



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL
DEPARTAMENTO DE FORMACIÓN DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL
MENCIÓN GESTION DE LA CONSTRUCCIÓN**

TRABAJO DE TITULACIÓN

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
MAGÍSTER EN INGENIERÍA CIVIL
MENCIÓN GESTION DE LA CONSTRUCCIÓN**

TEMA

**CONSTRUCCIÓN LIVIANA CON SISTEMA STEEL FRAME PARA VIVIENDAS
SISMO RESISTENTE DE DOS PISOS EN LA VÍA DATA POSORJA DEL CANTÓN
PLAYAS**

AUTOR:

Ing. MARCIO GERARDO ALVAREZ CARVAJAL

TUTOR:

Mg. ROMMEL YELA ACOSTA

GUAYAQUIL-ECUADOR

2025

REPOSITARIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA	
FICHA DE REGISTRO DE TESIS	
TÍTULO Y SUBTÍTULO: CONSTRUCCIÓN LIVIANA CON SISTEMA STEEL FRAME PARA VIVIENDAS SISMO RESISTENTE DE DOS PISOS EN LA VÍA DATA POSORJA DEL CANTÓN PLAYAS	
AUTOR/ES: Marcio Gerardo Álvarez Carvajal	REVISORES O TUTORES: Mg. Rommel Yela Acosta
INSTITUCIÓN: Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil	Grado obtenido: Magister en Ingeniería Civil Mención Gestión de la Construcción.
POSGRADO MAESTRIA EN INGENIERIA CIVIL	CARRERA: Ingeniería Civil
FECHA DE PUBLICACIÓN: 2025	N. DE PAGS: 113
ÁREAS TEMÁTICAS: Arquitectura y Construcción	
PALABRAS CLAVE: Steel Frame, Eficiencia económica, Seguridad sísmica, Construcción de viviendas, Hormigón armado	
En Latinoamérica, las viviendas sociales en zonas rurales suelen construirse con materiales convencionales, pero el uso de materiales nativos y alternativos puede reducir costos. Además, deben resistir fuertes sismos debido al fenómeno de subducción de la placa de Nazca, bajo la Sudamericana. La Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC2015) considera zonas sísmicas específicas, y los sistemas de Steel Frame ofrecen eficiencia económica y seguridad sísmica, siendo una solución innovadora en la construcción de viviendas. El objetivo de este estudio es evaluar la implementación del sistema constructivo denominado Steel Frame en proyectos de viviendas de dos plantas respecto al sistema tradicional en la vía Data Posorja del cantón Playas. Este estudio experimental compara el sistema Steel Frame con el tradicional en viviendas de dos plantas en Vía Data Posorja, evaluando excavación, estructura, paredes y acabados en un terreno arenoso de 1200 m², utilizando hierro FY = 4200 kg/cm² y perfilería de acero galvanizado FY = 40 ksi. Se compararán beneficios en tiempo, costos y rendimiento sísmico. Un cronograma detallado cubrirá las fases: estructural y de acabados. El análisis comparativo entre el sistema de construcción tradicional de hormigón armado y Steel Frame revela que Steel Frame reduce costos totales en \$35,622.02 (25%) y costos de imprevistos en 73.95%. Aunque el hormigón armado es más rápido en algunas fases, Steel Frame ofrece eficiencia general y menor tiempo de ejecución. En conclusión, el sistema Steel Frame proporciona importantes beneficios económicos, disminuyendo tanto los costos totales como los imprevistos, además de mejorar la eficiencia en la construcción.	

N. DE REGISTRO (en base de datos	N. DE CLASIFICACIÓN:		
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			
ADJUNTO PDF:	SI	☒	NO ☐
CONTACTO CON AUTOR/ES: Marcio Gerardo Álvarez Carvajal	Teléfono: 0998413148		E-mail: marcioalvarez@hotmail.com
CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:	Dra. Norma Hinojoza Garcés Teléfono: 2596500 Ext. 170 E-mail: nhinojosag@ulvr.edu.ec		

INFORME SIMILITUD

7 Archivo del Trabajo de Titulación Alvarez Carvajal Marcio Gerardo.docx

INFORME DE ORIGINALIDAD

6%

INDICE DE SIMILITUD

6%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

3%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

journal.moripublishing.com

Fuente de Internet

<1 %

2

www.researchgate.net

Fuente de Internet

<1 %

3

dspace.ucuenca.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

4

Submitted to University of Auckland

Trabajo del estudiante

<1 %

5

core.ac.uk

Fuente de Internet

<1 %

6

www.larepublica.ec

Fuente de Internet

<1 %

7

fipcaec.com

Fuente de Internet

<1 %

8

es.slideshare.net

Fuente de Internet

<1 %

9

www.i-asem.org

Fuente de Internet

<1 %

10

ri.ues.edu.sv

Fuente de Internet

<1 %

11

www.e3s-conferences.org

Fuente de Internet

<1 %

12

ribuni.uni.edu.ni

Fuente de Internet

<1 %

13	Submitted to Universidad Peruana Del Centro Trabajo del estudiante	<1 %
14	Submitted to Universidad Tecnica De Ambato- Direccion de Investigacion y Desarrollo , DIDE Trabajo del estudiante	<1 %
15	promeba.gob.ar Fuente de Internet	<1 %
16	repositorio.ute.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
17	www.dspace.uce.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
18	dspace.uazuay.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
19	link.springer.com Fuente de Internet	<1 %
20	www.koreascience.or.kr Fuente de Internet	<1 %
21	Submitted to Universidad Militar Nueva Granada Trabajo del estudiante	<1 %
22	rus.ucf.edu.cu Fuente de Internet	<1 %
23	polodelconocimiento.com Fuente de Internet	<1 %
24	Submitted to Universidad Catolica De Cuenca Trabajo del estudiante	<1 %
25	www.revistasipgh.org Fuente de Internet	<1 %
26	repositorio.unesum.edu.ec Fuente de Internet	<1 %

27	zarza.com Fuente de Internet	<1 %
28	www.hindawi.com Fuente de Internet	<1 %
29	www.produccioncientificaluz.org Fuente de Internet	<1 %
30	Submitted to Universidad Politecnica Salesiana del Ecuador Trabajo del estudiante	<1 %
31	observatorio.campus-virtual.org Fuente de Internet	<1 %
32	upcommons.upc.edu Fuente de Internet	<1 %
33	www.scipedia.com Fuente de Internet	<1 %
34	Submitted to Universidad Europea de Madrid Trabajo del estudiante	<1 %
35	dokumen.pub Fuente de Internet	<1 %
36	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
37	archive.org Fuente de Internet	<1 %
38	patents.google.com Fuente de Internet	<1 %
39	www.diva-portal.se Fuente de Internet	<1 %
40	Submitted to Universidad de Guayaquil Trabajo del estudiante	<1 %
41	Submitted to University of Brighton Trabajo del estudiante	<1 %

		<1 %
42	biblioteca.usac.edu.gt Fuente de Internet	<1 %
43	www.colibri.udelar.edu.uy Fuente de Internet	<1 %
44	isco-iss.faperta.unpad.ac.id Fuente de Internet	<1 %
45	vdocuments.mx Fuente de Internet	<1 %
46	venaecuadorprimero.wordpress.com Fuente de Internet	<1 %
47	www.clubensayos.com Fuente de Internet	<1 %
48	Antonio Castillo-Paredes, Amador Cernuda-Lago, Constanza Nudman Gacitúa, Rosa Guadalupe Pech Pacheco, Annia Wilkomirsky. "Psicoballet, una herramienta clínica de integración social con beneficios a nivel biopsicosocial: Una revisión a la literatura. (Psychoballet, a clinical tool for social integration with benefits at the biopsychosocial level: A review of the literature)", Retos, 2023 Publicación	<1 %
49	ciencia.lasalle.edu.co Fuente de Internet	<1 %
50	www.investigarmqr.com Fuente de Internet	<1 %
51	Submitted to Corporación Universitaria Minuto de Dios, UNIMINUTO Trabajo del estudiante	<1 %

52	Submitted to UNIV DE LAS AMERICAS Trabajo del estudiante	<1 %
53	Submitted to Universidad Católica San Pablo Trabajo del estudiante	<1 %
54	Submitted to Universidad Técnica de Machala Trabajo del estudiante	<1 %
55	rowhamsteel.co.uk Fuente de Internet	<1 %
56	sinergiejournal.eu Fuente de Internet	<1 %
57	www.gdacs.org Fuente de Internet	<1 %
58	azuayaldia.com Fuente de Internet	<1 %
59	hablemosdeislas.com Fuente de Internet	<1 %
60	ia801605.us.archive.org Fuente de Internet	<1 %
61	repositorio.ulima.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
62	saber.ucv.ve Fuente de Internet	<1 %
63	www.proz.com Fuente de Internet	<1 %
64	biblioteca.udla.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
65	es.louddomain.com Fuente de Internet	<1 %
66	fdocuments.es Fuente de Internet	<1 %

67	idus.us.es Fuente de Internet	<1 %
68	www.prnewswire.com Fuente de Internet	<1 %
69	"Análisis de poder de mercado y la elasticidad precio de la demanda en el mercado eléctrico español", Pontificia Universidad Católica de Chile, 2013 Publicación	<1 %
70	Mario Fernando García Moreno. "Escultura cinética en acero estructural. El movimiento como agente mediador entre obra de arte y espectador. Caso Quito-Ecuador.", Universitat Politècnica de Valencia, 2023 Publicación	<1 %
71	abecedariochino.info Fuente de Internet	<1 %
72	doku.pub Fuente de Internet	<1 %
73	elestimulo.com Fuente de Internet	<1 %
74	idoc.pub Fuente de Internet	<1 %
75	iqs.edu Fuente de Internet	<1 %
76	repositorio.unach.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
77	sigarra.up.pt Fuente de Internet	<1 %
78	www.produce.gob.pe Fuente de Internet	<1 %

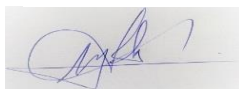
79	www.recimundo.com Fuente de Internet	<1 %
80	www.redbubble.com Fuente de Internet	<1 %
81	www.spanishdict.com Fuente de Internet	<1 %
82	www.theinsightpartners.com Fuente de Internet	<1 %
83	www.unizar.es Fuente de Internet	<1 %
84	www.yucatan.com.mx Fuente de Internet	<1 %
85	"Diseño de una fuerza laboral polifuncional para el sector servicios :caso aplicado a la industria del retail", Pontificia Universidad Católica de Chile, 2016 Publicación	<1 %
86	Héctor Moreno Solaz. "Análisis y mejora del sistema integral de gestión de residuos sólidos urbanos en la ciudad de Castellón de la Plana respondiendo a demandas de sostenibilidad y circularidad", Universitat Politècnica de Valencia, 2023 Publicación	<1 %
87	Lihua Zhu, Qiujun Ning, Wei Han, Cheng Zhao. "Seismic Performance of Self-Centering Square Concrete-Filled Steel Tubular Column-to-Steel Beam Connection under Variable Axial Force", Journal of Structural Engineering, 2023 Publicación	<1 %
88	Ramón Tejada Oliveros. "Optimización de las propiedades de tenacidad e impacto de	<1 %

formulaciones de ácido poliláctico (PLA),
mediante mezclas con polímeros flexibles y
optimización de los sistemas de
compatibilización", Universitat Politècnica de
Valencia, 2023

Publicación

89	apliqa.es Fuente de Internet	<1 %
90	bibliotecavirtualoducal.uc.cl Fuente de Internet	<1 %
91	docplayer.net Fuente de Internet	<1 %
92	dspace.espoch.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
93	estudogeral.sib.uc.pt Fuente de Internet	<1 %
94	linguatools.de Fuente de Internet	<1 %
95	repositorio.ucsg.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
96	repositorio.umet.edu.ec:8080 Fuente de Internet	<1 %
97	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
98	repository.javeriana.edu.co Fuente de Internet	<1 %
99	www.economia-montevideo.gob.mx Fuente de Internet	<1 %
100	www.mercofer.com.py Fuente de Internet	<1 %
101	www.repositorio.usac.edu.gt	

	Fuente de Internet	<1 %
102	www.shutterstock.com Fuente de Internet	<1 %
103	Luisa Paulina Viera Arroba. "Factibilidad constructiva de viviendas con muros portantes de fardos de paja energéticamente eficientes y sismo resistentes en la zona andina del Ecuador", Universitat Politècnica de Valencia, 2023 Publicación	<1 %
104	Juan Francisco Nicolalde, John Yaselga, Javier Martínez-Gómez. "Selection of a Sustainable Structural Beam Material for Rural Housing in Latin América by Multicriteria Decision Methods Means", Applied Sciences, 2022 Publicación	<1 %
Excluir citas Excluir bibliografía Apagado Apagado Excluir coincidencias < 1 words		



MGTR. ROMMEL YELA

DEDICATORIA

Con profunda gratitud y amor, dedico esta tesis a mi querida esposa, Gina Falcón Arias, cuyo apoyo inquebrantable y amor han sido mi fuerza y mi refugio a lo largo de este arduo camino. Gina, tu paciencia y comprensión durante las largas noches de estudio y trabajo me han dado el ánimo necesario para seguir adelante. A mi hija, María de los Ángeles Álvarez Falcón, cuya luz y alegría me han inspirado a ser mejor cada día, y me han recordado la importancia de perseverar y alcanzar mis sueños. María, tu sonrisa ha sido el mejor incentivo para no rendirme y seguir luchando por mis objetivos.

A mis padres, Lupe Carvajal y, especialmente, a la memoria de mi padre, Washington Álvarez, cuya sabiduría y valores me han guiado desde la infancia hasta la madurez. Mamá, gracias por enseñarme la importancia del esfuerzo y la dedicación. Papá, aunque ya no estés físicamente con nosotros, tu espíritu y tus enseñanzas han sido mi norte en cada paso de este recorrido. Me consuela saber que parte de este logro también te pertenece, por todo lo que me inculcaste.

Marcio Gerardo Álvarez Carvajal

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero expresar mi más profundo y sincero agradecimiento a Dios y a la Virgen María. Su guía divina y protección constante me han dado la fortaleza y el coraje necesarios para superar los desafíos más difíciles. En los momentos de incertidumbre y cansancio, mi fe en ellos me brindó paz y esperanza, permitiéndome seguir adelante.

Quiero extender mi más sincero agradecimiento a todas las personas que han sido esenciales para la realización de esta tesis. En primer lugar, a mi amada esposa, Gina Falcón Arias, por su incansable paciencia, amor y apoyo incondicional. A mi hija, María de los Ángeles Álvarez Falcón, que me ha dado la fuerza para perseverar, incluso en los momentos más difíciles.

A mi madre, Lupe Carvajal, por su dedicación y por inculcarme los valores de esfuerzo y perseverancia. Tu ejemplo de fortaleza y tu apoyo incondicional han sido cruciales para alcanzar este logro. A mi padre, Washington Álvarez, a quien siempre llevo en mi corazón. Aunque no estés físicamente con nosotros, tus enseñanzas y valores han sido mi guía constante. Deseo también expresar mi gratitud al Ing. Rommel Yela Acosta, mi tutor de tesis, por su valiosa orientación y paciencia. Su experiencia y consejos han sido fundamentales para la realización de este trabajo, permitiéndome superar los retos con confianza y precisión.

Asimismo, agradezco a mis amigos y colegas, quienes me brindaron su apoyo y palabras de aliento en todo momento. Su camaradería y motivación han sido esenciales para mantenerme enfocado y comprometido con mi objetivo.

Finalmente, quiero agradecer a la institución académica y a todos mis profesores, cuyo conocimiento y dedicación han sido pilares en mi formación. Sus enseñanzas han sido fundamentales para mi crecimiento profesional y personal, y su compromiso con la educación ha dejado una huella indeleble en mi vida. Gracias a todos por su contribución a este importante logro.

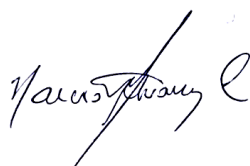
Marcio Gerardo Álvarez Carvajal

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Guayaquil 16 de mayo del 2024

Yo, Marcio Gerardo Álvarez Carvajal, declaro bajo juramento, que la autoría del presente proyecto de investigación, **CONSTRUCCIÓN LIVIANA CON SISTEMA STEEL FRAME PARA VIVIENDAS SISMO RESISTENTE DE DOS PISOS EN LA VÍA DATA POSORJA DEL CANTÓN PLAYAS**, corresponde totalmente al suscrito y me responsabilizo con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

De la misma forma, cedo los derechos patrimoniales y de titularidad a la **Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil**, según lo establece la normativa vigente.



Ing. Marcio Gerardo Álvarez Carvajal

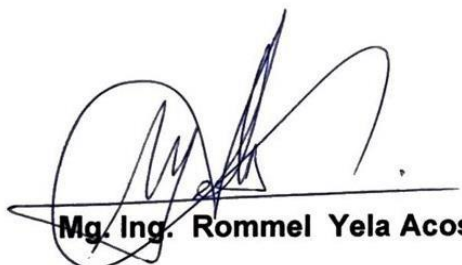
C.I. 0909391054

Guayaquil 2 de agosto 2024

PhD. Eva Guerrero
LópezDIRECTORA
Departamento de
PosgradoULVR

De mis consideraciones

Certifico que el trabajo titulado "CONSTRUCCIÓN LIVIANA CON SISTEMA STEEL FRAME PARA VIVIENDAS SISMO RESISTENTES DE DOS PISOS EN LA VIA DATA POSORJA DEL CANTON PLAYAS". ha sido elaborado por Álvarez Carvajal Marcio Gerardo bajo mi tutoría, y que el mismo reúne los requisitos para ser defendido ante el tribunal examinador que se designe al efecto.



Mg. Ing. Rommel Yela Acosta
C.C. 1202108419

Contenido

RESUMEN	xxii
ABSTRACT.....	xxiii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1: MARCO GENERAL DE INVESTIGACIÓN	4
1.1 Tema.....	4
1.2 Planteamiento del problema	4
1.3 Formulación del problema.....	5
1.4 Sistematización del problema.....	5
1.5 Delimitación del problema de investigación	6
1.6 Delimitación de la investigación	6
1.7 Línea de investigación	6
1.8 Objetivo general	6
1.9 Objetivos específicos	6
1.10 Justificación de la investigación	7
1.11 Hipótesis de la investigación	8
1.12 Variable independiente	8
1.13 Variable dependiente	8
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO.....	9
2.1 Antecedentes.....	9
2.2 Definiciones.....	10
2.3 Materiales, formas y tamaños estándar.....	14
2.3.1 Tipos de acero de formación en frío.....	14
2.3.1.2 Miembros no estructurales.....	14
2.3.2 Dimensiones físicas	14
2.3.3 Espesor del material sin recubrimiento.....	15
2.3.4 Radio de curvatura.....	16
2.3.5 Fuerza de rendimiento	16
2.3.6 Protección contra la corrosión	16
2.3.6.1 Compatibilidad Con Otros Metales	17
2.3.7 Perforación Web.....	17
2.3.8 Corte, muesca y endurecido de agujeros	18
2.3.9 Refuerzos de cojinetes	18
2.3.10 Sujetadores.....	19

2.3.10.1	Tornillos	19
2.3.10.2	Pernos.....	20
2.4	Cimientos.....	20
2.5	Pisos.....	20
2.5.1	Sujetado de vigueta.....	20
2.5.2	Voladizos de piso	21
2.5.3	Empalme.....	21
2.5.4	Cerchas de piso	21
2.6	Materiales de Steel Frame Liviano (LSF)	21
2.6.1	Secciones conformadas en frío	22
2.6.2	Paneles de revestimiento.....	23
2.6.3.	Unión y sujeción.....	24
2.6.4	Materiales de aislamiento térmico	24
2.6.5	Membranas de estanqueidad al aire y al viento	25
2.6.6	Opciones de acabado	25
2.7	Clasificación de los elementos de construcción LSF	26
2.8	Métodos de diseño, fabricación y enmarcado	26
2.9	Métodos de construcción	27
2.9.1.	Construcción de vigas.....	28
2.9.2	Construcción de paneles	29
2.9.3	Construcción modular.....	30
2.9.4	Construcción de marco de globo	30
2.10	Estructura de pared de acero – montaje.....	31
2.11	Ventajas y desventajas del sistema Steel Frame	32
2.12	¿Por qué utilizar marcos de acero ligeros?	33
2.13	Durabilidad y vida de diseño	34
2.14	Espectro sísmico	35
2.14.1	Análisis espectral.....	36
2.14.2	Análisis paso a paso en el tiempo.....	37
2.14.3	Principios del análisis elástico y no lineal paso a paso en el tiempo.....	38
2.14.4	Establecimiento de los espectros	38
2.14.5	Caracterización sísmica del suelo.....	38
CAPÍTULO 3: METODOLOGIA		41
3.1	Enfoque de la investigación	41
3.2	Tipo de investigación	41
3.3	Diseño de la investigación.....	41

3.4	Población y muestra	41
3.5	Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	42
CAPÍTULO 4: RESULTADOS		43
CAPÍTULO 5: INFORME TECNICO		53
5.1	Resultados del diseño estructural de la vivienda	53
5.1.1	Interpretación y análisis de resultados	53
5.1.2	Solución eficiente para la construcción de una vivienda en la zona costera	54
5.1.3	Presupuesto	54
5.1.3.1	Rubros que intervienen en la construcción	54
5.1.3.2	Presupuesto detallado	58
CONCLUSIONES		64
RECOMENDACIONES.....		65
BIBLIOGRAFÍA		66
ANEXOS		69

Índice de figuras

Figura 1: Mapa sismotectónico del Golfo de Guayaquil y segmento continental de las Provincias de Santa Elena, Guayas y El Oro.....	5
Figura 2: Configuración de la sección C	10
Figura 3: Construcción Steel Frame	13
Figura 4: Web Punchout	18
Figura 5: Refuerzo de agujero	19
Figura 6: Construcción con vigas	28
Figura 7: Construcción de paneles.....	29
Figura 8: Construcción modular	30
Figura 9: Construcción de marco de globo.....	31
Figura 10: Mapa de zonas sísmicas y factor Z en Ecuador	39
Figura 11: Percepción de los profesionales de la viabilidad del sistema Steel Frame	43
Figura 12: Percepción sobre la competitividad del costo del Steel Frame en comparación con otros sistemas constructivos	44
Figura 13: Percepción sobre el cumplimiento de estándares de sismo resistencia del Steel Frame	45
Figura 14: Recomendación del uso de Steel Frame en proyectos de vivienda social	46
Figura 15: Percepción sobre la reducción del tiempo de construcción con Steel Frame en comparación con métodos tradicionales.....	47
Figura 16: Percepción sobre la reducción de costos de mantenimiento a largo plazo con el sistema Steel Frame	48
Figura 17: Percepción sobre la resistencia climática del Steel Frame en zonas costeras	49
Figura 18: Percepción sobre la disponibilidad de proveedores de materiales para la implementación del sistema Steel Frame en Ecuador	50
Figura 19: Percepción sobre la preparación de la mano de obra local para la instalación de Steel Frame	51
Figura 20: Factores clave para la adopción del sistema Steel Frame en la zona	52

Índice de tablas

Tabla 1: Dimensiones de sección C	15
Tabla 2: Grosor mínimo del material sin recubrir.....	15
Tabla 3: Requisitos mínimos de recubrimiento	16
Tabla 4. Percepción de los profesionales de la viabilidad del sistema Steel Frame	43
Tabla 5: Percepción sobre la competitividad del costo del Steel Frame en comparación con otros sistemas constructivos	44
Tabla 7. Percepción sobre el cumplimiento de estándares de sismo resistencia del Steel Frame	45
Tabla 8. Recomendación del uso de Steel Frame en proyectos de vivienda social	46
Tabla 9. Percepción sobre la reducción del tiempo de construcción con Steel Frame en comparación con métodos tradicionales.....	47
Tabla 10. Percepción sobre la reducción de costos de mantenimiento a largo plazo con el sistema Steel Frame	48
Tabla 11. Percepción sobre la resistencia climática del Steel Frame en zonas costeras	49
Tabla 12. Percepción sobre la disponibilidad de proveedores de materiales para la implementación del sistema Steel Frame en Ecuador	50
Tabla 13. Percepción sobre la preparación de la mano de obra local para la instalación de Steel Frame ..	51
Tabla 14. Factores clave para la adopción del sistema Steel Frame en la zona	52
Tabla 15. Capítulos de rubros y rubros que intervienen en la construcción	54

Índice de planos

Plano 1: Armado Planta Baja y alzado de Armado de Paredes	69
Plano 2: Armado planta baja, armado planta alta y alzado de armado de paredes.....	70
Plano 3: Armado planta alta y alzado de armado de paredes	71
Plano 4: Armado planta alta, armado planta bordillo, alzado de armado de paredes.....	72
Plano 5: Entrepiso.....	73
Plano 6: <i>Cercha tipo para cubierta</i>	74

RESUMEN

En Latinoamérica, las viviendas sociales en zonas rurales suelen construirse con materiales convencionales, pero el uso de materiales nativos y alternativos puede reducir costos. Además, deben resistir fuertes sismos debido a la subducción de la placa de Nazca. La Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC2015) considera zonas sísmicas específicas, y los sistemas de Steel Frame ofrecen eficiencia económica y seguridad sísmica, siendo una solución innovadora en la construcción de viviendas.

El objetivo de este estudio es evaluar la implementación del sistema constructivo denominado Steel Frame en proyectos de viviendas de dos plantas respecto al sistema tradicional en la vía Data Posorja del cantón Playas.

Este estudio experimental compara el sistema Steel Frame con el sistema tradicional en viviendas de dos plantas en Vía Data Posorja, evaluando la cimentación, estructura, paredes y acabados en un terreno arenoso de 1200 m². Se compararán beneficios en tiempo, costos y peso de la estructura. Un cronograma detallado cubrirá las fases estructurales y de acabados.

El análisis comparativo entre el sistema de construcción tradicional y Steel Frame revela que este último reduce costos en un 25% y costos de imprevistos en 73.95%. Además, el Steel Frame ofrece eficiencia general y menor tiempo de ejecución. Así mismo, este sistema, con 66,459.15 kg, se destaca por su alta relación resistencia-peso y rapidez en la construcción, mientras que el hormigón armado, con 215,261 kg, tiene mayor inercia y menor flexibilidad.

En conclusión, el sistema Steel Frame proporciona importantes beneficios económicos, disminuyendo tanto los costos totales como los imprevistos, además de mejorar la eficiencia en la construcción.

ABSTRACT

In Latin America, social housing in rural areas is often built with conventional materials, but the use of native and alternative materials can reduce costs. In addition, they must withstand strong earthquakes due to the subduction of the Nazca plate. The Ecuadorian Construction Standard (NEC2015) considers specific seismic zones, and Steel Frame systems offer economic efficiency and seismic safety, being an innovative solution in housing construction.

The objective of this study is to evaluate the implementation of the construction system called Steel Frame in two-story housing projects compared to the traditional system on the Data Posorja road in the Playas canton.

This experimental study compares the Steel Frame system with the traditional system in two-story homes on the Data Posorja road, evaluating the foundation, structure, walls and finishes on a sandy terrain of 1200 m². Benefits in time, costs and weight of the structure will be compared. A detailed schedule will cover the structural and finishing phases.

The comparative analysis between the traditional construction system and Steel Frame reveals that the latter reduces costs by 25% and unforeseen costs by 73.95%. In addition, Steel Frame offers overall efficiency and shorter execution time. Likewise, this system, with 66,459.15 kg, stands out for its high strength-to-weight ratio and speed of construction, while reinforced concrete, with 215,261 kg, has greater inertia and less flexibility.

In conclusion, the Steel Frame system provides significant economic benefits, reducing both total and unforeseen costs, in addition to improving construction efficiency.

INTRODUCCIÓN

En los países latinoamericanos es común encontrar viviendas de interés social en las zonas rurales ya que estas se construyen para las poblaciones de menores recursos, las cuales se realizan con materiales convencionales como hormigón, bloques huecos, vigas de bloques de arcilla y bovedillas. Sin embargo, el sector de la construcción de América Latina ha visto que el uso de materiales importados tiene un impacto negativo en el costo de las viviendas, algo que podría cambiar con la utilización de materiales nativos y alternativos (Nicolalde et al., 2022).

Sin embargo, los precios no son el único problema que debe enfrentar la vivienda social, además, dado que la placa oceánica de Nazca se subduce hacia el este por debajo de Sudamérica desde Chile hasta Panamá, las viviendas de las regiones deben resistir algunos de los terremotos más fuertes del mundo. Por ejemplo, en 2016, las costas ecuatorianas sufrieron un sismo de 7,8 grados en la escala de Richter, convirtiéndose en el peor de los últimos años, donde los edificios sufrieron varios colapsos de infraestructura. En este sentido, las fuerzas telúricas son un parámetro importante por considerar para un material alternativo que pueda ser de utilidad en la vivienda social (Nicolalde et al., 2022).

De hecho, el Código de Construcción Ecuatoriano (CEC 2001) presentó el primer mapa de amenaza sísmica para el Ecuador considerando cuatro zonas sísmicas clasificadas por los valores PGA (Peak Ground Acceleration) en un rango de 0.15 a 0.4 g (aceleración). La versión actualizada publicada en la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC 2015) considera que el mapa de amenaza sísmica se divide en 6 zonas con un rango de 0,15 a 0,5 g. La base de datos de sismos en Ecuador entre 1906 y 2016 con epicentro en la costa ecuatoriana muestra que las provincias con mayor número de sismos son Manabí, Guayas y Esmeraldas. Además, las provincias de Santa Elena y El Oro presentan medias de mayor magnitud y variación, debido a la baja cantidad de datos sísmicos registrados para ellas (García et al., 2020).

La provincia del Guayas se encuentra ubicada en la costa ecuatoriana y tiene una extensión de 17139 km² con 3715725 habitantes (Gutenberg Schule, 2018). La principal estructura sismogénica de la zona de subducción se ubica entre 50 km y 140 km al oeste de los límites del Golfo de Guayaquil, que es capaz de generar sismos de Mw 8.0 y superiores (Chunga et al., 2018). Por otro lado, el Cantón Playas, que hace parte de la provincia del Guayas con 42.935 habitantes y cuenta con una extensa playa de aproximadamente 14 km de longitud, está localizado en el

suroeste del Ecuador, noroeste de América Latina, a orillas del océano Pacífico, a unos 96 kilómetros de la ciudad de Guayaquil (Morales et al., 2018).

Debido a que Ecuador se encuentra en el Cinturón o Anillo de Fuego del Pacífico, que concentra la zona de subducción (hundimiento de placas tectónicas) más importantes del mundo, se considera un escenario de una fuerte actividad sísmica. Como muestra, se han registrado varios sismos en el sector de Playas; un ejemplo de esto es el registrado el miércoles 3 de agosto del 2022 a las 08:13 am hora UTC (coordinated universal time), a 2,64° de latitud sur y a 80,67° de longitud oeste, frente a las costas de la provincia del Guayas. Según el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional, el temblor ocurrió a una profundidad de 12 km y a 31,05 kilómetros de la localidad de Playas (Instituto Geofísico Escuela Politécnica del Litoral, 2022).

Los sistemas de Steel Frame son métodos constructivos innovadores cuya aplicación ha ido aumentando constantemente a lo largo de los años debido a su eficiencia económica y rendimiento ecológico, que permite resolver una variedad de problemas "incorporados" que surgen en los sistemas de construcción comunes, proporcionando, al mismo tiempo, propiedades relevantes para la seguridad sísmica y sin comprometer los requisitos de rendimiento de los edificios. Los productos típicos, generalmente combinados con paneles a base de yeso, madera y cemento, se pueden utilizar para construir sistemas arquitectónicos tanto estructurales como no estructurales (Landolfo, 2019).

Para cumplir estos objetivos, la investigación adoptará un enfoque multidisciplinario que combine conocimientos de ingeniería civil, arquitectura, economía y regulaciones de construcción. Se utilizarán metodologías apropiadas, como estudios experimentales, análisis comparativos y evaluaciones de rendimiento económico y pesos totales de la estructura, para recopilar datos relevantes y evaluar la viabilidad y efectividad de las alternativas propuestas.

Capítulo II aborda el marco teórico de la investigación, proporcionando el contexto necesario para comprender las bases sobre las cuales se sustenta el estudio.

Capítulo III, detalla el marco metodológico mediante el diseño estructural de la vivienda aplicando Steel Framing, incluyendo las fases de construcción, el trabajo de campo en un terreno arenoso de 1200 m², las especificaciones técnicas de los materiales utilizados y la solución de diseño propuesta.

Capítulo IV, presenta los resultados del estudio, interpreta y analiza los resultados del diseño estructural, propone una solución eficiente para la construcción en la zona costera, y proporciona un presupuesto comparativo entre el sistema Steel Frame y el sistema constructivo tradicional.

CAPÍTULO 1: MARCO GENERAL DE INVESTIGACIÓN

1.1 Tema

Construcción liviana con sistema Steel Frame para viviendas sismorresistentes dos pisos en la vía Data Posorja del cantón Playas.

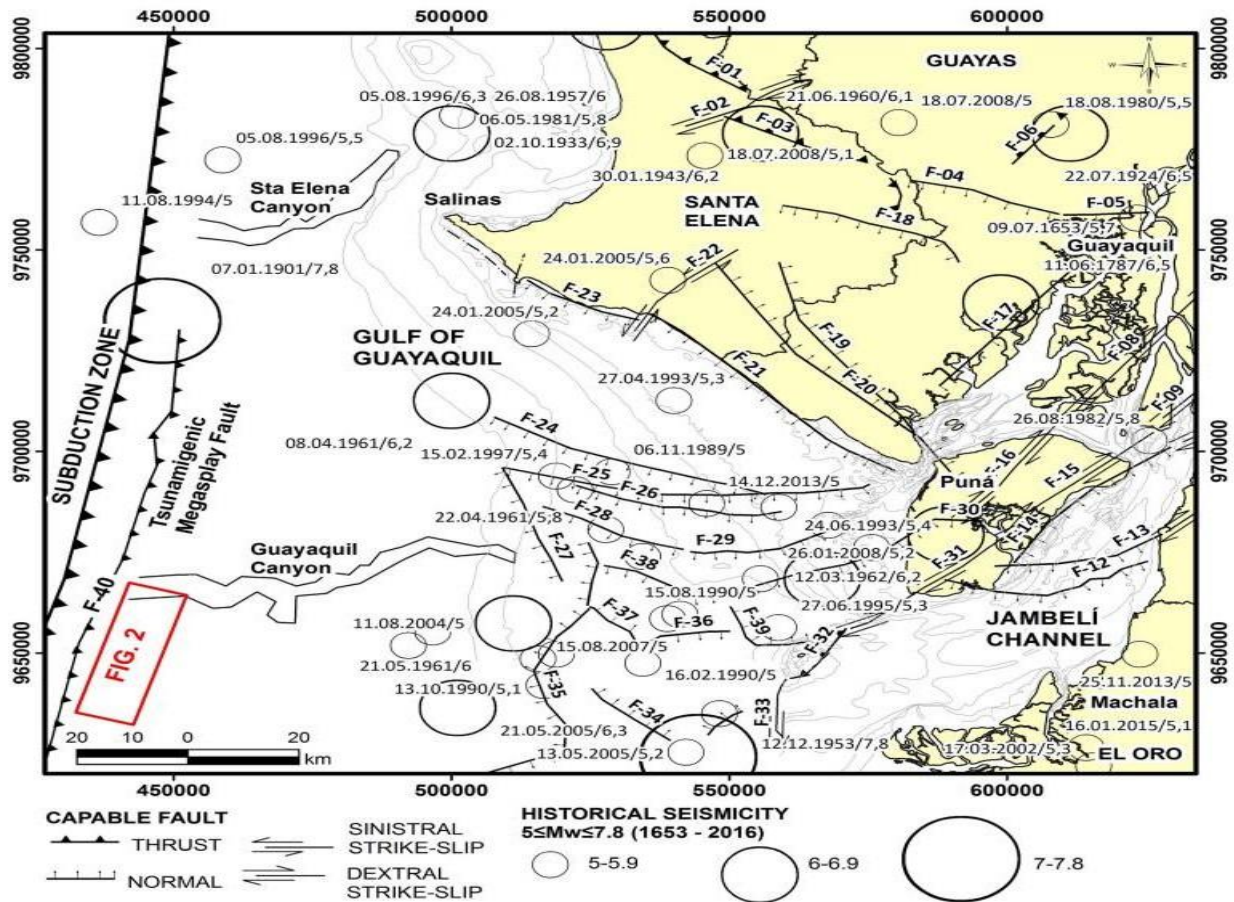
1.2 Planteamiento del problema

La construcción tradicional que comúnmente la conocemos como construcciones de hormigón armado, cuando cumplen los diseños estructurales dadas por un ingeniero estructural, su estructura que tiene un peso alto requiere una cimentación de mayor volumen y un proceso de fraguado extenso en todos sus elementos de hormigón, así como algunos detalles constructivos que aumenta el tiempo en su construcción y mano de obra, originando además mayor cantidad de desperdicios, existiendo la falta de conocimiento en nuestro medio de otros sistemas constructivos sismo resistentes.

En conjunto, el posicionamiento de los sistemas constructivos actuales y la poca difusión de las nuevas tecnologías conlleva a un estancamiento de desarrollo tecnológico en la ingeniería civil, tomando en cuenta que estos cambios generan mayor control y seguridad por encontrarnos un área sensible a movimientos sísmicos, dando otras ventajas como rapidez y eficiencia, ya que en los sistemas constructivos actuales en muchas construcciones se plantean imprevistos muy altos que elevan el costo de las edificaciones.

Debido a los devastadores efectos de los terremotos, la sociedad donde vivimos en nuestro país ha necesitado predecir su comportamiento como una forma de prevención. Tal es el caso de Ecuador, que tiene un alto índice sísmico debido a su ubicación geográfica en una zona de subducción entre la Placa del Pacífico y la Placa Sudamericana, conocida como el Cinturón de Fuego del Pacífico. Las estadísticas con las que contamos muestran que existe una alta probabilidad de un gran terremoto cada 40 años (Estupiñán et al., 2021). En otras palabras, si una persona vive permanentemente en el país, tiene una alta posibilidad de experimentar al menos dos terremotos importantes durante su vida. Esta situación, ligada a los indicadores económicos desfavorables que tiene este país, potencia los efectos negativos del fenómeno.

Figura 1: Mapa sismotectónico del Golfo de Guayaquil y segmento continental de las Provincias de Santa Elena, Guayas y El Oro.



Nota. NEIC, CERESIS y RENSIG-EPN describen los sismos históricos e instrumentales utilizando factores de sitio como Z, fa, fd y fs, los cuales varían según la ubicación y el tipo de suelo.

Obtenido de: Chunga et al. (2018)

Elaborado por: Álvarez (2025)

1.3 Formulación del problema

¿Los sistemas Steel Frame ofrecen menor tiempo de construcción, menores costos y disminución de los imprevistos respecto a los sistemas tradicionales?

1.4 Sistematización del problema

- ¿Los profesionales de ingeniería están dispuestos a conocer y utilizar nuevos sistemas constructivos sismorresistentes?
- ¿En qué porcentaje se reduce el costo y tiempo de construcción con sistema Steel Frame en relación a los Sistemas Tradicionales?
- ¿Podrán minimizarse los imprevistos constructivos con la aplicación del nuevo sistema

constructivo Steel Frame?

1.5 Delimitación del problema de investigación

Estudio de construcción liviana con sistema Steel Frame para viviendas de dos pisos en la vía Data Posorja del cantón Playas en el periodo enero a diciembre de 2022. El problema supone que la estructura propuesta cumple con los parámetros sismorresistente (Zhu & Zhao, 2020).

1.6 Delimitación de la investigación

- *Delimitación espacial:* Ecuador, provincia del Guayas, cantón Playas, Vía Data.
- *Área:* Urbanismo y ordenamiento territorial usando un sistema Steel Frame.
- *Temporal:* enero a diciembre de 2022
- *Delimitación amplia del conocimiento:* Ingeniería, Industria y Construcción
- *Delimitación específica del conocimiento:* Ingeniería Civil y Construcción

1.7 Línea de investigación

- *Dominio:* Urbanismo y ordenamiento territorial aplicando tecnología de construcción eco-amigable, industria y desarrollo de energías renovables.
- *Línea institucional:* Territorio, medio ambiente y materiales innovadores para la construcción

1.8 Objetivo general

Evaluar la implementación del sistema constructivo Steel Frame respecto al sistema tradicional en proyectos de viviendas de dos plantas en la vía Data Posorja del cantón Playas.

1.9 Objetivos específicos

- Comparar el costo de construcción de viviendas de 2 plantas con sistema Steel Frame en la vía Data Posorja del cantón Playas con respecto al sistema tradicional.
- Comparar el tiempo de construcción de viviendas de 2 plantas con sistema Steel Frame en la vía Data Posorja del cantón Playas con respecto al sistema tradicional.

- Determinar si el sistema constructivo Steel Frame minimiza los imprevistos que se presentan en los procesos de construcción de viviendas de 2 plantas en la vía Data Posorja del cantón Playas con respecto al sistema tradicional.

1.10 Justificación de la investigación

El concepto principal de las estructuras realizadas con Steel Frame es dividir la distribución en una gran cantidad de elementos estructurales, de manera que cada uno resista una porción de la carga total. Con este criterio, es posible utilizar elementos más esbeltos, livianos y fáciles de manipular. Así, una pared continua tradicional resuelta, por ejemplo, con mampostería, se convierte, al construirla con Steel Frame, en un panel compuesto por una cantidad de perfiles “C” denominados montantes, que transmiten las cargas verticalmente, por contacto directo a través de sus almas, estando sus secciones en coincidencia. Por lo tanto, las almas de las vigas deben coincidir con las de los montantes ubicados sobre y/o por debajo del entrepiso, dado que la carga recibida por cada viga será transmitida puntualmente al montante del panel que le sirve de apoyo. Esta descripción es la que da origen al concepto de estructura alineada, (o “in line framing”) (Lucero, 2019).

Es importante difundir con mayor precisión que los sistemas constructivos Steel Frame son sistemas confiables, con el que se pueda presentar una alternativa de desarrollo constructivo, que también requieren un diseño estructural como cualquier otro sistema, garantizando que se encuentre regida por los códigos y las normas de la construcción ecuatoriana. Las personas que deseen construir viviendas de dos plantas, especialmente en la zona costera, requieren información de todas las ventajas que se puedan obtener con la aplicación de esta técnica, para obtener mayor vida útil, mejores costos y otros beneficios adicionales que el proceso Steel Frame les puede brindar.

Además, con el proceso constructivo Steel Frame y el conocimiento adecuado podemos tener construcciones más rápidas, económicas y limpias, con ahorro en materiales de construcción, avances de rubros más rápida, bodegaje y menos desperdicio de los materiales, minimizando el porcentaje de imprevistos. Así mismo, al ser una estructura más liviana, se tiene un ahorro en el diseño de la cimentación y en su costo y mejor comportamiento sismo resistente.

1.11 Hipótesis de la investigación

La utilización del sistema Steel Frame en procesos constructivos de viviendas ubicadas en la costa ecuatoriana minimiza el impacto en términos de costos, tiempo, imprevistos en comparación con el sistema tradicional.

1.12 Variable independiente

Sistema Steel Frame

1.13 Variable dependiente

Vivienda económica a menor tiempo

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

En el análisis de factibilidad para la construcción de viviendas unifamiliares utilizando el SEL (Sistema Estructural Liviano), elaborado por Romero & Soto (2013), en la ciudad de Cuenca, se concluye que es una de las mejores alternativas que brindan ahorro económico, menor tiempo de construcción y reduce el impacto ecológico. Por otro lado, en el desarrollo de la tesis Steel Frame y sus principales usos en Uruguay, investigada por Jorajuria & Servente (2015), encontraron que este sistema ofrece ventajas y desventajas en Uruguay, en donde las ventajas radican en aspectos ambientales, costos y ejecución, pero desventajas en mano de obra y percepción de los consumidores.

En contraste, el desarrollo de sistemas constructivos diferenciados, específicamente el sistema Steel Frame, no se incluye ampliamente en el pénsum académico de las universidades de nuestro país. Sin embargo, muchas capacitaciones y enseñanzas de este sistema constructivo son ofrecidas por empresas nacionales, como Tugalt y Provind, que buscan vender materiales del sistema o promover el desarrollo de la construcción en sí. Estas capacitaciones, no obstante, tienen un alcance limitado entre los constructores, tanto profesionales de la ingeniería civil y arquitectura como el personal constructor, incluyendo maestros u operarios.

Es de destacar el uso del sistema Steel Frame se considera un proceso constructivo confiable, puesto que en el ámbito de la construcción da ventajas de ser más rápido y más económico que el sistema tradicional, sobre todo en ambientes salinos o costeros. El conocimiento que las personas han adquirido tanto por experiencia laboral o de capacitaciones, sean estos de manera nacional o internacional, así como muchos detalles constructivos, es necesario transmitirla para que exista una referencia y ayuda al desarrollo de la construcción.

La Asociación Latinoamericana del Acero (2017), indica que el principal elemento que se usa como diferenciador del sistema Steel Frame es su estructura conformada por perfiles de acero galvanizado, este material, que no es nuevo, consiste en darle protección de galvanizado al acero, con lo cual se logra tener un perfil resistente a la corrosión, que es la causa o alteración de los metales cuando son expuestos al aire y a la humedad, aumentando su reacción cuando su exposición es a ambientes salinos. Así mismo, este diseño estructural cumple todas las normas de la construcción

que se encuentran en las NEC (Normas ecuatorianas de la construcción) y arquitectónicamente puede adaptarse a cualquier diseño.

2.2 Definiciones

Práctica de ingeniería aceptada: aquello que cumple con los principios, pruebas o estándares aceptados de las autoridades técnicas o científicas reconocidas a nivel nacional (Yuan et al., 2021).

Aprobado: Se refiere a la aprobación por parte del funcionario del código u otra autoridad que tenga jurisdicción como resultado de la investigación y las pruebas realizadas por él, o por razón de los principios o pruebas aceptados por organizaciones reconocidas a nivel nacional.

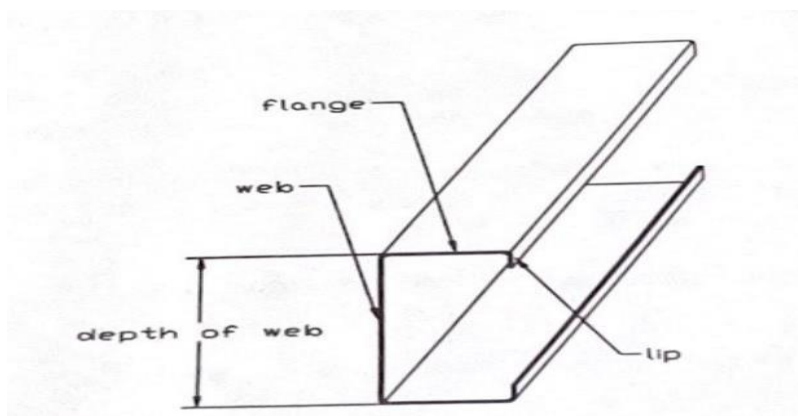
Carga axial: La fuerza longitudinal que actúa sobre un miembro. Ejemplos de cargas de gravedad cargadas por columnas o espárragos.

Pandeo: La flexión, deformación o arrollamiento de un miembro (como un montante de pared) sometido a cargas axiales de compresión, de flexión, de rodamiento o de cizallamiento.

Viga de techo: un miembro de marco estructural horizontal que soporta techo y/o cargas áticas.

Sección C: Se utiliza para miembros de encuadre estructural (como postes, viguetas, cabezales, vigas, vigas y vigas). El nombre proviene de la configuración de sección transversal en forma de "C" del miembro que consiste en una banda, una brida y un labio. Las mediciones de profundidad de la banda de sección C se llevan al exterior de las bridas. Las medidas del ancho de la brida de la sección C también utilizan dimensiones exteriores.

Figura 2: Configuración de la sección C



Nota. Se observa una sección transversal y se definen las diferentes partes de la sección C.

Obtenido de: Yuan et al. (2021)

Elaborado por: Álvarez (2025)

Ángulo del clip: una pieza corta de metal en forma de L (normalmente con una curva de 90 grados). Se utiliza normalmente para las conexiones.

Conformado en frío: Un proceso en el que los miembros de acero de calibre ligero se fabrican mediante (1) espacios en blanco de prensado cortados de láminas o longitud de corte de bobinas o placas, o (2) bobinas de chapa de acero laminadas en frío o en caliente; ambas operaciones de conformado se realizan a temperatura ambiente, es decir, sin adición manifiesta de calor, como sería necesario para el conformado en caliente.

Profesional de diseño: un arquitecto o ingeniero civil, registrado o con licencia para ejercer la arquitectura o la ingeniería profesional, según lo definido por los requisitos estatutarios de las leyes del estado en el que se va a construir el proyecto.

Brida: La parte de una sección en C o vía que es perpendicular al alma.

Correa plana: hoja de acero cortada a un ancho específico sin dobleces (generalmente se usa para arriostramiento y otras aplicaciones planas).

Viga de piso: Un elemento estructural horizontal que soporta las cargas del piso.

Acero Galvanizado: Acero que tiene una capa protectora de zinc para resistencia contra la corrosión. El nivel de protección proporcionado se mide por el peso de la capa galvanizada aplicada al área superficial del acero (p. ej., G-40 o G-60).

Encabezado: Un elemento de encuadre estructurales construido horizontal utilizado sobre las aberturas de la pared o del techo para transportar cargas.

Encuadre en línea: método de encuadre donde los miembros de carga vertical y horizontal están alineados.

Perno Jack: Un miembro estructural vertical que no abarca la altura real de la pared y soporta cargas verticales y/o transfiere cargas laterales. La falta de espárragos se utiliza para soportar cabeceras.

Perno rey: Un miembro estructural vertical que abarca toda la altura de la pared y soporta cargas verticales y laterales. Por lo general, se encuentra en ambos extremos de un cabezal adyacente a los espárragos del gato para resistir las cargas laterales.

Labio: La parte de una cesárea que se extiende desde la brida en el extremo abierto. El labio aumenta las características de resistencia del miembro y actúa como refuerzo de la brida.

Cargas vivas y muertas: Las cargas muertas son el peso de las paredes, las particiones, los marcos, los pisos, los techos, los techos y todos los elementos estacionarios permanentes que entran y se convierten en parte de un edificio. Las cargas vivas son todas las cargas, excepto las cargas muertas y laterales.

Propiedades del material: Las propiedades químicas, mecánicas y físicas del acero antes o después del proceso de formación en frío.

Espesor del material: el grosor del metal base, excluyendo cualquier recubrimiento protector. El grosor se expresa en mils (1/1000 de pulgada).

Mil: Una unidad de medida que se utiliza normalmente para medir el grosor de los elementos delgados. 1 mils es igual a 1/1000 de pulgada.

Tramo múltiple: El tramo hecho por un miembro continuo que tiene soportes intermedios.

Muros sin carga: muros no estructurales.

Perforación: un orificio en el alma de un elemento estructural de acero que permite la instalación de plomería, electricidad y otras instalaciones comerciales.

Viga: Un elemento estructural (inclinado) que soporta las cargas del techo.

Muro de corte: Un conjunto de pared capaz de resistir fuerzas laterales para evitar que el viento o las cargas sísmicas actúen paralelas al plano de la pared.

Span único: El span hecho por un miembro estructural continuo sin ningún soporte intermedio.

Alcance: La distancia horizontal clara entre los soportes de los rodamientos.

Revestimiento estructural: El revestimiento (por ejemplo, madera contrachapada) que se utiliza directamente sobre los elementos estructurales (por ejemplo, espárragos o viguetas) para distribuir cargas, sujetar las paredes y fortalecer el conjunto.

Perno: elemento estructural vertical de un conjunto de pared que soporta cargas verticales y/o

transfiere cargas laterales.

Pista: Se utiliza para aplicaciones como la placa superior e inferior para paredes y viguetas de banda para sistemas de pisos. La pista tiene una telaraña y bridas, pero sin labios. Las mediciones de la profundidad de la banda de la pista se llevan al interior de las bridas.

Paredes

Estructurales o de carga: (es decir, carga transversal y/o axial). Sistemas de estructura de acero que exceden los límites para un sistema no estructural (por ejemplo, postes de pared).

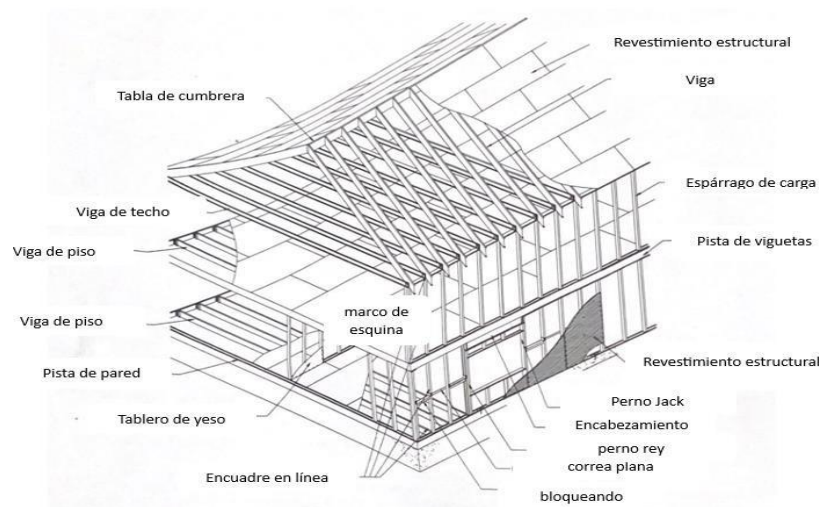
No estructural: (es decir, rodamiento sin carga). Sistemas de encuadre de acero que están limitados a 10 psf (0,479KN/m²) carga lateral máxima (transversal) y/o limitada, excluyendo los materiales de revestimiento, a 100 libras (450 N) por pie lineal (305 mm) o 200 libras (900 N) de carga vertical superpuesta máxima por miembro (por ejemplo, particiones).

Web: La parte de una sección C o pista que conecta las dos bridas.

Paralización de la web: La flexión, deformación o arruga de la red de un elemento sometido a carga concentrada.

Refuerzo web: Material adicional que se adjunta a la web para fortalecer al miembro contra el paralizante de la web. También se llama refuerzo de rodamientos.

Figura 3: Construcción Steel Frame



Obtenido de Yuan et al. (2021)
Elaborado por: Álvarez (2025)

2.3 Materiales, formas y tamaños estándar

2.3.1 Tipos de acero de formación en frío

2.3.1.1 Miembros estructurales

Los miembros de estructura de acero con soporte de carga se formarán en frío a partir de una chapa de acero de calidad estructural que cumpla con los requisitos de uno de los siguientes (Rokilan & Mahendran, 2020):

1. ASTM A 653: Grados 33, 37, 40 y 50 (Clase I y 3); o
2. ASTM A 792: Grados 33, 37, 40 y 50A; o
3. ASTM A 875: Grados 33, 37, 40 y 50 (Clases 1 y 3); o
4. Se permitirán los aceros que cumplan con ASTM A 653, excepto para la tracción y el alargamiento, siempre que la relación entre la resistencia a la tracción y el punto de fluencia sea de al menos 1,08 y el alargamiento total sea de al menos el 10% para una longitud de calibre de dos pulgadas o del 7% para una longitud de calibre de ocho pulgadas

2.3.1.2 Miembros no estructurales

Los miembros no estructurales deberán cumplir con la norma ASTM C-645 (Rokilan & Mahendran, 2020).

2.3.2 Dimensiones físicas

Los miembros de acero estructural formado en frío deben cumplir con los requisitos dimensionales especificados en la tabla 1. Además, las vías deben tener un mínimo de bridas de 1-1/4 pulgadas (32 mm). Los miembros con diferentes formas geométricas no se utilizarán con estas disposiciones sin la aprobación de un profesional del diseño (Rokilan & Mahendran, 2020).

Tabla 1: Dimensiones de sección C

Tamaño nominal del miembro	Designador de la industria	Pulgadas de profundidad web pulg / mm	Ancho mínimo de brida pulg/(mm)	Tamaño mínimo del labio pulg / (mm)
2x4	350S162-t	3.5 / (88.9)	1.625 / (41.3)	0.5 / (12.7)
2x6	550S162-t	5.5 / (139.7)	1.625 / (41.3)	0.5 / (12.7)
2x8	800S162-t	8 / (203.2)	1.625 / (41.3)	0.5 / (12.7)
2x10	1000S162-t	10 / (254)	1.625 / (41.3)	0.5 / (12.7)
2x12	1200S162-t	12 / (304.8)	1.625 / (41.3)	0.5 / (12.7)

Obtenido de: Rokilan & Mahendran (2020)

Por SI: 1'' – 25.4mm.

1. El tamaño máximo permitido de la brida es de 2" (50,8 mm)
2. "t" es el grosor del material sin recubrimiento en mils. "S" indica tachuelas y secciones de viguetas con labios. Las secciones de pista utilizarán el designador "T" en lugar de "S".

2.3.3 Espesor del material sin recubrimiento

Los espesores de acero de los miembros de la estructura de acero en su estilla de uso final cumplieron o excedieron los valores mínimos de espesor de sin recubrimiento dados en la tabla 2 (Rokilan & Mahendran, 2020).

Tabla 2: Grosor mínimo del material sin recubrir

Designación (mils)	Espesor mínimo sin recubrimiento pulgadas / (mm)	Número de calibre de referencia
18	0.018 / (0.455)	25
27	0.027 / (0.683)	22
33	0.033 / (0.836)	20
43	0.043 / (1.087)	18

54	0.054 / (1.367)	16
68	0.068 / (1.720)	14
97	0.097 / (2.454)	12

Obtenido de: Rokilan & Mahendran (2020)

2.3.4 Radio de curvatura

El radio máximo de curvatura interior será mayor de 3/32" (2,38 mm) o dos veces el grosor del material (2t) (Rokilan & Mahendran, 2020).

2.3.5 Fuerza de rendimiento

La resistencia mínima de rendimiento del acero para cesáreas, orugas, correas planas y otros miembros será de 33 ksi (227 700 kPa) según lo determinado por el método de compensación del 0,2 por ciento, o por otros métodos de acuerdo con ASTM,4370 (Rokilan & Mahendran, 2020).

2.3.6 Protección contra la corrosión

Los componentes de estructura de acero formado en frío identificados de acuerdo con este documento deberán tener un revestimiento metálico que cumpla con la tabla 3. Los revestimientos no se descamarán cuando el acero se forma en frío para producir un componente de marco (Rokilan & Mahendran, 2020).

Tabla 3: Requisitos mínimos de recubrimiento

Componentes del acero	Norma ASTM de referencia		
	A 653 / A 653M	A 792 / A 792M	A 875 / A 875M
Estructural	G60	AZ50	GF60
No estructural	G40	AZ50	GF45

Obtenido de: Rokilan & Mahendran (2020)

Se permitirá otro revestimiento metálico aprobado, siempre que se pueda demostrar que los recubrimientos alternativos tienen una resistencia a la corrosión que es igual o mayor que los

recubrimientos galvanizados en caliente correspondientes (es decir, G40 y G60) y proporcionan protección en los bordes cortados, arañazos, etc., mediante protección catódica o de sacrificio (Rokilan & Mahendran, 2020).

Las designaciones mínimas de revestimiento que se muestran en la tabla 3 asumen las condiciones normales de exposición y las prácticas de construcción. Los miembros de acero formado en frío ubicados en entornos hostiles (como las zonas costeras) deberán tener un revestimiento mínimo de G-90. Los miembros del marco de acero estarán ubicados dentro de la envolvente del edificio y adecuadamente protegidos del contacto con la humedad del suelo o del clima al aire libre (Rokilan & Mahendran, 2020).

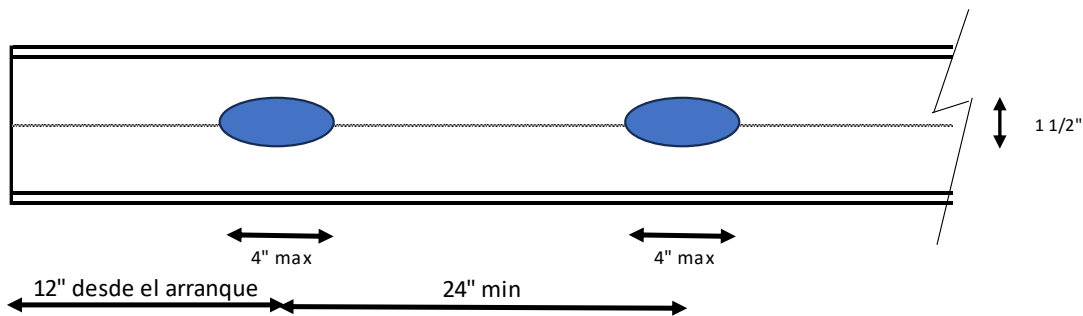
2.3.6.1 Compatibilidad Con Otros Metales

- Los materiales de cobre no se utilizarán en contacto directo con elementos o componentes de acero galvanizado (Rokilan & Mahendran, 2020).
- Los miembros de aluminio anodizado son compatibles con los miembros de acero formado en frío.
- El acero recubierto de zinc o recubierto de zinc-aluminio no se incrustará en el hormigón, a menos que esté aprobado para ese fin.

2.3.7 Perforación Web

Las perforaciones no reforzadas en las webs de los miembros estructurales no deben exceder de 1-1/2 pulgadas de ancho x 4 pulgadas de largo (38 mm de ancho × 102 mm de largo), ubicadas a lo largo de la línea central de la web con un espaciado mínimo entre el centro y el centro de 24 pulgadas (600 mm). Las ubicaciones y tamaños de perforación se ajustarán a la Figura 7 (Rokilan & Mahendran, 2020).

Figura 4: Web Punchout



Obtenido de Rokilan & Mahendran (2020)

Elaborado por: Álvarez (2025)

2.3.8 Corte, muesca y endurecido de agujeros

Las bridas de viguetas, espárragos, cabezales y otros miembros estructurales no se cortarán ni se tallarán sin un diseño aprobado. Los orificios húmedos más cercanos a 12 pulgadas (305 mm) del centro del agujero a los rodamientos de la vigueta, o que excedan los límites de tamaño especificados en la sección 2.7, se reforzarán con una placa de acero sólida, perno, vigueta o sección de vía de un grosor equivalente al miembro que refuerza, siempre que las siguientes limitaciones (Rokilan & Mahendran, 2020):

- La profundidad del agujero (a través de la banda) no supera la mitad de la profundidad de la banda, y
- La longitud del agujero (a lo largo de la banda) no supera los 4" (102 mm) o la profundidad de la banda, lo que sea mayor.

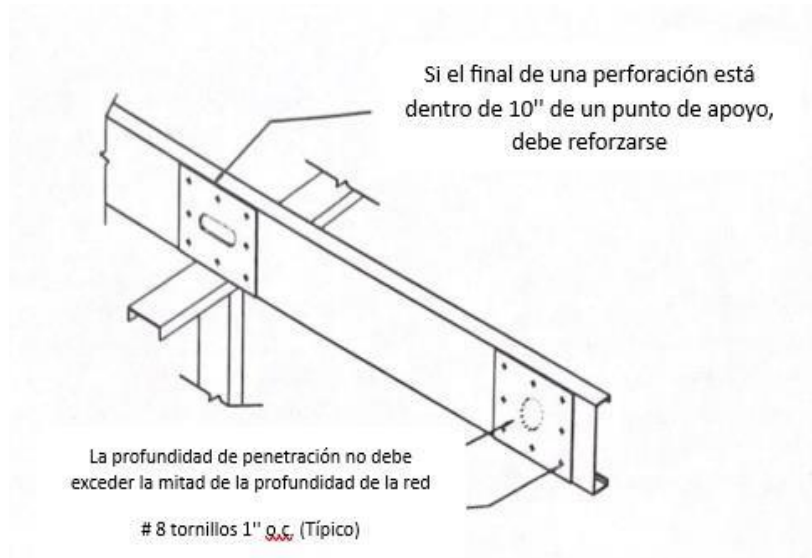
El refuerzo se extenderá al menos 1 pulgada (25,4 mm) más allá de todos los bordes del orificio y se unirá a la banda con tornillos #8 (mínimo) espaciados no más de una pulgada (25,4 mm) en el centro a lo largo de los bordes del refuerzo, como se muestra en la Figura 5.

2.3.9 Refuerzos de cojinetes

Los refuerzos de cojinetes (refuerzos de tela) deben ser al menos tan gruesos como los miembros a los que están unidos. Se fabricará un refuerzo a partir de una vía. Los refuerzos se atornillarán a la banda del miembro que se está endureciendo con un mínimo de dos tornillos #8 en cada extremo del refuerzo (cuatro tornillos en total). Los refuerzos se extenderán a través de toda

la profundidad de la web. Los refuerzos se colocarán entre las bridas de las secciones C o se instalarán a través de la banda opuesta a las bridas. Cuando lo exijan estas disposiciones, los refuerzos se instalarán de acuerdo con la Figura 5.

Figura 5: Refuerzo de agujero



Obtenido de Rokilan & Mahendran (2020)

Elaborado por: Álvarez (2025)

2.3.10 Sujetadores

Los sujetadores deben cumplir con las secciones 2.10.1 y 2.10.2. Se pueden utilizar otras técnicas de fijación, como el uso de sujetadores accionados neumáticamente, sujetadores accionados por polvo, engarzado, soldadura u otros sujetadores aprobados, siempre que estén diseñados de acuerdo con la práctica de ingeniería aceptada (Rokilan & Mahendran, 2020).

2.3.10.1 Tornillos

Todos los tornillos tendrán un tamaño mínimo de #8 a menos que se especifique lo contrario, y deben ser resistentes a la corrosión y estar espaciados de tal manera que se mantenga la distancia mínima de centro a centro o borde de tres diámetros de tornillo. Los tornillos de roscado autoperforantes se ajustarán a la norma SAE 178. Un mínimo de tres hilos expuestos se extenderá a través del acero, para las conexiones de acero a acero, y al unir otros materiales a la estructura de acero (Rokilan & Mahendran, 2020).

Los tornillos penetrarán en los componentes individuales de las conexiones sin causar una

separación permanente entre los componentes. Los tornillos se instalarán de tal manera que las roscas o los agujeros no se retiren. Los estilos de cabeza, roscas y tipos de puntos para tornillos se seleccionarán en función de las condiciones de aplicación y las recomendaciones del fabricante (Rokilan & Mahendran, 2020).

2.3.10.2 Pernos

Los pernos deben cumplir o superar los requisitos de ASTM A307. Los pernos se instalarán con tuercas y arandelas. El espaciado de centro a centro de los orificios de los pernos, conectando el material de chapa con el hormigón, debe tener un mínimo de tres diámetros de pernos. La distancia desde el centro del orificio del perno hasta el borde del miembro de conexión no será inferior a 1-1/2 diámetros de perno. El diámetro del orificio del perno no debe exceder el diámetro del perno en más de 1/16" (1,6 mm) (Rokilan & Mahendran, 2020).

2.4 Cimientos

Los cimientos cumplirán con los códigos de construcción aplicables (NEC y Normativa Sismorresistente). El marco de acero se unirá a la estructura de la base. Los pernos de anclaje de la base no se ubicarán a más de 12 pulgadas (305 mm) de las esquinas y la terminación de las vías inferiores (es decir, en las aberturas de las puertas). Los pernos de anclaje deberán tener una incrustación mínima de 6" (152,4 mm) en hormigón o de 15" (381 mm) en mampostería (Rokilan & Mahendran, 2020).

2.5 Pisos

2.5.1 Sujetado de vigueta

Las bridas superiores de las viguetas del piso se sujetarán lateralmente mediante la aplicación de revestimientos del piso (madera contrachapada o tablero de hebras orientadas) de acuerdo con el código de construcción aplicable y se sujetarán a las viguetas de acuerdo con los requisitos de fijación. Los vanos de las viguetas del piso que superen los 12 pies (3658 mm) tendrán las bridas inferiores reforzadas lateralmente de acuerdo con uno de los siguientes (Gardner, 2019):

1. Tablero de yeso instalado de acuerdo con el código de construcción aplicable (como

techos).

2. Las correas de acero deben tener al menos 1-1/2" de ancho y 33 mils de grosor (38,1 mm x 0,836 mm) y deben instalarse sin holgura. Las correas se unirán a la brida inferior de cada vigueta con al menos un tornillo #8. El bloqueo de línea o el puente (abrazadera X) se instalará entre las viguetas en la terminación de todas las correas y en un espacio máximo de 12 pies (3657 mm), medido perpendicularmente a las viguetas. Los extremos de las correas se sujetarán al bloqueo o a las paredes exteriores con al menos dos tornillos #8.

2.5.2 Voladizos de piso

Los voladizos del suelo no superarán los 24" (609,6 mm). Los refuerzos de rodamientos se instalarán en los puntos de rodamiento y al final de la sección en voladizo. Todas las perforaciones en la sección en voladizo de la vigueta se reforzarán como se describe en la Sección 2.8. Los voladizos del piso soportarán cargas de un solo piso. Se requiere un diseño aprobado para los voladizos del piso de balcones, cubiertas y otras extensiones que tienen cargas vivas superiores a 40 psf (1,92 kN/m') (Gardner, 2019).

2.5.3 Empalme

Las vigas del piso no se empalmarán sin un diseño aprobado. Las pistas de vigueta no se empalmarán dentro de las 3 pulgadas (76,2 mm) de las conexiones de vigueta (Gardner, 2019).

2.5.4 Cerchas de piso

Las cerchas de piso de acero formado en frío se diseñarán, reforzarán e instalarán de acuerdo con un diseño aprobado. Los miembros de las vigas no deben tener muescas, cortados o alterados de ninguna manera a menos que así estén diseñados (Gardner, 2019).

2.6 Materiales de Steel Frame Liviano (LSF)

Steel Frame liviano (LSF) es un sistema de construcción de edificios que consiste en materiales secos, principalmente para los que son residenciales y de poca altura. Este sistema de construcción en seco se puede caracterizar por tres materiales principales que se utilizan en muros y losas: perfiles de acero conformados en frío para soportar cargas; paneles de revestimiento (p.

ej., tableros de virutas orientadas y placas de yeso) y materiales aislantes (p. ej., lana mineral y poliestireno expandido) (Lio et al., 2005; Soares et al., 2017).

Se necesitan más materiales para la unión y la fijación (p. ej., tornillos autoperforantes); membranas impermeables y de estanqueidad al aire, y capas de acabado. Para evitar problemas relacionados con la humedad del suelo, un edificio LSF necesita una planta baja, generalmente una losa de hormigón, siendo el trabajo de cimentación realizado con métodos convencionales. Hay que tener en cuenta que, dada la característica de ligereza de los edificios con este sistema, el tamaño de los cimientos suele ser más pequeño (Lio et al., 2005; Soares et al., 2017).

2.6.1 Secciones conformadas en frío

La estructura portante en la construcción LSF está hecha de secciones de acero conformadas en frío. La resistencia y rigidez del perfil de acero depende, además del espesor y calidad de la chapa de acero, de la forma de la sección transversal. El espesor habitual de chapa de acero para perfiles LSF oscila entre 0,45 y 6 mm. Las secciones conformadas en frío se pueden fabricar mediante tres procesos: estirado, doblado y laminado. El trefilado consiste en tirar del fleje de acero a través de rodillos deformantes no accionados mediante mordazas. Este proceso de fabricación de bajo costo es adecuado para la producción de secciones muy delgadas y complejas (Steel Framing Alliance, 2007 ; Soares et al., 2017).

La flexión de la lámina de acero se puede lograr mediante el uso de frenos, dobladoras o una prensa de fuerza de caída. La principal diferencia entre este proceso de fabricación y los otros dos es que no es necesario enrollar la banda de acero. De hecho, el proceso de laminación es más utilizado en la fabricación industrial de perfiles de acero conformados en frío, dado su mayor nivel de productividad. Los procesos de fabricación de estirado y laminado son similares; sin embargo, se accionan los rodillos deformantes de este último. EN10162 prescribe las tolerancias dimensionales y transversales para las secciones de acero laminado en frío producidas en máquinas perfiladoras (Steel Framing Alliance, 2007 ; Soares et al., 2017).

Los perfiles de acero conformados en frío se suelen fabricar hasta una longitud de 12 m. Los grados de acero utilizados para el diseño de elementos conformados en frío y chapas perfiladas fabricadas con acero se prescriben en el Eurocódigo EN1993-1-3. Para evitar la corrosión y aumentar la durabilidad, la chapa de acero suele galvanizarse según lo prescrito en EN10326. De

acuerdo con esta norma, la tira continua de acero galvanizado en caliente con zinc se designa como S220GD+Z, S250GD+Z, S280GD+Z, S320GD +Z, S350GD+Z o S550GD+Z. En estos casos, el límite elástico básico cambia de 220 a 550 N/mm² y hay un recubrimiento mínimo de G275, con un espesor normal de recubrimiento de zinc de 0,04 mm (275 g/m²), lo que lleva a una excelente durabilidad para las aplicaciones actuales de LSF (Steel Framing Alliance, 2007 ; Soares et al., 2017).

Hoy en día, los pernos de acero ranurados están disponibles en el mercado para mejorar el rendimiento térmico. También existen montantes acústicos con una configuración de sección transversal específica (por ejemplo, ranuras en el medio del alma o canales elásticos) que permiten una conexión más elástica y, por lo tanto, un mejor comportamiento acústico en términos de aislamiento acústico. La cavidad interna entre montantes de acero es ideal para insertar tuberías, conductos y cables (Steel Framing Alliance, 2007 ; Soares et al., 2017).

2.6.2 Paneles de revestimiento

Los paneles de revestimiento más habituales en edificios residenciales de baja altura LSF están hechos de tableros de fibra orientada (OSB) y placas de yeso laminado para las capas exterior e interior de las paredes exteriores, respectivamente. Sin embargo, en aplicaciones de naves industriales, el revestimiento de acero también se usa a menudo. Estos materiales de revestimiento también tienen un papel estructural en los muros de carga, principalmente para cargas horizontales (p. ej., viento) en el plano del muro. Los paneles OSB más gruesos también se pueden usar para el revestimiento de pisos secos (Soares et al., 2017).

El sistema de suelo adoptado debe tener en cuenta la resistencia al fuego y el rendimiento acústico, siendo la calidad de la mano de obra un aspecto importante en este último. Además, el uso de una capa superior de hormigón/mortero más fino puede proporcionar algunas ventajas en cuanto a rendimiento térmico y comportamiento acústico. En cuanto a los paneles OSB, la EN 300 define términos, establece una clasificación y especifica algunos requisitos. En la norma EN 12369-1 se dan varios valores característicos para los cálculos de diseño. En cuanto a los paneles de cartón yeso, la EN 520 presenta algunas definiciones, requisitos y métodos de ensayo. También hay varios estándares específicos para productos auxiliares, como sujetadores mecánicos.

2.6.3. Unión y sujeción

La fijación es un tema fundamental relacionado con la competitividad del sistema constructivo LSF. La elección de un método de sujeción específico dependerá del tipo y grosor de los materiales conectados, las condiciones de carga y la resistencia requerida de la conexión, la disponibilidad de sujetadores y herramientas, el lugar de ensamblaje, el costo, los requisitos de durabilidad y la aceptación del código. El método de fijación más común se basa en tornillos autorroscantes (o tornillos autoperforantes). Estos sujetadores, en comparación con los clavos, brindan una conexión mucho más fuerte y duradera. Estos tornillos se pueden utilizar con arandelas para aumentar la capacidad de carga y/o la capacidad de sellado. Para esto último, se usa con frecuencia una arandela elastomérica adicional (p. ej., caucho). (Soares et al., 2017)

Dadas las altas temperaturas generadas por la fricción durante el proceso de taladrado, estos tornillos suelen fabricarse en acero al carbono tratado térmicamente (enchapado en zinc para protección contra la corrosión y lubricación) o en acero inoxidable con punta de acero al carbono y también enchapado en zinc para lubricación (Soares et al., 2017).

2.6.4 Materiales de aislamiento térmico

El material de aislamiento térmico más común utilizado en la construcción de LSF es la lana mineral (MW), que se utiliza principalmente entre los montantes de acero. Tenga en cuenta que MW se usa a menudo no solo en paredes y losas externas, sino también en tabiques y losas internas. Como MW es un material incombustible, también proporciona una mayor resistencia al fuego a los elementos LSF. Los requisitos para productos de aislamiento térmico MW para edificios se especifican en EN 13162:2012+A1, pero también es muy común utilizar un ETICS con poliestireno expandido (EPS) (Soares et al., 2017).

El ETICS es muy adecuado para minimizar los puentes térmicos entre montantes de acero ya que la capa de aislamiento térmico exterior puede ser continua. Los requisitos para los productos de aislamiento térmico de EPS para edificios se especifican en la norma EN 13163:2012+A1. Cuando estos productos de aislamiento térmico se utilizan en ETICS, también existen normas con requisitos específicos, incluidos los procedimientos de prueba, marcado y etiquetado (p. ej., EN 13499).

La norma europea EN 12524 proporciona valores de diseño tabulados para cálculos de calor y humedad para materiales y productos de construcción térmicamente homogéneos (incluidos los materiales de aislamiento térmico). La EN ISO 10456, además de los valores de diseño tabulados, también presenta ensayos y procedimientos de cálculo para determinar los valores térmicos de diseño, siendo revisados y actualizados los datos obtenidos en la EN 12524.

2.6.5 Membranas de estanqueidad al aire y al viento

La estanqueidad al aire es muy importante en climas fríos para controlar las pérdidas de calor por infiltraciones de aire. Kalamees midió la estanqueidad al aire y las fugas de aire de nuevas casas unifamiliares livianas en Estonia y concluyó que el número de pisos y la calidad de la mano de obra y la supervisión juegan un papel importante en la condición de la estanqueidad al aire. Kalamees también afirmó que, en edificios nuevos con mayor nivel de aislamiento térmico, la infiltración puede ser responsable de aproximadamente el 25 % y el 3% de las cargas de calefacción y refrigeración, respectivamente. La permeabilidad al aire de un edificio se mide utilizando el método de presurización por ventilador siguiendo los procedimientos prescritos en EN 13829. Para reducir la infiltración de aire y la condensación intersticial, se deben utilizar dos capas de membrana a lo largo de la envolvente exterior del edificio LSF (Soares et al., 2017).

A lo largo del lado interior de los revestimientos externos, se debe usar una membrana a prueba de viento siempre que no exista una membrana impermeable o no pueda evitar la infiltración de aire. Además, se debe utilizar una barrera de aire interna para evitar la fuga de aire caliente dentro de los elementos de la envolvente del edificio (paredes y losas) y/o al aire libre (exfiltración de aire). Esta capa de membrana a menudo se denomina barrera de vapor, ya que debe evitar que la humedad del aire entre en los elementos LSF, donde podría originar condensación intersticial al entrar en contacto con superficies más frías. Nótese que la capa exterior de estanqueidad al viento debe ser permeable al vapor para permitir la salida de la humedad del elemento LSF, evitando su acumulación en el interior de muros y losas

2.6.6 Opciones de acabado

Un edificio LSF puede tener cualquier capa de revestimiento de acabado como un edificio tradicional, por ejemplo, aislamiento térmico enlucido, cubierta o revestimiento de ladrillo. Sin embargo, las capas de revestimiento de acabado más comunes son las placas de yeso laminado y

SATE para los muros de fachada interior y exterior, respectivamente. Las placas de yeso laminado también se utilizan habitualmente en el revestimiento de techos. Hoy en día, los diseñadores también utilizan OSB como capa de recubrimiento de acabado para paredes y techos (Soares et al., 2017).

En cuanto a los pisos, también se pueden utilizar materiales de acabado tradicionales, por ejemplo, baldosas de cerámica, madera dura, pisos flotantes, alfombras, mortero, corcho y linóleo. La estructura de la línea del techo LSF podría ser similar a otros sistemas de construcción, por ejemplo, techo plano, cobertizo, a dos aguas o a cuatro aguas. Dependiendo de la estructura de la línea del techo adoptada, los tipos y materiales de acabado podrían ser, por ejemplo, tejas de cerámica, tipo de tejas, techos de membrana y techos de láminas de metal.

2.7 Clasificación de los elementos de construcción LSF

En cuanto al comportamiento térmico, los elementos de construcción se suelen clasificar según la ubicación del aislamiento térmico. Existen tres tipos de construcción LSF: estructura fría, híbrida y estructura cálida. En la construcción con marco frío, el aislamiento térmico se coloca dentro de la pared entre los montantes de acero. Por lo tanto, esta solución puede ser más susceptible a la condensación intersticial, principalmente en climas fríos, dada la menor temperatura de los montantes de acero. Además, los puentes térmicos de marcos de acero son más expresivos en este tipo, lo que lleva a mayores pérdidas y ganancias de calor (Soares et al., 2017).

Cuando el aislamiento térmico se distribuye entre la superficie exterior y la cavidad de la pared entre montantes de acero, la construcción LSF se clasifica como construcción híbrida. En este tipo, al menos 1/3 de la resistencia térmica debe colocarse fuera de la cavidad de la pared, para mitigar los puentes térmicos y el riesgo de condensación intersticial. Finalmente, en el sistema constructivo de estructura cálida todo el aislamiento térmico se coloca fuera de la estructura de acero, proporcionando el mejor rendimiento térmico. Sin embargo, este tipo origina paredes más gruesas, lo que puede conducir a una superficie neta más pequeña.

2.8 Métodos de diseño, fabricación y enmarcado

En los países europeos, el diseño de los elementos estructurales conformados en frío se basa en EN1993-1-3: Eurocódigo 3. Por lo general, la luz de piso de un edificio LSF alcanza los

seis o siete metros. Una de las principales ventajas de los sistemas LSF es su idoneidad para la prefabricación y la producción industrial. Hoy en día, incluso es posible aprovechar las tecnologías automatizadas (por ejemplo, robots) para la prefabricación de elementos LSF (Soares et al., 2017). Los métodos de producción de marcos de los componentes LSF pueden variar desde la construcción de barras hasta la construcción modular. El método de marco de palo es muy flexible y no necesita mucha planificación. La prefabricación de componentes LSF con métodos industriales tiene un gran potencial para mejorar el proceso de construcción (p. ej., mayor control de calidad y mayor velocidad de montaje). Entre el montaje de stick-framing in situ y el montaje de fábrica Modular 3D, cabe destacar el sistema panelizado. En este sistema, los casetes de paneles de pared y losa se prefabrican en fábrica y luego se transportan al sitio de construcción para ser ensamblados.

Actualmente, también hay algunos sistemas LSF modulares y de paneles "híbridos" como el aplicado a un edificio de demostración en el Reino Unido y revisado por Lawson y Ogden. Estos autores afirmaron que los sistemas mixtos modulares y de paneles permiten optimizar los componentes 3D y 2D en términos de provisión de espacio y costos de fabricación. Por lo general, las unidades modulares 3D se usan para el valor más alto de las áreas de alto servicio (por ejemplo, baños y cocinas), mientras que los paneles de pared y los casetes de piso se usan para espacios abiertos más flexibles.

Como se mencionó anteriormente, la construcción LSF se utiliza principalmente en construcciones de poca altura. Sin embargo, es posible extender el uso de LSF a edificios más altos de varias plantas. Por lo tanto, para lograr una mayor flexibilidad en la altura del edificio y la planificación interna, se ensambla un marco de acero principal (por ejemplo, "podio" o estructura esquelética). Lawson y Ogden definieron este tipo de construcción LSF como marco de acero primario, panel y modular "híbrido".

2.9 Métodos de construcción

De acuerdo con la experiencia del constructor, el tipo de edificio y las solidesces requeridas, existen esencialmente cuatro métodos de construcción de acero ligero, que se pueden definir de la siguiente manera (Rodrigues, 2019).

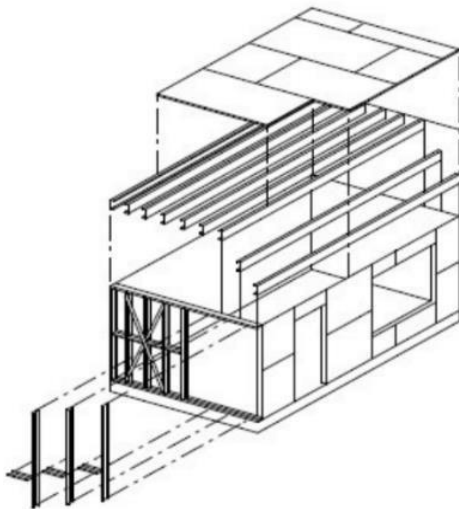
2.9.1. Construcción de vigas

En este método de construcción, los miembros discretos se ensamblan en el sitio para formar columnas, paredes, viguetas, vigas o arriostramientos, a los que se fijan el revestimiento, los revestimientos interiores y otros elementos (Figura 6). Los perfiles suelen venir de fábrica precortados con dimensiones exactas, así como con orificios abiertos para el paso de las instalaciones, no obstante, las conexiones se realizan in situ mediante tornillos autorroscantes y autorroscantes. Las principales ventajas de este método son:

- Cualquier modificación puede ser acomodada en obra, además de asegurar las tolerancias de la construcción.
- Técnica constructiva relativamente sencilla.
- No se requiere que el contratista tenga una fábrica prefabricada como en la construcción de paneles o modulares.
- Se pueden acomodar y transportar grandes cantidades de elementos estructurales en cargas individuales.

La construcción de elementos generalmente requiere mucha mano de obra en el sitio de construcción, sin embargo, puede ser muy útil cuando se trata de construcciones más complejas donde la prefabricación no es una solución viable.

Figura 6: Construcción con vigas



Obtenido de: Rodrigues (2019)
Elaborado por: Álvarez (2025)

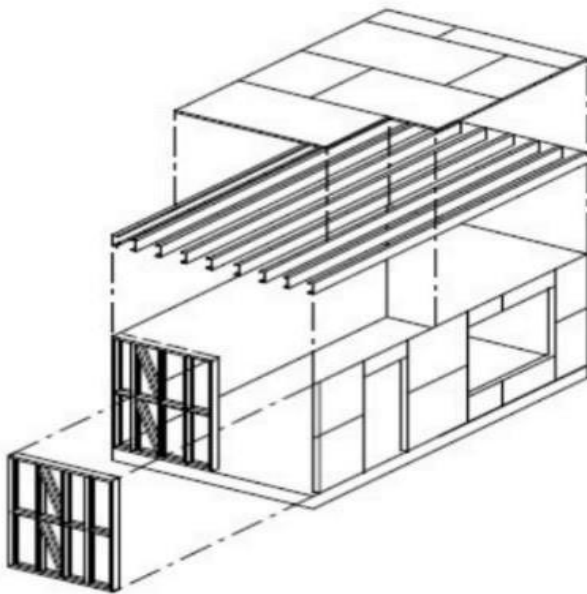
2.9.2 Construcción de paneles

Para reducir el tiempo de construcción en el sitio, los paneles de pared y piso, así como las vigas del techo, pueden prefabricarse en la fábrica y luego ensamblarse en el sitio (Figura 7). Teniendo en cuenta que estos elementos se construyen en fábrica, se logra más fácilmente una mayor precisión mitigando las posibles deficiencias que se pudieran notar en los acabados. Por lo tanto, las principales ventajas de este método son:

- Velocidad de montaje de edificios.
- Control de calidad en la producción.
- Minimización de costes en obra.
- Posible automatización de la producción en fábrica.

Debido a que los paneles se prefabrican en un entorno controlado, se mejora la precisión geométrica y la confiabilidad de estos y otros componentes. Una buena preparación para el montaje rápido de los paneles es fundamental para obtener una buena eficiencia del proceso constructivo en obra. Finalmente, el tamaño y el peso de los paneles están determinados por el servicio de transporte, las instalaciones de montaje y el montaje en el sitio.

Figura 7: Construcción de paneles

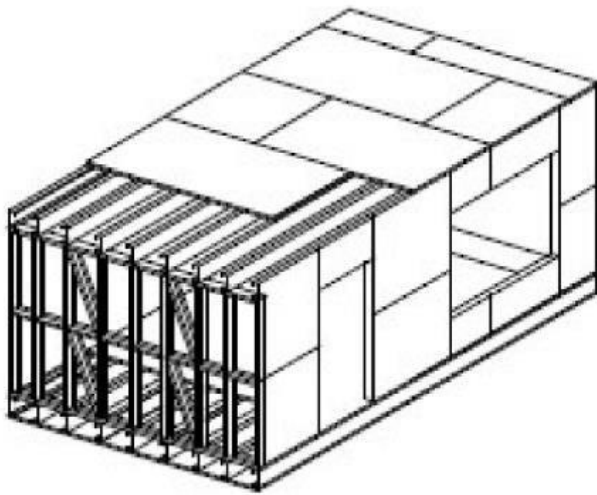


Obtenido de Rodrigues (2019)
Elaborado por: Álvarez (2025)

2.9.3 Construcción modular

En la construcción modular, las denominadas unidades volumétricas están completamente prefabricadas en fábrica y se pueden entregar en el sitio con todos los accesorios internos, accesorios y accesorios correctamente instalados. Las unidades se colocan una al lado de la otra o se apilan una encima de la otra para ensamblarlas en su forma final. Alternativamente, estos módulos se pueden insertar en edificios ya construidos para crear particiones prefabricadas (Figura 8). Este tipo de construcción ha ido ganando popularidad especialmente en el caso de la construcción en masa debido a las economías de escala, el control de calidad y la construcción rápida en el sitio.

Figura 8: Construcción modular



Obtenido de Rodrigues (2019)
Elaborado por: Álvarez (2025)

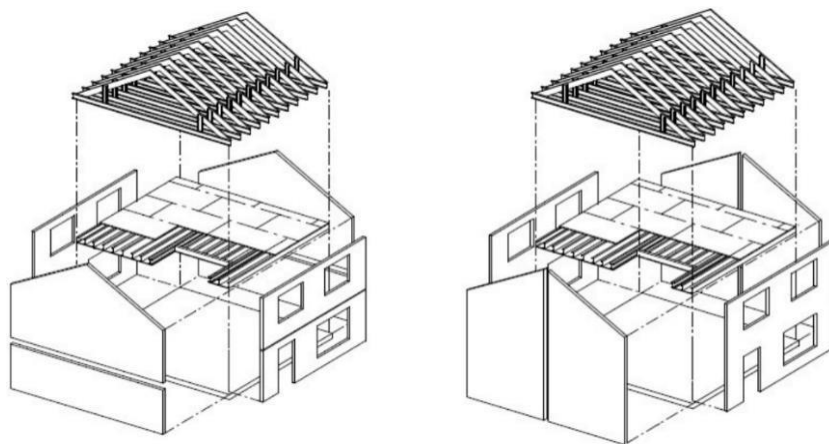
2.9.4 Construcción de marco de globo

Este método es de hecho un complemento a los métodos de construcción elemental o construcción de paneles, ya que en la construcción de plataformas las paredes y los pisos se construyen secuencialmente, un piso a la vez, y las paredes no son estructuralmente continuas. En algunas formas de construcción, las cargas de las paredes superiores se transfieren desde los pisos a las paredes inferiores. Es decir, en la construcción de plataformas, los pisos descansan directamente sobre la parte superior del riel de la pared superior.

Este tipo de construcción se utiliza principalmente en edificios de escala doméstica. Por otro lado, la construcción "globo", los paneles de pared suelen ser mucho más grandes y también

son continuos en más de un piso, estando los pisos fijados al costado de las paredes. Las cargas de los muros superiores se transmiten directamente a los inferiores (Figura 9).

Figura 9: Construcción de marco de globo



Nota. Construcción de plataforma (a la izquierda) y de estructura de globo (a la derecha). En ambos casos constructivos, los revestimientos y acabados exteriores se instalan y fijan a la perfilería en obra.

Obtenido de: Rodrigues (2019)

Elaborado por: Álvarez (2025)

2.10 Estructura de pared de acero – montaje

El marco de pared de acero prefabricado se puede utilizar con todo tipo de construcción de pisos. Aunque el encuadre varía en detalle entre los fabricantes, los principios generales son los mismos para todos los sistemas. El armazón de pared de acero se erige en la misma secuencia que la madera prefabricada, lo que garantiza la cuadratura y la alineación vertical de los armazones individuales. El procedimiento general es el siguiente (BCA, 2020):

- 1) El diseño de la pared se marca en el suelo con líneas rectas.
- 2) La cuadratura se verifica midiendo con precisión las diagonales en grandes áreas de la casa primero, luego en las habitaciones individuales.
- 3) Los marcos de las paredes internas se apilan dentro de los límites y las paredes externas alrededor de los cimientos, con el primer marco en la parte superior.
- 4) Los marcos externos se colocan alrededor del perímetro con sus placas inferiores adyacentes a sus posiciones finales.
- 5) Comenzando en cualquier soporte de esquina externo conveniente y nivelando un panel de marco de pared en su posición exacta.
- 6) Coloque y nivele el marco contiguo para hacer una esquina autoportante.
- 7) Sujete los marcos juntos y verifique nuevamente que ambos marcos estén en sus

ubicaciones exactas y en posición vertical.

8) Conecte los marcos utilizando el método recomendado por el fabricante, generalmente clavos, tornillos o remaches.

9) Proceda con el montaje de los marcos alrededor de la casa, colocando los marcos internos y externos a medida que se presenten.

10) Proporcione arriostramiento temporal adecuado durante la construcción del marco de la pared. La línea de placas superiores en una serie de paredes debe verificarse con una cuerda.

2.11 Ventajas y desventajas del sistema Steel Frame

Ventajas

- Mayor flexibilidad de diseño
- Tamaño exacto o consistente de los miembros
- Paredes más rectas y pisos más planos
- Más ligero que la madera

Desventajas

- Mano de obra poco experimentada
- Falta de subcontratistas experimentados (plomería, electricidad, etc.)
- Falta de productos estándar
- Falta de pautas prescriptivas aprobadas por el código (tablas de tramos, programaciones de sujetadores, etc.).

En un estudio se encontró que los armadores de acero experimentados sintieron que podían realizar su trabajo de manera más eficiente que con la madera. Afirmaron que podían armar una casa de acero, con la excepción de las vigas, al menos tan rápido como una casa con armazón de madera. Los enmarcadores de madera experimentados sintieron que trabajar con acero era incómodo al principio. Dijeron que querían "aguantar y darle una oportunidad a la estructura de acero" debido a la calidad que percibieron en el producto final. Se llevó a cabo una discusión de seguimiento con el supervisor de estructura de madera del constructor para obtener su opinión sobre la estructura de acero después de que el trabajo estaba casi terminado (U.S. Department of Housing and Urban Development, 1998).

También se destaca la calidad del producto terminado en apariencia, además de no presentar problemas significativos con los métodos de sujeción y corte utilizados en el proyecto. Sin embargo, trabajar con acero puede tomar más tiempo. Sin embargo, es necesario elaborar normas prescriptivas para esta técnica debido a (U.S. Department of Housing and Urban Development, 1998):

- La disponibilidad de productos uniformes e intercambiables (tamaños y formas estándar) limitaría complicaciones inesperadas relacionadas con el suministro, el diseño y la construcción. Con frecuencia, estas complicaciones resultan en retrasos evitables en los proyectos.
- Los métodos prescriptivos proporcionarían una guía básica a los enmarcadores y funcionarios del código y permitirían resolver problemas comunes en el campo sin ingeniería especial.

2.12 ¿Por qué utilizar marcos de acero ligeros?

El diseño de viviendas y edificios residenciales está influenciado por muchos factores, incluidos los requisitos de sostenibilidad y el rendimiento térmico y acústico. La necesidad medioambiental de conservar el uso del suelo, al mismo tiempo que se mejoran las características sociales del entorno construido, también tiene un efecto directo en la elección del sistema constructivo. La presión por procesos de construcción más eficientes y sostenibles para enfrentar estos desafíos ha llevado a una demanda de fabricación fuera del sitio y una mejor calidad en el desempeño de la tecnología de construcción elegida (Berkshire Hathaway, 2015).

Las tecnologías de construcción de acero han logrado una alta participación de mercado en el sector de la construcción comercial y las mismas tecnologías se utilizan en viviendas y edificios residenciales donde los principales beneficios incluyen la velocidad de construcción, niveles más altos de calidad, confiabilidad y longevidad, y la capacidad de proporcionar más adaptabilidad. uso del espacio El acero es un producto de calidad asegurada, dimensionalmente preciso, de alta resistencia, de larga duración, adaptable, reutilizable y reciclable.

Existe una infraestructura establecida de fabricación, suministro, diseño y detalles, que está bien cubierta por los últimos estándares y certificaciones de diseño. La estructura de acero liviano utiliza secciones de acero galvanizado conformado en frío como los principales componentes estructurales. Estas secciones son ampliamente utilizadas en la industria de la construcción y son

parte de una tecnología probada. La estructura de acero ligero se utiliza en forma de estructuras portantes y en muros de fachada de relleno para edificios con estructuras de acero y hormigón. Los arquitectos y especificadores pueden extender la aplicación exitosa del acero mediante el uso de marcos de acero livianos como una forma de construcción económica y versátil para edificios residenciales.

2.13 Durabilidad y vida de diseño

El revestimiento galvanizado por inmersión en caliente garantiza la durabilidad de la estructura de acero ligero en aplicaciones internas que no están directamente expuestas a la humedad durante períodos prolongados. El recubrimiento estándar es G275 (275 gramos/m² sumados sobre ambas superficies). En cuanto a la construcción tradicional, la atención al diseño y los detalles constructivos es fundamental. El control de la entrada de humedad y la condensación, incluido el posicionamiento correcto del aislamiento térmico y el uso de capas, membranas y tapajuntas a prueba de humedad, garantizará un buen rendimiento y una larga vida útil del diseño (Berkshire Hathaway, 2015).

Cuando se utiliza acero galvanizado, las áreas dañadas de protección contra la corrosión, p. en las zonas de soldadura, debe restablecerse mediante un tratamiento con una pintura rica en zinc apropiada. Para que este tratamiento sea completamente efectivo, estas áreas deben limpiarse a fondo con cepillo de alambre, imprimarse y recubrirse con dos manos de una pintura rica en zinc con un contenido de zinc de al menos 96%, o un sistema de protección alternativo igualmente efectivo. En las siguientes situaciones, se produce una pérdida por sacrificio del recubrimiento de zinc en áreas locales y esto protege los bordes expuestos del acero contra la corrosión. No se requiere más atención para:

- Extremos de los miembros, que han sido cortados en la fábrica
- Agujeros para pernos o servicios, que han sido perforados en la fábrica
- Penetraciones realizadas con tornillos autorroscantes autotaladrantes.

Se ha monitoreado una serie de edificios que utilizan componentes estándar de acero galvanizado para evaluar la pérdida de zinc, lo que lleva a predicciones de su vida útil de diseño (hasta el mantenimiento mayor). Se puede lograr una vida de diseño de más de 200 años en la construcción de "estructura cálida". En la construcción de 'marco frío', como en lofts sin aislamiento, se puede lograr una vida de diseño de más de 60 años. En todos los casos, la

envolvente del edificio debe mantenerse adecuadamente.

2.14 Espectro sísmico

La determinación de las fuerzas sísmicas laterales en una estructura puede realizarse a través de procedimientos estáticos o dinámicos, dependiendo de su configuración estructural en planta y elevación. Para estructuras regulares en ambas dimensiones ($\phi_P = \phi_E = 1$), se pueden utilizar métodos estáticos. En cualquier caso, se requiere como mínimo el método estático basado en fuerzas. Para estructuras no regulares, se emplean métodos dinámicos que consideran efectos torsionales y modos de vibración adicionales. También se permiten métodos alternativos fundamentados en principios de la dinámica de estructuras. Las estructuras con sistemas específicos, como control y aislamiento en la base, deben ser evaluadas mediante análisis dinámicos detallados (NEC, 2015a, p. 2).

En cuanto a las metodologías de diseño sísmico, se proponen varios métodos. El Diseño Basado en Fuerzas (DBF) es el método de referencia y es aplicable a cualquier estructura. Como alternativa, se puede utilizar el Diseño Directo Basado en Desplazamientos (DBD), aunque requiere un manejo cuidadoso debido a conceptos nuevos. Las estructuras con sistemas específicos deben seguir los métodos de análisis indicados en FEMA 450 y se complementan con referencias del BSSC (Building Seismic Safety Council; Consejo de Seguridad Sísmica de Edificios). Otros tipos de construcciones, como puentes y tanques, tienen sus propias recomendaciones específicas. El análisis de los mecanismos plásticos se realiza mediante el método de diseño por capacidad (NEC, 2015a, p. 2).

El Sistema Elástico Equivalente es utilizado tanto en el DBF como en el DBD, donde la respuesta no lineal e inelástica de las estructuras se "linealiza". Para estructuras de hormigón, se considera una reducción de inercia debido a agrietamientos, y para estructuras de acero, se toman en cuenta los espesores de las placas. Bajo acciones sísmicas de diseño, se desarrolla un cortante basal elástico que se reduce al cortante basal de fluencia mediante un factor de reducción que incluye reducciones de demanda por ductilidad y sobre resistencia.

En el pre-diseño y diseño conceptual, se debe considerar la separación entre estructuras adyacentes. Los elementos de la estructura deben actuar como un solo sistema para resistir el sismo de diseño, a menos que se separen intencionalmente para evitar colisiones. La distancia mínima

de separación se calcula con base en los desplazamientos máximos horizontales inelásticos. Para estructuras adyacentes, las normativas urbanas deben establecer las separaciones mínimas necesarias. En ausencia de reglamentación, se proporcionan recomendaciones específicas para determinar estas separaciones.

El método de DBF presenta ciertos requisitos generales y objetivos. Las estructuras deben diseñarse para resistir fuerzas sísmicas derivadas de combinaciones de fuerzas horizontales. Se supone que las fuerzas sísmicas actúan no concurrentemente en las direcciones de los ejes principales de la estructura y se combinan según se indica. Se busca verificar que los efectos sísmicos en los elementos cumplan con la resistencia de cálculo y verificar las deformaciones, especialmente las derivas máximas.

El DBF utiliza factores de reducción de resistencia sísmica constantes para cada tipología estructural, lo que implica una demanda de ductilidad y sobre resistencia iguales para todos los edificios dentro de una misma categoría. Este método supone que la rigidez es independiente de la resistencia. Sin embargo, el DBD ofrece soluciones a estos problemas al calcular la reducción espectral en función de la demanda de ductilidad caso por caso. Además, la rigidez no necesita ser asumida al inicio del diseño, sino que es uno de los productos de este (NEC, 2015a, p. 2).

2.14.1 Análisis espectral

Para el análisis, se empleará el espectro sísmico de respuesta elástico en aceleraciones o se construirá utilizando curvas de peligro sísmico. Es fundamental considerar todos los modos de vibración que contribuyan significativamente a la respuesta total de la estructura. Esto incluye aquellos modos con diferentes períodos de vibración y aquellos cuya participación de masa modal acumulada represente al menos el 90% de la masa total de la estructura en cada dirección horizontal principal. Al utilizar modelos tridimensionales, los efectos de interacción modal deben tenerse en cuenta al combinar los valores modales máximos (NEC, 2015a, p. 2).

En cuanto a la reducción de fuerzas dinámicas de respuesta elástica para diseño, en ningún caso se deben disminuir los parámetros de respuesta elástica a niveles que resulten en un cortante basal de diseño menor que el cortante basal de respuesta elástica dividido por R . Las fuerzas obtenidas mediante análisis elástico dinámico pueden ser reducidas para diseño siempre y cuando la estructura cumpla con todos los requisitos de diseño sismorresistente. Además, las fuerzas

dinámicas obtenidas deben modificarse por factores de importancia y factores de configuración estructural en planta y en elevación (NEC, 2015a, p. 2).

Los efectos direccionales de las componentes horizontales del sismo deben considerarse, y en caso de voladizos horizontales, también se deben tomar en cuenta los efectos de la componente vertical del sismo. Alternativamente, la respuesta dinámica vertical puede calcularse utilizando métodos dinámicos, pero la respuesta utilizada para diseño no debe ser menor que la obtenida aplicando el método estático. El análisis debe incluir los efectos torsionales, incluyendo aquellos debidos a la torsión accidental. Al utilizar modelos tridimensionales, los efectos de la torsión accidental deben considerarse mediante una adecuada re-localización de las masas (NEC, 2015a, p. 2).

2.14.2 Análisis paso a paso en el tiempo

Este método analiza la respuesta dinámica de la estructura en incrementos de tiempo específicos cuando la base está sujeta a un acelerograma. Se utiliza cuando un diseño estructural no puede justificarse mediante métodos estáticos o lineales espectrales. La revisión del diseño debe ser realizada por un profesional independiente con experiencia en análisis sísmicos inelásticos e incluir la revisión de los criterios para obtener espectros para el sitio y/o generar acelerogramas, el diseño preliminar de la estructura antes del análisis no lineal, el diseño final y todos los criterios de análisis empleados. La memoria de cálculo debe incluir un informe firmado por el profesional independiente que certifica las revisiones (NEC, 2015a, p. 2).

Para los registros de aceleración, se deben usar dos componentes horizontales de registros de acelerogramas seleccionados y escalados de al menos tres eventos sísmicos que cumplan con los parámetros de diseño. Si se realizan tres pares de registros, se toma la respuesta máxima para el diseño; si se realizan siete o más análisis, se utiliza el valor promedio de los parámetros de interés. Si no se disponen de al menos tres eventos sísmicos, se usarán acelerogramas artificiales simulados para generar el número requerido de registros y componentes. Los acelerogramas deben escalarse de manera que el promedio de los espectros de respuesta no sea menor que el espectro de aceleraciones amortiguado al 5% para el diseño sísmico. Ambas componentes deben aplicarse simultáneamente al modelo para considerar efectos torsionales, calculando los parámetros de interés para cada paso de tiempo (NEC, 2015a, p. 2).

2.14.3 Principios del análisis elástico y no lineal paso a paso en el tiempo

Los análisis elásticos paso a paso deben cumplir con los requisitos para análisis dinámicos, construir modelos matemáticos de las estructuras, definir la acción sísmica y el número de modos, reducir los parámetros elásticos de respuesta para diseño y considerar los efectos direccionales de torsión y registros de aceleración. Por otro lado, los análisis no lineales paso a paso deben cumplir con los principios de la dinámica estructural. Las capacidades y características de los elementos estructurales no lineales deben modelarse de manera consistente con datos experimentales o análisis bien fundamentados. La respuesta máxima inelástica en desplazamientos y la estimación de fuerzas no deben reducirse y deben cumplir con los requisitos establecidos (NEC, 2015a, p. 2).

2.14.4 Establecimiento de los espectros

Para establecer el espectro y sus límites, se consideraron varios criterios. Se analizaron las formas espectrales elásticas de los sismos ecuatorianos utilizando registros de la Red Nacional de Acelerógrafos y técnicas de promediado espectral. También se simularon acelerogramas artificiales mediante procesos estocásticos y funciones de Green, basados en información sismológica de sismos reales y simulados, para estudiar las formas espectrales de sismos mayores (NEC, 2015a, p. 2).

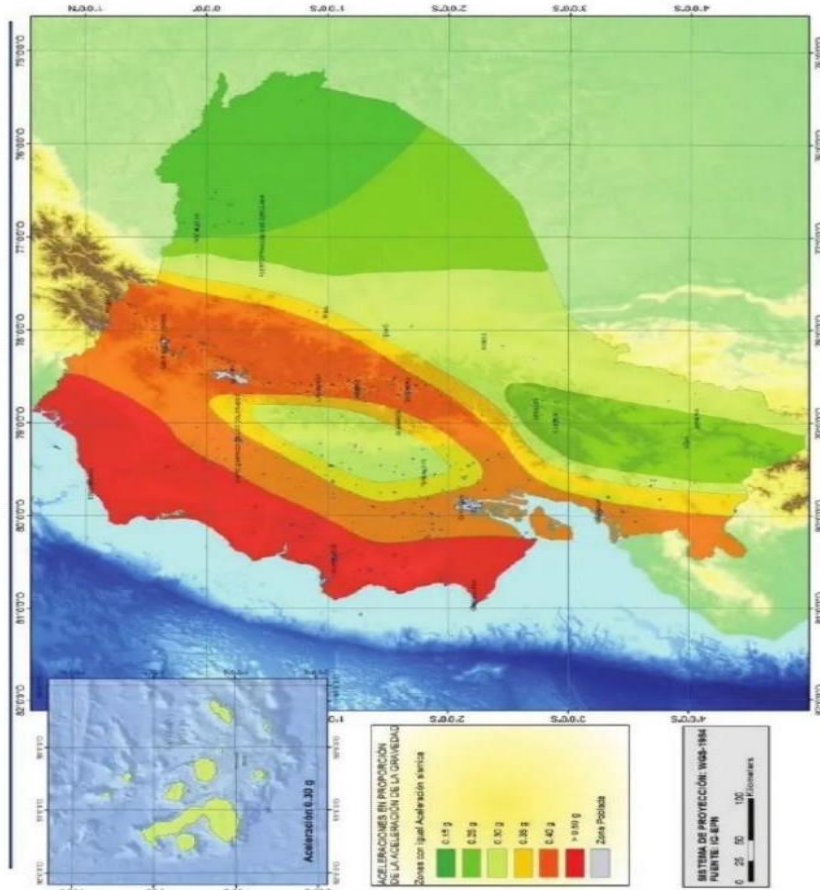
Se evaluaron las normativas ASCE 7-10 de Estados Unidos y NSR-10 de Colombia, enfocándose en las formas espectrales, factores de amplificación dinámica, frecuencias de vibración, mesetas máximas, curvas de caída, y factores de comportamiento inelástico de suelos. Dado que la ductilidad no podía usarse para reducir la ordenada espectral elástica en períodos cortos, se eliminó el ramal izquierdo de ascenso de los espectros elásticos y se determinó que la meseta máxima alcance valores de períodos de vibración cercanos a cero para los análisis sísmicos estáticos y dinámicos (NEC, 2015a, p. 2).

2.14.5 Caracterización sísmica del suelo

El Factor Z es un parámetro utilizado para categorizar las zonas geográficas según su riesgo sísmico. Se determina mediante estudios geotécnicos que evalúan la respuesta dinámica del suelo a las ondas sísmicas, incorporando variables como la velocidad de onda de cortante (V_s), características geotécnicas del suelo, y la potencial amplificación sísmica debido a la geología

local. Este factor es crucial en el diseño estructural y la planificación urbana para garantizar la resistencia y seguridad de las construcciones ante eventos sísmicos, indicando el nivel de riesgo sísmico de una zona específica (NEC, 2015b, p. 3).

Figura 10: Mapa de zonas sísmicas y factor Z en Ecuador



Nota. General Villamil tiene un Factor Z de 0.50, Milagro 0.35, Balzar 0.40, Samborondón 0.35, Salitre 0.35 y Daule 0.40.

Obtenido de: NEC (2015b, p. 3)

Elaborado por: Álvarez (2025)

Los procedimientos para caracterización sísmica del sitio incluyen pasos específicos para clasificar los perfiles de suelo que impactan directamente en el diseño estructural. Para comenzar, se verifica si el suelo presenta características correspondientes al perfil tipo F. Si se cumplen estas condiciones, se requiere un estudio sísmico detallado realizado por un ingeniero geotécnico. Además, se identifica la presencia de estratos de arcilla blanda, definidos por su resistencia al corte no drenado, contenido de agua y el índice de plasticidad. Si hay al menos 3 metros de arcilla que cumple con estos criterios, el perfil se clasifica como tipo E (NEC, 2015c, p. 4).

La clasificación del perfil se basa en criterios como la velocidad de onda de cortante (V_s), el número de golpes del Ensayo de Penetración Estándar (N60), o la combinación de resistencia no drenada (S_u) y el índice de plasticidad (Nch). Se sugiere utilizar correlaciones empíricas para estimar V_s y considerar el perfil de suelos más blando cuando los resultados de los criterios difieren. Además, se deben realizar ensayos geotécnicos para evaluar los efectos locales de la respuesta sísmica de las estructuras. Se enfatiza la importancia de la estabilidad del depósito de suelo y se definen criterios para suelos cohesivos y no cohesivos, así como parámetros como V_{s30} , N60, S_u , IP y contenido de agua (w) para definir adecuadamente el tipo de perfil de suelo.

En el contexto de la evaluación sísmica del sitio, se emplean tres tipos de perfiles de suelo: A, B y C, cada uno con características específicas que influyen el diseño estructural de manera considerable. El perfil tipo A se define por la presencia de roca competente, donde se debe determinar la velocidad de la onda de cortante (V_s) mediante mediciones directas en el sitio. Estos suelos son típicamente estables ante eventos sísmicos debido a su alta resistencia y baja deformabilidad. Por otro lado, el perfil tipo B consiste en suelos con roca moderadamente meteorizada o fracturada. Para este perfil, se estima la velocidad de la onda de cortante en la roca competente basándose en características geológicas conocidas. La resistencia y deformabilidad de estos suelos pueden variar según el grado de meteorización y fracturación.

Finalmente, el perfil tipo C engloba suelos blandos o muy meteorizados, donde la roca competente está severamente meteorizada o fracturada. Es crucial realizar mediciones específicas de la velocidad de onda de cortante en el sitio para evaluar adecuadamente la respuesta sísmica esperada. Estos suelos son más propensos a movimientos y deformaciones durante eventos sísmicos debido a su baja resistencia y alta deformabilidad. Cada tipo de perfil (A, B y C) requiere un análisis geotécnico detallado para determinar parámetros como V_s , N60 (número de golpes del Ensayo de Penetración Estándar), resistencia no drenada (S_u), índice de plasticidad (IP) y contenido de agua (w). Esta caracterización es esencial para diseñar estructuras que sean seguras y capaces de resistir eficazmente los efectos de los sismos.

CAPÍTULO 3: METODOLOGIA

3.1 Enfoque de la investigación

La presente investigación adopta un enfoque cuantitativo, dado que busca medir y analizar de manera objetiva las características estructurales y sismo resistentes del sistema Steel Frame aplicado a viviendas de dos pisos. Asimismo, se complementa con un enfoque cualitativo, mediante el análisis de casos y la recopilación de percepciones de expertos en construcción liviana y normativa sismo resistente.

3.2 Tipo de investigación

El estudio se clasifica como una investigación aplicada, ya que tiene como objetivo generar soluciones prácticas para la construcción de viviendas sismo resistentes en la vía Data Posorja del cantón Playas. Además, se considera de tipo experimental, pues se llevarán a cabo pruebas estructurales y simulaciones de resistencia sísmica para evaluar la viabilidad del sistema Steel Frame en el contexto local.

3.3 Diseño de la investigación

El diseño metodológico es cuasi-experimental, puesto que se realizarán pruebas controladas en prototipos de viviendas construidas con Steel Frame, comparando su desempeño con métodos tradicionales de construcción. Se utilizarán herramientas de modelado estructural y análisis dinámico para evaluar su comportamiento ante cargas sísmicas.

3.4 Población y muestra

La población de estudio está conformada por profesionales de la construcción, ingenieros estructurales y arquitectos con experiencia en sistemas constructivos sismo resistentes. Para la presente investigación, se asume una población de 100 profesionales en el sector de la construcción en la vía Data Posorja, de los cuales se selecciona una muestra representativa de 40 expertos mediante muestreo no probabilístico por conveniencia.

3.5 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Para la recolección de información se emplearán las siguientes técnicas e instrumentos:

Revisión documental: Normativas ecuatorianas e internacionales sobre construcción sísmo resistente y sistemas livianos de edificación.

Encuestas estructuradas: Aplicadas a profesionales del sector para conocer su percepción sobre el uso del Steel Frame en la zona de estudio.

CAPÍTULO 4: RESULTADOS

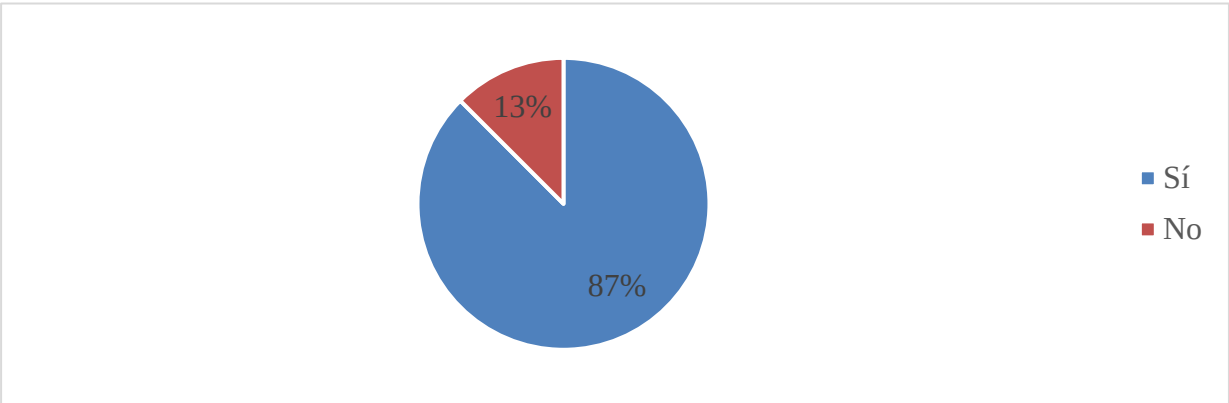
Pregunta 1. ¿Considera que el sistema Steel Frame es viable para la construcción de viviendas en la vía Data Posorja?

Tabla 4. Percepción de los profesionales de la viabilidad del sistema Steel Frame

Respuesta	Frecuencia	Porcentaje
Sí	30	75%
No	10	25%
Total	40	100%

Fuente: Encuesta realizada a profesionales de la construcción.
Elaborado por: Álvarez (2025)

Figura 11: Percepción de los profesionales de la viabilidad del sistema Steel Frame



Elaborado por: Álvarez (2025)

Análisis

El 75% de los encuestados considera que el sistema Steel Frame es viable para la zona de estudio. Esto indica una percepción favorable hacia esta tecnología constructiva. La aceptación sugiere que los profesionales reconocen sus beneficios en rapidez y eficiencia estructural. Sin embargo, el 25% que no lo considera viable podría tener preocupaciones sobre costos o adaptación al entorno. Es necesario profundizar en estos factores para maximizar su implementación.

Pregunta 2: ¿Cree que el costo del Steel Frame es competitivo en comparación con otros sistemas constructivos?

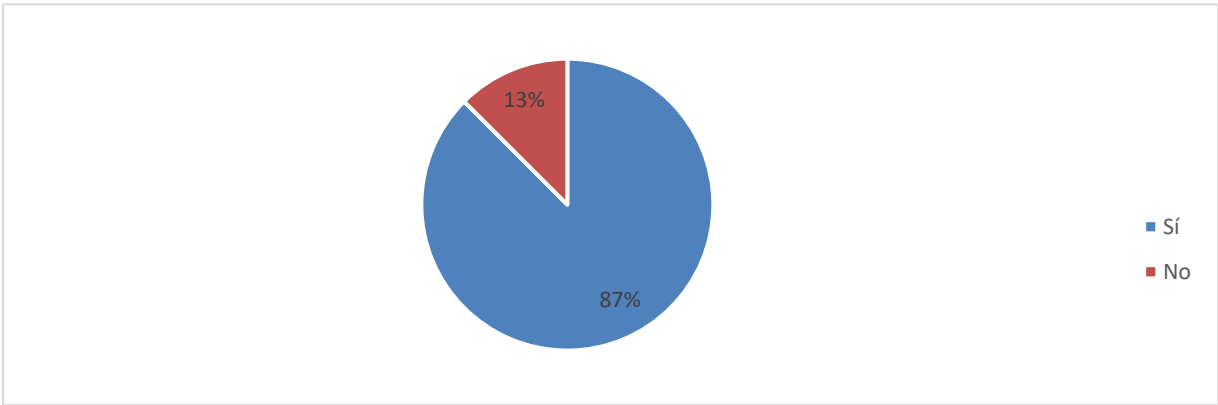
Tabla 5: Percepción sobre la competitividad del costo del Steel Frame en comparación con otros sistemas constructivos

Respuesta	Frecuencia	Porcentaje
Sí	25	62.5%
No	15	37.5%
Total	40	100%

Fuente: Encuesta realizada a profesionales de la construcción.

Elaborado por: Álvarez (2025)

Figura 12: Percepción sobre la competitividad del costo del Steel Frame en comparación con otros sistemas constructivos



Elaborado por: Álvarez (2025)

Análisis

Con un 62.5% de aceptación, se observa que la mayoría percibe el sistema como competitivo en costos. No obstante, el 37.5% que lo considera elevado sugiere que aún existen barreras económicas para su adopción. Es posible que los costos iniciales sean más altos que en construcciones tradicionales, pero su eficiencia a largo plazo podría compensar la inversión. Se recomienda realizar un análisis de costos más detallado para validar su accesibilidad económica.

Pregunta 3: ¿El Steel Frame cumple con los estándares de sismo resistencia requeridos?

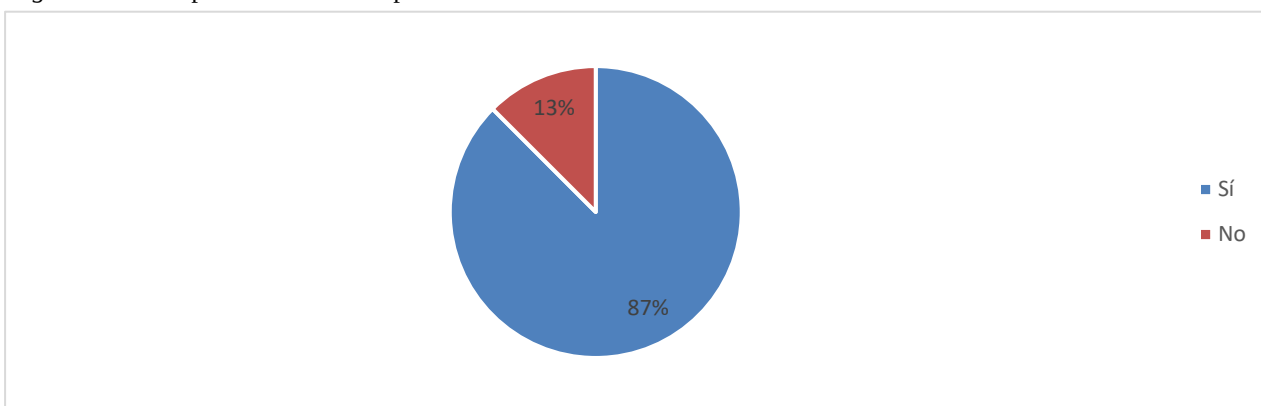
Tabla 6. Percepción sobre el cumplimiento de estándares de sismo resistencia del Steel Frame

Respuesta	Frecuencia	Porcentaje
Sí	35	87.5%
No	5	12.5%
Total	40	100%

Fuente: Encuesta realizada a profesionales de la construcción.

Elaborado por: Álvarez, M. (2025)

Figura 13: Percepción sobre el cumplimiento de estándares de sismo resistencia del Steel Frame



Elaborado por: Álvarez (2025)

Análisis

La amplia aceptación del 87.5% confirma que el sistema Steel Frame es reconocido por su resistencia sísmica. Esto valida su aplicabilidad en zonas de riesgo como Data Posorja. El 12.5% restante que duda de su desempeño podría requerir más información sobre certificaciones y pruebas estructurales. Difundir estudios técnicos y experiencias previas podría mejorar la percepción general. Esto refuerza la viabilidad del sistema en el contexto ecuatoriano.

Pregunta 4: ¿Recomendaría el uso de Steel Frame en proyectos de vivienda social?

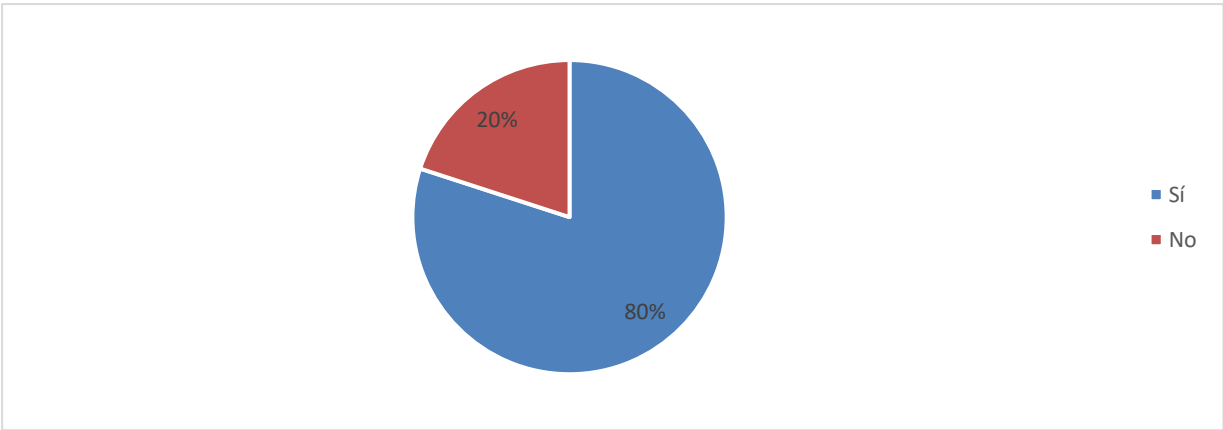
Tabla 7. Recomendación del uso de Steel Frame en proyectos de vivienda social

Respuesta	Frecuencia	Porcentaje
Sí	32	80%
No	8	20%
Total	40	100%

Fuente: Encuesta realizada a profesionales de la construcción.

Elaborado por: Álvarez (2025)

Figura 14: Recomendación del uso de Steel Frame en proyectos de vivienda social



Elaborado por: Álvarez (2025)

Análisis

Con un 80% de respuestas afirmativas, se evidencia una buena aceptación del sistema en el ámbito de la vivienda social. Esto indica que los profesionales lo ven como una solución viable para proyectos de bajo costo. Sin embargo, el 20% que no lo recomendaría sugiere preocupaciones sobre accesibilidad y aceptación cultural del sistema. Es importante evaluar estrategias para facilitar su implementación en sectores vulnerables. Un análisis de casos exitosos podría ayudar a cambiar esta percepción.

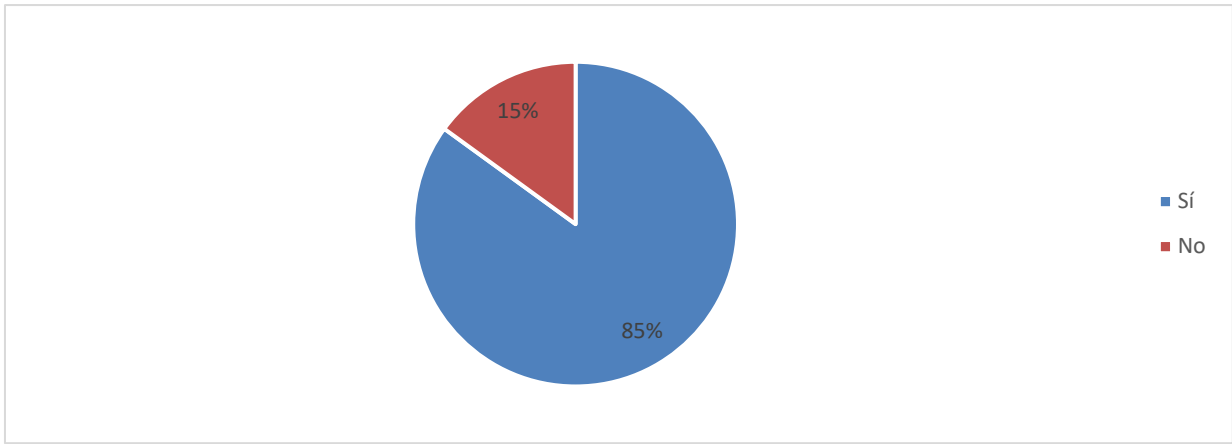
Pregunta 5: ¿Considera que el tiempo de construcción con Steel Frame es menor que con métodos tradicionales?

Tabla 8. Percepción sobre la reducción del tiempo de construcción con Steel Frame en comparación con métodos tradicionales

Respuesta	Frecuencia	Porcentaje
Sí	34	85%
No	6	15%
Total	40	100%

Fuente: Encuesta realizada a profesionales de la construcción.
Elaborado por: Álvarez (2025)

Figura 15: Percepción sobre la reducción del tiempo de construcción con Steel Frame en comparación con métodos tradicionales



Elaborado por: Álvarez (2025)

Análisis

El 85% de los encuestados opina que este sistema permite una construcción más rápida. Esto refuerza una de sus principales ventajas: la reducción del tiempo de obra. La velocidad de construcción es un factor clave para su implementación en proyectos de emergencia o vivienda social. Sin embargo, el 15% que no está de acuerdo podría tener experiencias en proyectos con problemas logísticos. Optimizar la planificación y capacitación puede mejorar estos resultados.

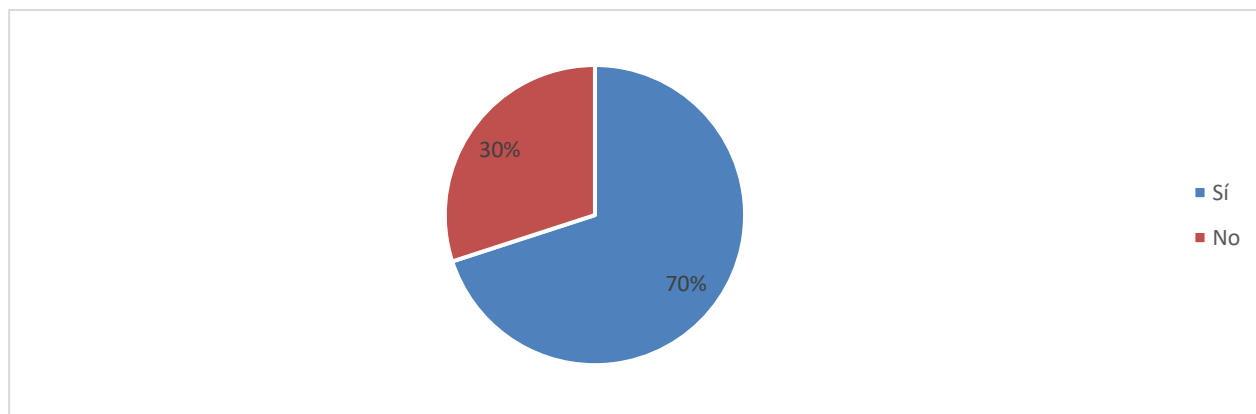
Pregunta 6: ¿El sistema Steel Frame permite una reducción en costos de mantenimiento a largo plazo?

Tabla 9. Percepción sobre la reducción de costos de mantenimiento a largo plazo con el sistema Steel Frame

Respuesta	Frecuencia	Porcentaje
Sí	28	70%
No	12	30%
Total	40	100%

Fuente: Encuesta realizada a profesionales de la construcción.
Elaborado por: Álvarez (2025)

Figura 16: Percepción sobre la reducción de costos de mantenimiento a largo plazo con el sistema Steel Frame



Elaborado por: Álvarez (2025)

Análisis

Un 70% considera que el mantenimiento es más sencillo, lo que sugiere una percepción favorable en términos de costos operativos. Sin embargo, el 30% restante podría tener dudas sobre la resistencia a factores climáticos como la humedad y la corrosión. Es importante difundir información sobre los tratamientos y recubrimientos disponibles. Además, se recomienda incluir pautas claras de mantenimiento para maximizar la durabilidad del sistema.

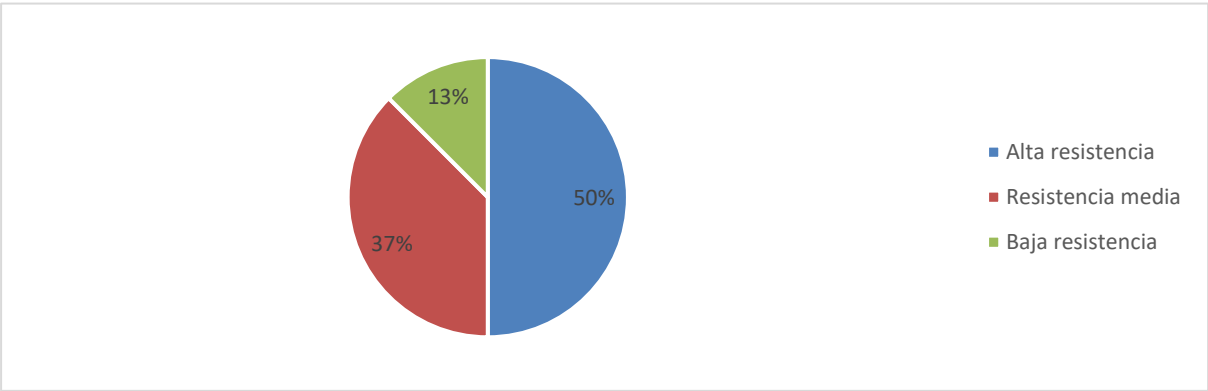
Pregunta 7: ¿Qué nivel de resistencia climática cree que tiene el Steel Frame en zonas costeras?

Tabla 10. Percepción sobre la resistencia climática del Steel Frame en zonas costeras

Respuesta	Frecuencia	Porcentaje
Alta resistencia	20	50%
Resistencia media	15	37.5%
Baja resistencia	5	12.5%
Total	40	100%

Fuente: Encuesta realizada a profesionales de la construcción.
Elaborado por: Álvarez (2025)

Figura 17: Percepción sobre la resistencia climática del Steel Frame en zonas costeras



Elaborado por: Álvarez (2025)

Análisis

El 50% de los encuestados considera que el sistema tiene una alta resistencia climática para viviendas permanentes. Esto muestra confianza en la calidad de los materiales utilizados. No obstante, el 37,5% restante podría tener dudas sobre la resistencia ya que la consideran media, y el 12,5% refiere que el sistema posee baja resistencia. Sería recomendable realizar estudios comparativos con otros materiales. Además, la capacitación en mantenimiento podría mejorar la aceptación a largo plazo.

Pregunta 8: ¿Cree que existen suficientes proveedores de materiales para el sistema Steel Frame en Ecuador?

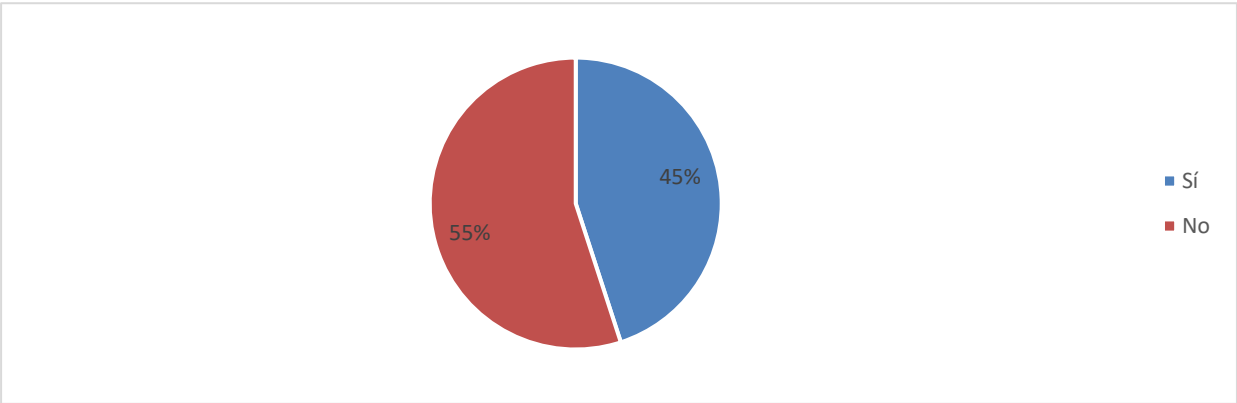
Tabla 11. Percepción sobre la disponibilidad de proveedores de materiales para la implementación del sistema Steel Frame en Ecuador

Respuesta	Frecuencia	Porcentaje
Sí	18	45%
No	22	55%
Total	40	100%

Fuente: Encuesta realizada a profesionales de la construcción.

Elaborado por: Álvarez (2025)

Figura 18: Percepción sobre la disponibilidad de proveedores de materiales para la implementación del sistema Steel Frame en Ecuador



Elaborado por: Álvarez (2025)

Análisis

Solo el 45% considera que hay suficientes proveedores, lo que sugiere una barrera en la disponibilidad del material. Esto podría afectar la adopción del sistema a gran escala. El 55% que percibe una escasez de proveedores indica la necesidad de fortalecer la oferta en la zona. Incentivar la inversión en distribución y fabricación local ayudaría a resolver esta limitación. También sería útil promover asociaciones estratégicas con proveedores establecidos.

Pregunta 9: ¿Considera que la mano de obra en la zona está preparada para la instalación de Steel Frame?

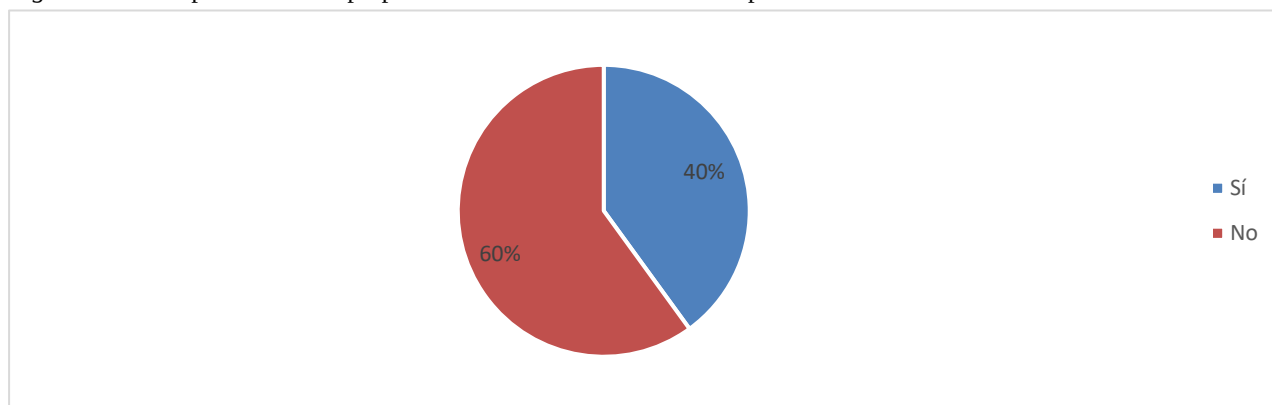
Tabla 12. Percepción sobre la preparación de la mano de obra local para la instalación de Steel Frame

Respuesta	Frecuencia	Porcentaje
Sí	16	40%
No	24	60%
Total	40	100%

Fuente: Encuesta realizada a profesionales de la construcción.

Elaborado por: Álvarez (2025)

Figura 19: Percepción sobre la preparación de la mano de obra local para la instalación de Steel Frame



Elaborado por: Álvarez (2025)

Análisis

Solo el 40% cree que la comunidad está capacitada para la implementación del sistema Steel Frame. La construcción tradicional aún es percibida como más confiable para la construcción en algunas regiones. El 60% que duda de la aceptación comunitaria sugiere que falta información y difusión sobre el Steel Frame. Campañas de concienciación y proyectos piloto podrían ayudar a generar capacitación en mano de obra en la población. También es clave demostrar su durabilidad y seguridad mediante casos de éxito.

Pregunta 10: ¿Qué factores considera clave para la adopción del sistema Steel Frame en la zona?

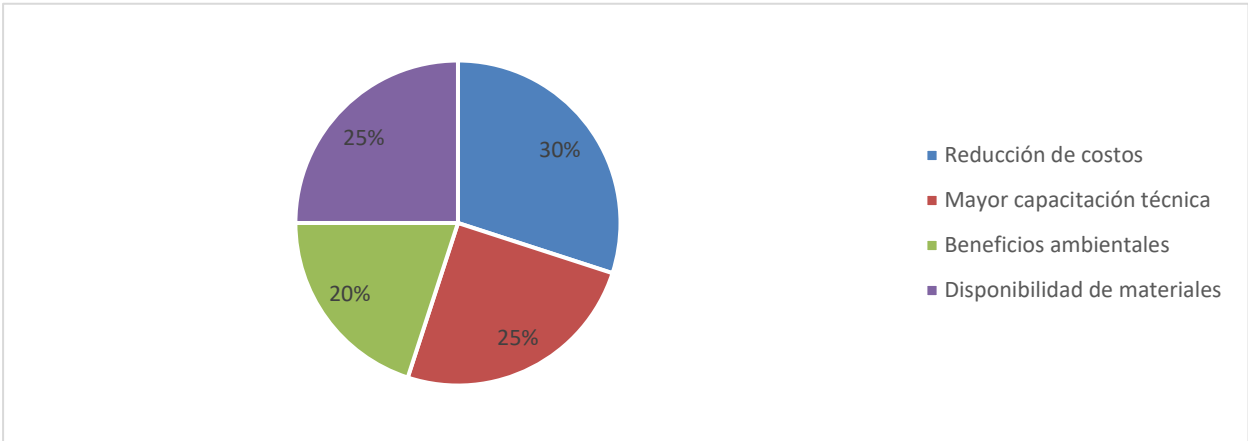
Tabla 13. Factores clave para la adopción del sistema Steel Frame en la zona

Factor	Frecuencia	Porcentaje
Reducción de costos	12	30%
Mayor capacitación técnica	10	25%
Beneficios ambientales	8	20%
Disponibilidad de materiales	10	25%
Total	40	100%

Fuente: Encuesta realizada a profesionales de la construcción.

Elaborado por: Álvarez (2025)

Figura 20: Factores clave para la adopción del sistema Steel Frame en la zona



Elaborado por: Álvarez (2025)

Análisis

Los factores clave para la adopción del sistema Steel Frame en la zona incluyen principalmente la reducción de costos (30%), seguida por la necesidad de mayor capacitación técnica (25%) y la disponibilidad de materiales (25%), lo que indica que tanto el conocimiento especializado como el acceso a insumos son aspectos determinantes para su implementación. Además, los beneficios ambientales representan un 20% de las consideraciones, lo que sugiere que la sostenibilidad también influye en la decisión de adoptar este método constructivo.

CAPÍTULO 5: INFORME TECNICO

5.1 Resultados del diseño estructural de la vivienda

5.1.1 Interpretación y análisis de resultados

El sistema Steel Frame por ser un método constructivo liviano y estructuralmente aplicable se comporta como un sistema antisísmico, además, tomando en cuenta consideraciones relacionadas al medio ambiente donde se ha ejecutado la construcción, que en este caso, al encontrarse cerca de la playa donde se registra un ambiente de alta salinidad, su estructura y componentes poseen características de uso para esta zona; mientras que en un sistema constructivo tradicional se deben seguir las normas NEC 2015 en relación a los diámetros de varillas de acero mínimos a usarse, recubrimientos de hormigón, aditivos protectores contra la corrosión hacia el acero y el hormigón, incrementando sus volúmenes y costos unitarios.

Al no existir tiempos de espera de fraguado en la estructura tanto de planta baja como de planta alta del sistema Steel Frame, y por ser un proceso mecanizado, la velocidad de construcción se volvió mucho más rápida. Mientras que el sistema tradicional involucra los rubros de columnas, vigas cargadoras, vigas de amarre, dinteles, pilaretes, paredes de bloque, enlucidos, sacada de filos, etc., en el sistema Steel Frame su proceso se reduce únicamente a armar un esqueleto metálico conformado por perfiles Stud y Track (parantes y canales de amarre), y forrados en ambas caras con la opción de colocar una barrera térmica acústica aislante dentro de la estructura. Conjuntamente, los tiempos de ejecución de las instalaciones de tuberías tanto eléctricas como sanitarias se volvieron más eficientes.

Al ser el sistema Steel Frame un proceso constructivo liviano, donde el peso de su estructura conformada por perfiles de acero galvanizado espaciados cada 61 cm y forros con tableros livianos mencionados anteriormente (tales como Gypsum y Aquapanel), equivalen a la quinta parte del peso de un sistema constructivo tradicional donde regularmente se usan columnas y bloques de hormigón, fue posible evidenciar ahorros en costos de la cimentación y rellenos de menor profundidad. Esto involucró además mayor rapidez en su ejecución.

5.1.2 Solución eficiente para la construcción de una vivienda en la zona costera

Se propone abordar los desafíos de construcción en una zona costera mediante la implementación del sistema Steel Frame, el cual ofrece una serie de ventajas técnicas que se adaptan a las condiciones específicas del entorno marino y mejoran la eficiencia constructiva. En primer lugar, el Steel Frame, gracias a su naturaleza liviana y resistente a cargas sísmicas, brinda una solución estructural adecuada para las condiciones de la zona, garantizando una mayor durabilidad frente a la corrosión causada por la alta salinidad del ambiente costero.

En términos de eficiencia constructiva, el Steel Frame destaca por su rapidez y precisión en la instalación. Al eliminar los tiempos de fraguado asociados con el hormigón tradicional, el proceso de construcción se acelera significativamente. Además, la prefabricación de los componentes metálicos garantiza una mayor precisión dimensional y reduce los tiempos de trabajo en el sitio. En cuanto a la cimentación, el Steel Frame ofrece una ventaja significativa debido a su peso más ligero en comparación con las estructuras de hormigón tradicionales. Esto reduce la carga sobre el suelo y permite la utilización de cimentaciones menos profundas, generando ahorros en costos y tiempo de construcción.

Para satisfacer las necesidades de confort interior y protección contra los elementos, es posible integrar barreras térmicas y acústicas dentro de la estructura del Steel Frame. Esto mejora la eficiencia energética de la vivienda y crea un ambiente interior más cómodo y tranquilo para los ocupantes. Por lo tanto, el sistema Steel Frame emerge como una solución integral y eficiente para la construcción en zonas costeras. Su resistencia estructural, rapidez de construcción, eficiencia en la cimentación y capacidades de aislamiento lo convierten en una opción técnica y económicamente viable para enfrentar los desafíos específicos del entorno costero.

5.1.3 Presupuesto

5.1.3.1 Rubros que intervienen en la construcción

Tabla 14. Capítulos de rubros y rubros que intervienen en la construcción

Capítulo	Rubro	Observación
1	INSTALACION DE OBRAS	
1.1	Caseta de Guardian y Bodega	
1.2	Instalación provisional eléctrica	
1.3	Instalación provisional de agua	

1.4	Limpieza de terreno	
1.5	trazado y replanteo	
2	OBRAS DE SEGURIDAD	
2.1	Cerramiento perimetral	
3	EXCAVACION Y RELLENO	
3.1	Excavación cimientos	Menor
3.2	Excavación cisterna	
3.3	Excavación pozo séptico	
3.4	Relleno compactado	Menor
4	ESTRUCTURA GENERAL	
4.1	Muro de Piedra Base	No aplica
4.2	Replanteo	No aplica
4.3	Plintos	No aplica
4.4	Riostras	No aplica
	PLANTA BAJA	
4.5	Columnas h=3,00 mts	No aplica
4.6	Vigas de amarre	No aplica
4.7	Pilares	No aplica
4.8	Dinteles de Puertas y Ventanas	No aplica
	PLANTA ALTA	
4.9	Columnas h=3,00 mts	No aplica
4.10	Vigas de amarre	No aplica
4.11	Pilares	No aplica
4.12	Dinteles de Puertas y Ventanas	No aplica
4.13	Estructura de Cisterna	
4.14	Losa	SIMILAR
4.15	Pozo séptico	
5	CONTRAPISOS	
5.1	Hormigón 12 cm con malla	Cimentación
6	PAREDES	
6.1	Steel Frame de Pared Exterior	Muro estructural
6.2	Steel Frame de Pared Interior	Muro estructural
6.3	Enlucido de paredes Exteriores con aditivo impermeabilizante	No aplica
6.4	Enlucido de paredes Interiores	No aplica
6.5	Filos en Paredes	No aplica
6.6	Cuadrada de Boquetes	No aplica
7	RECUBRIMIENTOS	
7.1	Cerámica de Piso Viviendas	
7.2	Rastreras en sala y comedor	
7.3	Cerámica en Paredes baños y cocina	

7.4	Cerámica en piso de Duchas	
7.5	Granito en mesones cocina	
8	CUBIERTA Y TUMBADO	
8.1	Estructura metálica de Cubierta	
8.2	Cubierta Eternit	
8.3	Tumbado de Gypsum	
9	PINTURA	
9.1	Empaste y Pintura exterior Steel Frame	No requiere empaste adicional
9.2	Empaste y Pintura interior Steel Frame	No requiere empaste adicional
9	PUERTAS Y VENTANAS	
9.1	Puerta Principal y Posterior 1,00 x 2,00 m incluye bat y cerradura	
9.2	Puertas de Dormitorio 0,90 x 2,00 m incluye bat y cerradura	
9.3	Puertas de Baño 0,90 x 0,80 x 2,00 m incluye bat y cerradura	
9.4	Ventanas de Aluminio y vidrio con Malla	
9.5	Puertas de Closet incluye barras (no incluye cajones)	
10	CARPINTERIA EN MADERA	
10.1	Anaqueles de cocina - sobre mesón - en mdf	
10.2	Anaqueles de cocina - bajo mesón - en mdf	
11	CARPINTERIA METALICA	
11.1	Puerta Metálica 1,00 m x 2,00 m - incluye cerradura	
12	INSTALACIONES SANITARIAS	
12-a	RED DE AGUA POTABLE	
12-a.1	Punto de agua fría	
12-a.2	Punto de agua caliente	
12-a.3	Tubería 1/2" PVC agua fría	
12-a.4	Tubería 1/2" PVC agua caliente	
12-a.5	Tubería 3/4" PVC agua fría	
12-a.6	Llave de paso 3/4"	
12-a.7	Llave de paso 1/2"	
12-a.8	Tanque PVC para cisterna V=1,30 M3	
12-a.9	Suministro e instalación de Bomba de agua 3/4 HP incluye: tanque presión 40 glns	
12-b	RED DE AGUAS SERVIDAS	
12-b.1	Punto de aguas servidas d=110 mm	
12-b.2	Punto de aguas servidas d=50 mm	
12-b.3	Tubería para aguas servidas d=110 mm	
12-b.4	Tubería para aguas servidas d=50 mm	

12-b.5	Tubería de ventilación d=50 mm	
12-b.6	Tubería de drenaje AA d=25 mm	
12-b.7	Caja de H.S. AASS con tapa H.A. 0,45 x 0,45 m h=0,5 m y zócalo	
12-c	RED DE AGUAS LLUVIAS	
12-c.1	Tubería de drenaje AALL d=75 mm	
12-c.2	Canalón y tubería AALL - plástico	
12-c.3	Sumidero AALL incluye rejilla galván. 4"	
12-d	PIEZAS SANITARIAS	
	Dormitorio Máster	
12-d.1	Suministro e instalación de inodoro; incluye: herrajes	
12-d.2	Suministro e instalación de lavamanos; incluye: grifería alta y sifón y desagüe 1 1/4" plástico	
12-d.3	Suministro e instalación de Ducha redonda d=20 cm Ac. Inox.; Brazo de ducha vertical redondo; Llave de ducha monocomando	
	Dormitorios 2 y 3	
12-d.4	Suministro e instalación de inodoro, incluye: herrajes	
12-d.5	Suministro e instalación de lavamanos; incluye: grifería monocomando y sifón y desagüe 1 1/4" plástico	
12-d.6	Suministro e instalación de Ducha redonda d=20 cm Ac. Inox.; Brazo de ducha vertical redondo; Llave de ducha monocomando	
	Baño Social	
12-d.7	Suministro e instalación de inodoro, incluye: herrajes	
12-d.8	Suministro e instalación de lavamanos 4; incluye: grifería monocomando y sifón y desagüe 1 1/4" plástico	
	Cocina	
12-d.9	Suministro e instalación de Fregadero cocina, llave fregadero monocomando	
	Exteriores	
12-d.10	Suministro e instalación de lavarropa de granito, llave de pico, sifón y desagüe 2" plástico; incluye muro de mampostería bloque HS e=9 cm para soporte	
12-d.11	Suministro e instalación de llave de bronce para manguera 1/2"	
13	INSTALACIONES ELÉCTRICAS	
13.1	Panel de medidor CL-100 con base y caja metálica, inc.: barra de tierra	
13.2	Panel de breakers 8 - 16 E, incluye instalación, tejido de panel y breakers	
13.3	Puntos de luz 110 V - trifásico, incluye foco LED 20 W	

13.4	Puntos de tomacorriente 110 V polarizado	
13.5	Puntos de tomacorriente AA AA	
13.6	Puntos de tomacorriente para bomba	
13.7	Puntos de timbre	
13.8	Puntos para TV	
13.9	Puntos para teléfono	
13.10	Alimentador del medidor a panel de breakers, 2#4,1#6+1#12	
14,00	COMPLEMENTARIOS	
14.1	Equipos de protección personal (casco, guantes)	
14.2	Limpieza de Obra (horas-hombre)	Menor
14.3	Desalojo de materiales sobrantes	Menor

Elaborado por: Álvarez (2025)

5.1.3.2 Presupuesto detallado

Tabla 12. Resumen de costos directos con el sistema de construcción Tradicional

ITEM	DESCRIPCIÓN	VALOR TOTAL	VALOR / m2
1	Instalación de obras	\$1.862,90	\$6,90
2	Obras de seguridad	\$5.320,00	\$19,70
3	Excavación y relleno	\$2.606,00	\$9,65
4	Estructura general	\$68.787,69	\$254,77
5	Contrapisos	\$2.017,50	\$7,47
6	Paredes	\$23.253,50	\$86,12
7	Recubrimientos	\$15.066,70	\$55,80
8	Cubierta y tumbado	\$11.982,00	\$44,38
9	Pintura	\$4.588,80	\$17,00
9	Puertas y ventanas	\$11.954,00	\$44,27
10	Carpintería en madera	\$1.300,00	\$4,81
11	Carpintería metálica	\$380,00	\$1,41
12-a	Red de agua potable	\$1.545,50	\$5,72
12-b	Red de aguas servidas	\$1.275,00	\$4,72
12-c	Red de aguas lluvias	\$655,00	\$2,43
12-d	Piezas sanitarias	\$1.724,00	\$6,39
13	Instalaciones eléctricas	\$3.524,00	\$13,05
14	Complementarios	\$1.640,00	\$6,07
TOTAL		\$159.482,59	\$590,68

Subtotal		159.482,59
Imprevistos	3%	4.784,48

Subtotal (a)		164.267,07
Honorarios	10%	15.948,26
Subtotal (b)		180.215,33
Iva de (b)	15%	27.032,30
Total		207.247,63
	Costo/m2	767,58

Elaborado por: Álvarez (2025)

Tabla 13. Resumen de costos directos con el sistema de construcción Steel Frame

ITEM	DESCRIPCIÓN	VALOR TOTAL	VALOR / m2
1	Instalación de obras	\$1.862,90	\$6,90
2	Obras de seguridad	\$5.320,00	\$19,70
3	Excavación y relleno	\$1.758,00	\$6,51
4	Estructura general	\$30.833,18	\$114,20
5	Contrapisos	\$2.017,50	\$7,47
6	Paredes	\$29.316,00	\$108,58
7	Recubrimientos	\$15.066,70	\$55,80
8	Cubierta y tumbado	\$11.982,00	\$44,38
9	Pintura	\$2.816,80	\$10,43
9	Puertas y ventanas	\$11.954,00	\$44,27
10	Carpintería en madera	\$1.300,00	\$4,81
11	Carpintería metálica	\$380,00	\$1,41
12-a	Red de agua potable	\$1.545,50	\$5,72
12-b	Red de aguas servidas	\$1.275,00	\$4,72
12-c	Red de aguas lluvias	\$655,00	\$2,43
12-d	Piezas sanitarias	\$1.724,00	\$6,39
13	Instalaciones eléctricas	\$3.524,00	\$13,05
14	Complementarios	\$530,00	\$1,96
TOTAL		\$123.860,58	\$458,74

Subtotal		123.860,58
Imprevistos	3%	3.715,82
Subtotal (a)		127.576,39
Honorarios	10%	12.386,06
Subtotal (b)		139.962,45
Iva de (b)	15%	20.994,37
Total		160.956,82
	Costo/m2	596,14

Elaborado por: Álvarez (2025).

Tabla 14. Comparación de costos directos entre el sistema de construcción Tradicional (hormigón armado) y Steel Frame

ITEM	DESCRIPCIÓN	Estructura de Hormigón Armado	Estructura Sistema Steel Frame	Ahorro
1	Instalación de obras	\$1.862,90	\$1.862,90	\$0,00
2	Obras de seguridad	\$5.320,00	\$5.320,00	\$0,00
3	Excavación y relleno	\$2.606,00	\$1.758,00	\$848,00
4	Estructura general	\$68.787,69	\$30.833,18	\$37.954,52
5	Contrapisos	\$2.017,50	\$2.017,50	\$0,00
6	Paredes	\$23.253,50	\$29.316,00	-\$6.062,50
7	Recubrimientos	\$15.066,70	\$15.066,70	\$0,00
8	Cubierta y tumbado	\$11.982,00	\$11.982,00	\$0,00
9	Pintura	\$4.588,80	\$2.816,80	\$1.772,00
9	Puertas y ventanas	\$11.954,00	\$11.954,00	\$0,00
10	Carpintería en madera	\$1.300,00	\$1.300,00	\$0,00
11	Carpintería metálica	\$380,00	\$380,00	\$0,00
12-a	Red de agua potable	\$1.545,50	\$1.545,50	\$0,00
12-b	Red de aguas servidas	\$1.275,00	\$1.275,00	\$0,00
12-c	Red de aguas lluvias	\$655,00	\$655,00	\$0,00
12-d	Piezas sanitarias	\$1.724,00	\$1.724,00	\$0,00
13	Instalaciones eléctricas	\$3.524,00	\$3.524,00	\$0,00
14	Complementarios	\$1.640,00	\$530,00	\$1.110,00
TOTAL		\$159.482,59	\$123.860,58	\$35.622,02

Subtotal		\$157.842,59	\$123.330,58	\$34.512,02
Imprevistos	3%	\$4.735,28	\$1.233,31	\$3.501,97
Subtotal (a)		\$162.577,87	\$124.563,88	\$38.013,99
Honorarios	10%	\$15.784,26	\$12.333,06	\$3.451,20
Subtotal (b)		\$178.362,13	\$136.896,94	\$41.465,19
Iva de (b)	15%	\$26.754,32	\$20.534,54	\$6.219,78
Total		\$205.116,45	\$157.431,48	\$47.684,97
Costo/m2		\$776,02	\$583,08	\$192,94
Ahorro				25%

Elaborado por: Álvarez (2025)

Otro punto importante es el rendimiento temporal. El sistema de hormigón armado generalmente requiere un tiempo más prolongado para completar la fase estructural, extendiéndose a seis meses. Esto se debe a la naturaleza del proceso, que incluye actividades como excavación, relleno, construcción de la estructura principal y erigido de paredes. Esta metodología es robusta y se adapta bien a diferentes condiciones geotécnicas y climáticas, pero puede ser más lenta debido

a la necesidad de tiempo para el curado del hormigón y otras técnicas tradicionales de construcción.

En contraste, el sistema Steel Frame acelera significativamente la fase estructural, completándola en solo cuatro meses. Este método utiliza componentes prefabricados de acero ligero, que se ensamblan en sitio de manera eficiente y rápida. La instalación inicial, incluyendo obras y seguridad, se realiza de manera integral en el primer mes, seguida por una progresión continua en la excavación, relleno y construcción de la estructura principal en los siguientes meses. Las paredes estructurales se levantan simultáneamente en un período más corto comparado con el sistema de hormigón armado.

En cuanto a la fase de acabados, el sistema tradicional de hormigón armado típicamente requiere más tiempo debido a la naturaleza secuencial de las actividades, que incluyen recubrimientos, instalaciones de cubierta, pintura, carpintería, y finalmente, instalaciones sanitarias y eléctricas. Estas tareas suelen extenderse a varios meses adicionales después de completada la fase estructural.

Por otro lado, el sistema Steel Frame optimiza la fase de acabados al reducir significativamente el tiempo necesario para completar estas actividades. La naturaleza prefabricada de los componentes permite una instalación más rápida de recubrimientos, cubierta, pintura, carpintería y sistemas sanitarios y eléctricos. Esto contribuye a una finalización más rápida del proyecto en general.

Finalmente, al evaluar los costos de imprevistos entre el sistema Steel Frame y el hormigón armado tradicional, es claro que el primero ofrece una considerable ventaja económica. Los datos indican que el Steel Frame tiene un costo de imprevistos de \$1,233.31, mientras que el sistema tradicional alcanza los \$4,735.28. Esta diferencia refleja un ahorro de \$3,501.97 al utilizar Steel Frame, equivalente a un 73.95% menos en comparación con el sistema tradicional. Este ahorro significativo puede ser atribuido a la mayor previsibilidad en la ejecución de proyectos con Steel Frame, gracias a su enfoque en componentes prefabricados y un proceso constructivo más controlado.

Por tanto, el sistema tradicional de hormigón armado es conocido por su robustez y durabilidad. Utiliza materiales locales como el hormigón y el acero, lo que puede reducir costos de transporte y ser más sostenible en términos ambientales. Sin embargo, su proceso constructivo es

más lento debido a la necesidad de tiempo para el curado del hormigón y la secuencialidad de las actividades. Esto puede resultar en tiempos de construcción más prolongados y posiblemente mayores costos laborales.

En contraste, el sistema Steel Frame ofrece una construcción más rápida y eficiente. La prefabricación de componentes en fábrica reduce el tiempo en sitio y permite una instalación más rápida. Esto no solo acorta el tiempo total del proyecto, sino que también puede reducir costos asociados con mano de obra y gestión del proyecto. Además, el acero ligero utilizado en el Steel Frame es más liviano que el hormigón, lo que puede simplificar las cimentaciones y permitir diseños más flexibles.

En términos de gestión de riesgos, la menor incidencia de imprevistos con Steel Frame mejora la certeza del presupuesto y disminuye la probabilidad de sobrecostos, aspectos críticos para el éxito financiero de cualquier proyecto de construcción. En consecuencia, el sistema Steel Frame no sólo promete eficiencia en la ejecución temporal del proyecto sino también en el manejo y previsión de costos, resaltando su valor en el campo de la ingeniería civil moderna.

El sistema Steel Frame, con un peso total de 66,459.15 kg, se destaca por su alta relación resistencia-peso y su capacidad para absorber y disipar eficientemente la energía sísmica gracias a la ductilidad del acero galvanizado y la configuración modular de sus componentes. En contraste, el sistema tradicional de hormigón armado presenta un peso total de 215,261 kg, lo que refleja su naturaleza pesada y mayor inercia estructural, factores que pueden influir negativamente en su respuesta dinámica frente a sismos. Los perfiles de acero utilizados en el Steel Frame, junto con la tornillería adecuada, aseguran una distribución uniforme de las cargas sísmicas y una mayor rigidez estructural, resultando en un desempeño superior en zonas de alta actividad sísmica. Por otro lado, aunque el hormigón armado proporciona una excelente resistencia y durabilidad, su mayor masa estructural implica mayores costos de transporte, cimentación y refuerzos, además de una menor flexibilidad y adaptabilidad frente a fuerzas dinámicas.

La ductilidad inherente del sistema Steel Frame permite que las estructuras absorban y disipen eficientemente la energía sísmica a través de deformaciones plásticas, reduciendo así el riesgo de colapso. Además, la configuración modular y las conexiones rígidas de los elementos Steel Frame mejoran la integridad estructural, permitiendo una distribución uniforme de las cargas sísmicas. Comparado con el sistema tradicional de hormigón armado, el Steel Frame ofrece una

mayor flexibilidad y adaptabilidad frente a fuerzas dinámicas, resultando en un desempeño superior durante eventos sísmicos. La utilización de tornillos de cabeza hexagonal con resistencia al esfuerzo cortante para las conexiones estructurales, y los tornillos de cabeza avellanada en los revestimientos de fibrocemento y gypsum, asegura una construcción robusta y resistente, optimizando la capacidad del Steel Frame para soportar y distribuir las fuerzas sísmicas de manera más efectiva que el hormigón armado.

CONCLUSIONES

- El análisis comparativo sobre los costos de construcción resalta diferencias substanciales, evidenciando ventajas económicas significativas para el sistema Steel Frame en comparación con el sistema tradicional. Con un ahorro total del 25%, el Steel Frame se posiciona como una alternativa más eficiente en términos financieros. Específicamente, el costo reducido en la estructura general y en la excavación y relleno son los principales impulsores de este ahorro, destacando una diferencia significativa de \$37.954,52 y \$848,00 respectivamente. A pesar de que el Steel Frame muestra un costo mayor en la categoría de paredes, este déficit se ve compensado por los ahorros en otras áreas como pintura y complementarios, generando un ahorro global sustancial. Por lo tanto, el análisis confirma que el sistema Steel Frame no solo ofrece beneficios técnicos y constructivos, sino también una ventaja económica clara, lo que lo convierte en una opción atractiva y rentable para proyectos de construcción, especialmente en comparación con el método tradicional de hormigón armado.
- Al comparar el tiempo de construcción entre el sistema tradicional de hormigón armado y el sistema Steel Frame, es evidente que el Steel Frame ofrece una ventaja significativa en términos de velocidad de ejecución. La prefabricación de componentes y la metodología de montaje rápido permiten reducir drásticamente los tiempos en sitio, acortando así la duración total del proyecto. Esto no solo puede conducir a ahorros en costos laborales y gestión del proyecto, sino que también puede facilitar una entrega más rápida de la obra finalizada.
- Así mismo, se resalta la superioridad económica del sistema Steel Frame en relación con el sistema de hormigón armado tradicional en cuanto a la gestión de imprevistos se refiere. La significativa reducción del 73.95% en los costos de imprevistos asociados con el Steel Frame evidencia la efectividad de su enfoque modular y prefabricado. Este enfoque no solo minimiza los riesgos financieros inherentes a la construcción, sino que también proporciona una mayor previsibilidad en la gestión de proyectos, una cualidad que cualquier ingeniero civil valoraría por el impacto positivo que tiene en la planificación y control presupuestario. La capacidad del Steel Frame para reducir los imprevistos financieros fortalece su posición como un método de construcción preferente, especialmente en un entorno de mercado que demanda la optimización de recursos y la predictibilidad.

RECOMENDACIONES

- Considerando los datos analizados y los ahorros significativos evidenciados por el sistema Steel Frame en comparación con el método tradicional de hormigón armado, se recomienda priorizar la adopción del Steel Frame en proyectos de construcción, especialmente en áreas donde se busque maximizar la eficiencia de los costos. El Steel Frame ofrece ventajas económicas sustanciales, destacándose por la reducción de los costos asociados a la estructura general y la excavación y relleno, lo cual representa un ahorro significativo en los presupuestos de construcción. A pesar de posibles costos iniciales ligeramente superiores en la categoría de paredes, estos se compensan ampliamente por los ahorros en otras áreas, como pintura y complementarios. Por tanto, se aconseja considerar cuidadosamente el Steel Frame como una opción preferida en proyectos donde se busque optimizar los recursos financieros, permitiendo así una gestión más eficiente y rentable del presupuesto de construcción.
- Evaluar la viabilidad de implementar el sistema Steel Frame en proyectos donde se requiera una construcción rápida y eficiente, aprovechando su capacidad de prefabricación y montaje rápido para reducir significativamente los tiempos de obra y optimizar los costos de construcción. Además, es recomendable considerar la capacitación del personal y la coordinación con proveedores de componentes prefabricados para asegurar la calidad y la correcta instalación del sistema.
- Desde la perspectiva un enfoque específico en la reducción de imprevistos, se recomienda la implementación del sistema Steel Frame en proyectos de construcción. La marcada disminución del 73.95% en los costos asociados a contingencias imprevistas es una ventaja económica que no puede ser subestimada. Al elegir el Steel Frame, se aumenta la previsibilidad y se mejora la administración del presupuesto del proyecto, dos factores clave para el éxito financiero de cualquier construcción. Por lo tanto, para proyectos donde el control de costos imprevistos es crítico, el Steel Frame debería ser considerado como la primera opción constructiva.

BIBLIOGRAFÍA

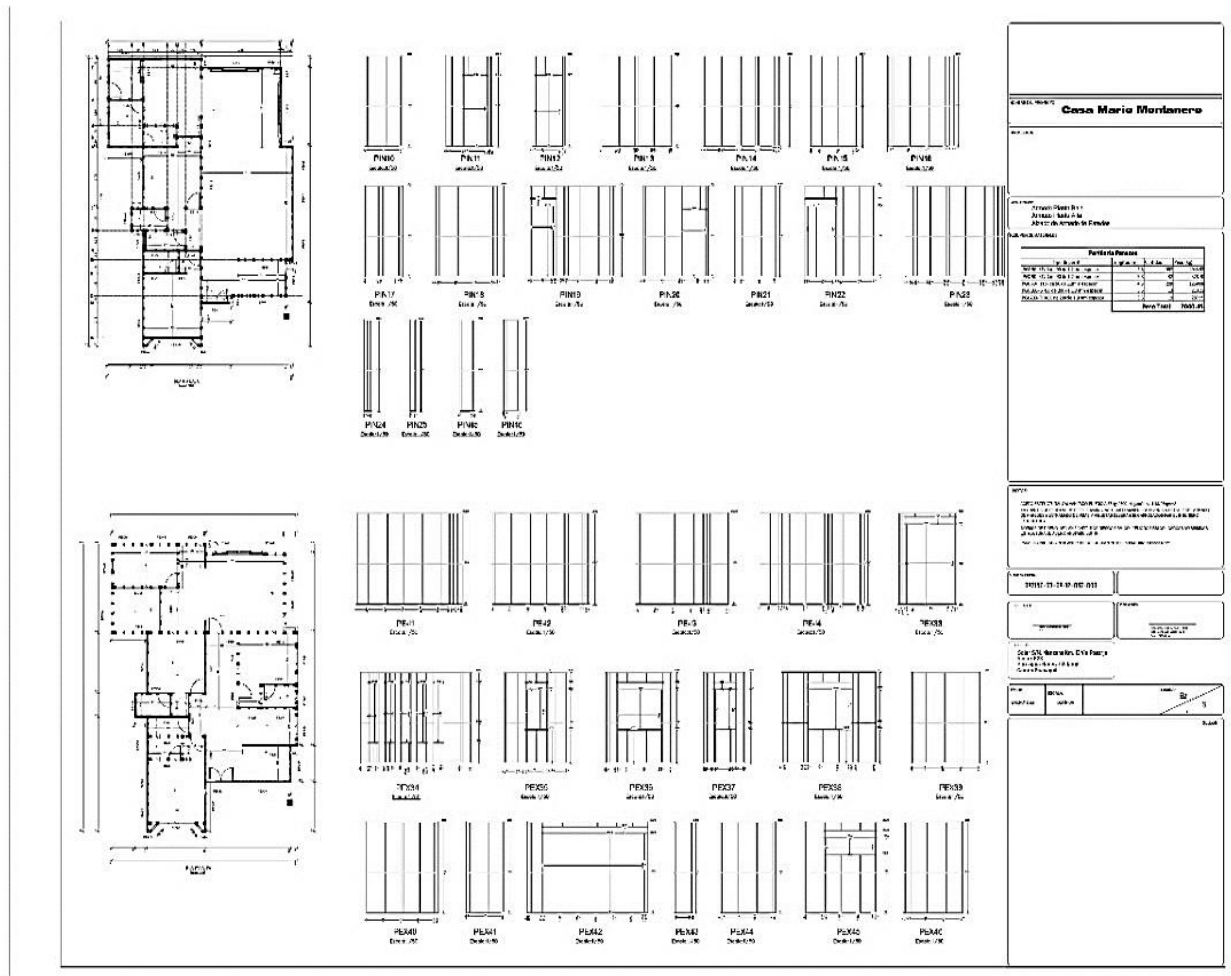
- Asociación Latinoamericana del Acero. (2017). *América Latina en cifras*. ALACERO.
https://www.andi.com.co/Uploads/america_latina_en_cifras_2017.pdf
- BCA. (2020). Construction Method for Light Gauge Steel Frame System. En *Building & Construction Authority* (1.^a ed., Vol. 1).
- Berkshire Hathaway. (2015). *Light Steel Framing in Residential Construction* (1.^a ed.). SCI Steel Knowledge.
- Chunga, K., Ochoa-Cornejo, F., Mulas, M., Toulkeridis, T., & Menéndez, E. (2018). Characterization of seismogenic crustal faults in the Gulf of Guayaquil, Ecuador. *Andean Geology*, 46(1), Article 1. <https://doi.org/10.5027/andgeoV46n1-2991>
- Estupiñán, J., Menéndez, J., Arias, I., Bermúdez, J., & Lemus, N. (2021). Neutrosophic K- means for the analysis of earthquake data in Ecuador. *Neutrosophic Sets and Systems*, 44(1). https://digitalrepository.unm.edu/nss_journal/vol44/iss1/29
- García, S., Landín, J., Moreno, R., Chong, A., Mulas, M., Mite, M., & Cárdenas, N. (2020). Statistical analysis of the largest possible earthquake magnitudes on the Ecuadorian coast for selected return periods. *Georisk: Assessment and Management of Risk for Engineered Systems and Geohazards*, 14(1), 56-68.
<https://doi.org/10.1080/17499518.2018.1542500>
- Gardner, L. (2019). Stability and design of stainless steel structures – Review and outlook. *Thin-Walled Structures*, 141, 208-216. <https://doi.org/10.1016/j.tws.2019.04.019>
- Gutenberg Schule.(2018). *Provincia del Guayas*. GSP.
<https://www.gsp.edu.ec/ecuador/provincias/guayas.html>
- Instituto Geofísico Escuela Politécnica del Litoral. (2022). *Informes de los últimos sismos*. IGEPN. <https://www.igepn.edu.ec/index.php/ultimos-sismos>
- Jorajuria, M., & Servente, F. (2015). *Steel framing y sus principales usos en Uruguay* [Tesis de Grado, Udelar]. <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/handle/20.500.12008/17233>
- Landolfo, R. (2019). Lightweight steel framed systems in seismic areas: Current achievements and future challenges. *Thin-Walled Structures*, 140, 114-131.
<https://doi.org/10.1016/j.tws.2019.03.039>
- Lio, M., Scherk, L., D' Angelo, A., & Vella, J. (2005). *The Lightweight Steel Frame House Construction—Handbook* (1.^a ed.). Canadian Sheet Steel Building Institute.
- Lucero, D. (2019). *Diseño de una vivienda del programa Casa Para Todos en sistema "Steel Framing" y análisis comparativo económico con sistema de construcción tradicional*

- [Tesis de Grado, Universidad San Francisco de Quito].
<http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/8295>
- Morales, J. R., Arévalo, D. X., Padilla, C. P., Bustamante, M. A., Morales, J. R., Arévalo, D. X., Padilla, C. P., & Bustamante, M. A. (2018). Nivel de Satisfacción e Intención de Repetir la Visita Turística. El Caso del Cantón Playas, en Ecuador. *Información tecnológica*, 29(1), 181-192. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642018000100181>
- NEC. (2015a). *Peligro Sísmico parte 2* [Norma Ecuatoriana Técnica]. Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI). <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/3.-NEC-SE-DS-Peligro-Sismico-parte-2.pdf>
- NEC. (2015b). *Peligro Sísmico parte 3* [Norma Ecuatoriana Técnica]. Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI). <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/3.-NEC-SE-DS-Peligro-Sismico-parte-2.pdf>
- NEC. (2015c). *Peligro Sísmico parte 4* [Norma Ecuatoriana Técnica]. Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI). <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/3.-NEC-SE-DS-Peligro-Sismico-parte-2.pdf>
- Nicolalde, J. F., Yaselga, J., & Martínez-Gómez, J. (2022). Selection of a Sustainable Structural Beam Material for Rural Housing in Latin América by Multicriteria Decision Methods Means. *Applied Sciences*, 12(3), Article 3. <https://doi.org/10.3390/app12031393>
- Rodrigues, P. (2019). *Structural Design of a Light Steel Frame House* [Tesis de Posgrado]. Universidad de Oporto.
- Rokilan, M., & Mahendran, M. (2020). Elevated temperature mechanical properties of cold-rolled steel sheets and cold-formed steel sections. *Journal of Constructional Steel Research*, 167, 105851. <https://doi.org/10.1016/j.jcsr.2019.105851>
- Romero, H., & Soto, L. (2013). *Análisis de factibilidad para la construcción de viviendas unifamiliares utilizando el SEL (Sistema Estructural Liviano)* [Tesis de Grado, Universidad Politécnica Salesiana]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/4239>
- Soares, N., Santos, P., Gervásio, H., Costa, J. J., & Simões da Silva, L. (2017). Energy efficiency and thermal performance of lightweight steel-framed (LSF) construction: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 78, 194-209. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.04.066>
- Steel Framing Alliance. (2007). *Steel Framing Guide* (1.^a ed.). SMMA.
- U.S. Department of Housing and Urban Development. (1998). *Steel Framed Residential Construction: Demonstration Homes* (1.^a ed., Vol. 1). NAHB Research Center.
- Yuan, Q., Liu, Z., Zheng, K., & Ma, C. (2021). *Civil Engineering Materials: From Theory to*

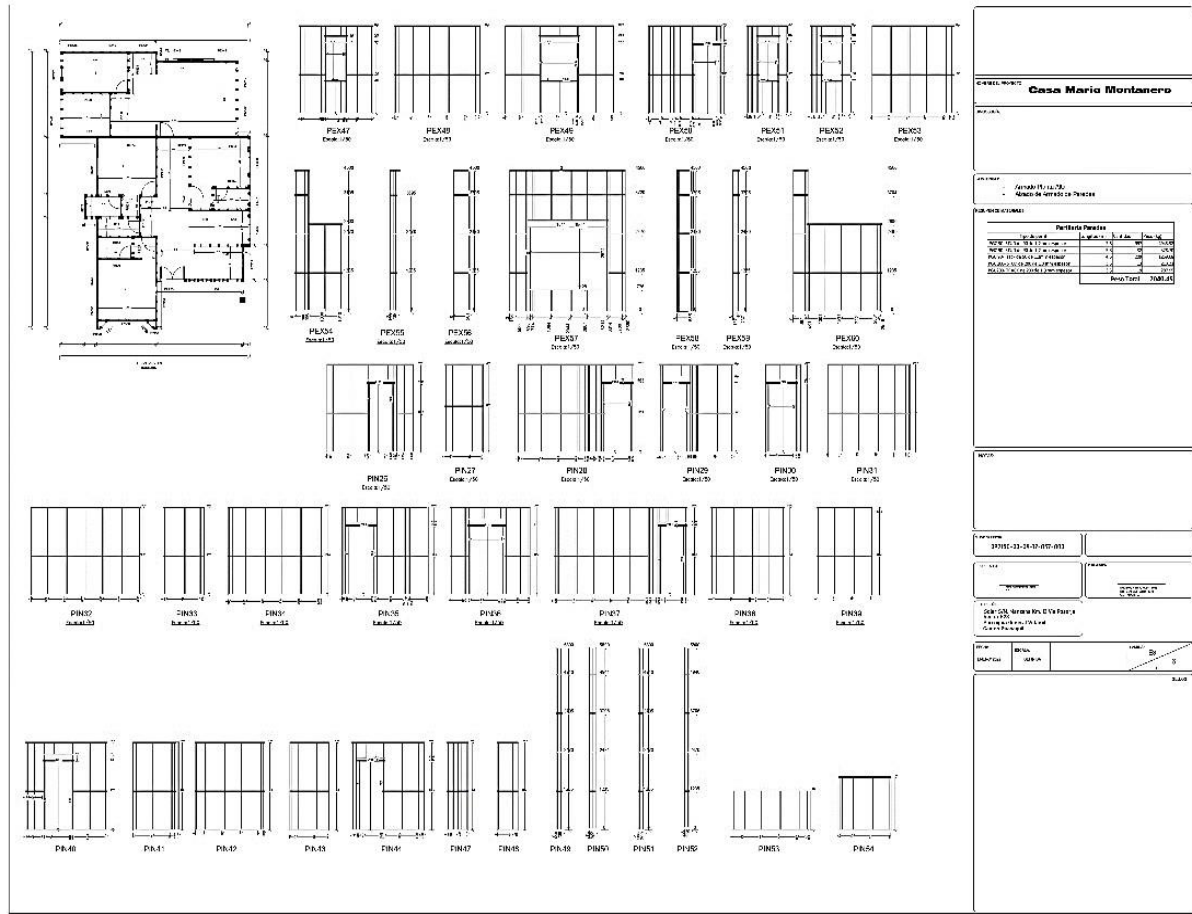
Practice (1.^a ed.). Elsevier.

Zhu, L., & Zhao, C. (2020). Self-Centering Steel Frame Systems for Seismic-Resistant Structures. *Advances in Civil Engineering*, 2020(1), 8859881. <https://doi.org/10.1155/2020/8859881>

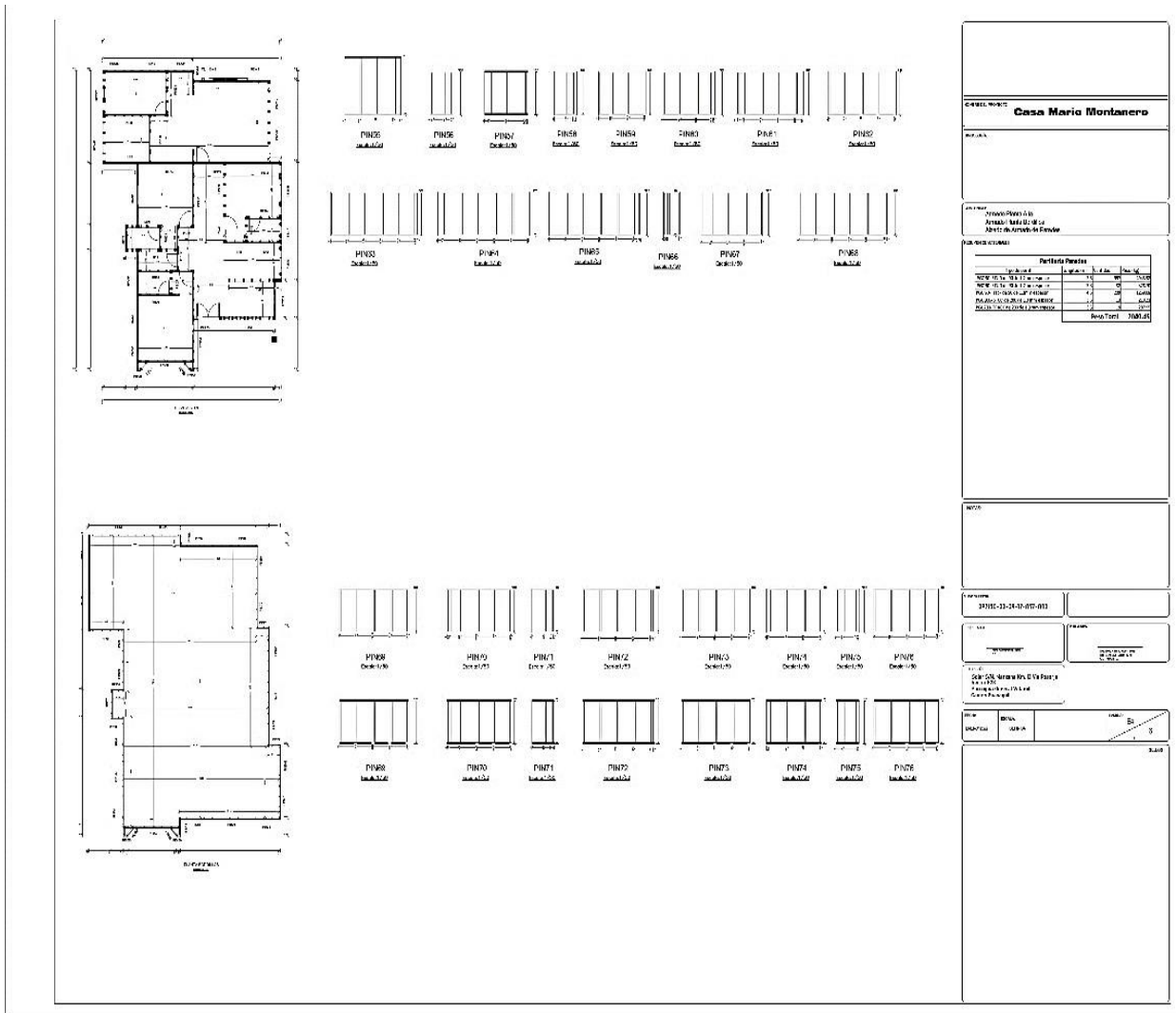
Plano 2: Armado planta baja, armado planta alta y alzado de armado de paredes



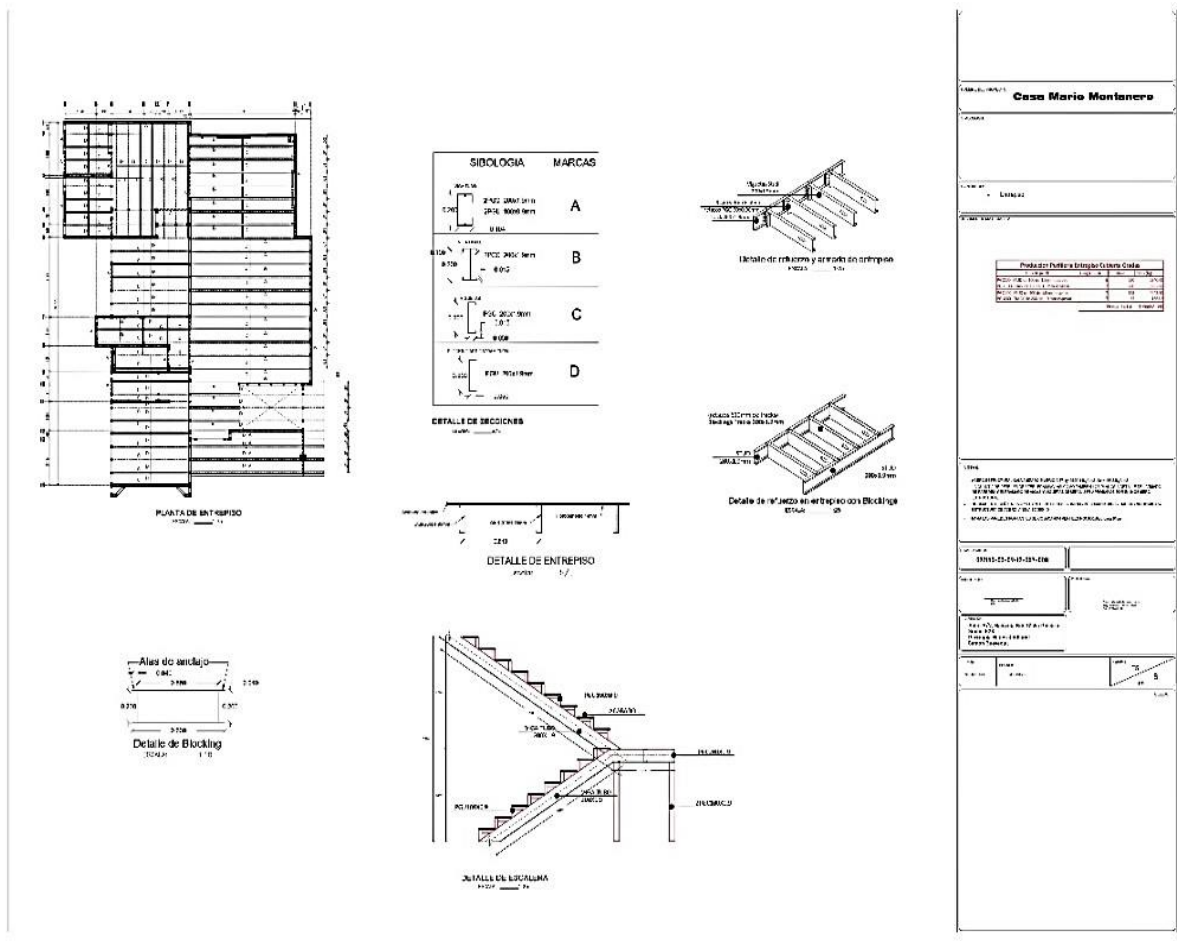
Plano 3: Armado planta alta y alzado de armado de paredes



Plano 4: Armado planta alta, armado planta bordillo, alzado de armado de paredes



Plano 5: Entrepiso



[illegible]

Anexo B. Presupuesto

Presupuesto referencial del sistema tradicional

TIPO: VIVIENDA DOS PLANTAS		ÁREA TERRENO (M2):	1200,00	FECHA
MODELO (M2):	ÁREA CONST.		270,00	oct-19

RUBRO No.	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD TOTAL	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	INSTALACION DE OBRAS				
1.1	Caseta de Guardian y Bodega	m2	12,00	\$45,00	\$540,00
1.2	Instalación provisional electrica	Glb	1,00	\$170,00	\$170,00
1.3	Instalación provisional de agua	Glb	1,00	\$59,00	\$59,00
1.4	Limpieza de terreno	m2	1.200,00	\$0,74	\$888,00
1.5	trazado y replanteo	m2	142,00	\$1,45	\$205,90
		Subtotal de	INSTALACION DE OBRAS		\$1.862,90
2	OBRAS DE SEGURIDAD				
2.1	Cerramiento perimetral	ml	140,00	\$38,00	\$5.320,00
		Subtotal de	OBRAS DE SEGURIDAD		\$5.320,00
3	EXCAVACION Y RELLENO				
3.1	Excavación cimientos	m3	65,00	\$10,00	\$650,00
3.2	Excavación cisterna	m3	18,00	\$12,00	\$216,00
3.3	Excavación pozo séptico	m3	15,00	\$12,00	\$180,00
3.4	Relleno compactado	m3	65,00	\$24,00	\$1.560,00

		Subt otal de	EXCAVACION Y RELLENO		\$2.606,0 0
4	ESTRUCTURA GENERAL				
4.1	Muro de Piedra Base	m2	40,00	\$21,70	\$868,00
4.2	Replanto	m2	40,32	\$9,60	\$387,07
4.3	Plintos	m3	8,06	\$470,00	\$3.790,08
4.4	Riostras	m3	5,24	\$708,00	\$3.709,92
	PLANTA BAJA				
4.5	Columnas h=3,00 mts	m3	8,96	\$738,00	\$6.612,48
4.6	Vigas de amarre	m3	5,24	\$798,00	\$4.181,52
4.7	Pilares	ml	32,00	\$20,70	\$662,40
4.8	Dinteles de Puertas y Ventanas	ml	28,00	\$26,75	\$749,00
	PLANTA ALTA				
4.9	Columnas h=3,00 mts	m3	7,54	\$738,00	\$5.564,52
4.10	Vigas de amarre	m3	25,00	\$798,00	\$19.950,00
4.11	Pilares	ml	26,00	\$20,70	\$538,20
4.12	Dinteles de Puertas y Ventanas	ml	26,00	\$26,75	\$695,50
4.13	Estructura de Cisterna	m3	9,00	\$657,00	\$5.913,00
4.14	Losa	m2	142,00	\$98,00	\$13.916,00
4.15	Pozo séptico	m3	1,00	\$1.250,00	\$1.250,00
		Subtotal de	ESTRUCTURA GENERAL		\$68.787, 69
5	CONTRAPISOS				
5.1	Hormigón Simple h= 8cm	m2	150,00	\$13,45	\$2.017,50
		Subtotal de	CONTRAPISOS		\$2.017,5 0
6	PAREDES				

6.1	Emblocado de Pared Exterior	m2	328,00	\$18,00	\$5.904,00
6.2	Emblocado de Pared Interior	m2	236,00	\$16,00	\$3.776,00
6.3	Enlucido de paredes Exteriores con aditivo impermeabilizante	m2	328,00	\$15,00	\$4.920,00
6.4	Enlucido de paredes Interiores	m2	564,00	\$14,00	\$7.896,00
6.5	Filos en Paredes	ml	138,00	\$2,75	\$379,50
6.6	Cuadrada de Boquetes	m2	27,00	\$14,00	\$378,00
		Subtotal de	PAREDES		\$23.253,50
7	RECUBRIMIENTOS				
7.1	Cerámica de Piso Viviendas	m2	270,00	\$43,00	\$11.610,00
7.2	Rastreras en sala y comedor	ml	38,00	\$15,50	\$589,00
7.3	Cerámica en Paredes baños y cocina	m2	42,00	\$21,50	\$903,00
7.4	Cerámica en piso de Duchas	m2	12,00	\$25,60	\$307,20
7.5	Granito en mesones cocina	ml	8,50	\$195,00	\$1.657,50
		Subtotal de	RECUBRIMIENTOS		\$15.066,70
8	CUBIERTA Y TUMBADO				
8.1	Estructura metálica de Cubierta	kg	1.020,00	\$3,20	\$3.264,00
8.2	Cubierta Eternit	m2	184,00	\$19,50	\$3.588,00
8.3	Tumbado de Gypsum	m2	270,00	\$19,00	\$5.130,00
		Subtotal de	CUBIERTA Y TUMBADO		\$11.982,00
9	PINTURA				
9.1	Sellador de paredes, empaste y Pintura exterior	m2	164,00	\$9,20	\$1.508,80

9.2	Sellador de paredes, empaste y Pintura interior	m2	400,00	\$7,70	\$3.080,00
		Subtotal de	PINTURA		\$4.588,80
9	PUERTAS Y VENTANAS				
9.1	Puerta Principal y Posterior 1,00 x 2,00 m incluye bat y cerradura	doble	1,00	\$850,00	\$850,00
9.2	Puertas de Dormitorio 0,90 x 2,00 m incluye bat y cerradura	u	9,00	\$260,00	\$2.340,00
9.3	Puertas de Baño 0,90 x 0,80 x 2,00 m incluye bat y cerradura	u	8,00	\$150,00	\$1.200,00
9.4	Ventanas de Aluminio y vidrio con Malla	m2	38,00	\$128,00	\$4.864,00
9.5	Puertas de Closet incluye barras (no incluye cajones)	m2	15,00	\$180,00	\$2.700,00
		Subtotal de	PUERTAS Y VENTANAS		\$11.954,00
10	CARPINTERIA EN MADERA				
10.1	Anaqueles de cocina - sobre mesón - en mdf	ml	4,50	\$180,00	\$810,00
10.2	Anaqueles de cocina - bajo mesón - en mdf	ml	3,50	\$140,00	\$490,00
		Subtotal de	CARPINTERIA EN MADERA		\$1.300,00
11	CARPINTERIA METALICA				
11.1	Puerta Metálica 1,00 m x 2,00 m - incluye cerradura	u	1,00	\$380,00	\$380,00
		Subtotal de	CARPINTERIA METALICA		\$380,00
12	INSTALACIONES SANITARIAS				
12-a	RED DE AGUA POTABLE				
12-a.1	Punto de agua fría	UN	11,00	\$28,00	\$308,00

12-a.2	Punto de agua caliente	UN	3,00	\$29,00	\$87,00
12-a.3	tubería 1/2" PVC agua fría	ML	26,90	\$5,00	\$134,50
12-a.4	tubería 1/2" PVC agua caliente	ML	14,00	\$6,00	\$84,00
12-a.5	tubería 3/4" PVC agua fría	ML	7,00	\$6,00	\$42,00
12-a.6	Llave de paso 3/4"	UN	1,00	\$10,00	\$10,00
12-a.7	Llave de paso 1/2"	UN	7,00	\$10,00	\$70,00
12-a.8	Tanque PVC para cisterna V=1,30 M3	UN	1,00	\$360,00	\$360,00
12-a.9	Suministro e instalación de Bomba de agua 3/4 HP incluye: tanque presión 40 glns	UN	1,00	\$450,00	\$450,00
		Subtotal de	RED DE AGUA POTABLE		\$1.545,50
12-b	RED DE AGUAS SERVIDAS				
12-b.1	Punto de aguas servidas d=110 mm	u	3,00	\$32,00	\$96,00
12-b.2	Punto de aguas servidas d=50 mm	u	7,00	\$21,00	\$147,00
12-b.3	tubería para aguas servidas d=110 mm	ml	29,00	\$12,00	\$348,00
12-b.4	tubería para aguas servidas d=50 mm	ml	10,00	\$6,00	\$60,00
12-b.5	tubería de ventilación d=50 mm	ml	6,00	\$6,00	\$36,00
12-b.6	tubería de drenaje AA d=25 mm	ml	12,00	\$4,00	\$48,00
12-b.7	Caja de H.S. AASS con tapa H.A. 0,45 x 0,45 m h=0,5 m y zócalo	u	3,00	\$180,00	\$540,00
		Subtotal de	RED DE AGUAS SERVIDAS		\$1.275,00
12-c	RED DE AGUAS LLUVIAS				
12-	tubería de drenaje AALL d=75	ml	25,00	\$7,00	\$175,00

c.1	mm				
12-c.2	Canalón y Tubería AALL - plástico	ml	18,00	\$20,00	\$360,00
12-c.3	Sumidero AALL incluye rejilla Galván. 4"	u	1,00	\$120,00	\$120,00
		Subtotal de	RED DE AGUAS LLUVIAS		\$655,00
12-d	PIEZAS SANITARIAS				
	Dormitorio Master				
12-d.1	Suministro e instalación de inodoro; incluye: herrajes	u	1,00	\$214,00	\$214,00
12-d.2	Suministro e instalación de lavamanos; incluye: grifería alta y sifón y desagüe 1 1/4" plástico	u	1,00	\$250,00	\$250,00
12-d.3	Suministro e instalación de Ducha redonda d=20 cm Ac. Inox.; Brazo de ducha vertical redondo; Llave de ducha monocomando	u	1,00	\$130,00	\$130,00
	Dormitorios 2 y 3				
12-d.4	Suministro e instalación de inodoro, incluye: herrajes	u	1,00	\$180,00	\$180,00
12-d.5	Suministro e instalación de lavamanos; incluye: grifería monocomando y sifón y desagüe 1 1/4" plástico	u	1,00	\$120,00	\$120,00
12-d.6	Suministro e instalación de Ducha redonda d=20 cm Ac. Inox.; Brazo de ducha vertical redondo; Llave de ducha monocomando	u	1,00	\$130,00	\$130,00
	Baño Social				
12-d.7	Suministro e instalación de inodoro, incluye: herrajes	u	1,00	\$180,00	\$180,00
12-d.8	Suministro e instalación de lavamanos 4; incluye: grifería monocomando y sifón y desagüe 1 1/4" plástico	u	1,00	\$120,00	\$120,00
	Cocina				
12-d.9	Suministro e instalación de Fregadero cocina, llave fregadero	u	1,00	\$230,00	\$230,00

	monocomando				
	Exteriores				
12-d.10	Suministro e instalación de lavarropa de granito, llave de pico, sifón y desagüe 2" plástico; incluye muro de mampostería bloque HS e=9 cm para soporte	u	1,00	\$145,00	\$145,00
12-d.11	Suministro e instalación de llave de bronce para manguera 1/2"	u	1,00	\$25,00	\$25,00
		Subtotal de	PIEZAS SANITARIAS		\$1.724,00
13	INSTALACIONES ELÉCTRICAS				
13.1	Panel de medidor CL-100 con base y caja metálica, inc.: barra de tierra	u	1,00	\$220,00	\$220,00
13.2	Panel de breakers 8 - 16 E, incluye instalación, tejido de panel y breakers	u	2,00	\$160,00	\$320,00
13.3	Puntos de luz 110 V - trifásico, incluye foco LED 20 W	u	32,00	\$29,00	\$928,00
13.4	Puntos de tomacorriente 110 V polarizado	u	34,00	\$28,00	\$952,00
13.5	Puntos de tomacorriente AA AA	u	6,00	\$72,00	\$432,00
13.6	Puntos de tomacorriente para bomba	u	1,00	\$32,00	\$32,00
13.7	Puntos de timbre	u	1,00	\$54,00	\$54,00
13.8	Puntos para TV	u	5,00	\$32,00	\$160,00
13.9	Puntos para teléfono	u	1,00	\$26,00	\$26,00
13.10	Alimentador del medidor a panel de breakers, 2#4,1#6+1#12	ml	25,00	\$16,00	\$400,00
		Subtotal de	INSTALACIONES ELÉCTRICAS		\$3.524,00
14,00	COMPLEMENTARIOS				
14.1	Equipos de protección personal (casco, guantes)	Glb	10,00	\$20,00	\$200,00

14.2	Limpieza de Obra (horas-hombre)	h-h	200,00	\$3,00	\$600,00
14.3	Desalojo de materiales sobrantes	viajes	14,00	\$60,00	\$840,00
		Subtotal de	COMPLEMENTARIOS		\$1.640,00
			SUBTOTAL		\$159.482,59
			IMPREVISTOS	3%	\$4.784,48
			SUBTOTAL (A)		\$164.267,07
			HONORARIOS	10%	\$15.948,26
			SUBTOTAL (B)		\$180.215,33
			IVA DE (B)	15%	\$27.032,30
			TOTAL		\$207.247,63
				COSTO/M2	\$767,58

TIPO: VIVIENDA DOS PLANTAS

ÁREA
TERRENO 1200,00
(M2):

FECHA
:

MODELO
(M2):

ÁREA CONST.

270,00

oct-19

RUBRO No.	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD TOTAL	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	INSTALACION DE OBRAS				
1.1	Caseta de Guardian y Bodega	m2	12,00	\$45,00	\$540,00
1.2	Instalación provisional electrica	Glb	1,00	\$170,00	\$170,00
1.3	instalación provisional de agua	Glb	1,00	\$59,00	\$59,00
1.4	Limpieza de terreno	m2	1.200,00	\$0,74	\$888,00
1.5	trazado y replanteo	m2	142,00	\$1,45	\$205,90
		Subtotal de	INSTALACION DE OBRAS		\$1.862,90
2	OBRAS DE SEGURIDAD				
2.1	Cerramiento perimetral	ml	140,00	\$38,00	\$5.320,00
		Subtotal de	OBRAS DE SEGURIDAD		\$5.320,00
3	EXCAVACION Y RELLENO				
3.1	Excavación cimientos	m3	45,00	\$10,00	\$450,00
3.2	Excavación cisterna	m3	18,00	\$12,00	\$216,00
3.3	Excavación pozo séptico	m3	15,00	\$12,00	\$180,00
3.4	Relleno compactado	m3	38,00	\$24,00	\$912,00
		Subtotal de	EXCAVACION Y RELLENO		\$1.758,00
4	ESTRUCTURA GENERAL				
4.1	Muro de Piedra Base	m2	0,00	\$21,70	\$0,00
4.2	Replanto	m2	7,50	\$9,60	\$72,00
4.3	Plintos	m3	16,92	\$470,00	\$7.954,66

4.4	Riostras	m3	2,44	\$708,00	\$1.727,52
	PLANTA BAJA				
4.5	Columnas h=3,00 mts	m3	0,00	\$738,00	\$0,00
4.6	Vigas de amarre	m3	0,00	\$798,00	\$0,00
4.7	Pilaretes	ml	0,00	\$20,70	\$0,00
4.8	Dinteles de Puertas y Ventanas	ml	0,00	\$26,75	\$0,00
	PLANTA ALTA				
4.9	Columnas h=3,00 mts	m3	0,00	\$738,00	\$0,00
4.10	Vigas de amarre	m3	0,00	\$798,00	\$0,00
4.11	Pilaretes	ml	0,00	\$20,70	\$0,00
4.12	Dinteles de Puertas y Ventanas	ml	0,00	\$26,75	\$0,00
4.13	Estructura de Cisterna	m3	9,00	\$657,00	\$5.913,00
4.14	Losa	m2	142,00	\$98,00	\$13.916,00
4.15	Pozo séptico	m3	1,00	\$1.250,00	\$1.250,00
		Subtotal de	ESTRUCTURA GENERAL		\$30.833,18
5	CONTRAPISOS				
5.1	Hormigón Simple h= 8cm	m2	150,00	\$13,45	\$2.017,50
		Subtotal de	CONTRAPISO S		\$2.017,50
6	PAREDES				
6.1	Steel Frame de Pared Exterior	m2	328,00	\$57,00	\$18.696,00
6.2	Steel Frame de Pared Interior	m2	236,00	\$45,00	\$10.620,00
6.3	Enlucido de paredes Exteriores con aditivo impermeabilizante	m2	0,00	\$24,00	\$0,00
6.4	Enlucido de paredes Interiores	m2	0,00	\$15,00	\$0,00
6.5	Filos en Paredes	ml	0,00	\$2,75	\$0,00
6.6	Cuadrada de Boquetes	m2	0,00	\$10,50	\$0,00
		Subtotal de	PAREDES		\$29.316,00

7	RECUBRIMIENTOS				
7.1	Cerámica de Piso Viviendas	m2	270,00	\$43,00	\$11.610,00
7.2	Rastreras en sala y comedor	ml	38,00	\$15,50	\$589,00
7.3	Cerámica en Paredes baños y cocina	m2	42,00	\$21,50	\$903,00
7.4	Cerámica en piso de Duchas	m2	12,00	\$25,60	\$307,20
7.5	Granito en mesones cocina	ml	8,50	\$195,00	\$1.657,50
		Subtotal de	RECUBRIMIENTOS		\$15.066,70
8	CUBIERTA Y TUMBADO				
8.1	Estructura metálica de Cubierta	kg	1.020,00	\$3,20	\$3.264,00
8.2	Cubierta Eternit	m2	184,00	\$19,50	\$3.588,00
8.3	Tumbado de Gypsum	m2	270,00	\$19,00	\$5.130,00
		Subtotal de	CUBIERTA Y TUMBADO		\$11.982,00
9	PINTURA				
9.1	Empaste y Pintura exterior Steel Frame	m2	164,00	\$6,20	\$1.016,80
9.2	Empaste y Pintura interior Steel Frame	m2	400,00	\$4,50	\$1.800,00
		Subtotal de	PINTURA		\$2.816,80
9	PUERTAS Y VENTANAS				
9.1	Puerta Principal y Posterior 1,00 x 2,00 m incluye bat y cerradura	doble	1,00	\$850,00	\$850,00
9.2	Puertas de Dormitorio 0,90 x 2,00 m incluye bat y cerradura	u	9,00	\$260,00	\$2.340,00
9.3	Puertas de Baño 0,90 x 0,80 x 2,00 m incluye bat y cerradura	u	8,00	\$150,00	\$1.200,00
9.4	Ventanas de Aluminio y vidrio con Malla	m2	38,00	\$128,00	\$4.864,00

9.5	Puertas de Closet incluye barras (no incluye cajones)	m2	15,00	\$180,00	\$2.700,00
		Subtotal de	PUERTAS Y VENTANAS		\$11.954,00
10	CARPINTERIA EN MADERA				
10.1	Anaqueles de cocina - sobre mesón - en mdf	ml	4,50	\$180,00	\$810,00
10.2	Anaqueles de cocina - bajo mesón - en mdf	ml	3,50	\$140,00	\$490,00
		Subtotal de	CARPINTERIA EN MADERA		\$1.300,00
11	CARPINTERIA METALICA				
11.1	Puerta Metálica 1,00 m x 2,00 m - incluye cerradura	u	1,00	\$380,00	\$380,00
		Subtotal de	CARPINTERIA METALICA		\$380,00
12	INSTALACIONES SANITARIAS				
12-a	RED DE AGUA POTABLE				
12-a.1	Punto de agua fría	UN	11,00	\$28,00	\$308,00
12-a.2	Punto de agua caliente	UN	3,00	\$29,00	\$87,00
12-a.3	tubería 1/2" PVC agua fría	ML	26,90	\$5,00	\$134,50
12-a.4	tubería 1/2" PVC agua caliente	ML	14,00	\$6,00	\$84,00
12-a.5	tubería 3/4" PVC agua fría	ML	7,00	\$6,00	\$42,00
12-a.6	Llave de paso 3/4"	UN	1,00	\$10,00	\$10,00
12-a.7	Llave de paso 1/2"	UN	7,00	\$10,00	\$70,00
12-a.8	Tanque PVC para cisterna V=1,30 M3	UN	1,00	\$360,00	\$360,00

12-a.9	Suministro e instalación de Bomba de agua 3/4 HP incluye: tanque presión 40 glns	UN	1,00	\$450,00	\$450,00
		Subtotal de	RED DE AGUA POTABLE		\$1.545,50
12-b	RED DE AGUAS SERVIDAS				
12-b.1	Punto de aguas servidas d=110 mm	u	3,00	\$32,00	\$96,00
12-b.2	Punto de aguas servidas d=50 mm	u	7,00	\$21,00	\$147,00
12-b.3	tubería para aguas servidas d=110 mm	ml	29,00	\$12,00	\$348,00
12-b.4	tubería para aguas servidas d=50 mm	ml	10,00	\$6,00	\$60,00
12-b.5	tubería de ventilación d=50 mm	ml	6,00	\$6,00	\$36,00
12-b.6	tubería de drenaje AA d=25 mm	ml	12,00	\$4,00	\$48,00
12-b.7	Caja de H.S. AASS con tapa H.A. 0,45 x 0,45 m h=0,5 m y zócalo	u	3,00	\$180,00	\$540,00
		Subtotal de	RED DE AGUAS SERVIDAS		\$1.275,00
12-c	RED DE AGUAS LLUVIAS				
12-c.1	tubería de drenaje AALL d=75 mm	ml	25,00	\$7,00	\$175,00
12-c.2	Canalón y Tubería AALL - plástico	ml	18,00	\$20,00	\$360,00
12-c.3	Sumidero AALL incluye rejilla Galván. 4"	u	1,00	\$120,00	\$120,00
		Subtotal de	RED DE AGUAS LLUVIAS		\$655,00
12-d	PIEZAS SANITARIAS				
	Dormitorio Master				
12-d.1	Suministro e instalación de inodoro; incluye: herrajes	u	1,00	\$214,00	\$214,00

12-d.2	Suministro e instalación de lavamanos; incluye: grifería alta y sifón y desagüe 1 1/4" plástico	u	1,00	\$250,00	\$250,00
12-d.3	Suministro e instalación de Ducha redonda d=20 cm Ac. Inox.; Brazo de ducha vertical redondo; Llave de ducha monocomando	u	1,00	\$130,00	\$130,00
	Dormitorios 2 y 3				
12-d.4	Suministro e instalación de inodoro, incluye: herrajes	u	1,00	\$180,00	\$180,00
12-d.5	Suministro e instalación de lavamanos; incluye: grifería monocomando y sifón y desagüe 1 1/4" plástico	u	1,00	\$120,00	\$120,00
12-d.6	Suministro e instalación de Ducha redonda d=20 cm Ac. Inox.; Brazo de ducha vertical redondo; Llave de ducha monocomando	u	1,00	\$130,00	\$130,00
	Baño Social				
12-d.7	Suministro e instalación de inodoro, incluye: herrajes	u	1,00	\$180,00	\$180,00
12-d.8	Suministro e instalación de lavamanos 4; incluye: grifería monocomando y sifón y desagüe 1 1/4" plástico	u	1,00	\$120,00	\$120,00
	Cocina				
12-d.9	Suministro e instalación de Fregadero cocina, llave fregadero monocomando	u	1,00	\$230,00	\$230,00
	Exteriores				
12-d.10	Suministro e instalación de lavarropa de granito, llave de pico, sifón y desagüe 2" plástico; incluye muro de mampostería bloque HS e=9 cm para soporte	u	1,00	\$145,00	\$145,00
12-d.11	Suministro e instalación de llave de bronce para manguera 1/2"	u	1,00	\$25,00	\$25,00
		Subtotal de	PIEZAS SANITARIAS		\$1.724,00
13	INSTALACIONES ELÉCTRICAS				

13.1	Panel de medidor CL-100 con base y caja matelica, inc.: barra de tierra	u	1,00	\$220,00	\$220,00
13.2	Panel de breakers 8 - 16 E, incluye instalación, tejido de panel y breakers	u	2,00	\$160,00	\$320,00
13.3	Puntos de luz 110 V - trifásico, incluye foco LED 20 W	u	32,00	\$29,00	\$928,00
13.4	Puntos de tomacorriente 110 V polarizado	u	34,00	\$28,00	\$952,00
13.5	Puntos de tomacorriente AA AA	u	6,00	\$72,00	\$432,00
13.6	Puntos de tomacorriente para bomba	u	1,00	\$32,00	\$32,00
13.7	Puntos de timbre	u	1,00	\$54,00	\$54,00
13.8	Puntos para TV	u	5,00	\$32,00	\$160,00
13.9	Puntos para teléfono	u	1,00	\$26,00	\$26,00
13.10	Alimentador del medidor a panel de breakers, 2#4,1#6+1#12	ml	25,00	\$16,00	\$400,00
		Subtotal de	INSTALACIONES ELÉCTRICAS		\$3.524,00
14,00	COMPLEMENTARIOS				
14.1	Equipos de protección personal (casco, guantes)	Glb	10,00	\$20,00	\$200,00
14.2	Limpieza de Obra (horas-hombre)	h-h	50,00	\$3,00	\$150,00
14.3	Desalojo de materiales sobrantes	viajes	3,00	\$60,00	\$180,00
		Subtotal de	COMPLEMENTARIOS		\$530,00
SUBTOTAL					\$123.860,58
IMPREVISTOS				1%	\$1.238,61
SUBTOTAL (A)					\$125.099,19
HONORARIOS				10%	\$12.386,06
SUBTOTAL (B)					\$137.485,25

IVA DE (B)	15%	\$20.622, 79
TOTAL		\$158.10 8,04
	COSTO/ M2	\$585,59