



**UNIVERSIDAD DEL AZUAY**  
**FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y GERENCIA**  
**DE CONSTRUCCIONES**

**Diseño y construcción de estructura estándar en acero para el  
aparcamiento de vehículos en parqueadero automatizado**

**Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:**

**INGENIERO CIVIL CON ÉNFASIS EN GERENCIA  
DE CONSTRUCCIONES**

**Autores:**

**DAVID ANDRÉS JARAMILLO MARTÍNEZ**

**JUAN PABLO VINTIMILLA ABRIL**

**Director:**

**VLADIMIR EUGENIO CARRASCO CASTRO**

**CUENCA, ECUADOR**

**2017**

## DEDICATORIA

A Dios, por ser el pilar fundamental en mi vida y siempre cumplir los deseos de mi corazón. A mi mamá, Yadira, por todo el esfuerzo realizado para permitirme cumplir con mis objetivos, además de siempre haberme apoyado en todas las decisiones que he tomado y guiarme con paciencia y con amor. A mis abuelitos Hernán y Lucía por enseñarme mediante su ejemplo que todo esfuerzo tiene su recompensa y además haberme apoyado en cada objetivo propuesto. A mis tíos Hernán, Augusto, Gaby y Carla por haberme apoyado y siempre estar presentes en todas las etapas de mi vida, a mi hermano Daniel por ayudarme en todo momento. A mi tía Tania y su esposo Robert por el cariño y apoyo hacia mí en todo momento de mi vida. A mis primos Aarón, Vale, Fiona, Kayla y Benjamín por ser mi motivación diaria. A mi novia Valeria por ser mi apoyo incondicional día a día y ayudarme en los momentos más difíciles.

David Jaramillo M

A Dios, mi padre celestial que con su infinito amor me bendice a diario y me brinda sabiduría para continuar por el camino de la vida, rebasando los obstáculos que se presentan siempre con fe y paciencia. A mis padres Olmedo y Patricia, quienes con su sacrificio diario me han permitido conseguir este logro en mi vida que es el ser profesional. Con su amor, apoyo y consejos me han dado el ánimo para continuar y finalizar mis estudios. Quienes con su ejemplo de responsabilidad y honestidad me han formado como persona de bien y han formado en mí principios y valores. A mi hermana María José, que siempre ha estado pendiente de mí y con amor me ha regañado para convertirme en una mejor persona. A mi primo Geovanny, quien me hizo conocer el inmenso amor y la gran misericordia de nuestro señor Dios.

Juan Pablo Vintimilla Abril

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos primeramente a Dios quien nos ha dado la fuerza y la sabiduría necesaria para alcanzar los logros que nos hemos propuesto y nos ha acompañado en todo momento a lo largo de nuestra carrera universitaria.

A nuestros familiares y amigos que nos han brindado su apoyo incondicional en cada etapa de nuestras vidas y nos han motivado y ayudado a afrontar cada situación que se ha presentado.

Queremos agradecer de manera especial a nuestro director de tesis Ing. Vladimir Carrasco, por guiarnos con sus conocimientos, darnos la oportunidad de desarrollar este trabajo conjuntamente y estar pendiente en cada momento del desarrollo del mismo.

A los ingenieros José Vázquez y Francisco Torres quienes con sus ideas y conocimientos supieron ayudarnos a resolver los problemas que se presentaron.

## INDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTOS .....	iii
INDICE DE CONTENIDOS .....	iv
INDICE DE FIGURAS.....	vi
INDICE DE TABLAS .....	ix
INDICE DE ANEXOS.....	x
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT .....	xii
INTRODUCCION .....	1
ANTECEDENTES.....	3
JUSTIFICACION .....	7
OBJETIVO GENERAL.....	7
OBJETIVO ESPECIFICO .....	7
CAPÍTULO 1: DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA PROPUESTO PARA PARQUEADERO AUTOMATIZADO .....	8
CAPITULO 2: PROPUESTA GEOMÉTRICA DE LA ESTRUCTURA BASE CON MEDIDAS ESTANDARIZADAS .....	14
2.1 Estadística de matriculación vehicular en Ecuador .....	14
2.2 Análisis comparativo de dimensiones y pesos vehiculares según clase y modelo.....	21
2.3 Determinación de medidas estándar para estructura base .....	28
2.3.1 Pruebas en campo .....	28
2.4 Propuesta geométrica .....	35
CAPÍTULO 3: MODELO MATEMÁTICO DE LA ESTRUCTURA ESTÁNDAR UTILIZANDO EL SOFTWARE CYPE.....	38
3.1 Determinación de espectro sísmico de diseño.....	38
3.2 Ingreso de las características de la estructura.....	40
3.3 Ingreso de cargas .....	43
3.4 Modelación dinámica .....	50
CAPÍTULO 4: DISEÑO DE MIEMBROS EN ACERO DE LA ESTRUCTURA ESTÁNDAR .....	52
4.1 Comprobación de esfuerzos en la estructura.....	52
4.2 Soluciones de diseño .....	53

4.3 Comprobación y diseño final.....	54
4.4 Elementos de conexión y anclajes.....	56
CAPITULO 5: PROPUESTA DE ELEMENTO DE IZAJE PARA EL TRASLADO DE LA ESTRUCTURA ESTÁNDAR MEDIANTE PUENTE GRÚA .....	58
5.1 Izaje óptimo .....	58
5.1.1 Contenedores .....	58
5.1.2 Grúas pórtico para contenedores.....	59
5.1.3 Spreader .....	61
5.2 Izaje temporal propuesto para pruebas en campo.....	62
CAPÍTULO 6: COSTO TOTAL DE LA ESTRUCTURA ESTÁNDAR .....	64
6.1 Materiales a utilizar .....	64
6.2 Características de los perfiles .....	65
6.3 Análisis de precios unitarios.....	65
CAPÍTULO 7: CONSTRUCCIÓN A ESCALA REAL Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE LA ESTRUCTURA ESTÁNDAR .....	69
7.1 Construcción a escala real .....	69
7.1.1 Materiales.....	69
7.1.2 Metodología de la construcción.....	73
7.1.3 CHSS a escala real.....	77
7.2 Pruebas de funcionamiento .....	79
7.2.1 Prueba de ingreso vehicular.....	79
7.2.2 Prueba de izaje .....	82
7.2.3 Pruebas de desplazamiento .....	85
7.2.4 Pruebas de estabilidad.....	88
CONCLUSIONES .....	90
RECOMENDACIONES .....	91
BIBLIOGRAFIA .....	92
ANEXOS .....	93

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Arquitecto Bertrand Goldberg, a la izquierda, con un modelo Marina City, hacia 1960 .....	4
Figura 2. Autostadt.....	5
Figura 3. Parqueadero robotizado Laboratorio Clínico Hematológico.....	6
Figura 1.1. Señalización horizontal.....	8
Figura 1.3. Tachas reflectivas .....	9
Figura 1.5. Resalto vial .....	9
Figura 1.6. Distribución en planta de parqueadero automático .....	11
Figura 1.7. Vista lateral parqueadero automatizado.....	11
Figura 1.8. Vista frontal parqueadero automatizado.....	12
Figura 2.1. Vehículos matriculados anualmente.....	15
Figura 2.2. Vehículos matriculados anualmente según clase.....	16
Figura 2.3. Vehículos matriculados anualmente por marcas .....	18
Figura 2.4. Vehículos tipo Jeep matriculados anualmente por marcas.....	19
Figura 2.5. Vehículos tipo Camioneta matriculados anualmente por marcas.....	20
Figura 2.6. Dimensiones Chevrolet Dmax .....	22
Figura 2.7. Dimensiones Chevrolet Captiva Sport 3.0L .....	23
Figura 2.8. Dimensiones Chevrolet Tracker .....	23
Figura 2.9. Dimensiones Chevrolet Grand Vitara SZ.....	24
Figura 2.10. Dimensiones Hyundai Sonata hybrid .....	25
Figura 2.11. Dimensiones Hyundai Ioniq hybrid.....	25
Figura 2.12. Dimensiones KIA Optima .....	25
Figura 2.13. Dimensiones Toyota Prius.....	26
Figura 2.14. Dimensiones Chevrolet Aveo Emotion .....	27
Figura 2.15. Dimensiones Chevrolet Sail Sedan.....	27
Figura 2.16. Dimensiones Chevrolet Cruze .....	27
Figura 2.17. Pruebas de campo 1 .....	28
Figura 2.18. Pruebas de campo 2 .....	29
Figura 2.19. Pruebas de campo 3 .....	29
Figura 2.20. Pruebas de campo 4 .....	30
Figura 2.21. Pruebas de campo 5 .....	30

Figura 2.22. Pruebas de campo 6 .....	31
Figura 2.23. Pruebas de campo 7 .....	31
Figura 2.24. Pruebas de campo 8 .....	32
Figura 2.25. Pruebas de campo 9 .....	32
Figura 2.26. Pruebas de campo 10 .....	33
Figura 2.27. Pruebas de campo 11 .....	33
Figura 2.28. Pruebas de campo 12 .....	34
Figura 2.29. Propuestas geométricas para CHSS.....	35
Figura 2.30. Isometría CHSS .....	36
Figura 2.31. Planta CHSS .....	36
Figura 2.32. Elevación posterior CHSS .....	37
Figura 3.1. Mapa de zonificación sísmica del Ecuador .....	38
Figura 3.2. Espectro sísmico de diseño.....	40
Figura 3.3. Características del perfil G200X4 .....	41
Figura 3.4. Características del perfil G150X3 .....	41
Figura 3.5. Isometría de la CHSS .....	42
Figura 3.6. CHSS apiladas .....	43
Figura 3.7. CHSS apiladas con carga de peso propio .....	44
Figura 3.8. CHSS apiladas con carga de peso vehicular y peatonal .....	45
Figura 3.9. Modelación final de CHSS apiladas .....	50
Figura 4.1. Comprobación de resistencia.....	52
Figura 4.2. Solución de diseño (Cruces de San Andrés).....	53
Figura 4.3. Comprobación de resistencia final.....	54
Figura 4.4. Modelación final de CHSS apiladas .....	55
Figura 4.5. Twist Lock Móvil .....	57
Figura 4.6. Funcionamiento Twist Lock Móvil .....	57
Figura 4.7. Twist Lock Fijo .....	57
Figura 5.1. Medidas de contenedores.....	58
Figura 5.2. Grúa pórtico .....	59
Figura 5.3. Grúas Panamax .....	60
Figura 5.4. Elementos componentes de Spreader .....	61
Figura 5.5. Funcionamiento de Spreader .....	62
Figura 5.6. Representación izaje temporal.....	63

Figura 7.1. Perfiles tipo G .....	70
Figura 7.2. Pintura anticorrosiva Duracolor.....	71
Figura 7.3. Electrodo E-7018 1 .....	72
Figura 7.4. Electrodo E70-18 2.....	72
Figura 7.5. Suelda Eléctrica ARCWELD .....	72
Figura 7.6. Perfiles en obra .....	73
Figura 7.7. Cortador de plasma .....	73
Figura 7.8. Proceso de soldadura 1 .....	74
Figura 7.9. Proceso de suelda 2.....	74
Figura 7.10. Proceso de suelda 3.....	75
Figura 7.11. Proceso de pintura.....	75
Figura 7.12. Proceso de pintura 2.....	76
Figura 7.13. CHSS vista frontal .....	76
Figura 7.14. CHSS vista 1.....	77
Figura 7.15. CHSS vista 2.....	78
Figura 7.16. CHSS vista 3.....	78
Figura 7.17. CHSS vista 4.....	79
Figura 7.19. Prueba ingreso vehicular 2.....	80
Figura 7.20. Prueba ingreso vehicular 3.....	81
Figura 7.21. Prueba ingreso vehicular 4.....	81
Figura 7.22. Prueba izaje 1.....	82
Figura 7.23. Prueba izaje 2.....	83
Figura 7.24. Prueba izaje 3.....	83
Figura 7.25. Prueba izaje 4.....	84
Figura 7.26. Prueba izaje 5.....	84
Figura 7.27. Prueba izaje 6.....	85
Figura 7.28. Prueba desplazamiento 1 .....	86
Figura 7.29. Prueba desplazamiento 2 .....	86
Figura 7.30. Prueba desplazamiento 3 .....	87
Figura 7.31: Prueba estabilidad 1.....	88
Figura 7.32: Prueba estabilidad 2.....	88

## INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Vehículos matriculados anualmente .....	14
Tabla 2.2. Porcentaje de vehículos matriculados anualmente según clase .....	15
Tabla 2.3. Vehículos matriculados anualmente por marcas.....	17
Tabla 2.4. Jeep matriculados anualmente por marca .....	18
Tabla 2.5. Vehículos tipo camioneta matriculados anualmente por marcas .....	19
Tabla 2.6: Marcas de vehículos seleccionadas para la construcción de CHSS.....	20
Tabla 2.7. Modelos de vehículos seleccionadas para la construcción de CHSS.....	21
Tabla 2.8. Modelo de vehículos tipo camioneta para CHSS.....	21
Tabla 2.9. Modelos de vehículos tipo SUV para CHSS .....	22
Tabla 2.10. Modelos de vehículos tipo híbrido para CHSS .....	24
Tabla 2.11. Dimensiones vehículos tipo automóvil.....	26
Tabla 2.12. Dimensiones de campo Chevrolet Cruze .....	34
Tabla 2.13. Dimensiones estructura base.....	35
Tabla 3.1. Clasificación y tipo de perfil de suelo.....	39
Tabla 3.2. Cargas en barras .....	46
Tabla 4.1. Resumen de medidas de perfiles de las CHSS apiladas.....	55
Tabla 4.2. Resumen de medidas de perfiles de un módulo CHSS.....	56
Tabla 6.1. Presupuesto de una CHSS.....	65
Tabla 6.2. Análisis de precios unitarios 1 .....	66
Tabla 6.3. Análisis de precios unitarios 2 .....	67
Tabla 6.4. Análisis de precios unitarios 3 .....	68
Tabla 7.1: Matriz de resultados pruebas de desplazamientos .....	87
Tabla 7.2: Matriz de resultados pruebas de estabilidad .....	89

**INDICE DE ANEXOS**

1. Catálogo de materiales.....	93
2. Plano de planta CHSS.....	94

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURA ESTÁNDAR EN ACERO  
PARA EL APARCAMIENTO DE VEHÍCULOS EN PARQUEADERO**

**RESUMEN**

El trabajo nace de la necesidad identificada del director de tesis respecto a la carencia de espacios de parqueo y consiste en el diseño y construcción de una estructura estándar denominada CHSS, en acero estructural para el aparcamiento de vehículos en un parqueadero automatizado, para esto se cumplió con las recomendaciones de la Norma Ecuatoriana de la Construcción que rige las condiciones y especificaciones para un diseño sismo resistente y seguro; se optimizaron los perfiles estructurales del módulo CHSS, para que la idea propuesta sea rentable en nuestro medio y segura para los usuarios. Además, este proyecto proporciona el costo total de un módulo de estructura estándar y plantea los mecanismos necesarios para el correcto funcionamiento dentro de los parqueaderos automatizados.

**Palabras Claves:** Parqueadero automatizado, estructura CHSS, estructura estándar.



---

Vladimir Eugenio Carrasco Castro

**Director del Trabajo de Titulación**



---

José Fernando Vázquez Calero

**Coordinador de Escuela**



---

David Andrés Jaramillo Martínez

**Autor**



---

Juan Pablo Vintimilla Abril

**Autor**

**DESIGN AND CONSTRUCTION OF A STANDARD STEEL STRUCTURE FOR  
THE PARKING OF VEHICLES IN AUTOMATED PARKING LOTS**

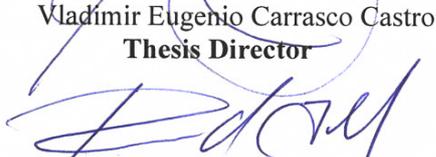
**ABSTRACT**

This work arises from the need identified by the thesis director regarding the lack of parking spaces. The research consisted in the design and construction of a standard steel structure referenced as CHSS, for the parking of vehicles in an automated parking lot. The work complied with the recommendations of the Ecuadorian Construction Standard that stipulates the conditions and specifications for a strong and safe seismic design. The structural profiles of the CHSS module were optimized, so that the proposed idea is cost-effective in our environment and safe for users. In addition, this project provided the total cost of a standard structure module, and proposed the necessary mechanisms for the correct operation within automated parking lots.

**Keywords:** automated parking lot, CHSS structure, standard structure.



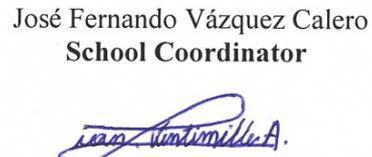
Vladimir Eugenio Carrasco Castro  
**Thesis Director**



David Andrés Jaramillo Martínez  
**Author**



José Fernando Vázquez Calero  
**School Coordinator**



Juan Pablo Vintimilla Abril  
**Author**



UNIVERSIDAD DEL  
AZUAY  
Dpto. Idiomas



Translated by,  
Lic. Lourdes Crespo

Jaramillo Martínez David Andrés

Vintimilla Abril Juan Pablo

Trabajo de Grado

Ing. Carrasco Castro Vladimir Eugenio

## **Diseño y construcción de estructura estándar en acero para el aparcamiento de vehículos en parqueadero automatizado**

### **INTRODUCCION**

Debido al crecimiento poblacional y a las distancias de recorrido cada vez mayores, el vehículo se ha vuelto un artículo necesario y no un lujo en nuestros días. Por este motivo el parque automotor ha aumentado considerablemente, generando problemas de circulación y almacenamiento vehicular. De acuerdo con Green Car Reports, para el año 2010 el número de vehículos en nuestro planeta supero los mil millones y se estima que para el año 2035 este número sobrepasara los dos mil millones (Voelcker, 2014). Según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), en Ecuador en el año 2010 se matricularon 1'226.349 vehículos motorizados, mientras que en el 2015 se matricularon 1'925.68; lo cual representa un incremento de 57% en este periodo.

En las zonas más concurridas de las ciudades, el área disponible para la construcción de parqueaderos cada vez es menor; es por esto que los sistemas de parqueo tradicionales no abastecen la demanda de vehículos, generando problemas de circulación y congestión.

Debido a este crecimiento, existen ciudades que destinan grandes áreas para parqueadero con el consiguiente deterioro del paisaje urbano, mientras que otras no cuentan con suficiente área para este uso, por lo cual deberán optar por alternativas como los parqueaderos automatizados.

El uso de parqueaderos tradicionales genera dificultades al momento de estacionar los vehículos, esto se debe muchas veces al espacio limitado que se cuenta dentro del parqueadero, provocando una falta de confort en los usuarios. Por este motivo, se

requiere innovar los sistemas de almacenamiento vehicular para optimizar el área útil, brindar mayor seguridad, facilidad de uso y confort a los usuarios.

El trabajo propuesto trata de resolver la problemática actual que se tiene con la cantidad de espacio destinado a parqueaderos en las ciudades en desarrollo de una manera eficaz, usando tecnología y sistemas conocidos, como por ejemplo el manejo de cargas a través de contenedores, que ha evolucionado de manera significativa desde sus inicios hasta la actualidad. Se pretende aprovechar al máximo el espacio con el diseño de una estructura estándar que denominaremos CHSS por sus siglas en inglés (Car Holding Estándar Structure), de acceso sencillo, segura, económica y sobre todo confortable para el usuario, esta estructura será ubicada dentro del parqueadero automatizado que, con todos los componentes de izaje y conexión, nos permitirá apilar los vehículos de una manera segura, aprovechando así el volumen de la construcción al máximo.

Se pretende demostrar el funcionamiento de una CHSS que cumpla con las normativas de diseño estructural y de construcción en nuestro país, además utilizar la menor cantidad de materiales para disminuir los costos de producción y así ofrecer una solución de parqueo que utilice la menor cantidad de espacio en relación con los sistemas de parqueo tradicionales.

Para que un parqueadero automatizado funcione correctamente, es indispensable tomar en cuenta varias fases como son: diseño de estructura estándar, ubicación y números de puentes grúa, altura máxima de vehículos a almacenar, zona de ingreso, planificación de infraestructura (niveles, dimensiones), tipo de equipo para la manipulación de estructura estándar, algoritmos y sistemas para el proceso (software), simulaciones para determinar los distintos tiempos dentro del proceso, entre otros.

El presente trabajo constará de la fase del diseño y la construcción de la CHSS con el fin de realizar pruebas de funcionamiento y comportamiento de nuestra propuesta.

## ANTECEDENTES

En la antigüedad se utilizaban los carruajes, vehículos de tracción animal con una armazón de madera, hierro o su combinación sobre dos o más ruedas como medio de transporte de personas y de mercancías. Los primeros parqueaderos fueron diseñados para carruajes, estos vehículos debían ser almacenados bajo techo debido a que los materiales con los cuales eran construidos, no soportaban la intemperie. Por mucho tiempo los parqueaderos fueron diseñados de esta manera puesto que los primeros vehículos eran carruajes con motor y por lo tanto no resistían las inclemencias del clima, además, no tenían la fuerza suficiente para ascender rampas.

Al empezar la producción masiva de automóviles en el Siglo XX por grandes compañías como la Ford en 1908 con el modelo Ford T, nacieron varias industrias como la de transporte, alquiler de vehículos y de los parqueaderos.

El primer edificio diseñado exclusivamente para ser un parqueadero fue construido en 1919 en la ciudad de Philadelphia. Contaba con rampas a 4 niveles y podía albergar 258 vehículos. Tenía servicio de “valet”, costaba 5 centavos la hora y en promedio facturaba US\$147<sup>00</sup> por día. Estuvo en funcionamiento hasta 1933. (Mejía-Azcárate, 2014)

Para las décadas posteriores a 1920 y con el mejoramiento de los vehículos se empezaron a ver también parqueaderos al aire libre.

Durante años el tránsito y la regulación del tráfico tuvieron toda la atención y no se hablaba de la necesidad de regular los estacionamientos. Se trataban de resolver los problemas generados por los vehículos en movimiento, pero poco a poco el problema de los vehículos estacionados empezaba a ser mayor y quienes lo habían detectado empezaron a construir parqueaderos, aprovechando mejor los espacios.

En las décadas de 1940 y 1950 el crecimiento exponencial de la flota automotriz en los Estados Unidos superó todos los pronósticos, las calles de los barrios empezaron a verse llenas de carros parqueados a lado y lado, las empresas tuvieron que dedicar gran parte de sus terrenos a los estacionamientos de sus trabajadores y para ello tuvieron que salir del centro de las ciudades y la población emigró hacia los suburbios lo que generó una necesidad de al menos dos vehículos por familia para la movilización.

Para la década de 1950, los nuevos y enormes centros comerciales destinaron áreas gigantescas para estacionamientos. Los fines de semana los estacionamientos se llenaban

de vehículos con familias enteras que visitaban tiendas, restaurantes y cines. Con una sociedad que prosperaba, nacían nuevas alternativas de entretenimiento como los parques temáticos, parques nacionales y por tanto la necesidad de crear parqueaderos gigantescos en los aeropuertos y en los mismos parques.

Consciente de la creciente dependencia de los norteamericanos en el automóvil, el Arquitecto Bertrand Goldberg, diseñó y construyó entre 1959 y 1964 a orillas del Río Chicago el complejo multifamiliar 'Marina City'. Este complejo se compone de dos torres en estructura de hormigón armado de 171.4 metros cada una. Cada torre está dividida en dos cuerpos, uno inferior con 19 pisos y 896 plazas de estacionamiento, más otro cuerpo superior con 41 pisos para vivienda.



Figura 1. Arquitecto Bertrand Goldberg, a la izquierda, con un modelo Marina City, hacia 1960

Fuente: página web Chicago Tribune

Desde finales del Siglo XX, el problema de los estacionamientos empezó a ser una preocupación primordial entre los planificadores de las ciudades y los jefes de las empresas. Por primera vez, el espacio empieza a ser limitado y sin embargo la demanda de plazas para estacionarse no ha dejado de aumentar.

Las ciudades en nuestra época están inundadas por playas de vehículos que son almacenados en estructuras o áreas con gran derroche de espacio con su respectivo costo. Actualmente se proponen nuevos sistemas para el parqueo de vehículos que brindan mayor confort a los usuarios; uno de ellos son los parqueaderos automatizados. Es así que, bibliotecas, puertos y locales comerciales utilizan este tipo de tecnología. Al momento existen varios tipos de sistemas de parqueadero automatizado, por ejemplo el Autostadt de Volkswagen en Wolfsburg, Alemania, entre otros que se encuentran en desarrollo.



Figura 2. Autostadt

Fuente: página web Autostad

Los parqueaderos automatizados comprenden varios métodos de almacenamiento de vehículos y cada vez son más comunes en los países desarrollados, especialmente Europa y Asia. Estos parqueaderos son computarizados, rápidos, eficientes y limpios; están basados en tecnología para la manipulación de materiales con el propósito de mover objetos de tamaño específico o contenedores en los ejes x, y, z y almacenarlos en el espacio respectivo. El objeto o vehículo es regresado a su usuario cuando se lo solicita a través de una computadora (teléfono o máquina automatizada).

En Medellín, en el año 2012 se construyó para un Laboratorio Clínico Hematológico el primer parqueadero automatizado en Latinoamérica que permite el parqueo de 95 vehículos. Si se hubiera construido un parqueadero convencional sólo tendrían para ofrecer a sus clientes de 30 a 35 celdas. El sistema inteligente, similar al método de almacenamiento de productos en el sector industrial y comercial en altura, consiste en celdas independientes con dimensiones para un automóvil, la cual una vez ocupada es depositada en uno de los espacios de los cinco pisos subterráneos.



Figura 3. Parqueadero robotizado Laboratorio Clínico Hematológico

Fuente: página web Laboratorio Hematológico Colombia

## **JUSTIFICACION**

Debido a la problemática que genera el crecimiento del parque automotor, hemos decidido aportar a la investigación de los mecanismos para parqueaderos automatizados para que puedan ser aplicados en nuestro país y a su vez disminuir el uso excesivo de espacio que genera la construcción de los parqueaderos tradicionales.

## **OBJETIVO GENERAL**

- Diseñar una estructura estándar económica y resistente en acero para soportar 4 niveles de vehículos apilados.

## **OBJETIVO ESPECIFICO**

- Diseñar la geometría con medidas estandarizadas de la estructura base.
- Modelar matemáticamente la estructura en el CYPE.
- Diseñar los miembros estructurales que componen la estructura estándar.
- Proponer un sistema básico de izado temporal para el traslado de la estructura estándar mediante un puente grúa para pruebas de tesis.
- Construir y probar el funcionamiento de la estructura estándar.

## CAPÍTULO 1: DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA PROPUESTO PARA PARQUEADERO AUTOMATIZADO

El sistema de parqueadero automatizado para el cual será diseñada la CHSS de acero, deberá constar con un espacio de recepción y entrega vehicular previo al acceso hacia la misma denominada DBS por sus siglas en inglés (Deboard-Board Station), el cual deberá estar señalizado de manera correcta horizontalmente con flechas y letras en el piso y verticalmente con letreros guía elevados, a fin de que el usuario pueda determinar las zonas de entrada y de salida vehicular. También será de cómodo acceso y tendrá un espacio adecuado para maniobras. A partir de la recepción del vehículo se deberá realizar una correcta transición hacia el interior de la CHSS, para lo cual, se deberá nivelar la base de la estructura con la capa de rodadura del espacio de recepción para así evitar la colocación de rampas de acceso u otro elemento que permita la transición espacio de recepción-estructura. Únicamente se colocarán elementos como las tachas reflectivas plásticas o los resaltos viales de caucho, se elegirá la mejor opción al momento de realizar las pruebas. Éstos elementos ayudarán al usuario a diferenciar que se encuentra ingresando a la estructura, para prevenir acciones como derrapes al momento de arrancar o frenados bruscos, debido al cambio de superficie en los neumáticos del vehículo.



Figura 1.1. Señalización horizontal

Fuente: página web GSvial



Figura 1.2. Señalización vertical

Fuente: página web Grupo Industrias Saludes



Figura 1.3. Tachas reflectivas

Fuente: página web Ecuaproyectos

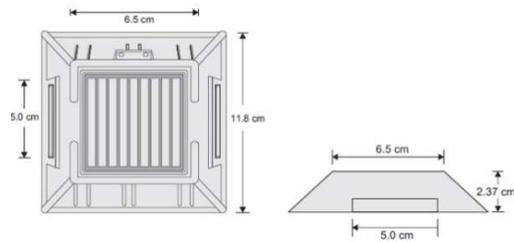


Figura 1.4. Dimensiones de las tachas reflectivas

Fuente: página web Ecuaproyectos



Figura 1.5. Resalto vial

Fuente: página web amazonianSafety

La CHSS contará con guías de rodaje y topes frontales para distribuir la carga generada por el vehículo lo más cercano al centro de gravedad de la misma, con el fin de evitar accidentes al momento de elevarla producidos básicamente por el balanceo lateral. Además, contará con una superficie inferior (plancha metálica) que protegerá a los vehículos que se encuentran por debajo de posibles fugas de aceite, agua, lodo, grasa, etc.

Una vez que el vehículo ingrese y se ubique en la posición adecuada (llantas frontales contra los topes), el usuario y los pasajeros podrán descender de una manera cómoda y segura del vehículo, además podrán realizar la carga y descarga de objetos de su interior

para posteriormente abandonar la estructura por una pasarela que se ubicará en los laterales de la misma.

El momento que los pasajeros abandonen la CHSS, se procederá al izado de la misma, mediante un puente grúa que colocará al vehículo en un espacio libre. Este proceso será repetitivo y se pretende apilar hasta 4 estructuras con vehículos en su interior de manera segura. Se deberá controlar en su totalidad la velocidad de movilización del puente grúa con la estructura para evitar la pérdida de estabilidad que puede ocasionar colisiones entre una estructura y otra al momento de movilizarla.

El sistema propuesto de CHSS se pretende que funcione con tecnología adecuada (sensores, software, puentes grúa, etc.) dentro del parqueadero para así poder determinar los espacios específicos a utilizarse, ya sean espacios libres, espacios ocupados o aquellos que necesiten ser retirados para extraer un vehículo solicitado por su propietario. Una vez que la CHSS diseñada en este trabajo esté libre de sus ocupantes, un sistema de puente grúa la izará mediante un elemento conector para poder trasladarla a un punto específico, tal como una impresora 3D que verifica los puntos exactos donde ubicar su laser para poder dar forma a cualquier material. La figura 1.6 muestra la distribución en planta del parqueadero automatizado tipo.

DBS1	CHSS1	CHSS2	CHSS3	CHSS4	CHSS5	CHSS6
	CHSS7	CHSS8	CHSS9	CHSS10	CHSS11	CHSS12
DBS2	CHSS13	CHSS14	CHSS15	CHSS16	CHSS17	CHSS18
	CHSS19	CHSS20	CHSS21	CHSS22	CHSS23	CHSS24
DBS3	CHSS25	CHSS26	CHSS27	CHSS28	CHSS29	CHSS30
	CHSS31	CHSS32	CHSS33	CHSS34	CHSS35	CHSS36
DBS4	CHSS37	CHSS38	CHSS39	CHSS40	CHSS41	CHSS42
	CHSS43	CHSS44	CHSS45	CHSS46	CHSS47	CHSS48
DBS5	CHSS49	CHSS50	CHSS51	CHSS52	CHSS53	CHSS54
	CHSS55	CHSS56	CHSS57	CHSS58	CHSS59	CHSS60
DBS6	CHSS61	CHSS62	CHSS63	CHSS64	CHSS65	CHSS66
	CHSS67	CHSS68	CHSS69	CHSS70	CHSS71	CHSS72
DBS7	CHSS73	CHSS74	CHSS75	CHSS76	CHSS77	CHSS78
	CHSS79	CHSS80	CHSS81	CHSS82	CHSS83	CHSS84

Figura 1.6. Distribución en planta de parqueadero automático

Cuando el puente grúa manipule la CHSS, esta deberá comportarse de una manera adecuada para evitar el balanceo lateral que pudiera provocar accidentes dentro del parqueadero automático, además, se deberá tener un espacio adecuado por encima de todas las CHSS para su movilización y prevención de golpes entre las mismas.

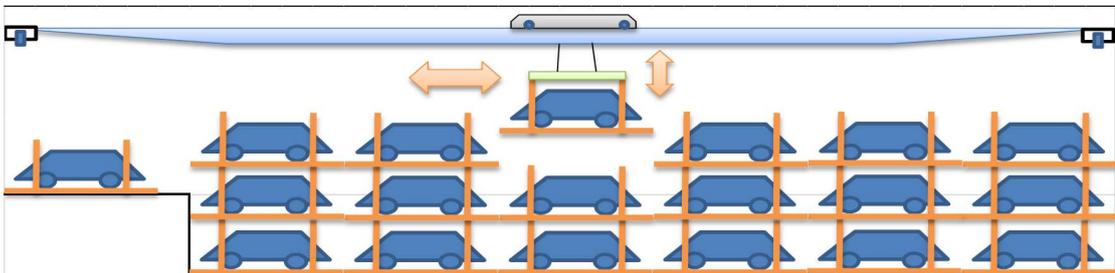


Figura 1.7. Vista lateral parqueadero automatizado

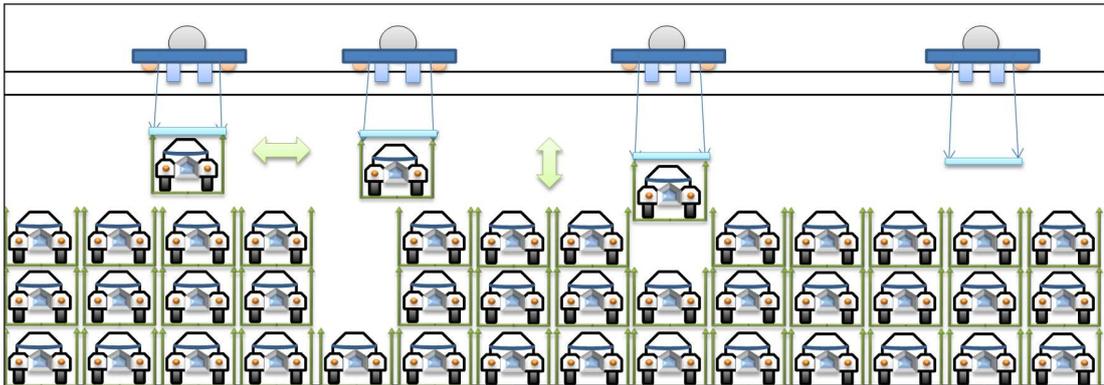


Figura 1.8. Vista frontal parqueadero automatizado

Las empresas automovilísticas se enfocan en desarrollar la mejor tecnología en sus vehículos, tanto así que las proyecciones para los próximos 50 años prometen el manejo automático de los mismos. Se deberían desarrollar tecnologías para aprovechar el espacio al máximo y generar más plazas de almacenamiento, para así evitar el colapso total del tráfico vehicular en las ciudades.

Para generar un sistema de parqueadero eficiente, la tecnología de automatización del parqueadero deberá ser muy precisa para que al momento de manipular las CHSS se puedan ubicar de una manera correcta y segura.

Al ubicar una CHSS sobre otra, se reducirá el espacio de una manera considerable, es decir, el sistema tradicional de parqueadero utiliza un espacio de aproximadamente  $35\text{m}^2$  por vehículo estacionado esto incluye: vías de acceso, área peatonal, etc. La altura típica de estructura por vehículo es de  $3\text{m}$  incluido losa de cimentación o de entresuelo lo cual genera un volumen de  $105\text{m}^3$ , mientras que el sistema de CHSS que diseñaremos deberá estar entre los valores de  $25\text{m}^3$  a  $30\text{m}^3$  para así poder aprovechar de una mejor manera el espacio y generar una posible solución a los problemas de almacenamiento vehicular como el congestionamiento en lugares de interés social. Entre los beneficios que se pudieran alcanzar con este sistema de aparcamiento podemos mencionar algunos como: instalaciones con facilidades de uso, disminución de colisiones, reducción de contaminación ambiental, optimización de tiempo para el usuario, mayor seguridad, disminución de espacio destinado a circulación vehicular y peatonal entre otros.

En el sistema tradicional para encontrar un espacio libre de estacionamiento se genera consumo de combustible, mientras que en el sistema automatizado este consumo será inferior debido a que el usuario no conducirá su vehículo, sino el sistema automatizado lo hará con el vehículo apagado lo cual generará ahorros de combustible a diario.

Además de ayudar con el congestionamiento, ser más cómodo para los usuarios, ahorrar combustible y evitar accidentes, no se puede obviar la ayuda al medio ambiente que generará, pues, la construcción de los parqueaderos será menor en obra gris y también se aprovechará verticalmente los terrenos para así evitar el derroche excesivo de áreas verdes para poder almacenar mayor cantidad de vehículos.

## CAPITULO 2: PROPUESTA GEOMÉTRICA DE LA ESTRUCTURA BASE CON MEDIDAS ESTANDARIZADAS

### 2.1 Estadística de matriculación vehicular en Ecuador

El aporte del anuario de transportes publicado por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) es fundamental ya que para determinar la geometría de la CHSS, se deberá determinar los tipos de vehículos que presentan un peso mayor frente al total de vehículos matriculados, por lo tanto se obtuvieron datos desde el año 2008 hasta el año 2015, estos registros presentan un conteo de vehículos con una matrícula válida y con permiso de rodaje en nuestro país.

Realizando un análisis de la cantidad de vehículos matriculados podemos observar que existe un aumento año tras año, pues estos resultados nos demuestran que el crecimiento no se detiene.

Tabla 2.1. Vehículos matriculados anualmente

<b>ESTADÍSTICAS VEHICULARES (ANUARIO INEC 2015)</b>	
<b>VEHÍCULOS MATRICULADOS ANUALMENTE</b>	
2008	918.908
2009	872.388
2010	1'226.349
2011	1'488.023
2012	1'558.158
2013	1'719.597
2014	1'752.712
2015	1'925.368

Fuente: INEC

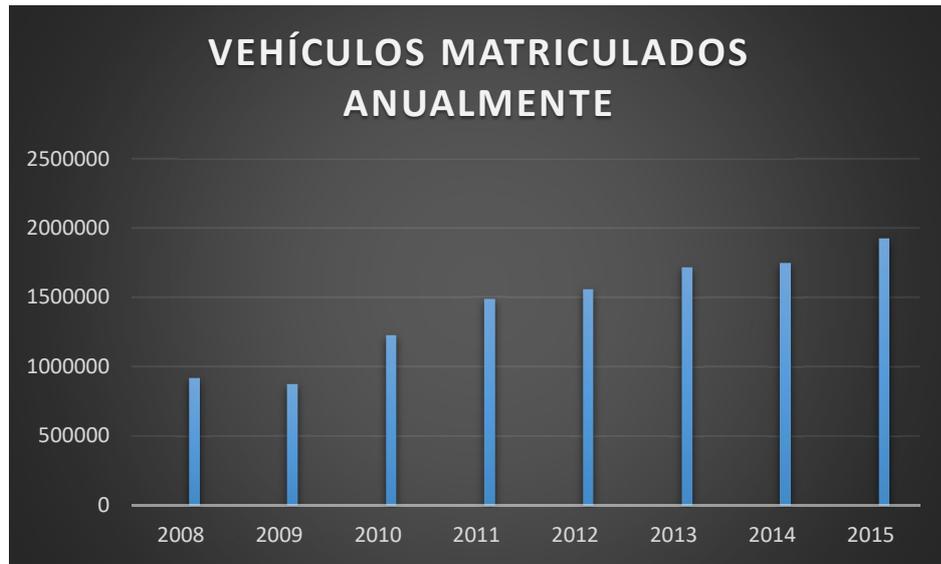


Figura 2.1. Vehículos matriculados anualmente

Fuente: INEC

Para determinar el diseño geométrico más adecuado se analizó la cantidad de vehículos matriculados según su clase, ya que, de estos resultados dependerá el tamaño de la estructura que debería utilizarse, es decir, para los vehículos más grandes como Jeep o Camionetas, se deberá diseñar una estructura de diferentes dimensiones, para un vehículo tipo Automóvil. Para el análisis de las dimensiones presentamos los siguientes resultados publicados por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) del año 2015.

Tabla 2.2. Porcentaje de vehículos matriculados anualmente según clase

<b>ESTADÍSTICAS VEHICULARES (ANUARIO INEC 2015)</b>		
<b>VEHÍCULOS MATRICULADOS ANUALMENTE SEGUN CLASE</b>		
AUTOMÓVIL	598.835	31,10%
MOTOCICLETA	431.215	22,40%
CAMIONETA	388.650	20,19%
JEEP	302.228	15,70%
OTROS	204.440	10,62%
<b>TOTAL</b>	<b>1'925.368</b>	<b>100,00%</b>

Fuente: INEC

Realizando el análisis de la cantidad de vehículos según su clase, se ha determinado que el vehículo tipo automóvil será en efecto la clase con la que se diseñará y construirá la CHSS en este trabajo de titulación. Esta CHSS pretende servir al mayor porcentaje de vehículos en nuestro medio, es decir 598.835 automóviles que representan el 31.10% del total de vehículos matriculados en el año 2015. Sin embargo, conocemos la necesidad de implementar un sistema que dé solución a los problemas que presenta el crecimiento del parque automotor, por lo tanto se analizaran los vehículos tipo Jeep o SUV y los tipo Camioneta para determinar el aumento de dimensiones que estos deberán tener al momento de considerar su construcción o diseño estructural

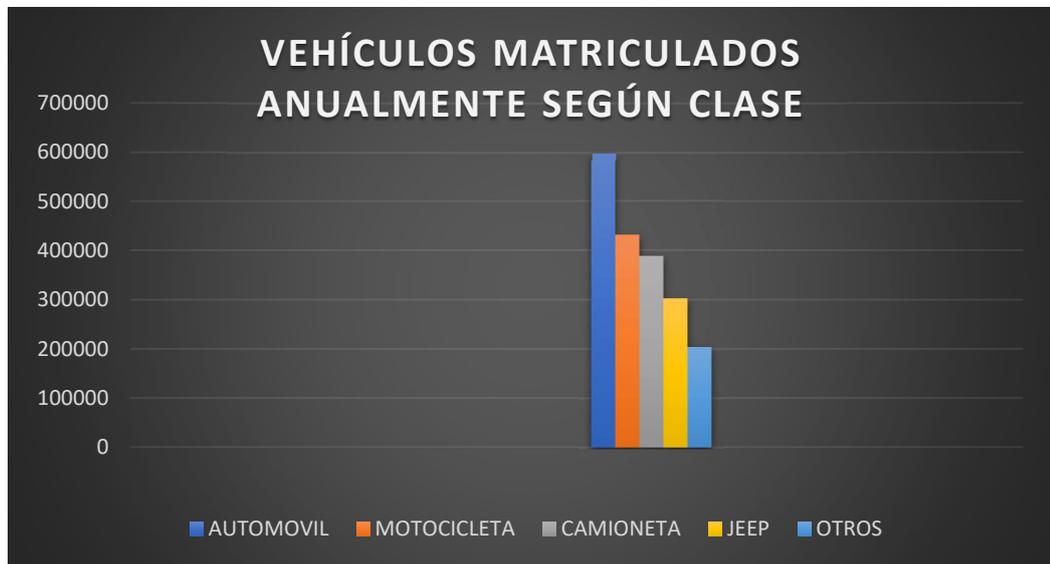


Figura 2.2. Vehículos matriculados anualmente según clase

Fuente: INEC

Ya determinada la clase de vehículo con el cual se diseñará la CHSS, es importante conocer la sub clasificación (marca) del mismo, para esto, se tomaron los resultados de vehículos tipo Automóvil del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) 2015, obteniendo así los siguientes resultados.

Tabla 2.3. Vehículos matriculados anualmente por marcas

<b>ESTADÍSTICAS VEHICULARES (ANUARIO INEC 2015)</b>		
<b>VEHÍCULOS MATRICULADOS ANUALMENTE POR MARCAS</b>		
CHEVROLET	28,8%	554.506
SUZUKI	7,0%	134.776
TOYOTA	6,6%	127.074
HYUNDAI	6,4%	123.224
MAZDA	5,6%	107.821
NISSAN	4,8%	92.418
KIA	4,0%	77.015
FORD	3,2%	61.612
VOLKSWAGEN	2,0%	38.507
HINO	1,9%	36.582
SHINERAY	1,9%	36.582
OTROS	27,9%	537.178

Fuente: INEC



Figura 2.3. Vehículos matriculados anualmente por marcas

Fuente: INEC

Analizando los resultados se ha obtenido la sub clasificación (marca) con la cual se trabajará para el diseño geométrico y la construcción de la CHSS, además de este diseño, se realizará el diseño geométrico para las diferentes clases, a pesar de no construirla, determinaremos los aspectos más importantes a considerar en el diseño geométrico de los mismos.

Tabla 2.4. Jeep matriculados anualmente por marca

<b>ESTADÍSTICAS VEHICULARES (ANUARIO INEC 2015)</b>		
<b>JEEP MATRICULADOS ANUALMENTE POR MARCA</b>		
CHEVROLET	33,4%	100.944
HYUNDAI	12,0%	36.267
SUZUKI	11,7%	35.361
KIA	9,1%	27.503
TOYOTA	8,0%	24.178
OTROS	25,7%	77.673

Fuente: INEC

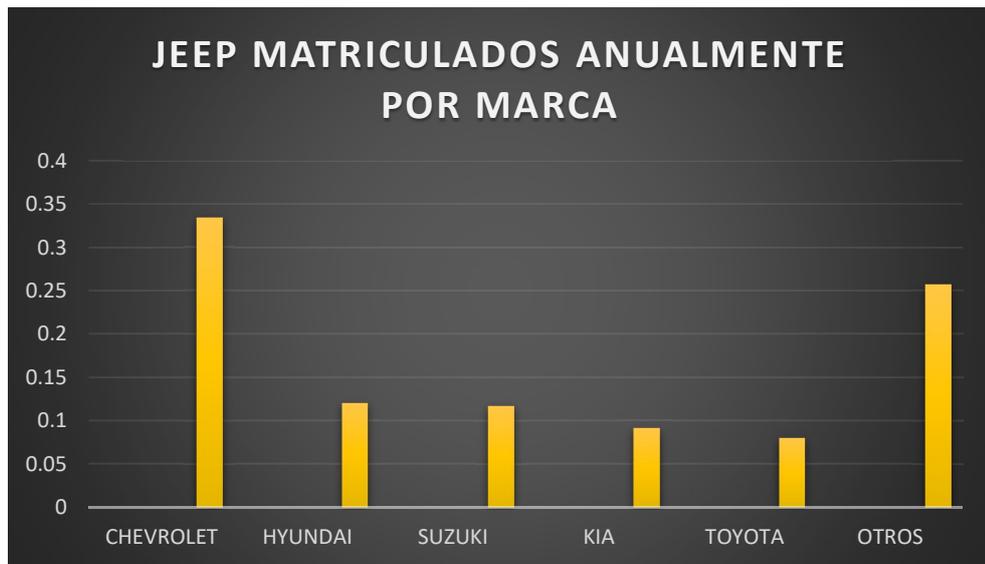


Figura 2.4. Vehículos tipo Jeep matriculados anualmente por marcas

Fuente: INEC

Tabla 2.5. Vehículos tipo camioneta matriculados anualmente por marcas

<b>ESTADÍSTICAS VEHICULARES (ANUARIO INEC 2015)</b>		
<b>CAMIONETAS MATRICULADAS ANUALMENTE POR MARCA</b>		
CHEVROLET	35,1%	136.416
MAZDA	22,4%	87.058
TOYOTA	18,3%	71.123
NISSAN	8,6%	33.424
FORD	7,6%	29.537
OTROS	7,9%	30.703

Fuente: INEC

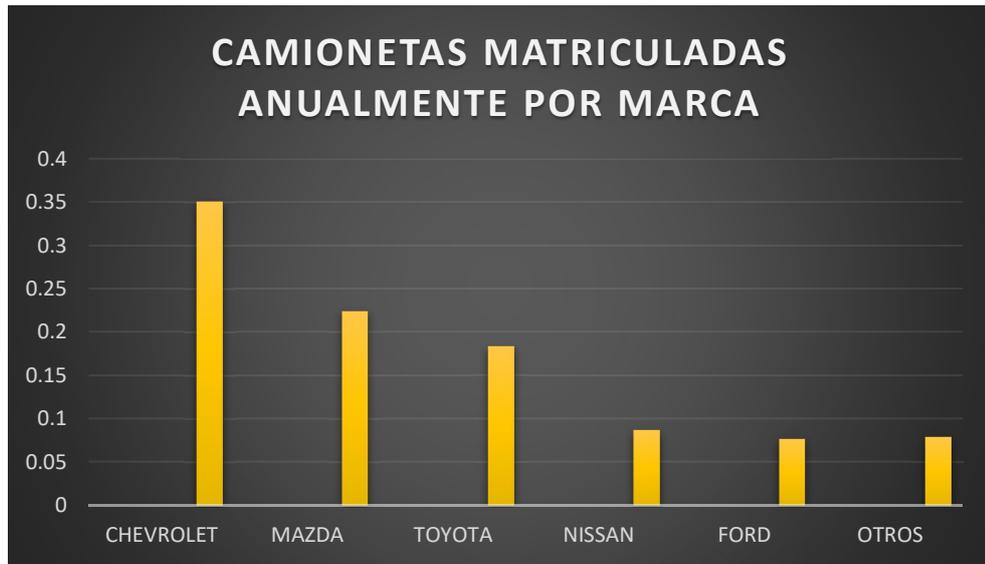


Figura 2.5. Vehículos tipo Camioneta matriculados anualmente por marcas

Fuente: INEC

Con los resultados publicados por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) 2015 se ha determinado la clase y la sub clasificación de los vehículos que con los cuales trabajaremos, para ello consideramos los distintos modelos que presenta la sub clasificación y así diseñar finalmente nuestra CHSS.

Tabla 2.6: Marcas de vehículos seleccionadas para la construcción de CHSS

<b>ESTADÍSTICAS VEHICULARES</b>			
<b>VEHÍCULOS SELECCIONADOS PARA EL DISEÑO DE ESTRUCTURA ESTANDAR</b>			
<b>TIPO</b>	<b>MARCA</b>	<b>PORCENTAJE MATRICULADOS</b>	<b>CANTIDAD MATRICULADOS</b>
AUTOMÓVIL	CHEVROLET	44,1%	264.086
SUV	CHEVROLET	33,4%	100.944
CAMIONETA	CHEVROLET	35,1%	136.416

Fuente: INEC

Tabla 2.7. Modelos de vehículos seleccionadas para la construcción de CHSS

ESTADÍSTICAS VEHICULARES				
VEHÍCULOS SELECCIONADOS PARA EL DISEÑO DE ESTRUCTURA ESTANDAR				
TIPO	MARCA	CLASE		
AUTOMÓVIL	CHEVROLET	AVEO EMOTION	SAIL	CRUZE
SUV	CHEVROLET	TRACKER	GRAND VITARA	CAPTIVA
CAMIONETA	CHEVROLET	D-MAX		

### 2.2 Análisis comparativo de dimensiones y pesos vehiculares según clase y modelo

De los datos estadísticos previamente analizados se ha determinado que entre camionetas, la marca Chevrolet es la más común en nuestro medio y por ello el modelo D-Max Doble Cabina 4x4 es para el cual se debería diseñar una CHSS para el parqueo de este tipo de vehículo, ya que este modelo tiene las dimensiones y pesos mayores.

A continuación presentamos las dimensiones y los pesos a considerar para el diseño de la CHSS del vehículo antes mencionado.

Tabla 2.8. Modelo de vehículos tipo camioneta para CHSS

Tipo de vehículo: camioneta							
Marca	Modelo	Dimensiones (m)			Capacidades y pesos (kg)		
		Largo	Ancho	Alto	Peso vehicular	Capacidad de carga	Peso bruto vehicular
Chevrolet	D-Max doble cabina 4x4	5,295	1,86	1,79	1.905	1.045	2.950

Fuente: catálogo electrónico Chevrolet



Figura 2.6. Dimensiones Chevrolet Dmax

Fuente: catálogo electrónico Chevrolet

Para el vehículo tipo SUV, la marca más común es Chevrolet y se han comparado las dimensiones y pesos de 3 modelos de esta marca que son: Captiva Sport 3.0L, Tracker TA y Grand Vitara SZ Next 2.4L TM 4X4, dando como resultado que el Captiva Sport 3.0L es el vehículo para el cual se debería diseñar la CHSS ya que es el más grande y pesado de estos 3 modelos, por lo tanto presentamos las dimensiones y cargas que se deberían considerar al momento de diseñar la CHSS para este tipo de vehículo.

Tabla 2.9. Modelos de vehículos tipo SUV para CHSS

Tipo de vehículo: SUV							
Marca	Modelo	Dimensiones (m)			Capacidades y pesos (kg)		
		Largo	Ancho	Alto	Peso vehicular	Capacidad de carga	Peso bruto vehicular
Chevrolet	Captiva Sport 3.0L	4,575	1,849	1,702	1.732	482	2.214
Chevrolet	Tracker TA	4,248	1,776	1,647	1.367	395	1.762
Chevrolet	Grand Vitara SZ Next 2.4L TM 4X4	4,5	1,81	1,695	1.552	548	2.100

Fuente: catálogo electrónico Chevrolet



Figura 2.7. Dimensiones Chevrolet Captiva Sport 3.0L

Fuente: catálogo electrónico Chevrolet



Figura 2.8. Dimensiones Chevrolet Tracker

Fuente: catálogo electrónico Chevrolet



Figura 2.9. Dimensiones Chevrolet Grand Vitara SZ

Fuente: catálogo electrónico Chevrolet

Actualmente los vehículos híbridos cada vez son más comunes en nuestro país, debido a que son amigables con el medio ambiente y por su motor eléctrico dan gran ahorro en combustible, por ello se ha visto necesario investigar las características de los automóviles híbridos más comunes como son el Hyundai Sonata, Hyundai Ioniq, Kia Optima y Toyota Prius C, dando como resultado que el automóvil híbrido con mayor dimensión y peso es el Kia Optima, superando los automóviles Chevrolet y los demás automóviles híbridos. Por lo tanto se debería realizar una clasificación especial a esta clase de vehículo, para lo cual presentamos la información necesaria para su diseño.

Tabla 2.10. Modelos de vehículos tipo híbrido para CHSS

Automóvil híbrido							
Marca	Modelo	Dimensiones (m)			Capacidades y pesos (kg)		
		Largo	Ancho	Alto	Peso vehicular	Capacidad de carga	Peso bruto vehicular
Hyundai	Sonata	4,855	1,865	1,475	1.482	558	2.040
Hyundai	Ioniq hybrid	4,47	1,82	1,46	1.370	500	1.870
Kia	Optima	4,855	1,86	1,465	1.586	484	2.070
Toyota	Prius C Sport	3,995	1,695	1,45	1.134	431	1.565

Fuente: catálogos electrónicos Hyundai, KIA, Toyota

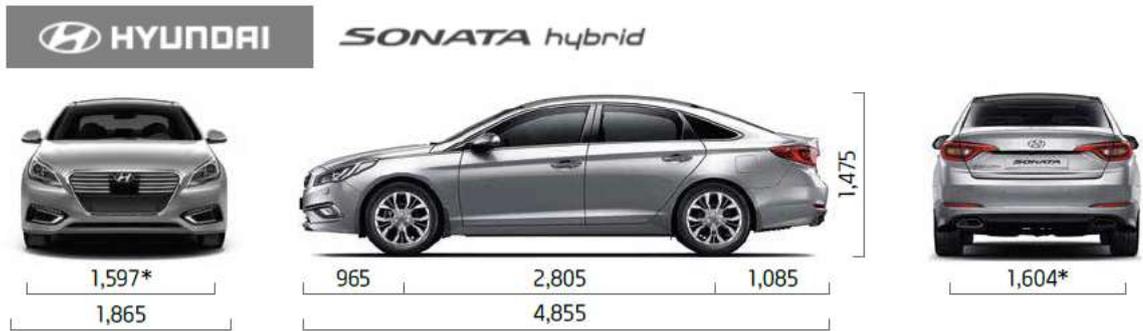


Figura 2.10. Dimensiones Hyundai Sonata hybrid

Fuente: catálogo electrónico Hyundai

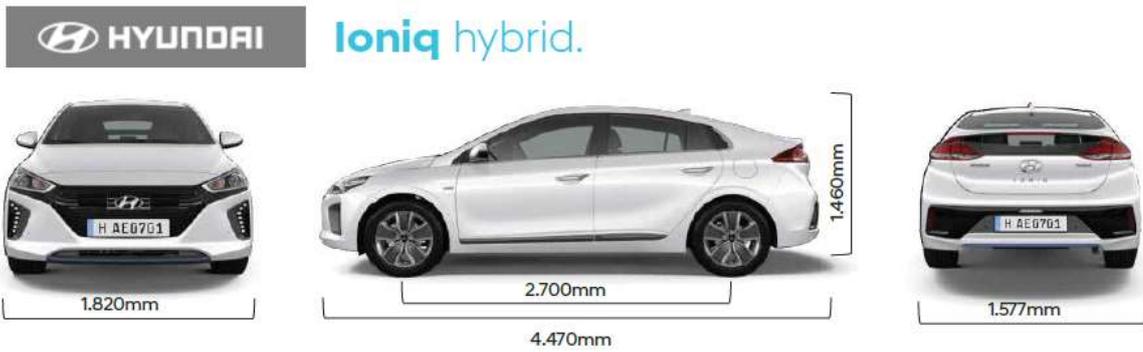


Figura 2.11. Dimensiones Hyundai Ioniq hybrid

Fuente: catálogo electrónico Hyundai



Figura 2.12. Dimensiones KIA Optima

Fuente: catálogo electrónico KIA

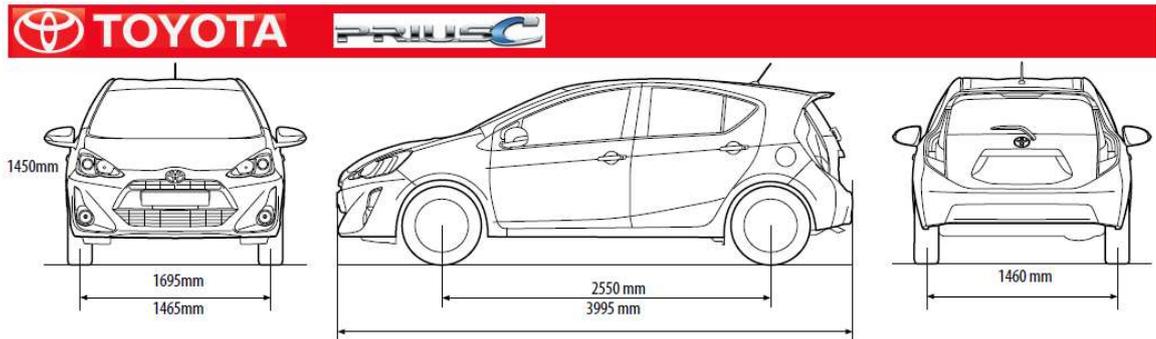


Figura 2.13. Dimensiones Toyota Prius

Fuente: catálogo electrónico Toyota

Finalmente, para el vehículo tipo automóvil se ha comprobado que al igual que para los otros tipos de vehículos, la marca Chevrolet es la predominante en nuestro medio, por ello se han comparado 3 modelos que son: Aveo Emotion, Sail Sedán y Cruze, dando como resultado que el modelo Cruze es el vehículo cuyas dimensiones y pesos son los mayores, por lo tanto, consideraremos los siguientes pesos y medidas para el diseño y construcción de nuestra CHSS.

Tabla 2.11. Dimensiones vehículos tipo automóvil

Tipo de vehículo: automóvil							
Marca	Modelo	Dimensiones (m)			Capacidades y pesos (kg)		
		Largo	Ancho	Alto	Peso vehicular	Capacidad de carga	Peso bruto vehicular
Chevrolet	Aveo Emotion	4.31	1.71	1.505	955	410	1365
Chevrolet	Sail Sedán	4.29	1.69	1.503	1092	343	1435
Chevrolet	Cruze	4.597	1.788	1.477	1471	447	1918

Fuente: catalogo electronico Chevrolet



Figura 2.14. Dimensiones Chevrolet Aveo Emotion

Fuente: catálogo electrónico Chevrolet

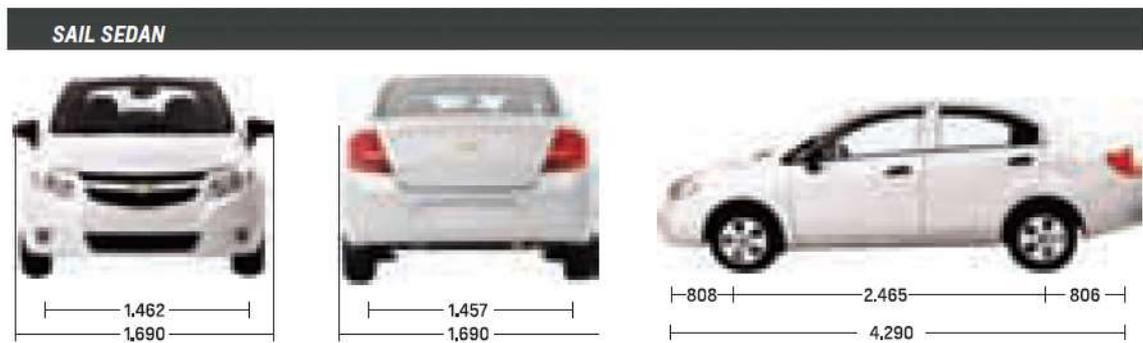


Figura 2.15. Dimensiones Chevrolet Sail Sedan

Fuente: catálogo electrónico Chevrolet



Figura 2.16. Dimensiones Chevrolet Cruze

Fuente: catálogo electrónico Chevrolet

### **2.3 Determinación de medidas estándar para estructura base**

Una vez realizado el análisis del anuario de transporte publicado en el año 2015 por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), hemos determinado el vehículo con el cual trabajaremos en el diseño y la construcción de nuestra CHSS, este vehículo, por presentar un mayor peso y dimensiones entre los demás automóviles es el Chevrolet Cruze.

Para optimizar las dimensiones, se realizarán pruebas de campo con el vehículo para finalmente llegar a determinar las medidas adecuadas y presentar nuestra propuesta geométrica.

#### **2.3.1 Pruebas en campo**

Las pruebas de campo se realizaron en un terreno regular, plano y estable, en este espacio se ubicó el vehículo para poder realizar la toma de medidas de la carrocería.

Una vez ubicado el vehículo en la posición adecuada, se procedió a medir el mismo mediante la tensión de un hilo grueso por los extremos, formando así el área de uso de la CHSS.



Figura 2.17. Pruebas de campo 1



Figura 2.18. Pruebas de campo 2



Figura 2.19. Pruebas de campo 3



Figura 2.20. Pruebas de campo 4

Después de realizar la medida general de la carrocería, se procedió a verificar los nudos entre una dimensión y otra para obtener la precisión que necesita la estructura, esto se realizó con el fin de que la toma de medidas sea lo más exacto posible.

Para esto se realizó la toma de medida angular de las uniones, formando un ángulo de 90 grados entre un hilo y otro para que así la dimensión vehicular sea exacta.



Figura 2.21. Pruebas de campo 5



Figura 2.22. Pruebas de campo 6



Figura 2.23. Pruebas de campo 7



Figura 2.24. Pruebas de campo 8

A continuación del proceso de pruebas se consideró la toma de medidas de radios de giro de las puertas, para esto, se utilizó yeso en polvo para marcar la zona que se debe considerar para el diseño geométrico más apropiado de la estructura. Esto con la finalidad de que las puertas de los vehículos no se golpeen con la estructura y además la salida de los pasajeros sea lo más cómoda posible.



Figura 2.25. Pruebas de campo 9



Figura 2.26. Pruebas de campo 10



Figura 2.27. Pruebas de campo 11



Figura 2.28. Pruebas de campo 12

Considerando la apertura de puertas y del maletero se obtuvieron medidas exageradas, estas no presentan una disminución de espacio en comparación con el tamaño que tiene el parqueadero tradicional, por esto se analizó la posibilidad de realizar la estructura con la menor cantidad de elementos estructurales.

Las dimensiones que se obtuvieron en campo, se consideraran para el diseño de la CHSS son las siguientes.

Tabla 2.12. Dimensiones de campo Chevrolet Cruze

<b>DIMENSIONES DE CAMPO CHEVROLET CRUZE</b>		
<b>LARGO</b>	<b>ANCHO TOTAL</b>	<b>ALTURA</b>
4,65	2,20	1,50

Finalmente, hemos considerado un margen de seguridad en cada dimensión tomada en campo para que nuestra CHSS sea estandarizada con todo tipo de vehículo tipo automóvil. A continuación, presentamos las dimensiones que deberá tener la CHSS que se diseñará en este trabajo de titulación la cual será para uso exclusivo de vehículos tipo Automóvil.

Tabla 2.13. Dimensiones estructura base

DIMENSIONES ESTRUCTURA BASE		
LARGO	ANCHO TOTAL	ALTURA
4,85	2,40	1,75

Estas dimensiones presentan un volumen de 20,37m<sup>3</sup> por vehículo frente al de 105m<sup>3</sup> de un parqueo tradicional.

### 2.4 Propuesta geométrica

La propuesta geométrica se realizó en base a una selección de alternativas, considerando la optimización del material, la propuesta más económica y también la estructura más cómoda. Sin interferir en la resistencia de la estructura se optaron por considerar los tres tipos de estructura que presentamos a continuación.

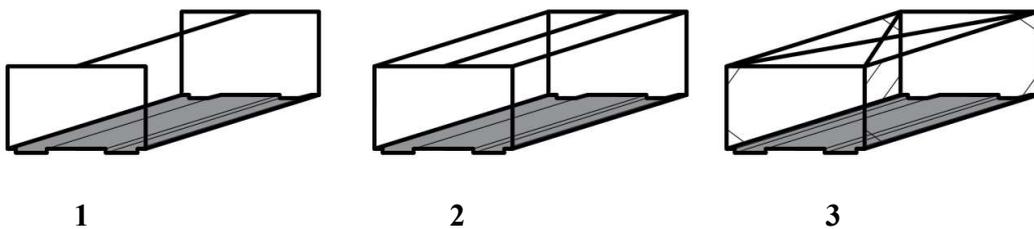


Figura 2.29. Propuestas geométricas para CHSS

Considerando la optimización del material hemos optado por la estructura que contiene menor peso, esto quiere decir que la estructura que tiene menos miembros estructurales será la más adecuada para realizar el diseño.

Sabemos también que la estructura que contiene menos miembros estructurales será la más cómoda ya que, la CHSS será más limpia y con amplios accesos al vehículo. Realizando las consideraciones antes mencionadas, hemos determinado la CHSS que se diseñará para posteriormente ensamblarla en campo.

Presentamos la propuesta geométrica más favorable para su diseño, optimización y construcción. Esta CHSS será además la que menor espacio utilice dentro de la categoría de Automóviles.

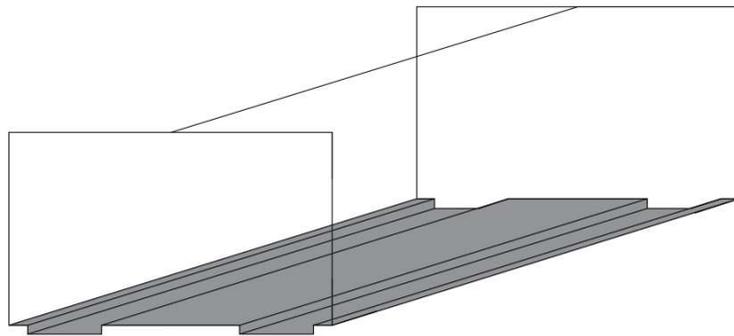


Figura 2.30. Isometría CHSS

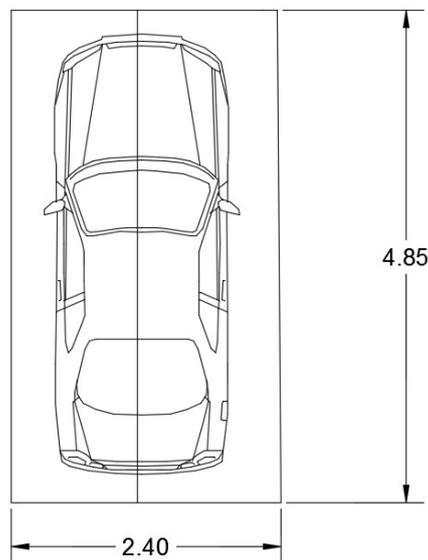


Figura 2.31. Planta CHSS

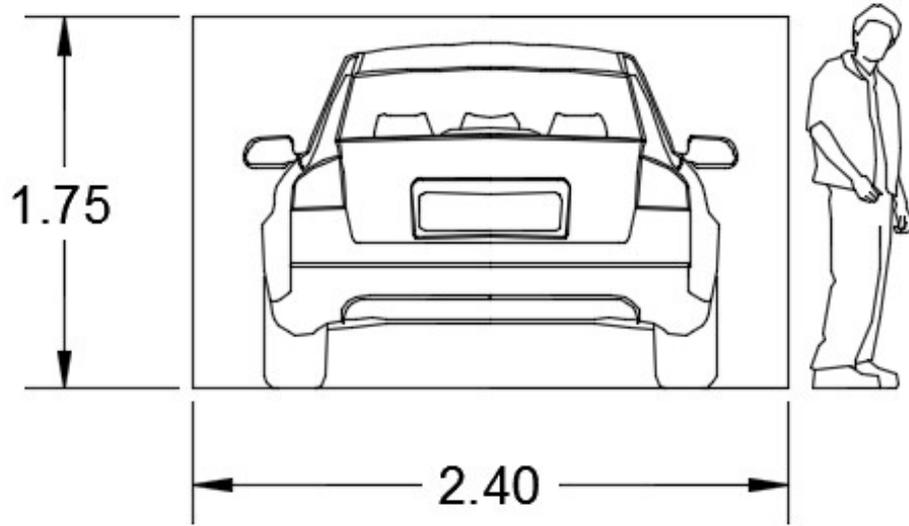


Figura 2.32. Elevación posterior CHSS

### CAPÍTULO 3: MODELO MATEMÁTICO DE LA ESTRUCTURA ESTÁNDAR UTILIZANDO EL SOFTWARE CYPE

#### 3.1 Determinación de espectro sísmico de diseño

El espectro sísmico es la respuesta de la estructura a los movimientos que puede presentar el suelo y estos valores varían según la posición geográfica en la que se encuentren. El sitio donde se construirá la estructura determinará una de las seis zonas sísmicas del Ecuador, caracterizada por el valor del factor de zona  $z$ , de acuerdo el mapa de la figura que se presenta a continuación.

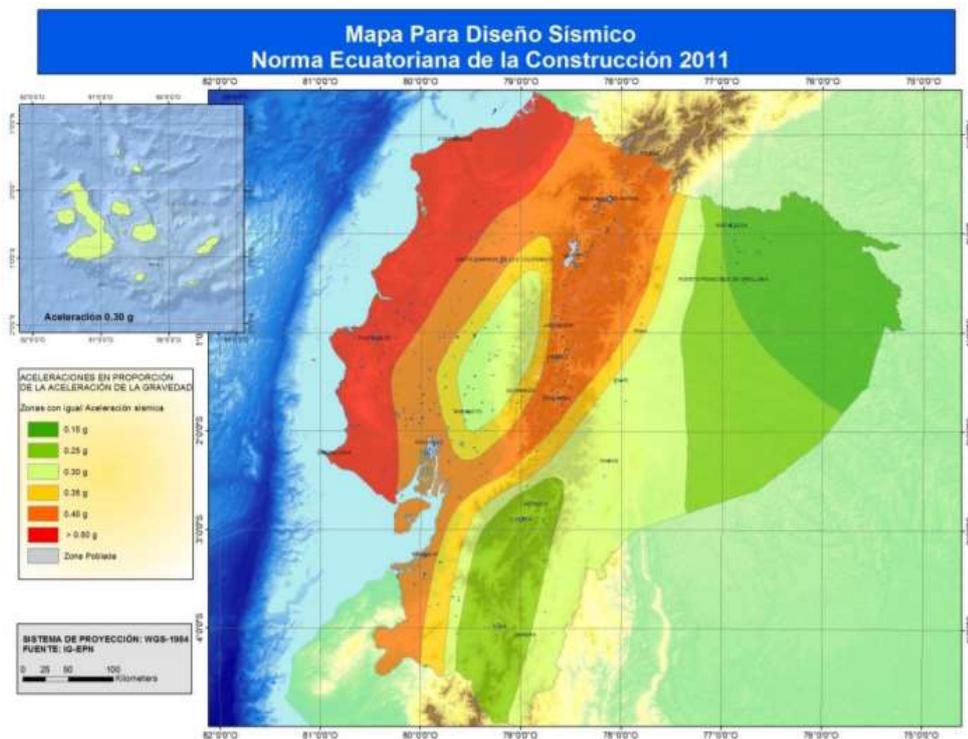


Figura 3.1. Mapa de zonificación sísmica del Ecuador

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-DS Peligro sísmico

“El mapa de zonificación sísmica para diseño proviene del resultado del estudio de peligro sísmico para un 10% de excedencia en 50 años (periodo de retorno 475 años)” (NEC, 2011,p.27)

Para determinar las características de nuestro espectro sísmico de diseño hemos decidido seleccionar los factores correspondientes a la ciudad de Cuenca provincia del Azuay la

cual presenta un valor de factor z igual a 0.25, clasificándola como zona sísmica tipo II con características de peligrosidad alta. Además hemos seleccionado la clasificación de suelo tipo C para nuestro diseño, para la determinación de esta consideración hemos utilizado la clasificación que presenta la NEC los cuales subdividen en perfiles tipo A, B, C, D y E dependiendo de su composición para lo cual presentamos las consideraciones de estos perfiles.

Tabla 3.1. Clasificación y tipo de perfil de suelo

Tipo de perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$V_s \geq 1500$ m/s
B	Perfil de roca de rigidez media	$1500$ m/s $> V_s \geq 760$ m/s
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$760$ m/s $> V_s \geq 360$ m/s
	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	$N \geq 50.0$ $S_u \geq 100$ KPa
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$360$ m/s $> V_s \geq 180$ m/s
	Perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	$50 > N \geq 15.0$ $100$ kPa $> S_u \geq 50$ kPa
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$V_s < 180$ m/s
	Perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas	$IP > 20$ $w \geq 40\%$ $S_u < 50$ kPa

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-DS Peligro sísmico

Tomando en cuenta las consideraciones antes mencionadas, hemos obtenido el espectro de diseño, el cual será aplicado en el cálculo y diseño de miembros estructurales de nuestra CHSS.

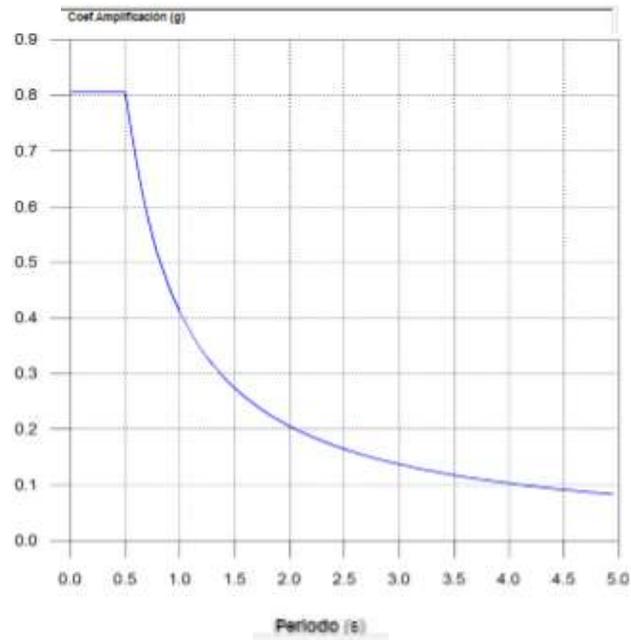


Figura 3.2. Espectro sísmico de diseño

Fuente: CYPE 3D

### 3.2 Ingreso de las características de la estructura

La estructura que se diseñará deberá contar con algunas normativas de diseño que son: Acero conformado: AISI S100-2007 (LRFD) y Aceros laminados y armados: ANSI/AISC 360-10 (LRFD) las cuales fueron consideradas en nuestro diseño. Además de las normativas, seleccionamos el tipo de perfil con el cual trabajaremos en el diseño, el óptimo para nuestro requerimiento es el perfil tipo G200X50X25X4 el cual será soldado de manera discontinua para formar un cajón estructural, esto se debe al tipo de acción que va a soportar nuestra estructura. Además de este perfil, utilizaremos varias correas que soportarán las cargas que se generan en el paño de soporte, estos perfiles

serán optimizados al máximo para poder hacer que la estructura sea lo más ligera posible, a continuación, presentamos las características de los perfiles que hemos utilizado en el modelo matemático de nuestra CHSS.

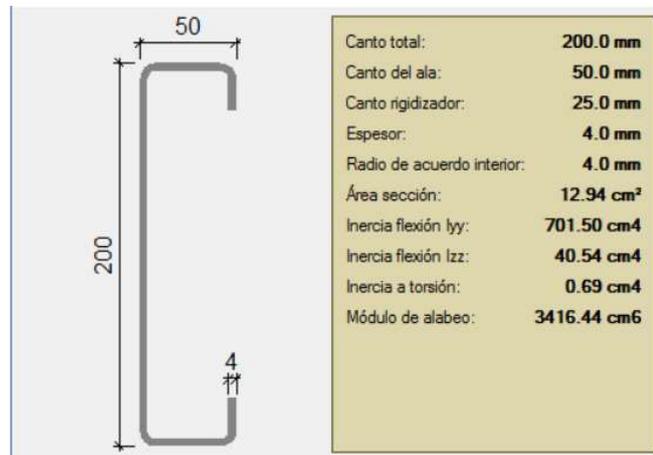


Figura 3.3. Características del perfil G200X4

Fuente: CYPE 3D



Figura 3.4. Características del perfil G150X3

Fuente: CYPE 3D

La característica principal de nuestro diseño es la geometría, la cual deberá adaptarse a las dimensiones previamente calculadas, se debe considerar que se genera un aumento debido a que dichas dimensiones deberán ser libres. Las dimensiones de diseño son las siguientes:

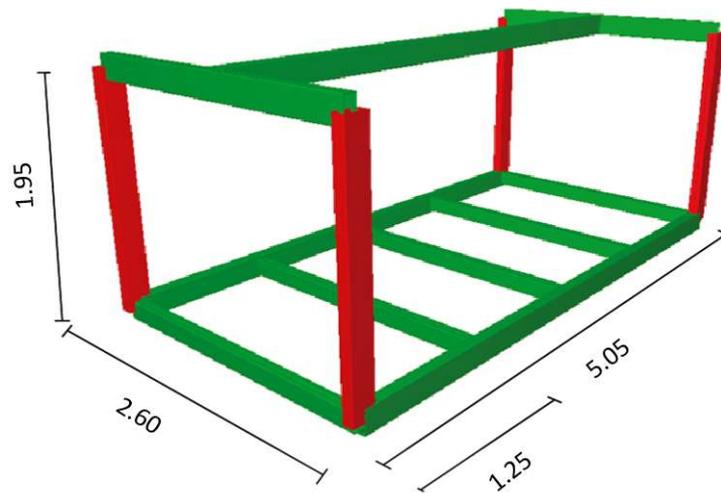


Figura 3.5. Isometría de la CHSS

Fuente: CYPE 3D

Como podemos observar, nuestra CHSS tendrá un amplio acceso del vehículo y la comodidad necesaria para el embarque y desembarque de pasajeros de su interior, sin embargo, las puertas del maletero no podrán ser abiertas en el interior de la estructura puesto que se intenta optimizar el espacio al máximo dentro de un parqueadero de estas características. En el siguiente gráfico podemos observar la configuración que tendrá nuestra CHSS trabajando en las condiciones más desfavorables, es decir, nuestras 4 estructuras apiladas.

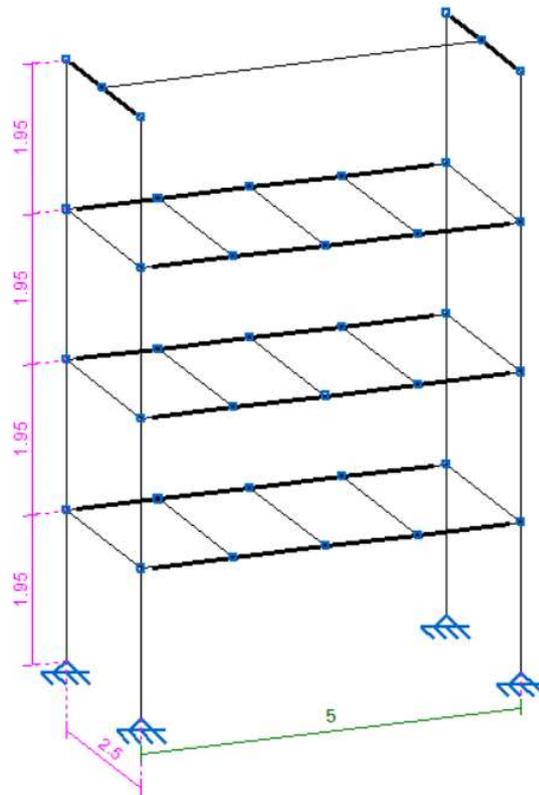


Figura 3.6. CHSS apiladas

Fuente: CYPE 3D

Como habíamos expresado anteriormente, el perfil seleccionado es el óptimo para transmitir los esfuerzos que se producirán una vez aplicadas las cargas sobre los paños de cada nivel. Además debemos analizar las dimensiones constructivas de los módulos debido al incremento que producen las características de los perfiles utilizados.

### 3.3 Ingreso de cargas

Las cargas que soportara nuestra estructura serán: el peso del vehículo, la capacidad de carga vehicular sin pasajeros y además se consideró cargas sísmicas para tener un diseño óptimo y seguro de la CHSS. Estas cargas son procesadas dentro del software CYPE para obtener la combinación más desfavorable. Para obtener un diseño más claro presentamos en los siguientes gráficos que representan los distintos esfuerzos que soportan los miembros estructurales que componen las CHSS con su condición más

desfavorable, es decir, los cuatro niveles apilados y cargados con los pesos de diseño vehicular.

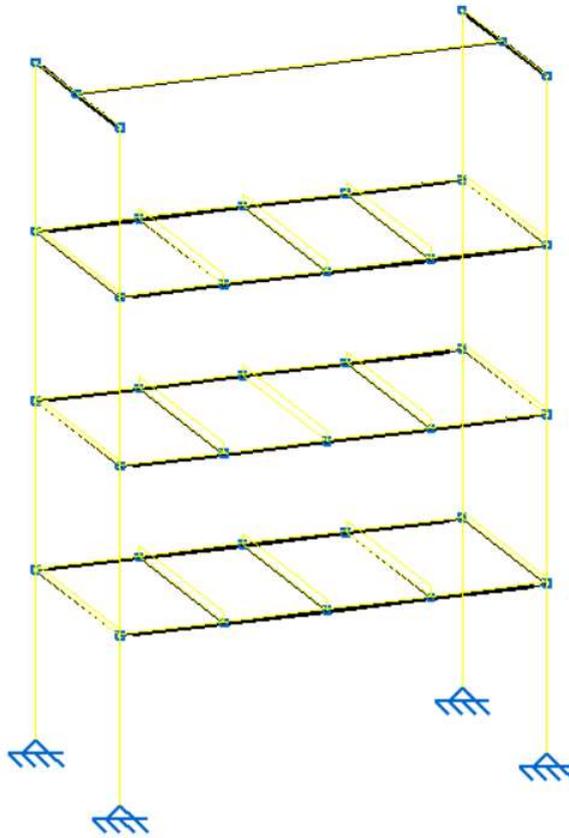


Figura 3.7. CHSS apiladas con carga de peso propio

Fuente: CYPE 3D

Como podemos observar, el peso propio de la estructura no es excesivo y no afecta en lo absoluto a las sollicitaciones de nuestro diseño por lo cual una vez controlado el peso de la estructura procedimos a ingresar las cargas de diseño que son: Peso vehicular: 1.471kg, Capacidad de carga sin pasajeros: 200kg, Carga de uso para parqueadero: 500kg/m<sup>2</sup>, esta consideración es tomada de la NEC para parqueaderos y la distribución de estas cargas se las considero de forma uniforme en cada paño. Presentamos a continuación el resultado gráfico de las acciones que ejercen las cargas de la estructura sobre cada miembro estructural.

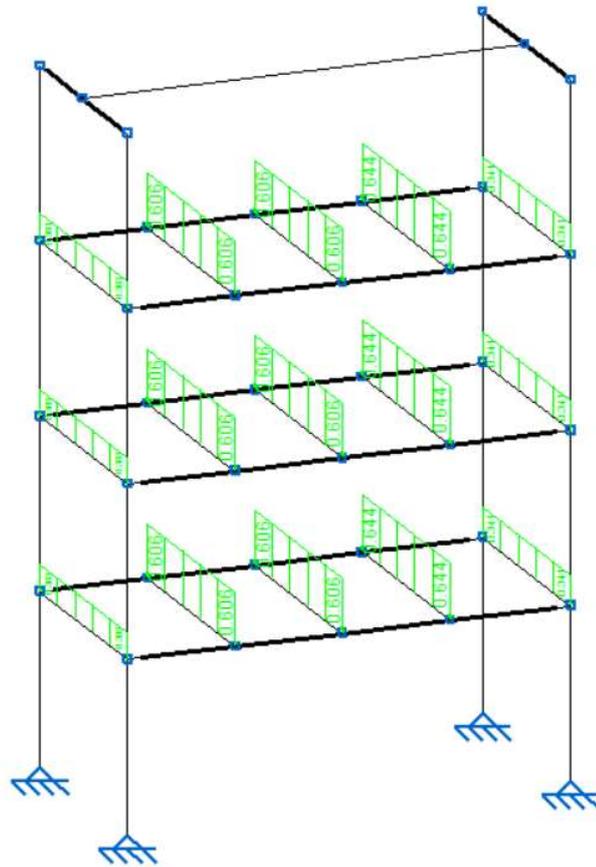


Figura 3.8. CHSS apiladas con carga de peso vehicular y peatonal

Fuente: CYPE 3D

Podemos observar que una vez ingresadas las cargas de diseño finales, los paños transmiten los esfuerzos de manera proporcional a sus miembros estructurales para así trabajar en conjunto cada módulo. Además de estas cargas permanentes, hemos ingresado la acción accidental de sismo ya que al ser la más peligrosa en nuestra región, no podemos obviarla. Para un análisis más detallado podemos observar las cargas que se presentan en cada barra donde:

Peso Propio: Peso estructural de cada elemento

Q1: Carga de diseño

Tabla 3.2. Cargas en barras

Cargas en barras										
Barra	Hipótesis	Tipo	Valores		Posición		Dirección			
			P1	P2	L1 (m)	L2 (m)	Ejes	X	Y	Z
N4/N5	Peso propio	Uniforme	0.020	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N3/N6	Peso propio	Uniforme	0.020	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N2/N7	Peso propio	Uniforme	0.020	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N1/N8	Peso propio	Uniforme	0.020	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N6/N7	Peso propio	Uniforme	0.012	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N6/N7	Peso propio	Uniforme	0.068	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N6/N7	Q 1	Uniforme	0.341	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N5/N8	Peso propio	Uniforme	0.012	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N5/N8	Peso propio	Uniforme	0.061	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N5/N8	Q 1	Uniforme	0.303	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N6/N9	Peso propio	Uniforme	0.020	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N7/N10	Peso propio	Uniforme	0.020	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N9/N10	Peso propio	Uniforme	0.012	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N9/N10	Peso propio	Uniforme	0.068	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N9/N10	Q 1	Uniforme	0.341	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N5/N11	Peso propio	Uniforme	0.020	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N8/N12	Peso propio	Uniforme	0.020	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N11/N12	Peso propio	Uniforme	0.012	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N11/N12	Peso propio	Uniforme	0.061	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N11/N12	Q 1	Uniforme	0.303	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N13/N14	Peso propio	Uniforme	0.012	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N13/N14	Peso propio	Uniforme	0.121	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N13/N14	Q 1	Uniforme	0.606	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000

N15/N16	Peso propio	Uniforme	0.012	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N15/N16	Peso propio	Uniforme	0.121	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N15/N16	Q 1	Uniforme	0.606	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N17/N18	Peso propio	Uniforme	0.012	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N17/N18	Peso propio	Uniforme	0.129	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N17/N18	Q 1	Uniforme	0.644	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N8/N14	Peso propio	Uniforme	0.020	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N14/N16	Peso propio	Uniforme	0.020	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N16/N18	Peso propio	Uniforme	0.020	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N18/N7	Peso propio	Uniforme	0.020	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N5/N13	Peso propio	Uniforme	0.020	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N13/N15	Peso propio	Uniforme	0.020	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N15/N17	Peso propio	Uniforme	0.020	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N17/N6	Peso propio	Uniforme	0.020	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N9/N19	Peso propio	Uniforme	0.020	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N10/N20	Peso propio	Uniforme	0.020	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N19/N20	Peso propio	Uniforme	0.012	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N19/N20	Peso propio	Uniforme	0.068	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N19/N20	Q 1	Uniforme	0.341	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N11/N21	Peso propio	Uniforme	0.020	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N12/N22	Peso propio	Uniforme	0.020	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N21/N22	Peso propio	Uniforme	0.012	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N21/N22	Peso propio	Uniforme	0.061	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N21/N22	Q 1	Uniforme	0.303	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N23/N24	Peso propio	Uniforme	0.012	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N23/N24	Peso propio	Uniforme	0.121	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N23/N24	Q 1	Uniforme	0.606	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000

N25/N26	Peso propio	Uniforme	0.012	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N25/N26	Peso propio	Uniforme	0.121	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N25/N26	Q 1	Uniforme	0.606	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N27/N28	Peso propio	Uniforme	0.012	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N27/N28	Peso propio	Uniforme	0.129	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N27/N28	Q 1	Uniforme	0.644	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N12/N24	Peso propio	Uniforme	0.020	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N24/N26	Peso propio	Uniforme	0.020	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N26/N28	Peso propio	Uniforme	0.020	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N28/N10	Peso propio	Uniforme	0.020	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N11/N23	Peso propio	Uniforme	0.020	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N23/N25	Peso propio	Uniforme	0.020	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N25/N27	Peso propio	Uniforme	0.020	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N27/N9	Peso propio	Uniforme	0.020	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N20/N29	Peso propio	Uniforme	0.020	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N30/N31	Peso propio	Uniforme	0.012	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N30/N31	Peso propio	Uniforme	0.129	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N30/N31	Q 1	Uniforme	0.644	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N22/N37	Peso propio	Uniforme	0.020	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N37/N32	Peso propio	Uniforme	0.020	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N32/N31	Peso propio	Uniforme	0.020	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N31/N20	Peso propio	Uniforme	0.020	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N33/N34	Peso propio	Uniforme	0.020	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N22/N35	Peso propio	Uniforme	0.020	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N39/N33	Peso propio	Uniforme	0.020	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N33/N35	Peso propio	Uniforme	0.020	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N36/N32	Peso propio	Uniforme	0.012	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000

N36/N32	Peso propio	Uniforme	0.121	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N36/N32	Q 1	Uniforme	0.606	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N21/N38	Peso propio	Uniforme	0.020	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N38/N36	Peso propio	Uniforme	0.020	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N36/N30	Peso propio	Uniforme	0.020	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N30/N19	Peso propio	Uniforme	0.020	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N38/N37	Peso propio	Uniforme	0.012	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N38/N37	Peso propio	Uniforme	0.121	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N38/N37	Q 1	Uniforme	0.606	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N21/N39	Peso propio	Uniforme	0.020	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N40/N34	Peso propio	Uniforme	0.020	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N34/N29	Peso propio	Uniforme	0.020	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N19/N40	Peso propio	Uniforme	0.020	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000

Fuente: CYPE 3D

### 3.4 Modelación dinámica

Para la comprobación del correcto funcionamiento de los elementos estructurales, sus dimensiones y características, hemos procedido a realizar una modelación dinámica con pruebas de funcionamiento dentro del software CYPE.

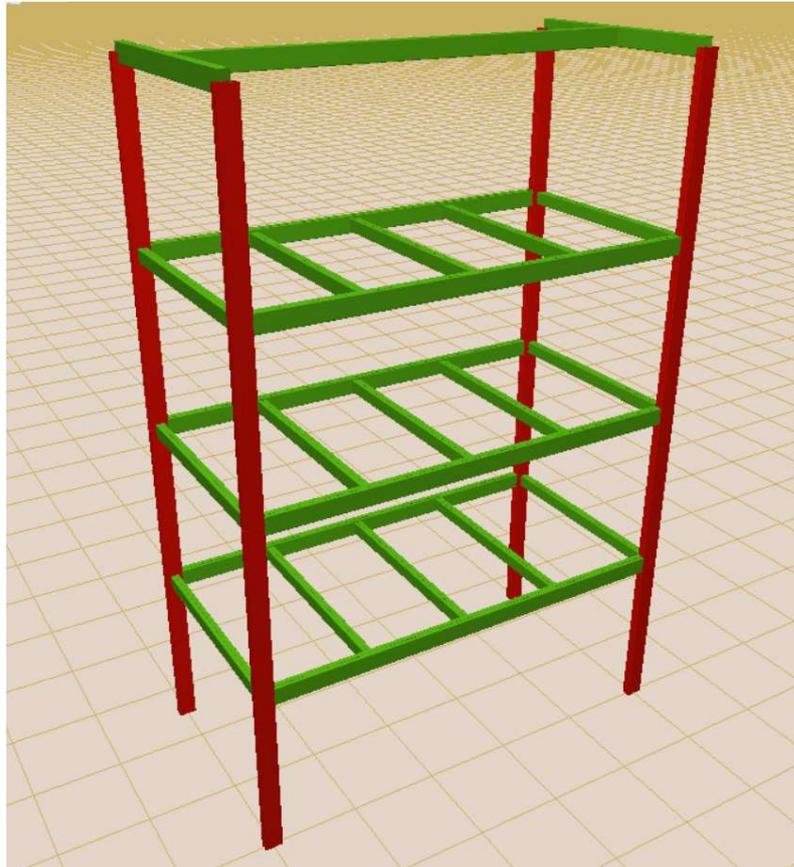


Figura 3.9. Modelación final de CHSS apiladas

Fuente: CYPE 3D

Como se puede apreciar, hemos modelado los elementos de la CHSS que aportarán en conjunto a todos el mecanismo. Se puede apreciar que las vigas superiores y el paño del nivel inferior no fueron consideradas en el diseño debido a que estas no ejercerán ni transmitirán esfuerzos al mecanismo presentado, por lo tanto, se ha obviado su modelación. Se consideró uniones de elementos tipo empotramiento ya que al ser una conexión soldada se comporta como tal, para el caso de las uniones entre estructuras

también se consideró unión de tipo empotramiento ya que el sistema que utilizaremos será Twist Lock, el mismo que fija las piezas de manera exacta para que forme una unión rígida de tipo empotramiento.

## CAPÍTULO 4: DISEÑO DE MIEMBROS EN ACERO DE LA ESTRUCTURA ESTÁNDAR

### 4.1 Comprobación de esfuerzos en la estructura

Una vez realizada la modelación de la CHSS, hemos procedido a comprobar si los elementos previamente seleccionados son lo suficientemente rígidos, esbeltos y estables para cumplir con las solicitaciones de diseño. Se ha determinado que los elementos seleccionados en primera instancia cumplen con todos los requerimientos de diseño. Sin embargo, aplicando las consideraciones de cargas accidentales (sismo) el conjunto de estructuras tendrá que ser rigidizado ya que como podemos observar, las columnas de la estructura del nivel inferior no podrán soportar este movimiento accidental.

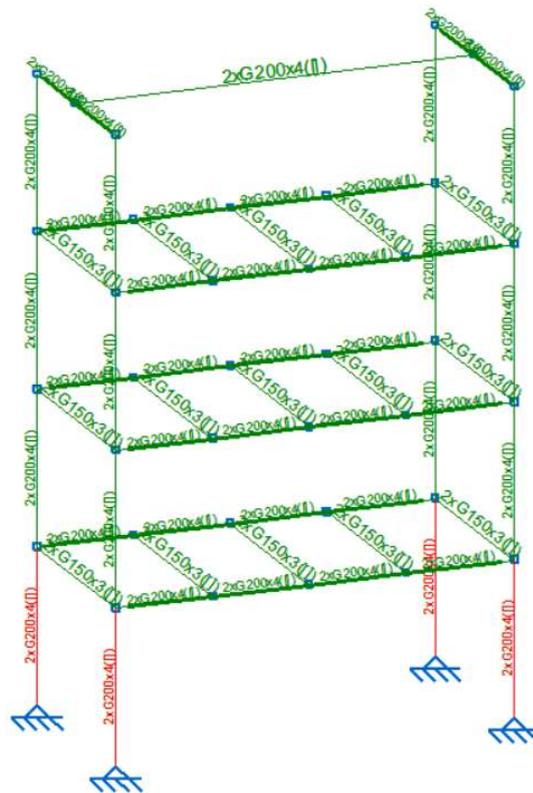


Figura 4.1. Comprobación de resistencia

Fuente: CYPE 3D

El sistema de CHSS que hemos propuesto trabaja a la perfección por sí solo, pero, al aplicar combinaciones de carga que involucran sismo y apilando los 4 niveles como se propone en la funcionalidad, el sistema colapsará. Para dar la seguridad adecuada, se deberá optar por las opciones de corrección más utilizadas en el medio para afrontar este problema, las soluciones a considerar son: aumento de tamaño de perfil hasta alcanzar la resistencia adecuada o aplicar un mecanismo que rigidice el conjunto de CHSS.

#### 4.2 Soluciones de diseño

Una vez realizada esta comprobación, la estructura presentó fallas de rigidez por lo cual se escogió el mecanismo de “cruces de San Andrés” para controlar estos desplazamientos excesivos al momento de presentarse una acción de sismo sobre el suelo que hemos seleccionado posteriormente. Las “cruces de San Andrés” proporcionan una cualidad rigidizadora al conjunto de estructuras apiladas. Una vez aplicada esta solución podemos proceder a comprobar el comportamiento de nuestro diseño frente a las combinaciones de carga antes mencionadas.

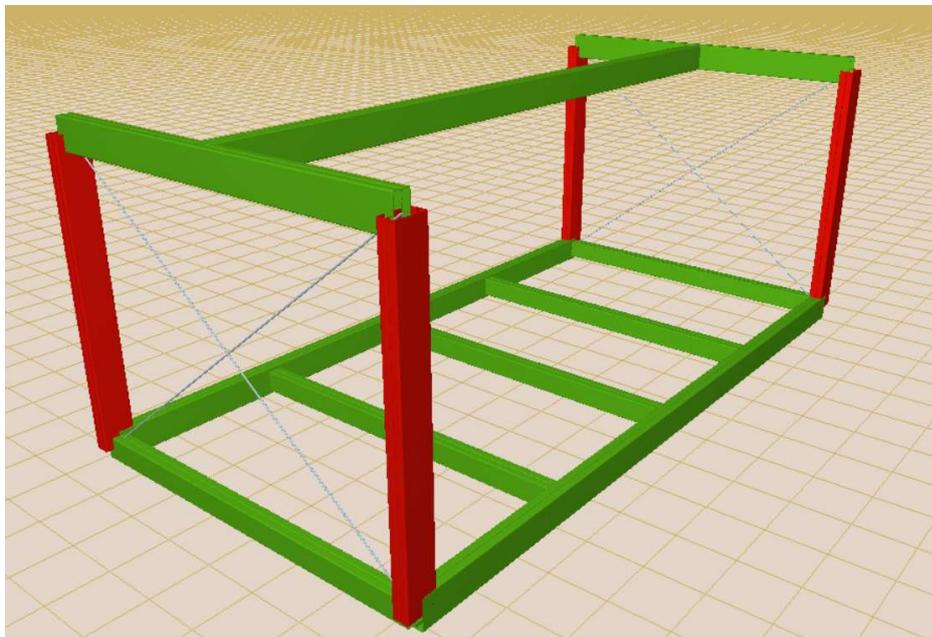


Figura 4.2. Solución de diseño (Cruces de San Andrés)

Fuente: CYPE 3D

Al implementar esta solución en el conjunto de estructuras apiladas podemos observar que todo el mecanismo actúa conforme al diseño deseado.

### 4.3 Comprobación y diseño final

Una vez aplicadas las soluciones de diseño, se procedió a realizar la comprobación de resistencia de la estructura, es decir la capacidad de respuesta ante las sollicitaciones de compresión, tracción, flexión y torsión frente a las cargas previamente ingresadas y además, frente al agente más desfavorable que es el sismo. El diseño final que cumple con todos los requerimientos se describe a continuación.

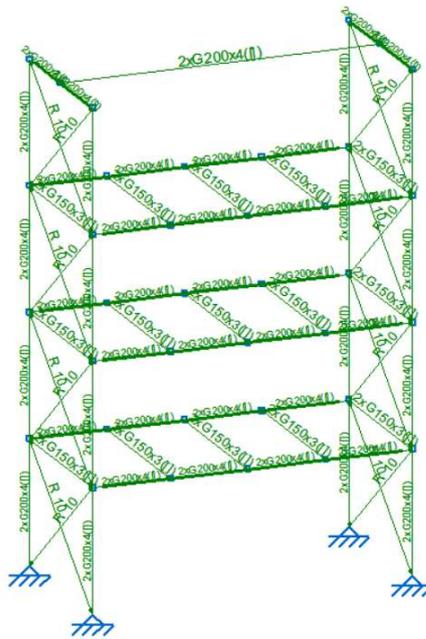


Figura 4.3. Comprobación de resistencia final

Fuente: CYPE 3D

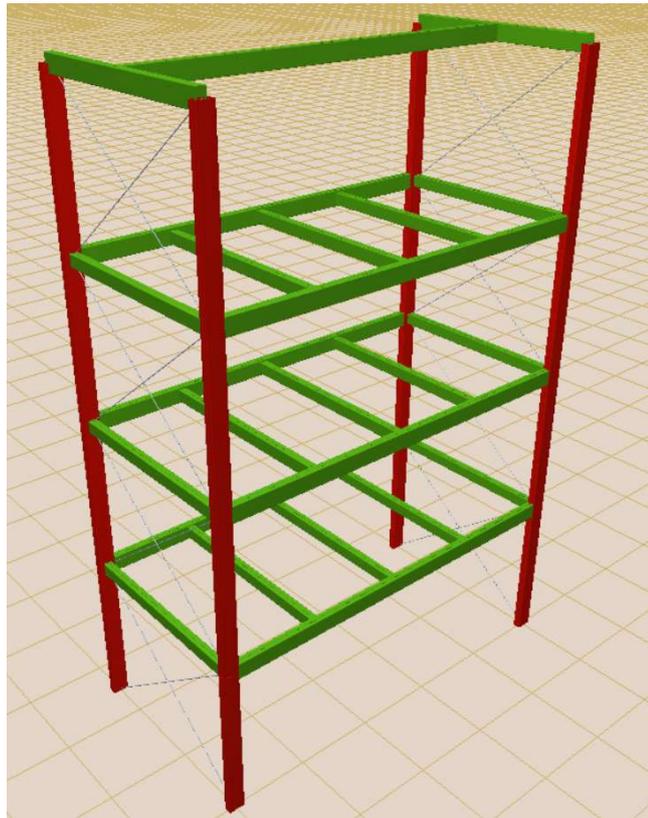


Figura 4.4. Modelación final de CHSS apiladas

Fuente: CYPE 3D

Tabla 4.1. Resumen de medidas de perfiles de las CHSS apiladas

Material		Resumen de medición										
Tipo	Designación	Serie	Perfil	Longitud			Volumen			Peso		
				Perfil (m)	Serie (m)	Material (m)	Perfil (m³)	Serie (m³)	Material (m³)	Perfil (kg)	Serie (kg)	Material (kg)
Acero laminado	A36	R	R 10	50.729	50.729	50.729	0.004	0.004	0.004	31.28	31.28	31.28
			G200x4, Doble en cajón soldado	71.200			0.184			1446.29		
Acero conformado	ASTM A 36 36 ksi	G	G150x3, Doble en cajón soldado	37.500	108.700	108.700	0.059	0.243	0.243	459.39	1905.68	1905.68

Fuente: CYPE 3D

Tabla 4.2. Resumen de medidas de perfiles de un módulo CHSS

DESIGNACIÓN	MASA (kg/m)	LONGITUD (m)	PESO (kg)
G200X50X25X4	9,43	54,90	517,71
G150X50X15X3	6,07	24	145,68
<b>TOTAL</b>			<b>663,39</b>

#### 4.4 Elementos de conexión y anclajes

Los elementos de conexión y sujeción de una CHSS con otra serán mediante el mecanismo Twist Lock, el mismo que se emplea en conexiones de contenedores y asegura un anclaje óptimo en los elementos, transmitiendo la carga y los esfuerzos de un elemento a otro.

El mecanismo de funcionamiento trabaja a manera de un orificio circular con dimensiones de 180x180x110mm las cuales se encuentran fijas en los 8 vértices de los contenedores y son parte del mismo para ser anclado o izado, en las caras de la base y techo posee huecos de forma circular de 124,5mm de eje mayor y 63,5 de eje menor. En las caras laterales también posee orificios de diámetro 63,5mm para la colocación de eslingas. El twistlock puede ser un mecanismo fijo para anclaje al suelo o en su defecto para ser izado siempre y cuando se encuentre empotrado a las bases de las grúas y en los vehículos de transporte y también pueden ser móviles si los mismos no están fijos al vehículo de transporte sino en su defecto estos son colocados para anclar un contenedor con otro. “El twistlock se inserta en la apertura y entonces la parte inferior se gira 90° para bloquearlo y que no pueda retirarse, hasta que se vuelva a girar. Este cierre por rotación se puede accionar manualmente o a distancia” (Infante, 2014, p.33). Analizando los distintos tipos de funcionamiento de twistlock, sugerimos colocar este mecanismo de manera fija en la losa de cimentación para tener una mejor guía al momento de colocar las estructuras estándar apiladas; para el anclaje de las estructuras estándar entre sí, sugerimos utilizar este mecanismo de manera móvil para poderlos accionar a distancia al momento de montar y desmontar una estructura estándar sobre otra.

Al aplicar este mecanismo de anclaje entre una estructura base y otra, permite transmitir el esfuerzo que se generan en distintas barras del diseño; Según Infante (2014), el sistema simula un empotramiento que da continuidad entre columnas de los niveles superiores.



Figura 4.5. Twist Lock Móvil

Fuente: tesis de la Universidad de Catalunya elemento de unión para contenedores de carga marítimos



Figura 4.6. Funcionamiento Twist Lock Móvil

Fuente: tesis de la Universidad de Catalunya elemento de unión para contenedores de carga marítimos



Figura 4.7. Twist Lock Fijo

Fuente: tesis de la Universidad de Catalunya elemento de unión para contenedores de carga marítimos

**CAPITULO 5: PROPUESTA DE ELEMENTO DE IZAJE PARA EL TRASLADO DE LA ESTRUCTURA ESTÁNDAR MEDIANTE PUENTE GRÚA**

**5.1 Izaje óptimo**

**5.1.1 Contenedores**

En las terminales de los puertos y estaciones ferroviarias, se utilizan las grúas pórtico para la carga y descarga de contenedores, los mismos que sirven para el transporte marítimo, fluvial, terrestre y transporte multimodal de mercancías como motores, maquinaria, vehículos de reducidas dimensiones, etc.

Existen varios tipos de contenedores, los cuales varían sus elementos según las características de la carga que deben transportar y también se clasifican por las diferentes medidas que poseen, las cuales están normalizadas por la ISO (International Organization for Standardization). El ancho es fijo y su medida interna es 2,35 m (7,9 pies). El alto interno varía entre 2,62 m (8 pies y 6 pulgadas) y 2,92 m (9 pies y 6 pulgadas). El largo interno varía entre 2,44 m (8 pies), 3,05 m (10 pies), 6,10 m (20 pies), 12,19 m (40 pies), 13,72 m (45 pies), 14,63 m (48 pies) y 16,15 m (53 pies). Los contenedores más utilizados a nivel mundial son los de 6,10 m (20 pies) y 12,19 m (40 pies) de largo.



Figura 5.1. Medidas de contenedores

Fuente: página web Logística y distribución física y estrategias

Las dimensiones de nuestra CHSS son 5 m de largo por 2,50 m de ancho y la de un contenedor de 20 pies son de 6,10 m de largo por 2,35 m de ancho. La altura de un contenedor es mayor ya que varía entre 2,62 m y 2,92 m frente a 1,95 m, lo cual para nuestro estudio no tiene mayor importancia. Como se puede notar tienen dimensiones muy similares, ya que en un contenedor si se pueden transportar vehículos de dimensiones reducidas como se mencionó anteriormente.

### 5.1.2 Grúas pórtico para contenedores

Las grúas pórtico para contenedores o también denominadas trastainer son estructuras con cuatro columnas y dos vigas en la parte superior, un sistema de rieles en las vigas y una grúa implantada en un carrito llamado Trolley que se desliza por los rieles a lo largo de la pluma. Posee la capacidad para mover los contenedores en tres ejes: horizontal, vertical y lateral, mediante un mecanismo llamado Spreader el cual está suspendido de cables de acero.

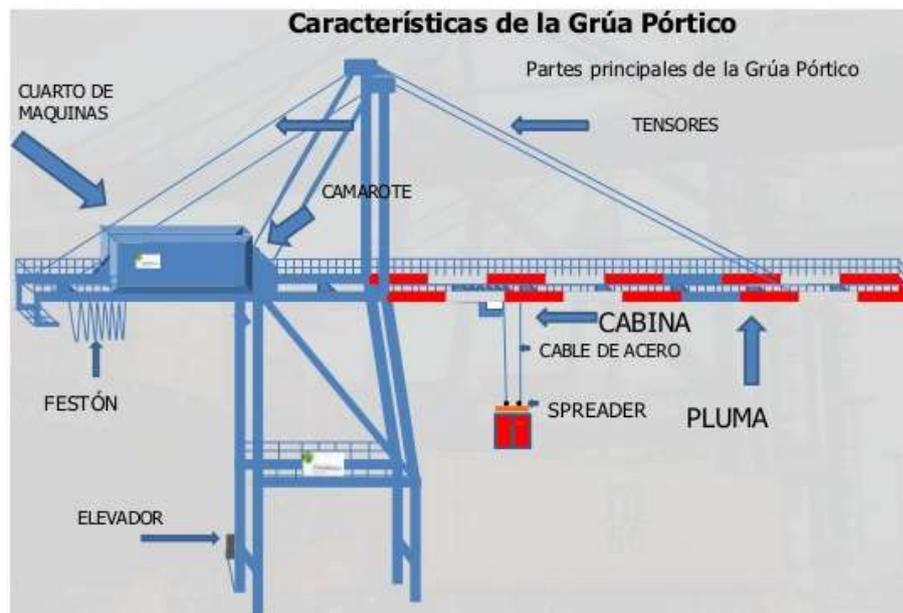


Figura 5.2. Grúa pórtico

Fuente: grúas pórtico, procedimientos operativos

Se denominan según su capacidad de carga y el tamaño de los buques que son capaces de cargar y descargar y por ello sus nombres son atribuidos de acuerdo al tamaño de los buques que pueden atender. Las grúas Panamax son aquellas capaces de cargar y descargar buques que puedan navegar por el canal de Panamá. Con el aumento del tamaño de los buques se crearon las Post Panamax que son las más comunes y las Super Post Panamax.



Figura 5.3. Grúas Panamax

Fuente: página web Grúas panamax

Una grúa pórtico es capaz de cargar contenedores de 20 pies cuyo peso bruto máximo es de unas 30,48 ton (es decir, la carga más la tara o peso del contenedor) y los de 40 pies de unas 32,5 ton. Por lo tanto, una grúa pórtico tendría más potencia de la que requerimos para levantar el peso de la CHSS (tara) 665,27kg, más el peso del vehículo de diseño que es 1.471kg dando un total de 2,136 ton por lo que podemos decir que se requiere una grúa con potencias mucho menores a la Panamax para el trabajo de izado que necesitamos que la misma realice.

### 5.1.3 Spreader

Las grúas pórtico tienen un sistema elevador o mecanismo con el que se manipulan los contenedores denominado spreader, éste posee marcos que se ajustan a la longitud del contenedor y se acoplan a sus cuatro esquinas superiores las cuales contienen orificios de alojamientos para los twistlocks, que a su vez permiten enganchar al spreader gracias a un mecanismo hidráulico para posteriormente elevar y transportar los contenedores.

Algunos spreaders cuentan con una especie de aletas, conocidas como flippers que se cierran y permiten centrar éste al colocar sobre el contenedor.

Los spreaders permiten que los trabajos de carga se realicen de forma fácil, rápida y segura, además, garantizan el equilibrio horizontal de la carga al realizar movimientos sobre cualquier eje.

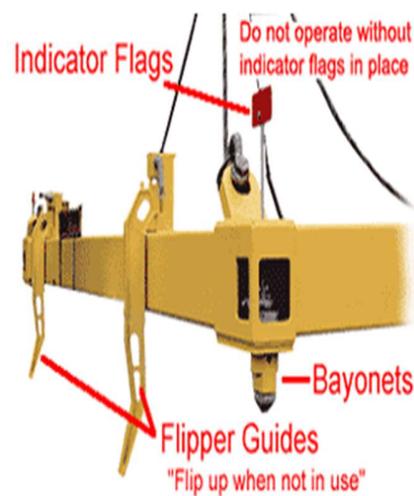


Figura 5.4. Elementos componentes de Spreader

Fuente: página web Usa Exporters india



Figura 5.5. Funcionamiento de Spreader

Fuente: página web Ramspreaders

El sistema spreader sería el mecanismo o elemento óptimo para realizar el izaje de nuestra CHSS, ya que se ajustaría a la longitud de la misma y al ancho externo que es aproximadamente similar al de un contenedor (2,50 a 2,45). Se engancharía a las cuatro esquinas de manera automática, segura y además distribuiría el peso de la misma de manera homogénea al momento de levantarla, lo que significaría que no existiría ninguna pérdida de estabilidad y la estructura ascendería o descendería de manera alineada y uniforme.

## 5.2 Izaje temporal propuesto para pruebas en campo

Debido a la no disponibilidad del mecanismo óptimo antes mencionado denominado spreader para el izaje de la CHSS, se optará por la utilización de 2 puentes grúa de 10 toneladas de capacidad cada uno, que se encuentran en la fábrica de prefabricados Carrasco RFV Construcciones Cia Ltda, los cuales simularán el funcionamiento del mismo.

Para izar nuestra CHSS primeramente se soldarán ángulos en las 4 esquinas superiores de la misma, para evitar que las eslingas (cables de acero) se resbalen y puedan provocar un balanceo o pérdida de estabilidad lateral de la estructura con el vehículo en su interior. Se colocará una eslinga en las dos esquinas tanto de la parte frontal y otra en la

parte posterior de la CHH las mismas que posteriormente serán enganchadas con los puentes grúa para luego ser izadas.

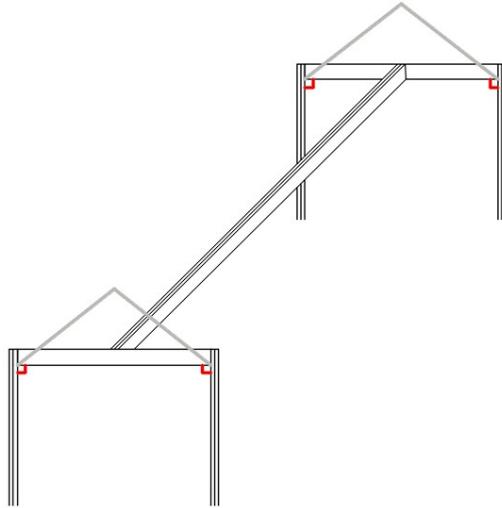


Figura 5.6. Representación izaje temporal

## CAPÍTULO 6: COSTO TOTAL DE LA ESTRUCTURA ESTÁNDAR

### 6.1 Materiales a utilizar

El material principal de nuestra CHSS será el acero ASTM A36 el cual es un acero estructural al carbono, es decir su composición es lo suficientemente resistente y flexible para soportar cargas constructivas, este material es muy común en la construcción de puentes metálicos, torres de energía, edificaciones, herrajes eléctricos, etc. Su composición química presenta un porcentaje máximo de 0,26% de Carbono ya que de este depende su resistencia a la tracción y demás propiedades que hacen al material flexible al producirse cargas excesivas.

“Como la mayoría de los aceros, el A36, tiene una densidad de  $7850 \text{ kg/m}^3$  ( $0.28 \text{ lb/in}^3$ ). El acero A36 en barras, planchas y perfiles estructurales con espesores menores de 8 pulg (203,2 mm) tiene un límite de fluencia mínimo de 250 MPA (36 ksi), y un límite de rotura mínimo de 410 MPa (58 ksi). Las planchas con espesores mayores de 8 pulg (203,2 mm) tienen un límite de fluencia mínimo de 220 MPA (32 ksi), y el mismo límite de rotura” (Hernández, 2017, sp)

Dentro de las propiedades mecánicas de este material, destaca el límite a la fluencia y la resistencia a la tracción las cuales permiten a este acero darle el uso constructivo necesario para nuestra CHSS. El límite de fluencia mínimo es de 250MPa y la resistencia a la tracción máxima del material es de 550MPa, es decir, tiene una amplia resistencia desde su límite de fluencia hasta alcanzar los valores máximos de tracción.

El acero ASTM A36 es caracterizado por la cantidad de formas que puede tomar como los perfiles estructurales, tubos, planchas, láminas, etc. Sin perder su característica esencial ya sea en cualquier tipo de forma que este tenga. Una vez definido la forma que necesite el acero A36, este se puede unir de forma rápida mediante soldadura de arco protegido (SMAW, Shielded metal arc welding), soldadura con arco metálico y gas (GMAW, Gas metal arc welding) y soldadura oxiacetilénica. El acero A36 es también comúnmente atornillado y remachado en las aplicaciones estructurales: edificios, puentes, torres, etc.

## 6.2 Características de los perfiles

Los perfiles estructurales que utilizaremos en nuestra CHSS presentan características que los hacen lo suficientemente resistentes y estables para cumplir con las solicitudes requeridas en nuestro diseño, es por esto que se presenta la tabla de especificaciones técnicas del material en el gráfico 1 dentro de los anexos.

## 6.3 Análisis de precios unitarios

Según Perdomo (2017), el Análisis de Precios Unitarios (APU) es un modelo matemático muy sencillo que estima el costo por unidad de medida de rubros a ejecutarse en una obra.

Realizamos el presupuesto constructivo de nuestra CHSS para lo cual hemos obtenido la siguiente información.

Tabla 6.1. Presupuesto de una CHSS

<b>PRESUPUESTO</b>						
<b>Ítem</b>	<b>Código</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>P. Unitario</b>	<b>P. Total</b>
1	500313	Suministro y montaje de perfiles estructurales en acero A-36	kg	663.39	2.19	1452.82
2	500312	Limpieza y pintura de acero estructural	m2	44.94	3.22	144.71
3	500364	Suministro e instalación de plancha base	m2	12.12	12.96	157.08
<b>SUBTOTAL</b>						<b>1754.61</b>
					<b>IVA</b>	<b>210.55</b>
					12.00%	
<b>TOTAL</b>						<b>1965.16</b>

Fuente: Interpro

Tabla 6.2. Análisis de precios unitarios 1

<b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>					<b>Hoja 1 de 3</b>	
<b>RUBRO:</b>	Suministro y montaje de perfiles estructurales en acero A-36				<b>UNIDAD:</b>	kg
<b>DETALLE:</b>						
<b>EQUIPOS</b>						
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo	
Cortador de plasma	0.1	0.49	0.05	0.14	0.01	
Herramientas menores	1.00 %MO	0.01			0.01	
Soldadora	0.25	4.3	1.08	0.14	0.15	
<b>SUBTOTAL M</b>					0.17	
<b>MANO DE OBRA</b>						
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo	
Peón	1	3.41	3.41	0.14	0.48	
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	1	3.82	3.82	0.14	0.53	
<b>SUBTOTAL N</b>					1.01	
<b>MATERIALES</b>						
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo		
Suelda 7018	kg	0.05	1.15	0.06		
Acero A-36	kg	1.05	0.9	0.95		
<b>SUBTOTAL O</b>					1.01	
<b>TRANSPORTE</b>						
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo		
<b>SUBTOTAL P</b>					0	
					<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>	2.19
					<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES: 0.00 %</b>	0
					<b>OTROS INDIRECTOS: 0.00 %</b>	0
					<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>	2.19
<b>ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.</b>					<b>VALOR OFERTADO</b>	2.19

Fuente: Interpro

Tabla 6.3. Análisis de precios unitarios 2

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					Hoja 2 de 3	
<b>RUBRO:</b>	Limpieza y pintura de acero estructural				<b>UNIDAD:</b>	m2
<b>DETALLE:</b>						
<b>EQUIPOS</b>						
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Tarifa</b>	<b>Costo Hora</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Costo</b>	
Herramientas varias	0.20 %MO	0			0	
<b>SUBTOTAL M</b>						0
<b>MANO DE OBRA</b>						
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Jornal/HR</b>	<b>Costo Hora</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Costo</b>	
Albañil	1	3.45	3.45	0.15	0.52	
<b>SUBTOTAL N</b>						0.52
<b>MATERIALES</b>						
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unit.</b>	<b>Costo</b>		
Pintura anticorrosiva	gl	0.11	19.3	2.12		
Disolvente	gl	0.11	3.65	0.4		
Lijas	u	0.5	0.35	0.18		
<b>SUBTOTAL O</b>						2.7
<b>TRANSPORTE</b>						
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Tarifa</b>	<b>Costo</b>		
<b>SUBTOTAL P</b>						0
					<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>	3.22
					<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES: 0.00 %</b>	0
					<b>OTROS INDIRECTOS: 0.00 %</b>	0
					<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>	3.22
<b>ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.</b>					<b>VALOR OFERTADO</b>	3.22

Fuente: Interpro

Tabla 6.4. Análisis de precios unitarios 3

<b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>					<b>Hoja 3 de 3</b>	
<b>RUBRO:</b>	Suministro e instalación de plancha base				<b>UNIDAD:</b>	m2
<b>DETALLE:</b>						
<b>EQUIPOS</b>						
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo	
Herramientas menores	1.00 %MO	0.05			0.05	
Soldadora	1	4.3	4.3	1	4.3	
Amoladora	1	0.49	0.49	0.4	0.2	
<b>SUBTOTAL M</b>					4.55	
<b>MANO DE OBRA</b>						
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo	
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	1	3.82	3.82	0.3	1.15	
Peón	1	3.41	3.41	1	3.41	
<b>SUBTOTAL N</b>					4.56	
<b>MATERIALES</b>						
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo		
Plancha anti deslizante	m2	1	3.85	3.85		
<b>SUBTOTAL O</b>					3.85	
<b>TRANSPORTE</b>						
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo		
				0		
<b>SUBTOTAL P</b>					0	
					<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>	12.96
					<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES: 0.00 %</b>	0
					<b>OTROS INDIRECTOS: 0.00 %</b>	0
					<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>	12.96
<b>ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.</b>					<b>VALOR OFERTADO</b>	12.96

Fuente: Interpro

## **CAPÍTULO 7: CONSTRUCCIÓN A ESCALA REAL Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE LA ESTRUCTURA ESTÁNDAR**

### **7.1 Construcción a escala real**

La construcción de la CHSS a escala real tiene el fin de realizar pruebas de funcionamiento, así como la revisión de la geometría propuesta y el ingreso vehicular para poder determinar los posibles problemas que esta pudiera presentar. La construcción se realizó con todos los insumos necesarios para que sea exactamente igual a nuestra modelación matemática y diseño estructural.

#### **7.1.1 Materiales**

Los materiales utilizados en la construcción de nuestra CHSS fueron: Acero estructural A36, pintura anticorrosiva y suelda eléctrica.

El acero estructural A36 le brinda a nuestra CHSS las características propias del material de las cuales, las más importantes son: la resistencia, flexibilidad y facilidad constructiva. Se utilizaron perfiles estructurales de distintos espesores y tamaños para cumplir con los requerimientos de diseño. El perfil G200X50X25X4 aporta a la estructura la resistencia entre elementos para así simular un sistema aporticado mientras que el perfil G150X50X15X3 transmite el peso vehicular hacia los distintos puntos de la CHSS. Esta variación de perfiles tiene el fin de reducir costos sin involucrar la resistencia del mismo.



Figura 7.1. Perfiles tipo G

Fuente: página web DIPAC

Según López, la pintura anticorrosiva es un revestimiento que se aplica sobre las superficies metálicas para inhibir la oxidación del metal, la misma que se forma por procesos electroquímicos originados por diferencias de potencial en zonas que puedan formar circuitos eléctricos, es posible que este circuito sea posible por el contacto directo con las partes metálicas y pueda completarse o no por la conductividad del medio. El factor ambiental influye en la reacción química y acelera la velocidad debido a la presencia de oxígeno y agua.

Para evitar la corrosión en nuestra CHSS, hemos cubierto los perfiles con pintura esmalte para superficies de metal anticorrosivo.



Figura 7.2. Pintura anticorrosiva Duracolor

Fuente: página web ADHEPLAST

La suelda es un elemento fundamental al momento de unir los miembros estructurales, es importante el tipo de suelda que se utiliza ya que de esto depende la fijación de los perfiles estructurales. Existen varios agentes de energía que pueden utilizarse para la fusión de los materiales y son: llama de gas, arco eléctrico, laser, rayo de electrones, procesos de fricción entre otros. Para nuestra CHSS hemos decidido realizar el proceso de soldadura mediante un arco eléctrico, proceso que se denomina SMAW por sus siglas en inglés (Shielded Metal Arc Welding). Este proceso involucra un motor de energía, un cátodo y un electrodo que funde los materiales en el punto que se desee. Esta soldadura se realizó de manera “no corrida” es decir, cuenta con espaciamentos entre suelda y suelda. El tipo de electrodo utilizado fue E 7018.



Figura 7.3. Electrodo E-7018 1



Figura 7.4. Electrodo E70-18 2



Figura 7.5. Suelda Eléctrica ARCWELD

### 7.1.2 Metodología de la construcción

El proceso constructivo de nuestra CHSS se realizó en el taller de soldadura, en el cual se procedió a realizar la revisión de los perfiles para controlar que los mismos no tengan fisuras, grietas, pandeos y óxido.



Figura 7.6. Perfiles en obra  
Fuente: página web DOPLIM

Posterior a esta revisión se procedió a cortar los perfiles con un cortador de plasma conforme a los planos de diseño.



Figura 7.7. Cortador de plasma  
Fuente: página web PROINGAS

Una vez con los perfiles debidamente cortados se procedió a soldarlos, conforme a los planos de diseño.

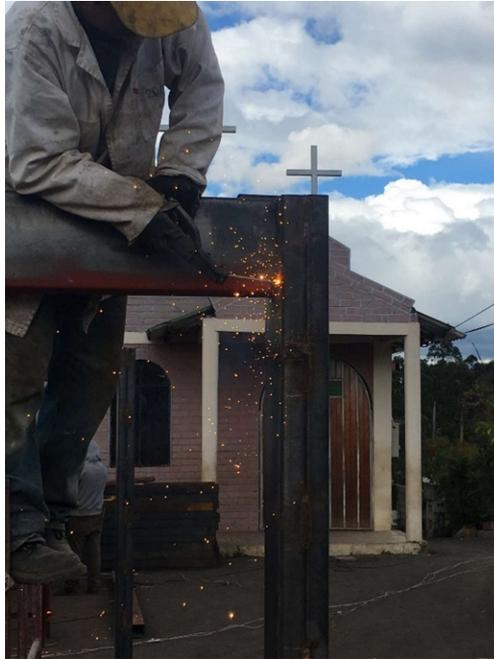


Figura 7.8. Proceso de soldadura 1



Figura 7.9. Proceso de suelda 2



Figura 7.10. Proceso de suelda 3

Posterior a la soldadura se pintó la CHSS con revestimiento tipo esmalte para superficies de metal anticorrosivo, el cual brindara la protección necesaria para evitar el óxido.



Figura 7.11. Proceso de pintura



Figura 7.12. Proceso de pintura 2

Finalmente, se procedió a colocar tablones de madera tipo Eucalipto de dimensiones 20X300X4.5CM en la base de la estructura, los mismos fueron sujetos con pernos autoroscantes. Estos tablones reemplazarán a la plancha base temporalmente, con el fin de simular las guías de rodaje del vehículo y poder realizar las pruebas de funcionamiento.



Figura 7.13. CHSS vista frontal

### 7.1.3 CHSS a escala real

Como observamos en las siguientes figuras hemos obtenido la CHSS propuesta, con las medidas de diseño y los perfiles estructurales necesarios para soportar las solicitaciones, con este resultado se puede proceder a la revisión final de costuras de solda entre elementos para realizar las pruebas de funcionamiento. A continuación, podemos observar la CHSS final desde varios ángulos.



Figura 7.14. CHSS vista 1



Figura 7.15. CHSS vista 2



Figura 7.16. CHSS vista 3



Figura 7.17. CHSS vista 4

## **7.2 Pruebas de funcionamiento**

Las pruebas de funcionamiento serán el eje central de este trabajo de titulación, ya que, desde este punto se podrán realizar estudios que mejoren los problemas que se pudieran presentar. Para un estudio conciso de nuestra CHSS realizamos 4 pruebas diferentes que son: prueba de ingreso vehicular, prueba de izaje, pruebas de desplazamiento y pruebas de estabilidad.

### **7.2.1 Prueba de ingreso vehicular**

En esta prueba se realizó el ingreso del vehículo de diseño a la CHSS para así determinar si los espacios libres son cómodos para el usuario y lo suficientemente grandes para el ingreso del vehículo.



Figura 7.18. Prueba ingreso vehicular 1



Figura 7.19. Prueba ingreso vehicular 2



Figura 7.20. Prueba ingreso vehicular 3



Figura 7.21. Prueba ingreso vehicular 4

Como podemos observar en las figuras anteriores, la prueba de ingreso vehicular se realizó satisfactoriamente ya que el ingreso del usuario hacia la CHSS es cómodo y a la vez seguro. Esto se debe al espacio libre que tiene la estructura y a la menor cantidad de elementos estructurales que posee, los cuales permiten que el vehículo no se golpee en sus puntos más críticos (retrovisores, guardachoques). Como se aprecia en la figura 7.19 el automóvil de diseño al ubicarse en su posición final, tiene distancias libres holgadas en largo, ancho y altura.

### 7.2.2 Prueba de izaje

En esta prueba de izaje se procedió a colocar eslingas en los 4 nudos superiores de la CHSS para así realizar un izaje lo más central y no tener pérdida de estabilidad. Esta prueba se realizó varias veces a distintas velocidades para registrar el comportamiento de la CHSS.



Figura 7.22. Prueba izaje 1



Figura 7.23. Prueba izaje 2



Figura 7.24. Prueba izaje 3

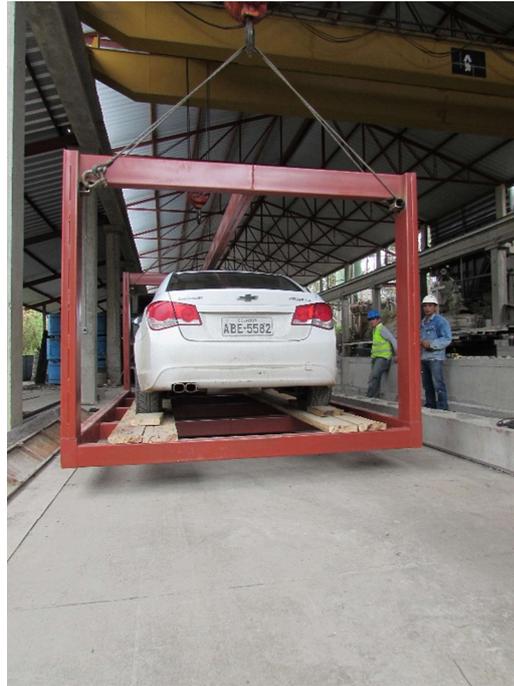


Figura 7.25. Prueba izaje 4

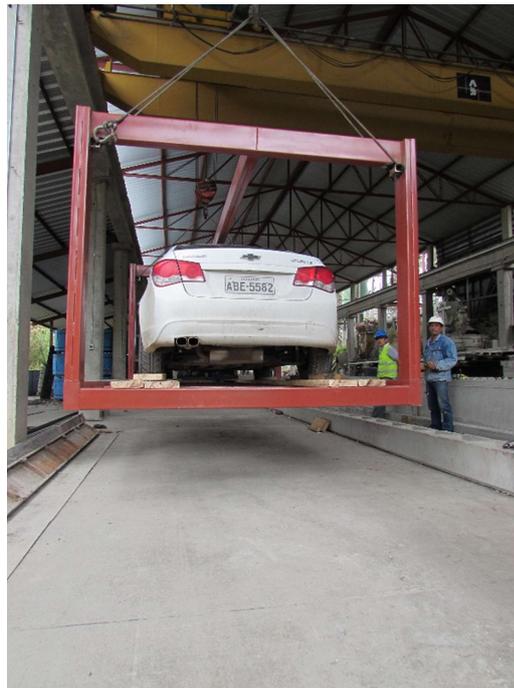


Figura 7.26. Prueba izaje 5



Figura 7.27. Prueba izaje 6

Como podemos observar en las figuras anteriores, la prueba de izaje no presenta problema alguno tanto en el ascenso como en el descenso a distintas velocidades. Se determinó que en este tipo de movimiento la CHSS no pierde la estabilidad en la parte delantera y tampoco en la trasera, a pesar de la diferencia de distribución de peso del vehículo. Debido al uso de 2 puentes grúa, la CHSS se desplazó verticalmente de manera nivelada y a una velocidad uniforme.

### **7.2.3 Pruebas de desplazamiento**

Las pruebas de desplazamiento se realizaron en 2 sentidos, longitudinal y trasversal, las mismas consisten en elevar la CHSS con el vehículo de diseño en el interior y proceder a desplazar mediante los puentes grúa en los sentidos antes mencionados, manteniendo el mismo nivel de altura en todo el trayecto.



Figura 7.28. Prueba desplazamiento 1



Figura 7.29. Prueba desplazamiento 2



Figura 7.30. Prueba desplazamiento 3

A continuación, presentamos la matriz de resultados con sus observaciones en cada caso.

Tabla 7.1: Matriz de resultados pruebas de desplazamientos

<b>EJE</b>	<b>DISTANCIA</b>	<b>SENTIDO</b>	<b>OBSERVACION</b>
Longitudinal	5m	Hacia adelante	Sin pérdida de estabilidad
Longitudinal	5m	Hacia atrás	Sin pérdida de estabilidad
Transversal	5m	Hacia izquierda	Pérdida de estabilidad moderada
Transversal	5m	Hacia derecha	Pérdida de estabilidad moderada

Como podemos observar, las prueba de desplazamiento en el eje longitudinal no presenta problemas, mientras que el desplazamiento en el eje transversal presenta un problema de perdida de estabilidad (balanceo), esto se debe al tipo de conexiones eslinga-estructura, al izaje temporal utilizado y al tipo de puente grúa empleado para las pruebas ya que, este mecanismo no cuenta con un sistema regulador de velocidad que mantiene la estabilidad de la carga. La conexión e izaje óptimo de la CHSS no presentaría estos problemas debido a su sistema de auto nivelación automática, por lo tanto, la prueba realizada la consideramos exitosa.

### 7.2.4 Pruebas de estabilidad

Estas pruebas constan del movimiento manual de la CHSS una vez que se encuentre izada, para esto se realizaron empujes en todos los sentidos para determinar el comportamiento de estabilidad que tiene nuestra CHSS frente a posibles golpes leves entre estructuras, personas en movimiento o agentes externos que puedan alterar el funcionamiento de esta.

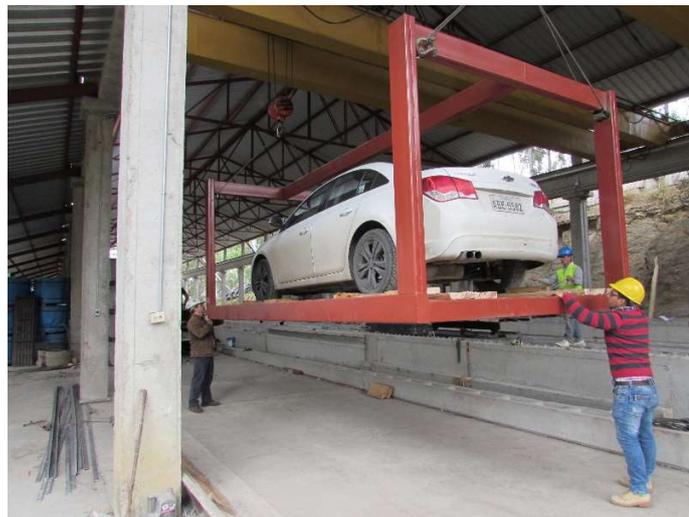


Figura 7.31: Prueba estabilidad 1



Figura 7.32: Prueba estabilidad 2

A continuación, tenemos la matriz de resultados con sus observaciones en cada caso.

Tabla 7.2: Matriz de resultados pruebas de estabilidad

<b>TIPO DE EMPUJE</b>	<b>OBSERVACION</b>
Hacia Adelante	No presenta problemas
Hacia Atrás	No presenta problemas
Hacia Izquierda	No presenta problemas
Hacia Derecha	No presenta problemas
Hacia Adelante-Izquierda	No presenta problemas
Hacia Adelante-Derecha	No presenta problemas
Hacia Atrás-Izquierda	No presenta problemas
Hacia Atrás-Derecha	No presenta problemas

Como podemos observar en la tabla 7.2 las pruebas de estabilidad fueron exitosas, al no presentar problemas frente a los posibles golpes que la CHSS pudiera tener en el parqueadero automatizado.

## CONCLUSIONES

- Gracias a los manuales técnicos y pruebas en campo hemos diseñado la geometría de la CHSS de manera correcta para el vehículo determinado.
- Se realizó la modelación matemática en el software CYPE dando como resultado problemas frente al sismo al apilar los 4 niveles de CHSS. Estos fueron solucionados con elementos rigidizadores.
- Se diseñaron los miembros estructurales con los resultados generados por el software CYPE los cuales resisten las sollicitaciones exigidas para el funcionamiento correcto de las CHSS apiladas.
- Acoplamos un sistema de izaje temporal para las pruebas de tesis, el cual resulto ser estable en las pruebas de izaje, desplazamiento y estabilidad. Sin embargo el mecanismo de izaje temporal resulto ser inestable en el desplazamiento transversal debido al movimiento de las eslingas en el gancho del puente grúa y al puente grúa utilizado.
- Luego de realizado el diseño, la construcción y las pruebas de funcionamiento, concluimos que el sistema de CHSS propuesto en este trabajo es factible, económico y resistente para su aplicación en parqueaderos automatizados que apliquen este tipo de mecanismo; los resultados de las pruebas de funcionamiento nos indican que la CHSS diseñada es cómoda y segura para el usuario, ya sea al momento de ingresar a la misma como al abandonar el vehículo en la estructura.

## RECOMENDACIONES

- Recomendamos que en el parqueadero automatizado en el cual se quiera utilizar la CHSS tenga una señalización adecuada, visible y legible para evitar accidentes tanto en la zona DBS como al interior de la estructura.
- Para optimizar el espacio de los parqueaderos automatizados, recomendamos zonificar según el tipo de vehículo que ingrese al mismo, ya que, para cada clase, se deberá construir una CHSS con las dimensiones sugeridas anteriormente.
- Para realizar pruebas de funcionamiento sugerimos utilizar el mecanismo Spreader con el fin de obtener resultados más cercanos al sistema de izaje propuesto.
- Sugerimos optimizar la geometría de la CHSS para obtener costos de producción más bajos y a la vez contar con más plazas para parqueo.
- Considerando que el sistema de CHSS funciona, es cómodo, seguro y económico, recomendamos continuar con estudios de simulación que nos permitan determinar los tiempos de los procesos involucrados en todo el sistema de parqueadero automatizado con el fin de establecer un parámetro de comodidad para el usuario.

## BIBLIOGRAFIA

- Salgado Perdomo, J. (2017). Análisis de precio unitario. Recuperado el 15 de septiembre de 2017, de <https://es.slideshare.net/JonathanDelgado39/anlisis-de-precio-unitario-apu>
- Censos, I. N. (2015). *Anuario de transporte*. Recuperado el 4 de Julio de 2017, de [http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas\\_Economicas/Estadistica%20de%20Transporte/2015/2015\\_AnuarioTransportesResultados.pdf](http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Economicas/Estadistica%20de%20Transporte/2015/2015_AnuarioTransportesResultados.pdf)
- Chicago History Museum, H. B. (9 de Julio de 2015). Famed Marina City granted preliminary Chicago landmark status. Chicago Tribune. Recuperado el 3 de Mayo de 2017, de <http://www.chicagotribune.com/news/columnists/ct-marina-city-column-kamin-met-0710-20150709-column.html>
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (INEC 2015). Anuario de Transportes 2015. Quito.
- Mejía-Azcárate, F. (4 de Febrero de 2014). *Los parqueaderos de los automóviles en Estados Unidos (U.S.A. Parking Lots): Old Partners*. Obtenido de Old Partners: <http://www.aqp-consultores.com/oldpartners/?p=385>
- Norma Ecuatoriana de la Construcción*. (2001). Quito. Recuperado el 4 de Agosto de 2017, de <http://www.habitatyvivienda.gob.ec/norma-ecuatoriana-de-la-construccion/>
- Parqueadero robotizado. (8 de Diciembre de 2012). *Semana*. Recuperado el 3 de Mayo de 2017, de <http://www.semana.com/enfoque/articulo/parqueadero-robotizado/269082-3>
- Parqueadero robotizado Sede principal: Laboratorio Clínico Hematológico*. (s.f.). Recuperado el 7 de Mayo de 2017, de Laboratorio Clínico Hematológico: <http://lch.co/parqueadero-robotizado-sede-principal-2/>
- Parqueaderos inteligentes, una opción en Medellín. (7 de Diciembre de 2012). *El Mundo*. Recuperado el 3 de Mayo de 2017, de [http://www.elmundo.com/portal/vida/tecnologia/parqueaderos\\_inteligentes\\_una\\_opcion\\_en\\_medellin.php#.WL8orDs1-M9](http://www.elmundo.com/portal/vida/tecnologia/parqueaderos_inteligentes_una_opcion_en_medellin.php#.WL8orDs1-M9)

ANEXOS

1. Catálogo de materiales

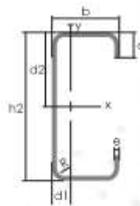


**PERFILES ESTRUCTURALES  
CORREAS "G"**



**Especificaciones Generales**

- Otras calidades** Previa consulta
- Largo normal** 6.00m
- Otros largos** Previa consulta
- Espesores** Desde 1.50mm hasta 12.00mm
- Acabado** Natural
- Otro acabado** Previa consulta



Designación	Dimensiones				Masa Kg/m	A cm <sup>2</sup>	d cm	Momento de inercia		Módulo resistente		Radio de giro	
	h	d	c	a				Ix	Iy	Wx	Wy	Ix	Iy
	mm	mm	mm	mm				cm <sup>4</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm
G 60x30x10x2	60	30	10	2	1,96	2,54	1,44	14,88	5,28	4,9	2,74	2,42	1,44
G 80x40x15x2	80	40	15	2	2,75	3,54	1,46	35,25	8,07	8,81	3,18	3,16	1,51
G 80x40x15x3	80	40	15	3	3,95	5,11	1,46	49,04	10,85	12,26	4,27	3,1	1,46
G 80x50x15x2	80	50	15	2	3,06	3,88	1,46	41,11	13,55	10,28	4,34	3,23	1,88
G100x50x15x2	100	50	15	2	3,38	4,34	1,73	69,24	14,98	13,85	4,57	4,00	1,86
G100x50x15x3	100	50	15	3	4,89	6,31	1,72	97,78	20,51	19,56	6,25	3,94	1,8
G100x50x15x4	100	50	15	4	6,29	8,15	1,71	122,5	24,85	24,49	7,55	3,88	1,75
G100x50x20x4	100	50	20	4	6,60	8,55	1,85	126,7	28,5	25,34	9,05	3,85	1,83
G100x50x25x5	100	50	25	5	8,35	10,86	1,98	152,51	36,52	30,5	12,09	3,75	1,83
G125x50x15x2	125	50	15	2	3,77	4,84	1,56	116,4	16,16	18,63	4,69	4,91	1,83
G125x50x15x3	125	50	15	3	5,48	7,06	1,55	165,5	22,16	26,48	6,43	4,84	1,77
G125x50x15x4	125	50	15	4	7,07	9,15	1,54	208,7	26,88	33,39	7,78	4,78	1,71
G125x50x15x5	125	50	15	5	8,55	11,11	1,54	246,2	30,41	39,39	8,78	4,71	1,65
G125x50x20x4	125	50	20	4	7,39	9,55	1,68	217	30,9	34,7	9,32	4,77	1,8
G125x50x25x5	125	50	25	5	9,33	12,11	1,8	264,3	39,88	42,29	12,46	4,67	1,82
G125x50x30x6	125	50	30	6	11,32	14,73	1,92	307,1	48,69	49,14	15,81	4,56	1,81
G150x50x15x2	150	50	15	2	4,16	5,34	1,42	178,7	17,13	23,83	4,78	5,79	1,79
G150x50x15x3	150	50	15	3	6,07	7,81	1,42	255,2	23,49	34,03	6,56	5,72	1,73
G150x50x15x4	150	50	15	4	7,86	10,15	1,41	323,5	28,51	43,13	7,95	5,65	1,68
G150x50x15x5	150	50	15	5	9,53	12,36	1,41	383,6	32,27	51,15	8,98	5,57	1,62
G150x50x20x4	150	50	20	4	8,17	10,5	1,54	337	32,9	44,9	9,52	5,65	1,77
G150x75x25x5	150	75	25	5	12,28	15,86	2,65	545,4	117,2	72,71	24,17	5,86	2,72
G150x75x30x6	150	75	30	6	14,86	19,23	2,78	641,4	144,5	85,52	30,57	5,77	2,74
G175x50x15x2	175	50	15	2	4,56	5,84	1,31	257,7	17,92	29,45	4,85	6,64	1,75
G175x50x15x3	175	50	15	3	6,66	8,56	1,31	369,4	24,59	42,22	6,66	6,57	1,7
G175x50x15x4	175	50	15	4	8,64	11,15	1,3	470,0	29,85	53,71	8,07	6,49	1,64
G175x50x15x5	175	50	15	5	10,51	13,61	1,3	559,7	33,79	63,97	9,14	6,41	1,58
G175x75x25x4	175	75	25	4	10,84	13,9	2,48	653,0	105	74,6	20,9	6,84	2,75
G175x75x25x5	175	75	25	5	13,26	17,11	2,47	786,0	123,9	89,82	24,63	6,78	2,69
G175x75x30x6	175	75	30	6	16,03	20,73	2,6	929,4	152,8	106,2	31,19	6,7	2,72
G200x50x15x2	200	50	15	2	4,95	6,34	1,21	354,9	18,59	35,49	4,91	7,48	1,71
G200x50x15x3	200	50	15	3	7,25	9,31	1,21	510,3	25,51	51,03	6,73	7,4	1,66
G200x50x15x4	200	50	15	4	9,43	12,15	1,21	651,4	30,96	65,14	8,18	7,32	1,6
G200x50x15x5	200	50	15	5	11,49	14,86	1,21	778,3	35,06	77,83	9,26	7,24	1,54
G200x75x25x4	200	75	25	4	11,63	14,9	2,32	895,0	110,0	89,50	21,3	7,64	2,71
G200x75x25x5	200	75	25	5	14,24	18,37	2,32	1080,0	129,6	108,0	25,02	7,67	2,66
G200x75x30x6	200	75	30	6	17,21	22,23	2,45	1282,0	160,2	128,2	31,73	7,59	2,68
G250x75x25x4	250	75	25	4	13,20	6,90	2,07	1520,0	118,0	118,0	21,7	9,48	2,64
G250x100x25x5	250	100	25	5	18,17	23,36	2,73	2219,0	285,3	177,5	39,24	9,75	3,49
G250x100x30x6	250	100	30	6	21,92	8,23	3,1	2647,0	383,5	219,8	55,58	9,68	3,69
G300x100x30x4	300	100	30	4	16,65	21,3	2,84	2860,0	274,0	191,0	38,3	11,6	3,68
G300x100x35x5	300	100	35	5	20,91	26,9	2,97	3560,0	351,0	237,0	49,9	11,5	3,62
G300x100x35x6	300	100	35	6	24,75	31,8	2,96	4170,0	404,0	278,0	57,4	11,4	3,56

Dimensiones exteriores a la sección transversal.  
Radio de curvatura interior igual a 1,5e para espesores menores a 6,00 mm.  
Radio de curvatura interior igual a 2e para espesores de 6,00 mm o mayores

**PERFILES**

2. Plano isométrico CHSS

