la viga ( $\bar{X}$ )

### 2.3.4 Carga uniforme a lo largo de un solo eje.

Por lo general las cargas se aplican en varios puntos de forma perpendicular a la viga, estos generan momentos flectores o cortantes, por otro lado, una viga también puede estar sometida a cargas distribuidas como muestra la figura X (b), este caso ( $w$ ) no es constante por lo que se puede afirmar que la carga por unidad de longitud no está distribuida uniformemente.

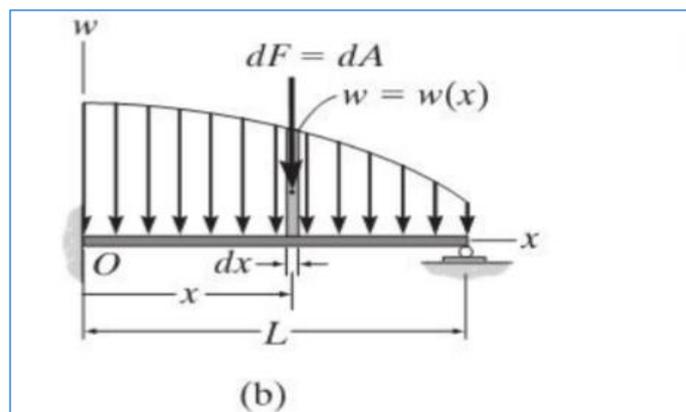


Figura 14. Carga distribuida a lo largo de un solo eje.  
Tomado de (Russel & Hibeler, 2010).

### 2.3.5 Análisis estructural

Este análisis es esencial en cualquier proyecto de ingeniería de estructuras, comprende el uso de herramientas como software o ecuaciones de resistencia de materiales donde se estudia las cargas, tensiones y momentos que actúan sobre cada elemento y que podrían deformar a la estructura o edificación. Mediante esto se comprende el comportamiento de la estructura propuesta y se da una opción que sea segura y económica para los fines que estén dirigidos. La siguiente figura muestra los esfuerzos que se generan en una viga usada para un puente.

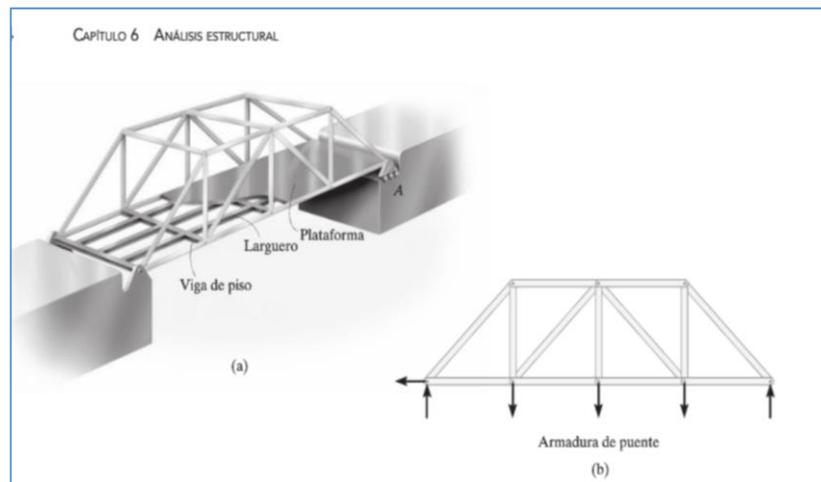


Figura 15. Análisis estructural.  
Tomado de (Russel & Hibeler, 2010).

### 2.3.6 Teoría de fallas

Al hablar de fallas entendemos que un elemento, mecanismo o sistema pierde su funcionalidad parcial o totalmente.

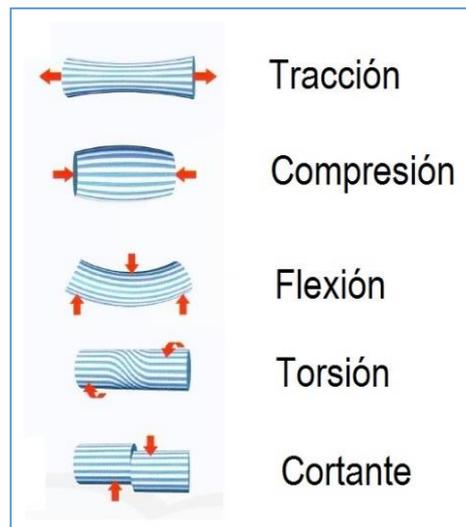
Varias de las causas para que un elemento falle pueden ser: rotura, degradación, diseño erróneo, mal uso, falta de mantenimiento, etc.

### 2.3.7 Teoría del máximo esfuerzo normal

Esta teoría me permite establecer que: la falla de un elemento sometido a un estado multiaxial de esfuerzos se producirá cuando cualquiera de los principales esfuerzos supere la resistencia máxima de un material. Esto es de vital importancia para el diseño de la estructura

### 2.3.8 Teoría del máximo esfuerzo cortante

Esta falla se origina cuando el esfuerzo producido en una pieza supere el del corte que se produce en el punto de fluencia de una probeta sometida a una prueba de tensión simple. La Figura 16 detalla los tipos de esfuerzos encontrados en vigas o columnas.



*Figura 16.* Tipos de esfuerzos.  
Tomado de (Xunta de Galicia, 2019).

### 2.3.9. Factores de seguridad

Este factor es un índice de seguridad que permite que el diseño no tenga problemas en situaciones no esperadas desde el punto de vista resistente.

La forma más usada para incluir el factor de seguridad en un diseño es aumentando las fuerzas realmente esperadas y multiplicándolas por el cociente de seguridad. A mayor valor más seguridad, mientras que un valor inferior indica inseguridad o probabilidad elevada de que ocurra un fallo.

### 2.3.10 Acero a 36

Este tipo de acero actualmente es el más utilizado para estructuras (Salcedo, 2016) en su análisis señala que:

El perfil de acero más común utilizado en México es el laminado A36, ya que es el más fácil de operar por sus procesos físico-químicos y su excelente resistencia. Los demás aceros son para cuestiones diferentes como estructuras de aviones, ferrocarriles, que son más dinámicas.

La resistencia a la tracción se la determina por el porcentaje de carbono, esto hará que el metal sea más o menos resistente.

Se considera que un acero es extra suave si contiene un porcentaje de 0.1 a 0.2, este tipo de materiales tienen una resistencia a la tracción de 35 (kg/mm<sup>2</sup>), los aceros suaves aumentan su cantidad de 0.2 a 0.3 y resisten una tracción de 45 (kg/mm<sup>2</sup>), los aceros semisuaves tienen de 0.3 a 0.4 y resisten 55 (kg/mm<sup>2</sup>). Uno de los aceros con más porcentaje son los extraduros con un porcentaje de carbono de 0.6 a 0.7 y tienen una resistencia de 85 (kg/mm<sup>2</sup>).

### 2.2.11 Tipos de aceros estructurales

#### Propiedades A36

Designación de la ASTM	Tipo de acero	Formas	Usos recomendados	Esfuerzo mínimo de fluencia <sup>a</sup> , $F_y$ en $\text{klb/plg}^2$	Resistencia especificada mínima a la tensión <sup>b</sup> , $F_u$ en $\text{klb/plg}^2$
A36	Al carbono	Perfiles, barras y placas	Puentes, edificios y otras estructuras atornilladas, soldadas o remachadas	36 pero 32 si el espesor es mayor de 8 plg	58-80
A529	Al carbono	Perfiles, placas hasta $\frac{1}{2}$ plg	Similar al A36	42	60-85
A441	De alta resistencia y baja aleación	Perfiles, placas y barras hasta 8 plg	Similar al A36	40-50	60-70
A572	De alta resistencia y baja aleación	Perfiles, placas y barras hasta 6 plg	Construcciones atornilladas, soldadas o remachadas. No para puentes soldados los de $F_y = 55$ o mayores.	42-65	60-80
A242	De alta resistencia, baja aleación y resistente a la corrosión atmosférica	Perfiles, placas y barras hasta 4 plg	Construcciones atornilladas, soldadas o remachadas; técnica de soldado muy importante	42-50	63-70
A588	De alta resistencia, baja aleación y resistente a la corrosión atmosférica	Placas y barras	Construcciones atornilladas y remachadas	42-50	63-70
A514	Templados y revenidos	Placas sólo hasta 4 plg	Estructuras soldadas con mucha atención a la técnica empleada; no se use si la ductilidad es importante	90-100	100-130

Figura 17. Propiedades de aceros estructurales. Tomado de (Escalante, 2003).

Los aceros estructurales son una aleación de elementos principalmente hierro y carbono, los cuales junto con otros elementos dan propiedades para contrarrestar amenazas en estructuras metálicas. Según la figura 17 muestra los tipos de aceros estructurales clasificados por American Society for Testing and Materials (ASTM). El material ASTM a 36 en la actualidad es el más usado para este tipo de construcciones debido a sus propiedades.

## 2.4 Diseño del Mecanismo

El estacionamiento de bicicletas requiere un mecanismo que permita trasladar la bicicleta de forma segura hasta un lugar donde va a ser depositado (recepción).

Se considera el diseño de un mecanismo de 4 barras que cumple con las posiciones y movimiento adecuado para el proceso.

### 2.4.1 Teorema de Grashof

“Para que una o dos barras sean manivelas se ha de cumplir que la suma de las barras mayor y menor no sea mayor que la suma de las otras dos” (Blanco, Torres, & Giménez, 2014), si esta condición se cumple el mecanismo se conoce como mecanismos de Grashof, de ser así, este conjunto de eslabonamientos podrá moverse de forma continua sin existir detenimientos ni posiciones de estancamiento. El mecanismo que se eligió en este estudio es un de Doble Manivela, la sumatoria de  $L_1$  y  $L_3$  es menor a la sumatoria de  $L_2$  y  $L_4$ . La Figura 18 muestra los 3 casos posibles según la longitud de los eslabones de acuerdo al Teorema de Grashof.

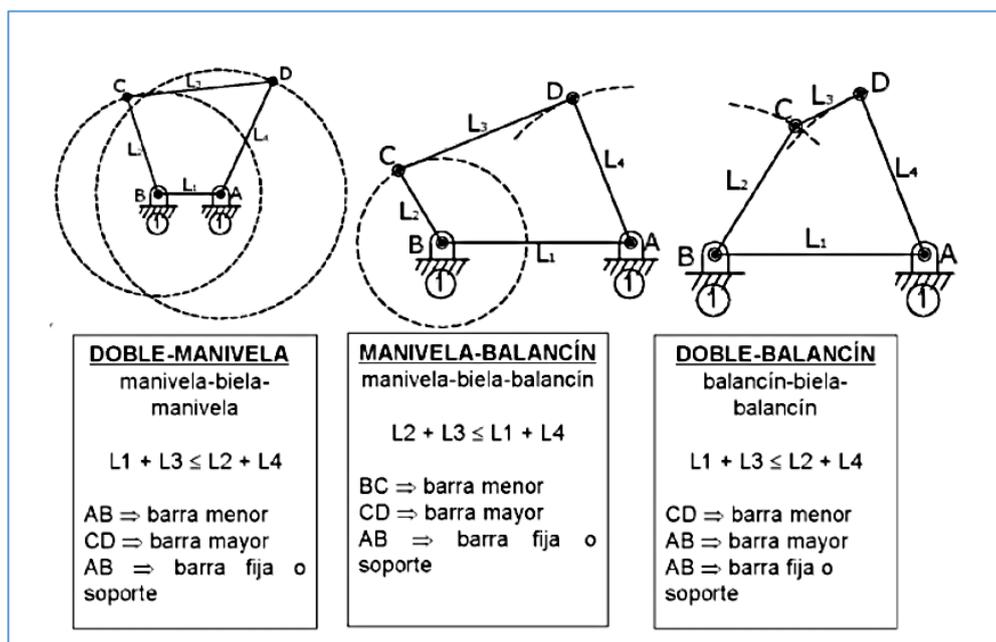


Figura 18. Teorema de Grashof.  
Tomado de (Blanco, Torres, & Giménez, 2014).

### 2.4.2 Máquina

“Combinación de cuerpos resistentes unidos entre sí con determinados movimientos relativos, que transmiten fuerzas desde una fuente de energía hasta el lugar donde han de ser vencidas las resistencias” (Blanco, Torres, & Giménez, 2014), misma que le permite al ser humano lograr vencer ciertas

condiciones o realizar ciertas actividades. La máquina permite complementar actividades de trabajo para cumplir objetivos.

### **2.4.3 Eslabón**

Un eslabón es un cuerpo rígido (supuesto) que posee por lo menos dos nodos que son puntos de unión con otros eslabones. (Norton, 2014), Estos cuerpos permiten transmitir el movimiento, ya que son usados como enlace y relación en sistemas. Una vez que se acoplan con otros sistemas forman un conjunto con un movimiento relativo que forman parte de máquinas o sistemas más complejos.

### **2.4.4 Junta**

Las juntas son uniones o el apoyo de dos partes en un mecanismo o una máquina, que producen el trabajo mediante movimientos que ejercen el ser humano o algún motor.

Para el concepto de (Norton, 2014)

Una junta es una conexión entre dos o más eslabones (en sus nodos), lo cual permite algún movimiento, o movimiento potencial, entre los eslabones conectados. Las juntas (también llamadas pares cinemáticos) se pueden clasificar de varias maneras.

1. Por el tipo de contacto entre los elementos, de línea, de punto, o de Superficie.
2. Por el número de grados de libertad permitidos por fuerza o por forma.
3. Por el tipo de cierre físico de la junta: cerrada por fuerza o por forma.
4. Por el número de eslabones unidos (orden de la junta).

Las piezas deben engranar de tal manera que el mecanismo al que pertenecen las juntas, pueda realizar el trabajo sin inconvenientes, son ubicadas de modo que se busque más fuerza o una mejor coordinación para lograr que se produzca el resultado requerido.

### 2.4.5 Mecanismos de 4 barras

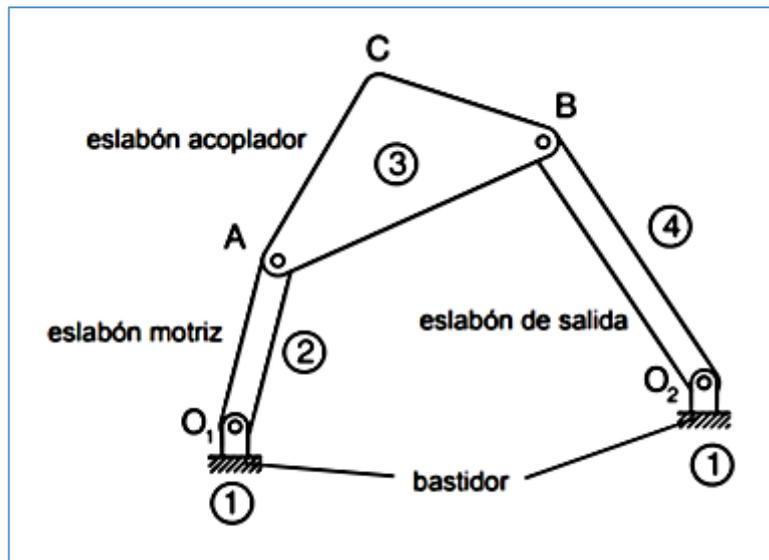


Figura 19. Mecanismos de 4 barras.  
Tomado de (Miranda, 2007).

Un mecanismo como se muestra en la Figura 19 consta de elementos sólidos como son eslabones y bastidores, los cuales están unidos mediante juntas rotatorias que pueden ser de pivote o pasador. Como se observa en la figura al eslabón 2 se lo llama eslabón motriz o conductor y este es el encargado de generar el movimiento, y el eslabón 4 se denomina de salida o seguidor y el eslabón 3 se lo denomina eslabón acoplador.

De acuerdo al Teorema de Grashof el mecanismo de cuatro barras puede girar de forma completa o simplemente oscilar, esto depende de cómo estén ubicados y de que tamaño sea cada eslabón. Cuando en un mecanismo los dos eslabones completan un giro se considera como mecanismo de **doble manivela**, cuando completa un giro únicamente un eslabón se denomina **manivela balancín** y en el caso que no gire completamente ningún eslabón se le conoce como **doble balancín**.

### 2.4.6 Transmisión de potencia

Se lo realiza por polea, por correa, engranes o bandas.

Para dar una mejor seguridad al mecanismo se sugiere usar un sistema por polea ya que es confiable y mantiene una constante relación de velocidad, tiene un mantenimiento de bajo costo y es un sistema muy adaptable.

## **2.5 Herramientas**

### **2.5.1 Diagrama SIPOC**

Para el autor (Pardo, 2017)

“El diagrama SIPOC es una representación esquemática de los componentes principales de un proceso. SIPOC responde a las siglas en inglés: Suppliers (proveedores), Inputs (entradas), Process (proceso), Outputs (salidas), Customers (clientes).” Cada proceso cuenta con un proveedor que puede ser una materia prima u otro proceso.

Las entradas es lo que se necesita para poder realizar las actividades en el proceso, no necesariamente es una materia prima, sino que puede ser otro elemento, información, datos para otras personas.

Proceso: Serie de actividades relacionadas entre sí y que tienen una secuencia lógica, en la que se transforma una materia prima en un producto o servicio que satisface la necesidad de un cliente.

Las salidas son el producto o servicio con un valor agregado.

Y los clientes son aquellas personas que necesitan del producto o servicio generado en el proceso.

### **2.5.2 Diagrama de flujo**

Es relevante el diseño que se genera en un diagrama de flujo, como su nombre señala el diagrama indica de qué manera se va a generar el movimiento o el trabajo de las partes de un mecanismo y su funcionalidad en el momento en que realiza el trabajo.

También (Pardo, 2017) señala que:

El diagrama de flujo o flujograma es una representación gráfica de la secuencia de actividades que forman un proceso. Los flujogramas son de fácil elaboración e interpretación, constituyendo una alternativa muy apropiada para documentar los procesos, pues de un solo vistazo pueden entenderse con rapidez, incluso no estando familiarizado con esta herramienta.

Este diagrama representa la sistematización desarrollada de las partes de un mecanismo ordenadas de tal manera que cada proceso se cumpla y que luego el trabajo y su resultado sea la solución al requerimiento para el que fue creado el mecanismo.

### **2.5.3 Ishikawa**

“Por lo general, el diagrama de Ishikawa se utiliza para el diseño de producto, la prevención de fallos de calidad y la identificación de aquellos factores que pueden tener repercusiones en todo el proceso de producción”. (Reato & Socconini, 2019), como otro diagrama el fin de desarrollarlo es el de sistematizar un proceso pero que tiene ciertos condicionantes como los de control e identificación de posibles errores que den paso a soluciones dentro del proceso de producción del mecanismo que se ha desarrollado.

### **2.5.4 Diagrama de espina de pez**

“Es una herramienta gráfica que se obtiene de una tormenta de ideas, en la que se representan de una manera organizada todas las causas de un determinado efecto, con lo cual resulta más fácil visualizar los problemas y las posibles zonas de mejora” (Socconini, 2015), este esquema organiza los posibles procesos y resultados que se presenten en el trabajo de algún mecanismo e incluso las posibles falencias que el diseño presente, de ahí se podrá obtener una serie de respuestas y alertas para dar forma al mecanismo, evitando estas falencias o errores.

### **2.5.5 Metodología**

Se buscarán diseños existentes de parqueaderos de bicicletas para realizar un estudio previo donde se analizarán sus beneficios y prestaciones. Posteriormente se compararán las alternativas considerando sus aspectos relevantes.

Se planteará una nueva alternativa que permita soluciones de factible implementación en la Universidad de las Américas, tomando en cuenta las necesidades de los usuarios, disponibilidad e inversión a realizar.

Se validará el prototipo mediante ensayos y pruebas de funcionamiento, identificando aspectos de mejora en sus procesos, además, se realizará un análisis del mecanismo en softwares que simulan cómo se comporta el diseño al aplicar cargas.

Se diseñará el sistema para escala real detallando sus aspectos mecánicos, eléctricos y electrónicos, graficando sus detalles en planos constructivos que permitan la implementación y reproducción del proyecto.

Se analizará el beneficio económico, social y cultural que aporta este proyecto. Así como su contribución con el medio ambiente y alineándose a la filosofía de la UDLA en soluciones que benefician al ecosistema.

## **3. CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL**

### **3.1 Estado actual**

En este capítulo se analiza y se describe el escenario actual en cuanto a espacios y necesidades a través de datos históricos y encuestas. La Figura 20 muestra una de las herramientas que se usó, este diagrama SIPOC sirve para entender de mejor manera y poder analizar el proceso actual de parqueo de las bicicletas.

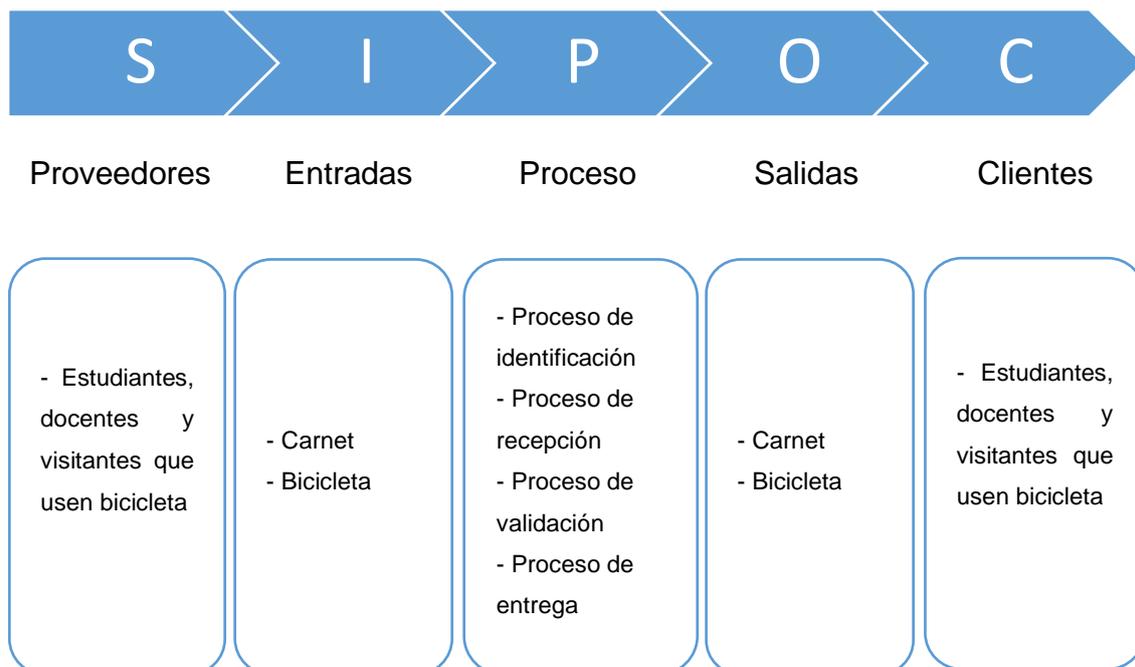


Figura 20. Diagrama SIPOC

### 3.2 Descripción general

La Universidad de las Américas fue creada en el año 1994, actualmente ofrece 37 carreras de pregrado que son distribuidas en modalidades presencial y semipresencial, en horarios diurno, vespertino y nocturno, desde el año 2006 la institución amplió la oferta académica con programas de cuarto nivel, Conforme pasa el tiempo ha crecido exponencialmente no solo en infraestructura sino también en la comunidad universitaria, llegando a tener cerca de 17000 estudiantes

#### 3.2.1 Ubicación

La Universidad de las Américas (UDLA) se encuentra ubicada en la ciudad de Quito, provincia de Pichincha, Ecuador, cuenta con 4 campus ubicados en el norte de la ciudad que se detallan a continuación:

- Campus Colón
- Campus Granados
- Campus Queri
- Campus UdlaPark

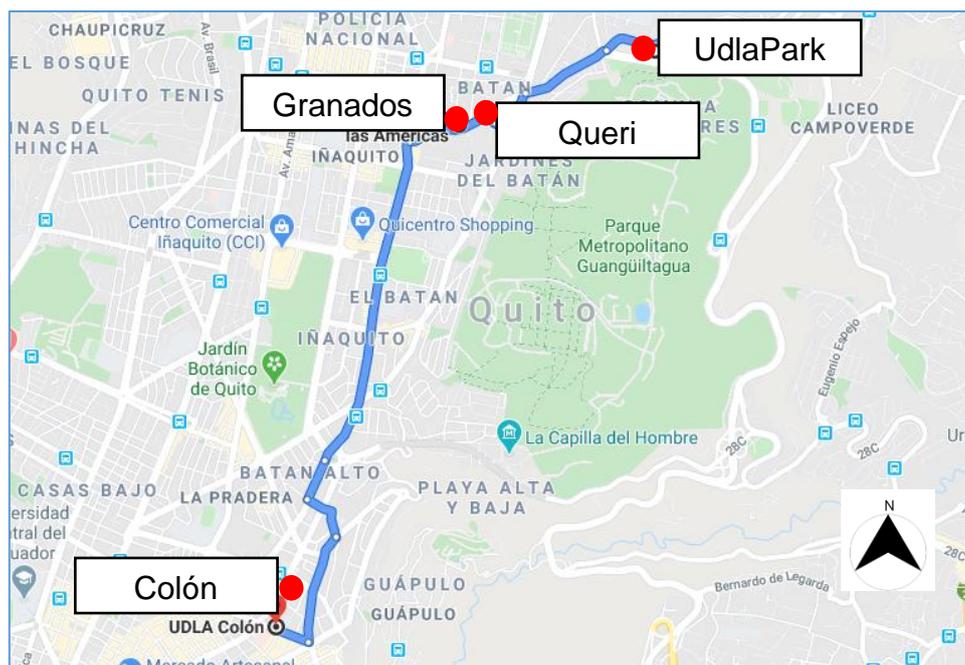


Figura 21. Ubicación de los campus de la UDLA. Tomado de (GoogleMaps, 2019).

Tabla 2  
Tiempos de traslado entre campus

Origen	Destino	Tiempo caminando	Tiempo automóvil	Tiempo bicicleta
Granados	Queri	6 min	3 min	2 min
Granados	UdlaPark	23 min	3 min	8 min
Granados	Colón	57 min	19 min	20 min
Queri	Colón	57 min	18 min	22 min
Queri	UdlaPark	4 min	1 min	7 min
UdlaPark	Colón	73 min	21 min	25 min

La tabla 2 contiene el tiempo que tarda en desplazarse de un campus hacia otro caminando, en automóvil o en bicicleta

La figura 21 muestra donde se encuentran ubicados los campus que dispone la Universidad de Las Américas. Los campus Granados, Queri y UdlaPark cuentan con un servicio de bus que realiza recorridos aproximadamente cada 20 minutos. Todos los campus de la institución cuentan con un área destinada al

aparcamiento de bicicletas. La capacidad y demanda actual de cada uno son detalladas en la tabla 3. En Anexos 9 se encuentran los resultados del muestreo que se realizó en la sede UdlaPark.

Tabla 3.

*Descripción plazas de aparcamiento*

<b>CAMPUS</b>	<b>ESPACIOS DISPONIBLES</b>	<b>DEMANDA DE ESPACIOS</b>
COLÓN	20	18
QUERI	30	20
GRANADOS	32	40
UDLA PARK	30	32

Las bicicletas ingresan por el mismo lugar que los vehículos, y para acceder se necesita hacer un registro con el encargado de seguridad. La persona de seguridad solicita al usuario una identificación y entrega a cambio una tarjeta de visitante. Es indispensable que se usen accesorios como candados ya que el sistema no cuenta con ningún mecanismo de seguridad.

Los principales problemas que reflejan las entrevistas realizadas a los usuarios de este medio de transporte son: poca disponibilidad, inseguridad, exposiciones largas al sol, agua, proceso demanda de mucho tiempo entre otras. Los resultados de las encuestas se encuentran en Anexos 1.

### **3.1.2 Horarios**

Los horarios de mayor demanda se dan en la jornada del día y de la tarde, cuando las clases se inician de 10: 00 – 13:00 pm y de 3 pm a 5 pm.

Se procedió a realizar una simulación con la herramienta FlexSim para obtener variables como son la disponibilidad, el tiempo promedio de permanencia y la distancia que se desplazan los usuarios. Como primer paso se configuró las

entradas de acuerdo al muestreo que se detalla en el Anexo 9, ingresando la cantidad de bicicletas y las horas a las que entran al parqueadero. Para esto se crearon 2 “Sources” segmentando los horarios de la mañana y tarde

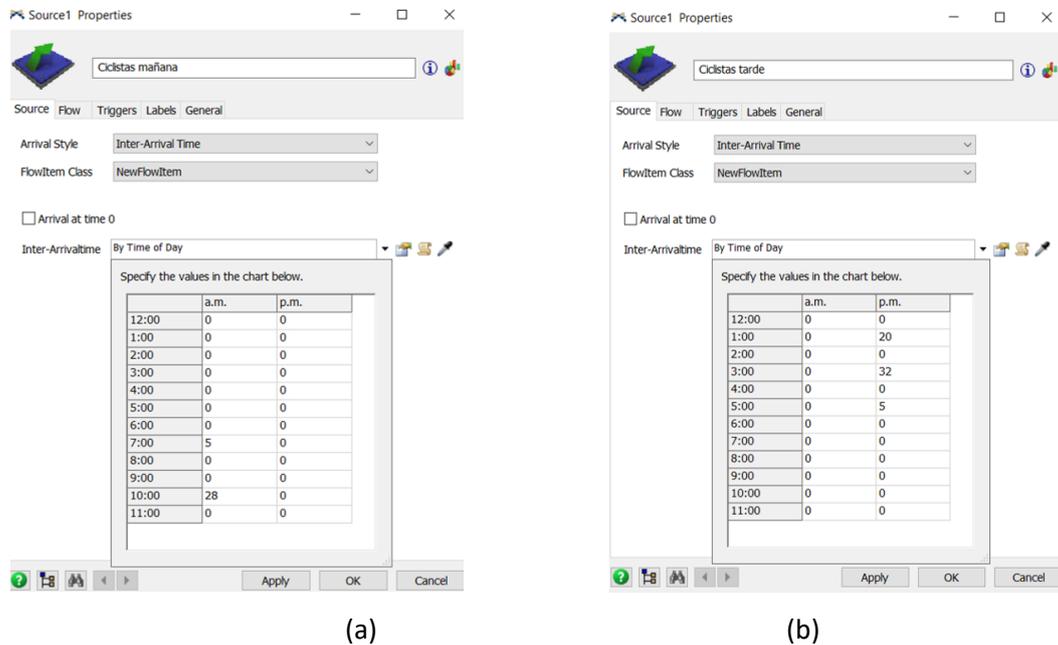


Figura 22. Configuración de acuerdo a horario de la mañana (a) y tarde (b).

Como siguiente paso se definió la permanencia de cada posible usuario y también la capacidad por plaza. En este ejemplo se crearon 3 tipos de casos con una distribución normal a diferentes tiempos de permanencia en el parqueadero. Además, se da la restricción de capacidad de una bicicleta por plaza como muestra la Figura 23

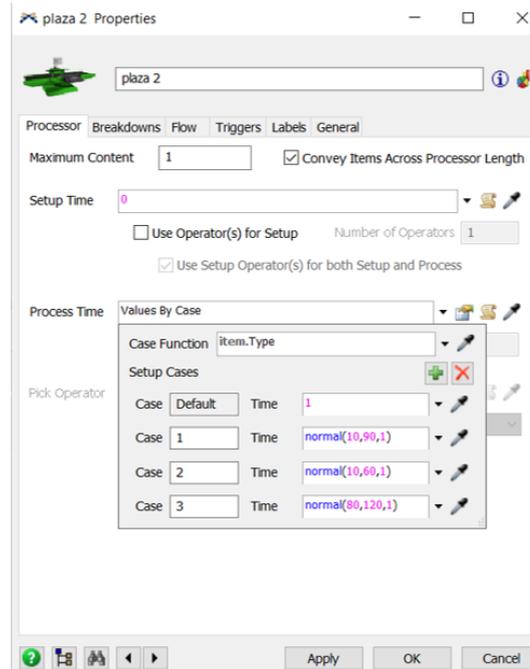


Figura 23. Configuración casos de usuarios.

Esta simulación se realizó con 5 plazas representados por un procesador, dos tipos de ingreso por horario representados por un Source y la capacidad del parqueadero representado por un Queque, cabe mencionar que para la situación actual es de 30 plazas.

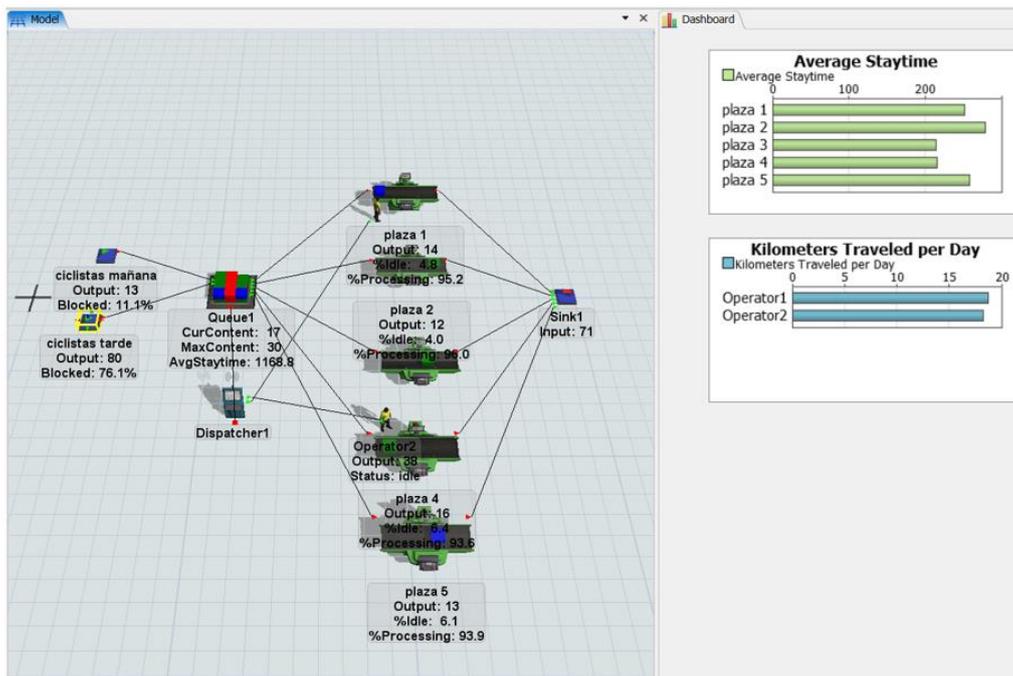


Figura 24. Simulación situación actual parqueadero de bicicletas UdlaPark.

Como se observa en la Figura 24 la distancia sobrepasa los 15 km por día y el tiempo promedio supera los 200 en todos los casos, además, el AvgStayTime del parqueadero actual es de 1168,8.

### 3.1.3 Resultado de encuestas

La encuesta estuvo estructurada de 8 preguntas realizadas de manera aleatoria a la comunidad universitaria que son usuarios del parqueadero de bicicletas.

La Figura 25 contiene el resultado de cada una de las preguntas que fueron realizadas, el eje (y) contiene el porcentaje de personas que respondieron positivamente. Para mayor detalle se adjunta los resultados de la encuesta en Anexo 1.

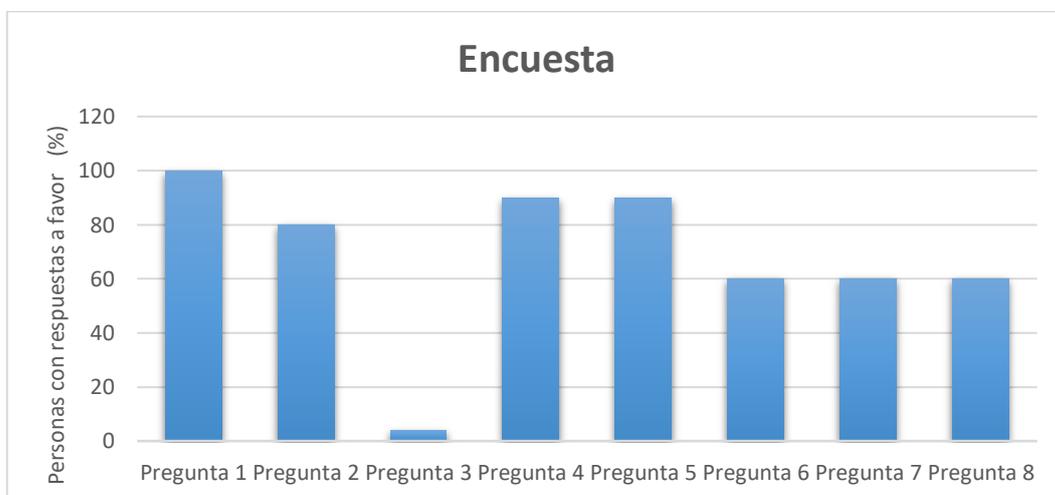


Figura 25. Resultado de encuestas a usuarios.

### 3.3 Análisis Causa Raíz

Se realizó un diagrama causa efecto (Ishikawa), con el fin de saber las posibles causas que están afectando al servicio de parking. Las principales se definen a continuación en la Figura 26.

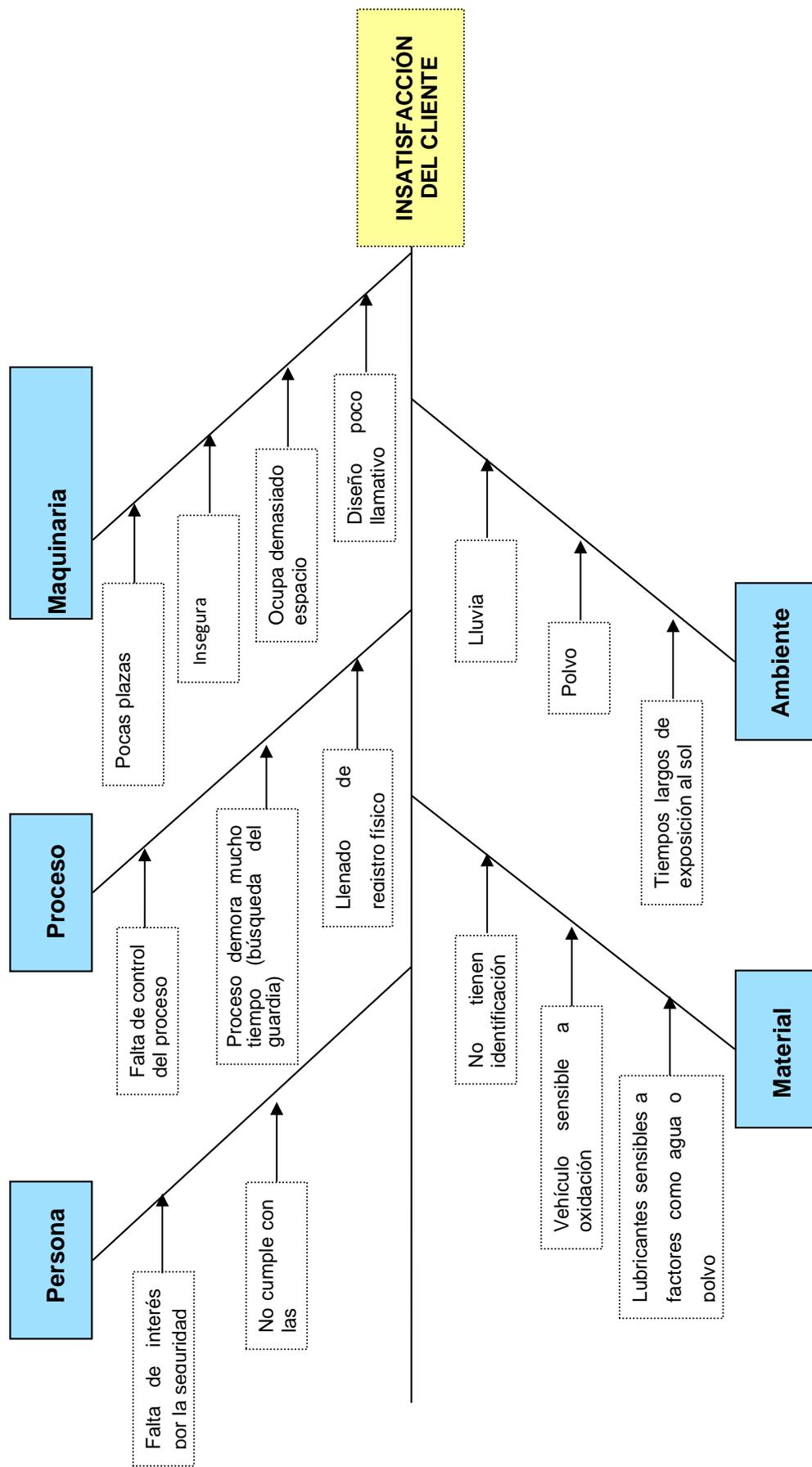


Figura 26. Diagrama, Causa Efecto Situación Actual .

## **Personas**

Existe una falta de interés por parte de los usuarios con respecto a temas de seguridad, es recurrente encontrar bicicletas sin ningún tipo de accesorios anti robo como son: candados, cadenas, bloqueos, entre otros.

## **Proceso**

Uno de los problemas es la falta de control del proceso. Es decir, no se conoce con certeza si la persona que está saliendo del parqueadero lleva la misma bicicleta con la que entró, también se puede afirmar que no hay conocimiento exacto del tiempo que estuvo y si es alumno, docente o visitante. El proceso demanda de mayor tiempo debido a que en ocasiones el personal de seguridad está realizando otro tipo de actividades o si está ausente, por tanto, los usuarios deben esperar a ser atendidos.

El personal de seguridad solicita a los usuarios una credencial como único requisito para acceder a la universidad y al servicio de parqueadero, a cambio recibe una tarjeta de visitante la cual no tiene un control con chip, sino que hace la función de respaldo para retirar la credencial. Este proceso es molesto ya que existe temor de perder el documento de identificación o que haya confusiones al momento de retirar el mismo. También se limita al usuario con actividades que requieran del uso del carnet como es el pago de otros servicios de comida, copias, etc.

El proceso no está estandarizado ni bien definido, en ocasiones no cuentan con la cantidad requerida de tarjetas, por lo que se pide llenar un registro físico con información básica de los usuarios como son: color de bicicleta, nombre, lugar a donde se dirige.

## **Maquinaria**

En las horas pico hay poca disponibilidad de plazas, debido a esto cuando no existe más espacio los usuarios ubican sus bicicletas en sitios que no son asignados para esta actividad

El diseño es muy poco atractivo, no es innovador y no tiene mecanismos de control y seguridad, aquellas personas que no dispongan de accesorios propios, se encuentran expuestos a robos o intercambios de bicicletas.

La estructura genera un impacto visual debido al número de bicicletas arrimadas una a continuación de otra, además que genera golpes y rayones por encontrarse sobrepuestas.

### **Material**

Las bicicletas no tienen una identificación como son tags o stickers que contenga información de los propietarios, lo que puede ocasionar confusiones al personal de seguridad, además, son sensibles a la oxidación y a problemas de funcionamiento ocasionado por factores ambientales.

### **Ambiente**

Factores como el agua (lluvia), afectan directamente al sistema de frenos, amortiguación, lubricación y oxidación de las bicicletas lo que aumenta el riesgo de accidentes. Elementos como la suspensión se ven afectados ya que hay filtraciones de agua teniendo como consecuencia un mayor desgaste de piezas debido a la fricción de los elementos.

El polvo, el sol y el aire también afecta a la lubricación interna y externa, los componentes que usan aceites especiales se secan más rápido, por tanto, cuanto más rápido se sequen presentan mayor dificultad en el funcionamiento y mayor será la fricción.

### 3.4 Árbol de definición del problema

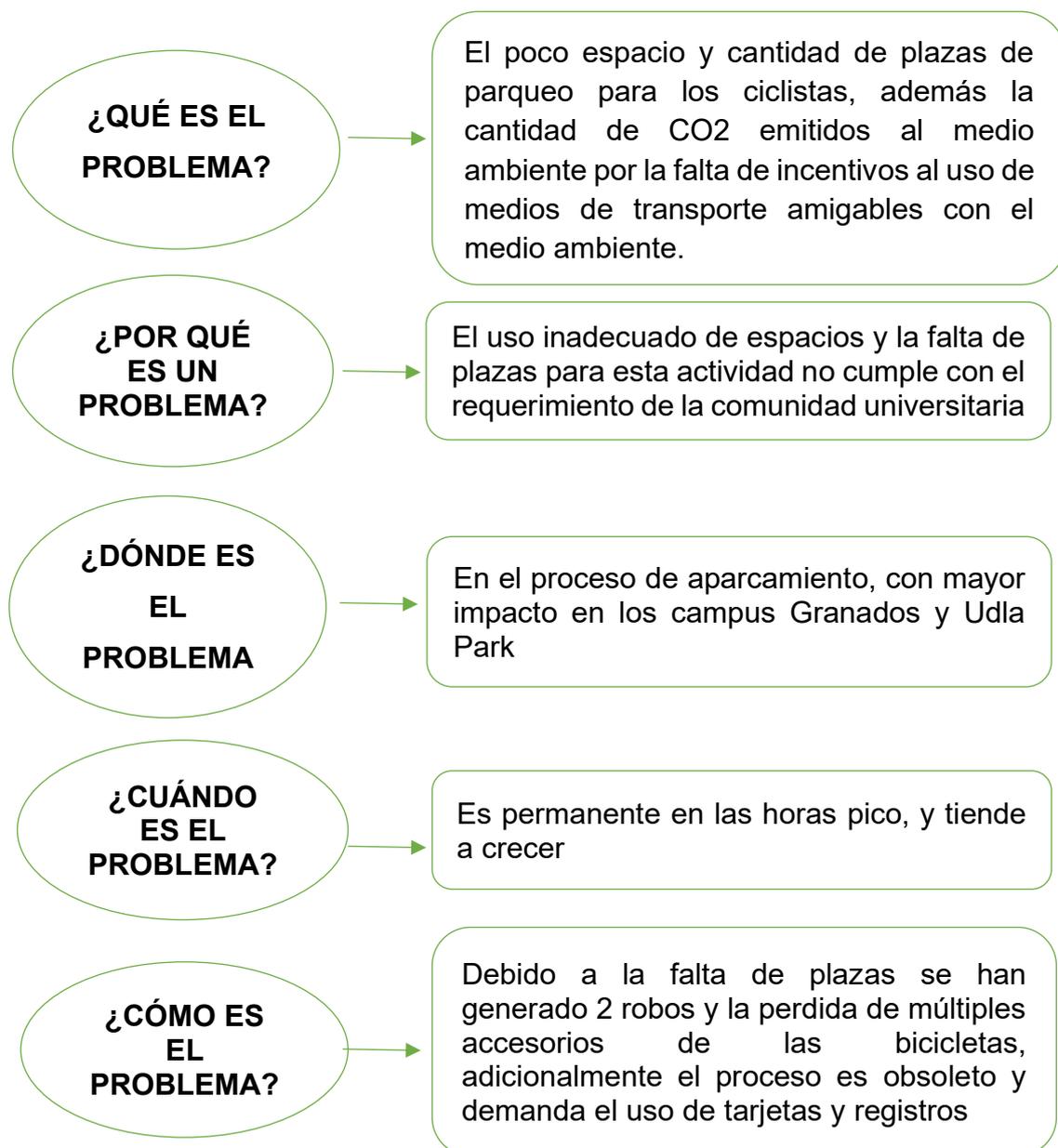


Figura 27. Árbol de definición del problema.

La Figura 27 muestra el análisis obtenido mediante la herramienta árbol de problemas, que se usó para identificar los principales causas y efectos para de esta manera partir planteando estrategias y obtener Objetivos Smart, es decir, que sean específicos, medibles, realizables, realista, y en un tiempo limitado.

## **4. CAPÍTULO IV: PROPUESTA DE MEJORA**

Se presenta una opción para mejorar el servicio actual del parqueadero de bicicletas, sin embargo, dado que este documento solamente corresponde a una propuesta de mejora se requerirá para su implementación, un diseño más detallado de componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos.

Para el desarrollo de la nueva propuesta se tomó en cuenta los requerimientos que los usuarios del parqueadero expusieron en las encuestas y entrevistas realizadas. El Modelo QFD fue la herramienta que se usó para determinar ciertas características y necesidades que los usuarios esperan del nuevo servicio de parqueadero.

### **4.1 Modelo QFD**

El presente estudio se lo realizó en los campus de la Universidad de las Américas a los usuarios de bicicleta, con el propósito de analizar el nivel de satisfacción del cliente y por tanto descubrir mejoras en el servicio.

En consecuencia, se inició observando y midiendo con el fin de determinar la situación actual del parqueadero, mediante la recolección y análisis de datos obtenidas en encuestas para medir la satisfacción en cuanto al servicio recibido, a su vez conocer posibles mejoras y sugerencias por parte de los usuarios.

#### **4.1.1 Método de investigación**

##### **Método de observación**

Este método fue fundamental y el primero en realizarse para conocer la situación actual del parqueadero de bicicletas sede UdlaPark, la información levantada por esta inspección visual sirvió para hacer un diagnóstico del servicio en concordancia con los objetivos y directrices de la presente investigación.

### **Método inductivo**

A través del método inductivo se pudo descomponer importantes características sobre el servicio que es de interés para los usuarios de bicicletas, se partió de datos particulares y se llegó a definir conclusiones generales mediante la construcción del modelo QFD.

### **Método analítico**

Este método consiguió analizar la problemática que existe y proponer una alternativa que cumpla con los requerimientos de los clientes, de esta manera se llegó a la solución de los problemas encontrados y el planteamiento de oportunidades de mejora.

### **Método estadístico**

Con el método estadístico se recopiló información para analizar y representar gráficamente los resultados que se obtuvieron mediante el tamaño de muestra. Para lo cual se consideró a 100 usuarios de bicicletas los cuales usan el servicio de parqueo. Para garantizar la confiabilidad del 95% y un margen de error del 5% se procedió a usar la siguiente fórmula

$$n = \frac{N\sigma^2 Z^2}{(N - 1)e^2 + \sigma^2 Z^2}$$

n= tamaño de la muestra

N= tamaño de la población

$\sigma$ = desviación estándar de la población

Z= valor obtenido del nivel de confianza, se utilizará el 95%

e= limite aceptable del error maestral, en este caso el 5%

Se concluyó que con un nivel de confianza del 95%, un margen de error de 5% y una probabilidad de un 50%, un total de n=80 usuarios tenían que ser encuestados

#### 4.1.2 Técnicas para recolección de la información

##### Entrevista

Para obtener respuestas verbales a las interrogantes que se generan por la problemática del servicio se entrevistó al personal de seguridad encargado del parqueadero de bicicletas, de esta manera se consiguió una lluvia de ideas para dar soluciones a los problemas encontrados.

##### Encuesta

La encuesta se lo realizó de manera física, la misma que consta de preguntas puntuales pero también se tomó en cuenta sus opiniones y sugerencias. Se aplicó otro tipo de encuestas conforme el avance en el desarrollo del QFD.

#### 4.2 Desarrollo del Modelo QFD

Consiste en obtener una visión objetiva de los requisitos que los clientes necesitan para satisfacer sus necesidades, además una fuente de información que brinde las variables indispensables para plantear una propuesta de mejora en el servicio de parqueaderos.

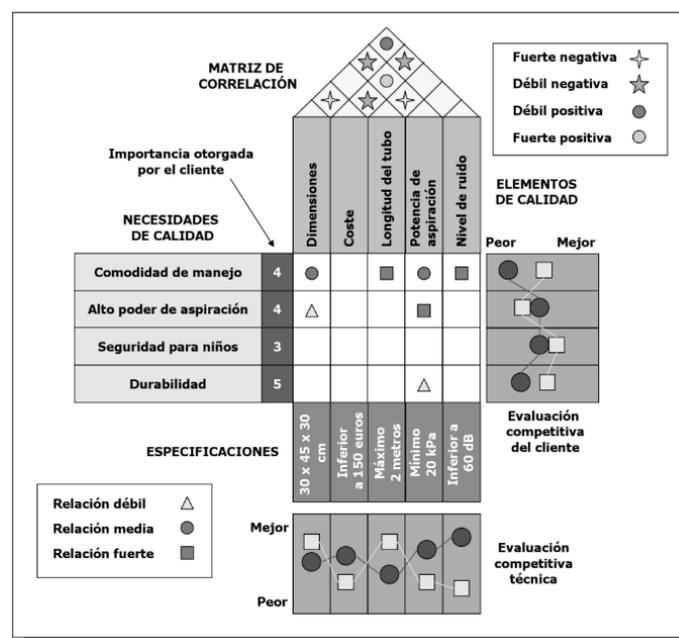


Figura 28. Esquema de la Matriz QFD – Casa de la Calidad. Tomado de (Miranda, 2007).

La matriz QFD necesita de nueve pasos que se mencionan a continuación:

Paso 1: Definir el objetivo

Paso 2: Establecer los requerimientos del cliente (QUE)

Paso 3: Establecer el grado de importancia de los requerimientos del cliente

Paso 4: Evaluar el servicio ofrecido por la competencia

Paso 5: Definir los requerimientos de CÓMO

Paso 6: Analizar la relación entre QUÉ y CÓMO

Paso 7: Estructurar el techo de la Casa de la Calidad

Paso 8: Cuantificar objetivos de CÓMO

Paso 9: Analizar la dificultad organizacional (DO)

#### **4.2.1 Paso 1. Definir objetivos**

Como primer paso se definió el objetivo y el alcance, esto abarca el desarrollo del QFD en la sede UdlaPark que contiene un estudio acerca de ¿Qué es lo que desean los usuarios del servicio de parqueadero de bicicletas? Hasta ¿Cómo se puede satisfacer esas necesidades?

Como consecuencia, el principal objetivo se resume en aplicar el Modelo QFD para el análisis de satisfacción de los ciclistas en la sede UdlaPark.

#### **4.2.2 Paso 2. Establecer los requerimientos del cliente**

Como segundo paso se identificó directamente de la opinión de los usuarios del servicio y también de las características de calidad necesarias, las características que definan cómo debería ser el servicio de parqueadero para cumplir con sus necesidades. Para esto se realizó encuestas a un grupo de 100 ciclistas en la que contempla preguntas como ¿Qué características espera recibir del servicio de parqueadero de bicicletas?

Las respuestas se presentan en la Tabla 4:

Tabla 4.  
*Descripción plazas de aparcamiento*

N°	Requerimiento	Frecuencia
1	Que exista disponibilidad	20
2	Que no haya robos	16
3	Que el servicio sea rápido y de manera simple	15
4	Que no se retengan las credenciales físicas para acceder	10
5	Que no se deba depender del personal de seguridad para poder acceder y que alguien se responsabilice.	7
6	Que permita dejar cascos y chalecos	6
7	Que las bicicletas estén protegidas de rayones y polvo	6
8	Que no se necesite llevar accesorios de seguridad	5
9	Que no haya confusiones con las bicicletas	4
10	Que no se deba llenar registros	3
11	Que tenga un mejor aspecto	3
12	Que tenga una estación con herramientas de mantenimiento	3
13	Que se realice encuestas de satisfacción al cliente	2
	TOTAL	100

Se presentó una lista con 13 requerimientos y se realizó el cálculo de frecuencia de repetitividad para cada uno de los requerimientos antes mencionados.

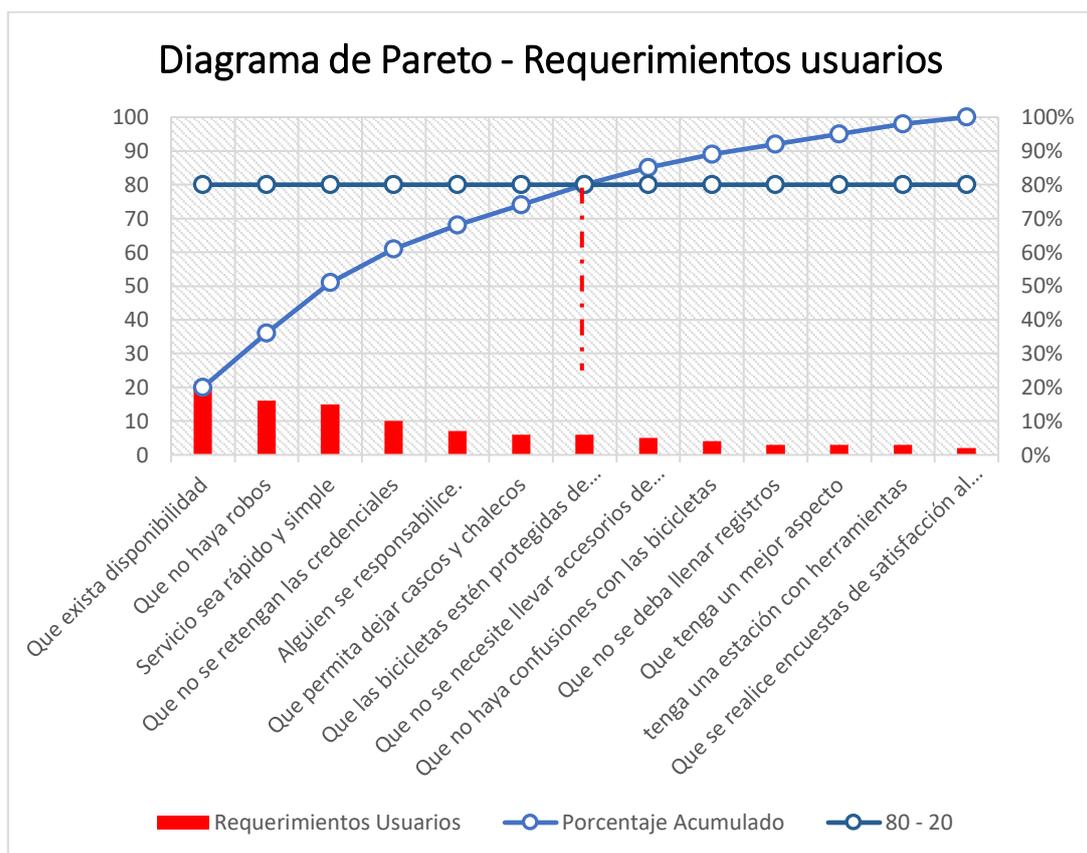
Se utilizó un diagrama de Pareto para definir el 80 – 20 (ley de los pocos vitales) y poder dar prioridad a los requerimientos que conforman el 80%.

Tabla 5.  
*Requerimientos del cliente (80 - 20).*

N°	Requerimiento	Frecuencia		% Acumulado	80 - 20
1	Que exista disponibilidad	20	20%	20%	80%
2	Que no haya robos	16	16%	36%	80%
3	Que el servicio sea rápido y de manera simple	15	15%	51%	80%
4	Que no se retengan las credenciales físicas para acceder	10	10%	61%	80%
5	Que no se deba depender del personal de seguridad para poder acceder y que alguien se responsabilice.	7	7%	68%	80%
6	Que permita dejar cascos y chalecos	6	6%	74%	80%
7	Que las bicicletas estén protegidas de rayones y polvo	6	6%	80%	80%
8	Que no se necesite llevar accesorios de seguridad	5	5%	85%	80%
9	Que no haya confusiones con las bicicletas	4	4%	89%	80%
10	Que no se deba llenar registros	3	3%	92%	80%
11	Que tenga un mejor aspecto	3	3%	95%	80%
12	Que tenga una estación con herramientas de mantenimiento	3	3%	98%	80%
13	Que se realice encuestas de satisfacción al cliente	2	2%	100%	80%
	<b>TOTAL</b>	100	100%		

Como conclusión de acuerdo a la Tabla 5 a partir del requerimiento 8 no cumplen con el 80%, y a partir del primero al séptimo si cumplen, estos serán considerados en el siguiente paso de la realización del QFD.

Por último, para identificar y diferenciar los pocos vitales de los muchos importantes se utilizó la herramienta Diagrama de Pareto, la cual muestra los requisitos del cliente que se deben dar prioridad en una representación gráfica de los resultados que se obtuvieron de las encuestas realizadas.



*Figura 29.* Diagrama de Pareto (Requerimientos, % acumulado, 80- 20).

En la Figura 29 muestra los requerimientos más importantes en los cuales se desarrolló la propuesta de mejora, esta herramienta ayudó para evitar utilizar recursos innecesarios y así poder plantear la mejora sin malgastar esfuerzos.

### 4.2.3 Paso 3. Establecer el grado de importancia de los requerimientos del cliente

Como tercer paso se hizo uso de la escala de Likert para jerarquizar los requerimientos del cliente. Se hizo uso de una ponderación del 1 al 5 donde 1 corresponde a un requerimiento que no es nada importante y 5 la que es muy importante al momento de que el cliente toma una decisión, en la siguiente tabla se muestran los grados de importancia.

Tabla 6.  
*Grados de importancia*

Escala	Ponderación
1	Nada importante
2	Poco importante
3	Indiferente
4	Importante
5	Muy importante

En una segunda etapa de encuestas realizadas a los usuarios se identificaron las características que dan más peso para mejorar el servicio. La encuesta se realizó a la misma cantidad de personas y respondieron a la siguiente pregunta: ¿Qué tan importante son los requerimientos de los ciclistas que esperan recibir del servicio de parqueadero?

A continuación en la tabla se muestran las ponderaciones correspondientes-

Tabla 7.  
Grado de importancia requerimientos de usuarios

N°	Requerimiento	Importancia
1	Que exista disponibilidad	4.55
2	Que no haya robos	4.55
3	Que el servicio sea rápido y de manera simple	4.32
4	Que no se retengan las credenciales físicas para acceder	4.25
5	Que no se deba depender del personal de seguridad para poder acceder y que alguien se responsabilice.	3.93
6	Que permita dejar cascos y chalecos	3.81
7	Que las bicicletas estén protegidas de rayones y polvo	3.73

En la Tabla 7 se encuentran los requerimientos que cumplen con el 80 – 20 (ley de los pocos vitales) de los cuales se promedió el grado de importancia que los usuarios dieron a cada uno de ellos. En Anexos 8 se encuentra en detalle la evidencia de la tabulación con los requerimientos y la importancia.

Con los resultados de la Tabla 7 se procedió a clasificar los requerimientos en función de prioridad, siendo así el requerimiento 1 y 2 los más importantes con un valor del 4.55 y el requerimiento 7 el de menor grado con un valor de 3.73, sin embargo, se puede constatar que la mayoría de requerimientos tienen un grado de importancia de importante, y, muy importante, por lo que es indispensable atender a todos los antes mencionados. A continuación en la Figura 30 se representa mediante un diagrama de barras los resultados.

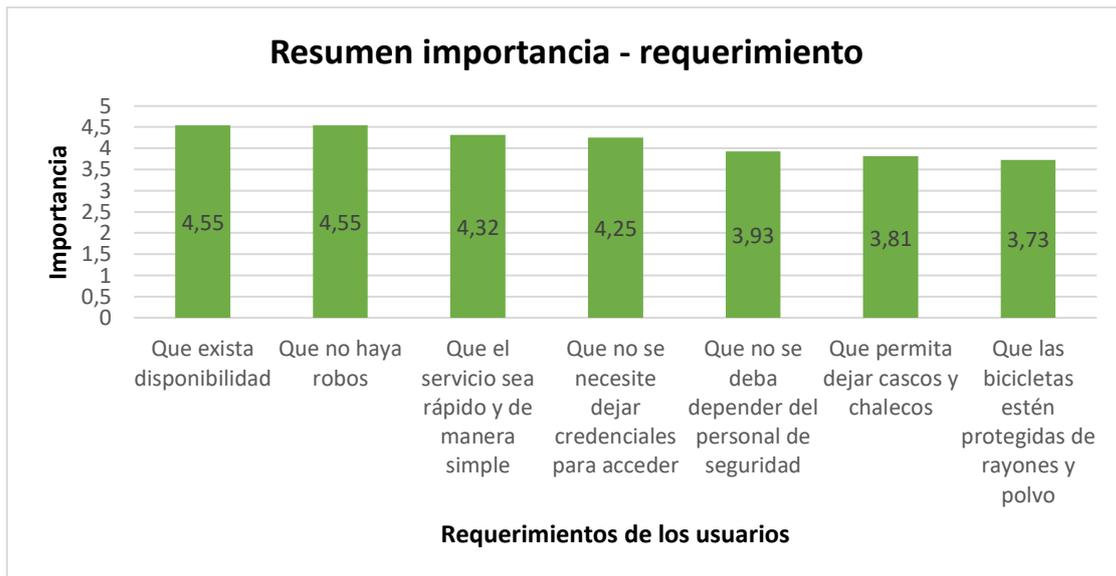


Figura 30. Diagrama de barras importancia – requerimientos.

#### 4.2.4 Paso 4. Evaluar el servicio ofrecido por la competencia

Bigloo es la competencia que se tiene más relación por el tipo de servicio y la cantidad de personas que lo usan. A continuación se detalla las características de este mecanismo que fue desarrollado en España:

- Capacidad

24 Bicicletas

- Dimensiones

7.5 m. de diámetro por altura según su capacidad:

23 bicis 1.5m.

46 bicis 2.75m.

69 bicis 4.0 m.

96 bicis 5.25m.

97 m2.

Para 23 bicicletas

- Fuente

Alimentación eléctrica 5500 W, monofásica a 220 V.

- Costo

0.12 Euros cada hora

- Identificación

Tarjeta con chip

#### 4.2.5 Paso 5 Definir los requerimientos de COMO

Para definir el COMO se trabajó en conjunto tanto el investigador como el docente guía a través de una lluvia de ideas, las principales acciones se encuentran detallada en la Tabla 8. Se segregaron en 10 acciones para continuar con el desarrollo del QFD.

Tabla 8.

*Características de Calidad*

N°	COMO	Objetivo
1	Almacenamiento más organizado y que ocupe menor espacio	↑
2	Diseñar un sistema autónomo que no necesite de una persona para poder acceder al servicio	↑
3	Utilización de herramientas tecnológicas como lector de tarjetas o código QR para poder usar y reservar las plazas.	↑
4	Cumplimiento de manuales de aparcamientos de bicicletas	●
5	Proceso estandarizado de servicio al cliente	↑
6	Actualización de herramientas y procesos obsoletos	↓
7	Cumplimiento de ordenanza "Proyecto de Ordenanza Metropolitana que prioriza, regula, facilita y promociona la bicicleta y caminata como modos de transporte sostenibles en el Distrito Metropolitano de Quito" Art.- 32.	●

8	Diseño en función de factores ambientales (polvo, lluvia, sol, humedad) y de seguridad	
9	Estructura con seguridad que evite confusiones y robos de accesorios	
10	Personal capacitado para implementación y mantenimiento de la nueva propuesta	

Por último en el Paso 5 se realiza una nomenclatura para definir qué tipo de característica de calidad posee, el mismo se encuentra detallado en la siguiente tabla.

Tabla 9.

*Simbología usada para el tipo de característica de calidad*

N°	Tipo de Característica	Símbolo
1	Mayor es mejor	
2	Menor es mejor	
3	Nominal es mejor	

La simbología que se muestra en la Tabla 9 sirve para definir si es necesario que el COMO aumente, disminuya o se mantenga en un valor objetivo, por ejemplo: si resulta más favorable que el COMO se incremente para el cumplimiento del objetivo se definirá cómo (mayor es mejor), o si no se necesita que aumente o disminuya para llegar al objetivo quiere decir que no es una característica vital por ende se define como (nominal es mejor).

#### 4.2.6 Paso 6. Analizar la relación entre QUE y COMO

El sexto paso consistió en traducir a todos los requerimientos mencionados anteriormente en características medibles, en conclusión es una matriz que relaciona el QUE demandado por el cliente con el COMO. Se usó la correlación 1 – 3 – 9 para dar el peso a cada QUE y COMO como se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 10.  
Valor de relación entre Que y Como

Valor	Relación
1	Débil
3	Medio
9	Fuerte
	No existe relación

Por último como resultado se obtiene la Tabla 10 la cual permite evidenciar la relación entre las características del servicio y los requisitos del cliente, clasificados en un valor 1, 3 y 9 que corresponde a débil, medio y fuerte respectivamente. Esta matriz me ayuda a alcanzar la meta propuesta para aumentar el grado de satisfacción del usuario.

Tabla 11.  
Matriz de relación entre Que y Como

Característica dada por el cliente	Grado de Importancia	Almacenamiento más organizado y que ocupe menor espacio	Diseñar un sistema autónomo que no necesite de una persona para poder acceder al servicio	Utilización de herramientas tecnológicas como lector de tarjetas o código QR para poder usar y reservar las plazas.	Cumplimiento de manuales de aparcamientos de bicicletas	Proceso estandarizado de servicio al cliente	Actualización de herramientas y procesos obsoletos	Cumplimiento de ordenanza "Distrito Metropolitano de Quito" Art.- 32.	Diseño en función de factores ambientales (polvo, lluvia, sol, humedad) de seguridad	Estructura con seguridad que evite confusiones y robos de accesorios	Personal capacitado para implementación y mantenimiento de la nueva propuesta
Que exista disponibilidad	4.55	9		1	3			1	1	1	1
Que no haya robos	4.55		3	3	3	1		3	9	9	
Que el servicio sea rápido y de manera simple	4.32	3	9	3			1				
Que no se retengan las credenciales físicas para acceder	4.25		9	9		3	1			3	
Que no se deba depender del personal de seguridad para poder acceder y que alguien se responsabilice.	3.93		9	3			3		9	9	1
Que permita dejar cascos y chalecos	3.81	9								3	
Que las bicicletas estén protegidas de rayones y polvo	3.73								3	3	
Clasificación por importancia	<b>ABSOLUTO</b>	88.2	126.15	81.2	27.3	17.3	20.36	18.2	92.06	116.24	8.48
	<b>% RELATIVO</b>	15	21	14	5	3	3	3	15	20	1

#### 4.1.7 Paso 7. Estructurar el techo de la Casa de la Calidad

El séptimo paso consiste en estructurar el techo de la calidad, el cual contiene las correlaciones entre el COMO y el impacto de una acción sobre otra al momento de realizarse, esto tiene como objetivo aterrizar las ideas e identificar cuales no tienen conflicto y se respaldan unos a otras. Es decir si existe una correlación negativa se debe a que un COMO afecta negativamente a otro COMO mientras que si existe una correlación positiva, un COMO soporta a otro COMO permitiendo que la organización sea eficiente. En la siguiente tabla se muestra los símbolos y la ponderación que se asigna a cada uno.

Tabla 12.

*Simbología y ponderación de las correlaciones*

Relación	Significado
●	Fuertemente Positiva
○	Positiva
■	Negativa
□	Fuertemente Negativa

En conclusión el Modelo QFD aproxima al propósito principal que consiste en identificar áreas de oportunidad para mejorar la calidad del servicio de parqueaderos de la institución, así también, aumentar la factibilidad en búsqueda de nuevas soluciones que son necesarias para la satisfacción de los usuarios.

En la siguiente figura se muestra el techo de la Casa de la Calidad y se concluye que las correlaciones que sean Fuertemente Positivas y Positivas son de alta importancia para el desarrollo de la nueva propuesta.

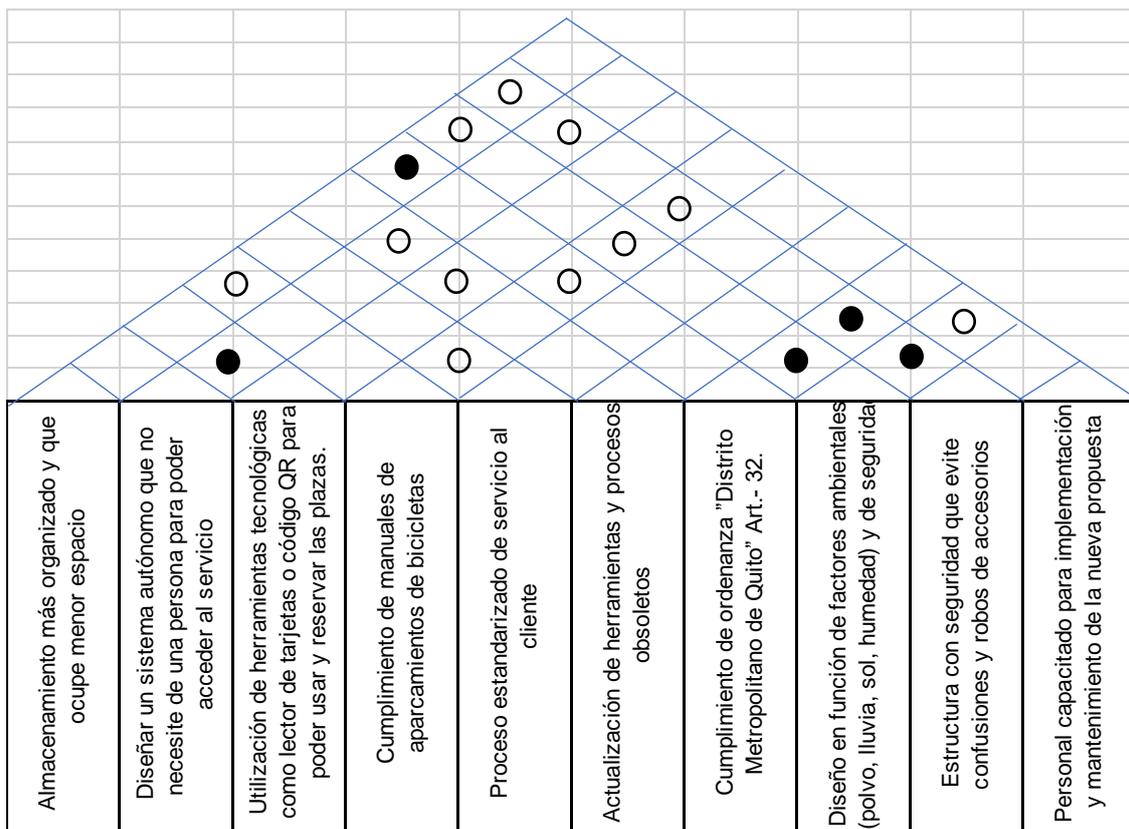


Figura 31. Estructura techo casa de la calidad.

#### 4.2.8 Paso 8. Cuantificar objetivos de COMO

Este paso tiene como objetivo cuantificar los valores objetivos de los COMOS que ayudan a satisfacer los requisitos del cliente.

Tabla 13.

Cuantificación de los COMO

Nº	COMO	OBJETIVO	CUANTO
1	Almacenamiento más organizado y que ocupe menor espacio	↑	Aumentar la disponibilidad de plazas por lo menos un 50%
2	Diseñar un sistema autónomo que no necesite de una persona para poder acceder al servicio	↑	Evitar el uso de personal de seguridad y reducir el tiempo más del 60%
3	Utilización de herramientas tecnológicas como lector de tarjetas o	↑	Incorporar un lector de tarjetas, o QR para tener acceso al servicio, además, que se pueda registrar y reservar las plazas mediante un smartphone.

	código QR para poder usar y reservar las plazas.		
4	Cumplimiento de manuales de aparcamientos de bicicletas		Reducir la superficie que ocupa el servicio de 24 m2 a 11 m2 y tener una mejor distribución y disponibilidad
5	Proceso estandarizado de servicio al cliente		Todo el proceso 100% estandarizado y caracterizado
6	Actualización de herramientas y procesos obsoletos		Diseñar un modelo de mejora continua
7	Cumplimiento de ordenanza "Proyecto de Ordenanza Metropolitana que prioriza, regula, facilita y promueve la bicicleta y caminata como modos de transporte sostenibles en el Distrito Metropolitano de Quito" Art.- 32.		Cumplir con los 6 criterios del Art.- 32 (seguridad, espacio público, facilidad de uso, diseño, durabilidad y mantenimiento y localización)
8	Diseño en función de factores ambientales (polvo, lluvia, sol, humedad) y de seguridad		Diseñar una estructura que este protegida de viento, lluvia, sol, humedad, y factores ambientales que puedan afectar a las bicicletas
9	Estructura con seguridad que evite confusiones y robos de accesorios		Incorporar por lo menos 2 sistemas de seguridad como alarmas o mecanismos de seguridad para reducir al máximo la posibilidad de robos
10	Personal capacitado para implementación y mantenimiento de la nueva propuesta		Mano de obra y personal 100 % capacitado

Es muy importante definir la cuantificación de los objetivos, ya que sus características deben ser medibles y que reflejen las necesidades de los clientes.

#### 4.2.9 Paso 9. Analizar la dificultad organizacional

Para poder tomar una acción primero se necesita evaluar que tan fácil o difícil resulta ejecutar la implementación (CUANTO). Para esto se realizó una ponderación de dificultad con una escala ascendente del 1 al 5, donde 1 significa que es fácil de implementar y 5 que es difícil. La Tabla 14 muestra las escalas y significados correspondientes.

Tabla 14.

*Matriz de dificultad (DO) para implementar acciones*

Escala	Significado
1	Fácil de implementar
2	Algo fácil de implementar
3	Normal de implementar
4	Algo difícil de implementar
5	Difícil de implementar

Como siguiente paso se desarrolló la ponderación en base a criterios que se definen a continuación:

- Tiempo necesario (días)
- Costo de implementación (USD)
- Mano de obra (personas)

Una vez que se definió los criterios y la matriz de dificultad se obtuvo la información necesaria para desarrollar la Tabla 15 jerarquización dificultad organizacional correspondiente al paso 9 del QFD. Esta consistió en evaluar mediante la escala de Likert cada COMO con respecto a su criterio, y después de esto se calculó el total que fue dividido para los 3 criterios que se definió anteriormente. En el capítulo 5 se presenta un análisis económico con una información más amplia con respecto a los recursos económicos y humanos.

Tabla 15:  
Jerarquización dificultad organizacional

Criterio	Dificultad Organizacional					COMO									
	1	2	3	4	5	Almacenamiento más organizado y que ocupe menor espacio	Diseñar un sistema autónomo que no necesite de una persona para poder acceder al servicio	Utilización de herramientas tecnológicas como lector de tarjetas o código QR para poder usar y reservar las plazas.	Cumplimiento de manuales de aparcamientos de bicicletas	Proceso estandarizado de servicio al cliente	Actualización de herramientas y procesos obsoletos	Cumplimiento de ordenanza "Distrito Metropolitano de Quito" Art.- 32.	Diseño en función de factores ambientales (polvo, lluvia, sol, humedad) y de seguridad	Estructura con seguridad que evite confusiones y robos de accesorios	Personal capacitado para implementación y mantenimiento de la nueva propuesta
Tiempo necesario (días)	0 - 30	30 - 90	90 - 180	180 - 360	> 365	3	3	2	4	2	2	5	2	2	1
Recursos Económicos (USD)	0- 1000	1000 - 3000	3000 - 10000	10000 - 20000	> 20000	4	4	3	5	2	4	4	4	4	2
Recursos Humanos (personas)	1	2	3	1 equip.	1 dep.	3	3	3	4	2	3	4	2	3	5
<b>Total</b>						10	10	8	13	6	9	13	8	9	8
<b>Dificultad Organizacional</b>						3.3	3.3	2.7	4.3	2.0	3.0	4.3	2.7	3.0	2.7

Con respecto a la Tabla 15 se obtuvo los resultados y se concluyó que cumplir con los manuales de aparcamientos de bicicletas y la ordenanza del Distrito Metropolitano de Quito son los que presentan mayor dificultad con un resultado de 4.3 en una escala de 5. Este es uno de los mayores problemas ya que en dichas ordenanzas y manuales se enfoca en variables como disponibilidad seguridad entre otros que fueron mencionados por los requerimientos de los usuarios.

Por último para continuar con el Modelo QFD se realizó el cálculo del peso absoluto y relativo de los COMOS, para lo cual se usa la siguiente ecuación:

- Peso absoluto

$$Peso\ absoluto = \sum_{i=1}^n (Peso\ de\ cada\ QUE) * (Importancia)$$

- Peso relativo

$$\text{Peso relativo} = \frac{\text{Peso absoluto} * 100}{\text{Total absoluto}}$$

En resumen el QFD tiene varios QUE diferentes y que no tienen la misma importancia, el COMO aporta para satisfacer los requerimientos del cliente mediante el coeficiente de la matriz de relaciones, además, los COMOS se diferencian ya que unos necesitan de más recursos que otros.

A continuación se presenta la tabla con la ponderación de COMOS

Tabla 16:  
Ponderación de COMOS

Característica dada por el cliente	Grado de Importancia	Almacenamiento más organizado y que ocupe menor espacio	Diseñar un sistema autónomo que no necesite de una persona para poder acceder al servicio	Utilización de herramientas tecnológicas como lector de tarjetas o código QR para poder usar y reservar las plazas.	Cumplimiento de manuales de aparcamientos de bicicletas	Proceso estandarizado de servicio al cliente	Actualización de herramientas y procesos obsoletos	Cumplimiento de ordenanza "Distrito Metropolitano de Quito" Art.- 32.	Diseño en función de factores ambientales (polvo, lluvia, sol, humedad) de seguridad	Estructura con seguridad que evite confusiones y robos de accesorios	Personal capacitado para implementación y mantenimiento de la nueva propuesta
Que exista disponibilidad	4.55	9		1	3			1	1	1	1
Que no haya robos	4.55		3	3	3	1		3	9	9	
Que el servicio sea rápido y de manera simple	4.32	3	9	3			1				
Que no se retengan las credenciales físicas para acceder	4.25		9	9		3	1			3	
Que no se deba depender del personal de seguridad para poder acceder y que alguien se responsabilice.	3.93		9	3			3		9	9	1
Que permita dejar cascos y chalecos	3.81	9								3	
Que las bicicletas estén protegidas de rayones y polvo	3.73								3	3	
Clasificación por importancia	<b>ABSOLUTO</b>	<b>88.2</b>	<b>126.15</b>	<b>81.2</b>	<b>27.3</b>	<b>17.3</b>	<b>20.36</b>	<b>18.2</b>	<b>92.06</b>	<b>116.24</b>	<b>8.48</b>
	<b>% RELATIVO</b>	<b>15</b>	<b>21</b>	<b>14</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>15</b>	<b>20</b>	<b>1</b>

De esto se concluye que los más importantes son:

- Diseñar un sistema autónomo (21%)
- Estructura con seguridad (20%)
- Almacenamiento más organizado y que ocupe menor espacio (15%)
- Diseño en función de factores ambientales y de seguridad (15%)
- Utilización de herramientas tecnológicas (14%)

Si sumamos los 5 valores comprenden el 85% de importancia.

### **4.3 Resultado del Modelo QFD**

Este modelo abarcó el estudio de QUE es lo que desean los usuarios, hasta COMO se puede cumplir con esos requerimientos. Esta herramienta ayudó también para desarrollar la nueva propuesta de mejora del servicio de parqueadero, ya que el modelo QFD muestra la percepción del cliente en cuanto al servicio que tiene actualmente en la institución. Primero se estableció los requerimientos (QUE), luego se transformaron en (COMO) satisfacer los requerimientos y por último en (CUANTO).

A continuación en la Figura 32 se presenta el despliegue de la función de la calidad en la Casa de la Calidad para el servicio de parqueadero de la Universidad de las Américas sede UdlaPark.

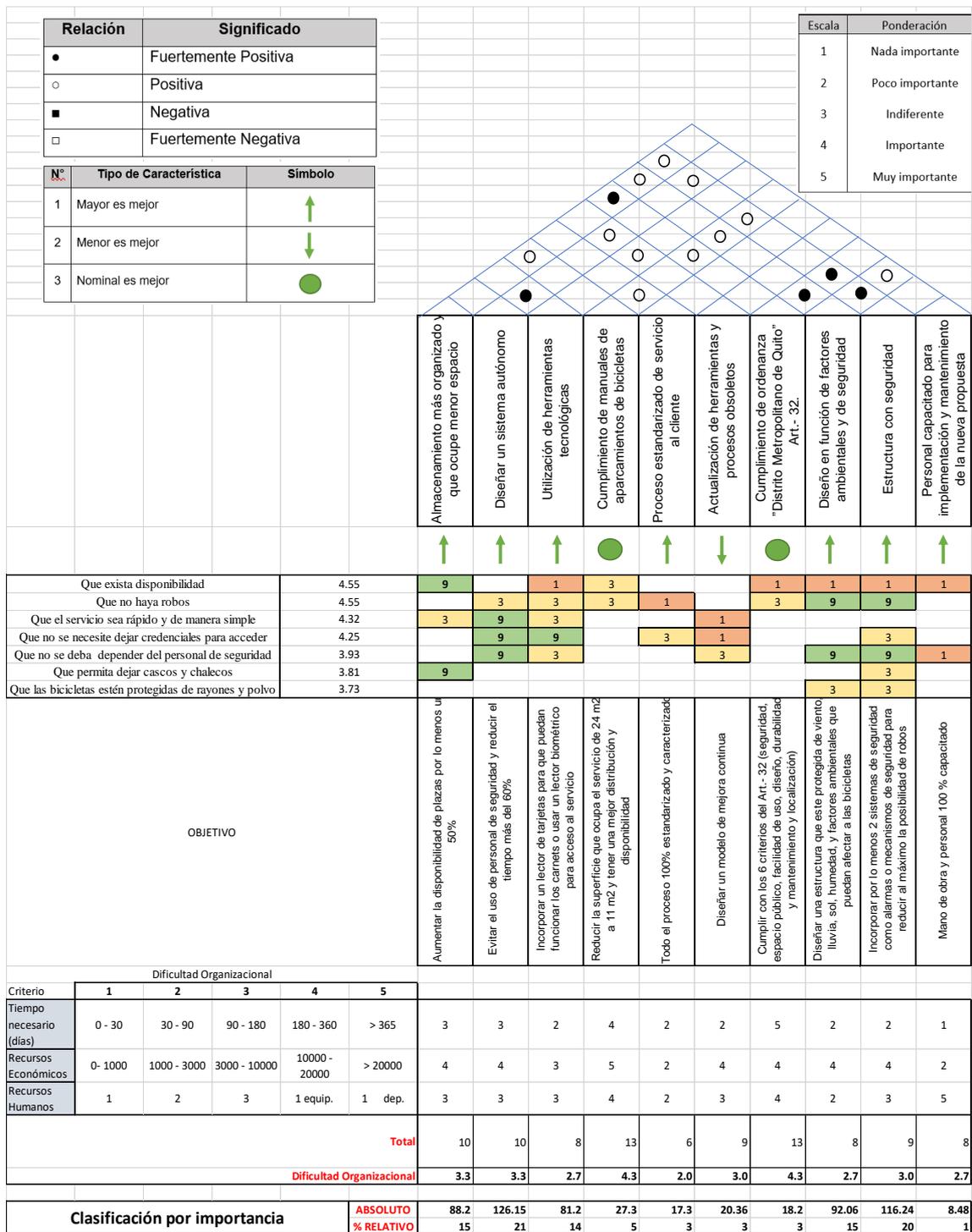


Figura 32. Casa de la Calidad – Parqueadero bicicletas UdlaPark.

En conclusión al finalizar el Modelo QFD se identifican las necesidades de los usuarios del parqueadero de bicicletas que son:

Primero, cumplir con la cantidad de plazas requeridas, para esto se propone aumentar el volumen pero reducir la superficie que ocupa, esto sumado a una mejor distribución (apilar las bicicletas una encima de otra para arriba y para abajo) me garantiza una mayor disponibilidad.

Segundo, para que no haya robos tanto de bicicletas como de accesorios se propone diseñar un mecanismo que asegure a las bicicletas y a su vez que se controle el servicio mediante aplicaciones para smartphones y acceso en línea por computador o dispositivos electrónicos. Esto también ayuda a que el usuario pueda verificar el estado de su bicicleta o que pueda tener un control para reservar las plazas. También se tomó en cuenta proteger de posibles afecciones o daños que pueda tener por parte de factores ambientales como polvo, sol, humedad, para lo cual se diseña un techo y un recubrimiento de vidrio a toda la estructura.

Tercero, para evitar la dependencia y esperas innecesarias ya que el personal de seguridad cumple con otras funciones se propone que el nuevo servicio tenga un lector QR para depositar o retirar las bicicletas. Esto ayuda a cumplir con uno de los principales QUE debido a que se elimina la acción de retención de documentos ya que puede haber pérdidas o los usuarios pueden necesitar hacer uso del carnet para copias o servicios universitarios.

#### **4.4 Consideraciones de diseño**

En la Tabla 17 se detalla los factores indispensables que el Gobierno de España sugiere en el Manual de Aparcamientos de Bicicletas. Esto para garantizar las condiciones óptimas en la nueva propuesta. Al no cumplir en su mayoría puede ocasionar el desuso del aparcamiento.

Tabla 17.

*Consideraciones para un aparcamiento de bicicletas*

<b>Seguridad</b>	La elección del material, diseño, anclaje y ubicación son adecuados para prevenir robos o actos de vandalismo.
<b>Polivalencia</b>	Es capaz de alojar cualquier tipo y dimensión de bicicleta y permite que sean candadas con los antirrobo más comunes.
<b>Accesibilidad</b>	Se encuentra cerca de la puerta de destino, a menos de 75 m para los de larga duración y a menos de 30 m para los de corta duración
<b>Ubicación</b>	Se encuentra en un lugar a la vista de los transeúntes
<b>Estabilidad</b>	Permite que la bicicleta se mantenga apoyada, incluso cargada, sin la necesidad de un soporte propio y no tiene elementos que la puedan estropear
<b>Comodidad del ciclista</b>	Ofrece un entorno cómodo para los ciclistas, con espacio suficiente para hacer maniobras con la bicicleta, sin riesgo de estropear a otras y sin la necesidad de hacer grandes esfuerzos.
<b>Comodidad con otros modos de transporte</b>	La instalación cumple con las normativas de accesibilidad de peatones y personas con movilidad reducida, sin entorpecer ni poner en riesgo su movilidad.  Las maniobras de acceso al aparcabici no crean situaciones de riesgo con la circulación de vehículos motorizados y de ciclistas
<b>Estética</b>	Ofrece un diseño integrado en el entorno urbano y arquitectónico, que da confianza y que hace atractivo el aparcar
<b>Protección climática</b>	Se ha considerado la posibilidad de instalar un sistema de protección con respecto al sol y la lluvia
<b>Coste y mantenimiento</b>	Se ha previsto un costo suficiente de inversión para que el aparcabici cumpla con los requisitos anteriores y un presupuesto para su correcto mantenimiento periódico

Fuente: (IDAE, 2010)

## Proceso de Aparcamiento de bicicletas

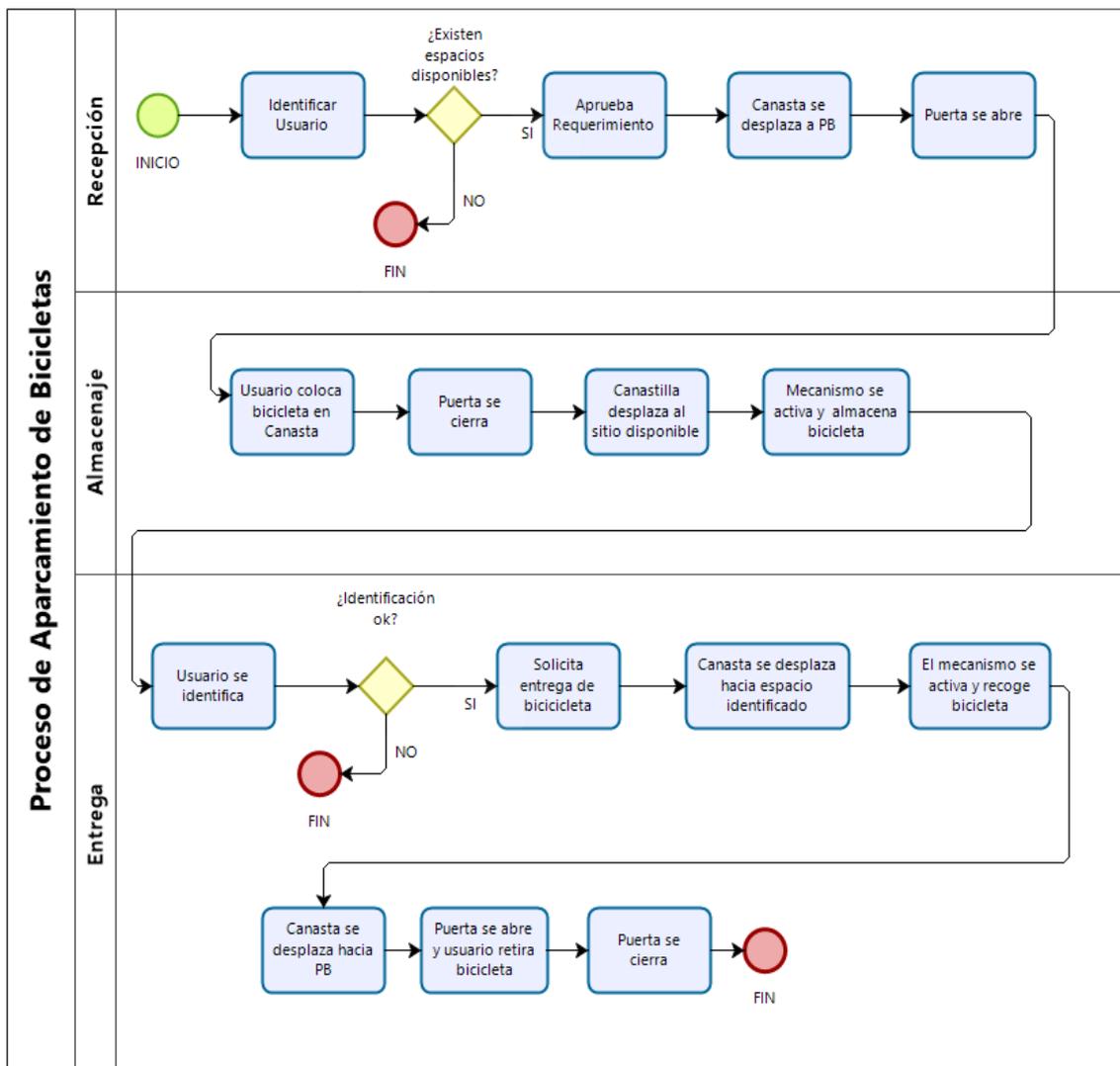


Figura 33. Proceso de Aparcamiento de bicicletas.

El diagrama en Bizagi (Figura 33) muestra las actividades que comprende el proceso de aparcamiento de bicicletas en el sistema propuesto. El mismo tiene como subprocessos: entrega, almacenaje y recepción. Existen dos compuertas en las que se toma una decisión, si cumple continúa a la siguiente actividad en caso contrario se finaliza el proceso.

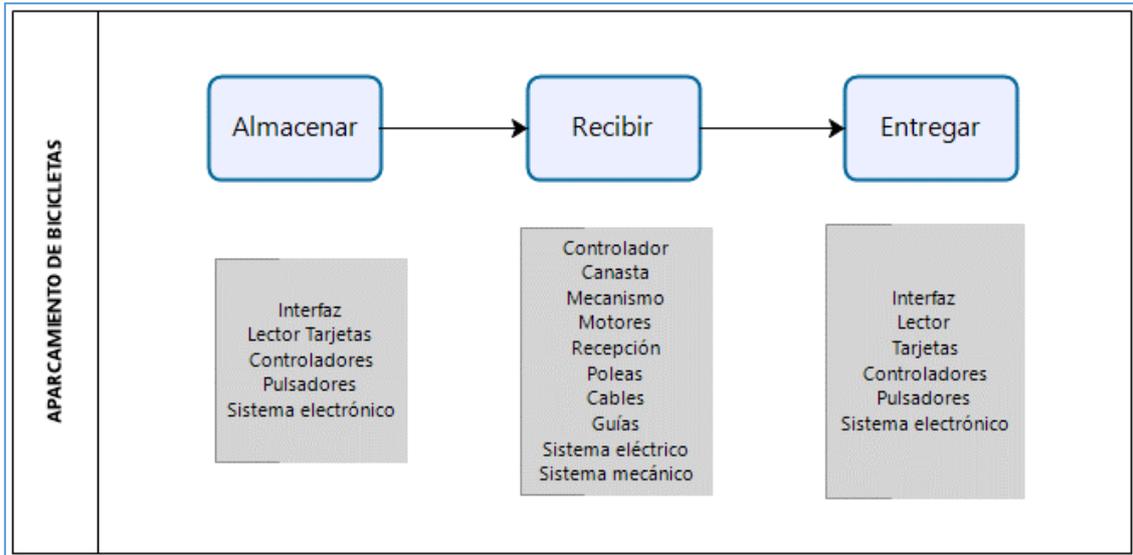


Figura 34. Sub- Procesos de Aparcamiento y dispositivos necesarios para implementación.

En la Figura 34 se representan los 3 subprocesos y los dispositivos que están involucrados en cada uno para que las actividades puedan desarrollarse.

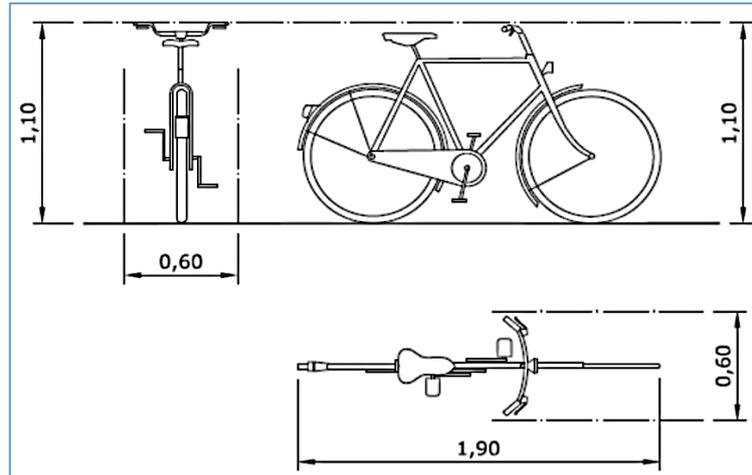
### Consideraciones de espacio para Almacenamiento

Para el diseño del aparcamiento se considera las medidas de una bicicleta grande para de esta manera poder determinar una ocupación mínima y máxima de espacio. Estas medidas se determinan por la longitud, anchura del manillar y la altura. En la Figura 35 se detalla las dimensiones que tiene una bicicleta con características de grandes proporciones con las que se desarrolló este trabajo, las mismas son las siguientes:

Largo= 1.90 m

Ancho= 0.60 m

Altura= 1.10 m



*Figura 35.* Dimensiones de una bicicleta grande.

### **Cuadro comparativo**

La Tabla 18 contiene características de fabricación, costos de mantenimiento y de construcción de los proyectos, espacio mínimo requerido, energía que consume, entre otros. A partir de esto se definieron las consideraciones de diseño para la nueva propuesta. Como primer punto se determinó la demanda que existe para en base de ello definir el número de plazas que requiere la universidad, segundo el área que ocupa debe ser menor, como tercer punto se diseñó una propuesta novedosa y como último punto no debe tener componentes de alta valor o de difícil construcción.

Tabla 18.  
Cuadro comparativo estado del arte

EMPRESA	Tipo de servicio (# de personas)	Espacio Requerido / Área	Número de plazas	Energía que consume	Vigilancia	Control (Tarjetas, sticker, etc)	Costo construcción	Costo al usuario	Interacción con usuario y servicios extras
<b>ECOBICI</b>	Grandes ciudades (1000000 o más personas)	3 x 15 45 m2.	15 – 30	n/a	No	Lector de tarjetas. Seguro magnético	\$3900000 por 90 estaciones y 1200 bicicletas	Anual: 24.13 Temporal 7 días: 18.07 Temporal 3 días: 10.87 Temporal 1 día: 5.43	Pantallas táctiles, usb, sistema retroalimentado
<b>ECO Cycle</b>	Sitios con afluencia alta (20000 o más personas)	Profundidad 12 m, diámetro 10m. 534 m2.	204	n/a	Si	Chip identificador en la bicicleta	\$1500000 por una estación	-	Protección de la intemperie
<b>BIGLOO</b>	Universidades (10000 o más personas)	7.5 m. de diámetro por altura según su capacidad: 23 bicis 1.5m. 46 bicis 2.75m. 69 bicis 4.0 m. 96 bicis 5.25m. 97 m2. Para 23 bicicletas	24	Alimentación eléctrica 5500 W, monofásica a 220 V.	Si	Tarjeta con chip	-	0.12 Euros cada hora	Garantía del 100% contra el robo de la bicicleta y el equipaje, rapidez de acceso y una total comodidad de uso
<b>BSM</b>	Sitios con afluencia alta (20000 o más personas)		40	-	Si	Ticket		13.66 Euros por mes	Pago con app

<b>BICI ESTACION BACILEA</b>	Grandes ciudades (1000000 o más personas)		1400	-	Si	Consignas que funcionan con modernas	-	0-30 min gratis 60-90 min – 0.5 Euros +90 min – 1 Euro	Baños, lavabos, cafetería, capaz de expandirse
<b>UDLA</b>	Universidades (10000 o más personas)	3 x 8 24 m2	30	-	-	Tarjetas sin chip	300 por estación	0.0 usd	Personal seguridad

La nueva propuesta ocupa una menor superficie que el parqueadero actual, ya que la dimensión es de 4 m x 2.8 m. y la altura es de 10.30 m. de esta manera hay una optimización de espacio como se constata en la Figura 36 donde se compara el área ocupado en el servicio actual y el servicio propuesto, las letras a, b, c, d corresponden a las posibles ubicaciones de las bicicletas; en el caso (a) se puede observar que se las puede ubicar en 4 posiciones distintas mientras que en el caso (b) pueden ser solo de 2 maneras. También tiene una capacidad de 32 bicicletas con la posibilidad de expandirse hacia arriba y hacia abajo, aumentando a más de 90 bicicletas. El sistema es autónomo, es decir, no necesita de personal adicional para la supervisión. La seguridad y protección del ambiente es alta y tiene un costo de fabricación bajo.

Por último, tiene un aspecto adecuado, por ende no hay una discordancia entre el parqueadero y la fachada del campus.

Este diseño puede ser aplicado en los demás campus de la Universidad de las Américas: Queri, Colón y Granados. Se adjunta fotografías en anexos.

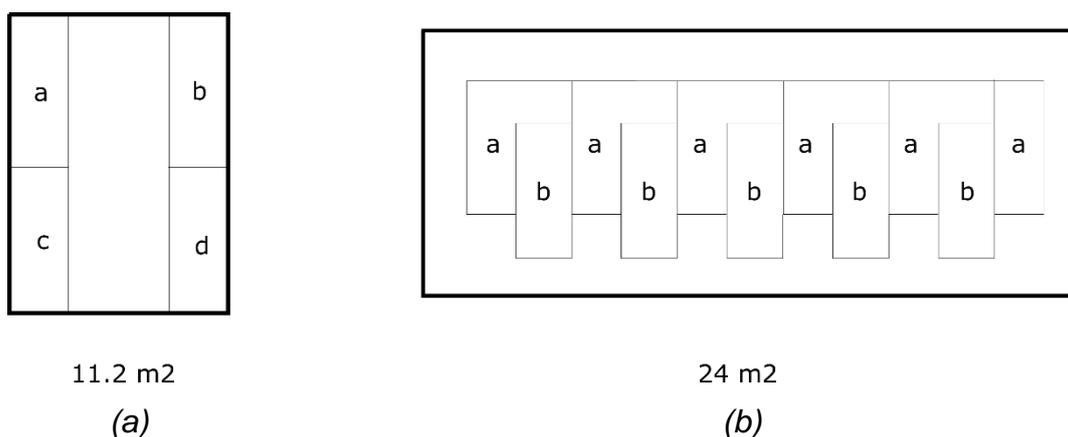


Figura 36. Comparación de áreas ocupadas, (a) propuesta (b) actual.

#### 4.5 Mecanismo móvil

Este mecanismo es el encargado del almacenamiento de las bicicletas, una vez que el sistema se accione transportará la bicicleta a la recepción.

### 4.5.1 Esquema

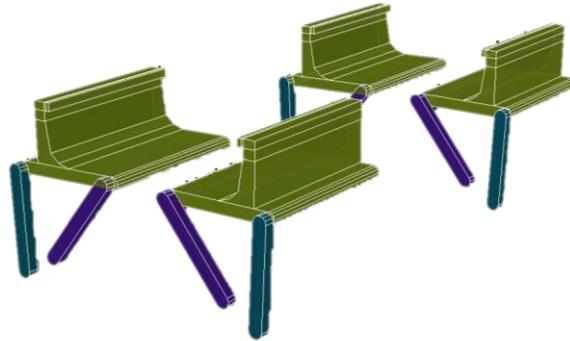


Figura 37. Diseño mecanismo en 3d.

### 4.5.2 Simulación

Debido a la precisión que requiere el mecanismo se presenta la simulación en Working Model para demostrar que se respetan los espacios.

En el programa Working Model, se importa el documento anteriormente diseñado en AutoCAD para proceder a ubicar las juntas y soldar los componentes. Se constata que el mecanismo funciona perfectamente y que los movimientos no chocan o interfieren con la estructura o las bicicletas.

En las siguientes figuras se muestran las tres posiciones que el mecanismo realiza.

#### **Posiciones del mecanismo**

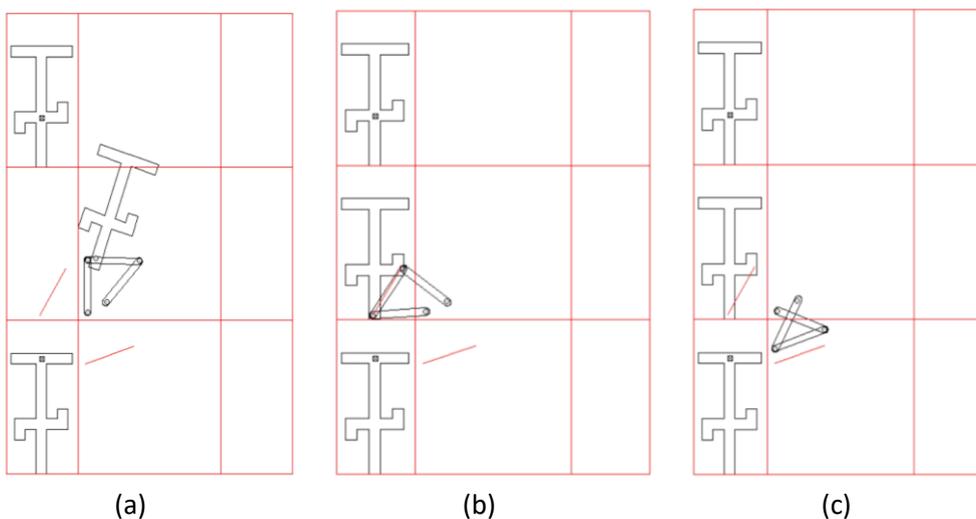


Figura 38. Posiciones del mecanismo (a) transporte, (b) descarga, (c) retiro.

La Figura 38 muestra las posiciones del mecanismo de cuatro barras, en (a) se detalla la posición inicial del mecanismo, esta es la ubicación que tendrán los eslabones al momento de recibir o entregar la bicicleta, adicional se representa la división de los pisos y la dimensión de la estructura por la línea de color rojo, (b) muestra la segunda posición del mecanismo, esta permite que la bicicleta sea entregada al soporte donde se almacenara (recepción) y (c) muestra la posición una vez que la bicicleta ya fue almacenada en recepción, al finalizar esta actividad el mecanismo se retira y se puede observar que no choca con los elementos aledaños.

### 4.5.3 Método empleado

El mecanismo de cuatro barras ha sido obtenido mediante síntesis gráfica por el método de tres posiciones de precisión.

Primero se dibujan las 3 posiciones del eslabón requeridas y se nombra con números y letras.

Pese a que el mecanismo según la ley de Grashof puede girar completamente, es decir es un mecanismo de doble balancín, la estructura no demanda del giro completo, esto para evitar que interfiera con el de alado, ya que esta propuesta contempla cuatro mecanismos. La figura 39 (a) muestra a los eslabones a1-a2, b1-b2, c1-c2 en las posiciones deseadas para la síntesis. (b) detalla la unión de los puntos a1, b1, c1 y los puntos a2, b2, c2 mediante una línea recta.

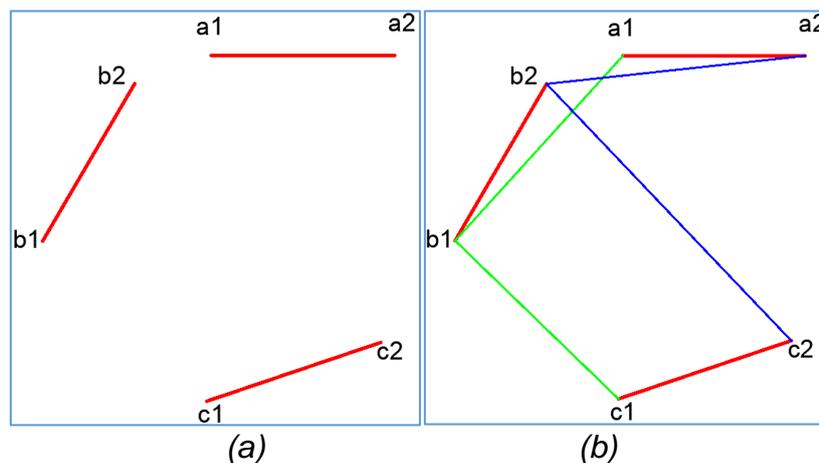


Figura 39. Método gráfico de 3 posiciones.

Segundo se obtienen las mediatrices de los segmentos  $a_1$ ,  $b_1$  y  $b_2$ ,  $c_1$  y se encuentra la intersección de las dos; y de la misma manera con las mediatrices de los segmentos  $a_2$ ,  $b_2$  y  $b_2$ ,  $c_2$ . Los segmentos son representados por el color azul y verde mientras que las mediatrices se representan por la línea entrecortada como se detalla en la Figura 40 (a).

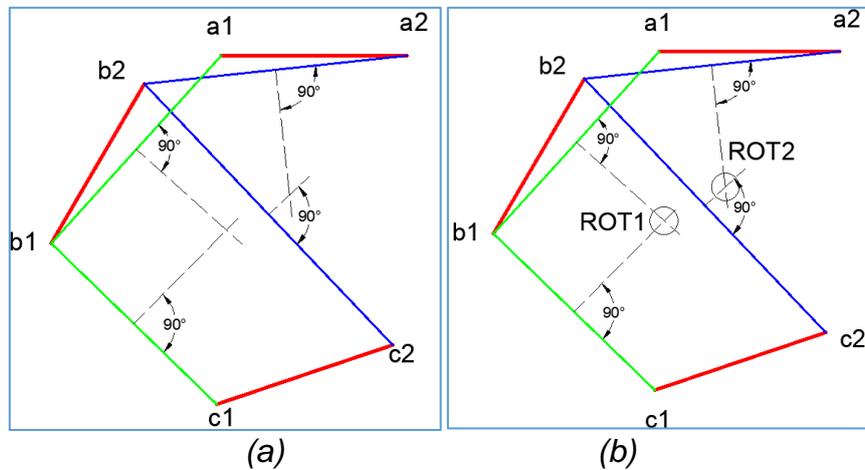


Figura 40. (a) Mediatrices (b) Pivotes .

La intersección de las mediatrices nos da como resultados los puntos ROT1 y ROT2, que son los pivotes del mecanismo. Es decir, son los puntos fijos donde se van a instalar los motores que me permitirán que funcione el mecanismo Figura 40 (b).

Una vez que se obtienen los pivotes se dibujan los tres eslabones usando la herramienta polilínea y exportamos el archivo con formato dxf. La figura 41 (a) muestra la primera posición del mecanismo, (b) la segunda y (c) la tercera posición.

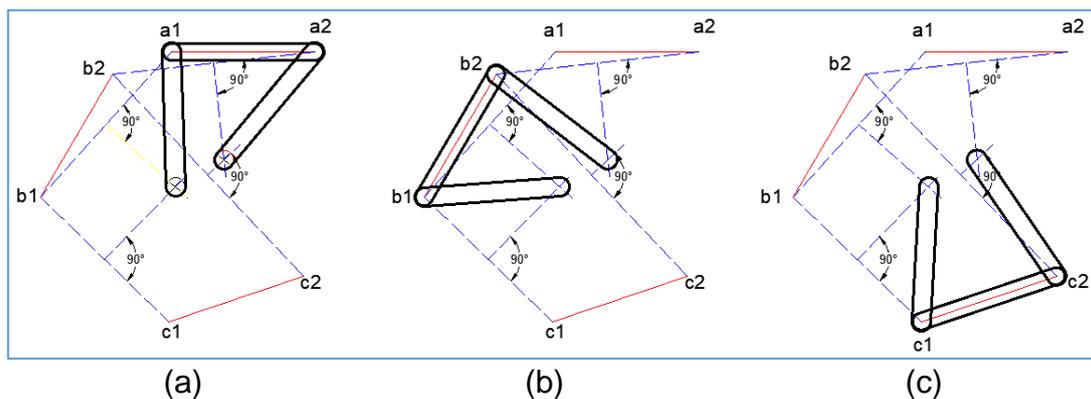


Figura 41. posiciones del mecanismo.

## **4.6 Estructura Metalmecánica**

Se compone de 4 columnas ubicadas en cada vértice de la superficie a ocupar, también tiene vigas como separadores de piso y arriostramientos que se colocan a cada lado en forma de "X".

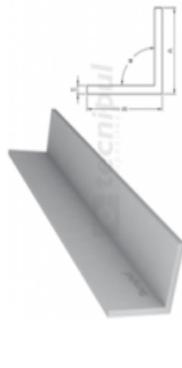
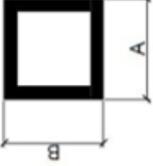
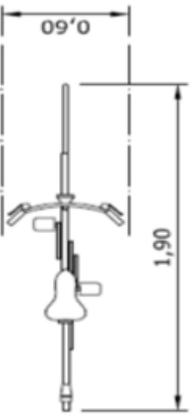
El diseño propuesto tiene 3 plantas de forma rectangular. En el centro se ubican 2 canastas con su respectivo mecanismo, los cuales permiten subir, bajar, entregar y recibir la bicicleta.

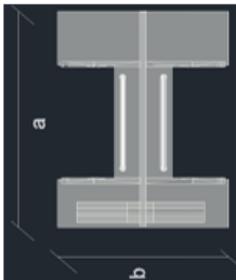
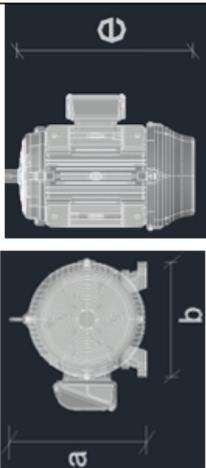
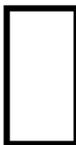
La estructura tiene 2 accesos, uno en cada lado y se activan mediante un lector de tarjetas y un pulsador.

### **4.6.1 Componentes**

La Tabla 6 muestra las dimensiones (largo, ancho, espesor y longitud) de los principales elementos considerados en el diseño.

Tabla 19.  
Dimensiones de los Componentes

N°	Componente	Sección	Dimensiones (mm)			Longitud (m)	Foto
			a	b	e		
1	Arriostramientos		63	63	4	120 m	
2	Columnas		203		4	41.2 m	
3	Vigas		127	127	4	40.8 m	
4	Bicicletas	N.A.	1100	1900	600	N.A.	

5	Canasta y mecanismo	N.A.	1900	1480	1100	N.A.	
6	Motor	N.A.	310	260	440	N.A.	
7	Techo		5200	3990	10	N.A.	
8	Contrapeso		1600	(b)690 (b)340	12	N.A.	

#### 4.6.2 Esfuerzos

Existen 4 elementos usados en el diseño: columnas, vigas, arriostramientos y estructura del techo, los mismos se detallan en el Figura 42.

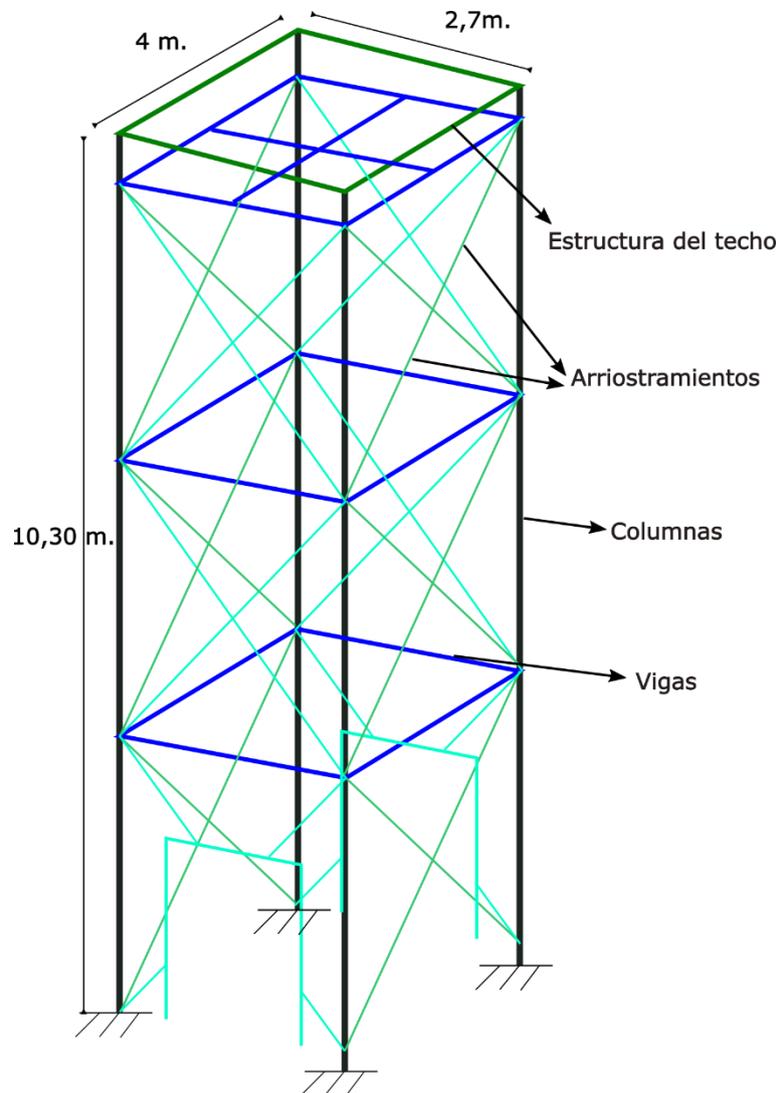


Figura 42. Esquema de la estructura soporte.

El color negro corresponde a las columnas, el azul a las vigas y el verde y magenta a los arriostramientos y techo. Para validar la resistencia mecánica y los puntos críticos a los esfuerzos ocasionados por el peso y el movimiento de los componentes, se hace uso del software SAP 2000 y su herramienta de simulación de esfuerzos. Para la simulación primeramente se definen los esfuerzos y se los representa por color y etiqueta como detalla en la tabla 6.

La Tabla 20 contiene las variables asignadas a cada elemento que se usó en el diseño de la estructura.

Tabla 20.

*Asignación de variables a esfuerzos de la estructura*

<b>Esfuerzo</b>	<b>Elemento</b>
Ca	Arriostramientos
Cv	Vigas
Ccol	Columnas
Cr	Base móvil
Cb	Bicicletas
Cca	Canasta y mecanismo
Cm	Motor
Cvi	vidrio
Ct	techo, poleas y base motor
Cc	cables

El peso de los elementos se muestra en la Tabla 21, donde en la última columna detalla el peso total de cada elemento y están calculados en kilogramos.

Tabla 21.

*Pesos de componentes de la estructura*

<b>N°</b>	<b>Elemento</b>	<b>Longitud (m)</b>	<b>Peso (kg/m)</b>	<b>Peso Total</b>
1	Arriostramientos	120 m	4.97 Kg/m	596.4
2	Vigas	41.2 m	25.26 Kg/m	1040.71
3	Columnas	40.8 m	14.87 Kg/m	606.7
4	Canasta y Mecanismo	2 unidades	150 kg c/u	300
5	Bicicletas	32 unidades	18 Kg c/u	576
6	Motor	2 unidades	12 kg c/u	24
7	vidrio	138.2 m <sup>2</sup>	2.8 kg/m <sup>2</sup>	392
8	techo, poleas y base motor	1	180 kg/m <sup>2</sup>	180
9	cables	48 m	0.62 Kg/m	29.76 Kg/m
<b>TOTAL</b>				<b>3715.81</b>

En la siguiente figura se encuentran representados por el color naranja los esfuerzos que afectan a los arriostramientos. Existen un total de 12 puntos distribuidos en 3 plantas.

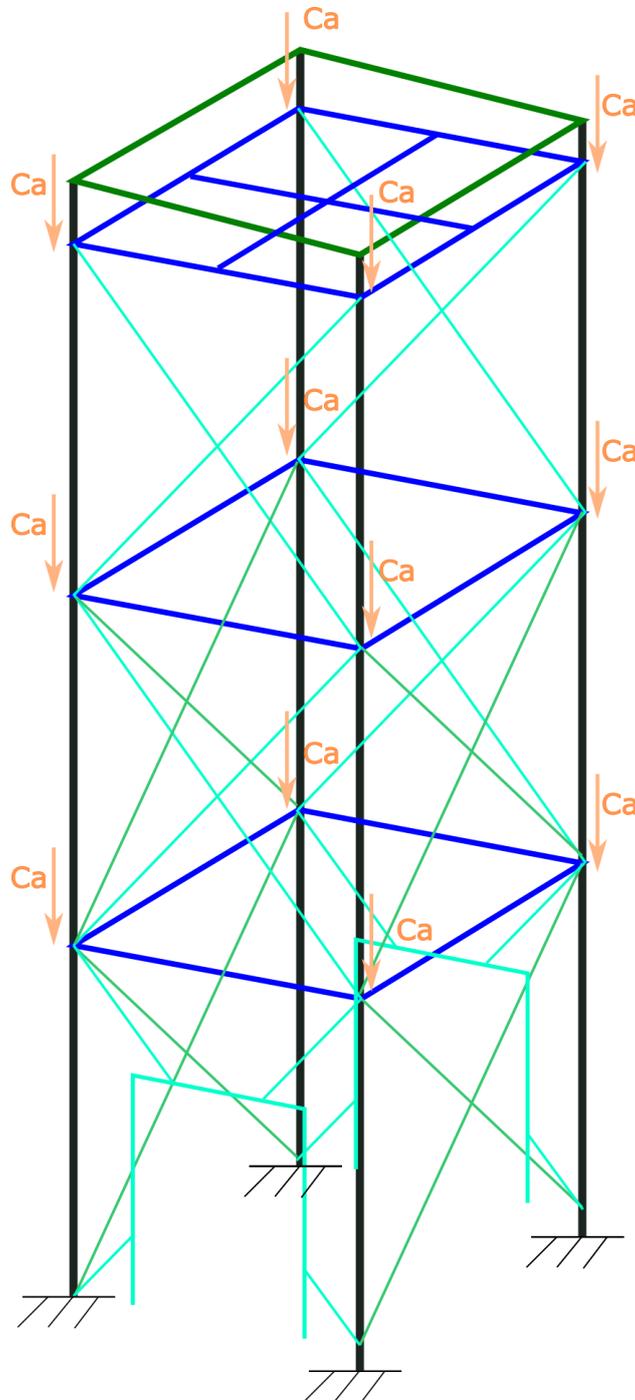


Figura 43. Carga de Arriostramientos.

La Figura 44 muestra los esfuerzos que afectan a las vigas y a las columnas de la estructura. El total de 24 esfuerzos ocasionados por el peso de los elementos son distribuidos en las 3 plantas de la estructura.

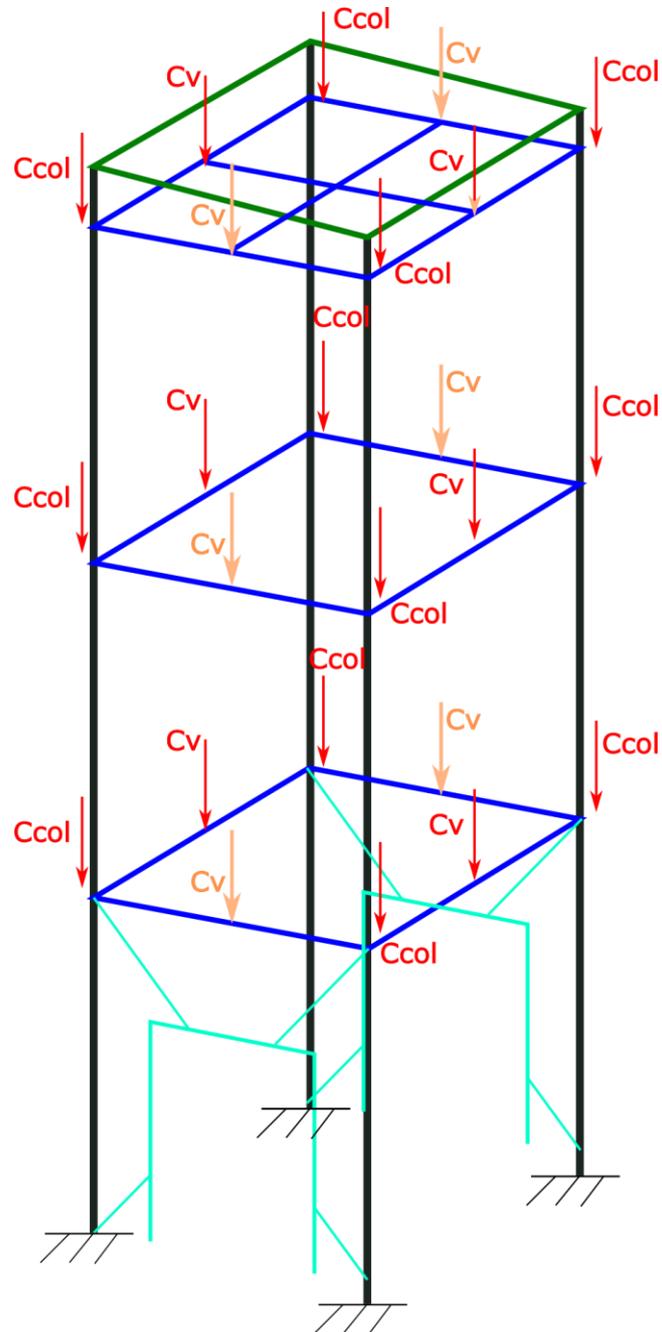


Figura 44. Cargas de Vigas y Columnas.

En la Figura 45 se muestra los esfuerzos ocasionados por las cargas del sistema de elevación, vidrios y cubiertas. En este se considera los esfuerzos ocasionados por el motor, las poleas y las bases donde se sujetan los motores eléctricos.

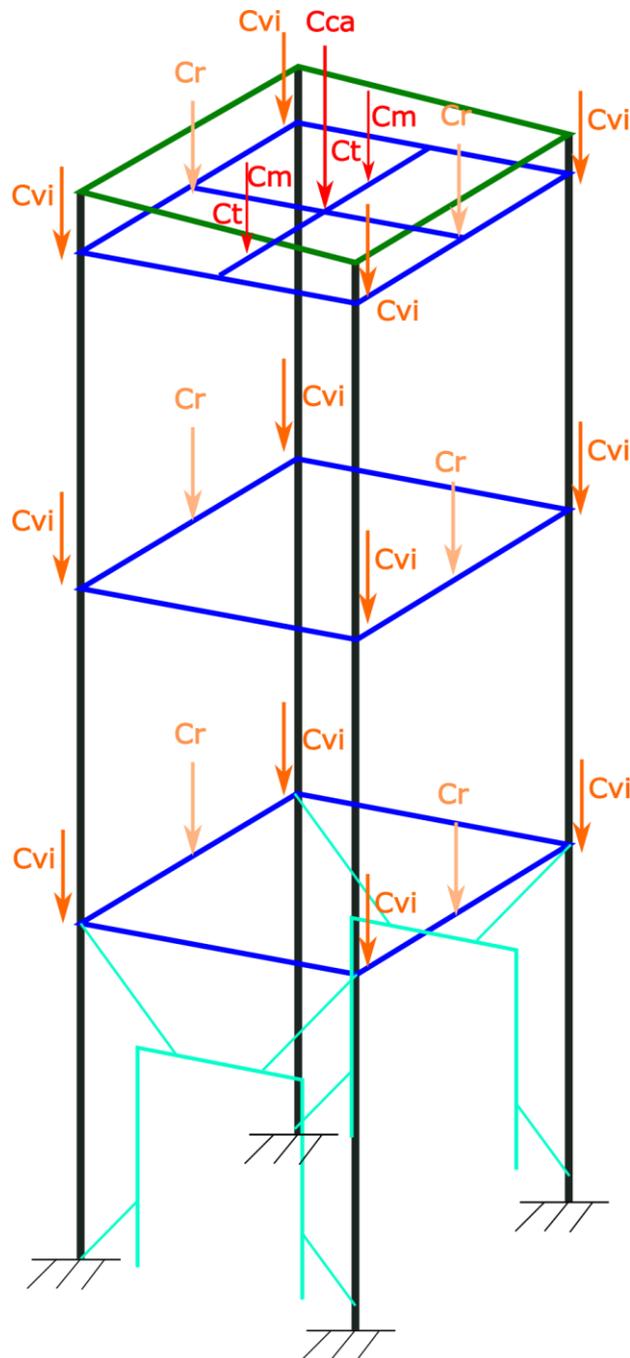


Figura 45. Cargas de Elevación, Vidrios y Cubierta.

Para la simulación de los esfuerzos se definen a cada uno de los elementos las características y propiedades que garantizan al diseño un estándar de calidad

adecuado, se asignan mediante la herramienta de Sap FRAME PROPERTIES. Para el funcionamiento correcto de la herramienta en Sap2000 cada nodo o intersección debe separar a una línea continua. Es decir, no pueden existir polilíneas en el diseño ni tampoco elementos que estén formados por un solo segmento. Los nodos son el inicio y fin de cada segmento de la columna como muestra la figura 46.

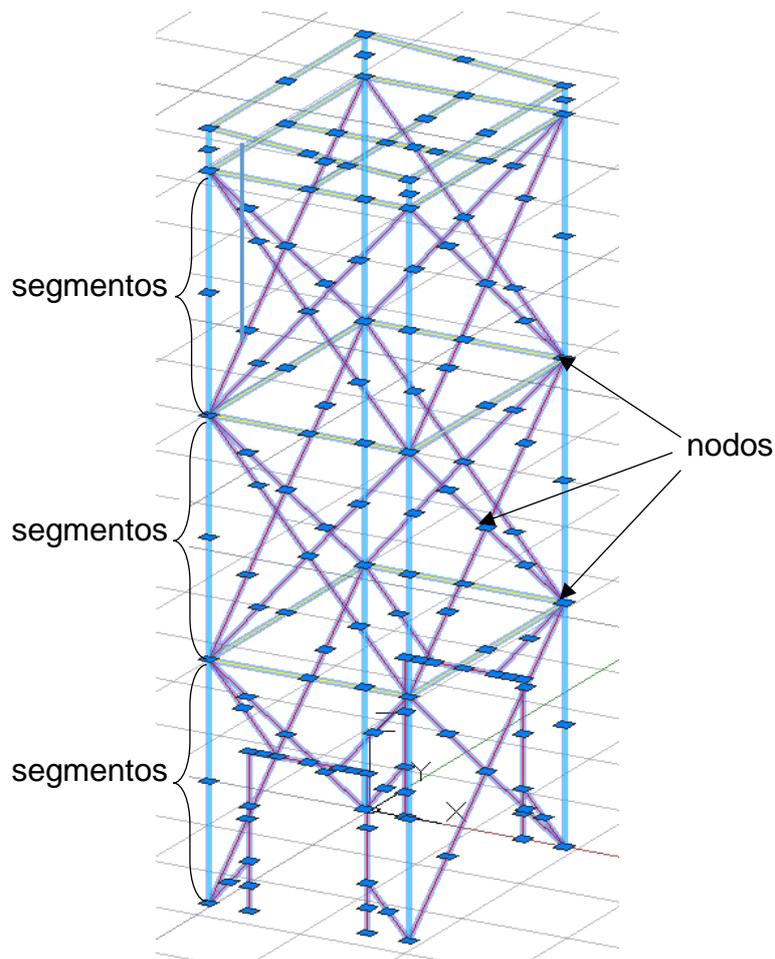


Figura 46. Esquema de elementos archivo dfx.

Cabe mencionar que en la asignación de propiedades se toma en cuenta productos disponibles en el mercado nacional. Para esto se realizaron varias proformas con diferentes distribuidores, en los anexos constan los precios y las especificaciones del fabricante como son: dimensión, espesor, peso material, etc. Las unidades que fueron utilizadas para el programa Sap2000 son N, mm, C.

En la Figura 47 se constata los 4 elementos considerados para asignar las propiedades mediante la herramienta Frame Properties. Para este trabajo se consideró un acero A36.

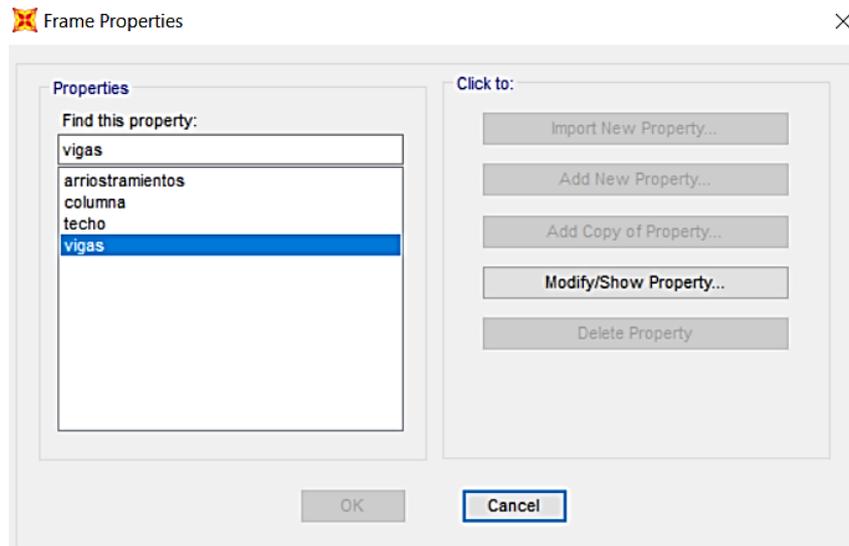


Figura 47. Elementos importados al Saap 2000.

## Propiedades de arriostramientos

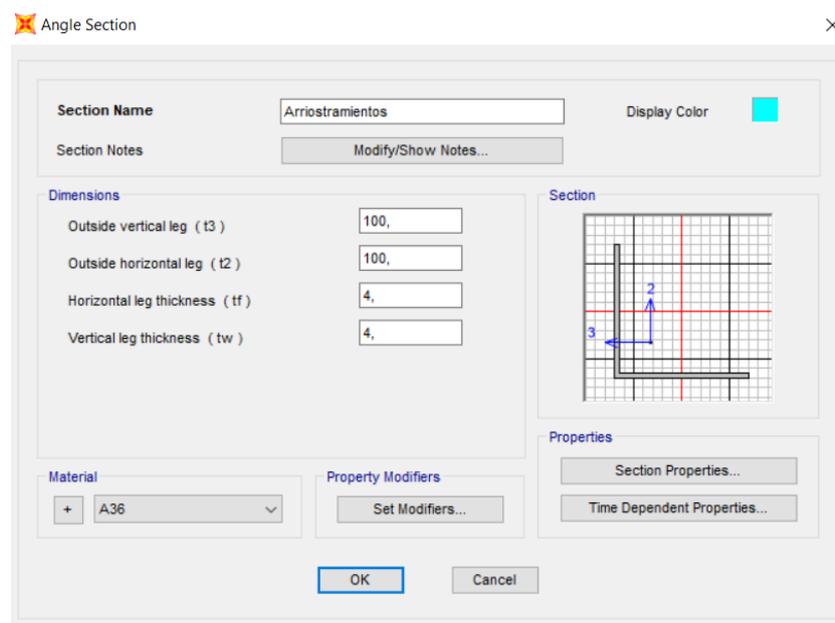


Figura 48. Dimensiones y propiedades de los arriostramientos.

La Figura 48 detalla las dimensiones de un ángulo estructural de 100mm x 100 mm, con un espesor de 4mm y un material A36.

## Propiedades de columnas

La Figura 49 detalla las dimensiones de una columna de tubo circular estructural de diámetro exterior 203 mm (8 pulgadas), con un espesor de 6mm y un material A36.

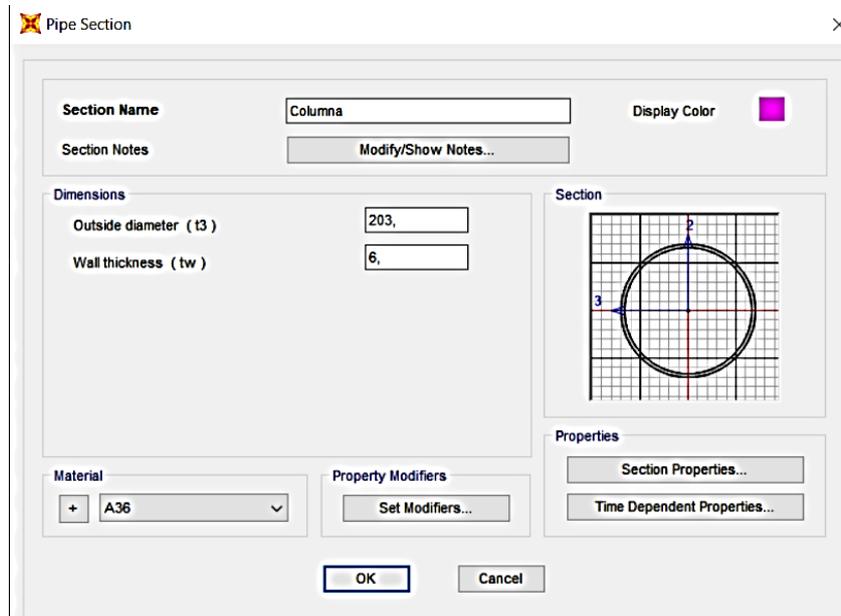


Figura 49. Dimensiones y propiedades de columnas.

## Propiedades de Vigas

La Figura 50 detalla las características de las vigas, son tubos cuadrangulares de 100 mm por 100 mm, con un espesor de 4 mm y un material A36.

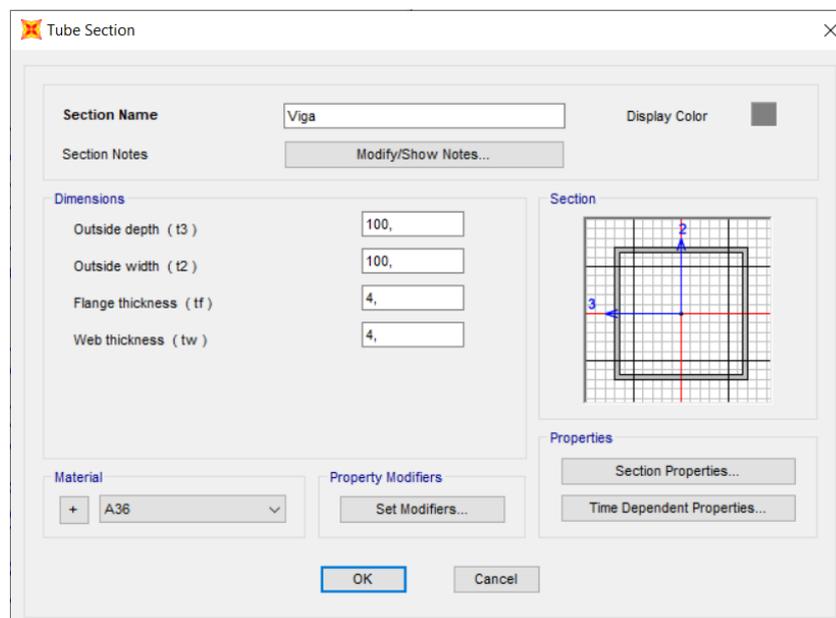


Figura 50: Dimensiones y propiedades de vigas.

## Propiedades de estructura del techo

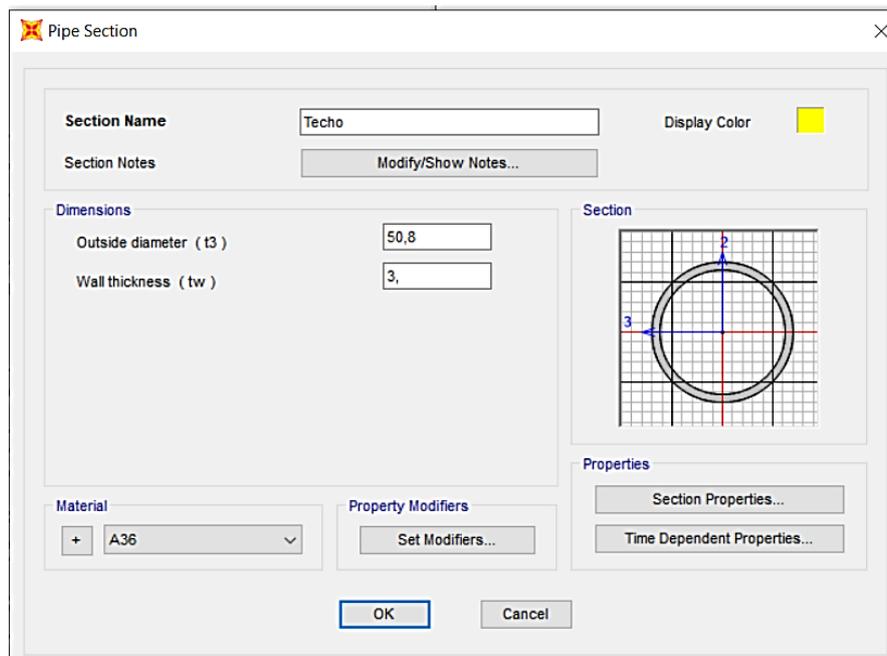


Figura 51. Dimensiones y propiedades de Techo.

A diferencia de los anteriores materiales en la Figura 51 muestra las dimensiones y propiedades que se usaron para el techo se asigna un material de menos dimensión y espesor debido a que no va a soportar todo el peso de la estructura. Además, uno de los requerimientos del estudio es utilizar la menor cantidad de material posible por lo que se usa un espesor de 3mm que es el mínimo requerido por un material para ser soldable. El diámetro exterior del tubo circular de 50.8 mm y un material A36.

Finalmente, se consideran los demás elementos que generan esfuerzos y se convierten al sistema de unidades usado.

La unidad a usar es en N por lo que se convierte a cada uno de las cargas.

$$1 \text{ kgf} = 9.8 \text{ N.}$$

Estos valores son representados en la siguiente tabla.

Tabla 22.  
Pesos y Cargas de todos los componentes de la estructura

N°	Nomenclatura	Elemento	Peso Total Kg/m	Cargas (kg)	Carga (N)
1	Ca	Arriostramientos	596.4	49.6	486.58
2	Cv	Vigas	1040.71	86.75	851.02
3	Ccol	Columnas	606.7	50.5	495.41
4	Cr	Base movil	1596	266	2609.46
5	Cb	Bicicletas	576	96	941.76
6	Cca	Canasta y Mecanismo	300	300	2943.00
7	Cm	Motor	24	24	235.44
8	Cvi	Vidrio	392	32.67	320.46
9	Ct	Techo, Poleas y Base Motor	180	180	1765.80
10	Cc	Cables	29.76	29.76	291.95
<b>TOTAL</b>					<b>10940.86</b>

De acuerdo a la tabla 22 la carga total de los componentes da un total de 10940.86 N, estos esfuerzos fueron asignados a cada componente como se muestra en la siguiente Figura 52, en esta se constata un solo valor de carga ya que el software unifica las cargas ingresadas en cada punto de las vigas,

columnas o arriostramientos. Las cargas fueron agrupadas por color ya que se encuentran afectando en el mismo nodo o a una misma distancia de la viga o columna. De esta manera se procede a realizar la simulación para según los resultados proponer un material con mayor o menor dimensión, este diseño se realizó con las dimensiones mínimas para abaratar costos y reducir peso sin necesidad de exponer la seguridad del mismo.

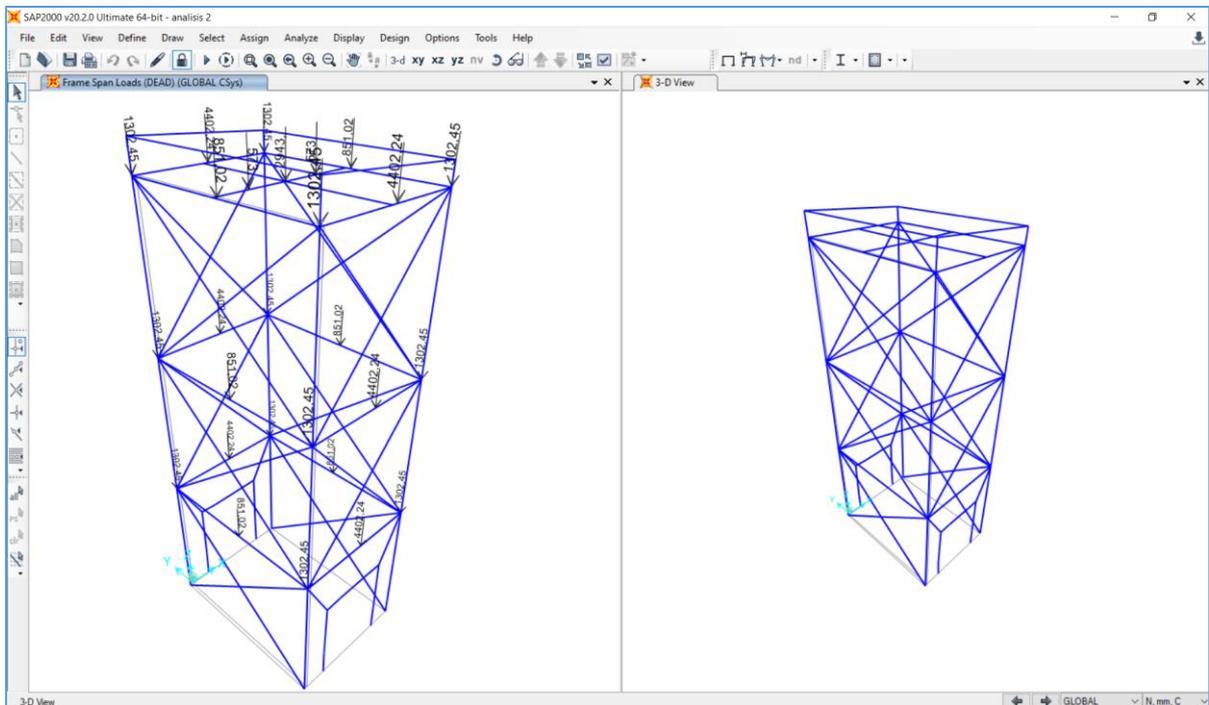


Figura 52. Aplicación de cargas en vigas y columnas.

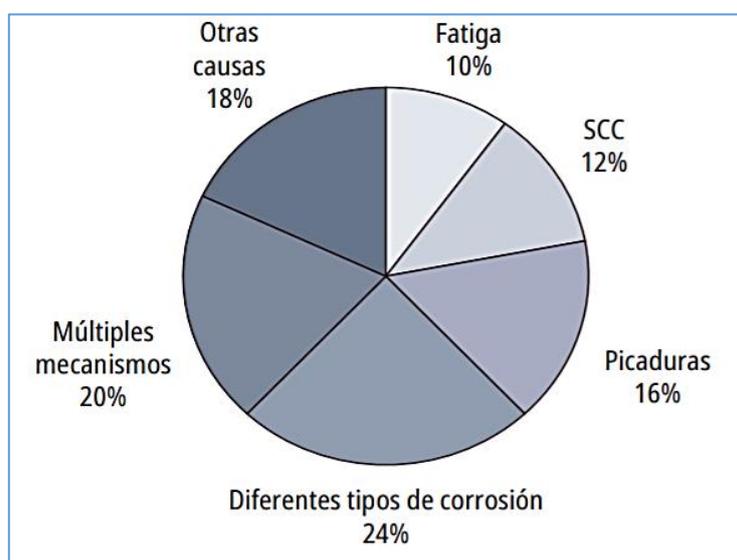


Figura 53. Mecanismos principales de falla en elementos mecánicos. Tomado de (Castro-Castro & Cendales-Ladino, 2019).

De acuerdo a la figura anterior se constata que las causas más comunes en este tipo de mecanismos tienen que ver con la fatiga y la corrosión. Según Castro en la Figura 53, el 12% corresponde al agrietamiento por corrosión bajo tensión (SCC), este es ocasionado por aumento de formación de grietas en un ambiente corrosivo. Si no se lo detecta a tiempo puede conllevar a fallas inesperadas especialmente si están expuestas a altas temperaturas.

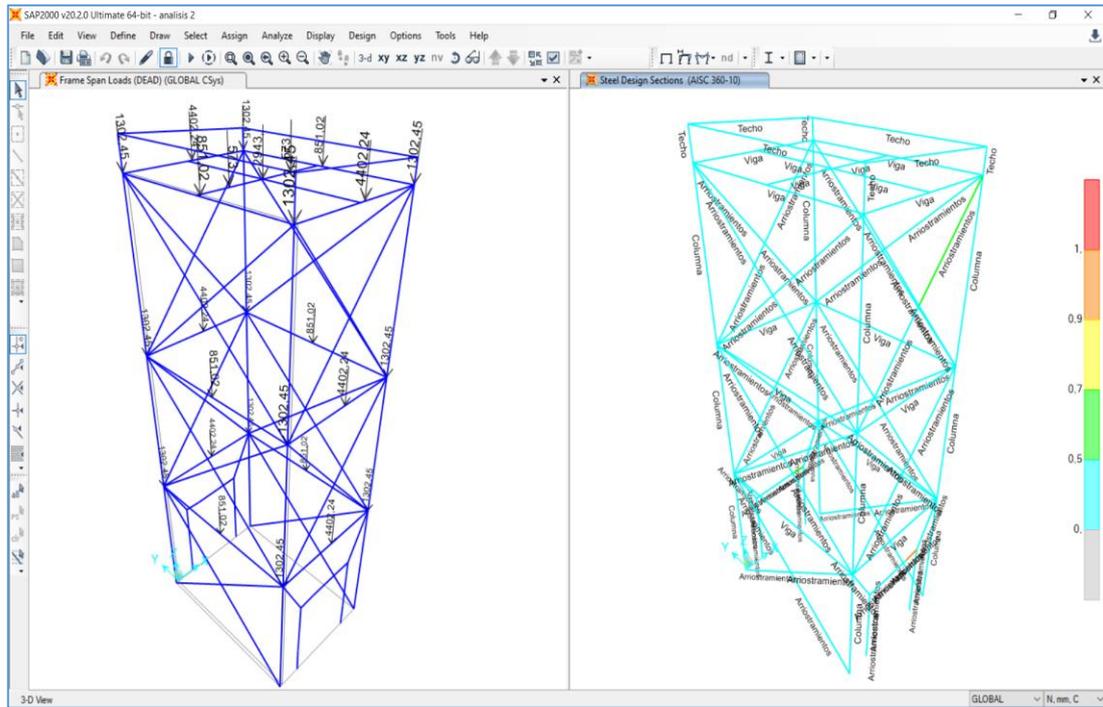
Este estudio se realizó una clasificación por sectores industriales, entre algunos están manufactura, alimentos, petróleo, transportes, obras arquitectónicas y civiles donde se concluyó que la mayoría de fallas tiene relación con los factores antes mencionados, entre ellos suman un total del 52% como se muestra en la figura anterior.

Como es de conocimiento la estructura se expone a vibraciones ocasionadas por el desplazamiento de la canastilla, es por esto que por seguridad los elementos fueron reforzados en espesor y medidas para evitar posibles fallas en la estructura, también se recomienda usar capas protectoras contra el ambiente al que se encuentra expuesto.

En este caso se decidió reforzar la estructura debido a que los elementos van a tener fatiga ocasionado por el movimiento del mecanismo. Es por esto que en la Figura 54 se puede observar que los componentes en su mayoría no presentan color naranja o amarillo.

En el Figura 54 (a) al lado izquierdo se detalla el valor de los esfuerzos que están ejerciendo en cada sección de la estructura. Para ingresar los datos se tomó en cuenta el eje Z y una carga negativa. La Figura 54 (b) del lado derecho muestra mediante una gama de colores cuanto están siendo esforzados los elementos. Tomando en cuenta que las vigas, columnas, techo o arriostramientos que tengan un color rojo tienen una alta posibilidad de falla y aquellos elementos que tengan color celeste no tendrán problemas por torsión o flexión.

Esto quiere decir que la estructura soporta perfectamente las cargas a las que está expuesta.



(a)

(b)

Figura 54: Resultados del Análisis de Esfuerzos.

#### 4.7 Esquema eléctrico

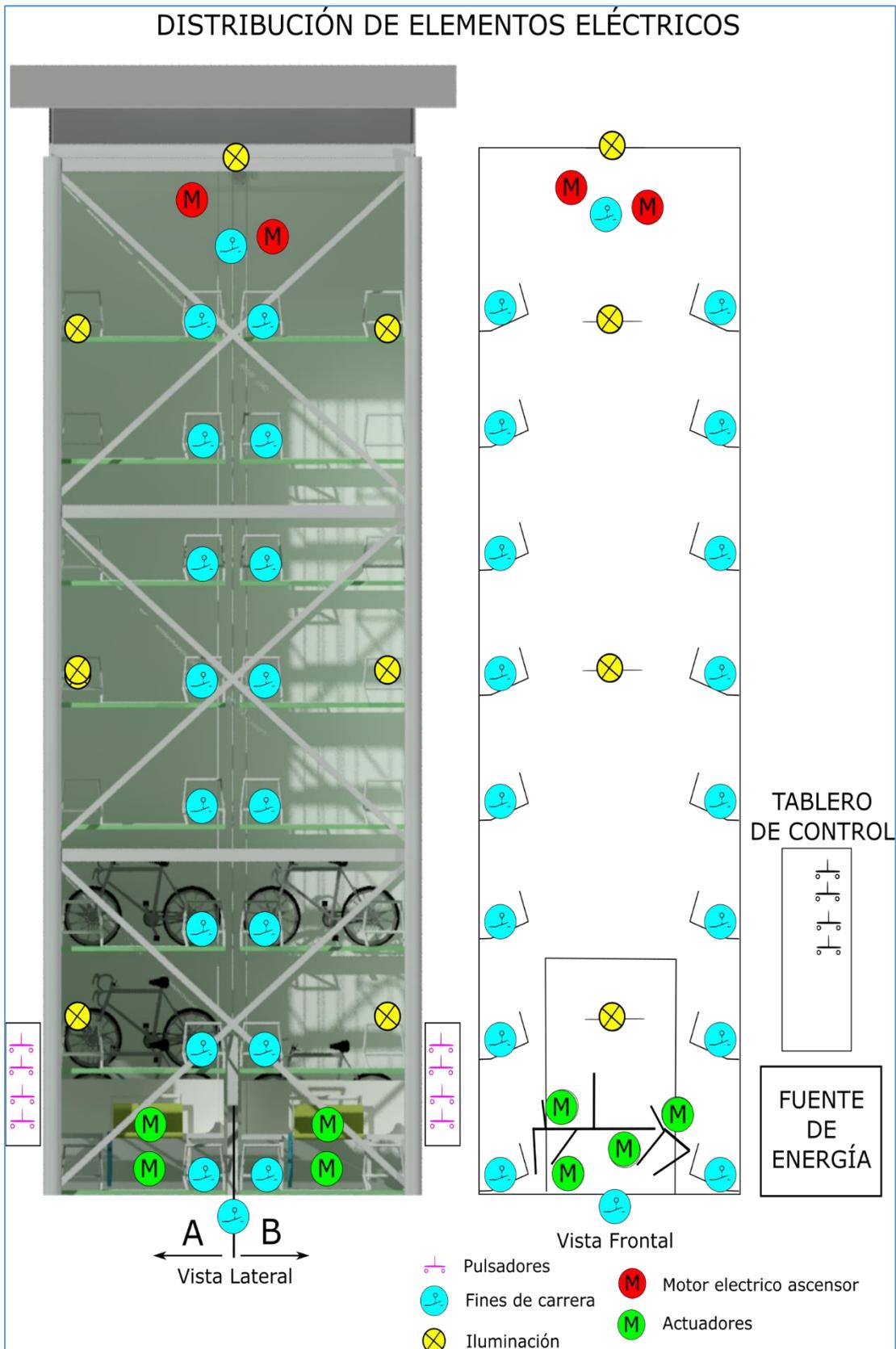


Figura 55. Esquema Eléctrico.

El Figura anterior se puede observar donde están ubicados los elementos eléctricos que se necesitan para la implementación.

La iluminación ha sido distribuida en cada piso de la estructura, permitiendo un campo de visibilidad interno y externo. Considerando que el vidrio a usar es incoloro, brindará un aspecto llamativo desde los exteriores de la estructura.

Los actuadores se representan por el símbolo de motor M de color verde, estos son los encargados de transportar la bicicleta desde la canasta a la recepción. Son ideales para el uso ya que tiene una capacidad de levantamiento de 550 lb y una velocidad de levantamiento de 0.167 m/s

Los finales de carrera me permiten detectar la llegada de la bicicleta hacia la posición determinada. Esto mediante un accionamiento mecánico que se encuentre en la canasta a la altura de las llantas y en la recepción. Además, existen finales de carrera tanto en la parte superior como inferior de la estructura para evitar que choque con los demás elementos.

El motor que se encarga de subir o bajar la canasta se obtuvo de la fórmula para calcular la potencia del motor en ascensores.

$$P=1/2 \cdot f \cdot v/1,000 \cdot \eta$$

Donde:

P = Potencia en kW

f = Fuerza en Newtons

v = Velocidad en m/s

$\eta$  = rendimiento mecánico

Entonces:

Se considera un 80% de rendimiento mecánico y se toma una velocidad de 2 m/s.

$$F = 529.55 \text{ N}$$

$$V = 2 \text{ m/s}$$

$$n = 80 \%$$

$$P = 0.66 \text{ KW}$$

Se obtiene un valor de 0.66 KW, para poder obtener la potencia del motor en HP, primero debo transformar a caballos de vapor y posterior a esto a HP,

$$1 \text{ kw} = 1,35962 \text{ CV}$$

Entonces mi potencia en caballos de vapor es de:

$$P = 0.89 \text{ CV}$$

$$\text{Por último, } 1\text{CV} = 0,98632 \text{ HP}$$

$$P = 0.88 \text{ HP}$$

$$\text{Potencia del motor} = 1 \text{ HP}$$

## CONTRAPESO

Para calcular el contrapeso se parte de la fórmula del volumen de un cubo, esto debido a la optimización de espacio.

$$\text{Volumen} = a * b * h$$

Esto reemplazamos en la fórmula para calcular la fuerza en ascensores

El peso total del contrapeso (dique de hormigón) debe ser igual al peso propio de la cabina (canasta) más un exceso de 0.5 de la carga máxima o útil que el

Para la compensación de la carga recurrimos a la siguiente fórmula:

$$P1 = P + CA$$

Siendo:

P: peso propio de la cabina más el bastidor

CA: carga útil, que se determina a razón de 75 Kg por persona.

Peso del contrapeso (P2)

El peso total del contrapeso tiene que ser igual al peso propio de la canastilla y sumado un exceso de 0,5 de carga máxima que puede transportar

$$75 \text{ kg} = (2400 \text{ kg/m}^3) (a) (b) (h)$$

$$75 \text{ kg} = (2400 \text{ kg/m}^3) (1.4 \text{ m}) (0.25) (h)$$

Despejamos h para saber la altura que va a requerir mi contrapeso. De esta manera se respetan los espacios en a y b y se agranda en h donde no tengo problemas de funcionamiento.

## 4.8 Esquema electrónico

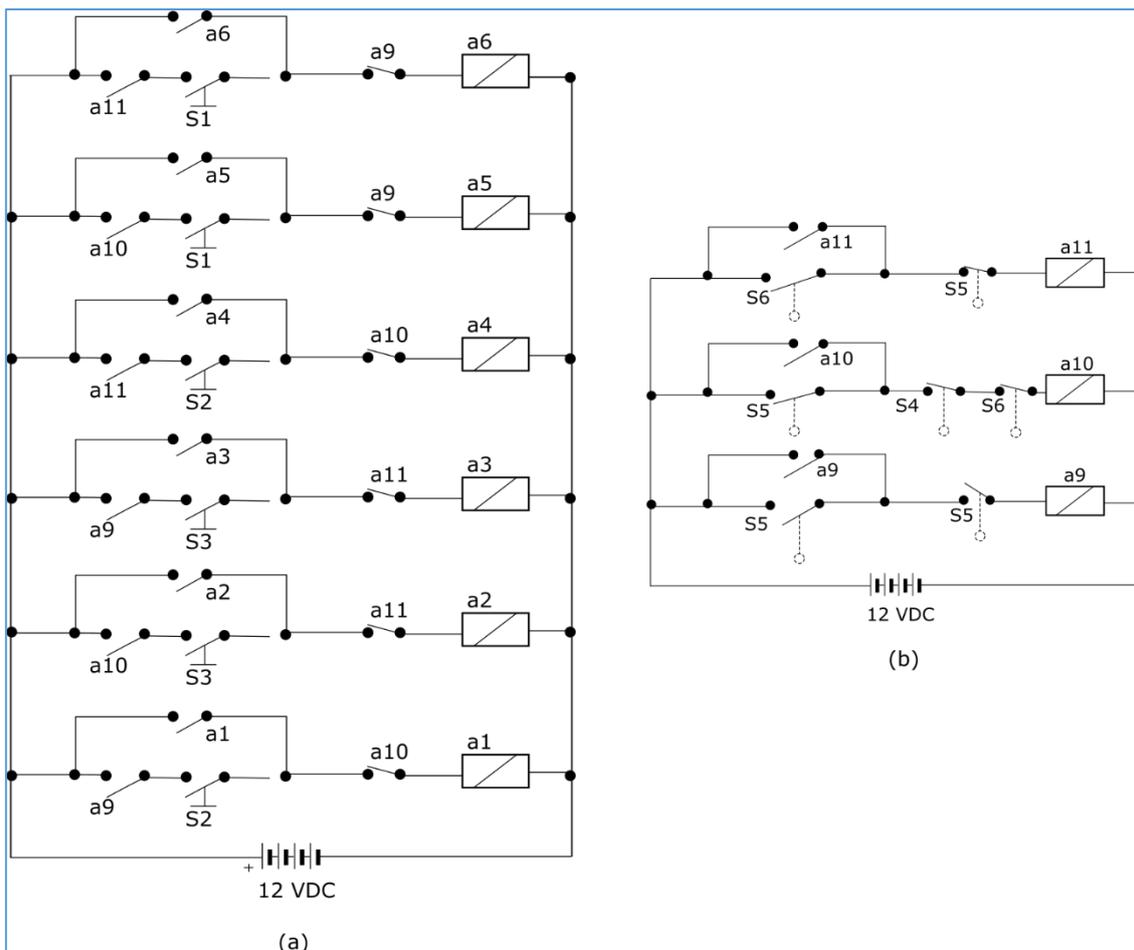


Figura 56. Diagrama de Mandos Electrónicos (a) y (b).

El circuito eléctrico de la Figura 56 es para un módulo de 3 pisos, es decir (6 bicicletas) y detalla un esquema de mando y un esquema de potencia. Consta de los siguientes elementos electrónicos:

- 11 relés
- 3 pulsadores
- 7 fines de carrera
- Y un motor (corriente continua)
- Memorias

### 4.8.1 Relés de nivel

Para que el mecanismo reconozca si existen plazas disponibles o no se usan memorias (relés) en cada espacio. Por esto en cada nivel se coloca una memoria, y fue asignado de la siguiente manera:

Primer piso corresponde a la memoria a9, este se conecta a S4 y se desconecta de S5 (final de carrera del segundo piso).

Segundo piso corresponde a la memoria a10, este se conecta a S5 y en el caso que suba al siguiente nivel se desconecta de S6 y en el caso que baje de nivel se desconecta de S4.

Tercer piso corresponde a la memoria a11, se conecta a S6 y se desconecta de S5. (final de carrera del segundo piso).

### Relés

Para que el mecanismo y la canasta puedan subir se dispone de las memorias a1, a2 y a3 y para que puedan bajar se usan las memorias a4, a5 y a6.

A continuación, en la tabla 23, se detalla cómo se configuran para desplazarse de un nivel a otro, la memoria a1 se conecta cuando el mecanismo va desde la primera planta hacia la segunda:

Tabla 23.

*Configuración de memorias para desplazar entre pisos*

Memoria	Piso actual	Piso destino
a1	1	2
a2	2	3
a3	1	3
a4	3	2
a5	2	1
a6	3	1

Cuando el mecanismo se encuentra parado en un nivel quiere decir que está activado un final de carrera y una memoria. Una vez que el usuario active un pulsador se activa un relé, esto permite que el mecanismo se desplace hacia la posición donde está y se detenga al momento que haga contacto con el final de carrera.

### 4.8.2 Relés para inversión de giro

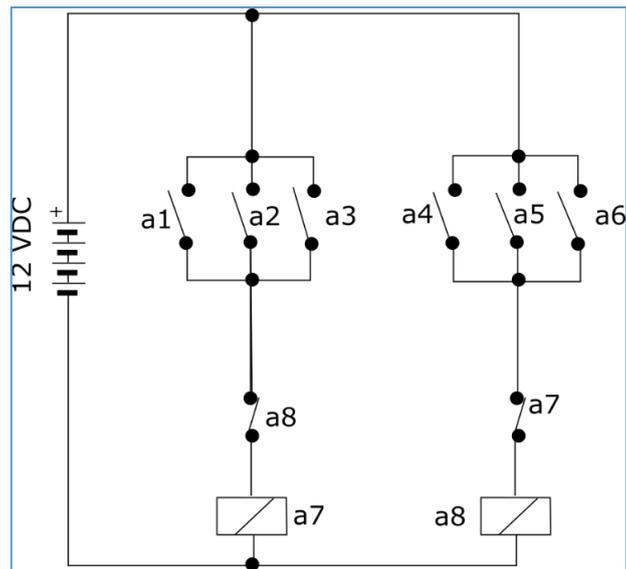


Figura 57. Diagrama para inversión de giro.

De acuerdo a la figura anterior las memorias a7 permite que el mecanismo suba, y se active con las memorias a1, a2 Y a3. Por otro lado, para permitir que el mecanismo baje la a8 se activa con a4, a5 Y a6.

El esquema cuenta con un contacto normalmente cerrado, el mismo tiene la función de evitar que se activen simultáneamente ocasionando un corto circuito.

### 4.8.3 El esquema de potencia

Como parte del diseño electrónico está el giro del motor, en el Figura 58 se detalla la conexión de los relés, de esta manera al invertir la polaridad de tensión que llega al motor produce un cambio el sentido de giro del eje.

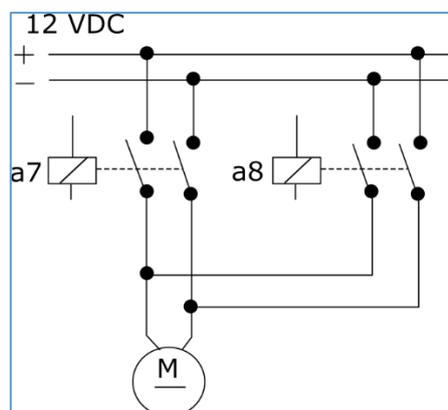


Figura 58. Diagrama de potencia.

## 4.9 Simulación de Propuesta

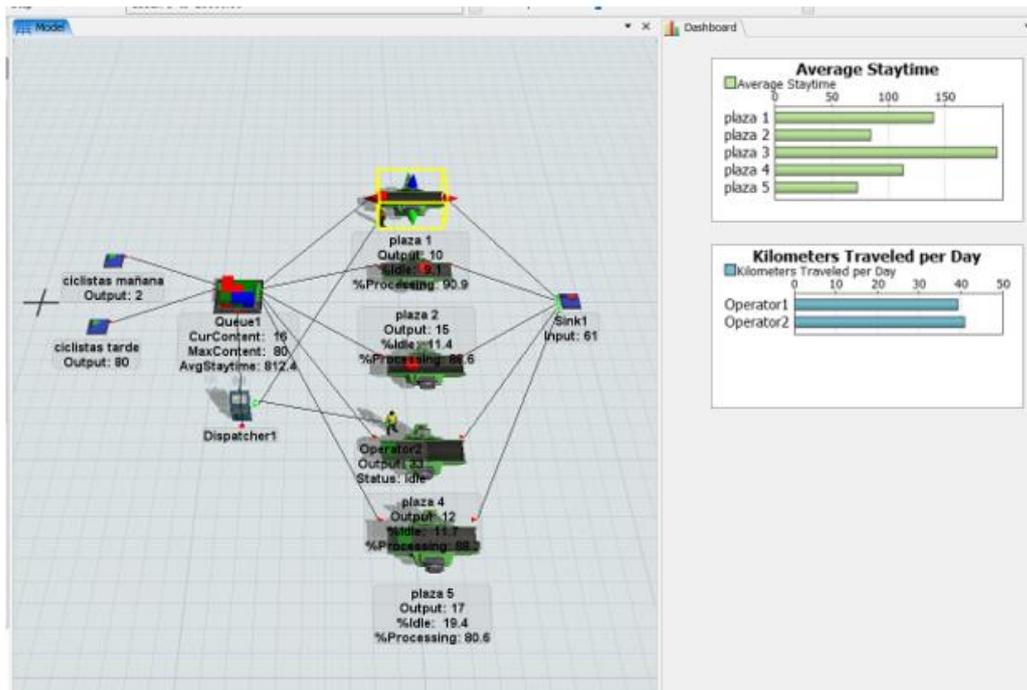


Figura 59. Simulación de la propuesta mejorada.

En la figura 59 se detalla la propuesta de mejora de servicio mediante la herramienta FlexSim, la simulación se realizó de igual manera que en la situación actual, pero se configuró a la disponibilidad actual de 80 plazas. Con esto se puede observar que se mejora la calidad del servicio ya que se reducen los tiempos tanto en Average Staytime de las plazas y se aumenta la capacidad del parqueadero, por tanto se ha mejorado las variables: disponibilidad, capacidad y tiempo de espera lo cual mejora la calidad del servicio del parqueadero actual.

Los cambios son los siguientes:

Cantidad de plazas: actual (30 plazas) propuesta (80 plazas)

Distancias recorridas: actual (15 km por día) propuesta (40)

Tiempo promedio: actual (200 en adelante) propuesta (menor a 150)

AvgStayTime del parqueadero: actual (1168,8) propuesta (812,4)

## 5. CAPÍTULO V: ANÁLISIS ECONÓMICO

Es importante saber los índices económicos para tener conocimiento de los recursos que demanda la construcción del proyecto.

Si bien, el estudio no contempla un cobro económico por el uso del aparcamiento, este genera un beneficio en cuanto a la satisfacción del cliente, por tanto, debe ser considerado como una inversión para obtener un retorno con un campus más competitivo y con infraestructura adecuada. Además, es de conocimiento que entidades como el Municipio de Quito ofrecen incentivos a la participación ciudadana y a entidades, el Artículo 39 (Incentivos para entidades públicas y privadas), menciona que “La Municipalidad incentivará a las entidades públicas y privadas que promuevan el uso de la bicicleta y caminata como modos de transporte sostenibles.” (Chacón Arias, 2017) Siendo esta otra razón más por la que se debe considerar este tipo de mejoras en los establecimientos de educación o de vivienda.

Es así como se genera un beneficio y se forma parte de una solución para la red de movilidad, aportando con nuevos esquemas de desplazamiento en los estudiantes y sus empleados.

Otro beneficio en este caso no solamente para la institución, sino que también hacia la comunidad son los beneficios ambientales, precisamente porque la bicicleta no produce emisiones de CO<sub>2</sub>, el ruido prácticamente es irrelevante, se moviliza en menor tiempo, tiene un bajo costo de mantenimiento y es accesible para el 90% de la población, el espacio que ocupan en la superficie es mucho menor que los sistemas tradicionales como autos, buses, taxis, entre otros. Por último, se beneficia la salud física y mental y proporciona un ahorro en pago de trámites, licencias e impuestos.

El costo de los materiales incurridos en la construcción se detalla en el siguiente cuadro, cabe indicar que a este presupuesto se le debe agregar dos valores que

son indispensables para la implementación del estudio: el costo de mano de obra y el costo por instalación de equipos y pruebas de funcionamiento que se detalla más adelante.

Tabla 24.  
Costos de elementos de la estructura

N°	Elemento	Descripción	Longitud (m), área (m2), Unidades	Costo (c/m)	Costo Total
1	Arriostramientos	ANGULO NEGRO DE 60 X 5 MILIMETROS 47 329 EN 6 METROS DE LONGITUD	120	\$8.00	960
2	Vigas	TUBO DE ACERO NEGRO TIPO CUADRADO DE 5" EN 4 MILIMETROS DE ESPESOR EN 6 METROS DE LONGITUD	40.8	\$25.00	1020
3	Columnas	TUBERIA DE ACERO NEGRO TIPO ASTM A106 DE 8" CED 20 CON 6.35 MILIMETROS DE ESPESOR EN 6 METROS TUBERIA NUEVA	41.2	\$48.00	1977.6
5	Canasta y mecanismo	LÁMINA PERFORADA ALARGADA 4 X 20 mm	16	\$15.00	240
6	Motor ascensor	MOTOR ELECTRICO 1 HP PARA MECANISMOS DE ASCENSOR	2	\$140.00	280
7	vidrio	VIDRIO TEMPLADO INCOLORO 8 mm ESPESOR	138.2	\$36.00	4975.2
8	Recepción	Tubo Emt Fuji Conduit De 1 1/2	64	\$11.00	704
	Lector de tarjetas	Display y lector de tarjetas	1	\$800.00	800
	Iluminación	Reflector Led Para Exterior E Interior Luz Blanca De 100 W	7	\$24.00	168
	Fines de carrera	Fin De Carrera Final De Carrera Industrial Palanca Regulable	18	\$20.00	360
9	cables	CABLE ACERO 3/4 "	48	\$6.55	314.4
10	Motor mecanismo	Wincha Tecle Electrico Hoist 250kg/ 500lb.	4	\$129.00	516
				<b>TOTAL</b>	<b>12315.2</b>

La Tabla 24 nos entrega un valor neto de 12.315.2 dólares. Estos precios fueron consultados con proveedores nacionales y están sujetos a disponibilidad y cargos adicionales por entrega.

El tiempo de fabricación total de la estructura es de dos meses, La Tabla 25 detalla el personal, el tiempo que tarda en cumplir con la actividad y el costo de mano de obra del equipo necesario para la implementación:

Tabla 25.  
*Costos de mano de obra para implementación*

Personal	Función	Tiempo (meses)	Cantidad	Remuneración	Total
Metalmecánico	Armar estructura	1	2	615	1230
Oficial	Dar soporte a los técnicos	2	1	400	800
Electrónico	Instalación dispositivos	1	1	630	630
Eléctrico	Cableado eléctrico	0.3	1	630	189
Técnico ascensores	Implementación y pruebas mecanismos	0.3	1	655	196.5
				<b>TOTAL</b>	<b>3045.5</b>

El costo de mano de obra es de 3.045.5 dólares, si a este número agregamos el valor de materiales nos da una suma total de 15.360.00, este sería el costo total aproximado del proyecto. Cabe mencionar que es para una capacidad de 32 bicicletas y se lo puede replicar por el número de plazas deseado.

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 Conclusiones

Este diseño mejora la distribución de las áreas destinadas al parqueo de bicicletas, ya que ocupa menor superficie que el sistema actual al almacenarlas apiladas una encima de otra, además, se puede aprovechar más espacio si se considera una estructura subterránea, por lo que se gana considerablemente volumen pero se reduce la superficie ocupada.

Mediante la simulación en FlexSim se puede constatar que hay una evidente mejora en el servicio propuesto, ya que la disponibilidad se aumenta considerablemente y no se registra cuellos de botella. Además, hay una reducción de tiempo de espera lo cual garantiza un mejor servicio a los usuarios del parqueadero.

El sistema automatizado de este aparcamiento evita la asignación de personal para el funcionamiento del mismo, lo cual reduce gastos de nómina y elimina la dependencia de una persona de seguridad como es en el caso del sistema actual. Además, brinda una mejor calidad de servicio protegiendo a las bicicletas de lluvia, polvo y robo sin necesidad que los usuarios lleven accesorios de seguridad.

Dado que este sistema es modular se puede expandir, adaptar, desmontar y reubicar permitiendo que este tipo de edificación se pueda implementar en los demás campus de la universidad o diferentes edificaciones. También la inclusión de un sistema de parqueo fomenta el uso de la bicicleta como medio de transporte sostenible, a más de que presenta un sistema novedoso y causa una buena impresión hacia los visitantes.

Este tipo de servicio aún no es de carácter obligatorio para todos los establecimientos, pero se debe tomar en cuenta que actualmente las entidades gubernamentales están desarrollando ordenanzas donde se obliga a la

implementación de parqueaderos de bicicletas en lugares o edificaciones que tengan gran afluencia de personas como son: colegios, escuelas, entidades municipales, empresas públicas y privadas, parque o estaciones de transporte.

La inversión que se realiza no es considerable frente al beneficio que se brinda, dado que la estructura no fue diseñada para pesos elevados, en consecuencia, no requiere de equipos de altas exigencias, sino de la incorporación de tecnología común.

## **6.2 Recomendaciones**

Para el sistema de iluminación y dispositivos electrónicos se recomienda el uso de tecnología amigable con el medio ambiente como paneles solares, para componentes estáticos que no generen un peligro por falla estructural se recomienda usar materiales reciclados.

## REFERENCIAS

- Blanco, J., Torres, J., & Giménez, A. (2014). *Manual de Presentaciones e ilustraciones de teoría de mecanismos para el grado de Ingeniero Mecánico*. Almería: Editorial Universidad de Almería.
- Castro-Castro, J., & Cendales-Ladino, E. (2019). *Casos aplicados del análisis de causa raíz: revisión*. Bogotá: Science and Engineering Neogranadina.
- Chacón Arias, D. (2017). *"Proyecto de Ordenanza Metropolitana que prioriza, regula, facilita y promueve la bicicleta y caminata como modos de transporte sostenibles en el Distrito Metropolitano de Quito"*. Quito : Registro oficial.
- Cházaro, C., & Alvarez, O. (2019). *Diseño Básico de Estructuras de Acero*. México: Gerdau Corsa.
- Cuartas, K., & Cruzado, J. (2016). Diseño de un modelo de ciclo parqueadero inteligente soportado en tecnología rfid/nfc y aplicación móvil sobre android para la sede de Ingeniería de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. *Tesis ESPECIALIZACIÓN EN GESTIÓN DE PROYECTOS EN INGENIERÍA*. Bogotá, Cundinamarca, Colombia: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Diario de México. (2019). *ddmx*. Recuperado el 12 de Diciembre de 2019 de <https://www.diariodemexico.com/con-m%C3%A1s-de-50-millones-de-viajes-ecobici-cumple-nueve-a%C3%B1os-en-la-capital>
- Ecobici. (2019). <https://www.ecobici.cdmx.gob.mx>. Recuperado el 12 de Diciembre de 2019 de <https://www.ecobici.cdmx.gob.mx/es/informacion-del-servicio/bicicletas>
- Escalante, C. V. (2003). *Diseño de Estructuras Metálicas Apuntes LRFD*. Santo Domingo: LRFD.
- GIKEN LTD. (1999). <https://www.giken.com/en/products/automated-parking-facilities/eco-cycle/>. Recuperado el 11 de Noviembre de 2019 de [www.giken.com](https://www.giken.com): <https://www.giken.com/en/products/automated-parking-facilities/eco-cycle/>
- GoogleMaps. (2019). *www.GoogleMaps.com*. Recuperado el 8 de Enero de 2020 de GoogleMaps
- IDAE Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía . (2010). *MANUAL DE APARCAMIENTOS DE BICICLETAS*. Madrid : IDAE .
- Ingemecánica. (2020). *Resistencia Mecánica a*. Madrid: ARAHAL.
- McLarty, R. (2006). *Una historia en bicicleta*. Madrid: Alfaguara.

- Miranda, F. (2007). *Intruducción a la Gestión de la Calidad*. Madrid: Delta Publicaciones.
- Norton, R. L. (2014). *Diseño de Maquinaria Cuarta Edición*. Worcester, Massachusetts: Mc Graw Hill.
- Pardo, J. (2017). *Gestión por procesos y riesgo operacional*. Madrid: Aenor International.
- Real Academia Española. (2014). *Diccionario de la Lengua Española vigesimotercera edición*. Madrid: Real Academia Española.
- Reato, C., & Socconini, L. (2019). *Sistema de gestión para liderar empresas*. Barcelona: Marge Books.
- Riddell, R., & Hidalgo, P. (2010). *Diseño estructural 5ta Edición*. Santiago: Pontificia Universidad Católica de Chile, Ediciones UC.
- Roda, A., Mata, V., & Albelda, J. (2014). *Máquinas y mecanismos*. València: Editorial Universitat Politècnica de València.
- Russel, & Hibeler. (2010). *Ingeniería Mecánica Estática décimo segunda edición*. Mexico: Pearson educación.
- Salcedo, S. (2016). *Da acero soporte y acelera obras*. Guadalajara: Editorial El Sol S:A: de CV.
- Socconini, L. (2015). *Certificación Lean Six Sigma Green Belt para la excelencia en los negocios*. Barcelona: Marge Books.
- Xunta de Galicia. (2019). *Consellería de Educación, Universidade e Formación Profesional*. Galicia: Xunta de Galicia.

# **ANEXOS**

## 1. Resultado de las encuestas (formato)

1. ¿Considera usted que sea necesario aumentar la capacidad de los parqueaderos de bicicletas?

Si.......... No.....

2. ¿Considera usted que la seguridad es suficiente?

Si..... No..........

3. ¿Qué tiempo le toma ingresar y asegurar su bicicleta?

.....*5 min*.....

4. ¿Considera que es importante un compartimiento para guardar accesorios como casco, guantes, chalecos reflectivos, etc?

-Si.......... No.....

5. ¿Tiene problemas ocasionados por el clima (lluvia, sol excesivo) al momento de retirar su bicicleta?

Si.......... No.....

6. ¿Piensa usted que las bicicletas amontonadas dan un impacto visual en las áreas verdes?

Si..... No..........

7. ¿Si tuviera un mejor servicio consideraría movilizarse en bicicleta?

Si.......... No.....

8. Del 1 al 5. Tomando en cuenta q 1 es regular y 5 es excelente, como califica usted el servicio brindado por la universidad en los parqueaderos de bicicletas

1.....

2.....

3.....

4..........

5.....

## 2. Render





### 3. Cotizaciones estructura

COTIZACION N.- 171219

CLIENTE: UDLA

RUC:

DIRECCION:

TELEFONO :

FECHA: 17-dic-19

PBX: 0990703301

PAGO: CONTADO

RUC: [1002128781 01](#)

T.VALIDEZ 19/12/2019 BAJO EL CODIGO DE COMERCIO 148

ENTREGA INMEDIATO

CANTIDAD	UNIDAD	DESCRIPCION	V. UNIT	V. TOTAL
120	MTS	TUBERIA DE ACERO NEGRO TIPO ASTM A106 DE 8" CED 20 CON 6.35 MILIMETROS DE ESPESOR EN 6 METROS TUBERIA NUEVA (OFERTA OPCIONAL)	48	5760
120	MTS	TUBERIA DE ACERO TIPO ESTRUCTURAL DE 6" EN 4.5 MILIMETROS DE ESPESOR EN 6 METROS DE LONGITUD TUBERIA CON COSTURA (OFERTA OPCIONAL)	18	2160
120	MTS	TUBERIA DE ACERO TIPO ESTRUCTURAL DE 6" EN 4.5 MILIMETROS DE ESPESOR EN 6 METROS DE LONGITUD TUBERIA NUEVA (OFERTA OPCIONAL)	32	3840

NOTA.- ESTA COTIZACION TIENE UNA  
VALIDEZ HASTA LA FECHA QUE CONSTA  
POR CAMBIOS DE COSTOS.  
(LA FORMA DE PAGO ES DE CONTADO)

SON: Quinientos Diez y Siete  
Con 44/100 Dolares Americanos

Sub Total	11760
IVA 12%	1411,2
TOTAL	13171,2

XIMENA ANDRADE

CLIENTE:

Panamericana Norte Km 10, Telf. 0990703301 [petroferrozacia.ltda@hotmail.com](mailto:petroferrozacia.ltda@hotmail.com)

COTIZACION N.- 171219 P

CLIENTE: UDLA

RUC:

DIRECCION:

TELEFONO :

FECHA: 17-dic-19

PBX: 0990703301

PAGO: CONTADO

RUC: [1002128781 01](#)

T.VALIDEZ 19/12/2019 BAJO EL CODIGO DE COMERCIO 148

ENTREGA INMEDIATO

CANTIDAD	UNIDAD	DESCRIPCION	V. UNIT	V. TOTAL
40	MTS	TUBO DE ACERO NEGRO TIPO CUADRADO DE 5" EN 4 MILIMETROS DE ESPESOR EN 6 METROS DE LONGITUD	25	1000
7	UND	ANGULO NEGRO DE 60 X 5 MILIMETROS EN 6 METROS DE LONGITUD	47	329

NOTA.- ESTA COTIZACION TIENE UNA  
VALIDEZ HASTA LA FECHA QUE CONSTA  
POR CAMBIOS DE COSTOS.  
(LA FORMA DE PAGO ES DE CONTADO)

SON: Mil Cuatrocientos Ocho y Ocho  
Con 48/100 Dolares Americanos

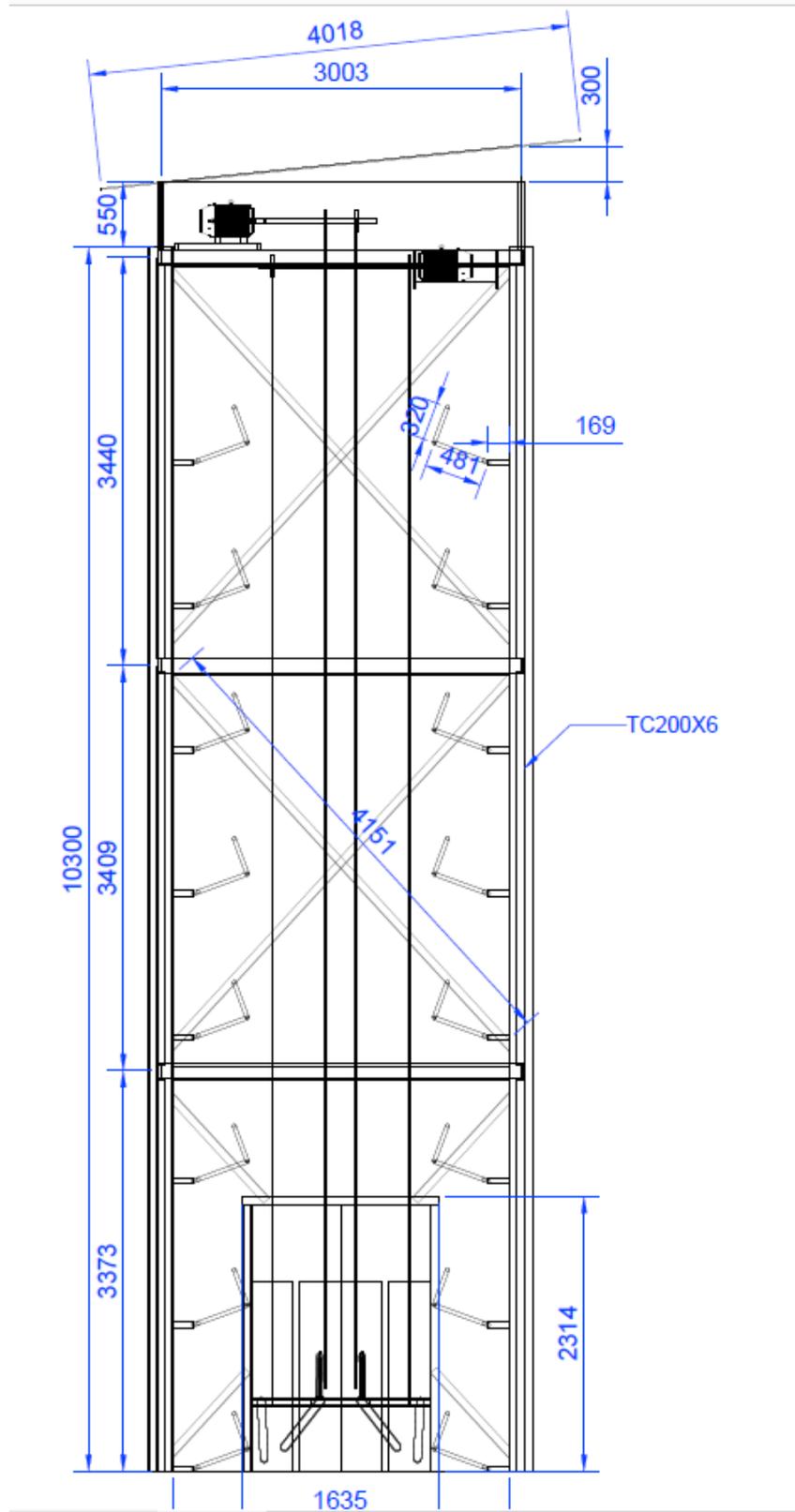
Sub Total	1329
IVA 12%	159,48
<b>TOTAL</b>	<b>1488,48</b>

XIMENA ANDRADE

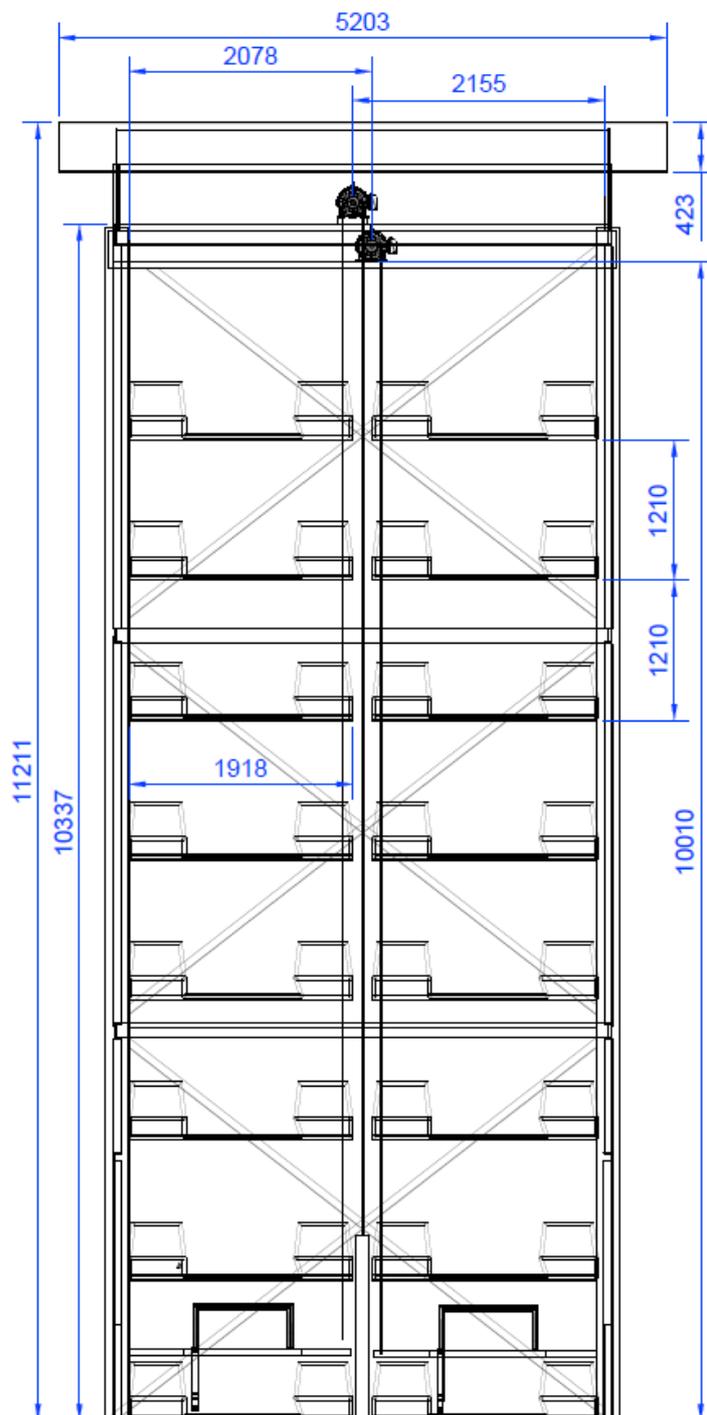
CLIENTE:

Panamericana Norte Km 10, Telf. 0990703301 petroferrozacia.ltda@hotmail.com

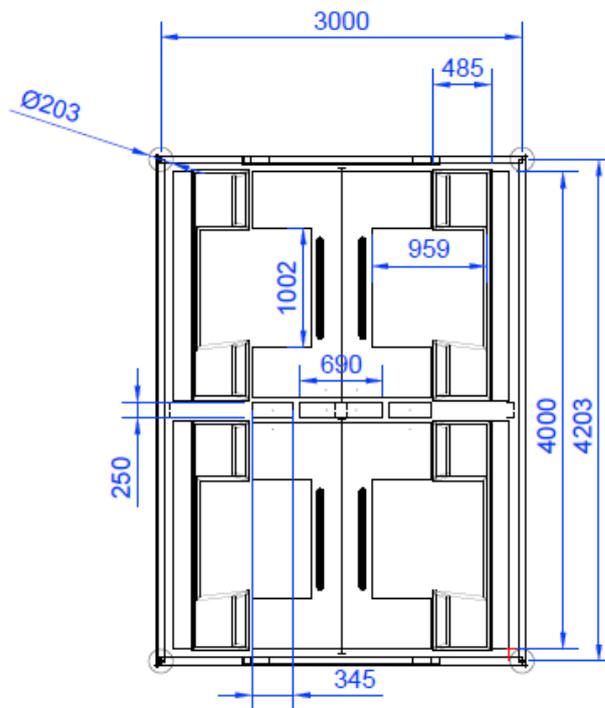
## 4. Detalles de planos en 2D vista frontal



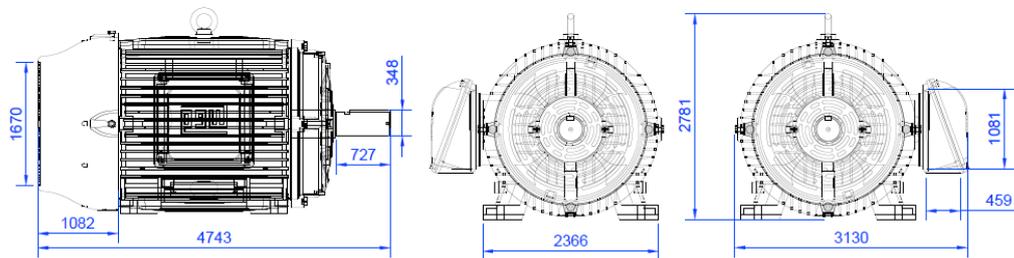
## Vista lateral



## 5. Detalle canastilla y mecanismo



## 6. Detalle motor

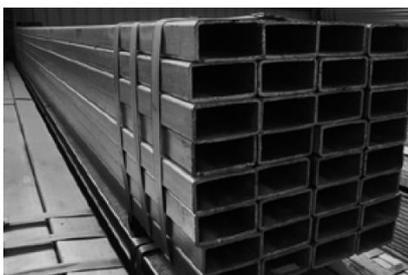


## 7. Pesos y estrobos de acero

ESTROBOS DE CABLES DE ACERO										
PARA CABLES ALMA DE ACERO (Tonf)										
ESTROBOS SUPERLOOP CON CASQUILLO DE ACERO CROSBY S - 505 SEGUN B 30.9 (5:1)										
Diámetro de cable Nominal										
Pulgadas	Milímetros	Axial sencillo	Lazo sencillo	Doble o en "U"	Dos Ramales			Tres y Cuatro Ramales		
					60°	45°	30°	60°	45°	30°
1/4	6,5	0,60	0,44	1,19	1,03	0,84	0,60	1,55	1,26	0,89
5/16	8,0	0,90	0,67	1,81	1,56	1,27	0,90	2,35	1,91	1,36
3/8	9,5	1,32	0,98	2,64	2,28	1,86	1,32	3,45	2,81	1,98
7/16	11,0	1,78	1,32	3,56	3,08	2,51	1,78	4,62	3,76	2,67
1/2	13,0	2,50	1,85	5,00	4,33	3,53	2,50	6,49	5,29	3,75
9/16	14,5	3,08	2,28	6,16	5,33	4,34	3,08	7,99	6,51	4,62
5/8	16,0	3,80	2,81	7,60	6,57	5,36	3,80	9,86	8,04	5,70
3/4	19,0	5,48	4,04	10,92	9,45	7,70	5,48	14,17	11,55	8,19
7/8	22,0	7,44	5,51	14,88	12,87	10,49	7,44	19,31	15,74	11,16
1	28,0	9,72	7,19	19,44	16,82	13,71	9,72	25,22	20,56	14,58
1 1/8	29,0	12,32	9,12	24,64	21,31	17,37	12,32	31,97	26,06	18,48
1 1/4	32,0	15,18	11,23	30,36	26,26	21,40	15,18	39,39	32,11	22,77
1 3/8	35,0	18,58	13,75	37,16	32,14	26,20	18,58	48,22	39,30	27,87
1 1/2	38,0	21,90	16,21	43,80	37,89	30,88	21,90	56,83	46,32	32,85
1 3/4	45,0	29,82	22,07	59,64	51,59	42,05	29,82	77,38	63,07	44,73
2	52,0	37,10	27,45	74,20	64,18	52,31	37,10	96,27	78,47	55,65

CAPACIDAD DE CARGA ESTA BASADA EN QUE EL DIAMETRO DEL ACCESORIO NO SEA MAYOR A LA MITAD DEL LARGO DEL CUDO DEL ESTROBO Y NO MENOR AL DIAMETRO NOMINAL DEL ESTROBO. LA CAPACIDAD NOMINAL DEL ENGANCHE EN "U" SUPONE UNA RELACION #/D MINIMA DE 25/1. PARA EL ENGANCHE ENLAZADO, EL ANGULO DE ENGANCHE DEBERA SER DE 120° O MAYOR.

## Tubo Cuadrado y Rectangular de Acero ASTM A500



TUBO CUADRADO A500			
Dimensiones		Espesor	Peso Teórico
mm	pulg	mm	Kg/m
25 x 25	1" x 1"	1,5	1.061
		2	1.460
30 x 30	1 1/4" x 1 1/4"	1,5	1.300
		2	1.700
40 x 40	1 1/2" x 1 1/2"	1,5	1.770
		2	2.244
		3	3.320
50 x 50	2" x 2"	1,5	2.250
		2	3.122
		2,5	3.872
		3	4.316
75 x 75	3" x 3"	2	4.500
		2,5	5.560
		3	6.810
100 x 100	4" x 4"	2	6.165
		2,5	7.675
		3	9.174
		4	12.133
		4,5	13.594
125 x 125	5" x 5"	6	16.980
		3	11.310
		4	14.870
150 x 150	6" x 6"	4,5	16.620
		6	21.690
		3	13.670
		4,5	20,8
		6	27.386

## 8. Tabulaciones de encuestas

## 8. Tabulaciones de encuestas

N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
	Requerimiento																		
1	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
2	5	4	5	5	4	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	5	5	5	4
3	4	5	4	5	4	4	4	4	4	3	5	4	4	5	4	5	5	5	4
4	4	5	4	5	4	5	4	5	4	4	5	5	5	5	4	4	4	4	3
5	4	3	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4
6	4	5	4	5	4	4	5	3	5	4	4	5	4	5	4	4	5	3	4
7	4	4	3	5	3	4	4	3	4	3	5	3	4	3	5	3	4	3	3
20	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
4	5	4	3	4	5	5	5	4	5	5	5	4	4	4	5	4	5	4	5
4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	5	5	5
4	4	4	4	4	4	4	4	5	4	4	4	4	4	4	4	5	4	4	4
5	4	4	4	5	3	5	4	4	4	4	5	3	3	5	4	3	5	4	3
4	4	4	4	4	5	4	4	4	5	5	5	4	4	4	3	4	4	4	4
4	3	4	4	4	5	5	5	5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4
4	3	5	3	4	3	4	3	5	3	4	3	4	3	4	3	4	3	3	4
41	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61
5	4	5	4	4	4	4	5	4	5	4	5	4	5	5	5	5	5	5	4
4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
4	5	5	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4
3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	5	5	5	4	4	4
4	3	3	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	5	3	3	3	3	3	3
4	5	5	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	4	2	2	2	3
62	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82
5	4	4	4	4	5	4	4	5	5	5	4	5	4	3	4	5	5	4	3
5	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
3	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
5	4	5	4	5	3	3	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5
4	5	4	5	4	5	4	5	3	5	3	5	3	3	3	3	3	3	3	3
5	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	5	3	4	5	3	4	3	4	3
3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	2	3	4	3	4	3	4	3	4	3
83	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	PROMEDIO		
5	4	3	5	4	4	5	4	4	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5
4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	5	5	5	5	5	5	5	4
4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
5	4	5	3	5	4	5	4	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4
3	3	3	4	3	4	4	4	4	3	4	3	5	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

### 9. Data disponibilidad (75 muestras)

	UDLAPARK	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES
Horario	7 - 10	5	4	3	4	4
	10 - 13	28	32	30	20	18
	13 - 15	20	25	22	19	8
	15 - 17	32	24	24	24	15
	17 - 22	3	5	2	3	0
	UDLAPARK	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES
Horario	7 - 10	4	5	4	5	4
	10 - 13	27	29	24	17	19
	13 - 15	18	22	22	19	8
	15 - 17	32	24	25	27	13
	17 - 22	3	4	3	3	0
	UDLAPARK	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES
Horario	7 - 10	3	5	3	4	3
	10 - 13	25	18	27	18	15
	13 - 15	25	19	22	19	8
	15 - 17	32	24	28	25	14
	17 - 22	3	8	1	2	0

