



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**DISEÑO DE ESTRUCTURA METÁLICA PARA RESIDENCIA ESTUDIANTEL CON
CONTENEDORES EN EL CAMPUS MARÍA AUXILIADORA**

Trabajo de Titulación previo a la obtención del

Título de Ingeniero Civil

AUTORES:

YAMILETH SULEIKA GALLEGOS SABANDO

JOSMAR VICENTE ESTRADA QUIÑONEZ

TUTOR:

ING. FABIAN ALBERTO MACAS JARAMILLO.

Guayaquil - Ecuador

2025

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Yamileth Suleika Gallegos Sabando con documento de identificación N°0923562987 y Josmar Vicente Estrada Quiñonez con documento de identificación N°0952052397; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 25 de enero del 2025

Atentamente,

Yamileth Gallegos Sabando

C.I.: 0923562987

Josmar Estrada Quiñonez

C.I.: 0952052397

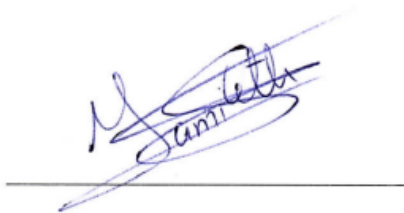
**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Yamileth Suleika Gallegos Sabando con documento de identificación N°0923562987 y Josmar Vicente Estrada Quiñonez con documento de identificación N°0952052397; expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto de titulación: “Diseño de estructura metálica para residencia estudiantil con contenedores para el campus María Auxiliadora”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Civil, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 25 de enero del 2025

Atentamente,



Yamileth Gallegos Sabando

C.I.: 0923562987



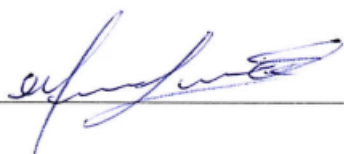
Josmar Estrada Quiñonez

C.I.: 0952052397

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Ing. Fabian Alberto Macas Jaramillo. con documento de identificación N.º0704808625, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO DE ESTRUCTURA METÁLICA PARA RESIDENCIA ESTUDIANTIL CON CONTENEDORES PARA EL CAMPUS MARÍA AUXILIADORA, realizado por Yamileth Suleika Gallegos Sabando con documento de identificación N.º0923562987 y Josmar Vicente Estrada Quiñonez con documento de identificación N.º0952052397, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de Ingeniero Civil que cumple todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 25 de enero del año 2025

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Fabian Macas', is written over a horizontal line.

Ing. Fabian Alberto Macas Jaramillo

C.I.: 0704808625

DEDICATORIA

Dedico este trabajo y todo el tiempo cursado primeramente a mi hijo Israel Isaías Gallegos Sabando, quien ha sido mi motor e inspiración, mi razón de ser y mi mayor alegría. Tu sonrisa y tu amor han sido el combustible que me ha permitido avanzar en este camino.

A mis padres, Franklin Stalin Gallegos Uzca y Nelly Patricia Sabando Pozo, quienes han sido mi roca, mi apoyo y mi guía. Su amor y dedicación han sido fundamentales en mi vida y en la consecución de este título.

A mi hermano Franklin Patricio Gallegos Sabando y a mi sobrina Fransesca Abigail Gallegos Granizo, quienes me han animado con su alegría y carisma. Su presencia en mi vida ha sido un regalo, y su apoyo y motivación han sido pilares fundamentales en mi camino.

Yamileth Suleika Gallegos Sabando

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres, Tania Yadira Quiñonez Bustos y Vicente Javier Estrada Galiano, quienes han sido mi fuente de inspiración y motivación. Su amor y apoyo incondicional han sido fundamentales en mi vida y en la consecución de este título.

A mi abuelita gata, quien partió de este mundo dejando un vacío, a ti y a mi familia va dedicado este trabajo de titulación, el que me dará el impulso para poder ser un profesional, mismo impulso que recibí de parte de mi familia para no rendirme y seguir adelante.

Josmar Vicente Estrada Quiñonez

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi eterno agradecimiento a Dios, por permitirme haber llegado hasta aquí, brindarme fuerzas y sabiduría para poder lograr mis metas propuestas.

Agradezco a mi hijo Israel Isaías Gallegos Sabando, gracias por tu amor, tu alegría y cariño han sido mi mayor motivación. A mis padres, Franklin Stalin Gallegos Uzca y Nelly Patricia Sabando Pozo, por siempre creer en mí. A mi hermano Franklin Gallegos y a mi sobrina Fransesca Gallegos, por su alegría y carisma que me han acompañado en este camino. Agradezco a mis abuelitos paternos Jaime Gallegos y Luz Uzca, a mi abuelita materna Laura Pozo, a mis tíos y primos, su presencia en mi vida a influido en la persona que soy hoy en día.

También quiero agradecer a mi querida Mónica Patricia Viteri Moya, a sus papis Marcelo Viteri y Emma Moya, y a la Hna. Catalina Yungán, estoy eternamente agradecida por el apoyo, amor y consejos brindados en todos estos años de estudio.

Agradezco especialmente al Ing. Fausto Cabrera, director de carrera, por su liderazgo y orientación. Al Ing. Leonardo Echeverría, por su apoyo y guía académica. Al Ing. Fabián Macas, nuestro tutor de tesis, por su orientación y apoyo en la elaboración de este trabajo.

A mis amigos Bryan Alcivar, Josué Pinto, Scarlet Mindiolaza, Juliana del Pezo y Josmar Estrada, gracias por el apoyo que me brindaron en el transcurso de la carrera, por sus conocimientos compartidos y su muy grata compañía.

Con todo mi amor y agradecimiento.

Yamileth Suleika Gallegos Sabando

AGRADECIMIENTO

Agradezco primeramente a Dios, por su guía y fortaleza que me ha permitido alcanzar este logro. Agradezco a mis padres, Tania Yadira Quiñonez Bustos y Vicente Javier Estrada Quiñonez, por su amor y dedicación. Su presencia en mi vida ha sido un regalo, y les agradezco por ser mi red de apoyo y mi fuente de inspiración.

Agradezco también a mis familiares y amigos, que han estado siempre allí para mí, brindándome su apoyo y amor incondicional.

Agradezco al director de carrera, Ing. Fausto Cabrera, por su liderazgo y orientación. Su experiencia y conocimiento han sido fundamentales en mi crecimiento profesional. Al Ing. Leonardo Echeverría, por su apoyo y guía en mi trayectoria académica. Su dedicación y pasión por la enseñanza han sido un ejemplo para seguir. Al Ing. Fabián Macas, nuestro tutor de tesis, por su orientación y apoyo en la elaboración de este trabajo. Su experiencia y conocimiento han sido fundamentales en la consecución de este título.

Y a mis amigos, que han sido mis compañeros de camino y han estado siempre allí para mí. Su apoyo y amistad han sido fundamentales en mi crecimiento personal y profesional.

Con todo mi amor y agradecimiento.

Josmar Vicente Estrada Quiñonez

Resumen

El objetivo de este proyecto es diseñar una estructura metálica que pueda soportar contenedores de marítimos, que cumplirían la función de departamentos para estudiantes de la Universidad Politécnica Salesiana en el campus María Auxiliadora de Guayaquil.

Esta propuesta es una solución innovadora a la falta de opciones de alojamiento cercanas, seguras, cómodas y bajo tiempo de ejecución, especialmente para estudiantes de otras provincias.

El proyecto se basa en los principios de desarrollo sostenible y ahorro energético, utilizando contenedores marítimos como una alternativa moderna, económica y respetuosa con el medio ambiente a los métodos de construcción tradicionales.

El proyecto analizará aspectos clave como la estabilidad estructural, la resistencia sísmica, el coste y la sostenibilidad mediante modelización informática avanzada y comparación con edificios de hormigón armado.

Además, se implementarán principios de diseño sostenible y tecnología avanzada para garantizar el cumplimiento de las normas de construcción y crear entornos óptimos de aprendizaje y entretenimiento.

El proyecto también incluye un detallado estudio de viabilidad técnica y económica, apoyado en software especializado y herramientas de modelado estructural para proporcionar una solución integral y eficaz.

Abstract

The objective of this project is to design a metallic structure that can support shipping containers, which would serve as apartments for students of the Salesian Polytechnic University at the Maria Auxiliadora campus in Guayaquil.

This proposal is an innovative solution to the lack of nearby, safe and comfortable housing options, especially for students from other provinces.

The project is based on the principles of sustainable development and energy savings, using shipping containers as a modern, economical and environmentally friendly alternative to traditional construction methods.

The project will analyze key aspects such as structural stability, seismic resistance, cost and sustainability through advanced computer modeling and comparison with reinforced concrete buildings.

In addition, sustainable design principles and advanced technology will be implemented to ensure compliance with building standards and create optimal learning and entertainment environments.

The project also includes a detailed technical and economic feasibility study, supported by specialized software and structural modeling tools to provide a comprehensive and effective solution.

INDICE

1.	Planteamiento del problema.....	1
2.	Ubicación.....	1
3.	Objetivos.....	3
3.1.	Objetivo General.....	3
3.2.	Objetivos Específicos.....	3
4.	Justificación	3
5.	Hipótesis	4
6.	Marco Teórico.....	6
6.1.	Conceptos generales.....	6
6.2.	Causas del Sismo	6
6.2.1.	Actividad Volcánica.....	8
6.2.2.	Actividad Humana	8
6.2.3.	Explotación de Recursos Naturales.....	8
6.3.	Construye un Gran Tanque de Almacenamiento.....	9
6.3.1.	Explosión Nuclear o Industrial.....	9
6.3.2.	Excave y Haga Túneles Profundamente	9
6.3.3.	Calefacción Geométrica, ...	9
6.4.	Ondas Sísmicas	10

6.4.1.	Los principales tipos de ondas sísmicas son:	11
6.5.	Morteros Estructurales	12
6.5.1.	Definición y Composición	12
6.5.2.	Materiales compuestos de cemento, agregados finos, aditivos y agua	12
6.6.	Clasificación	13
6.6.1.	Composición orgánica.....	13
6.6.2.	Composición inorgánica.....	14
6.6.3.	Por resistencia	14
6.6.4.1.	Eventos sísmicos del Ecuador (2000 en adelante)	16
6.6.4.3.	Terremoto de Pedernales (2016).....	17
6.6.5.	Conceptos básicos de construcciones Sostenibles.	19
6.6.6.	Teoría Estructural.....	20
1.1.2.	Baja permeabilidad.....	25
6.6.7.	Longitud de pandeo lateral.....	30
6.6.8.	Esbeltez	31
6.7.	Límites de Esbeltez.	32
6.7.1.	Diseño de estructura de acero	32
6.7.2.	Morteros reforzados con fibras.	34
6.7.3.	Secciones Transversales.....	35
6.7.4.	Secciones Tipo I.....	36

6.8.1.	Secciones rectangulares	38
6.8.2.	Secciones Cuadradas.....	39
6.8.3.	Secciones Tipo L.....	41
6.8.4.	Viga en C.....	42
6.8.5.	Perfiles tipo T.....	42
6.8.6.	Angulo de tipo L	43
6.8.7.	Secciones Circulares.	44
6.9.	Secciones simplemente armadas.....	45
6.9.1.	Secciones Mixtas.....	45
6.9.2.	Secciones tipo T	46
6.10.	Tipo de fallas en Estructura Metálica	47
6.10.1.	Conexiones Remachadas.....	56
6.10.2.	Estabilidad y resistencia a la corrosión	59
6.15.1.	Cálculo de prediseño de vigas.....	74
2.	Conclusiones	95
3.	Recomendaciones.	96
4.	Bibliografía	98

ÍNDICE DE FIGURES

ILUSTRACIÓN 1/ UBICACION DEL PROYECTO	1
ILUSTRACIÓN 2/ CAPAS DE LA TIERRA	7
ILUSTRACIÓN 3/ CAUSA DE LOS SISMOS	10
ILUSTRACIÓN 4/ TIPOS DE ONDAS SÍSMICAS	15
ILUSTRACIÓN 5/ /RESULTADOS DE TERREMOTO DE TENA 2010	16
ILUSTRACIÓN 6/ RESULTADOS DEL TERREMOTO DEL 2016	17
ILUSTRACIÓN 7/ UBICACIÓN INICIAL DEL SISMO DE LAS 02H04	18
ILUSTRACIÓN 8/ ESTRUCTURA DE ACERO SOSTENIBLE	20
ILUSTRACIÓN 9/ TIPOS DE ESFUERZOS	21
ILUSTRACIÓN 10/ IDEA GRAFICA DE CARGA DE VIENTO	23
ILUSTRACIÓN 11/ SOTAVENTO Y BARLOVENTO	25
ILUSTRACIÓN 12/ ELEMENTO SOMETIDO A COMPRESIÓN	26
ILUSTRACIÓN 13/ ELEMENTOS QUE PUEDEN SER SOMETIDOS A COMPRESIÓN	26
ILUSTRACIÓN 14Z/ EJEMPLO DE FLEXIÓN EN SECCIONES.	27
ILUSTRACIÓN 15/ TORSIÓN	28
ILUSTRACIÓN 16/ DISEÑO DE UNA VIGA CON MOMENTO CORTANTE	28
ILUSTRACIÓN 17/ PANDEO LATERAL TORSIONAL	30
ILUSTRACIÓN 18/ LONGITUD DE PANDEO LATERAL	31
ILUSTRACIÓN 19/ PERFILES TIPO I	36
ILUSTRACIÓN 20/ PERFILES DE ACERO TIPO C	37
ILUSTRACIÓN 21/ DIMENSIONES DE PERFILES RECTANGULARES	38

ILUSTRACIÓN 22/ EJEMPLAR DE UN PERFIL SHS	40
ILUSTRACIÓN 23/ VIGAS DE D TIPO I	41
ILUSTRACIÓN 24/ VIGAS TIPO C	42
ILUSTRACIÓN 25/SECCIONES TIPO	43
ILUSTRACIÓN 26/ SECCIÓN DE TIPO L	43
ILUSTRACIÓN 27/EJEMPLO DE SECCIONES TIPO T	47
ILUSTRACIÓN 28/ CONEXIONES ATORNILLADAS Y SOLDADAS.	50
ILUSTRACIÓN 29/EJEMPLO DE GRADOS DE LIBERTAD	51
ILUSTRACIÓN 30/ EJEMPLO DE CONEXIONES SIMPLES	51
ILUSTRACIÓN 31/ CONEXIONES RÍGIDAS	52
ILUSTRACIÓN 32/ REPRESENTACIÓN DE LOS TIPOS DE CONEXIONES.	53
ILUSTRACIÓN 33/ EJEMPLO DE CONEXIÓN POR SOLDADURA.....	54
ILUSTRACIÓN 34/ EJEMPLO DE CONEXIÓN APERNADAS	56
ILUSTRACIÓN 35/EJEMPLO DE CONEXIONES REMACHADAS	57
ILUSTRACIÓN 36/ SECCIONES EN ESTRUCTURAS DE ACERO.....	58
ILUSTRACIÓN 37/ EFECTO DE LOS SISMOS SOBRE UN EDIFICO	60
ILUSTRACIÓN 38/ EQUIPAMIENTO CON CONTENEDORES, GUAYARTE (GUAYAQUIL-ECUADOR)	63
ILUSTRACIÓN 39/ CONTEINER CITY (LONDRES, REINO UNIDO).....	63
ILUSTRACIÓN 40/ RESIDENCIA ESTUDIANTIL, ESPOL (GUAYAQUIL, ECUADOR)	64
ILUSTRACIÓN 41/CASA CONTENEDOR SUDÁFRICA.....	67
ILUSTRACIÓN 42/ CONTAINER CITY 1.....	68

ILUSTRACIÓN 43/ RESTAURANTE CONTENEDOR	68
ILUSTRACIÓN 44/ MUSEO CONTENEDORES.	69
ILUSTRACIÓN 45/ DISEÑO ARQUITECTÓNICO DEL CONTENDOR.....	71
ILUSTRACIÓN 46/ VISTA AMPLIA PLANO ARQUITECTÓNICO	72
ILUSTRACIÓN 47/ESQUEMA DE IMPLANTACIÓN DE PROYECTO.	74
ILUSTRACIÓN 48SECCIONES CREADA EN SAP	88
ILUSTRACIÓN 49/ DISEÑO FINAL DE ESTRUCTURA	89
ILUSTRACIÓN 50/ RESULTADO DE LA SIMULACIÓN CON CARGAS ASIGNADAS.....	89
ILUSTRACIÓN 51/ UNIÓN DE VIGAS SECUNDARIAS CON PRINCIPALES	90
ILUSTRACIÓN 52/ GRAFICA DE CARGA AXIAL RESULTANTE EN TRAMO DE PÓRTICO.....	90
ILUSTRACIÓN 53/DIAGRAMA DE ESFUERZOS CORTANTES.....	91
ILUSTRACIÓN 54/ DIAGRAMA DE MOMENTOS CORTANTES	91
ILUSTRACIÓN 55/ DIAGRAMA DE MOMENTOS CORTANTES.	92
ILUSTRACIÓN 56/ GRAFICAS DE MOMENTOS DE LA VIGA	92
ILUSTRACIÓN 57GRAFICA DE MOMENTOS EN COLUMNA.....	93
ILUSTRACIÓN 58/ UNIÓN DE VIGA TIPO I CON VIGAS PRINCIPAL TIPO I	94

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1/ COORDENADAS DEL PROYECTO	2
TABLA 2/ COORDENADAS DE ÁREA DE CONSTRUCCIÓN	2
TABLA 3/MAGNITUDES SÍSMICAS	18
TABLA 4/ RESUMEN DE EVENTOS SÍSMICOS REGISTRADO DESDE EL AÑO 2000 EN ADELANTE.	19
TABLA 5/PROPIEDADES DE ACERO A36	33
TABLA 6/ACERO A572	34
TABLA 7/ MEDIDAS DE SECCIONES CIRCULARES.	44
TABLA 8/ CLASIFICACIÓN DE RIGIDEZ.....	50
TABLA 9/ TAMAÑO DE PERNOS SEGÚN LA NORMA AISC	55
TABLA 10/ CALCULO DE VIGAS PRINCIPALES	82
TABLA 11/ TABLA CON CÁLCULO DE VIGAS PRINCIPALES DE BORDE	83
TABLA 12/EXCEL PARA VERIFICACIÓN DE CÁLCULO DE COLUMNAS ESQUINERA	85
TABLA 13/ HOJA DE EXCEL CON CÁLCULOS DE COLUMNA CENTRAL	87
TABLA 14/RESUMEN DE PERFILES DISEÑADOS PARA LA ESTRUCTURA	88
TABLA 15/ RESUMEN DE PESODE LA ESTRUCUTRA	94

1. Planteamiento del problema

Los estudiantes de la Universidad Politécnica Salesiana de Guayaquil, campus María Auxiliadora, enfrentan serias dificultades para encontrar opciones de alojamiento cercanas a la universidad que cumplan con criterios de comodidad, seguridad y asequibilidad. Además, la falta de opciones adecuadas incrementa el estrés y dificulta la creación de un entorno propicio para el estudio y el descanso.

Esta situación no solo compromete su calidad de vida, sino que también influye negativamente en su desempeño académico, dado que el tiempo y esfuerzo invertidos en buscar o desplazarse de lugares lejanos hacia la universidad limitan su concentración y productividad.

2. Ubicación

El estudio se concentra en el área posterior de la universidad politécnica Salesiana ubicado en el kilómetro 19 vía a la costa. Posee un área externa de 0.38Kilometros cuadrados.

Ilustración 1/ UBICACION DEL PROYECTO



Tabla 1 de coordenadas.

Tabla 1/ Coordenadas del proyecto

SISTEMAS DE COORDENADAS UTM WGS-84		
PUNTOS LIMITES DE TERRENO		
Punto	Norte	Este
1	9757140.43	606436.99
2	9757161.66	607151.02
3	9756420.25	606799.27
4	9756702.14	607032.96
Área de predio propuesto	380000 metros cuadrados.	

Nota: Esta tabla muestra las coordenadas que limitan el terreno en cuatro puntos establecidos.

Tabla 2 de coordenadas.

Tabla 2/ Coordenadas de área de construcción

SISTEMAS DE COORDENADAS UTM WGS-84		
ÁREA DE CONSTRUCCIÓN		
Punto	Norte	Este
1	9757050.51	606630.15
2	9756933.99	606838.58
3	9756780.68	606740.60
4	9756883.17	606633.10
Área de construcción propuesto	31000 metros cuadrados.	

Nota: Esta tabla muestra el área límite de construcción con respecto al terreno seleccionado.

3. Objetivos

3.1.Objetivo General

Determinar la adecuación de los contenedores como residencias estudiantiles, considerando la estructura necesaria para garantizar la seguridad y comodidad de los ocupantes.

3.2.Objetivos Específicos

Evaluar la resistencia estructural de la estructura metálica que soportara a los contenedores como conjunto residencial estudiantil mediante el uso de modelos matemáticos y comprobaciones en software estructural.

Determinar la capacidad de resistencia sísmica de la estructura metálica que soportara a los contenedores mediante análisis lineales estáticos, dinámicos y simulaciones en software especializado.

Realizar un análisis estadístico y comparativo entre la estructura metálica que soportara a los contenedores y la construcción tradicional de hormigón, evaluando costos, sostenibilidad y tiempo de ejecución.

4. Justificación

La universidad Politécnica Salesiana a lo largo de los años ha albergado estudiantes de diferentes ciudades del Ecuador, hoy en día la sede en Guayaquil cuenta con aproximadamente 7.000 estudiantes de los cuales podemos denotar que aproximadamente un 5% son estudiantes migrantes que se esmeran en buscar una mejor calidad de vida.

Esto conlleva que muchos de ellos tengan que realizar largas horas de viaje desde su lugar de residencia hasta el campus donde realizan sus estudios, inclusive muchos en la necesidad de estar más cercanos se han visto en la necesidad de buscar lugares donde alquilar para vivir, encareciendo en muchos casos el costo de estudios.

La propuesta de diseño para la construcción de contenedores para viviendas estudiantiles es una solución innovadora y sostenible para abordar la escasez de alojamiento estudiantil, en los alrededores del campus universitario, mejorando la calidad de vida de los estudiantes de la Universidad Politécnica Salesiana de Guayaquil, Campus María Auxiliadora, y promoverá soluciones transformadoras para el alojamiento estudiantil, evaluando la eficiencia y sostenibilidad de la estructura metálica y brindando herramientas para mejorar su resistencia.

La evaluación de la viabilidad estructural de contenedores como residencias estudiantiles es crucial para garantizar la seguridad y estabilidad de las estructuras. Este estudio aborda las necesidades de resistencia estructural, capacidad sísmica y comparación con la construcción tradicional de hormigón armado, proporcionando información científica y técnica para implementar contenedores seguros y sostenibles.

5. Hipótesis

El diseño estructural del conjunto residencial Eco-campos, utilizando contenedores como materiales de construcción, puede proporcionar una solución sostenible y segura para la vivienda urbana.

Hipótesis Detallada 1:

La aplicación de la Teoría Estructural en el diseño del conjunto residencial Eco-campos permitirá reducir significativamente los costos de construcción y aumentar la eficiencia energética.

Hipótesis Detallada 2:

El uso de contenedores como materiales de construcción en el conjunto residencial Ecocampos minimizará el impacto ambiental y mejorarán la calidad de vida de los residentes, en comparación con métodos constructivos tradicionales.

Elaborar las Bases Teóricas.

Teorías Aplicadas: Este proyecto se basa en los principios de la Teoría Estructural, que busca garantizar la estabilidad y resistencia de las estructuras, mediante el análisis de cargas y esfuerzos en estructuras de contenedores, diseño de estructuras resistentes a fuerzas naturales (viento, sismo, etc.) en zonas urbanas, y selección de materiales y sistemas estructurales adecuados para la construcción con contenedores, permitiendo evaluar la seguridad y durabilidad de las estructuras, optimizar el diseño para minimizar costos y maximizar eficiencia, y garantizar la estabilidad y resistencia de las estructuras ante condiciones climáticas adversas.

Etapa de Implementación

La etapa de implementación consistirá en la construcción del conjunto residencial Eco-campos según el diseño y planificación establecidos, incluyendo la selección y contratación de proveedores y contratistas, la supervisión de la obra, la instalación de sistemas y servicios, y la entrega final del proyecto, asegurando que se cumplan los estándares de calidad, seguridad y sostenibilidad establecidos.

Etapa de Evaluación y Monitoreo

La etapa de evaluación y monitoreo implicará el seguimiento y análisis del desempeño del conjunto residencial Ecocampos una vez finalizado, evaluando su eficiencia energética, sostenibilidad, seguridad y satisfacción de los residentes, identificando áreas de mejora y realizando ajustes necesarios para asegurar que el proyecto cumpla con sus objetivos y metas establecidas.

6. Marco Teórico

6.1. Conceptos generales

6.1.1. Sismos

Los sismos son movimientos de la tierra debido a la liberación interna de energía. En algunos países se los denomina sismos para referirse a temblores de baja intensidad.

Los sismos son movimientos agresivos de la tierra causados por la liberación de la energía acumulada de manera repentina. Es un movimiento rápido y vibratorio de la superficie terrestre provocadas como se mencionó anteriormente por perturbaciones que se originan en el interior de nuestro planeta. También se le puede denominar temblor al movimiento poco intenso de la tierra o terremoto a un movimiento de mayor magnitud de intensidad llegando a ser casi destructivo.

6.2. Causas del Sismo

Se producen por el choque de placas tectónicas, provocando ya anteriormente mencionado la liberación de energía y reorganización de la corteza terrestre, estos movimientos son continuos hasta que se vuelven a encontrar en equilibrio.

Otros factores que producen sismo son los movimientos de laderas, hundimiento de cavidades cársticas, los procesos volcánicos y la deformación de las rocas presentes en una falla. Los cambios de presión atmosféricas son otra razón por la que se generan los sismos, alteraciones fluviales y por la intervención del hombre.

Como base se conoce que se denomina foco sismo o hipocentro al lugar donde se da origen al sismo, desde allí y en dirección vertical a la superficie se encontrara el epicentro, es aquí donde las ondas sísmicas presentan su mayor periodo de liberación de energía.

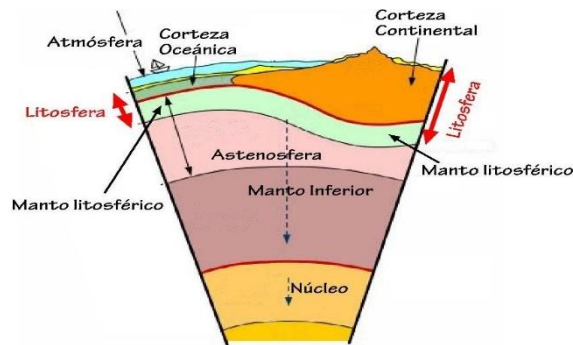
Movimiento tectónico.

Los movimientos tectónicos son procesos geológicos que se inician en la Tierra y juegan un papel fundamental en la formación y destrucción de grandes accidentes geográficos como montañas, valles y fosas oceánicas.

Estos movimientos son consecuencia del movimiento de las placas tectónicas que forman la litosfera, elevándose por encima de la astenosfera. Su causa principal son las corrientes de convección en el manto terrestre, que surgen de las diferencias de temperatura y densidad de la roca fundida. Estas corrientes actúan como un motor que mueve las placas tectónicas.

Además, este movimiento se ve favorecido por la gravedad, especialmente en los límites de subducción, donde las placas tectónicas colapsan hacia el interior de la Tierra.

Ilustración 2/ CAPAS DE LA TIERRA



Nota: Ilustración donde se muestran las capas de la tierra. Fuente: Google.

6.2.1. Actividad Volcánica

Las erupciones volcánicas son explosiones de lava, gas y cenizas emitidas desde el interior de un volcán; Este desastre natural provoca diversos daños y consecuencias para las personas que viven cerca de él.

Devastación causada por erupciones volcánicas

Esto podría obligar a las personas que viven en las laderas del volcán a abandonar sus hogares para evitar que la lava llegue hasta ellos.

Además, las erupciones volcánicas pueden provocar quemaduras, pérdida de extremidades, asfixia, lesiones oculares, dificultad para respirar e incluso la muerte. Las erupciones volcánicas pueden provocar terremotos, deslizamientos de tierra, deslizamientos de tierra y tsunamis si el volcán está cerca del océano.

6.2.2. Actividad Humana

Los humanos pueden provocar terremotos mediante una variedad de acciones que alteran el equilibrio natural de fuerzas en la corteza terrestre. Los terremotos, también conocidos como terremotos provocados por el hombre, pueden ser causados por los siguientes factores principales:

6.2.3. Explotación de Recursos Naturales

Minería a gran escala. Cavar profundamente en una mina puede redistribuir la tensión en la corteza terrestre, provocando pequeños terremotos. Producción de petróleo y gas. La producción de hidrocarburos reduce la presión en los yacimientos subterráneos, lo que puede desestabilizar las rocas circundantes. 2. Fractura hidráulica (fracking)

6.3.Construye un Gran Tanque de Almacenamiento.

Presión causada por el almacenamiento de agua. El peso del agua almacenada en grandes represas puede aumentar la presión sobre las capas de roca subyacentes y reactivar fallas geológicas. Un ejemplo de esto es el terremoto de la presa Koyne de 1967 en la India.

6.3.1. *Explosión Nuclear o Industrial*

Las pruebas subterráneas de armas nucleares o las grandes explosiones de la actividad industrial pueden liberar suficiente energía para provocar terremotos locales, aunque suelen ser de pequeña magnitud.

6.3.2. *Excave y Haga Túneles Profundamente*

Estructuras como metros, túneles de tráfico o infraestructuras subterráneas de servicios públicos pueden alterar la estabilidad de las rocas cercanas, provocando pequeños terremotos en zonas sensibles.

6.3.3. *Calefacción Geométrica,*

En lugares donde se extrae vapor o agua caliente del suelo para crear energía geotérmica, los cambios de presión en el sistema geotérmico pueden provocar terremotos.

Ilustración 3/ Causa de los sismos



Nota: Diagrama elaborado por Estrada Josmar, simplificando la causa de los sismos.

6.4.Ondas Sísmicas

Las ondas sísmicas se dividen en dos tipos principales: ondas superficiales y ondas de partículas.

Las ondas superficiales se propagan dentro de la Tierra, mientras que las ondas superficiales se propagan a lo largo de su capa exterior.

6.4.1. *Los principales tipos de ondas sísmicas son:*

Ondas P (ondas primarias o de compresión): son las ondas sísmicas más rápidas que pueden viajar a través de sólidos, líquidos y gases. Las ondas P hacen que las partículas se muevan en la misma dirección que la onda, provocando compresión y expansión.

Onda S (onda secundaria o transversal): la onda S es más lenta que la onda P y solo puede propagarse a través de objetos sólidos. Hacen que las partículas se muevan perpendicularmente a la dirección de propagación de la onda, provocando un movimiento cortante o lateral.

Ondas superficiales. Estas ondas viajan a través de la superficie de la Tierra y suelen ser las más destructivas durante los terremotos.

Las ondas de amor y las ondas de Rayleigh son los dos tipos principales de ondas superficiales que provocan movimientos de partículas horizontales y elípticos, respectivamente.

Características de las ondas sísmicas.

La degradación del concreto, causada por factores como la carbonatación, la penetración de cloruros y la fisuración, aumenta significativamente el riesgo de colapso estructural. Estos procesos deterioran la matriz de cemento, disminuyen la adherencia entre el acero y el concreto, y facilitan la iniciación y propagación de la corrosión en las armaduras. La pérdida de sección efectiva en las barras de acero, producto de la corrosión, reduce la capacidad portante de los elementos estructurales, haciéndolos más vulnerables a cargas. Además, la expansión de los productos de corrosión genera tensiones internas que pueden provocar el agrietamiento y el desprendimiento del recubrimiento de concreto, debilitando aún

más la estructura. En casos extremos, la combinación de estos factores puede llevar al colapso de elementos estructurales o de la estructura completa, poniendo en riesgo la vida de las personas y generando pérdidas económicas significativas.

6.5. Morteros Estructurales

6.5.1. Definición y Composición

Los morteros estructurales son materiales compuestos, generalmente a base de cemento, que se utilizan en la construcción para unir elementos estructurales y garantizar la estabilidad de una edificación. Su composición varía dependiendo de la aplicación específica, pero típicamente incluyen cemento Portland, agregados finos (arena), agua y aditivos que mejoran sus propiedades. A diferencia de los morteros convencionales, los morteros estructurales poseen una mayor resistencia mecánica y durabilidad, lo que los hace ideales para soportar cargas y resistir condiciones ambientales adversas. Su diseño y fabricación se rigen por normas técnicas específicas que garantizan su calidad y desempeño.

6.5.2. Materiales compuestos de cemento, agregados finos, aditivos y agua

Las ondas sísmicas tienen una serie de rasgos característicos que las distinguen y las hacen útiles en la investigación sísmica. Estas son algunas de las características más importantes de las ondas sísmicas:

Velocidad de propagación: Las ondas sísmicas viajan a través de la Tierra a diferentes velocidades, dependiendo del tipo de onda y del material que atraviesa.

Las ondas P (primarias) son más rápidas y pueden viajar a través de sólidos, líquidos y gases, mientras que las ondas S (secundarias) son más lentas y solo pueden viajar a través de sólidos.

La velocidad de las ondas superficiales también varía según su tipo. Naturaleza de la propagación de las ondas:

Las ondas P son ondas longitudinales, lo que significa que se propagan comprimiendo y expandiendo la materia en la dirección de su movimiento.

Las ondas S son ondas transversales y se propagan sacudiendo la tierra de lado a lado, perpendicularmente a la dirección de propagación.

Las ondas superficiales tienen un movimiento coherente, que puede ser vertical u horizontal. Capacidad de propagarse a través de materiales: las ondas P pueden propagarse a través de sólidos, líquidos y gases, mientras que las ondas S solo pueden propagarse a través de sólidos.

6.6.Clasificación

6.6.1. Composición orgánica

La clasificación basada en la composición orgánica divide a los elementos en categorías según la presencia y disposición de átomos de carbono en sus moléculas. Los compuestos orgánicos, que forman la base de la vida en la Tierra, se caracterizan por contener enlaces carbono-carbono y carbono-hidrógeno. Esta clasificación es fundamental en química orgánica, esto permite agrupar sustancias con propiedades y reactividades similares, facilitando su estudio y aplicación en diversos campos, como la medicina, la industria farmacéutica y la producción de materiales. Los compuestos inorgánicos, por otro lado, carecen de estos enlaces característicos y suelen estar compuestos por elementos como el oxígeno, el hidrógeno, el nitrógeno y los metales.

6.6.2. Composición inorgánica

La clasificación de los morteros según su composición inorgánica se fundamenta en los materiales inertes y aglutinantes que conforman la mezcla. Los componentes inorgánicos más comunes en los morteros son los agregados finos (arena), el agua y un aglutinante, que suele ser un material hidráulico como el cemento Portland, la cal aérea o la cal hidráulica. Esta clasificación permite diferenciar los morteros según su resistencia, durabilidad y aplicaciones específicas. Por ejemplo, los morteros de cemento Portland son conocidos por su alta resistencia y se utilizan en construcciones que requieren gran durabilidad, mientras que los morteros de cal aérea se emplean en restauraciones de edificaciones históricas debido a su mayor permeabilidad al vapor de agua.

6.6.3. Por resistencia

La clasificación de los morteros por resistencia es una de las más comunes en la construcción, lo cual, determina su capacidad para soportar cargas y esfuerzos. Esta clasificación se basa en la resistencia a la compresión del mortero, que se mide en megapascuales (MPa). Según esta clasificación, los morteros se dividen en diferentes clases, desde los de baja resistencia, utilizados para trabajos de albañilería ligera, hasta los de alta resistencia, empleados en estructuras que soportan grandes cargas. La elección de la clase de mortero adecuada depende de las exigencias del proyecto, como el tipo de material a unir, las condiciones ambientales y las cargas a las que estará sometido. Esto se debe a diferencias en la forma en que se propagan las ondas y a la rigidez de los materiales. Amplitud y frecuencia:

Las ondas sísmicas tienen diferentes amplitudes y frecuencias, las cuales determinan su energía e impacto sobre las estructuras y el suelo.

Las ondas sísmicas más fuertes pueden causar daños importantes. Reflexión y refracción.

Cuando las ondas sísmicas golpean el límite entre dos tipos de materiales con diferentes propiedades, como densidad o rigidez, pueden reflejarse o refractarse, lo que permite a los sismólogos estudiar la estructura interna de la Tierra. Interferencia y deterioro.

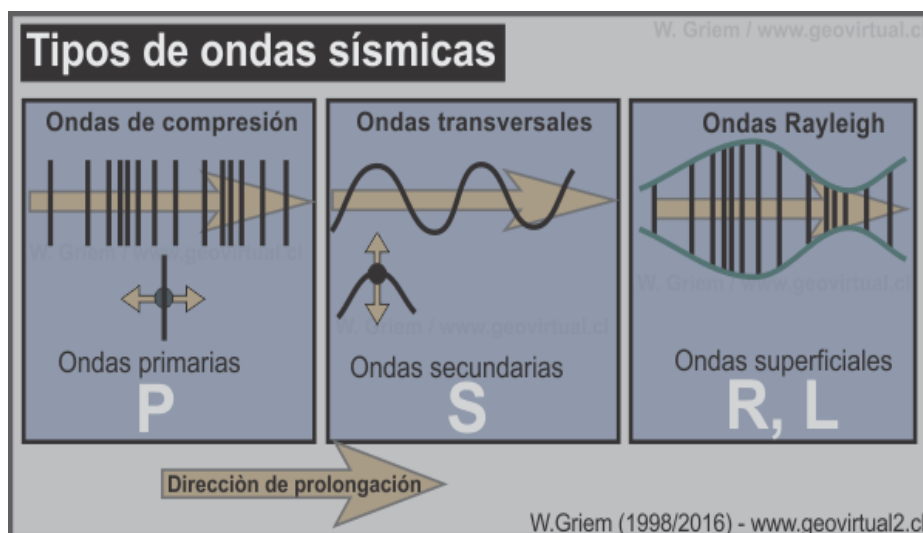
Las ondas sísmicas pueden interferir entre sí y su amplitud disminuye a medida que pasan a través del material. La atenuación es la disminución gradual de la amplitud de una onda a medida que pasa a través de la Tierra.

Generadas por eventos sísmicos:

Las ondas sísmicas se generan principalmente por eventos sísmicos como terremotos, erupciones volcánicas y explosiones.

Detectarlos y registrarlos con sismógrafos permite a los científicos estudiar y comprender estos eventos y la estructura interna de la Tierra.

Ilustración 4/ Tipos de ondas sísmicas



Nota: Ilustración, donde se expone de forma gráfica el comportamiento de las ondas sísmicas.

6.6.4. Sismos en el Ecuador.

La geografía del Ecuador lo convierte en un país atractivo, no solo por su riqueza cultural, sus tradiciones y su topografía, sino también por su ubicación. El país se encuentra en el Cinturón de Fuego del Pacífico, una de las regiones con mayor actividad sísmica en el mundo. Esta ubicación ha dado lugar a eventos.

6.6.4.1. Eventos sísmicos del Ecuador (2000 en adelante)

6.6.4.2. Terremoto de la Tena (2010)

Ocurrió el 12 de agosto del 2010 en la ciudad de Tena, provincia de Napo, duro un aproximado de 40 segundos con una magnitud de 7.2 en la escala de Magnitud de Momento, con una profundidad de 238km por lo que debido a su profundidad no fue leve, presentando daños moderados (IGEPN, 2010)

Ilustración 5/ /Resultados de terremoto de Tena 2010



6.6.4.3. Terremoto de Pedernales (2016)

Ocurrió el 16 de abril de 2016, siendo uno de los eventos más inesperados en la historia del Ecuador del siglo XXI, mas no por su magnitud del terremoto si no por el pánico que causo en los residentes de esta ciudad. En esa misma fecha sucedió el terremoto de pedernales con una magnitud de 7.8 en la escala de Magnitud de Momento, el cual logro alcanzar una profundidad de 17 kilómetros resultado en un terremoto devastador.

Ilustración 6/ Resultados del terremoto del 2016



6.6.4.4. Terremoto de Salinas (2019)

Ocurrió el 31 de marzo, en la ciudad de Salinas, provincia de Santa Elena, tuvo una magnitud de 6.1 en la escala de Magnitud de Momento, lo que conllevó a que se presentaran réplicas con una magnitud de 2.2 a 5.4 de magnitud local.

Ilustración 7/ Ubicación inicial del sismo de las 02h04

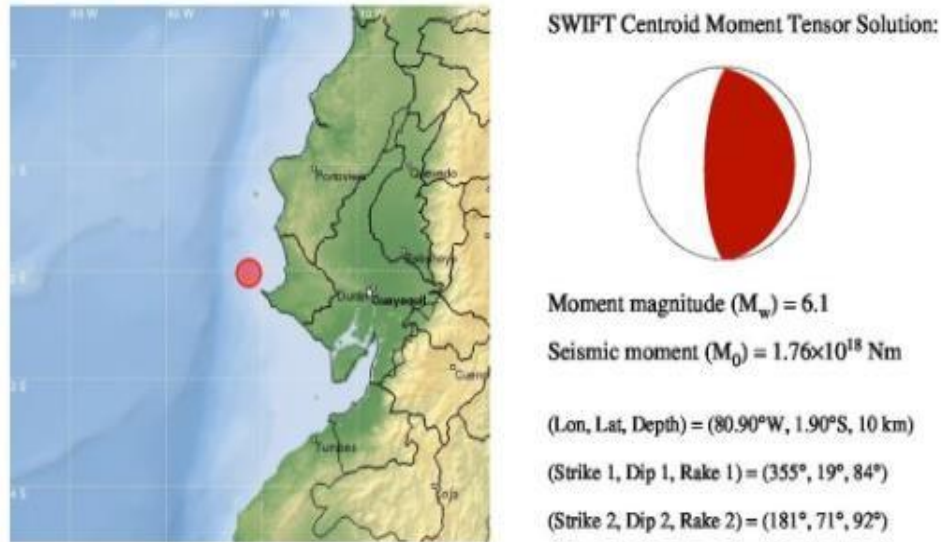


Tabla 3/Magnitudes sísmicas

02h04	6.1 Mw	Costa afuera de Salinas
02h08	4.9 MLv	Costa afuera de Salinas
02h12	4.5 MLv	Costa afuera de Salinas
02h27	4.8 MLv	Costa afuera de Salinas
02h28	5.4 MLv	Costa afuera de Salinas
02h35	3.5 MLv	Costa afuera de Salinas
02h45	4.1 MLv	Costa afuera de Salinas
03h53	3.9 MLv	Costa afuera de Salinas
03h54	4.0 MLv	Costa afuera de Salinas

Nota: Se presenta una tabla con las magnitudes de los sismos del 31 de marzo que ocurrió en salinas en el 2019

Tabla 2

Tabla 4/ Resumen de eventos sísmicos registrado desde el año 2000 en adelante.

TERREMOTO	FECHA	MAGNITUD	PROFUNDIDAD	FALLECIDOS
Terremoto de Tena	12-08-2010	7.2 Mw	238 km	0
Terremoto de Quito	12-08-2014	5.1 Mw	7.7 km	4
Terremoto de Pedernales	16-04-2016	7.8 Mw	17 km	661
Terremoto de Esmeraldas	19-12-2016	5.7 Mw	10 km	3
Terremoto de Jama	30-06-2017	6.3 Mw	9 km	0
Terremoto de Pastaza	01-02-2018	6.9 Mw	-	0
Terremoto de Macas	22-02-2019	7.6 Mw	65.29 km	0
Terremoto de Guayaquil	22-02-2019	5.9 Mw	34.41 km	0
Terremoto de Salinas	31-03-2019	6.1 Mw	-	0

Nota: Mw= escala de magnitud de momento, Km = kilometro.

6.6.5. Conceptos básicos de construcciones Sostenibles.

La construcción sostenible se refiere a la práctica de diseñar y construir edificios que minimicen el impacto ambiental y promuevan la eficiencia en el uso de recursos.

Algunos conceptos clave incluyen:

Reducción de residuos: Técnicas para minimizar los desechos en la construcción.

Uso eficiente de recursos: Optimización del uso de materiales, agua y energía.

Minimización del impacto ambiental: Reducción de la huella ecológica en la construcción.

Uso de materiales reciclados: Incorporación de materiales reciclados en la construcción.

Diseño pasivo: Diseño que aprovecha la naturaleza para reducir la necesidad de energía.

Ilustración 8/Estructura de acero sostenible.



Nota: Ejemplo de una estructura sostenible, obtenida de Google.

6.6.6. Teoría Estructural

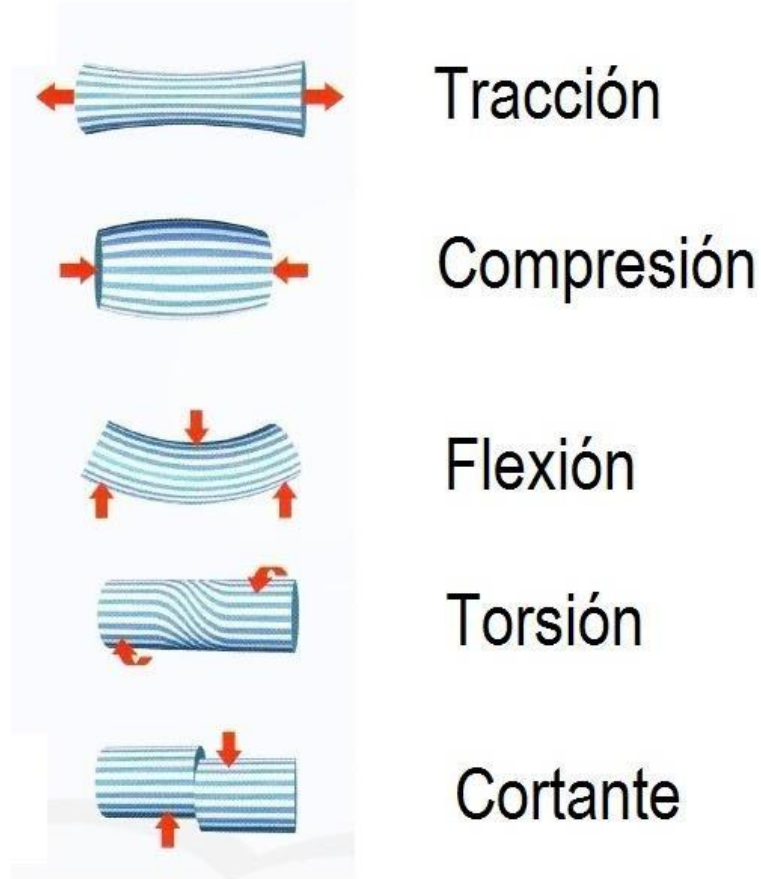
La teoría estructural se enfoca en el análisis de la estabilidad y resistencia de las estructuras.

En el contexto de la construcción con contenedores, es fundamental considerar los siguientes puntos:

6.6.6.1. Análisis de cargas y esfuerzos.

El análisis de cargas y esfuerzos es fundamental para determinar la resistencia de la estructura, considerando las siguientes cargas:

Ilustración 9/ Tipos de esfuerzos



6.6.6.2. Carga muerta: Es el peso propio de la estructura.

La carga muerta en una construcción son todos aquellos elementos que permanentes, entre los que se puede añadir son las cargas de los muros, la cubierta, las ventanas, columnas, plomería etc, todo aquel objeto empotrado.

Las principales características de las cargas muertas:

El principal peso propio de la estructura es su propio peso.

Son fuerzas verticales porque son creadas por un peso que apunta verticalmente hacia abajo.

Son cargas permanentes porque actúan cuando la estructura está estacionaria.

La cantidad de carga estática se considera constante.

Algunos ejemplos de cargas muertas:

- Pavimento
- Losas
- Muros
- Frisos
- Rellenos
- Paredes

6.6.6.3. Carga viva: Es el peso de ocupantes, muebles, equipos, etc.

Las cargas vivas que actúan sobre las estructuras son de naturaleza temporal y también varían en tamaño y ubicación.

Surgen dependiendo del propósito de la estructura e incluyen personas que entran y salen, automóviles, ascensores, todo tipo de máquinas, muebles e incluso fenómenos naturales, como el movimiento del agua y la tierra.

6.6.6.4. Características de las cargas vivas:

Surgen por el uso del edificio.

No son duraderos. -Se presentan en personas que se mueven con frecuencia y en objetos.

Tu ubicación puede cambiar. - Su valor no es fijo, ni siquiera sostenible. No tienen en cuenta las cargas ambientales, es decir, el viento y el clima.

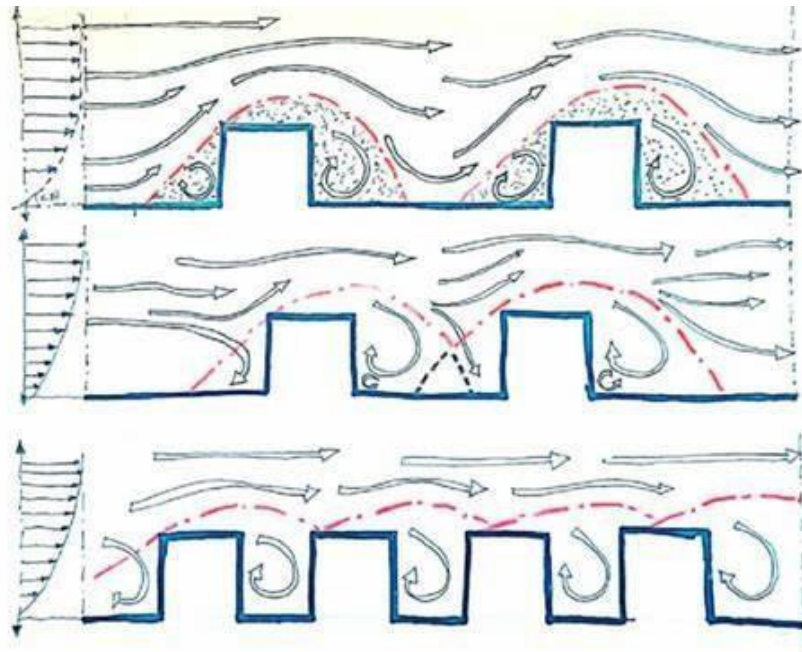
6.6.6.5. Carga lateral: Viento y sismos.

6.6.6.5.1. Cargas sísmicas

Para llevar a cabo el procedimiento de cálculo de la fuerza sísmica, primero determine los coeficientes sísmicos NEC - SE - DS, el espectro sísmico elástico, la regularidad del plano, la regularidad vertical y el coeficiente de corte esencialmente por referencia a la descomposición. Diseñado contra terremotos y peligros sísmicos.

Esto es de fundamental importancia debido a la importante ubicación de la inversión al estar ubicada en una zona de mayor riesgo sísmico.

Ilustración 10/ Idea grafica de carga de viento



Nota: Ilustración que explica cómo funcionan las cargas de viento

6.6.6.5.2. Sotavento.

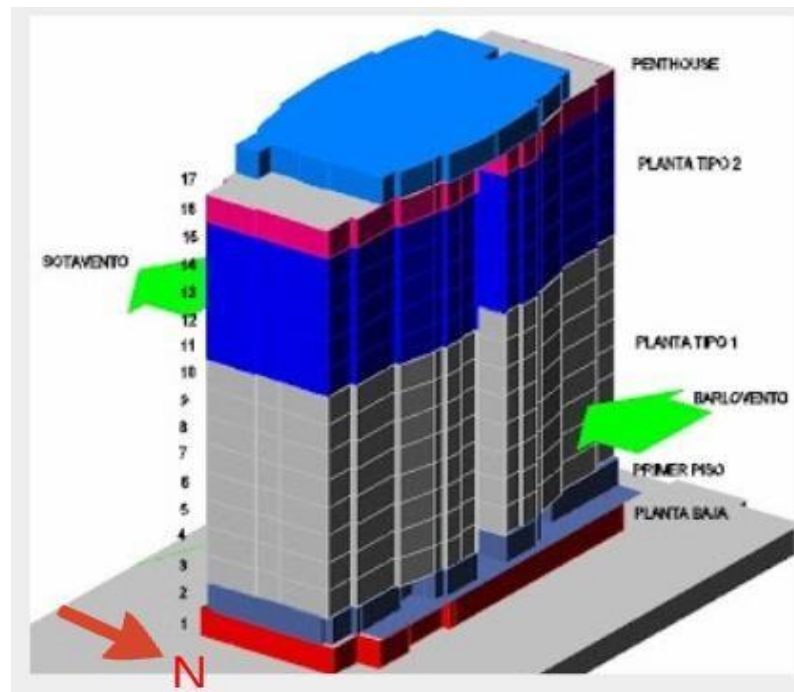
El lado de sotavento es el lado de la estructura que está protegido del impacto directo del viento predominante. El término es ampliamente utilizado en ingeniería civil, arquitectura y meteorología, ya que juega un papel esencial en el diseño y construcción de edificios, muros y otras estructuras. Su cálculo preciso nos permite garantizar la estabilidad, el confort y la seguridad frente a las influencias naturales que pueden afectar la durabilidad del edificio.

6.6.6.5.3. Barlovento

El lado de barlovento de la estructura o superficie directamente expuesta al viento predominante. El término se utiliza ampliamente en ingeniería civil, arquitectura, navegación y meteorología porque el viento tiene un impacto significativo en el diseño y operación de estructuras.

Es necesaria una correcta identificación y análisis de la dirección del viento para garantizar que los edificios o estructuras expuestas puedan soportar estas fuerzas, evitar daños estructurales y mejorar la eficiencia aerodinámica o energética, si procede.

Ilustración 11/ Sotavento y Barlovento



1.1.1.1.1.

1.1.2. Baja permeabilidad.

Nota: Imagen obtenida de blog de estructuras metálicas.

6.6.6.5.4. Tracción

El diseño de estructuras de compresión de acero es el proceso de crear estructuras que puedan soportar cargas verticales u horizontales que actúen en dirección opuesta a la dirección del acero. Esto puede incluir edificios, puentes, torres y otros tipos de estructuras que requieren la capacidad de resistir cargas que actúan en direcciones opuestas. El objetivo es diseñar proyectos que sean seguros, eficientes y económicamente viables.

6.6.6.5.5. *Compresión*

El miembro de compresión es una pieza simple que está sometida a una fuerza axial que provoca una compresión pura.

Ilustración 12/ Elemento sometido a compresión

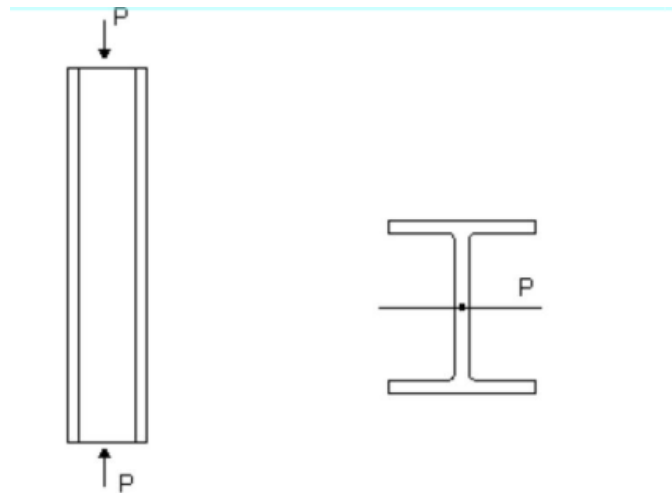


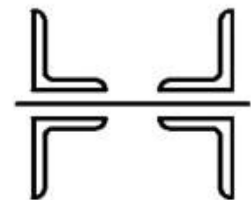
Ilustración 13/ Elementos que pueden ser sometidos a compresión.



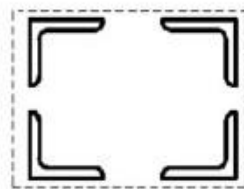
a) Columna formada por dos ángulos



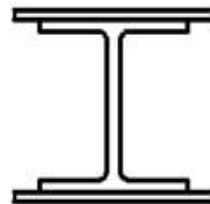
b) Dos ángulos separados unidos con placa



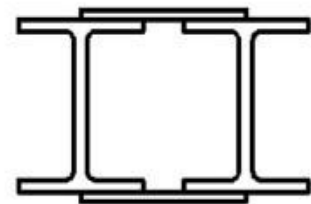
c) Cuatro ángulos, sección abierta



d) Cuatro ángulos en caja



e) Perfil W con placas de refuerzo en alas



f) Dos perfiles W en caja

6.6.6.5.6. Flexión

En ingeniería, la flexión es un tipo de deformación que se produce en un elemento estructural que se estira en una dirección perpendicular a su eje longitudinal.

El término "expansión" se utiliza cuando una dimensión domina a las demás. Un caso típico es el de una viga diseñada principalmente para doblarse. De manera similar, el concepto de flexión se extiende a piezas estructurales superficiales como placas o paneles.

Ilustración 14z/ Ejemplo de flexión en secciones.

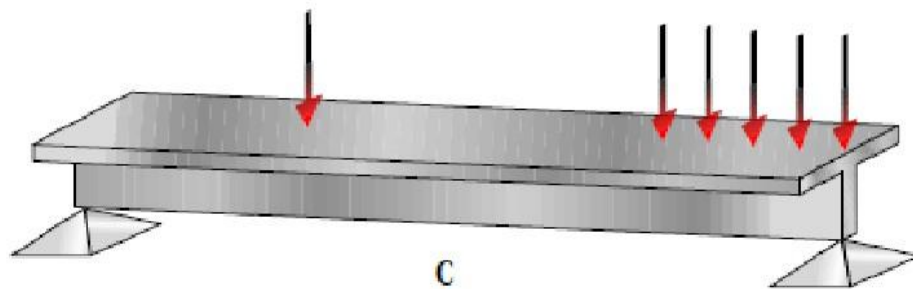


Figura 4.1 Viga sometida a cargas

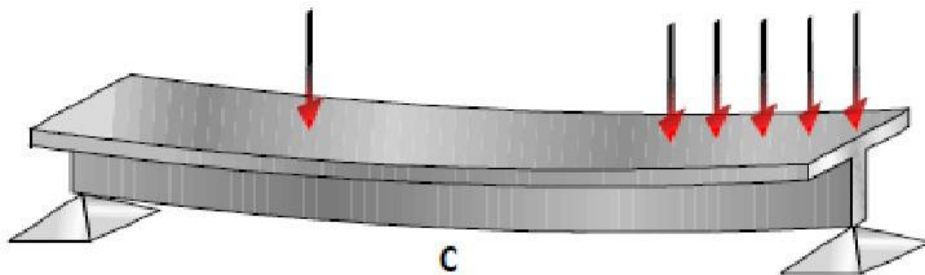


Figura 4.2 Flexión de la viga debido a cargas

Ilustración 15/ Torsión

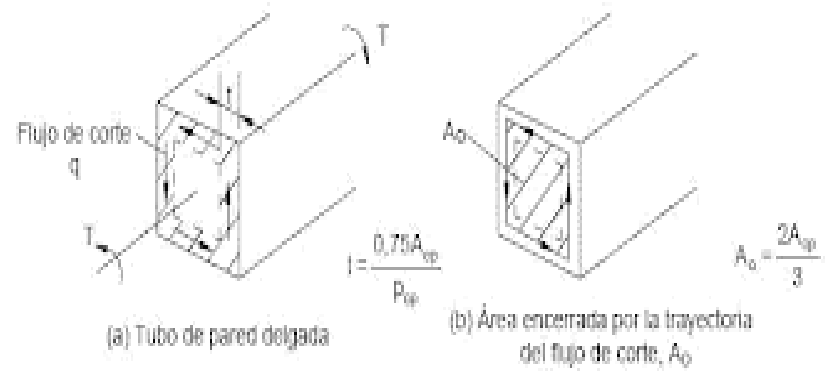
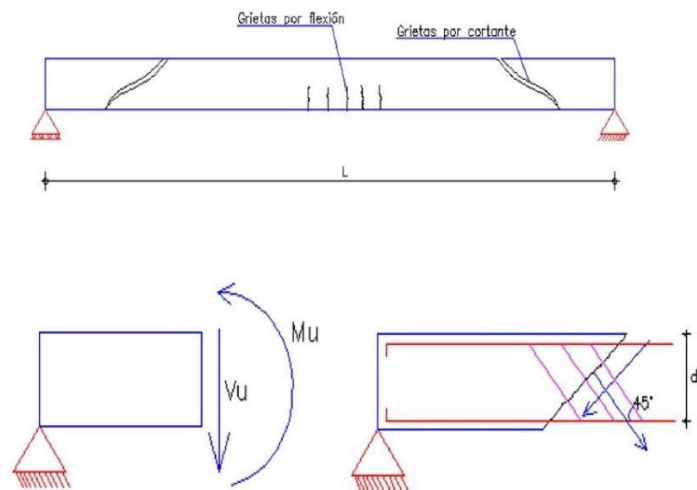


Figura 13-1 – Analogía del tubo de pared delgada

6.6.6.5.7. Cortante

Ilustración 16/ Diseño de una viga con momento cortante



6.6.6.5.8. Pandeo lateral torsional

El modo de falla que usted describe se llama inestabilidad torsional.

Este fenómeno ocurre cuando las vigas dobladas, especialmente las secciones de acero o madera se vuelven inestables debido a la interacción entre la flexión y la torsión.

Esto ocurre porque las fibras superiores se comprimen y si no hay suficiente resistencia o rigidez lateral la viga puede deformarse fuera del plano de carga y girar alrededor de su eje longitudinal.

Factores que afectan la torsión horizontal:

Longitud ilimitada: cuanto mayor sea la distancia entre los puntos de montaje laterales, mayor será la posibilidad de deformación

6.6.6.5.9. Forma de la sección transversal:

Las secciones transversales como las vigas en I son más susceptibles a pandearse debido al bajo momento de inercia en la dirección horizontal.

6.6.6.5.10. Cargas aplicadas:

Las cargas excéntricas o distribuidas aumentan el riesgo de inestabilidad.

6.6.6.5.11. Material de la viga:

Propiedades como el módulo elástico y la resistencia al corte también afectan este fenómeno.

6.6.6.5.12. Mitigación: Soporte lateral:

Instale diafragmas, vigas de soporte o cables para proporcionar soporte lateral.

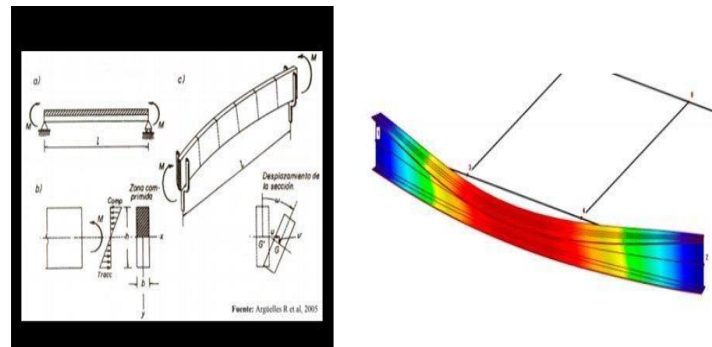
6.6.6.5.13. Aumente la rigidez torsional:

Utilice perfiles cerrados como tubos o agregue refuerzos en los extremos.

6.6.6.5.14. Reducción de la longitud efectiva:

Instale soportes intermedios para una reducción de longitud ilimitada

Ilustración 17/ Pandeo lateral torsional



Obtenida de: (PANDEO LATERAL TORSIONAL | RAG INGENIERIA ESTRUCTURAL,n.d.)

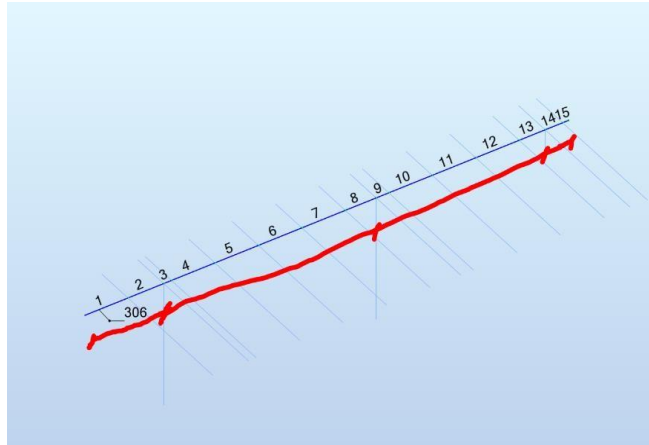
6.6.7. Longitud de pandeo lateral.

La longitud de deflexión horizontal se refiere a la distancia que un miembro estructural, como una viga, puede soportar una deflexión torsional longitudinal.

Este fenómeno ocurre cuando un miembro estructural se dobla y su ala de compresión no está adecuadamente soportada horizontalmente, lo que puede provocar desplazamiento lateral y torsión del miembro. Importancia en el diseño estructural

Al diseñar la estructura, se debe tener en cuenta la longitud de la curvatura lateral para garantizar la estabilidad y la seguridad. Si la longitud de curvatura es demasiado larga.

Ilustración 18/Longitud de pandeo lateral



Obtenido de: *(Cómo Definir Correctamente La Longitud de Pandeo Lateral Para La Viga de Acero Dividida En Varios Segmentos En Robot Structural Analysis,n.d.)*

6.6.8. Esbeltez

La flexibilidad es un concepto mecánico relacionado con la relación entre la longitud de un miembro estructural y su sección transversal. Normalmente, se expresa como un parámetro sin unidades que ayuda a evaluar la rigidez y el comportamiento de los miembros estructurales que soportan carga.

En pocas palabras, un elemento delgado es un elemento cuya longitud es mucho mayor que su sección transversal, lo que lo hace susceptible a fenómenos como la deformación.

6.7.Límites de Esbeltez.

El límite de esbeltez es un valor crítico que determina el grado en que un elemento estructural puede considerarse protegido contra el pandeo.

Este límite varía según el tipo de material y la forma del elemento. Por ejemplo, para vigas metálicas, un límite de esbeltez comúnmente utilizado es 200 o 250, según el código aplicable y las condiciones de carga.

Si la elasticidad del elemento supera este límite, se considera importante el riesgo de inestabilidad, que puede amenazar la estabilidad de la estructura.

Ecuación 1/ Limite de esbeltez

$$\lambda = \frac{L_{ef}}{r}$$

6.7.1. *Diseño de estructura de acero*

El diseño estructural de acero requiere considerar:

Tipos de acero: Resistencia, ductilidad y soldabilidad

Entre los tipos de acero que se encuentran en el mercado actualmente tenemos:

1. A36: El acero A36 (norma ASTM A36) es uno de los aceros estructurales al carbono más utilizados, aunque el acero estructural A36 tiene un contenido máximo de carbono del 0,29%, se considera acero dulce (contenido de carbono $\leq 0,25\%$).

a. Propiedades:

i. Densidad del acero A36: 7,85 g/cm³ (0,284 lb/in³)

- ii. Punto de fusión: 1425-1538 °C (2600-2800 °F)
- iii. Módulo de Elasticidad del Acero A36: 200 GPa (29×103 ksi)
- iv. Relación de Poissons: 0,26

Tabla 5/Propiedades de acero A36

TABLE A3.1 Listed Materials		
Standard Designation	Permissible Grades/Strengths	Other Limitations
(a) Hot-Rolled Shapes		
ASTM A36/A36M	–	–
ASTM A529/A529M	Gr. 50 [345] or Gr. 55 [380]	–
ASTM A572/A572M	Gr. 42 [290], Gr. 50 [345], Gr. 55 [380], Gr. 60 [415], or Gr. 65 [450]	Type 1, 2, or 3
ASTM A588/A588M	–	–
ASTM A709/A709M	Gr. 36 [250], Gr. 50 [345], Gr. 50S [345S], Gr. 50W [345W], QST 50 [QST345], QST 50S [QST345S], QST 65 [QST450], or QST 70 [QST485]	–
ASTM A913/A913M	Gr. 50 [345], Gr. 60 [415], Gr. 65 [450], Gr. 70 [485], or Gr. 80 [550]	–
ASTM A992/A992M	–	–
ASTM A1043/A1043M	Gr. 36 [250] or Gr. 50 [345]	–
(b) Hollow Structural Sections (HSS)		
ASTM A53/A53M	Gr. B	–
ASTM A500/A500M	Gr. B, Gr. C, or Gr. D	–
ASTM A501/A501M	Gr. B	ERW or seamless
ASTM A618/A618M	Gr. Ia, Gr. Ib, Gr. II, or Gr. III	ERW or seamless
ASTM A847/A847M	–	–
ASTM A1065/A1065M	Gr. 50 [345] or Gr. 50W [345W]	A572, A588, or A709 HPS 50W [345W]
ASTM A1085/A1085M ^[a]	Gr. A	–

6.7.2. Morteros reforzados con fibras.

(c) Plates		
ASTM A36/A36M	–	–
ASTM A283/A283M	Gr. C or Gr. D	–
ASTM A514/A514M	–	See Note [b].
ASTM A529/A529M	Gr. 50 [345] or Gr. 55 [380]	–
ASTM A572/A572M	Gr. 42 [290], Gr. 50 [345], Gr. 55 [380], Gr. 60 [415], or Gr. 65 [450]	Type 1, 2, or 3
ASTM A588/A588M	–	–
ASTM A709/A709M	Gr. 36 [250], Gr. 50 [345], Gr. 50W [345W], HPS 50W [HPS345W], HPS 70W [HPS485W], or HPS 100W [HPS 690W]	–
– indicates no restriction applicable on grades/strengths or there are no limitations, as applicable ERW = electric resistance welded ^[a] ASTM A1085/A1085M material is only available in Grade A, therefore it is permitted to specify ASTM A1085/ A1085M without any grade designation. ^[b] For welded construction, the steel producer shall be contacted for recommendations on minimum and maximum preheat limits, and minimum and maximum heat input limits.		

Nota: Obtenida de AISC 360

2. A572:

a. Propiedades:

- i. Densidad del acero: 7800- 8000 kg/m³ (alrededo 7.9 g/cm³ o 0.285 lb/in³).
- ii. Modulo elástico: 190 GPa (27557 ksi) - 210GPa (30458 ksi).
- iii. Relación de poisson: 0.27 – 0.30

Tabla 6/Acero A572

Espesor	Área	PESO x PLANCHA	
		LARGO (mm)	
		6000	12000
(mm)	(cm ²)	(kgf)	(kgf)
6	146.4	689.5	1379
8	195.2	919.4	1839
10	244.0	1149	2298
12	292.8	1379	2758
14	341.6	1609	3218
16	390.4	1839	3678

Espesor

Área PESO x PLANCHA

LARGO (mm)

6000 12000

(mm) (cm²)(kgf) (kgf)

6 146.4 689.5 1379

8 195.2 919.4 1839

10 244.0 1149 2298

12 292.8 1379 2758

14 341.6 1609 3218

16 390.4 1839 3678

i. Densidad: 7800 - 8000 kg/m³ (alrededo 7.9 g/cm³ o 0.285 lb/in³).

ii. Modulo elastico: 50- 65 ksi (345 - 450 MPa)

iii. Relación de poisson: 0.27-0.30

6.7.3. Secciones Transversales

Los perfiles de acero estructural se caracterizan por la forma de la sección transversal; por ejemplo, hay perfiles en forma de ángulos de 90°, perfiles en T, perfiles en Z y placas.

También hay vigas en I, pero hay dos tipos y son diferentes. Una es la viga estándar estadounidense llamada viga S y la otra es una viga de ala ancha llamada viga W. Cabe

señalar que el espesor de la viga W, a diferencia del ala cónica de la viga S, facilita la conexión.

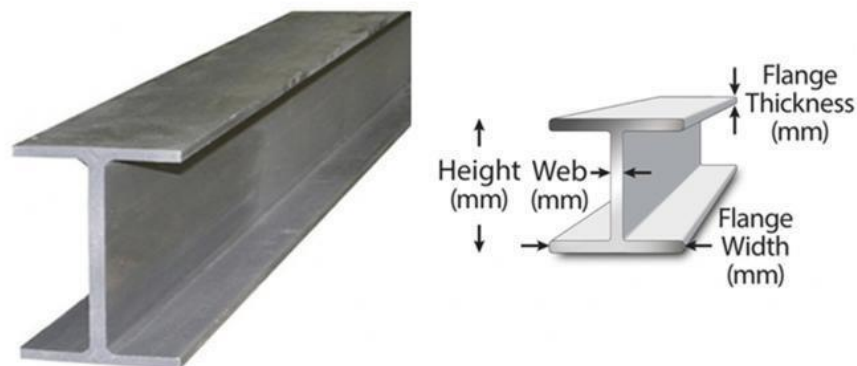
El 50% de las estructuras laminadas son vigas de ala ancha

6.7.4. Secciones Tipo I

Una sección tipo I es una de las formas estandarizadas en los perfiles de acero estructural utilizada para una serie de construcciones, un ejemplo de su uso es la construcción de puentes, aparcamientos rascacielos etc.

Las vigas en I tienen alas paralelas. A veces estas alas se vuelven más estrechas. Las patas de las vigas en I son más estrechas que las vigas en H y las vigas en I de ala ancha. Como resultado, soportan menos peso y tienen longitudes más cortas (hasta 30 pies) que las columnas H y las vigas W, que pueden tener hasta 330 pies de largo. La viga en I es una variación de la viga en S.

Ilustración 19/ Perfiles tipo I



6.8. Secciones tipo C

Los perfiles estructurales "C", es decir, canales o ejes de acero laminado en frío, son productos tradicionales de los sistemas de construcción. Su diseño permite la producción de estructuras que puedan soportar cargas moderadas y luces pequeñas.

Es un elemento constructivo ligero y de fácil montaje.

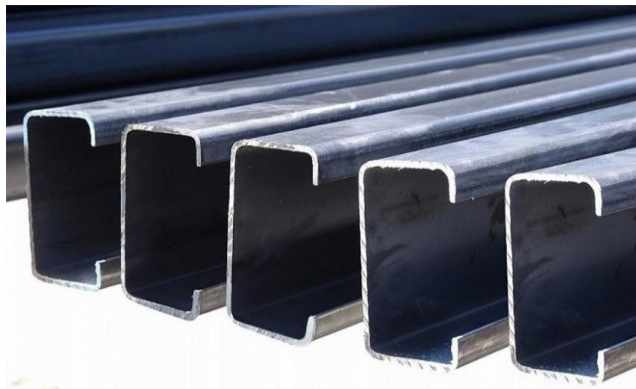
Las estructuras, canales y pisos tipo "C" también son de acero galvanizado. Es un producto ideal para cualquier estructura expuesta a la corrosión o condiciones exigentes.

bajo nivel de servicio

Ventajas:

- Producto funcional, fácil de instalar. • Flexibilidad y flexibilidad en el diseño. • Estructura más ligera. • Compatible con cualquier material o sistema constructivo.
- Las piezas estructurales son livianas y de gran resistencia. • La versión galvanizada ofrece una

Ilustración 20/Perfiles de acero tipo C

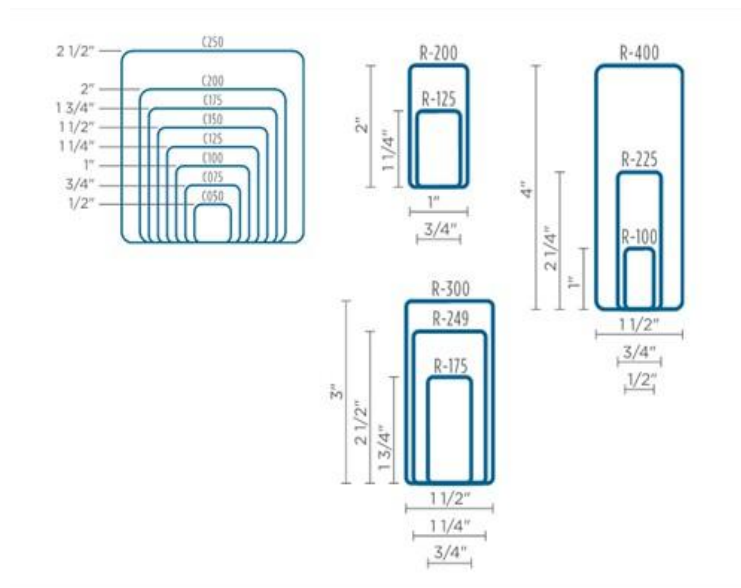


6.8.1. Secciones rectangulares

Son piezas fabricadas en acero laminado en frío o estampado, de sección rectangular. Su diseño garantiza una distribución uniforme de la tensión, lo que los hace ideales para transmitir cargas y momentos Y-Y. Estas configuraciones son muy populares y se utilizan en la construcción de estructuras metálicas como columnas, vigas, cerchas y marcos rígidos.

Gracias a su forma cerrada, ofrecen mayor resistencia a la flexión y torsión que las configuraciones abiertas como las de tipo "L" o "U". Además, su superficie plana les permite conectarse fácilmente a otros componentes mediante soldadura o pernos, lo que los convierte en una solución popular en proyectos industriales y arquitectónicos.

Ilustración 21/ Dimensiones de perfiles rectangulares



Nota: Obtenido de Aceromex

6.8.2. Secciones Cuadradas

Los perfiles huecos estructurales (SHS) combinan funcionalidad y estética, lo que los convierte en una excelente opción en estructuras de acero, especialmente en diseños arquitectónicos modernos y sostenibles. Aquí detallaré algunos de los beneficios clave:

- **Resistencia y flexibilidad:**

Los SHS tienen una excelente relación resistencia-peso, lo que les permite usarse en una variedad de aplicaciones como columnas, vigas y estructuras modulares. Su resistencia a la torsión y capacidad de carga los hacen ideales para edificios de varios pisos y estructuras abiertas.

- **Estética pura:**

Como perfiles cerrados con bordes uniformes y superficies lisas, los SHS proporcionan un acabado limpio y moderno. Esto reduce la necesidad de revestimientos adicionales y encaja elegantemente en diseños minimalistas.

- **Rendimiento de la construcción:**

Su diseño simétrico facilita el corte, soldadura y montaje, reduciendo el tiempo de construcción. Además, los perfiles huecos permiten un montaje más preciso, optimizando los recursos.

- **Durabilidad:**

Normalmente fabricado con acero de alta calidad, SHS es capaz de soportar climas severos, especialmente cuando se somete a tratamientos como galvanizado o pintura anticorrosión. Esto los hace ideales para estructuras expuestas a las condiciones climáticas.

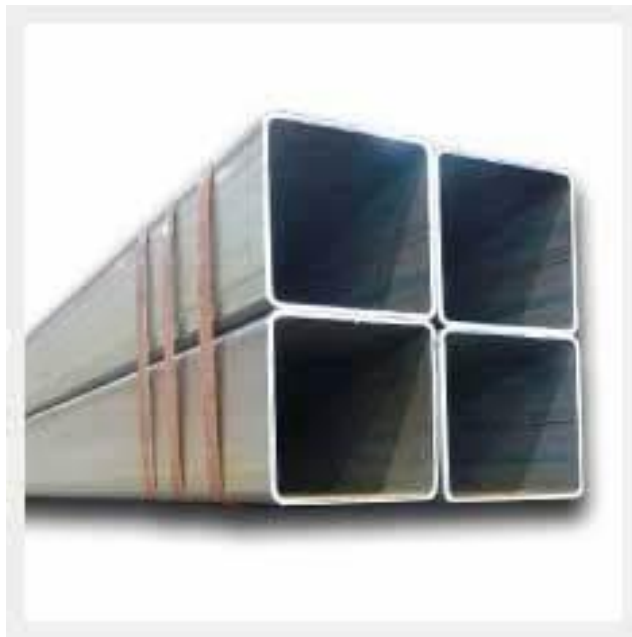
- **Estabilidad:**

El uso de SHS contribuye a diseños más sostenibles. Debido a que son reciclables y requieren menos material que los perfiles sólidos, ayudan a reducir los impactos ambientales negativos.

- **Diseño flexible:**

Los perfiles SHS se pueden combinar con otros perfiles (como perfiles HSS, perfiles laminados o paneles), permitiendo la creación de diseños personalizados que se ajusten a las necesidades específicas de un proyecto determinado.

Ilustración 22/ Ejemplar de un perfil SHS



Nota: Obtenido de (*HSS de Acero Estructural | Panel y Acanalados*, n.d.)

6.8.3. Secciones Tipo L

Los perfiles tipo L constan de dos patas que se unen en un Angulo recto de 90° por esta razón se forma con una letra “L”.

Las patas de esta sección pueden ser de medidas similares o una diferente de otra para tener una variedad en las medidas de este tipo de sección.

Las secciones en Angulo L garantizan estabilidad por lo cual se usan comúnmente para fijar un sistema de pisos a los cimientos de un edificio.

Existe variedad de perfiles tipo L que varían según el uso a aplicar. Vigas en formato I/Formato W/Formato H

Estas secciones se utilizan para las combinaciones de carga excepto la carga rotacional pura. Es muy eficiente y resistente para la flexión y la compresión y es óptimo para usarlo en variedad de diseños estructurales.

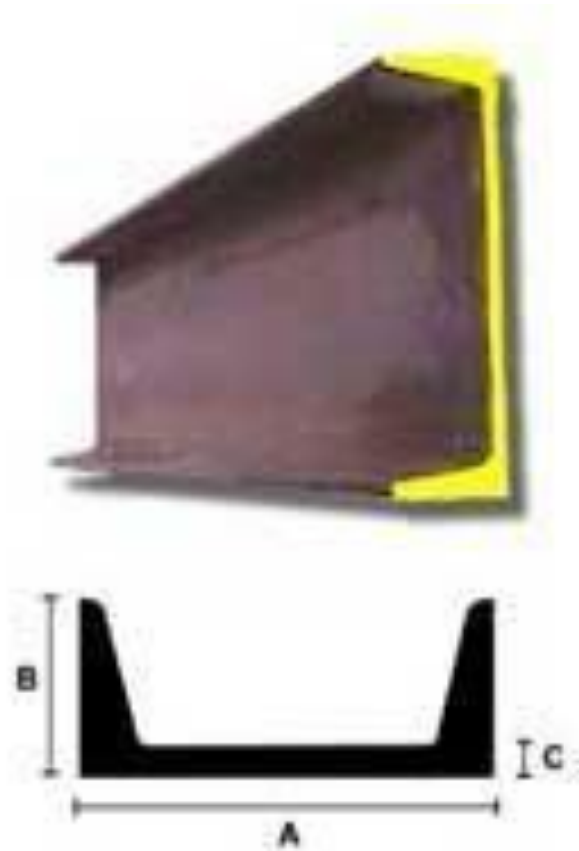
Ilustración 23/ Vigas de d tipo I



6.8.4. *Viga en C*

Esta sección es muy efectiva cuando se utiliza como miembro estructural secundario donde la carga se transfiere a otros miembros estructurales primarios. El uso más común del perfil en C o sección C como elemento estructural secundario es en vigas transversales.

Ilustración 24/ Vigas tipo C



6.8.5. *Perfiles tipo T*

Esta configuración se puede utilizar para todos los casos de carga como configuración I, excepto que esta configuración proporciona una resistencia a la flexión significativa en el lado con brida en comparación con el lado sin brida.

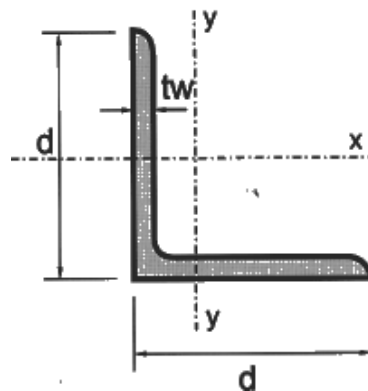
Ilustración 25/Secciones tipo



6.8.6. *Angulo de tipo L*

Los ángulos tienen una sección transversal en forma de L y patas cónicas de longitud igual o desigual. No se recomienda su uso como vigas a menos que estén dobladas y unidas en forma de T. Sin embargo, las esquinas tienen muchos usos y se utilizan principalmente como estabilizadores estructurales.

Ilustración 26/ Sección de tipo L



6.8.7. Secciones Circulares.

Las secciones circulares se fabrican con acero estructural con resistencia alta dada la geometría del perfil, el proceso de este perfil incluye una soldadura de frecuencia altas y en frío, este proceso permite dar como resultado tubos de hasta 12 metros de largo.

Tabla 7/ Medidas de secciones circulares.

TUBOS ESTRUCTURALES CIRCULARES							
Designación Comercial	Diametro Externo	Espesor	Sección	Peso	Peso/ Pieza	Pieza/ Atado	Peso/ Atado
	D	e	a	p			
NPS (1)	mm	mm	cm ²	kg/m	kg/pieza	Cant.	kg/atado
3	76,20	2,25	5,23	4,10	49,20	13	639,60
3 1/2	88,90	2,25	6,12	4,81	57,72	13	750,36
4 1/2	114,30	2,50	8,78	6,89	82,71	10	827,10
5	127,00	3,00	11,69	9,17	110,08	7	960,12
6	152,40	4,00	18,65	14,64	175,66	5	878,30
6 5/8	168,30	4,30	22,15	17,39	208,68	5	1.259,55
8 5/8	219,10	5,50	36,91	28,97	347,61	1	347,61
9 5/8	244,50	5,50	41,30	32,41	388,92	1	388,92
9 5/8	244,50	7,00	52,23	41,00	491,88	1	491,88
10 3/4	273,10	7,00	58,52	45,93	551,16	1	551,16
10 3/4	273,10	9,00	74,67	58,61	703,32	1	703,32
12 3/4	323,85	9,00	89,02	69,88	838,68	1	838,68
12 3/4	323,85	11,00	108,11	84,87	1.018,56	1	1.018,56

6.9.Secciones simplemente armadas

Este tipo de estructura se utiliza a menudo en estructuras de vigas de hormigón, donde el acero puede soportar fácilmente fuerzas de tracción y el hormigón puede soportar fuerzas de compresión.

En el caso de vigas simplemente reforzadas, los daños pueden producirse de dos maneras principales:

- Falla por tracción: ocurre cuando el refuerzo de acero alcanza su límite elástico antes de que el hormigón falle. Esta situación está conduciendo a un colapso gradual y previsible.
- Fractura por compresión: Se produce cuando el hormigón alcanza su resistencia a la compresión antes de que el acero falle. Este tipo de fallos ocurren de repente y son más peligrosos.

6.9.1. Secciones Mixtas

Las estructuras híbridas son sistemas que combinan acero y hormigón, aprovechando las ventajas únicas de ambos materiales para crear estructuras más flexibles, eficientes y duraderas. El hormigón es responsable de resistir cargas de compresión, mientras que el acero resiste cargas de tracción y proporciona ductilidad. Esta combinación permite optimizar el comportamiento estructural y reducir el consumo de material, haciendo las estructuras más sostenibles y rentables.

Este tipo de estructuras se utilizan a menudo en grandes proyectos como puentes y edificios de gran altura, donde es importante la capacidad de soportar grandes cargas y adaptarse a diferentes condiciones. Su flexibilidad permite su uso en estructuras complejas y

críticas, y su durabilidad garantiza un rendimiento óptimo bajo una variedad de cargas dinámicas, sísmicas y de viento.

Además, la construcción de uso mixto se caracteriza por un proceso constructivo más rápido y seguro porque las piezas pueden ser prefabricadas, lo que acorta el tiempo de construcción y mejora la calidad del producto final. Gracias a este enfoque, son ideales para proyectos que requieren soluciones innovadoras, eficientes y extremadamente sostenibles.

6.9.2. Secciones tipo T

El perfil T recto es un perfil estructural comúnmente utilizado en la construcción debido a su flexibilidad y propiedades mecánicas. Fabricado en acero laminado en caliente según las especificaciones ASTM A36, este material ofrece una buena combinación de resistencia y ductilidad, lo que lo hace ideal para aplicaciones estructurales y no estructurales.

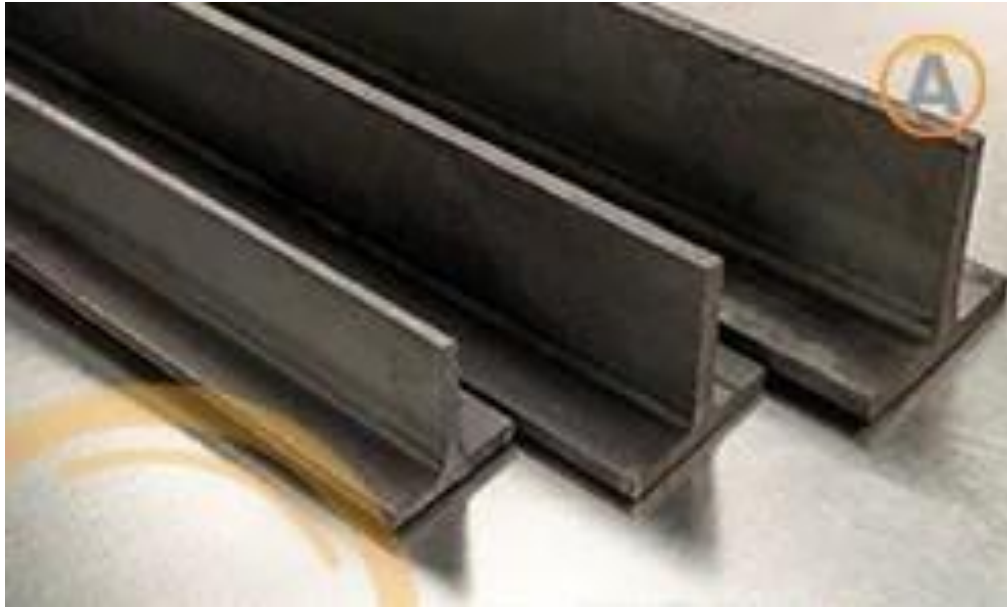
Características principales:

Tamaño estándar:

La longitud típica es de 6 metros. Tamaño del borde desde 25 mm hasta 120 mm. Tamaños populares: T 30x30x4 mm y T 40x40x5 mm. Material y calidad:

Estos perfiles se utilizan en sistemas de soporte, estructuras metálicas ligeras, refuerzos y en proyectos que requieren resistencia moderada, pero a la vez facilidad de instalación. Además, el cumplimiento de los estándares internacionales garantiza el uso de este producto en proyectos que requieren alta calidad y precisión.

Ilustración 27/Ejemplo de secciones tipo T



6.10. Tipo de fallas en Estructura Metálica

1. Problema de sobrecarga

Pandeo: ocurre cuando un elemento largo y delgado (como una columna) está sometido a una carga de compresión que excede su resistencia máxima, provocando una deformación lateral repentina.

Fluencia: Deformación plástica lenta que se produce en los materiales cuando se someten a una carga constante durante largos periodos de tiempo, especialmente a altas temperaturas. Ruptura: Se produce cuando la tensión en un punto determinado excede la resistencia última del material, provocando una fractura repentina.

2. Daños por fatiga

Son causadas por cargas cíclicas repetidas, incluso si están por debajo del límite elástico del material.

Con el tiempo, la tensión acumulada provocará grietas, que pueden propagarse y provocar una falla repentina. Se utiliza comúnmente en puentes, estructuras de tráfico y equipos industriales.

3. Daños por corrosión

Corrosión uniforme: Esta corrosión afecta la superficie del metal de manera uniforme, reduciendo la resistencia del metal. Corrosión localizada: incluye corrosión por picaduras y grietas que crea puntos débiles en áreas específicas, aumentando el riesgo de falla estructural.

Corrosión electroquímica: se produce cuando dos metales con diferentes potenciales electroquímicos entran en contacto entre sí en presencia de un electrolito.

4. Daños causados por impacto o vibración.

Este tipo de daño ocurre cuando una carga o impacto repentino excede la resistencia del material, provocando una deformación localizada o un agrietamiento severo.

Por ejemplo, accidentes provocados por colisiones de puentes o estructuras afectadas por terremotos.

5. Defectos debidos a errores de fabricación o montaje

Soldaduras defectuosas: Las soldaduras de mala calidad pueden provocar puntos de alta tensión y grietas.

Defectos del material: impurezas, huecos o inclusiones en un material que reducen la capacidad de carga del material. Montaje inadecuado: Las tolerancias de construcción inadecuadas pueden causar deformación local y sobrecarga.

6. Error de temperatura

Fractura frágil: A bajas temperaturas, algunos aceros pierden su ductilidad y se fracturan repentinamente.

Deformación por calor: A altas temperaturas, el acero pierde su resistencia, lo que puede provocar fallas en caso de incendio o exposición prolongada a altas temperaturas.

7. Error por vibración o resonancia.

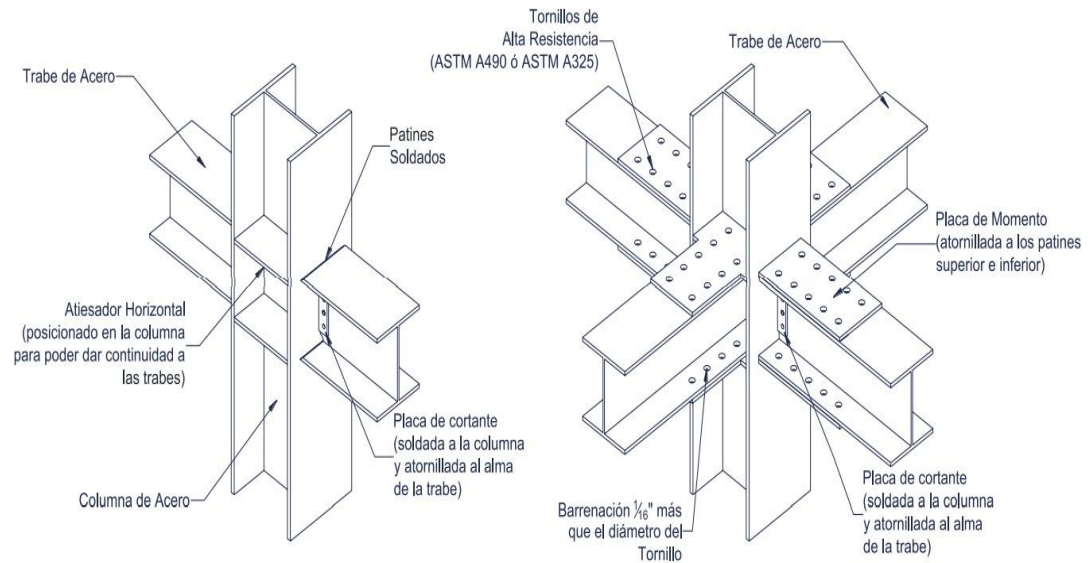
La vibración continua puede causar fatiga o resonancia del material, aumentando la deformación y provocando fallas estructurales.

8. Error de combinación

Este fenómeno ocurre cuando múltiples factores como la corrosión, la fatiga y la sobrecarga actúan juntos, acelerando el desgaste y aumentando el riesgo de falla catastrófica.

Son fundamentales en las edificaciones echas con acero debido a que estas unen a todos os elementos que constituyen a la estructura.

Ilustración 28/ Conexiones atornilladas y soldadas.



Ejemplar de un cuadro de las diferentes conexiones que pueden existir en una edificación.

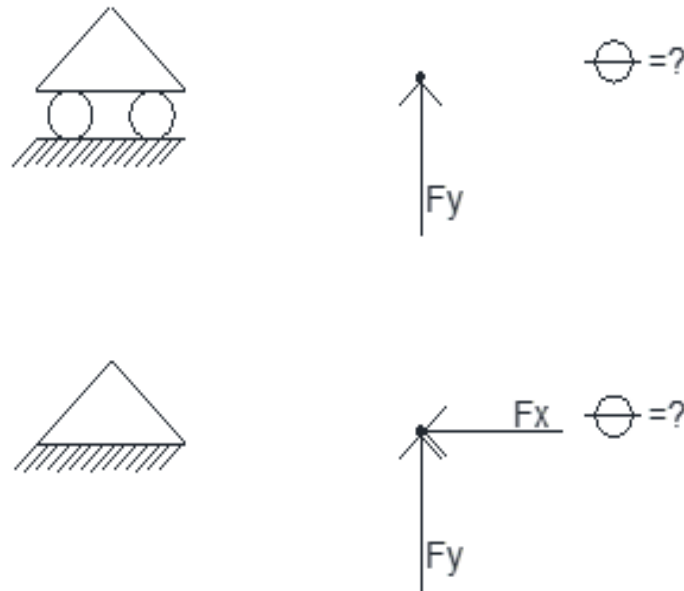
Tabla 8/ Clasificación de rigidez

	ASD	LRFD
RÍGIDA	TIPO I	TOTALMENTE RESTRINGIDA

SIMPLE	TIPO II	PARCIALMENTE RESTRINGIDA
SEMIRRÍGIDA	TIPO III	PARCIALMENTE RESTRINGIDA

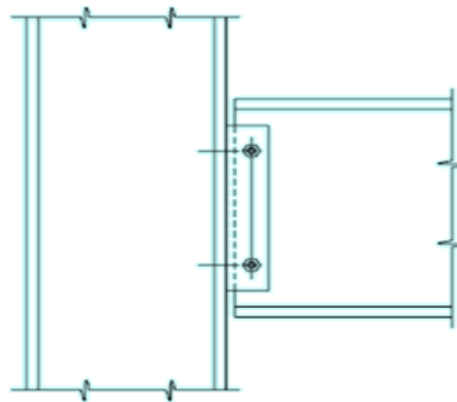
Las conexiones se clasifican en base a la cantidad de restricciones que poseen con base a girar en el nodo donde se intersecan.

Ilustración 29/Ejemplo de grados de libertad



Conexiones simples: Las conexiones simples son las que permiten una rotación en el nodo, tanto el apoyo ovil y fijo serán articulados.

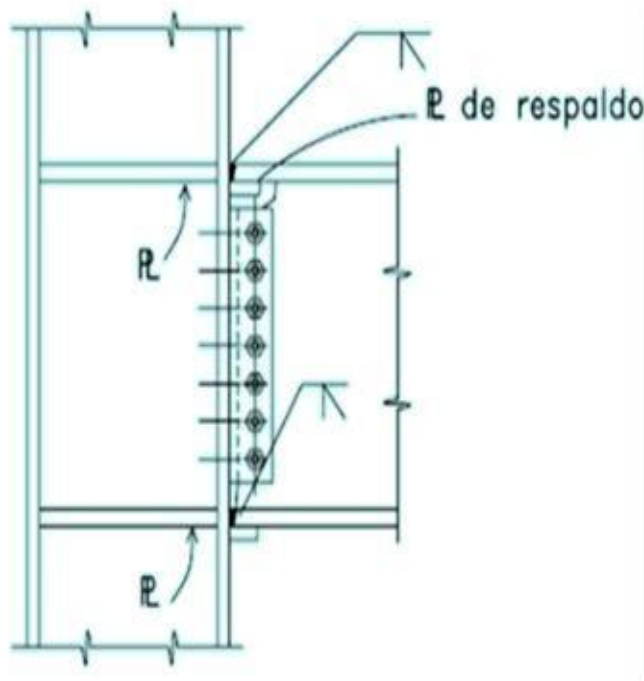
Ilustración 30/ Ejemplo de conexiones simples



Conexiones rígidas: Una articulación es una conexión que debe alcanzar una rigidez infinita, lo que significa que en este caso no se produce ninguna rotación en la articulación, pero hay un par de fuerzas de resistencia que crean un obstáculo a la rotación.

Para que una conexión se considere completamente estable, su capacidad de carga debe ser al menos el 90% de la capacidad de carga de la viga.

Ilustración 31/ Conexiones rígidas

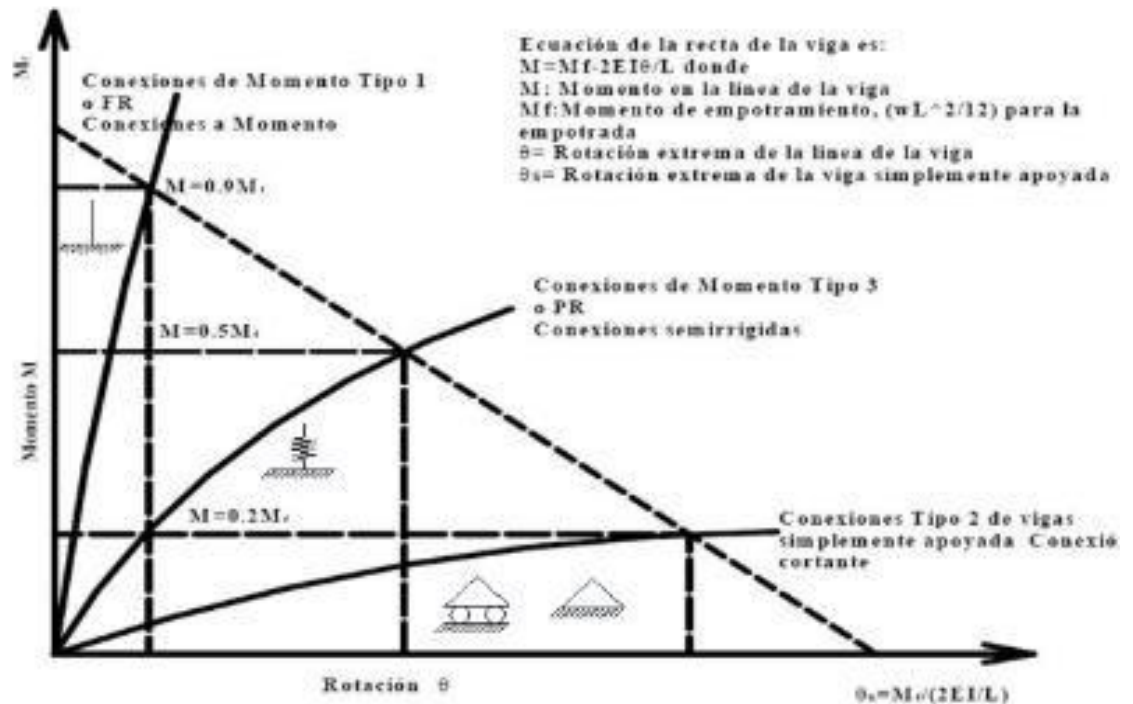


Conexiones semirrígidas: Para establecer que una conexión es considerado semirrígida debe estar constituido en el 20% y 90% de capacidad de conexión.

Al igual que el solape, este sistema de unión debe realizarse mediante arandelas y mallas, con la diferencia que no existe continuidad entre los elementos unidos.

Diseñar de esta manera suele ser rentable, pero se debe tener cuidado al seleccionar el tipo estructural ideal para garantizar la rigidez y la resistencia adecuadas al desplazamiento lateral bajo cargas aleatorias.

Ilustración 32/ Representación de los tipos de conexiones.



9.1.5.5.17. Conexiones Soldadas

La soldadura se crea por el calor generado por el arco eléctrico, que funde localmente el electrodo y la pieza a soldar, de modo que después de la soldadura las piezas a soldar se condensan en un todo unificado. Ventajas y desventajas de la soldadura.

Ventajas:

- No debilita la sección transversal de la pieza, ahorrando acero.

- Se puede soldar en cualquier forma; La soldadura se puede realizar directamente, no se necesitan otras uniones; elementos simples, que permiten ahorrar en costes de producción.

- La conexión es sellada y muy rígida;
- Automatización conveniente, alta eficiencia de producción.

Desventajas:

El material en la zona afectada por el calor cerca de la soldadura se vuelve quebradizo;

En los elementos soldados surgen tensiones residuales y distorsiones de soldadura que afectan negativamente al rendimiento de la estructura. Las estructuras soldadas son susceptibles a agrietarse.

Una vez que aparece una grieta local, puede propagarse rápidamente a través de la sección transversal, especialmente a bajas temperaturas, y puede producirse fácilmente una fractura frágil.

Ilustración 33/ Ejemplo de conexión por soldadura



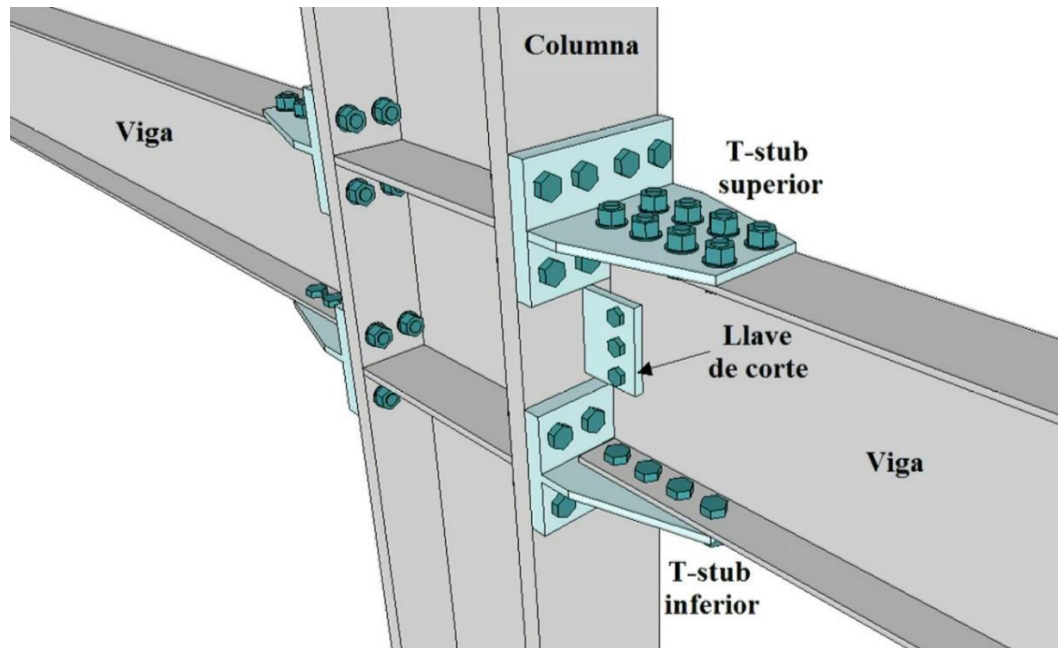
5. Conexiones Apernadas.

Es una de las opciones más económicas, pero menos robusta. AISC utiliza principalmente unidades inglesas (por ejemplo, pulgadas, libras).

Tabla 9/ Tamaño de pernos según la norma AISC

$\frac{1}{2}"$	–
$\frac{5}{8}"$	M16
$\frac{3}{4}"$	M20
$\frac{7}{8}"$	M22
1"	M24
$1 \frac{1}{8}"$	M27
$1 \frac{1}{4}"$	M30
$1 \frac{3}{8}"$	–
$1 \frac{1}{2}"$	M36

Ilustración 34/ Ejemplo de conexión apernadas



6.10.1. Conexiones Remachadas

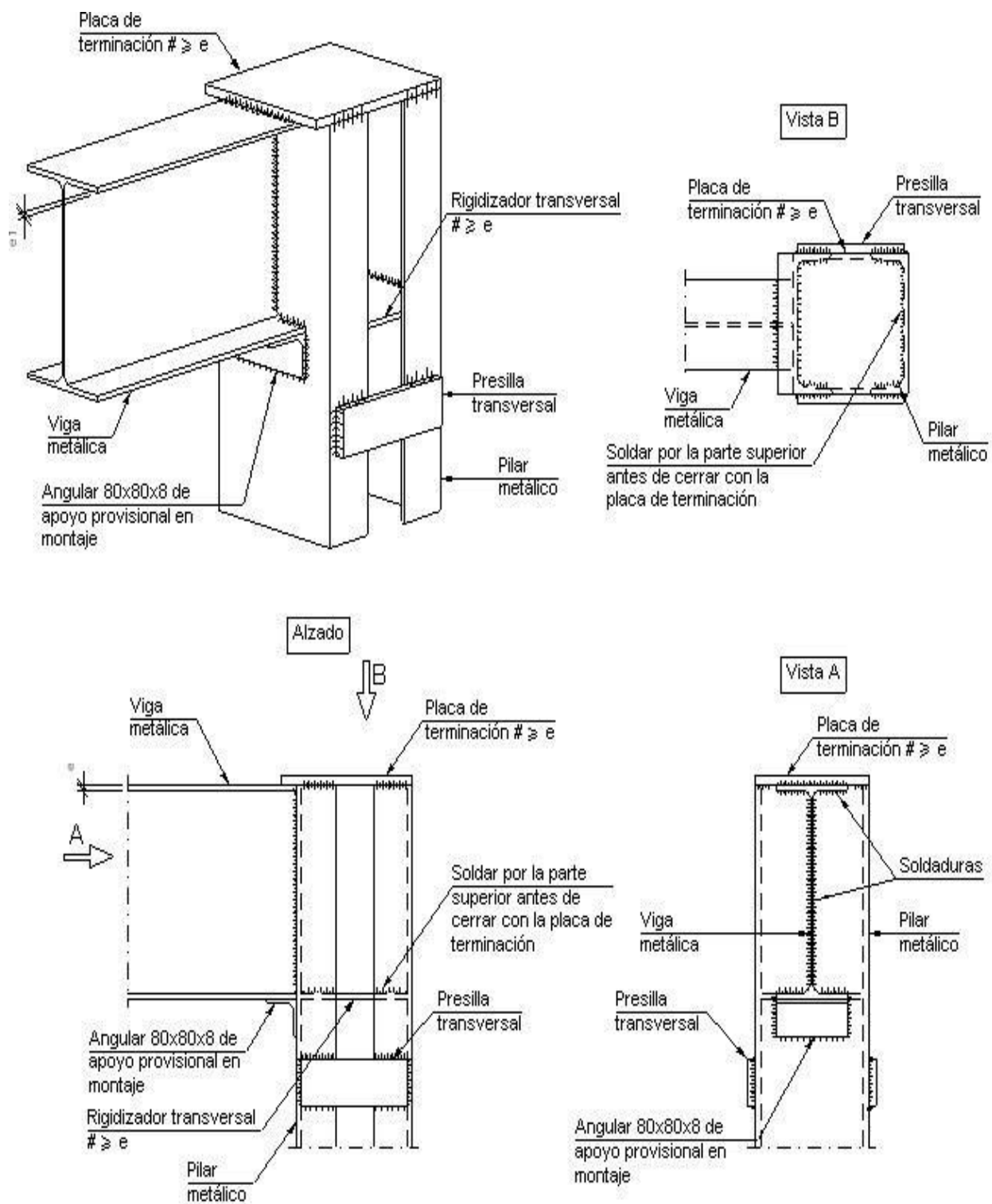
Este es el método más antiguo de unir elementos de acero. Los primeros puentes de este tipo aparecieron en el siglo XIX, cuando se empezaron a construir los primeros puentes de fundición y forjado, y se utilizaban remaches para conectar las partes del puente.

Para crear juntas adecuadas, los paneles a unir se perforan según el patrón determinado por cálculo, se refuerzan las juntas y los paneles con los mismos agujeros se superponen según el mismo patrón. Una vez nivelados los dos paneles, se insertan remaches o pernos prisioneros (con cabezas redondas preformadas) calentados a aproximadamente 1200°C a través de los agujeros perforados y luego se remachan desde el lado opuesto hasta formar la segunda cabeza. Ensayo de Flexotracción:

Ilustración 35/Ejemplo de conexiones remachadas



Ilustración 36/ Secciones en estructuras de acero.



6.10.2. Estabilidad y resistencia a la corrosión

La estabilidad y resistencia a la corrosión son fundamentales para garantizar la durabilidad de la estructura.

Para ello se necesita tomar en cuenta:

- Estabilidad: Resistencia a la deformación y colapso.
- Corrosión: Protección con recubrimientos, pinturas y tratamientos.
- Inspección y mantenimiento: Monitoreo y reparación de daños.

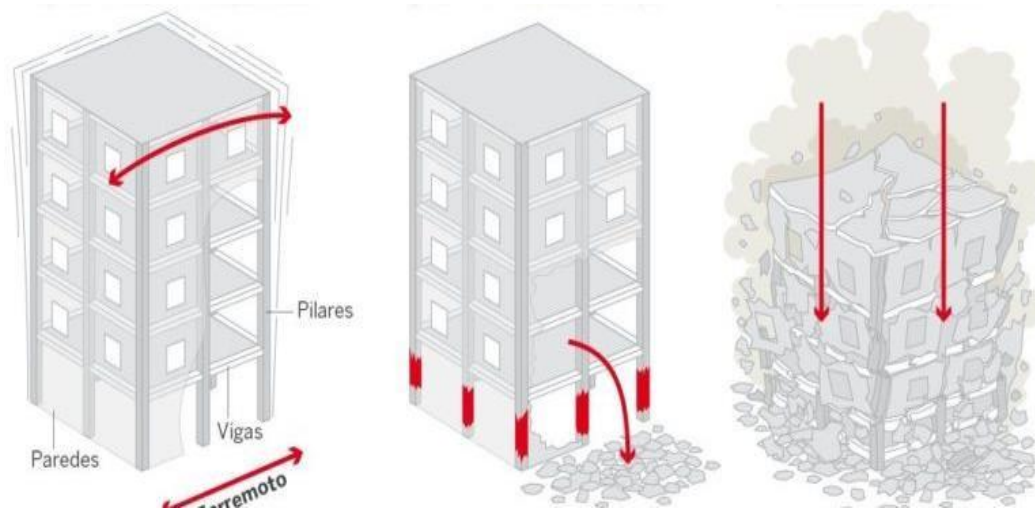
6.10.3. Comportamiento Sísmico.

El comportamiento sísmico es crucial para garantizar la seguridad de la estructura ante movimientos telúricos:

- Análisis de respuesta sísmica: Evaluación de la estructura ante sismos.
- Diseño sísmico: Consideración de factores de seguridad y amortiguación.
- Materiales resistentes: Selección de materiales que resistan la deformación y

rotura.

Ilustración 37/ Efecto de los sismos sobre un edificio



6.11. Teoría de la sostenibilidad

La construcción sustentable es un enfoque para el diseño, construcción y operación de edificios que minimiza el impacto sobre el medio ambiente, optimiza el uso de los recursos naturales y crea espacios saludables y confortables para los residentes.

Esta actividad se basa en principios clave como el ahorro energético, el uso de materiales respetuosos con el medio ambiente, la gestión responsable de residuos y la conservación del agua.

La construcción sustentable tiene como objetivo reducir el impacto ambiental de los edificios a lo largo de su ciclo de vida, desde la extracción del material hasta la demolición.

Esto requiere tomar decisiones informadas desde el inicio del proyecto, teniendo en cuenta aspectos como la ubicación del edificio, la orientación, el diseño bioclimático y el uso de sistemas de energías renovables.

6.11.1. Principio de la sostenibilidad

Los principios de la sostenibilidad son fundamentales para garantizar que las prácticas y decisiones actuales no comprometan la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades. Estos principios incluyen:

- Integración: Considerar la interconexión entre los aspectos económicos, sociales y ambientales.
- Precaución: Anticipar y prevenir impactos negativos en el medio ambiente y la sociedad.
- Justicia: Promover la equidad y justicia social en la distribución de recursos y beneficios.

6.11.2. Reducción de residuos y uso eficiente de recursos.

El uso de energías renovables es fundamental para reducir la dependencia de fuentes de energía no renovables y mitigar el cambio climático.

6.11.3. Uso de energía renovable

- Energía solar: Utilizar paneles solares para generar electricidad.
- Energía eólica: Utilizar turbinas eólicas para generar electricidad.
- Energía geotérmica: Utilizar la energía del subsuelo para calefacción y refrigeración.

6.11.4. Diseño sostenible.

El diseño sostenible es crucial para crear edificios y espacios que minimicen el impacto ambiental y promuevan la eficiencia.

- Diseño pasivo: Aprovechar la orientación, ventilación e iluminación natural.
- Materiales sostenibles: Seleccionar materiales reciclados, reciclables y con baja huella de carbono.
- Eficiencia energética: Incorporar sistemas de energía renovable y eficiencia energética.

6.11.5. Antecedentes de construcción con contenedores

La utilización de contenedores como materiales de construcción es una práctica creciente en la industria de la construcción, que ha ganado popularidad en las últimas décadas debido a sus beneficios ambientales, económicos y sociales.

Esta práctica reduce residuos, aumenta la eficiencia energética y promueve la sostenibilidad, además de ser costo-efectiva y rápida en términos de construcción. Aunque existen desafíos como la resistencia a la innovación y regulaciones constructivas, la tendencia actual muestra un aumento en la demanda de vivienda sostenible y un crecimiento del mercado de construcción con contenedores, con un futuro prometedor para la integración de tecnologías de construcción avanzadas y mayor énfasis en la sostenibilidad y eficiencia energética.

Algunos ejemplos notables incluyen:

Ilustración 38/ Equipamiento con contenedores, Guayarte (Guayaquil-Ecuador)



Nota: sacada de Google, Estrada Gallegos 2024

Ilustración 39/ Container City (Londres, reino unido)



Ilustración 40/ Residencia Estudiantil, Espol (Guayaquil, Ecuador)



Nota: Foto de residencia estudiantil echa con Contenedores marítimos.

6.12. Metodología de diseño de una estructura de acero

Análisis inicial del terreno.

Antes de iniciar el desarrollo del proyecto, es fundamental realizar un estudio geotécnico exhaustivo del área destinada para la construcción.

Este análisis permitirá determinar las características y condiciones del suelo, siguiendo los lineamientos establecidos en la "Norma Técnica del Suelo".

Con base en los resultados del estudio, se deben considerar aspectos clave como la capacidad portante del terreno y su comportamiento bajo cargas estructurales. Además, es esencial proyectar la cantidad de habitantes que la edificación albergará en el futuro, lo que garantizará un diseño estructural óptimo que combine funcionalidad, seguridad y resistencia, adaptándose a las necesidades específicas de la obra.

6.12.1. Evaluación de alternativas de diseño

Es fundamental considerar un diseño que sea económico, resistente, funcional y estéticamente integrado al entorno. Entre las posibles alternativas se pueden evaluar:

Un diseño estructural utilizando secciones prefabricadas con un alto contenido de carbono.

Perfiles económicos de carbono medio que ofrezcan un elevado grado de durabilidad.

6.12.2. Diseño estructural

La ingeniería estructural es una materia de la ingeniería civil y arquitectónica que se centra en planificar, analizar y crear estructuras que puedan soportar las cargas y fuerzas a las que estarán sometidas a lo largo de su vida útil.

Esto incluye características como edificios, puentes, torres, presas y más.

El principal objetivo del diseño estructural es garantizar la seguridad, estabilidad y funcionalidad de las estructuras optimizando el uso de materiales y recursos para que sean eficientes y sostenibles.

Expertos en este campo utilizan matemáticas, física y software especializado para evaluar factores como estabilidad, rigidez y durabilidad de acuerdo con la normativa vigente y las necesidades del proyecto.

6.12.3. Caso de estudio

6.12.3.1. Casos internacionales

Dentro del ámbito de la construcción con perfiles de acero, tanto en el contexto general como en el enfoque hacia la sostenibilidad, se han llevado a cabo numerosos proyectos que destacan por su innovación, eficiencia y respeto al medio ambiente. Estos proyectos, realizados tanto a nivel nacional como internacional, sirven como referencias importantes para evaluar las ventajas y posibilidades que ofrece este material en diversas aplicaciones estructurales.

El acero se ha consolidado como un componente esencial en la construcción moderna gracias a sus propiedades únicas, como su alta resistencia, durabilidad y capacidad de ser reciclado sin perder calidad. Esto lo convierte en una opción ideal no solo para proyectos convencionales, sino también para aquellos orientados hacia la sostenibilidad. En este sentido, algunos proyectos ejemplares muestran cómo el uso de perfiles de acero puede contribuir al desarrollo de construcciones más eficientes y respetuosas con el medio ambiente. En el ámbito internacional, destacan proyectos emblemáticos como rascacielos, estadios deportivos y centros culturales que han empleado perfiles de acero en su diseño estructural. Estas obras no solo se distinguen por su imponente arquitectura y funcionalidad, sino también por la integración de principios sostenibles, como el uso eficiente de energía y la reducción de emisiones de carbono durante su ciclo de vida.

Estos ejemplos evidencian cómo la construcción con perfiles de acero puede satisfacer las necesidades actuales de infraestructura, garantizando al mismo tiempo un enfoque sostenible y responsable. Además, sirven como inspiración y guía para futuros proyectos, demostrando que es posible lograr un equilibrio entre la innovación, la funcionalidad y el cuidado del medio ambiente.

Para mencionar un enfoque directo de proyectos internacionales que involucren a los contenedores marítimos y las estructuras de acero están:

□ **Casa en Sudáfrica.** Un ejemplo perfecto de vivienda contenedor es esta casa en Sudáfrica, que combina contenedores con componentes de acero para crear una casa moderna y funcional. Este proyecto no sólo es atractivo, sino que también satisface la necesidad de soluciones habitacionales sustentables en la región.

Ilustración 41/Casa Contenedor Sudáfrica.



Proyecto Container City en Londres: Este desarrollo urbano utiliza **contenedores** para crear espacios residenciales y comerciales.

La estructura de acero permite una mayor flexibilidad de diseño y el proyecto ha sido elogiado por su enfoque innovador para viviendas asequibles en áreas urbanas.

Ilustración 42/ Container city 1



Restaurante de contenedores en Londres, Inglaterra.

Londres es famosa por su diversidad culinaria y Dishoom en King's Cross es un ejemplo de cómo los envases pueden contener sabores exquisitos.

Este restaurante ha transformado los contenedores en un elegante espacio de comedor, brindando a los comensales una experiencia única y deliciosa.

Ilustración 43/ Restaurante contenedor



Museo de contenedores en Las Vegas, EE. UU.

El Museo Container Park de Las Vegas es un gran ejemplo de cómo la arquitectura de contenedores se puede integrar en el centro de una ciudad.

Este museo utiliza contenedores dispuestos de forma creativa para albergar exposiciones y eventos culturales, lo que demuestra que la arquitectura de contenedores no se limita solo a los espacios habitables.

Ilustración 44/ Museo Contenedores.



6.12.3.2. Ejemplos Nacionales

Dentro de Ecuador ya existen obras que involucran a los contenedores marítimos con uso residencial, oficina y departamentos; en la ciudad de Guayaquil dentro del área de empresas grandes esta Ambiansa, empresa la cual se dedica al a construcción de viviendas, la cual también usas los contenedores marítimos como oficinas, tanto simples como complejos, funcionando 3 a 4 contenedores creando una estructura que aparte de ser visualmente atractiva aumenta su funcionalidad y espacio.

Dentro del ámbito residencial los proyectos que involucran a los contenedores como uso residencial se enlistaran a continuación:

Complejo de viviendas " Eco contenedor ". En este proyecto en Guayaquil se utilizan contenedores reciclados para construir casas ecológicas. La construcción de acero complementa el diseño, asegurando durabilidad y una construcción rápida.

Este enfoque no sólo apunta a reducir el impacto ambiental sino también a brindar opciones de vivienda asequibles.

Vivienda en Quito: En Quito se han desarrollado iniciativas para incorporar contenedores al diseño de complejos residenciales. Estas casas están diseñadas para maximizar el espacio y brindar un ambiente moderno y funcional, al tiempo que utilizan acero para fortalecer la estructura y brindar mayor flexibilidad de diseño.

Proyecto de Vivienda en Contenedores: Este proyecto tiene como objetivo convertir contenedores en unidades de vivienda en diversos lugares, centrándose en la sostenibilidad y el uso de materiales reciclados. Se utiliza acero estructural para crear una estructura segura y duradera, adaptada a las condiciones climáticas del país.

Construcción de emergencia: En respuesta a desastres naturales, se ha implementado el uso de contenedores y estructuras de acero para crear soluciones habitacionales rápidas y efectivas. Estas residencias temporales brindan refugio seguro, lo que demuestra la flexibilidad y velocidad de construcción que ofrecen estos materiales.

Iniciativa de Arquitectura Sostenible: Varios estudios de arquitectura en Ecuador están explorando el uso de contenedores y acero para desarrollar proyectos que promuevan la

sostenibilidad. Estas iniciativas no solo abordan las necesidades de vivienda, sino que también apuntan a educar al público sobre la importancia del reciclaje y el diseño ecológico.

6.13. Planos Arquitectónicos

Después de realizar encuestas a personas que residen dentro y fuera de la ciudad de Guayaquil, se pudo llegar a un diseño tanto cómodo y funcional con respecto al interior de los contenedores, sumado a inspiración de diseños de proyectos similares. Dado el enfoque del proyecto el cual es ser ecológico, se optó por complementar cada contenedor con medidas ecológicas, usando paredes de gypsum, perfiles para separación de espacios y cocinas eléctricas con un bajo consumo de energía.

Ilustración 45/ Diseño arquitectónico del contenedor

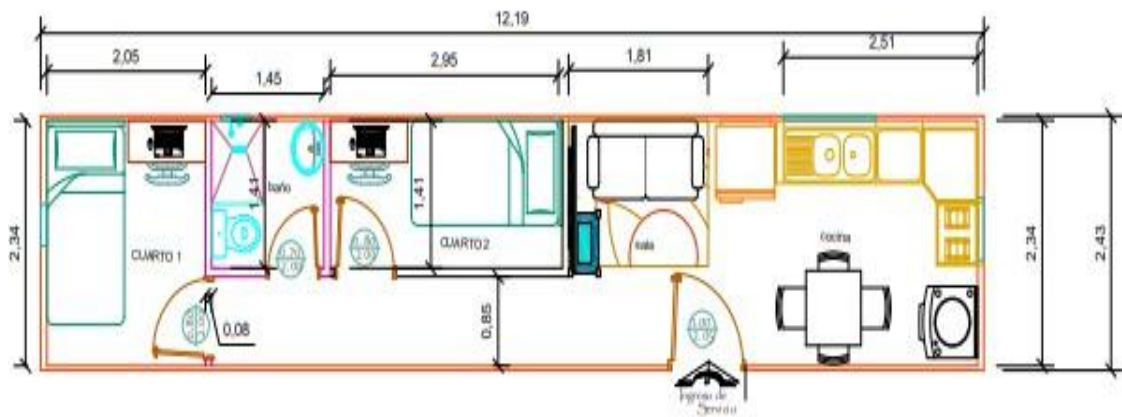
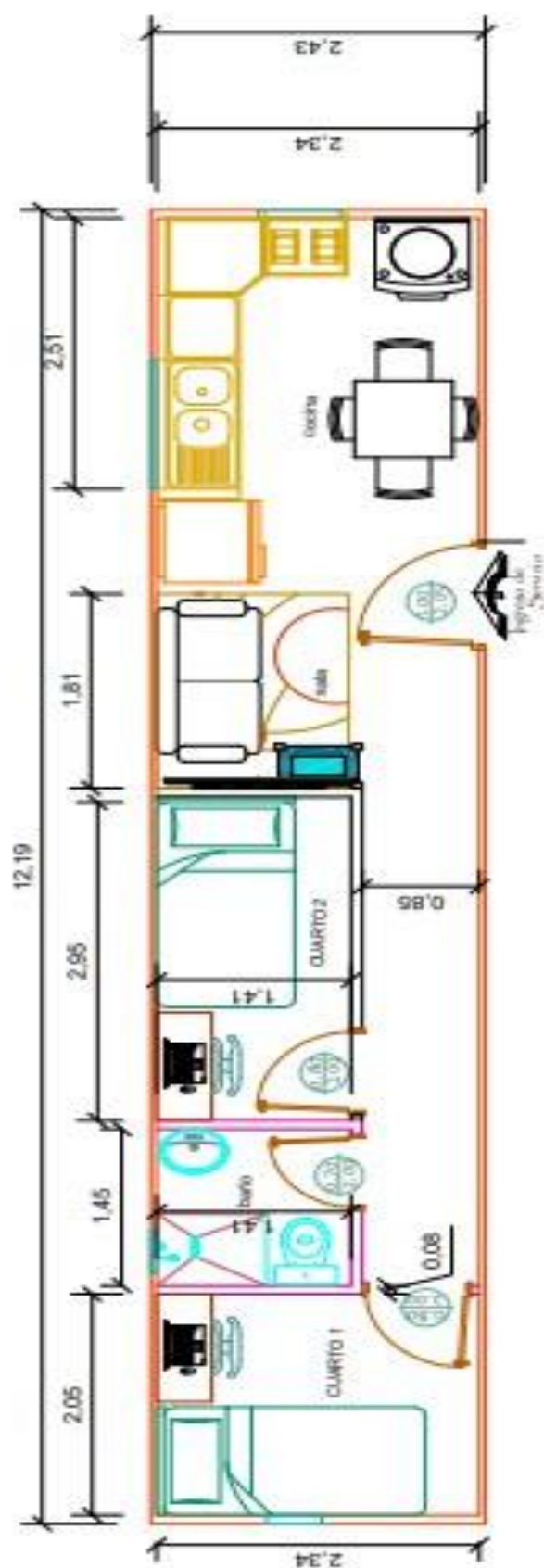


Ilustración 46/ Vista amplia plano arquitectónico



6.14. Cálculo de cargas verticales

6.14.1. Cargas muertas

Las cargas permanentes incluyen el peso de todos los miembros estructurales que actúan continuamente sobre la estructura.

Estos elementos incluyen: muros, revestimientos, sistemas de agua y alcantarillado, equipos eléctricos y mecánicos, maquinaria y todos los equipos integrados permanentemente a la estructura.

Para la elección del coeficiente de la carga muerta a utilizar en el desarrollo del análisis y diseño de la estructura se tomó en cuenta dos puntos, el peso propio del acero por la longitud y el peso propio del contenedor.

Peso propio del acero: $\gamma: 7.85 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

Peso propio del contenedor: $P = \frac{78\text{kg}}{\text{m}^3}$

Peso de las instalaciones: $P_{\text{instalaciones}} = \frac{30\text{kg}}{\text{m}^3}$

Teniendo en claro los factores a elegir para las cargas muertas, se procede a sumar todos los coeficientes para sacar el C_d que equivale al coeficiente de la carga muerta.

$$C_D = 0.24 \frac{T}{\text{m}^3} + 0.03 \frac{T}{\text{m}^3} + 0.078 \frac{T}{\text{m}^3}$$

$$C_D = 0.348 \frac{T}{\text{m}^3}$$

$$C_D = 348 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

6.14.2. Carga viva

Los cargos adicionales utilizados en el cálculo dependen del uso previsto del edificio e incluyen el peso de las personas, muebles, equipos, instalaciones móviles o temporales, mercancías en tránsito y otros tipos de mercancías.

4Muestra valores de carga distribuida (kN/m²) y carga concentrada (kN). Las cargas vivas, también conocidas como cargas de servicio, se utilizarán en el cálculo en función del uso previsto del edificio e incluyen el peso de personas, mobiliario, equipos y accesorios móviles o temporales, mercancías en tránsito, etc.

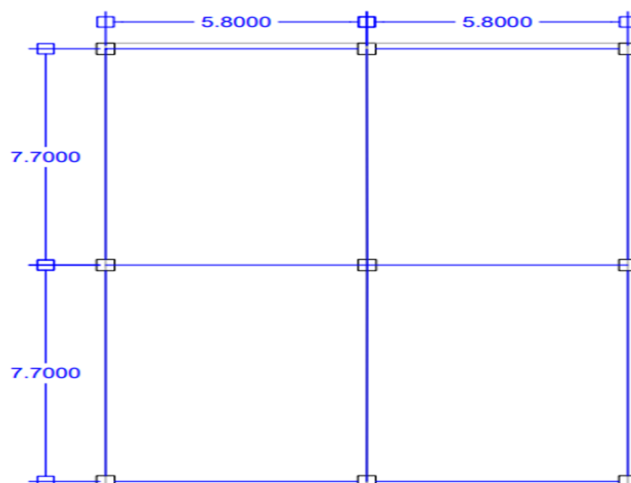
6.15. Prediseño de la estructura metálica

En este apartado del proyecto se debe tomar en cuenta res puntos a diseñar, las vigas principales, las vigas secundarias y las columnas.

Siguiendo la siguiente secuencia, primero diseñaremos las vigas secundarias en base a las cargas que deberá soportar la estructura, posterior a eso deberemos calcular las columnas principales tanto en el sentido transversal y longitudinal, centrales y de borde, para poder tener un diseño más preciso y resistente

6.15.1. Cálculo de prediseño de vigas

Ilustración 47/Esquema de implantación de proyecto.



Cálculo de vigas secundarias

PAÑO del 1 a 4

Longitud de la viga = 5.8m

Longitud transversal = 7.7m

de vigas secundarias = 5

- Ancho Tributario

$$Bt = \frac{Lt}{N^{\circ} viga + 1} = \frac{7m}{5 + 1} = 1,28m(CUMPLE)$$

- Carga última

$$Cu = 1,2 (CP) + 1,6 (CL) \Rightarrow Cu = 1,2 \left(34,8 \frac{Kg}{m^2} \right) + 1,6 \left(24 \frac{Kg}{m^2} \right) = 456 \frac{Kg}{m^2}$$

$$Cu = 0.456 \frac{T}{m^2}$$

- Carga Puntual

$$P_U = L_V * B_T * C_U + Peso * L_V * 1,20$$

$$P_U = (5.8m) * (1,2833m) * \left(0.456 \frac{ton}{m^2} \right) + \left(22.21 \frac{kg}{m} / \frac{1 ton}{1000 kg} \right) * (5.8m) * 1,20 = 3.39 ton$$

- Carga Distribuida

$$W_u = \frac{P_u}{L_v} = \frac{3393.278 \frac{kg}{m^3}}{5.8 m} = 585.047 \frac{kg}{m^2}$$

- Momento de Carga Puntual

$$Mu = \frac{w_u * Lv^2}{8} = \frac{(585.04) * (5.8m)^2}{8} = 2460.12 \frac{kg}{m}$$

$$Mu = 2.46 \frac{T}{m}$$

- Sección de la Viga elegido.

$$bf = 12m$$

$$tf = 0,6m$$

$$h = 29m$$

$$tw = 0,5m$$

- Área de acero

$$AS = bf * h - ((bf - tw)(h - 2 * tf))$$

$$As = 12 * 29 - ((12 - 0.5)(29 - 2(0.6)))$$

$$As = 28.3 \text{ cm}^2$$

- Peso acero

$$Peso = As * 0,785 = 28,3 \text{ cm}^2 * 0,785 = 22.2155 \frac{kg}{m}$$

- Momento de inercia Ix, Iy

$$Ix = 2 \left[\frac{(bf) * (tf)^3}{12} \right] + 2 * (bf) * (tf) \left(\frac{h}{2} - \frac{tf}{2} \right)^2 + \frac{(tw) * (h - 2(tf))^3}{12} + 0$$

$$Ix = 3696,12 \text{ cm}^4$$

$$Ix = 2 \left[\frac{(12) * (0,6)^3}{12} \right] + 2 * (12) * (0,6) \left(\frac{29}{2} - \frac{0,6}{2} \right)^2 + \frac{(0,5) * (29 - 2(0.6))^3}{12} + 0$$

$$Ix = 3799.03 \text{ cm}^4$$

$$I_y = \frac{(tf) * (bf)^3(2)}{12} + \frac{(h) - (2 * (tf))(tw^2)}{12}$$

$$I_y = \frac{(0.6) * (12)^3(2)}{12} + \frac{(29) - (2 * (0.6))(0.5^2)}{12}$$

$$I_y = 173.009 \text{ cm}^4$$

- Módulo de sección

$$S_x = \frac{\frac{I_x}{h}}{2} = \frac{\frac{2799.03}{29}}{2} = 262.002 \text{ cm}^3$$

$$S_y = \frac{\frac{I_y}{bf}}{2} = \frac{\frac{173.005}{12}}{2} = 28.834 \text{ cm}^3$$

- Radio de giro

$$R_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}} = \sqrt{\frac{3799.03}{28.3}} = 11.586 \text{ cm}$$

$$R_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{73.005}{28.3}} = 2,472 \text{ cm}$$

- Modulo elástico y plástico

$$Zx = [(bf) * (tf)] \left(\frac{h}{2} - \frac{tf}{2} \right) * (2) + \left(\frac{h}{2} - tf \right) * (tw) * \left(\frac{h}{2} tf \right) * \left(\frac{1}{2} \right) * (2)$$

$$Zx = [(12) * (0,6)] \left(\frac{29}{2} - \frac{0,6}{2} \right) * (2) + \left(\frac{29}{2} - 0,6 \right) * (0,5) * \left(\frac{29}{2} - 0,6 \right) * \left(\frac{1}{2} \right) * (2)$$

$$Zx = 301.086 \text{ cm}^3$$

$$Zy = \left(\frac{bf}{2} * tf \right) * \left(\frac{bf}{4} \right) * (4) + (h - 2(tf)) * \left(\frac{tw}{2} \right) * \left(\frac{tw}{4} \right) * (2)$$

$$Zy = \left(\frac{12}{2} * 0,6 \right) * \left(\frac{12}{4} \right) * (4) + (29 - 2(0,6)) * \left(\frac{0,5}{2} \right) * \left(\frac{0,5}{4} \right) * (2)$$

$$Zy = 44.93 \text{ cm}^3$$

- Módulo de sección requerida

$$S_{X \text{ requerido}} = \frac{6,07 * 100000}{\frac{0,85}{2530}} = 282 \text{ cm}^3$$

- M. resit. Plástico

$$M_{plastico} = \phi * f_y * Z_x = (0,9) * (2530) * (301.085) = 6,85 t * m$$

$$\frac{D}{C} = \frac{Mu}{M_{plast}} = \frac{2.46}{6,85} = 0,359 \frac{T}{m}$$

- M. resit. Elástico

$$\phi * f_y * S_x = (0,9) * (2530) * (262.08) = 5,97 t * m$$

$$\frac{D}{C} = \frac{Mu}{M_{elast}} = \frac{2.46}{5,97} = 0.412 \frac{T}{m}$$

- Sección Compacta

ALA

Límite

$$\frac{B}{t}$$

$$0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\frac{(n)/2}{0,55}$$

$$0,38 \sqrt{\frac{2100000}{2530}}$$

10

<

10,95

Si es compacta

<i>ALA</i>		<i>Límite</i>
$\frac{h}{tw}$		$3,76 \sqrt{\frac{E}{fy}}$
$\frac{31}{0,4}$		$3,76 \sqrt{\frac{2100000}{2530}}$
77,50	<	108,33

Si es compacta

- Lateralmente Apoyado

$$L_p = (1,76) * (2,25) * \sqrt{\frac{2100000}{2530}} = 114 \text{ cm}$$

$$L_p = \frac{L}{\# \text{ espacios entre arriostramiento}} = \frac{580}{5} = 116 \text{ cm}$$

Lp < Lp Si es lateralmente apoyado

- Control de Servicialidad

$$I_{min} = \frac{3,125 * WL^3}{E} = 3774.48 \text{ cm}^4$$

$$\delta_{max} = \frac{L}{240} = \frac{5.8m * 100}{240} = 2,83 \text{ cm}$$

$$\delta = \frac{5 * WL^3}{384 * E * I_x} = \frac{(5) * (1,30) * (5.8)^4}{(384) * (2100000) * 799.03} = 0,01415 \text{ cm}$$

$$\delta < \delta_{max}$$

- Peso de viga.

$$P_v = 7.850 * 28.3 * 0.1 * 22.2155 \text{ kg/m}$$

$$P_{Total \text{ paño}} = P_v * N^{\circ}_{vigas} = 22.2155 * 5 = 111.077 \text{ kg/m}$$

6.15.2. Cálculo de vigas principales

Para la realización de esta sección de cálculo nos apoyaremos de un Excel que facilita y optimiza la realicen de los cálculos necesario, y hace más fácil su interpretación.

Tabla 10/ Calculo de vigas principales

VIGAS PRINCIPALES DE BORDE										
VIGA PRINCIPALE (BORDE)			DATOS CALCULADOS DE LA VIGA			Diseño a corte			1	
Lv	7.70	m	A	36	ksi	V (g)	4.24	t	ART	9.80
Num	5	u	bf	19	SISM	V (m)	8.33	t	EMP	6.35
Tipo	BORDE		tf	2.0	cm	Vu	12.57	t	cte	28.81
Pi	1.70	t	h	40	SISM	Mpr	27.49	t-m	cf1	8.64
Tipo	EMP		tw	5.0	cm	Atiez	0	u	cf2	10.95
Mu	6.35	t-m	Area	256.00	cm2	a	770	cm	cw1	70.59
Mr	69.76	t-m	Peso	200.96	kg/m	kv	5.00		cw2	108.33
D/C	0.09		Ix	46901.3	cm4	h/tw	8.00		Ry	1.30
Apoyo lat		OK	Iy	2661.3	cm4	Cv	1.00		cv1	70.87
Cortante		OK	Sx	2345.1	cm3	Vn	273.23	t	cv2	88.26
			Sy	280.1	cm3	No atiezadores				
ΣM	76.12	T-M	Zx	3064.0	cm3					
			Zy	586.0	cm3	RESUEMN DE PESO P1				
			rx	13.54	cm	P		200.96	kg/cm	
			ry	3.22	cm	PESO TOTAL PAÑO 1		200.96	kg/cm	
			fy	2530	kg/cm2					
			Lp	163	cm					
			Sx tabla	394	cm3					

Formula sacadas de la NEC- ELEMENTOS NO SISMICOS.

Tabla 11/ Tabla con cálculo de vigas principales de borde

VIGAS PRINCIPALES LONGITUDINAL										
VIGA PRINCIPALE (BORDE)			DATOS CALCULADOS DE LA VIGA			Diseno a corte			1	
Lv	5.80	m	A	36	ksi	V (g)	4.24	t	ART	7.38
Num	5	u	bf	22	SISM	V (m)	19.55	t	EMP	4.78
Tipo	BORDE		tf	2.2	cm	Vu	23.79	t	cte	28.81
Pi	1.70	t	h	42	SISM	Mpr	45.54	t-m	cf1	8.64
Tipo	EMP		tw	7.0	cm	Atiez	0	u	cf2	10.95
Mu	4.78	t-m	Area	360.00	cm2	a	580	cm	cw1	70.59
Mr	100.19	t-m	Peso	282.6	kg/m	kv	5.00		cw2	108.33
D/C	0.05		Ix	69381.3	cm4	h/tw	6.00		Ry	1.30
Apoyo lat		OK	Iy	4979.0	cm4	Cv	1.00		cv1	70.87
Cortante		OK	Sx	3303.9	cm3	Vn	399.52	t	cv2	88.26
			Sy	452.6	cm3	No atiezadores				
ΣM	104.98	T-M	Zx	4400.4	cm3					
			Zy	993.0	cm3	RESUEMN DE PESO P				
			rx	13.88	cm	P		282.6	kg/cm	
			ry	3.72	cm	PESO TOTAL PAÑO 1		282.6	kg/cm	
			fy	2530	kg/cm2					
			Lp	189	cm					
			Sx tabla	297	cm3					

6.15.3. Cálculo de columna

Para un análisis más exacto se debe calcular 3 tipos de columnas, las columnas esquineras, las columnas de borde y las centrales dado que cada una de estas recibe una cantidad de carga diferente.

$$At = \left(\frac{L1}{2}\right) * \left(\frac{L2}{2}\right)$$

$$\left(\frac{5.8}{2}\right) * \left(\frac{7.7}{2}\right) = 11.165 \text{ m}^2$$

$$At = 11.165 \text{ m}^2$$

$$Pu = At * Cu * \frac{No}{0.85}$$

$$Pu = 11.16 * (0.456) * \frac{2}{0.85}$$

$$Pu = 11.97 \text{ T}$$

$$E = 21 \frac{T}{m^2}$$

$$\frac{Kl}{rx} = \frac{1.0(he)(100)}{rx} = \frac{1(3)(100)}{11.16}$$

$$\frac{Kl}{rx} = 26.8817 > 13.065$$

$$Fe = \frac{\pi^2 * E}{\left(\frac{Kl^2}{rx}\right)} = \frac{3.1415^2 * 2100000}{(26.18)^2} = 30239.85 \frac{KG}{CM^2}$$

$$Fcr = \left(0.658^{\frac{2474}{30243}}\right) = 2442.95 \frac{kg}{cm^2}$$

$$Area = b * h - (b - x * e) * (h - 2 * e)$$

$$Area = 30 * 30 - (30 - 2(2) * (30 - 2 * (2)))$$

$$Area = 224.00 \text{ cm}^2$$

$$Peso = 7850 * Area * (100) * \frac{1}{100^3}$$

$$Peso = 7850 * 224 * 0.1$$

$$Peso = 175.84 \frac{kg}{m}$$

Tabla 12/EXCEL PARA VERIFICACIÓN DE CÁLCULO DE COLUMNAS ESQUINERA

COLUMNA ARQ			DATOS DE COLUMNA		
L1	5.80	m	A	36	ksi
L2	5.80	m	b	30	SISM
L3	7.70	m	h	30	SISM
L4	7.70	m	e	2.0	cm
Pisos	2	u	k	0.80	cm4
Altura Entre Pisos	3.00	m	kl/rx	20.94	cm
Cm	0.46	t/m2	Fe	47257.81	kg/cm2
Cv	0.02	t/m2	Fcr	2473.94	kg/cm2
			Area	224.00	cm2
Cu	0.59	t/m2	Peso	175.84	kg/m
E	2100000	kg/cm2	Ix	29418.67	cm4
fy	2530	kg/cm2	Iy	29418.67	cm4
fc	210	kg/cm2	Sx	1961.24	cm3
Ca	0.02		Sy	1961.24	cm3
			Zx	2356.00	cm3
SISM	84.41	58.73	Zy	2356.00	cm3
COMP	97.26	58.73	rx	11.46	cm
			ry	11.46	cm
SISM	84.41		Pn	498746.162	kg
COMP	97.26		Pn	498.746162	Ton
PISO PARA ANALIZAR			D/C	0.03084546	
PISO P2	2.00	u			
He	3.00	m			
COLUMNNA ESQUINA					

TABLA 8/HOJA DE EXCEL CON CÁLCULOS DE COLUMNA DE BORDE.

COLUMNA ARQ		
L1	5.80	m
L2	5.80	m
L3	7.70	m
L4	7.70	m
Pisos	2	u
Altura Entre Pisos	3.00	m
Cm	0.46	t/m2
Cv	0.02	t/m2
Cu	0.59	t/m2
E	2100000	kg/cm2
fy	2530	kg/cm2
fc	210	kg/cm2
Ca	0.04	
SISM	83.94	58.73
COMP	96.56	58.73
SISM	83.94	
COMP	96.56	
PISO PARA ANALIZAR		
PISO P2	2.00	u
He	3.00	m
COLLUMNA BORDE		
BASE 1	5.80	m
BASE 2	5.80	m
ALTURA 1	7.70	m
ALTURA 2	0.00	m

DATOS DE COLUMNA		
A	36	ksi
b	25	SISM
h	25	SISM
e	3.0	cm
k	0.80	cm4
kl/rx	26.48	cm
Fe	29566.11	kg/cm2
Fcr	2440.99	kg/cm2
Area	264.00	cm2
Peso	207.24	kg/m
Ix	21692.00	cm4
Iy	21692.00	cm4
Sx	1735.36	cm3
Sy	1735.36	cm3
Zx	2191.50	cm3
Zy	2191.50	cm3
rx	9.06	cm
ry	9.06	cm
Pn	579979.145	kg
Pn	579.979145	Ton
D/C	0.05305038	

Tabla 14/RESUMEN DE PERFILES DISEÑADOS PARA LA ESTRUCTURA

VIGAS		
VIGAS PRINCIPALES LONGITUDINALES		
bf	22	cm
tf	2.2	cm
tw	7	cm
h	42	cm
VIGAS PRINCIPALES TRASVERSALES		
bf	19	cm
tf	2	cm
tw	5	cm
h	40	cm
VIGAS SECUNDARIAS		
bf	12	cm
tf	0.6	cm
tw	0.5	cm
h	29	cm

COLUMNAS		
COLUMNA DE BORDE		
b	25	cm
h	25	cm
e	3	cm
COLUMNA ESQUINERA		
b	30	cm
h	30	cm
e	2	cm
COLUMNA CENTRALES		
b	35	cm
h	35	cm
e	2	cm

6.15.4. Prediseño con modelo en software

Ilustración 48 Secciones creada en sap

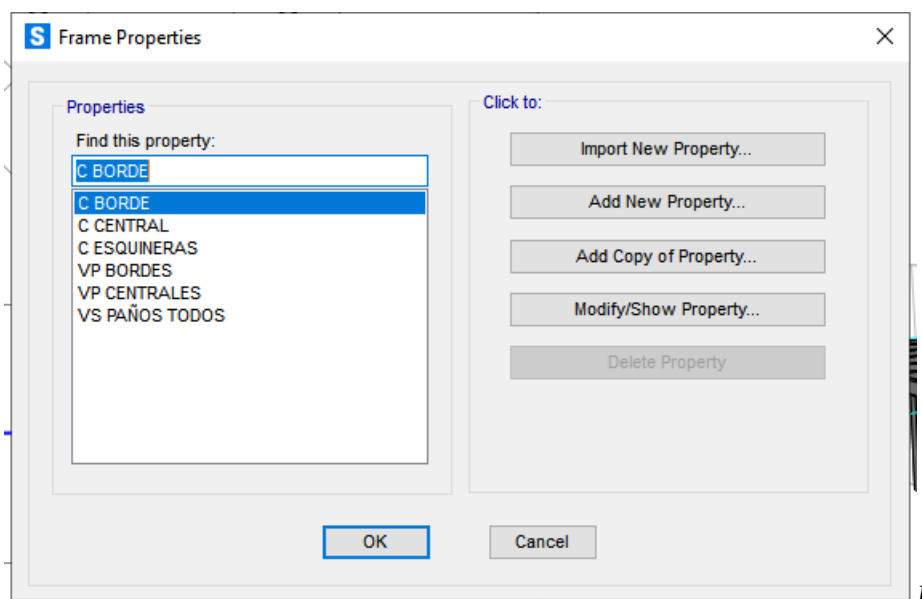


Ilustración 49/ Diseño final de estructura

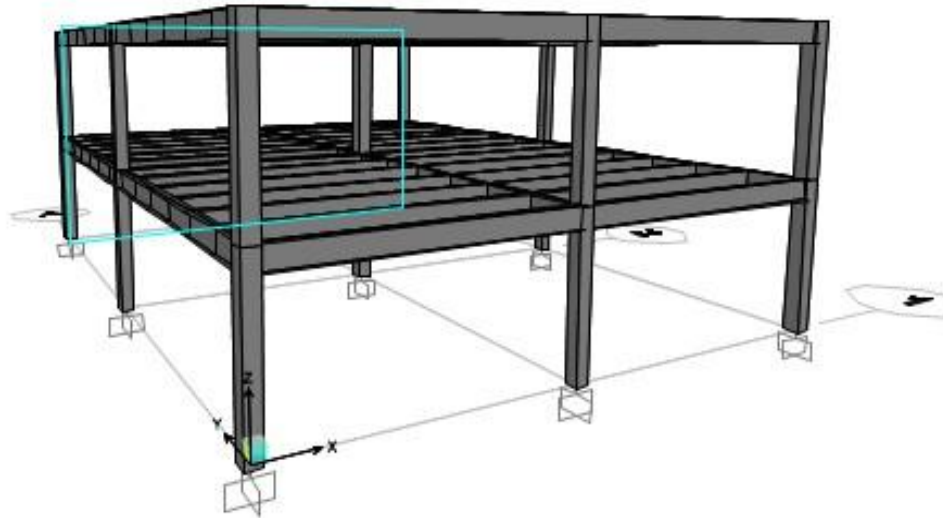
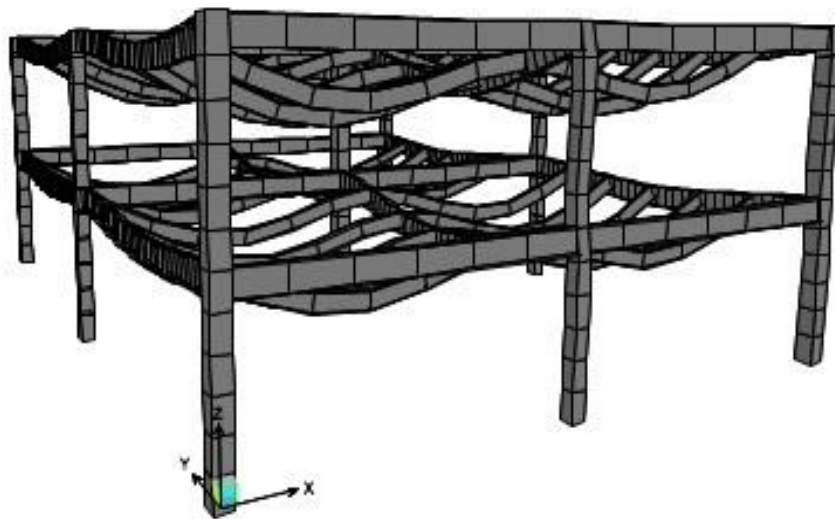


Ilustración 50/ Resultado de la simulación con cargas asignadas



6.16. Unión de vigas principales con secundarias

Ilustración 51/ Unión de vigas secundarias con principales

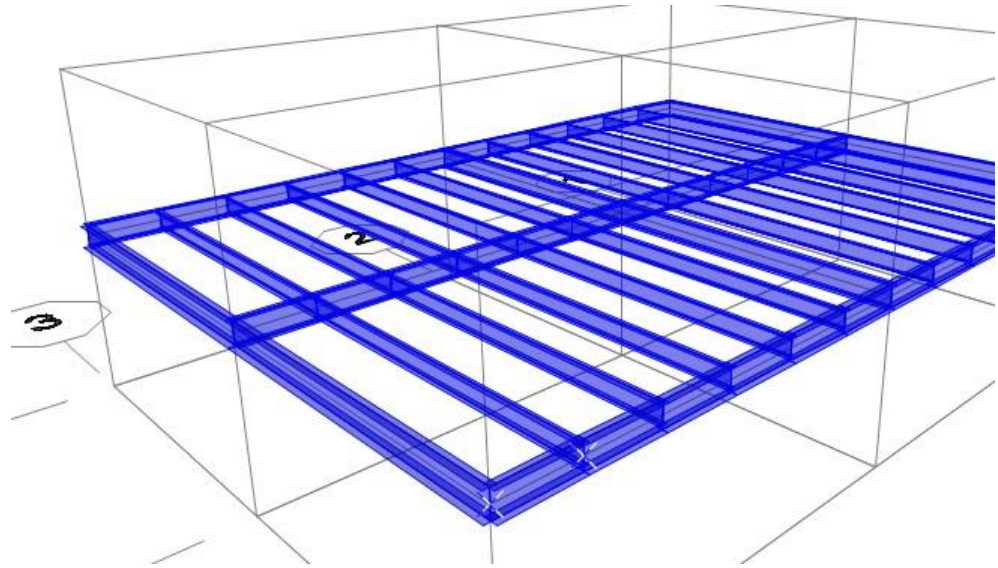


Ilustración 52/ Grafica de carga axial resultante en tramo de pórtico

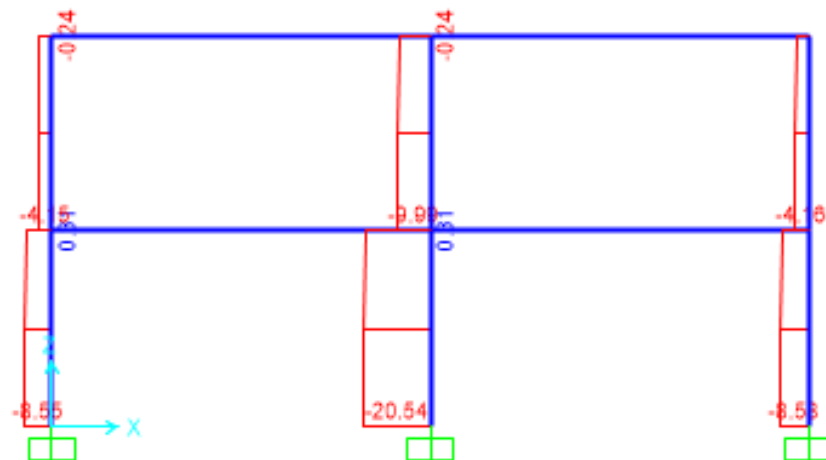


Ilustración 53/Diagrama de esfuerzos cortantes

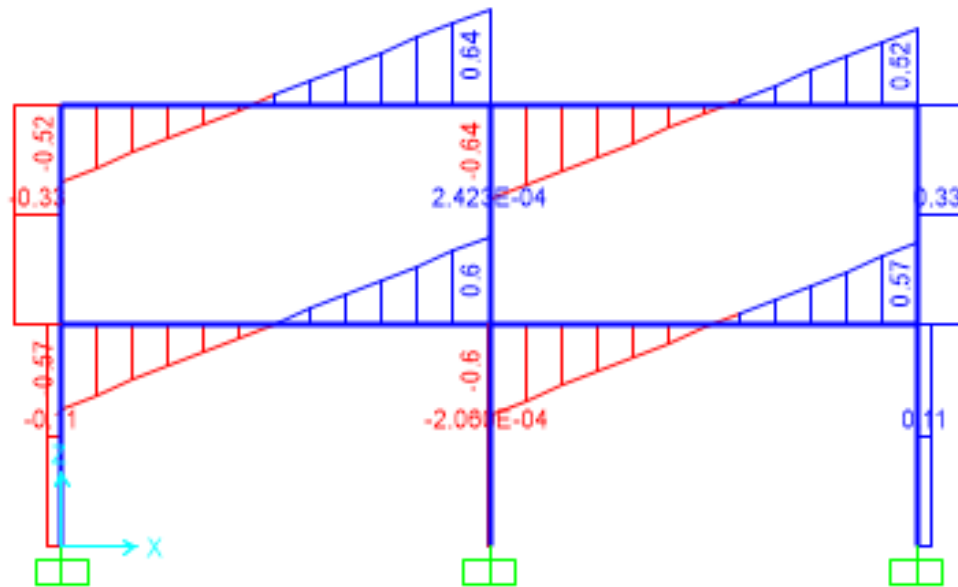


Ilustración 54/ diagrama de momentos cortantes

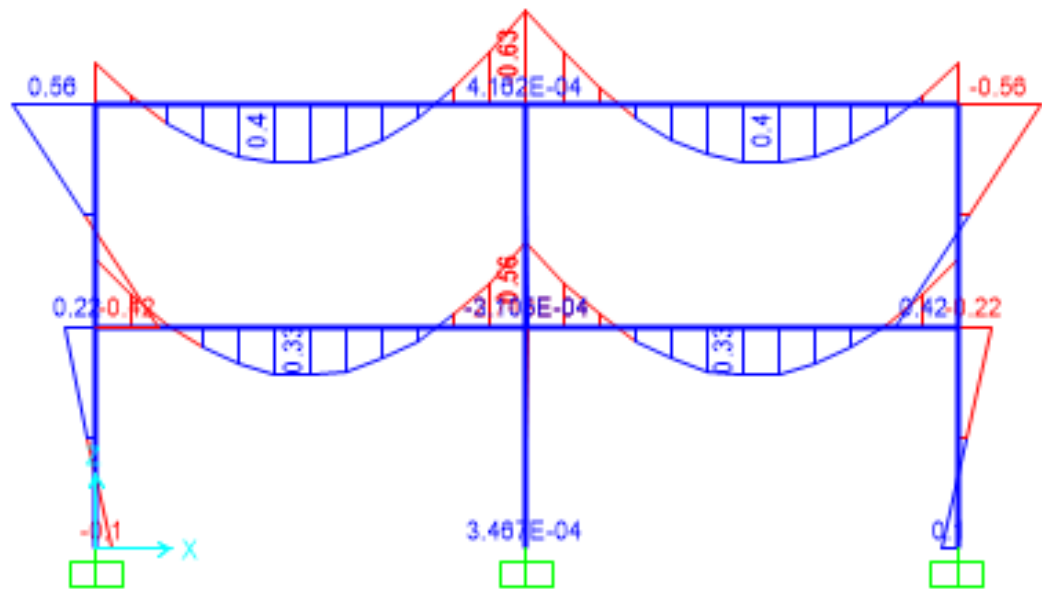


Ilustración 55/ Diagrama de momentos cortantes.

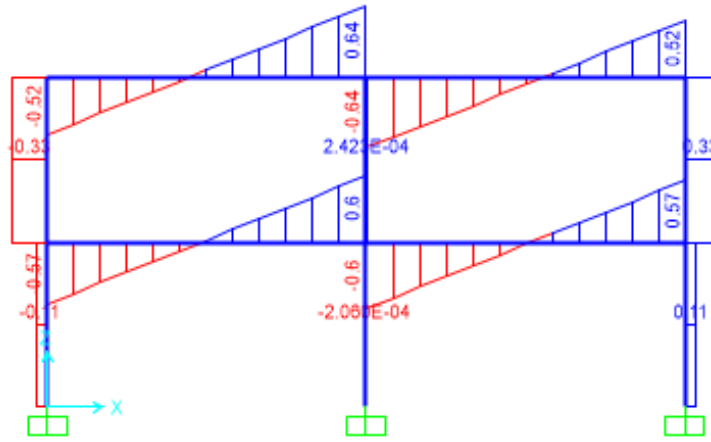


Ilustración 56/ Graficas de momentos de la viga

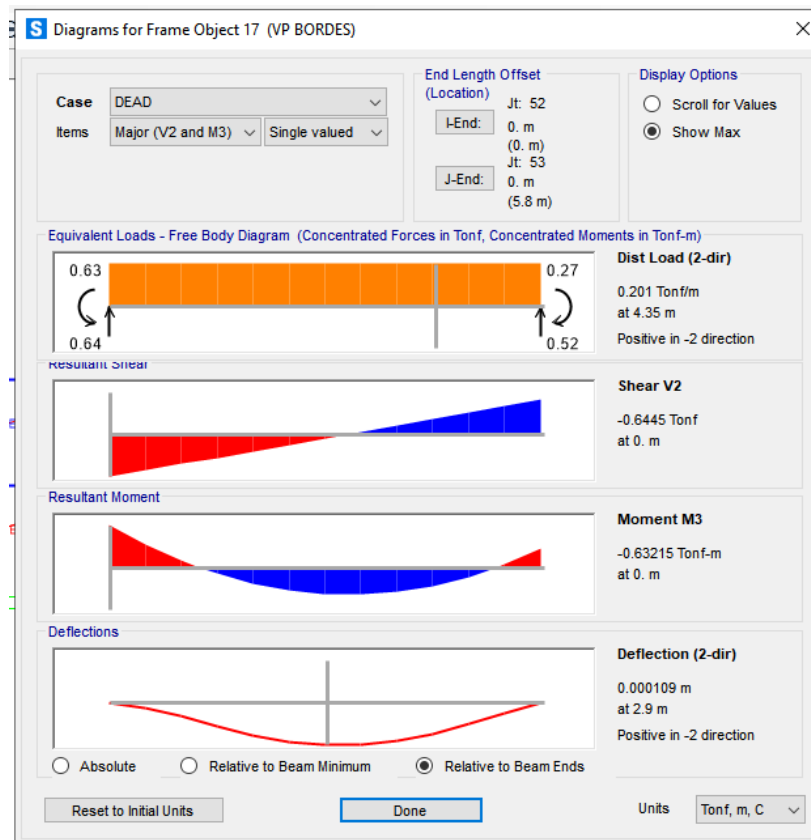
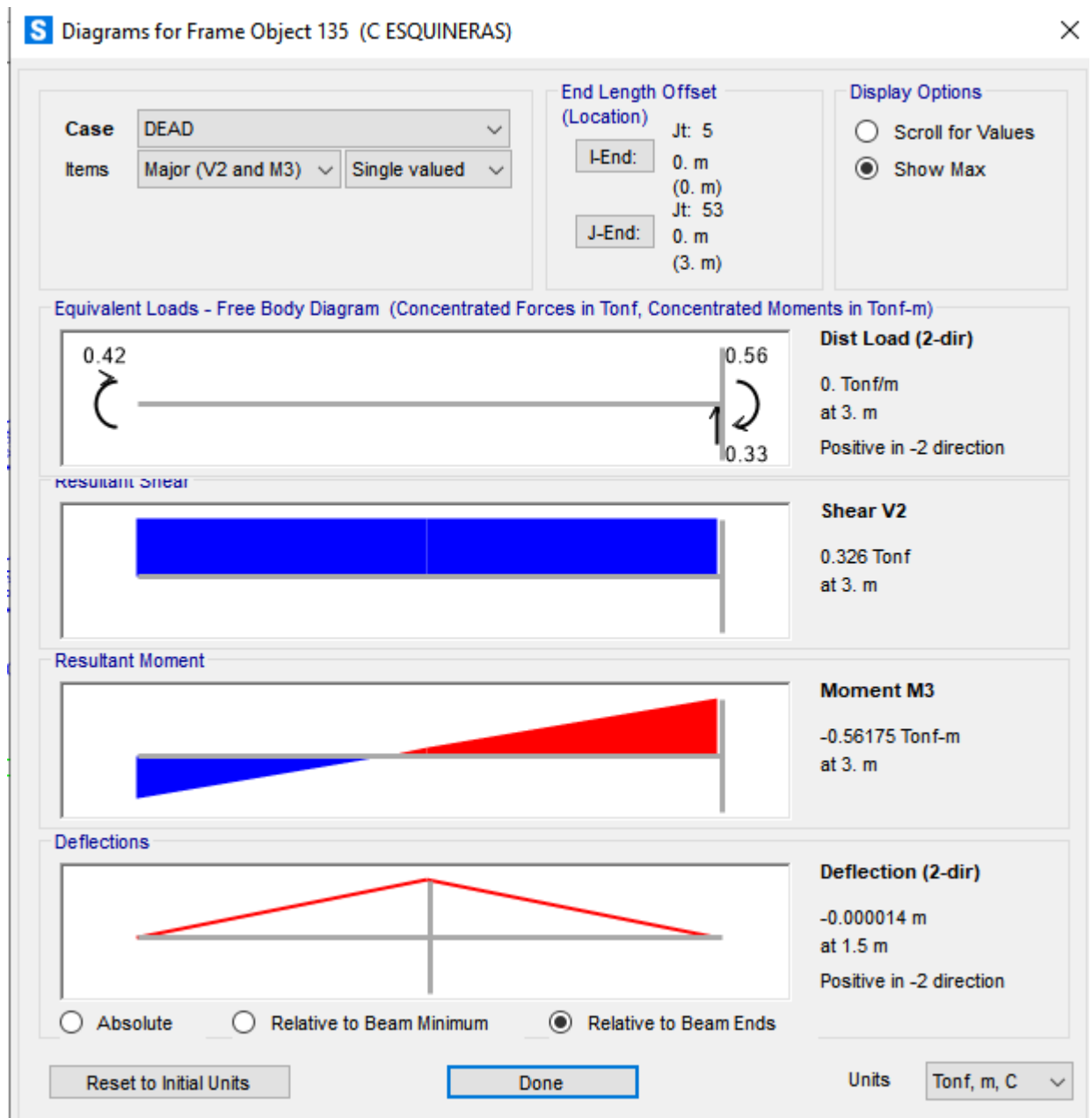
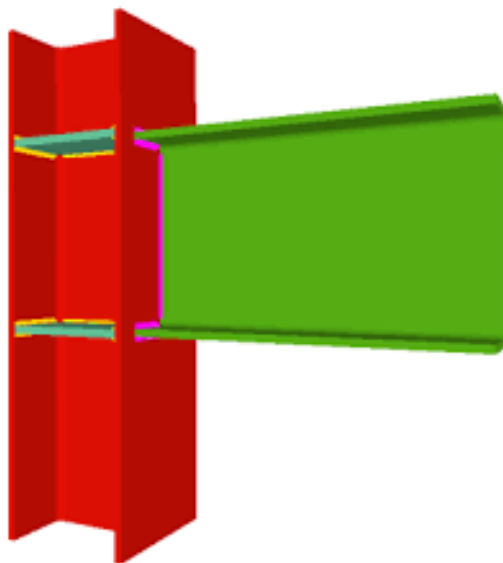


Ilustración 57 Gráfica de momentos en columna



6.17. Unión viga columna

Ilustración 58/ Unión de viga tipo i con vigas principal tipo I



6.17.1. Peso de la estructura

Tabla 15/ RESUMEN DE PESODE LA ESTRUCUTRA .

TABLA 11 PESO DEL A ESTRUTURA				
VIGAS PRINCIAPLES LONGITUDINAL				
PISOS	CANTIDAD	PESO UNITARIO	TOTAL	UNIDAD
2	6	200.96	2411.52	kg/m
VIGAS PRINCIPALES TRANSVERSALES				
2	6	282.6	3391.2	kg/m
VIGAS SECUNDARIAS				
2	20	130.79	5231.6	kg/m
COLUMNA ESQUINERA				
2	4	175.84	1406.72	kg/m
COLUMNA DE BORDE				
2	4	207.24	1657.92	kg/m
COLUMNA CENTRAL				
2	1	207.24	414.48	kg/m
PESO TOTAL DE LA ESTRUCUTRA			14513.44	KG/M
			14.51344	T/M

2. Conclusiones

Solución viable y económica: El diseño de una estructura metálica para residencias estudiantiles utilizando contenedores es una solución viable, tanto económica como estructuralmente, para resolver la escasez de alojamiento cercano al campus María Auxiliadora de la Universidad Politécnica Salesiana. La utilización de contenedores reciclados y el uso de una estructura metálica robusta permiten una construcción rápida y rentable, con un impacto positivo en la sostenibilidad.

Adecuación estructural: La hipótesis del proyecto es que los contenedores pueden ofrecer una alternativa funcional para alojar a los estudiantes, siempre y cuando se garantice la adecuación de la estructura metálica que los soportará. Los análisis estructurales detallados, especialmente aquellos enfocados en la resistencia sísmica, son esenciales para asegurar que estas estructuras sean seguras en una región sísmicamente activa como Guayaquil.

Impacto en la calidad de vida de los estudiantes: El proyecto aborda de manera efectiva el problema del alojamiento en las cercanías del campus, mejorando la calidad de vida de los estudiantes. La cercanía a la universidad, la reducción de costos y la creación de un ambiente propicio para el estudio y el descanso contribuyen a mejorar el desempeño académico y reducir el estrés asociado a los desplazamientos largos y costosos.

Sostenibilidad y adaptabilidad: La estructura metálica y el uso de contenedores permiten que la construcción sea más sostenible y adaptable a futuros cambios. La reutilización de contenedores contribuye a la reducción de residuos y a la creación de un entorno más ecológico, mientras que el diseño modular posibilita futuras expansiones o modificaciones conforme se requiera.

Comparación con la construcción tradicional: La comparación con la construcción tradicional de hormigón armado muestra que la solución con contenedores y estructura metálica no solo es más rápida y económica, sino que también presenta ventajas en términos de sostenibilidad. Sin embargo, se debe garantizar que los contenedores se adapten adecuadamente a los requerimientos de confort y seguridad.

3. Recomendaciones.

Refinar los análisis sísmicos y estructurales: Se recomienda realizar un estudio más profundo sobre la resistencia sísmica de las estructuras metálicas que soportarán los contenedores, utilizando simulaciones avanzadas y análisis de cargas dinámicas. Esto asegurará que las residencias sean completamente seguras ante posibles terremotos, dado que Guayaquil es una zona sísmicamente activa.

Optimizar el aislamiento térmico y acústico: Para mejorar la calidad de vida dentro de los contenedores, es importante incorporar sistemas eficientes de aislamiento térmico y acústico, considerando las características del metal y el ambiente local. Esto garantizará que los estudiantes cuenten con un espacio cómodo para descansar y estudiar, minimizando las variaciones de temperatura y el ruido exterior.

Estudio de impacto ambiental y ecológico: Si bien la utilización de contenedores reciclados ya aporta al aspecto sostenible, sería beneficioso realizar un análisis de impacto ambiental para determinar otras áreas de mejora. Esto podría incluir la implementación de tecnologías más eficientes en términos energéticos, como paneles solares, o el uso de materiales más ecológicos en los acabados interiores.

Evaluación continua de costos y tiempos: Es fundamental monitorear de manera continua los costos de ejecución y los tiempos de construcción para garantizar que el proyecto se mantenga dentro del presupuesto y plazo estimados. La comparación con métodos tradicionales puede servir como un parámetro de evaluación para mejorar la eficiencia en la construcción y los costos operativos.

Considerar la expansión futura: Dado que el número de estudiantes podría aumentar en los próximos años, es recomendable diseñar la estructura de manera que permita futuras ampliaciones o adaptaciones sin comprometer la seguridad o el confort. La planificación para agregar más unidades residenciales o para modificar la estructura en función de las necesidades cambiantes es esencial para la viabilidad a largo plazo del proyecto.

Realizar estudios socioculturales de aceptación: Es recomendable llevar a cabo estudios socioculturales para evaluar la aceptación de este tipo de alojamiento por parte de los estudiantes. Esto permitirá ajustar los diseños y las características del proyecto a las preferencias de los usuarios y asegurar que la solución propuesta cumpla con sus expectativas en términos de confort y funcionalidad.

4. Bibliografía

10 Construcciones Hechas con Contenedores Marítimos. (n.d.). Retrieved January 23, 2025, from <https://econtainers.co/blog/top-10-construcciones-sorprendentes-hechas-con-contenedores-maritimos/>

Adrian, A., Prieto, A., Sc, I. M., Alonso, E., & Tobar, P. (2021). *Diseño del sistema de irrigación tecnificado para el Eco-campus Balzay de la Universidad de Cuenca*. Universidad de Cuenca. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/37287>

Anonimo. (2019, February 28). *Los movimientos tectónicos – Eolapaz*. <https://eolapaz.com/los-movimientos-tectonicos/>

Arquitectónico, D. (n.d.). *TOMO I NORMAS Y ESPECIFICACIONES PARA ESTUDIOS, PROYECTOS, CONSTRUCCIÓN E INSTALACIONES*.

Arquitectura Pura - Historia, Diseño y Construcción. (n.d.). Retrieved January 23, 2025, from <https://arquitecturapura.com/>

ASTM A36 Acero Propiedades & Ficha Tecnica: Fy, Dureza, Densidad. (n.d.). Retrieved January 23, 2025, from <https://www.materialmundial.com/acero-astm-a36-propiedades-ficha-tecnica-estructural/>

ASTM A572 Propiedades (Mecánicas, Químicas y Clasificación) 2022. (n.d.). Retrieved January 23, 2025, from <https://www.materiales.gelsonluz.com/2020/09/astm-a572-propiedades-mecanicas.html>

ASTM A588 Propiedades  (Mecánicas, Químicas y Clasificación) rev. 2022. (n.d.).

Retrieved January 23, 2025, from <https://www.materiales.gelsonluz.com/2020/09/astm-a588-propiedades-mecanicas.html>

ASTM A992 Propiedades  (Mecánicas, Químicas y Clasificación) rev. 2022. (n.d.).

Retrieved January 23, 2025, from <https://www.materiales.gelsonluz.com/2020/09/astm-a992-propiedades-mecanicas.html>

Cabrera, F. A., & Castro, H. U. (2020). Implementación de “Campus Sostenible”: prácticas ambientales positivas en una universidad de Colombia. *Educación Superior y Sociedad (ESS)*, 32(2), 251–277. <https://doi.org/10.54674/ESS.V32I2.253>

Cargas muertas: características, cálculo, ejemplos. (n.d.). Retrieved January 23, 2025, from <https://www.lifeder.com/cargas-muertas/>

Casas contenedoras, una solución inmobiliaria que se abre paso en Ecuador | Economía | Noticias | *El Universo*. (n.d.). Retrieved January 23, 2025, from <https://www.eluniverso.com/noticias/economia/casas-contenedores-una-solucion-inmobiliaria-que-se-abre-paso-en-ecuador-nota/>

ciudadela echa con contenderoes - Búsqueda. (n.d.). Retrieved December 19, 2024, from https://www.bing.com/search?q=ciudadela+echa+con+contenderoes&cvid=3096f40ec4f1481ba1ec993e7ee9d0cd&gs_lcrp=EgZjaHJvbWUyBggAEEUYOdIBCDQ0NjhqMGo5qAIAAsAIB&FORM=ANAB01&PC=U531

Cómo definir correctamente la longitud de pandeo lateral para la viga de acero dividida en varios segmentos en Robot Structural Analysis. (n.d.). Retrieved December 25, 2024,

from

<https://www.autodesk.es/support/technical/article/caas/sfdcarticles/sfdcarticles/ESP/Lateral-buckling-length-definition-in-Robot.html>

CONTAINER MODULAR CASA - Construx Ecuador. (n.d.). Retrieved January 23, 2025,

from

https://www.construx.com.ec/exhibidores/multicontainer_s_a/producto/container_modular_casa

De, N. E., & Construcción, L. A. (n.d.-a). *CARGAS (NO SÍSMICAS)*.

De, N. E., & Construcción, L. A. (n.d.-b). *ESTRUCTURAS DE ACERO*.

De, N. E., & Construcción, L. A. (n.d.-c). *ESTRUCTURAS DE ACERO*.

De, N. E., & Construcción, L. A. (n.d.-d). *GEOTÉCNIA Y CIMENTACIONES*.

De, N. E., & Construcción, L. A. (n.d.-e). *PELIGRO SÍSMICO DISEÑO SISMO RESISTENTE*.

De, N. E., & Construcción, L. A. (n.d.-f). *RIESGO SÍSMICO, EVALUACIÓN, REHABILITACIÓN DE ESTRUCTURAS*.

Del Suelo El Distrito Metropolitano De, A. E. (n.d.). *DOCUMENTO: ANEXO DEL LIBRO INNUMERADO DEL RÉGIMEN*.

Diseño Arquitectónico 1 by Ediciones Eca - Issuu. (n.d.). Retrieved January 23, 2025, from

https://issuu.com/claudiavargas41/docs/disen_o_arquitectonico1_catalogo_2

-Ecuador, Q. (n.d.). *INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN*.

En, S., Ecuatorianas, E., & Su, Y. (n.d.). *"IMPLEMENTACIÓN DE PRÁCTICAS AMBIENTALES.*

Enrique, J., Valdivieso, L., María, E., & Ordóñez, Á. (2022). *Análisis de escenarios de adaptación del transporte público para cubrir la nueva demanda del Eco Campus Balzay de la Universidad de Cuenca.* Universidad de Cuenca.

<http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/39513>

Erupciones volcánicas, causas y consecuencias - Hago mi Tarea. (n.d.). Retrieved December 19, 2024, from <https://www.hagomitarea.com/contenido/ciencias-naturales/desastres-naturales/erupciones-volcanicas/>

Graziatia, G. (2024, December 3). *Sismo: qué es, cómo se produce, tipos y consecuencias - Resumen.* <https://www.ecologiaverde.com/sismo-que-es-como-se-produce-tipos-y-consecuencias-5191.html>

Habitabilidad Arquitectura - Y Arquitectura. (n.d.). Retrieved January 23, 2025, from <https://www.yarquitectura.com/habitabilidad-arquitectura/>

HSS de Acero Estructural | Panel y Acanalados. (n.d.). Retrieved January 7, 2025, from <https://panelyacanalados.com/acero/perfiles-de-acero/perfiles-estructurales/perfil-hss/>

Mg Jairo Torres Martínez Coautor, A., Mg Hernando Gutiérrez Rodríguez Colaborador, A., & Santiago Castellanos Quiroga, N. (n.d.). *"Cartilla de Dibujo Arquitectónico, Complementos Teóricos y Ejercicios Prácticos para la Comprensión y Aplicación en el.* Retrieved January 23, 2025, from www.buhoseditores.com

NEC. (n.d.). *CURVAS DE RIESGO SISMICO*. Retrieved January 23, 2025, from <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/5.-NEC-SE-DS-Peligro-Sismico-parte-4.pdf>

Nestorio, E., Yunga, R., Andrés, J., & Duarte, Z. (n.d.). *Diseño de interiores residenciales mediante contenedores marítimos Residential interior design generated throughout the use of containers*.

New Home Container – New Home Container. (n.d.). Retrieved January 23, 2025, from <https://newhomecontainer.com.ec/>

Normas de acero: todo lo que necesitas saber - arquitecturatecnica.net. (n.d.). Retrieved January 23, 2025, from <https://arquitecturatecnica.net/normas-de-acero-todo-lo-que-necesitas-saber/>

PANDEO LATERAL TORSIONAL | RAG INGENIERIA ESTRUCTURAL. (n.d.). Retrieved December 25, 2024, from <https://ragingenieria.com/pandeo-lateral-torsional/>

PREGUNTAS Y RESPUESTAS Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) 1. ¿Qué es la NEC? (n.d.).

¿Qué es la construcción sostenible y por qué es importante? (2023, September 13). <https://www.eurofins-environment.es/es/que-es-la-construccion-sostenible/>

QUIENES SOMOS – New Home Container. (n.d.). Retrieved January 23, 2025, from <https://newhomecontainer.com.ec/quienes-somos/>

REUTILIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS. (n.d.-a).

Rodríguez Octavio Nicolás, I., & Eduardo Gutiérrez Lara, I. (2020a). *Diseño de un área de eco-camping para la “Quinta Intriago” cantón Buena fe, Provincia de Los Ríos, año 2020-2021*. Quevedo-Ecuador. <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/6180>

Rodríguez Octavio Nicolás, I., & Eduardo Gutiérrez Lara, I. (2020b). *Diseño de un área de eco-camping para la “Quinta Intriago” cantón Buena fe, Provincia de Los Ríos, año 2020-2021*. Quevedo-Ecuador. <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/6180>

Santiago Guayaquil, D. DE, & Henry Emilio Mendoza Avilés, B. (n.d.). *UNIVERSIDAD CATÓLICA ÍNDICE CONTENIDO Páginas*.

TRÁMITES RELACIONADOS CON EDIFICACIONES Y REGULACIONES DE VIVIENDA – Alcaldía de Guayaquil. (n.d.). Retrieved January 23, 2025, from <https://www.guayaquil.gob.ec/tramites-relacionados-con-edificaciones-y-regulaciones-de-vivienda/>

tubos estructurales circulares. (n.d.).

Usos de los contenedores marítimos para viviendas | Pelican Containers. (n.d.). Retrieved January 23, 2025, from <https://pelicancontainers.com/es/applications/usos-de-los-contenedores-para-construir-casas>