

Sistema constructivo modular Vertic

Angie Lisbeth Buitron Burbano (201525318)

Mateo Mendez Patarroyo (201539522)

Anderson Inguilan Sepulveda (201522867)

Universidad del Valle

Facultad de Artes Integradas

3545 - Escuela de Arquitectura

Julio, 2021

Sistema constructivo modular Vertic

Angie Lisbeth Buitron Burbano

Mateo Mendez Patarroyo

Anderson Inguilan Sepulveda

Director de trabajo de grado:

Arq. Javier Barona

Universidad del Valle

Facultad de Artes Integradas

3545 - Escuela de Arquitectura

Julio, 2021

Tabla de contenido

Agradecimientos	1
Resumen	2
Introducción	4
Capítulo 1.	6
1.1 Antecedentes generales	7
1.2 Estado del arte	12
1.3 Planteamiento del problema: investigación, justificación y necesidades.....	15
1.4 Objetivos	26
1.4.1 Objetivo general	26
1.4.2 Objetivos específicos	26
1.5 Descripción del proyecto	27
1.5.1 Adaptable	28
1.5.2 Sostenible	30
1.5.3 Escalable	32
1.6 Metodología	33
Capítulo 2.	37
2.1 Marco teórico	37
2.2 Historia de la industrialización	37
2.3 La industria en la arquitectura	42
2.4 Industrialización de la vivienda en Colombia.....	43
2.5 La vivienda en Colombia	43
2.6 Sistemas constructivos en Colombia	46
Capítulo 3.	68
3.1 Casa Kilele Univalle	68
3.1.2 Sistema estructural	70
3.1.3 Diseño estructural	73
3.1.4 Sistema de modulación y cerramiento	78
3.1.5 Comportamiento estructural	82
3.1.6 Proceso constructivo	84
3.2 Casa Vrisa Sena.....	85
3.2.1 Descripción del sistema	86
3.2.2 Componentes del sistema.....	87

3.2.3 Comportamiento estructural	88
3.2.4 Proceso constructivo	88
3.3 Z Modular	89
3.3.1 Descripción del sistema	90
3.3.2 Componentes del sistema.....	92
3.3.3 Comportamiento estructural	94
3.3.4 Proceso constructivo	96
3.4 VIMOB Arquitecto Andrés Lerma, (Arquitectura en acero).....	97
3.4.1 Descripción del sistema	99
3.4.2 Componentes del sistema.....	100
3.4.3 Comportamiento estructural	101
3.4.4 Proceso constructivo	102
Capítulo 4.	106
4.1 Ficha técnica Vertic	106
4.1.1 Elementos principales del sistema	106
4.1.2 Dado de conexión	107
4.1.3 Columna y vigas	108
4.1.4 Elementos complementarios del sistema (rigidizadores o diafragmas).....	109
4.1.5 Pantalla o rigidizador del sistema estructural	110
4.1.6 Cerramiento	111
4.1.7 Entrepiso	112
4.1.8 Cielo y cubierta.....	113
4.1.9 Puertas y ventanas.....	114
4.1.10 Accesorios.....	115
4.2 Manual de construcción Vertic	116
4.2.1 Secciones combinadas, columna + viga + muro pantalla de refuerzo	121
4.2.3 Proceso de armado del edificio desde un módulo para edificio micro, hasta varios módulos para edificio macro.....	136
Conclusiones.....	143
Referencias.....	170

Índice de gráficas

Gráfica 1. Modulación del sistema Vertic.....	19
Gráfica 2. Proceso de diseño de conexión Vertic.....	19
Gráfica 3. proceso de ejecución constructivo sistema estructural Vertic.....	20
Gráfica 4. Cerramiento en steel framing.....	22
Gráfica 5. Modulo espacial Vertic.....	22
Gráfica 6. Adaptación del sistema estructural Vertic en edificación existente.....	24
Gráfica 7. Adaptación del Sistema estructural Vertic en edificación existente.....	24
Gráfica 8. Adaptación del Sistema estructural Vertic en edificación existente.....	25
Gráfica 9. a) Conexión general, b) Conexiones de pisos y muros.....	13
Gráfica 10. Sistema constructivo Steel Framing.....	14
Gráfica 11. Sistema constructivo RBS de AZEMBLA.....	15
Gráfica 12. Royal building system tecnología constructiva (Montaje y ensamble).....	47
Gráfica 13. Cantidad de área construida (m2) para VIS y no VIS.....	49
Gráfica 14. Proceso constructivo en tierra.....	50
Gráfica 15. Sistema de entramado liviano en madera.....	52
Gráfica 16. Sistema de poste y viga en madera.....	53
Gráfica 17. Sistemas especiales en madera (Cúpula geodésica).....	54
Gráfica 18. Conexión de secciones compuestas en guadua.....	55
Gráfica 19. Corte recto guadua.....	56
Gráfica 20. Corte boca de pescado guadua.....	56
Gráfica 21. Corte pico de flauta guadua.....	57
Gráfica 22. Vivienda en mampostería confinada.....	58
Gráfica 23. Isometría mampostería estructural.....	59
Gráfica 24. Edificio San Rafael Cali en estructura metálica.....	60
Gráfica 25. Vivienda en sistema manoportable.....	61
Gráfica 26. Vivienda en sistema steel framing.....	62
Gráfica 27. Esquema panel estructural con ventana en steel framing.....	63
Gráfica 28. Esquema panel de muro sistema METCOL.....	64
Gráfica 29. Esquema panel de cubierta sistema METCOL.....	64
Gráfica 30. Vivienda en sistema METCOL.....	65
Gráfica 31. Paneles vaciados en concreto RBS Azembla.....	66
Gráfica 32. Paneles vacíos con estructura metálica RBS Azembla.....	66
Gráfica 33. Vivienda en sistema constructivo RBS de Azembla.....	67
Gráfica 34. Edificio en sistema constructivo RBS de Azembla.....	67
Gráfica 35. Agrupación de las viviendas Kilele.....	69
Gráfica 36. Planta arquitectónica y urbana.....	70
Gráfica 37. Proceso de ensamblaje casa Kilele.....	74
Gráfica 38. Planta de cimiento y plataforma.....	75
Gráfica 39. Proceso de armado de viguetas.....	76

Gráfica 40. Proceso de armado de muros de cerramiento	77
Gráfica 41. Ventilación cruzada en cubierta	77
Gráfica 42. Distanciamiento de puntos de apoyo	78
Gráfica 43. Puntos de fijación en placa	79
Gráfica 44. Detalle de fijación en placa	80
Gráfica 45. Distribución de placas según áreas de la vivienda	81
Gráfica 46. Fachada en placa de fibrocemento en acabado de madera	82
Gráfica 47. Tipos de esfuerzos en movimientos sísmicos.....	83
Gráfica 48. Tipos de esfuerzos	84
Gráfica 49. Concurso solar decathlon exposición casa Vrissa Sena	86
Gráfica 50. Placa base metálica de cimentación.....	87
Gráfica 51. Conexiones metálicas	87
Gráfica 52. Proceso constructivo casa Vrissa del Sena	89
Gráfica 53. Fachada sistema Z modular	90
Gráfica 54. Configuración del sistema portante	91
Gráfica 55. Detalle de fichas de armado.....	92
Gráfica 56. Agrupación de pilares metálicos.....	93
Gráfica 57. Conexiones del sistema Z modular.....	94
Gráfica 58. Tipos de esfuerzos en movimientos sísmicos.....	95
Gráfica 59. Conformación del punto fijo escalera y ascensor	96
Gráfica 60. Proyecto VIMOB.....	98
Gráfica 61. Proyecto VIMOB.....	100
Gráfica 62. Proyecto VIMOB.....	100
Gráfica 63. Proyecto VIMOB.....	103
Gráfica 64. Proyecto VIMOB.....	103
Gráfica 65. Proyecto VIMOB.....	104
Gráfica 66. Proyecto VIMOB.....	104
Gráfica 67. Proyecto VIMOB.....	105
Gráfica 68. Proyecto VIMOB.....	105
Gráfica 69. Isometría estructura sistema constructivo Vertic.....	106
Gráfica 70. Isometría dado de conexión.....	107
Gráfica 72. Tubería estructural cuadrada vigas	108
Gráfica 72. Tubería estructural cuadrada columnas	108
Gráfica 73. Isometría elementos complementarios	109
Gráfica 74. Estructura panel 1.22 m x 2.44.....	110
Gráfica 75. Pantallas rigidizadoras	110
Gráfica 76. Riostra en muro Steel framing.....	110
Gráfica 77. Cerramiento tipo 3 y 4	111
Gráfica 78. Cerramiento tipo 7 y 8.....	111
Gráfica 79. Cerramiento tipo 5 y 6.....	111
Gráfica 80. Cerramiento tipo 1 y 2.....	111
Gráfica 81. Modulación de placa fibrocemento	112
Gráfica 82. Isometria Sistema de entrepiso	112

Gráfica 83. Distribución de placas entre piso	112
Gráfica 84. Perfiles en C.....	112
Gráfica 85. Placa de fibrocemento	112
Gráfica 86. Isometria cubierta	113
Gráfica 87. Placa de fibrocemento piso.....	113
Gráfica 88. Perfiles en C.....	113
Gráfica 89. Estructura para cielo falso	113
Gráfica 90. Ventana tipo 3.....	114
Gráfica 91. Acabados para puertas y ventanas	114
Gráfica 92. Ventana tipo 1 y 2.....	114
Gráfica 93. Puerta tipo 3.....	114
Gráfica 94. Puerta tipo 1 y 2.....	114
Gráfica 97. Alfajia metálica	115
Gráfica 95. Remate muro con ventilación y macizo	115
Gráfica 96. Quiebrasoles en acero inoxidable	115

“La machine à habiter”

Le Corbusier, Casas Citrohan
Arquitecto

Agradecimientos

Agradecemos a nuestro director de proyecto de grado Javier Barona por esa confianza depositada en nosotros, por el esfuerzo, dedicación e impulso para lograr terminar este proyecto, también por sus consejos para afrontar esta nueva experiencia que culmina con un gran aprendizaje para nuestras vidas.

A la Universidad del Valle a través de la Escuela de Arquitectura por permitir encontrar compañeros idóneos para este nuevo tipo de experiencias y profesores que cada día aportaron algo nuevo en nuestro desarrollo profesional.

Queremos dar las gracias a nuestros familiares y amigos por el esfuerzo, el amor y el apoyo incondicional brindado a lo largo de nuestra carrera, a todos ellos dedicamos este nuevo logro académico, muchas gracias.



UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE ARTES INTEGRADAS
ESCUELA DE ARQUITECTURA

Resumen

El proyecto “Sistema de construcción modular Vertic” identifica la problemática de la construcción tradicional en el país para resolver y proponer un nuevo método de construcción basado en parámetros que se rigen de acuerdo al ideal de la adaptabilidad, sostenibilidad y escalabilidad, desarrollando el sistema en un proyecto de vivienda en la ciudad de Santiago de Cali para disminuir el déficit de vivienda en la región y repoblar la zona céntrica de la ciudad.

El sistema constructivo se desarrolla a partir del sistema estructural diseñando un módulo masivamente replicable que a su vez forma una estructura más grande sin perder su resistencia y capacidad de carga, cumpliendo con la normatividad del país (NSR 10). El sistema estructural facilita al usuario con pocos conocimientos técnicos en construcción la posibilidad de armarlo en el menor tiempo posible con un grupo de trabajo.

Asimismo, Vertic brinda la oportunidad de crecer o decrecer dependiendo la necesidad del cliente con la confianza de poseer un componente seguro y duradero, otro aspecto importante en el proyecto es el sistema de cerramiento el cual se analiza y se elige de acuerdo a los parámetros de sostenibilidad, adaptabilidad y escalabilidad para acoplarse con el sistema estructural, ofreciendo versatilidad y alto rendimiento al ensamblarse en el sitio en poco tiempo.

Gracias a la facilidad de desarme del sistema de cerramiento liviano los sistemas técnicos como energía, gas y agua se diseñan para armarse y desmontarse según el uso del



UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE ARTES INTEGRADAS
ESCUELA DE ARQUITECTURA

espacio, el cual permite crear cámaras internas de inspección tanto en los muros como en el cielo falso posibilitando el manejo de las redes libremente en el espacio.

Palabras claves: adaptable, sostenible, escalable, modular, sistema constructivo, economía circular, prefabricado, tecnología y construcción, sistemas livianos, acupuntura urbana.



UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE ARTES INTEGRADAS
ESCUELA DE ARQUITECTURA

Introducción

Según Cuchi & Wadel (2010) los métodos constructivos tradicionales en su mayoría poco se ajustan a las nuevas necesidades de un mundo cambiante, acelerado y en constante crecimiento, que requiere eficiencia en la ejecución del trabajo y que esté en la capacidad de dar respuesta a los altos niveles de consumo y estilos de vida desmesurados de la actual sociedad

De igual manera los métodos constructivos tradicionales tampoco se adecuan a las exigencias pactadas para la protección del medio ambiente porque no tienen en cuenta la disminución y reutilización de los recursos naturales, utilizados en los materiales de construcción después de su uso. En Colombia estos sistemas tradicionales producen mucho desperdicio pues, no están respaldados por un patrón de construcción modular eficiente que favorezca la utilización del elemento en su totalidad.

En ese sentido, este trabajo de grado planteó un sistema constructivo modular con enfoque de vivienda que brinde una forma constructiva más rápida, en seco, con el mínimo nivel de desperdicios, eficiente y con posibilidad de crecimiento según la necesidad de los usuarios, desarrollándose como una edificación de bajo costo. El sistema se diseñó pensando en mitigar las problemáticas generadas por las catástrofes naturales y los déficits habitacionales en Colombia, incursionando así en el mercado de viviendas fáciles de adquirir a cualquier tipo de usuario, que en la cotidianidad por aspectos económicos, sociales, culturales no han accedido a una vivienda digna.



El documento está dividido en cuatro capítulos, en el primer capítulo se presentan los antecedentes desde una mirada histórica sobre los procesos de urbanización que se llevaron a cabo hasta la actualidad y cómo ha evolucionado la vivienda en el país, también se encuentra la descripción del proyecto: sistema modular Vertic, se expone el planteamiento del problema, el estado del arte, los objetivos generales y específicos del proyecto y la metodología.

El segundo capítulo consta del marco teórico, en el que se presentan los antecedentes de la revolución industrial, el desarrollo de la industrialización en la arquitectura y en las viviendas en Colombia, sistemas y avances en la construcción industrial, y los sistemas constructivos. Esto amplía el conocimiento sobre los procesos de industrialización y su respectiva historia, lo cual, ayudó a comprender la necesidad y utilidad de este sector en el país.

En el tercer capítulo se exponen los diferentes referentes teóricos y casos de estudio que colaboran al avance del proyecto, ilustrando diferentes métodos constructivos que sirven como soporte técnico y tecnológico al módulo de vivienda. Finalmente, se propone un proyecto a partir de todos los datos y muestras recolectadas, a través de la investigación para idear una solución al planteamiento del problema y cumplir con todos los objetivos propuestos.

En el cuarto capítulo esta la propuesta sistema modular Vertic que contiene la ficha técnica y manual del sistema constructivo, y por último se encuentran los planos arquitectónicos.



Capítulo 1.

El siguiente capítulo consta de cuatro apartados. El primer apartado presenta los antecedentes generales de la vivienda en Colombia desde la declaración de la vivienda digna como un derecho fundamental, hasta la creación de los programas: Vivienda de Interés Social (VIS) y Vivienda de Interés Prioritario (VIP) para resolver el déficit habitacional al que se enfrentaban los ciudadanos a causa de situaciones como desplazamientos forzados, aumentos de los núcleos familiares y demás factores que obligaron al gobierno a pensarse en una solución que reivindicara el derecho a la vivienda digna.

En el segundo apartado se encuentra la descripción del planteamiento del problema y los tres ejes conceptuales desde donde el trabajo de grado comprende la vivienda en Colombia, que son: viviendas en caso de emergencias ambientales y sociales, Vivienda de Interés Social y Vivienda de Interés Prioritario VIS y VIP y la vivienda desde los barrios reciclables teniendo en cuenta estos tres modelos se propone el sistema modular Vertic.

En el Tercer apartado esta la descripción del sistema modular Vertic en términos de tamaño, materialidad, ventajas e impacto ambiental, también se explican las categorías conceptuales; adaptable, sostenible y escalable desde las cuales se piensa el diseño, construcción y funcionamiento del sistema. En el cuarto apartado se expone el estado del arte, en el cual se presentan algunos sistemas constructivos que se utilizan en Colombia con su estructura, funcionalidad y diseño, también se encuentran los objetivos, general y específicos. Por último, esta la metodología en la que se explica la manera en cómo se



construyó el documento de trabajo de grado y la manera en cómo está diseñado el sistema modular.

1.1 Antecedentes generales

La vivienda digna es un derecho fundamental consagrado en la Constitución política de Colombia en el artículo 51 como lo indica Montes (2019) y tuvo un desarrollo previo en convenios internacionales, los cuales han sido ratificados por la Declaración Universal de los Derechos Humanos (DUDH) con la ley 74 de 1968 y el Pacto Internacional de Derechos Económicos Sociales y Culturales, con la ley 16 de 1971, en sus artículos 11 y 25.1 respectivamente.

Partiendo de la vivienda digna como derecho fundamental, a continuación, se presentan las instituciones que emprendieron con las financiaciones económicas para lograr este proceso de vivienda en Colombia. Entre el periodo comprendido de 1932 - 1968, según Carrascal & Saldarriaga (2006) se fundaron las seis principales instituciones asignadas por el gobierno como entidades del estado para construcción, financiación y gestión de viviendas:

1. Caja de créditos agrario (1931-1956)
2. El banco de central hipotecario (1932)
3. El instituto de crédito territorial (1939-19429)
4. La caja de la vivienda popular en Bogotá (1942)
5. La caja de vivienda militar (1947)
6. Fondo de ahorro (1968)



Estas entidades gestoras de financiación y ahorro surgieron a raíz de la demanda de vivienda en el periodo entre 1965 – 1972, para alojar a las familias más vulnerables, ya que estos no contaban con una acreditación por temas económicos además de tener otras necesidades básicas como alimentación, salud, recreación y educación. De aquí surgieron los sistemas de subsidios.

Paralelamente el déficit de vivienda en Colombia se volvió una problemática creciente por los fenómenos de desplazamientos forzados provocados por las guerras entre grupos guerrilleros, paramilitares y el ejército, creando escenarios inseguros para la población civil, quienes buscaban proteger sus vidas huyendo fortuitamente de las viviendas.

Como consecuencia de lo anterior los grupos familiares quedaban vulnerables ante un despojo violento de la propiedad, obligándolos a dirigirse hacia las ciudades, lo que generó un incremento en la población y un aumento en el déficit habitacional. Esto llevó al gobierno a proponer una meta que buscaba disminuir el impacto del déficit habitacional, al mismo tiempo brindar viviendas dignas para los colombianos.

Para lograr la meta, como lo indica Carrascal & Saldarriaga (2006) se tomaron en cuenta las cifras obtenidas del censo del año 1993 en el cual el déficit habitacional fue de un 31,2% de hogares (2.3 millones) en el que el 10,2 % correspondía a hogares con déficit cualitativo, es decir las condiciones de la vivienda como energía, agua y gas y con un déficit cuantitativo del 19,8 % entendiéndose este como la diferencia entre el número de hogares y



el número de viviendas permanentes, con lo que se asumió que cada hogar debería habitar una vivienda independiente.

Así pues, según Carrascal & Saldarriaga (2006) el gobierno implementó las corporaciones de ahorro para la vivienda en 1972 – 1991, definiendo a un estado descentralizado que fortalecía la empresa privada en el desarrollo de las políticas de vivienda. Mediante lo anterior se creó la Unidad de Poder Adquisitivo Constante (UPAC), como elemento financiero que permitió a la banca privada fortalecer la política dejando al estado con el rol de gestor y fiscalizador. Todas estas propuestas fueron desarrolladas en los gobiernos de Misael Pastrana Borrero, Alfonso Lopez Michelsen, Julio Cesar Turbay Ayala, Belisario Betancurt y Virgilio Barco.

La UPAC tenía como objetivo mantener el poder adquisitivo de la moneda para las personas que acudían a créditos de vivienda, ofreciendo al ciudadano colombiano la facilidad de obtener un crédito hipotecario de largo plazo, el cual no funcionó debido a una economía donde los valores de inflación eran altos anualmente por la inestabilidad de la economía mundial, repercutiendo en el valor de la divisa que cambiaba constantemente, afectando así la Unidad de Poder Adquisitivo. Para solucionar este problema se necesitó establecer otro sistema que ajustara el valor dependiendo del índice de inflación en los créditos hipotecarios para la compra de vivienda, por esta razón se funda el UVR en 1999 (Unidad de Valor Real constante) y se inhabilita el UPAC.

En simultanea se presenta la reforma presentada en 1994, que dio paso para crear el DTF (Depósito a Término Fijo) que consistió en una tasa de interés calculada bajo un método



de ponderación que variaba a medida que el comportamiento financiero subía o bajaba, como consecuencia la tasa DTF tuvo valores altos que sobrepasaron ampliamente el IPC (Índice de Precios al Consumidor), los cuales causaron un incremento importante en los créditos que ofrecía la UPAC para la compra de vivienda, a diferencia de los ingresos de los colombianos que seguían intactos, los cuales se calculaban por medio del IPC. Haciendo que las personas que habían iniciado el crédito para vivienda desafortunadamente no tuvieran cómo pagar cuotas altas, las cuales sobrepasaba el salario que devengaba, referido por la Red cultural del banco de la república (2021)

Por tal razón se abandonó el anterior sistema de hipotecas con cuotas altas ya que estos solo generaron pérdidas para implementar un subsidio que cubriera la demanda de vivienda a las que no podían llegar toda la población de bajos recursos económicos, pues es obligación del gobierno brindarles a los ciudadanos el derecho a una vivienda segura en condiciones dignas.

De acuerdo a lo anterior, surgió la ley 21 de 1982 que definió el subsidio familiar, la conformación y administración de las cajas de compensación. Posteriormente, se empezó a desarrollar la ley 49 de 1990 con las cajas de compensación y se planteó la obligación para el otorgamiento de los proyectos de vivienda, seguido de la ley 3 de 1991.

Por consiguiente, se creó el Sistema Nacional de Vivienda de Interés Social pensado en las familias con 4 salarios mínimos legales vigentes, es decir, que el acceso a la vivienda era de manera racional y las cajas de compensación familiar eran las responsables de facilitar



rápidamente los requerimientos administrativos y obtención de títulos de propiedad, para la consecución de la vivienda de interés social para algunas familias colombianas.

Las cajas de compensación familiar debían articularse con los programas de vivienda de interés social para que las familias contaran con el apoyo de la banca económica a través del crédito hipotecario, esto conllevó a tener subsidio, ahorro y crédito. Debido, a que gran parte de las familias con ingresos inferiores a 2SMLV quedaron por fuera del sistema de vivienda, surgió la ley 388 de 1999.

La ley 388 limitaba las zonas donde se podían desarrollar proyectos de viviendas de interés social, implementando una estrategia que busca ayudar a la población no incluida, considerado la baja capacidad crediticia, por lo que se desarrollaron proyectos de mejoramiento de vivienda y entorno. Además, esta ley buscó áreas destinadas para la vivienda de interés social por medio de programas que podían obtener un desarrollo de suelo urbanizable, a través de la implementación de una estrategia que evitara el incremento de los precios de suelo.

A partir del planteamiento de las leyes mencionadas, en Colombia la Vivienda de Interés Social (VIS) y la Vivienda de Interés Prioritario (VIP) se convirtieron en un derecho dirigido a la población más vulnerable en el ámbito económico y social (madres cabeza de hogar, desplazados por violencia, damnificados) teniendo como objetivo brindar la facilidad de obtener un prototipo de vivienda en óptimas condiciones a través de estos programas.

Las políticas VIS - VIP fueron estipuladas por las cajas de compensación bajo la supervisión del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, sin embargo, en la actualidad



no cuentan con los requisitos de carácter arquitectónico planteados por las entidades públicas de orden nacional y territorial, debido a que se construyeron en condiciones mínimas de espacialidad con un mal desarrollo de diseño de confort térmico necesario para el hábitat del ser humano.

Además, no tienen en cuenta las necesidades de las familias, tampoco existe un control o seguimiento a las licitaciones básicas en la entrega de estos proyectos públicos, generando inconvenientes a futuro entre las viviendas y los habitantes, así como, un crecimiento ocupacional desmedido en el predio, esto referido por Carrascal & Saldarriaga (2006).

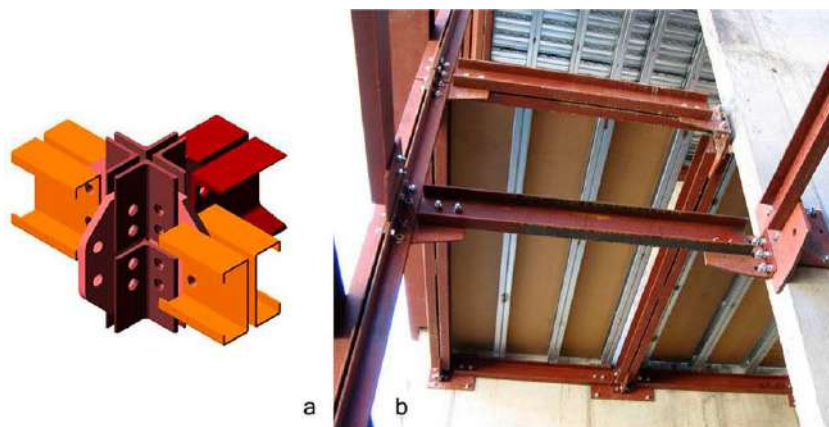
1.2 Estado del arte

En Colombia los sistemas constructivos más utilizados para la construcción de vivienda es la mampostería confinada y la mampostería estructural. La primera se caracteriza por utilizar ladrillos macizos, reforzada con columnas y vigas en su perímetro y la segunda por emplear ladrillos huecos en los cuales se introduce reforzamientos en acero y concretos especiales. Estos sistemas son los más comerciales y tradicionales para la construcción, sin embargo, no son tan eficientes en cuanto a lo bioclimático, en el diseño y la construcción, aumentando el costo y disminuyendo la flexibilidad de los espacios.

Desde hace algunos años en otros países se ha presentado esta problemática, no obstante, han ido evolucionando en el tema de la construcción creando sistemas más autónomos y con mayores beneficios, como por ejemplo el caso del proyecto de investigación INVISOR: industrialización de viviendas sostenibles de Quelpo, Guinea, Vega & Nella (2009)



cuyo objetivo fue el desarrollo de nuevos procesos constructivos y la optimización de los existentes mediante la automatización, mejorando la precisión, la productividad y la mano de obra especializada, promoviendo así la industrialización de este sistema globalmente.



Gráfica 1. a) Conexión general, b) Conexiones de pisos y muros.

Fuente: tomada de proyecto INVISO (2006)

Actualmente en Colombia se están siguiendo modelos de construcciones prefabricadas y modulares similares al proyecto INVISO para abrir paso a nuevas tecnologías que aporten al desarrollo de la construcción de vivienda, aunque por la problemática de conectar varios sistemas constructivos en un solo proyecto al igual que en INVISO resulta difícil la toma de decisiones para elegir qué sistema utilizar. Esto afecta además el crecimiento progresivo de la vivienda, ya que no se puede utilizar un sistema constructivo diferente al existente por la dificultad para acoplar dos estructuras distintas.

El sistema steel framing que hace parte de los sistemas de construcción livianas en seco se acerca a la solución del problema planteado anteriormente, pues se puede adaptar fácilmente a un sistema estructural existente, como también puede convertirse en un sistema

estructural que permite progresión en sentido vertical y horizontal, aportando características como rapidez, economía, sostenibilidad, por lo tanto, permite resolver problemas generales en el campo de la construcción y la arquitectura.

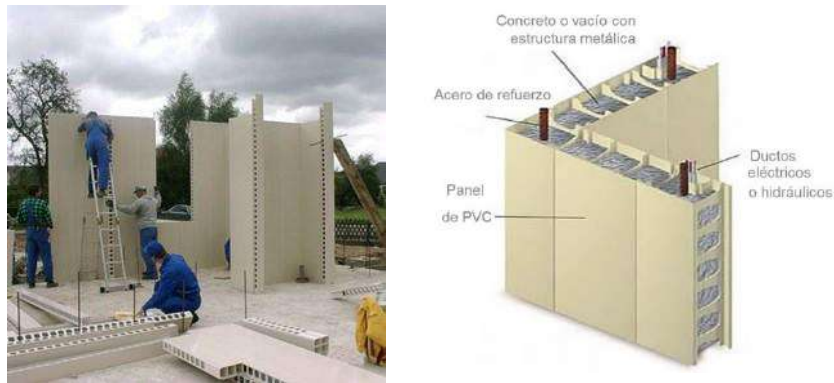


Gráfica 2. Sistema constructivo Steel Framing

Fuente: tomada de proyecto INVISO (2006)

Otro sistema desarrollado para la construcción de vivienda en el país que aporta una mayor eficiencia en el acople con otros sistemas estructurales, es el sistema constructivo RBS de AZEMBLA con un desarrollo tecnológico del PVC adaptable a estructuras metálicas o relleno de concreto generando beneficios a la hora de construir con este sistema, el cual permite una planeación y modulación desde la estructura, cerramientos acabados, carpintería, instalaciones y todos los sistemas adicionales que pueden componer la vivienda.

Este sistema ofrece un alto rendimiento en construcción por su fácil transporte, adaptabilidad al diseño, cumple con normas de sismo resistencia, además con un buen comportamiento bioclimático por su aislamiento termo-acústico, protección a rayos UV y resistencia a corrosión, salinidad, químicos y microorganismos. (*véase gráfica 3*)



Gráfica 3. Sistema constructivo RBS de AZEMBLA.

Fuente: tomada de proyecto INVISIO (2006)

1.3 Planteamiento del problema: investigación, justificación y necesidades

La construcción modular prefabricada en Colombia no ha tenido mucho reconocimiento, pues siempre se planteó una forma constructiva tradicional, más duradera y resistente, negando la oportunidad de obtener más beneficios de igual o mejor calidad en la construcción con los sistemas modulares prefabricados, estos solo se han implementado en el país en edificios como los destinados a equipamientos de salud, a campamentos, al sector empresarial e industrial mas no en vivienda, ya que este, ante el usuario está catalogado como un sistema de fácil deterioro.

El sistema modular prefabricado frente al sistema constructivo convencional presenta una mejora en el proceso de fabricación de edificios destinados a la vivienda por facilidad en el embalaje, transporte y armado, garantizando un ahorro de tiempo y dinero, a diferencia de la construcción tradicional que tiene un proceso de ejecución lento, en el cual se implementan

materiales con un solo uso de vida que generan un gran impacto ambiental a causa de los escombros y el uso de recursos naturales.

Como lo menciona Mateus (2021) en la industria de la arquitectura se emplea alrededor de un 40% de agua para la construcción, se usa el 60% de la mejor tierra cultivable para la implantación de edificios dejando de lado la producción agrícola además del consumo de combustible para la creación de materiales en la construcción que genera un 50% del calentamiento mundial.

Es importante tener en cuenta que la construcción arquitectónica en sistema modular implementado en la vivienda se ha desarrollado de una forma positiva en diferentes países desarrollados; como lo indica Mahecha (2019) partiendo como vivienda prefabricada desde 1830, con el primer prototipo modular de la casa colonial portátil (casa de madera transportable), ideada por el carpintero británico John Manningla, éste con el tiempo ha buscado integrarse en el mercado con factores de facilidad en el empaque, transporte y armado, garantizando un ahorro de tiempo y dinero.

Por lo anterior el sistema constructivo Vertic que se propone, se desempeña como economía circular por la combinación mixta estructural entre el sistema construido tradicional ya existente, es decir este sistema busca acoplarse desde la materialidad del acero entre la materialidad de hormigón o mampostería, convirtiéndose en un solo complejo estructural, gracias a que ambos (hormigón y acero), cuentan con una suficiente resistencia y rigidez, permitiendo obtener un cálculo similar para que funcione como una sola estructura

con el fin de crecer sobre la vivienda existente, logrando escalar según la necesidad del usuario convirtiéndose así en sostenible al no generar desperdicios innecesarios y dañinos al medio ambiente.

Cuando se piensa en combinar las distintas materialidades para poder reciclar las viviendas existentes, se debe tener en cuenta los criterios de diseño, cálculos, distintos comportamientos estructurales y componentes que conforman a cada material. Aunque el acero y el hormigón son diferentes por naturaleza en simultanea se complementan entre sí, llegando a conformarse como un gran equipo estructural. Por ejemplo, el hormigón cuenta con capacidad de compresión y el acero en tracción, al mismo tiempo se acompañan según su diseño, es decir los elementos estructurales en acero pueden llegar a ser delgados propensos a sufrir pandeo y es ahí donde el hormigón refuerza como estructura evitando el pandeo de este.

Por ende, el sistema modular Vertic se plantea abordando los siguientes conceptos de vivienda desde una perspectiva social.

1. Desde la vivienda de emergencia, comprendida esta como un proceso de fácil y rápida construcción que se desenvuelve en diferentes tipos de terrenos y superficies, con un armado estructural metálico duradero y reutilizable, favorece múltiples usos de vida, garantizando cero desperdicios, libres de escombros y a su vez genera una economía circular de reutilización. Así mismo la incorporación de cerramientos duraderos, seguros y de fácil



transporte brinda un resguardo al usuario, favoreciendo el ahorro de tiempo y costo, lo cual lo convierte en un sistema sostenible.

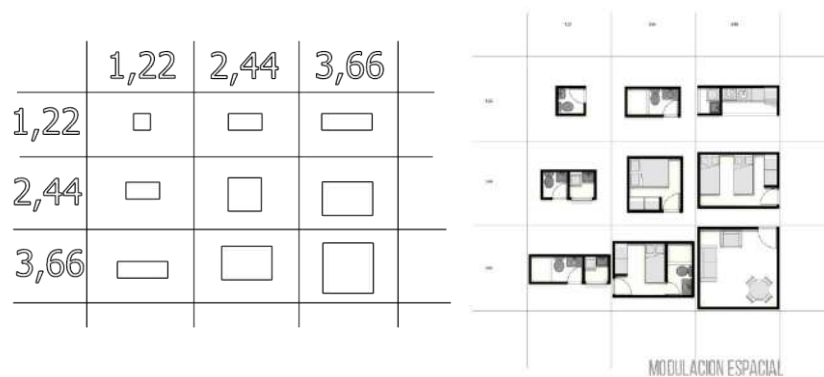
En Colombia se presenta múltiples variedades de catástrofes naturales sobre todo durante el fenómeno de la niña, a lo cual el gobierno tiene como deber responder frente a estos eventos desafortunados, dando como solución alojamientos provisionales, tales como carpas, toldos, centros deportivos o comunales los cuales no cumplen con los requerimientos confortables para albergar a una población que acaba de pasar por incomodidades físicas y pérdidas materiales, si acaso cubre las necesidades básicas para no dejar a estas familias a la intemperie;

Según un estudio del boletín humanitario en Colombia OCHA Colombia (2018) en su Boletín humanitario en Colombia

“Más de 374.000 personas afectadas por desastres en 2018. Los desastres naturales en 2018, particularmente las temporadas de lluvia cíclicas, son las que mayores consecuencias han dejado en Colombia. La Unidad Nacional de gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD) identificó afectación a 374.138 personas en el país, más del 80 por ciento de ellos por inundaciones y principalmente en la región pacífico (Chocó) y Caribe (Bolívar, La Guajira, Córdoba). Este año, departamentos de la Orinoquía Como Vichada y Guainía también registraron un alto impacto, con más de 35.300 personas afectadas por inundaciones” (p. 6).

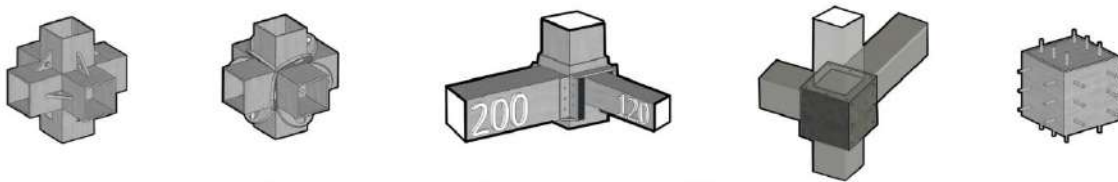


Los datos anteriormente mencionados representan grandes cifras solo por emergencia de catástrofes naturales en las cuales no se tienen en cuenta las emergencias por desplazamiento armado, por lo cual el sistema Vertic propuesto tiene como primer propósito cubrir las necesidades básicas, a través de un hábitat mínimo, con una modulación sencilla pero funcional, de la mano con positivas características constructivas del sistema que tenga en cuenta todos los aspectos de que acarreen una emergencia por falta de vivienda. En el que haya un sencillo manejo de ensamblado durante un tiempo aproximado no mayor a 8 horas, dependiendo las condiciones del lugar y del tamaño del módulo solicitado.



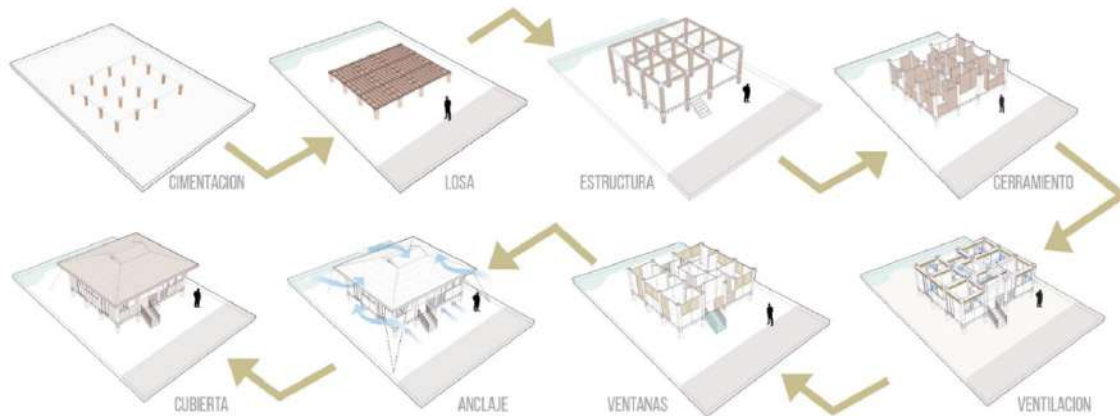
Gráfica 4. Modulación del sistema Vertic.

Fuente: Elaboración propia



Gráfica 5. Proceso de diseño de conexión Vertic

Fuente: elaboración propia



Gráfica 6. proceso de ejecución constructivo sistema estructural Vertic

Fuente: elaboración propia

2. Desde la VIT y VIS construida para funcionar de forma modular que se adecua a las necesidades de los usuarios, como primera etapa cuenta con los espacios para brindar la comodidad, confort y salubridad, tales como; sala, comedor, cocina, baño y habitación. Estos espacios modulares forman un componente principal ofreciendo un hábitat mínimo para las familias colombianas según el programa de actividades que requieran pueden ir agregando o desposeer módulos, por ejemplo, si la familia tiene un comienzo como pareja esta no requiere de mucho espacio, pero cuando entran en la etapa de tener hijos, esta es obligada a implementar nuevos espacios para brindarle a estos nuevos allegados.

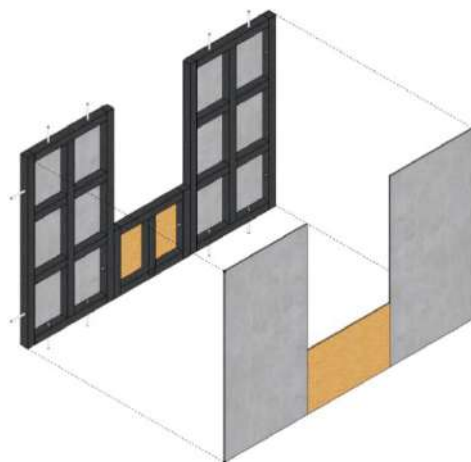
Por el contrario, si decrece como una pareja que ya ha tenido hijos y estos buscan su independencia, ya tienen un capital que invirtieron cuando lo necesitaban y que pueden vender o alquilar los espacios, a quien cuente con el mismo sistema modular, también pueden ser una herencia para sus hijos, pueden comprar terreno para ir armando su casa, contando

con el primer módulo heredado por los padres. Este proceso funciona quitando en forma de despernar los módulos estructurales, desarmando las vigas y columnas de los conectores tipo dado, dando como resultado poderlos transportar sin afectar el resto de estructura modular, en lo cual se obtiene menos espacios no necesarios dando como resultado una economía circular con estos, además de una doble función y desde una segunda a muchas más vidas útiles. En otras palabras, se define como un sistema adaptable.

Teniendo en cuenta la problemática de vivienda en Colombia a causa de los desplazamientos forzados y demás situaciones, se establece la ley 388 de 1997 que plantea el ordenamiento territorial, el cual, intenta resolver dichas problemáticas a través de un análisis holístico del territorio colombiano, gestionando las funciones necesarias para la reorganización del desarrollo territorial y ambiental, teniendo como intención orientar a la población a una sana urbanización y protección de los medios naturales, dando como resultado un manejo en la división y subdivisión de lotes en los terrenos destinados para la construcción de viviendas sociales con cesiones urbanísticas, en algunos casos gratuitas.

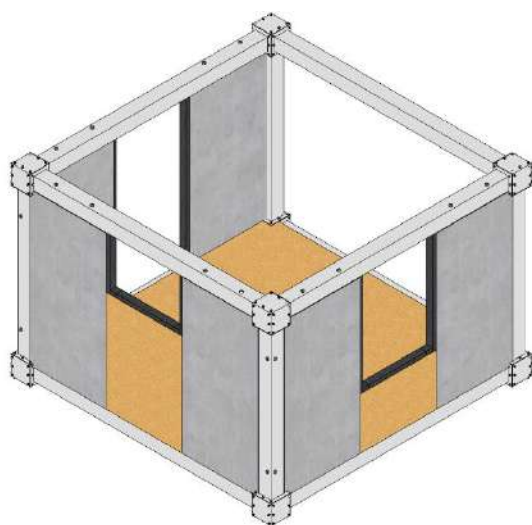
A partir de esta perspectiva que plantea la VIT y VIS el sistema modular Vertic se propone como un modelo de vivienda que tiene en cuenta esas necesidades habitacionales de los colombianos de acuerdo a sus condiciones familiares, económicas, culturales y sociales y desde ahí propone una vivienda que se ajuste a las necesidades del usuario económica y socialmente.





Gráfica 7. Cerramiento en steel framing

Fuente: elaboración propia



Gráfica 8. Modulo espacial Vertic

Fuente: elaboración propia

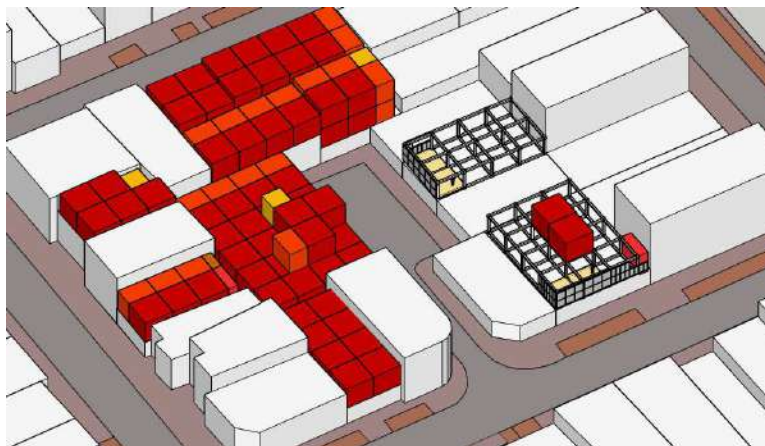
3. Desde el concepto de barrios reciclables contruidos bajo el sistema modular, por ejemplo, el barrio Junín de la ciudad de Cali, este cuenta con una tipología de manzanas regulares e irregulares de ciertas dimensiones como (8x14m, 7x10m hasta 6x23m, 7x26m) loteos

proponiendo variedades de diseño estructural en diferentes tipologías, para construir en diversos espacios geométricos irregulares. En otras palabras, se define como un sistema escalable.

Por lo anterior, se plantea un prototipo de vivienda estratégico que ayude a el cubrimiento del déficit habitacional como una metodología del reciclaje de lo existente con lo nuevo, que permita construir sobre lo existente, creciendo en altura según lo estipulado en la norma (NSR10) de la entidad a cargo, para que los ingresos de crecimiento sean solidarios con la familias, siendo así un apoyo económico para construir sin destruir, más bien adaptando su vivienda existente en masa sin transformar su modulación espacial interna cesando costos directos, con tan solo una inversión en la modificación de fachadas para tener una sola tipología de lo viejo con lo nuevo, obteniendo un mismo lenguaje de diseño arquitectónico de alzadas.

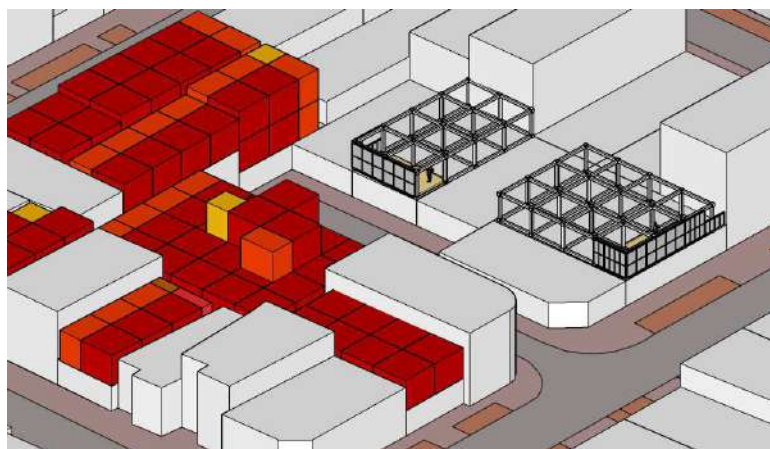
Este proceso iría acompañado de un diseño espacial comfortable complementado con materiales de calidad, bajo los conceptos de arquitectura modular, la cual contaría con una fácil construcción en el ámbito estructural y de cerramientos, siendo sostenible en los materiales implementados, además, que se desempeñe por generar un ahorro económico en los hogares de cada familia.





Gráfica 9. Adaptación del sistema estructural Vertic en edificación existente

Fuente: elaboración propia



Gráfica 10. Adaptación del Sistema estructural Vertic en edificación existente

Fuente: elaboración propia



Gráfica 11. Adaptación del Sistema estructural Vertic en edificación existente

Fuente: elaboración propia

En conclusión, la estructura modular Vertic responde a los tres puntos sociales anteriormente mencionados, mejorando la calidad de vida y el ámbito socioeconómico de las familias colombianas desde lo micro a lo macro. El primer tema a abarcar es la vivienda de emergencia, esta corresponde a un proceso constructivo rápido, eficiente y flexible en su respectiva modulación, según se presente la necesidad del usuario, además de la fácil movilización a la zona de catástrofe solicitada.

Segundo la accesibilidad en cuanto a costos que les permita a las familias colombianas promedio adquirir una vivienda nueva diseñada bajo un sistema constructivo prefabricado, el cual facilita la construcción por personas con o sin experiencia, disminuyendo los costos en la construcción e incluso el tener que esperar que llegue el personal calificado para poder dar inicio. Por último, mediante este proyecto se busca generar

viviendas bajo unos conceptos de óptima calidad tanto a nivel arquitectónico, estructural, construcción, sostenibilidad y economía.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Diseñar un sistema constructivo modular eficiente que se aplique en la edificación de viviendas, para disminuir el déficit habitacional en Santiago de Cali y mitigar el impacto ambiental generado por la industria de la construcción.

1.4.2 Objetivos específicos

- Diseñar un módulo estructural metálico que sea adaptable a los sistemas de cerramientos y permita aumentar su capacidad de crecimiento dependiendo la necesidad del usuario.
- Innovar en el uso y modulación de sistemas de cerramientos existentes en el mercado para aumentar su eficiencia y disminuir el desperdicio en obra.
- Crear un sistema constructivo que permita armar y desarmar sin la asistencia de un experto o el uso de herramientas especiales, cumpliendo con las normativas exigidas por el ente regulador.
- Implementar metodologías de recuperación y reutilización de elementos que componen un sistema constructivo.



1.5 Descripción del proyecto

El sistema modular Vertic analiza la problemática del déficit de vivienda a partir de datos obtenidos del DANE y otros medios que permitieron reunir información y encontrar soluciones adecuadas para hacer frente a la necesidad habitacional del país. De esta forma nace el proyecto pensado como un módulo de vivienda adaptable, sostenible y escalable, el cual pretende cubrir la demanda de vivienda mediante un sistema de construcción flexible, que se adapta al contexto y posibilita su edificación en un corto periodo de tiempo.

El sistema cuenta con una configuración por tallas, permitiendo su adquisición según la disponibilidad económica o social de la familia, incrementando así, el margen y la posibilidad de obtención del módulo. También cuenta con un sistema de sencilla construcción y deconstrucción facilitando el transporte de la vivienda a otros hábitats, según la necesidad de la familia. Con el sistema se pretende crear un ambiente comercial en torno al módulo, propiciando el intercambio de piezas y adecuándose a la exigencia de cada familia conforme pasa el tiempo.

Este sistema consiste en un módulo mínimo de 3.0x3.0x3.0m de estructura en acero con un espesor de 5 milímetros conformado por columnas y vigas en perfil cuadrado, las cuales se conectan a través de una conexión tipo dado de 30x30cm conformado por pernos para su respectiva fijación y ajuste de los elementos, este brinda la continuidad de unión con los demás módulos permitiendo controlar fácilmente el proceso de ejecución modular de la construcción por el mismo usuario que lo habitará.



Así mismo se integran los elementos de cerramientos tanto verticales como horizontales con materiales que ayuden a disminuir el impacto en el medio ambiente, obteniendo como resultado un módulo de vivienda armable y desarmable a través del concepto de prefabricación y ensamble, el cual responde a una idea de arquitectura adaptable, sostenible y escalable.

1.5.1 Adaptable

En el mundo de la arquitectura la adaptabilidad surge del re - adecuamiento y la flexibilidad que se pueda generar en los espacios frente a las necesidades de las personas. Es un componente o sistema que fácilmente se puede modificar desde lo estructural hasta los cerramientos (muros, cubierta y pisos) para mejorar sus condiciones de adecuarse a cambios del entorno.

La arquitectura adaptable como lo menciona Colmenarez (2009) cuenta con ciertos aspectos que surgen de las necesidades del hombre, como lo es la variabilidad, las conformidades, la movilidad, la flexibilidad, entre otros. Estos aspectos son los que concretan una propuesta de diseño arquitectónico en el que se abarca varios campos: punto de vista, contexto, factores climáticos (bioclimático), en el caso del ser humano se busca el acondicionamiento idóneo de los espacios a las necesidades de este mismo.

Asimismo, y a mayor escala se destaca la arquitectura adaptable en la ciudad donde está evoluciona a cada instante y está en constante cambio reflejando el comportamiento natural del ser humano con el arquitectónico. También responde a las necesidades de la población según el crecimiento de las familias que las conforman.



La adaptabilidad surge y se conoce en la arquitectura desde mediados del siglo XX, se utilizaba de acuerdo a las necesidades e intereses de las personas en su hábitat, es decir la vivienda se adaptaba a la comodidad del usuario, crecían o decrecían los espacios internos y externos dependiendo de qué tan grande o pequeño fuese el grupo familiar y de cuantos hogares lo conformaban, teniendo en cuenta el entorno y contexto.

En aquella época eran restringidas las diversas formas de adaptarse arquitectónicamente porque la tecnología y forma constructiva eran menos susceptibles al cambio, por lo que era más fácil construir o adicionar otro recinto que derribarlo o simplemente transformar un espacio, ya fuese por una variación poco eficiente en el sistema constructivo de la vivienda desde los puntos de vista de costo y tiempo, no siendo rentable una tecnología de poco desarrollo.

Con el pasar de los años el concepto de adaptabilidad en la arquitectura ha evolucionado gracias al progreso tecnológico que se ha podido evidenciar en las grandes industrias mecánicas. En este desarrollo la adaptabilidad se empieza a definir como flexibilidad ya que esta responde a una posibilidad rápida de modificar el entorno en el que cada persona habita, generando una forma constructiva de fácil movilidad, evolución o elasticidad. En este caso la movilidad implica obtener un ahorro de tiempo por su amplia y eficaz transformación del edificio, generando o disminuyendo los espacios requeridos por el usuario y la familia.



Se concluye que el sistema modular Vertic es adaptable porque es una edificación diseñada para ser construida en cualquier tipo de lote, adecuándose a las características geográficas y culturales del territorio, además de elaborarse con materiales disponibles en el mercado que en términos de costo, tiempo y transporte resulta ser muy rentable. Es adaptable también porque tiene en cuenta las necesidades de los usuarios que lo van a habitar, pues su diseño está pensado en subdividirse en varios tamaños de acuerdo al núcleo familiar que lo adquiera.

1.5.2 Sostenible

La sostenibilidad es una característica que se le concede a los sistemas y elementos que aportan protección al medio ambiente y a los seres vivos que lo habitan como lo menciona Cuchi & Wadel (2010). En cuanto al módulo de vivienda la sostenibilidad permite generar diversos equipamientos, ayudando a sus residentes a progresar en varios ámbitos de la vida cotidiana (social, económico, cultural).

También contribuye en la disposición final de los materiales que componen la vivienda después de cumplir su ciclo de vida útil, impulsando una economía circular en cualquier contexto regional. “Las principales causas del impacto ambiental de la arquitectura se encuentran en el consumo de recursos no renovables y en la generación de residuos contaminantes, ambos en aumento acelerado” (Cuchi & Wadel, 2010)

Es así como el objetivo de sostenibilidad del proyecto se basa en brindar un amplio espectro de soluciones, para mejorar la calidad de vida y contribuir con el medio ambiente a través de la construcción de un módulo de vivienda que abarca una eficiencia energética e



implementa niveles de sostenibilidad en el uso de materiales alternativos amigables con el medio ambiente, generando con ello una economía circular y la reducción del impacto ambiental.

Por su parte la economía circular al contrario de la economía lineal que consiste en “la producción de bienes y servicios de forma lineal -que se basa en extraer, utilizar y desechar-” DANE (2020) contempla un método cíclico en el que los productos realizados a partir de las materias primas no tienen un fin sino un doble uso disminuyendo la sobreexplotación y la contaminación ambiental.

Para la economía circular es importante “mantener los productos, componentes y materiales en sus niveles de usos más alto” (Cerdá & Khalilova, 2016) para reutilizarlos según la necesidad o intercambiarlos en un entorno comercial. Para lograr este método es importante utilizar materiales de calidad en la elaboración de los productos finales y también pensar en su disposición después de su uso para transformarlos en una manufactura utilizando energías limpias. Según Cerdá & Khalilova (2016) una economía circular es un ciclo de desarrollo continuo positivo que preserva y aumenta el capital natural, optimiza los rendimientos de los recursos y minimiza los riesgos del sistema, gestionando stocks finitos y flujos renovables, que funciona de manera efectiva a cualquier escala.

El sistema Vertic está pensado para ser eficiente como método constructivo de fácil y rápido proceso de ejecución, sin necesidad de utilizar mano de obra calificada, evitando que las familias de estratos bajos tengan la necesidad de utilizar su dinero en mano de obra, simplemente mano de obra propia por el usuario, apropiándose de armar su módulo



estructural de vivienda según la necesidad presentada. Estos recursos económicos se pueden aprovechar en la compra de más módulos para expandir el espacio según el crecimiento de la familia, al mismo tiempo encoger el espacio, a medida que se vaya presentando decrecimiento en el grupo familiar, dando como opción la reventa de estos módulos, sin que las familias pierdan el capital invertido, generando una economía circular y el aprovechamiento reutilizable de la materia prima.

1.5.3 Escalable

A partir de los años 1950, las ciudades latinoamericanas pasaron a sufrir grandes presiones demográficas, lo que generó según Adler & Vera (2018) varias estrategias para atender a la demanda por vivienda. Las políticas adoptadas en los años 50 y 60 se enfocaron en la construcción de grandes conjuntos residenciales. Estos conjuntos ofrecían viviendas completas, casi siempre en edificios de departamentos que formaban grandes bloques residenciales homogéneos

Debido a la gran problemática expuestas anteriormente se define como **escalable** a la capacidad de crecer o decrecer de la vivienda a partir del sistema constructivo gracias a la facilidad de anclajes, uniones, construcción, transporte, rapidez además una arquitectura progresiva y modular, que permite el crecimiento tanto demográfico como tecnológico de las ciudades.

Crecimiento de la vivienda sobre soporte existente. Con esta estrategia se aumenta el espacio de la vivienda apropiándose de espacios que ya estaban construidos y pertenecían a ella, pero se consideraban inhabitables o no se contaban como superficie útil. Aquí es donde



juega un papel importante la estructura ya que ella nos permite este tipo de crecimiento y todos sus elementos deben responder a estas dos necesidades de crecimiento y decrecimiento.

Decrecimiento por división. Cuando ya no es necesario utilizar todo el espacio disponible de una vivienda, esta estrategia plantea una división de la vivienda original en dos o más unidades o una cesión de parte de su superficie a otra vivienda.

Esto permite introducir cambios en los elementos de la vivienda tanto para mejorarla como para adaptarla. Se basa en dotar a una vivienda con los elementos básicos para proporcionar la habitabilidad mínima necesaria permitiendo mejoras a lo largo del tiempo. De este modo se logra reducir inicialmente costos en materiales y recursos, lo cual deriva en un menor impacto sobre el medioambiente y en un menor costo para el usuario.

Por otro lado, la posibilidad de adaptación o acondicionamiento de elementos existentes a una nueva tarea o función. Un claro ejemplo sería el caso de un dormitorio infantil el cual tiene que ser adaptado para un adolescente o que tenga la facilidad de transformarse en un espacio de diferente uso para la vivienda.

1.6 Metodología

Hipótesis

Mejorar los sistemas constructivos tradicionales y existentes en el mercado a través de la modulación, para disminuir el desperdicio de materiales y recursos naturales. Optimizando el tiempo de construcción y ejecución en obra por medio de procesos prefabricados.



La metodología empleada para el diseño del sistema constructivo Vertic se desarrolló de la siguiente manera:

- **Identificación de problemática:** primero se identificó una problemática de vivienda en Colombia; el déficit de vivienda generado por los desplazamientos forzados, el costo de la vivienda en el país que le ha impedido a las personas estrato 1,2 y 3 acceder a una vivienda digna, los desastres naturales, entre otros. Con esta información se elaboró los antecedentes, planteamiento del problema y estado del arte.
- **Recolección de información:** A partir de la problemática identificada se realizó una revisión bibliográfica que permitió tener una contextualización sobre la realidad de la vivienda en Colombia. Así mismo se indagó sobre sistemas de construcción a partir de los cuales se establecieron los cuatro casos de estudio (Casa Kilele, casa Vrissa, Z modular y VIMOB) que permitieron comprender de manera más específica el diseño, estructura y funcionamiento de sistemas constructivos amigables con el medio ambiente y diferentes a los tradicionales; desde ahí se diseñó el sistema modular Vertic. Con la recolección de información se elaboraron los objetivos, la descripción del proyecto y los casos de estudio.
- **Visitas de obra:** en simultánea a la recolección de información se hicieron visitas a obras para tener una vivencia de las construcciones modulares y comprender la manera en cómo estas se diseñan y funcionan en un contexto real. Se visitó a Mauricio Domínguez (docente e ingeniero estructural) con quien se hizo un recorrido al interior del club campestre de Cali y se reconoció el funcionamiento de las estructuras.



También se visitó a Jhon Lennis (arquitecto) en la obra de la clínica San Rafael con la cual se evidenció las diferentes formas de modulación estructurales tanto en sistema liviano, sistema metálico y en concreto armado.

- **Asesorías y conferencias:** se concertaron asesorías y conferencias con Sandra Vidal (arquitecta y docente SENA) quien explicó acerca de técnicas constructivas y Ángela Gonzales (arquitecta) que expuso sobre la acupuntura urbana y reciclaje de barrios. Ambas asesorías ayudaron a reforzar la parte teórica y la visión del proyecto Vertic con respecto al tema urbano.
- **Concurso de vivienda de emergencia islas Santa Catalina:** se realizó el primer prototipo del sistema Vertic para aplicar al concurso de vivienda de emergencia realizado en el marco del huracán IOTA, lo cual permitió avanzar en la parte arquitectónica y técnica para responder a una problemática real en un corto periodo de tiempo y con altas exigencias.
- **Diseño del sistema modular:** partiendo de las soluciones dadas en el concurso, se diseñó los componentes del sistema Vertic para una versión del sistema liviano y acero mano portable y responda a la visión que tiene el proyecto en cuanto a lo adaptable, sostenible y escalable.
- **Propuesta final del sistema constructivo Vertic:** se elaboraron las fichas técnicas de todas las piezas que conforman el sistema Vertic y un manual de construcción de cómo se relaciona cada pieza para configurar cualquier propuesta arquitectónica tanto en vivienda, edificios y cualquier tipo de equipamiento de construcción modular. Por



último, se culminó con una propuesta arquitectónica que posee diferentes maneras de edificabilidad en un contexto urbano real, como es el barrio Junín para re densificar las zonas peri céntricas y rehabilitar estos espacios mediante la acupuntura urbana.



UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE ARTES INTEGRADAS
ESCUELA DE ARQUITECTURA

Capítulo 2.

2.1 Marco teórico

El siguiente capítulo presenta los referentes teóricos revisados para la construcción del sistema modular Vertic, para lo cual se hizo un recorrido histórico de los procesos ocurridos desde la antigüedad hasta la actualidad para llegar a la arquitectura del siglo XXI. El capítulo está dividido en 5 apartados: historia de la industrialización, la industria en la arquitectura, la industrialización de la vivienda, la vivienda en Colombia y por último se exponen algunos sistemas constructivos.

2.2 Historia de la industrialización

Desde la antigüedad existieron procesos semi-industriales que ayudaron al desarrollo económico de las poblaciones para la fabricación y transformación de la materia prima en la producción de alimentos. Por ejemplo, el molino de viento, con el cual se molía el trigo para hacer harina y usarla en la preparación del pan. A partir de esto, se comenzaron a crear almacenes o edificaciones industriales como los silos, en los cuales se almacenaban las materias primas como el grano. Dichos almacenes o edificaciones fueron construidos empíricamente con materiales vernáculos y rudimentarios.

Con el final del absolutismo se dio el fracaso de las monarquías a nivel mundial y surgieron nuevos pensamientos en torno a la razón, propiciando muchos cambios tanto filosóficos como políticos y sociales que advirtieron un nuevo sistema nombrado Neoliberalismo, el cual, se considera una corriente de pensamientos que se basa en el



desarrollo económico y en el enriquecimiento de las naciones. Al mismo tiempo, en el siglo XVIII surge la Revolución Industrial, la cual, se caracterizó por el desarrollo de la economía, los avances industriales, la invención de muchas máquinas y el avance en las formas de transportes que impulsaron su crecimiento.

Así pues, con la llegada de la máquina de vapor los procesos productivos pasaron de hacerse a mano a producirse en masa en el menor tiempo posible, pues tenía un motor eficiente que permitía fabricar productos en poco tiempo usando una fuente de energía novedosa y poco costosa.

Paralelo a esto, Inglaterra se posicionó como “el taller del mundo” debido al aumento en la producción industrial y al gran poder político generado por los mercaderes y comerciantes llegando a tener mucha influencia en el parlamento, también, la producción agrícola contribuyó a que hubiese suficiente alimento para la población tanto en el campo como en las ciudades, haciendo llegar los productos agrícolas fácilmente a otras naciones; todos estos factores posibilitaron el desarrollo de Inglaterra como potencia y precursor de la industria. El crecimiento de las fábricas creó la necesidad de contar con una nueva infraestructura urbana en la que se involucró la creación de vías para que existiese mayor intercambio de productos y materias primas entre las ciudades.

Por lo anterior, existió un cambio en el comportamiento económico producto de la velocidad del consumo y producción en las ciudades, surgiendo nuevos sectores y grupos sociales que se basaban en el capital y el poder adquisitivo; uno de estos grupos se



denominaba la burguesía, la cual, estaba conformada por los dueños de las fábricas y bancos que impulsaron la ideología capitalista. Asimismo, el dominio de Inglaterra sobre los mares hizo que se enriqueciera a diferencia de las otras naciones en Europa, conquistando nuevos mercados, llegando a nuevos territorios donde posicionó sus mercaderías.

Durante 50 años Inglaterra se ubicó como el único país industrial hasta el siglo XIX, posterior a esto, países como Francia, Alemania, Holanda, Estados Unidos y Canadá lograron desarrollar sus industrias. En efecto, las demás naciones se convirtieron en productores de materia prima.

En la primera parte del siglo XIX se evidenciaron algunas de las consecuencias sociales de la industrialización que se reflejaron en las condiciones de trabajo de los obreros en las fábricas, pues soportaban más de 16 horas laborales al día, con una baja remuneración, carecían de viviendas, padecían condiciones higiénicas insalubres, además, no contaban con un equipamiento que solventara sus necesidades básicas facilitando la proliferación de enfermedades respiratorias como la tuberculosis.

Arquitectónicamente, los edificios no contaban con buena ventilación e iluminación natural y ponían en riesgo la seguridad de los trabajadores. Adicional a esto, se produjo un mayor desplazamiento del campesinado a la ciudad en busca de oportunidades, al mismo tiempo que se hacía más evidente la necesidad de construir viviendas a medida que aumentaban las fábricas.

Sin embargo, en las ciudades no había suficiente empleo para cubrir la demanda de la población, por lo cual, gran parte de estas personas tuvieron que dedicarse a la mendicidad, a su vez, se generaron protestas en pro del mejoramiento de las condiciones laborales de los empleados. Así fue como se crearon los sindicatos y la histórica lucha entre clases (patrones y obreros) y esto generó el surgimiento de nuevas ideologías opuestas al capitalismo como el marxismo, el socialismo y el anarquismo que surgieron a raíz de la protección a la clase obrera.

El desarrollo de la revolución industrial trajo consecuencias negativas, pero también positivas en todos los ámbitos, tanto en el crecimiento social, demográfico, económico e ideológico como también en el área de la ingeniería y construcción. La industrialización de la arquitectura creció a la par de la revolución industrial debido a los procesos de manufactura de materiales que dieron origen a nuevos productos para la construcción.

Algunos de esos materiales como el hierro y el ladrillo se fabricaban en serie, desarrollando una nueva arquitectura enfocada en la producción y estética industrial, creando un nuevo estilo en la época basado en el uso del hierro, el vidrio, el ladrillo y la madera con una forma más tectónica que estereotómica. La posibilidad de utilizar el hierro en cantidad propició la creación de módulos constructivos con luces más grandes, generando más entrada de luz natural al espacio y el uso de menos volumen en la arquitectura, abriendo la oportunidad de construir verticalmente sin aumentar el tamaño de sus bases -al contrario de la arquitectura que se hacía en la antigüedad- otorgando la entrada a las maravillas de las



construcciones metálicas como “El Palacio de Cristal” construido en 1851 en el Hyde park en Londres con motivo de la gran exposición mundial.

La construcción utilizaba una lógica modular, implementando la estandarización de algunos elementos estructurales, diseñados por Joseph Paxton. Otro ejemplo de la arquitectura industrial es “La Torre Eiffel” construida entre 1887 y 1889 para la exposición universal de 1889 en París. Este edificio fue desarrollado por Gustave Eiffel y su firma de ingenieros en el año de 1884, la materialidad del proyecto demostraba el poder adquisitivo e industrial de la época, prácticamente toda la estructura era completamente en hierro y fue concebida el 42% en obra y el otro 58% fue prefabricada en empresas Eiffel localizadas en Levallois-Perret, usando solamente 250 trabajadores en obra y 50 ingenieros trabajando en los diseños y detalles de los montajes, llegando a elaborar más de 5300 planos del proyecto.

La arquitectura industrial desarrollada principalmente por los dueños de las grandes fábricas es usada en menor medida en los edificios públicos y administrativos, pero igualmente crea nuevas tipologías en cuanto a las fábricas y a su vez transforma las tipologías de viviendas existentes, comenzando una arquitectura con nuevos espacios habitables y de corto periodo de producción. La arquitectura contemporánea es industrial, ya que su orden y organización está basado en el proceso industrial y de masificación, la transformación de la arquitectura industrial va de la mano con la transformación de la práctica constructiva arquitectónica y no con un tipo concreto de edificios.



2.3 La industria en la arquitectura

La industria en la arquitectura aparece después del desastre que dejó la primera guerra mundial, aquellas consecuencias de violencia presentadas en la época (1914-1918) provocaron el decrecimiento de materiales y la escasez de mano de obra masculina para la ejecución de edificios, causando un aumento de costos en la construcción.

Este acontecimiento representó un interés en el desarrollo de la prefabricación de hormigón pre esforzado, el cual fue creciendo rápidamente con la intención de volverse un medio de reducción de costos en no utilizar formaleta en las construcciones de hormigón vertido y en mano de obra.

La evolución de la arquitectura va ligada a la evolución de la construcción. No se puede ser ajenos a dicha evolución y los avances técnicos que conlleva la producción en fábrica. El presente de la arquitectura pasa por la arquitectura modular y aprovecha los avances de la industrialización. La producción en serie y la certificación y testeo de materiales serán una herramienta y punto de partida del diseño.

La arquitectura actual debe incorporar los nuevos materiales y procesos constructivos a los proyectos, como parte natural de los mismos. El reto ante la construcción industrializada es incorporar las novedades tecnológicas al diseño de viviendas actuales. Es una imposición del mercado inmobiliario actual que demanda eficacia, rapidez y seguridad.



2.4 Industrialización de la vivienda en Colombia

Como consecuencia de la violencia en Colombia se produjo un éxodo masivo de campesinos hacia las ciudades; el antiguo agricultor se convirtió en obrero. La ciudad aumentó su población como consecuencia del crecimiento natural de sus habitantes y por el arribo de este nuevo contingente humano. La carencia de vivienda fue el primer problema que sufrió esta población socialmente marginada; quienes debía vivir en espacios reducidos sin comodidades mínimas y carentes de higiene.

En ese sentido la forma de vivienda estuvo determinada por dos tipos de fuerzas. La primera derivada de la tradición de la necesidad de mantener una forma de vivienda, donde se tuvo en cuenta la cultura de diferentes comunidades, y donde los factores de clima, materiales, modos de vida fueron indispensables para el conocimiento previo de cada cultura. La segunda se desarrolla del presente, donde surge la necesidad de transformar la vivienda, adaptándola a las cambiantes necesidades de los individuos y de las sociedades en que se integran.

2.5 La vivienda en Colombia

A mediados del siglo XX en Colombia ocurrieron los denominados éxodos rurales como lo nombra la autora Sanchez (2008) que representó una masiva migración de los campos a las ciudades y desembocó en un fenómeno de urbanización, cuyo origen se fundamentó en aspectos sociales y económicos. Sociales porque los campesinos en búsqueda de tierras más fértiles y aptas para el cultivo se desplazaron al interior del país y económicos,



porque Colombia se encontraba en la potencialización de las exportaciones lo que llevó a sus pobladores a migrar a las zonas donde más se requería mano de obra, fue así como los territorios baldíos fueron ocupándose de manera rápida y convirtiéndose en zonas urbanas.

Pese a que en un inicio las migraciones ocurrieron de manera pacífica, velozmente se desarrollaron acontecimientos violentos enmarcados en reclamación de tierras por otros poseedores, es decir después de que los campesinos adecuaron las tierras para el cultivo, y se convirtieron en zonas productivas llegaron mercaderes a reclamar al estado por la deuda que tenía con ellos, lo que finalmente generó nuevas guerras provocando más migraciones.

A estas migraciones varios autores le asignaron diferentes denominaciones, por su parte Cardona (1968) presentó las migraciones como una oportunidad para mejorar las condiciones de vida de los campesinos. Segundo Bernal (1973) se refirió a las migraciones como desplazamientos de “zonas de atraso” a “zonas de desarrollo” a lo cual Gnisset se opuso porque invisibilizaba la verdadera esencia de los éxodos migratorios, la cual radicó en una violencia que llevó a los lugareños a desplazarse a otras zonas y con ello generó un proceso masivo y rápido de urbanización que en otros lugares de Latinoamérica ocurrió de manera natural, en Colombia se dio en el marco de la violencia.

Los éxodos rurales representaron una transformación espacial, a lo que Gnisset y Mosquera (1978) definieron como Urbanización, entendiéndose esta como “concentración urbana provocada por la acumulación de flujos humanos, bienes, dinero y productos en un lugar centralizador” que más adelante se transforma y se convierte en ciudad producto de

invasiones a lo que se le denomina; colonización popular urbana, entendiéndose esta como una situación solidaria y organizada en el cual un grupo de personas se configura en función de mejorar sus condiciones de vivienda y se encargan de obtener las herramientas necesarias para que ello ocurra como el agua, la energía, el acceso, los servicios sanitarios, entre otros.

De igual manera esa violencia que ocurrió en los territorios rurales migró al entorno urbano y aquellos colonos que en un principio se organizaron en el campo, se trasladaron a la ciudad donde nuevamente lucharon por una zona que habitar, además de tener que adaptarse a lentos procesos de aculturación en los que se iban acoplando a las formas de vivir y habitar la ciudad.

En Colombia se siguen presentando fenómenos de migración y pese a que la historia del país en términos de la organización urbanística se ha dado en torno a las grandes migraciones, Colombia no posee políticas que integren a los inmigrantes y ayuden a resolver sus necesidades básicas como la vivienda, la alimentación y el empleo. Así mismo se puede evidenciar en el territorio pequeñas ciudades con una mezcla urbano-rural en las que se aposentan campesinos que por no alejarse demasiado de su territorio rural se desplazan a las ciudades más pequeñas y la configuración de estas ciudades permanecen con patrones de ruralidad.

Finalmente se concluye que gran parte de la urbanización en Colombia se ha dado en el marco del conflicto armado, y ello ha determinado las maneras de vivir y construir ciudad, en los diferentes lugares habitados por personas provenientes del campo se evidencia como

sus viviendas tienen pequeños espacios adecuados para las huertas o para los animales, pues los propietarios de estas viviendas intentan recrear la experiencia de vivienda del campo en la ciudad.

2.6 Sistemas constructivos en Colombia

El sistema constructivo es un conjunto de elementos los cuales conforman al edificio tanto estructural, cerramiento, instalaciones, equipos y todos los sistemas que ayudan con el funcionamiento y vida útil de él. Los sistemas constructivos en proyectos de vivienda en Colombia son mampostería estructural, sistema constructivo aporticado donde la arcilla, concreto u hormigón es el material principal.

En estos procesos constructivos se desarrolla un tipo de vivienda sencilla limitando la proyección de diseño arquitectónico, puesto que una proyección menos simple generaría más costos y lo que se busca en las construcciones es bajar los costos y obtener un incremento muy limitado, además el conocimiento que se obtiene en nuestro país sobre el concreto u hormigón no es un desarrollo de construcción muy amplia, se tiene en cuenta las compañías que han logrado avanzar un poco más en tema del uso de este material para la construcción de proyectos de vivienda es RoyalTEL.





Gráfica 1. Royal building system tecnología constructiva (Montaje y ensamble)

Fuente: RoyalITEL, (2009).

Dicho lo anterior surge el interés de nuevas técnicas de construcción, que cumplan con exigencias constructivas como, reducción de tiempo durante la edificación de una obra, obtención de un mejor rendimiento y menor costo en materiales, mano de obra y equipos, asimismo en la planificación, la producción y el montaje de elementos utilizados en obra.

En Colombia según Perea (2012) los eventos sísmicos impulsaron el desarrollo de tecnologías constructivas la mayoría de sismos se presentaron a mitad del siglo XX, afectando principalmente a la zona del eje cafetero como la ciudad de Armenia, Pereira y en el departamento de Quindío y Risaralda causando gran daño a las edificaciones antiguas, edificios de mampostería no reforzada incluyendo las casas con un diseño y construcción informal de personas de bajos recursos estratos 1,2 y 3, las cuales tuvieron la más alta afectación por el colapso de las mismas.

De acuerdo con los cálculos del censo del DANE (2005) en el sector urbano en Colombia hubo 8.2 millones de hogares, 7.8 millones de vivienda, y un déficit cuantitativo de 400.000 viviendas. Los indicadores de NBI (Necesidades Básicas Insatisfechas) muestran

que hubo un déficit habitacional de como mínimo 900.000 viviendas más de familias pertenecientes a los estratos 1 y 2 vulnerables antes esta situación de catástrofe natural, dejándolas sin viviendas de un momento a otro.

Quienes de momento solo tuvieron la opción de vivienda propia a un precio inalcanzable por los costos de estructura y construcción en la etapa de fabricación de dichas viviendas. Teniendo en cuenta estas situaciones ocurridas se ve necesario integrar nuevos modelos de sistemas modulares con un método constructivo que brinde una vivienda liviana de fácil manejo, que cumpla con los estándares nacionales e internacionales, y lo más importante un costo moderado.

Según el DANE (2011) los sistemas constructivos más utilizados para la vivienda a nivel nacional, de acuerdo a las ciudades censadas son: mampostería confinada con el 62% , la mampostería estructural con el 15% y el sistema industrializado con muros y losas de concreto con 19% estos sistemas de construcción abarcan el 96% de la construcción, como se aprecia en el siguiente cuadro.



CANTIDAD DE ÁREA CONSTRUIDA (m ²). Año 2011					
ÁREA	SISTEMAS CONSTRUCTIVOS VIS y No VIS				
	Mampostería Estructural	Mampostería Confinada	Sist. Industrializados	Otros sist.	Total
URBANA BOGOTÁ	990.085	2.199.391	1.080.362	297.586	4.567.424
METROPOLITANA MEDELLÍN	129.450	1.552.948	300.189	26.535	2.009.122
METROPOLITANA BUCARAMANGA	57.238	693.973	93.267	38.057	882.535
URBANA CALI	122.946	264.815	282.827	22.805	693.393
URBANA PEREIRA	228.438	68.181	88.732	0	385.351
URBANA BARRANQUILLA	9.185	349.893	25.039	0	384.117
METROPOLITANA CÚCUTA	3.906	353.120	7.020	0	364.046
URBANA VILLAVICENCIO	382	332.637	0	0	333.019
URBANA NEIVA	112.084	145.540	41.780	0	299.404
URBANA PASTO	430	178.143	0	16.000	194.573
URBANA IBAGUÉ	2.550	185.412	0	300	188.262
URBANA MANIZALEZ	30.196	87.528	66.017	336	184.077
URBANA ARMENIA	8.051	109.585	41.654	36	159.326
URBANA CARTAGENA	486	118.853	5.557	120	125.016
URBANA POPAYÁN	6.224	98.099	0	0	104.323
TOTAL NACIONAL 12 ÁREAS URBANAS Y 3 METROPOLITANAS	1.701.651	6.738.118	2.032.444	401.775	10.873.988

Gráfica 2. Cantidad de área construida (m²) para VIS y no VIS

Gráfica #. Cantidad de área construida (m²), para VIS y no VIS año 2011

Fuente: Datos DANE - CAMACOL, (2011).

En Colombia existen los siguientes tipos de sistemas:

- **Sistemas constructivos con tierra**

Este sistema consiste principalmente en muros los cuales son diseñados para soportar cargas muertas (peso propio, entrepisos, cubierta, entre otros) y cargas vivas dependiendo de su actividad. Este sistema se asemeja a uno de mampostería el cual está compuesto por piezas de tierra y otros aditivos vegetales para asegurar su rigidez, estas piezas son aparejadas de

diferentes formas con la que se construyen muros donde varía su altura como su espesor dependiendo del diseño.

Dentro de este sistema se puede hablar de varias formas antiguas de construir como, por ejemplo, la tapia pisada utilizada en Latinoamérica desde hace muchos años, con el cual se construyeron muchas edificaciones antiguas, en particular esta forma de construir solo emplea tierra sin sostenerla con piezas de maderas u otros materiales, como no lo es en el caso de construcción en bahareque la cual necesita un refuerzo adicional tanto en madera, guadua u otros elementos constructivos.

La tierra como lo indica Muñoz & Sàinz (2010) está es valorada cada vez más como material constructivo por su tradición y característica saludables a comparación de otros materiales industriales como el hormigón armado, el ladrillo, el acero, entre otros. Para estos últimos se necesita mucha energía de producción y transporte, la cual no solo no es renovable, sino que contamina.



Gráfica 3. Proceso constructivo en tierra

Fuente: Barech, (2020).

- **Sistemas constructivos en madera**

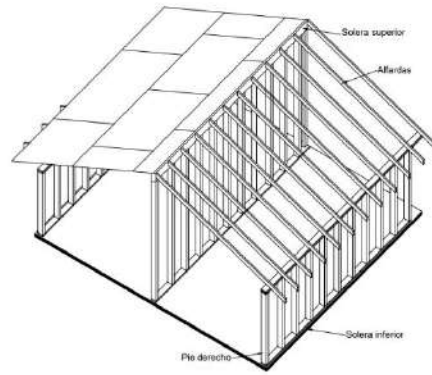
En el título G de la NSR 10 se habla de este tipo de construcciones que en Colombia tienen una gran demanda debido a que estos materiales cada vez tienen más valoración por su bajo impacto en el medio ambiente y los beneficios que genera construir con estos materiales. Se distinguen 3 sistemas estructurales básicos con la madera en nuestro país:

1. **Sistema de entramados livianos**

Para este tipo de sistemas se emplean soportes verticales o pies de amigos estos van apoyados en una solera inferior y vigas superiores las cuales recogen las cargas de los demás elementos de este sistema. Al tener secciones de sus elementos pequeñas la mayor parte de la rigidez depende de las láminas, listones o tableros que se instalan en los entramados de paredes o pisos según los establezca el diseño.

Este sistema puede usarse para viviendas de 1 o 2 pisos, al ser un sistema liviano ofrece una buena repartición de cargas en cimentación además por su repetición de elementos favorece la prefabricación liviana de sus elementos que lo componen.





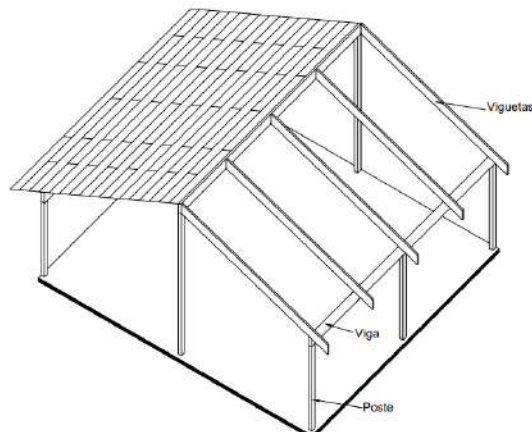
Gráfica 4. Sistema de entramado liviano en madera

Fuente: tomado de NSR-10

2. Sistema de poste y viga

Se componen de columnas de una sección más grande para generar una mayor distancia entre las luces, estas columnas van amarradas por una viga maestra la cual recibe la carga de las viguetas, cerchas de entrepiso o cubierta. Los esfuerzos en la madera son muy elevados por lo tanto se requieren grandes secciones para sus elementos estructurales, adicionalmente se requiere un análisis detallado de arriostramiento, muros de corte o diafragmas para disminuir la carga de sismo o vientos.

Las uniones de este sistema según lo contempla la NSR-10 son metálicos mediante platinas y pernos, por lo general la estructura en madera se deja a la vista, generalmente el cerramiento va entre columnas en el cual debe contemplarse las propiedades del material ya que este debe ir dilatado o modulado según lo requiera.



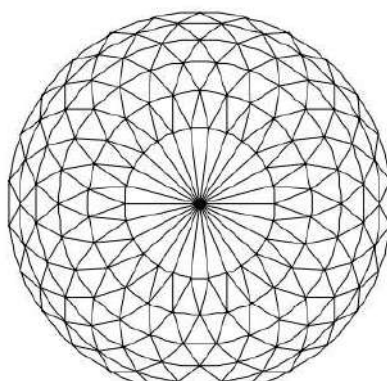
Gráfica 5. Sistema de poste y viga en madera

Fuente: Tomado de: NSR-10 .

3. Sistemas especiales

Este tipo de estructuras son utilizadas para cubrir grandes luces y consiste en la conexión transversal de tramados uniformes con otros de las mismas características, de manera que se logre un comportamiento estructural eficiente y seguro, a este tipo de estructuras pertenecen las siguiente:

Retículas espaciales: son geometrías conformadas por cuadrículas paralelas con vértices desfasados entre ellas unidas con diagonales de 45 o 60 grados, formando tetraedros o pirámides, estas estructuras suelen ser livianas y económicas dependiendo de su diseño. **Cúpulas geodésicas:** grandes superficies curvas conformadas por pequeñas superficies que son relativamente planas formadas geométricamente por triángulos, hexágonos o pentágonos. **Lamelas:** grandes estructuras conformadas por barras de pequeña sección entrelazadas entre sí, se usa especialmente para cubiertas.



Gráfica 6. Sistemas especiales en madera (Cúpula geodésica)

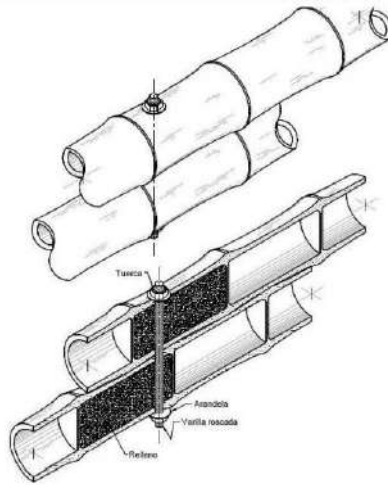
Fuente: tomado de NSR-10.

- **Sistema constructivo en guadua**

En este sistema constructivo el elemento resistente principal es el bambú (guadua angustifolia kunth), el diseño en este sistema debe tener un nivel de seguridad equivalente a las estructuras diseñadas con materiales contemplados en la NSR-10.

El diseño de estructuras en guadua debe tener en cuenta las características de materiales complementarios para su funcionamiento tales como clavos, pernos, conectores,

adhesivos, soportes y tablero según su diseño, se deben tomar todas las medidas para la protección de estos materiales contra la humedad, corrosión, o cualquier agente que degrade su integridad estructural.



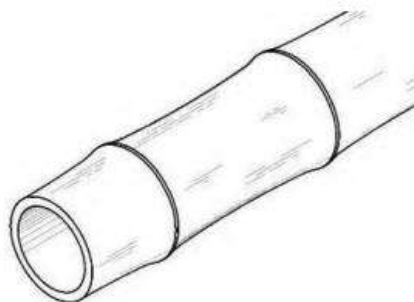
Gráfica 7. Conexión de secciones compuestas en guadua

Fuente: tomado de NSR-10

Con respecto a las uniones en este sistema deben diseñarse para que no falle a tensión por tensión perpendicular a la fibra y corte paralelo a la fibra, en el caso de uniones especiales en el caso de usar cortes especiales en la guadua se deben tomar las medidas necesarias para que estos inducen la falla de la unión. En ningún caso se permitirán uniones clavadas, ya que los clavos inducen grietas longitudinales debido a la disposición de las fibras de las guaduas.

Los tres tipos de cortes más utilizados para la fabricación de uniones con elementos de guadua son:

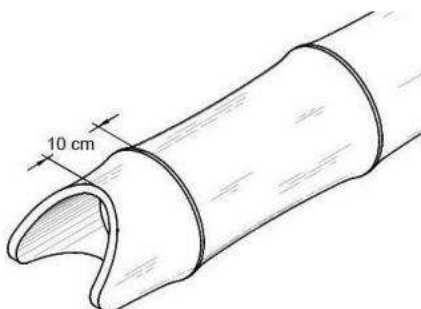
Corte recto: Corte plano perpendicular al eje de la guadua.



Gráfica 8. Corte recto guadua

Fuente: tomado de NSR-10.

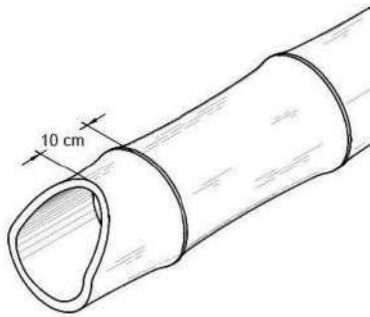
Corte boca de pescado: Corte cóncavo transversal al eje de la guadua, generalmente se utilizan para acoplar dos elementos de guadua.



Gráfica 9. Corte boca de pescado guadua

Fuente: tomado de NSR-10 .

Corte pico de flauta: Este corte se utiliza para acoplar guaduas que llegan diferentes a 0° o 90° , se puede hacer como una boca de pescado inclinado o con 2 cortes rectos.



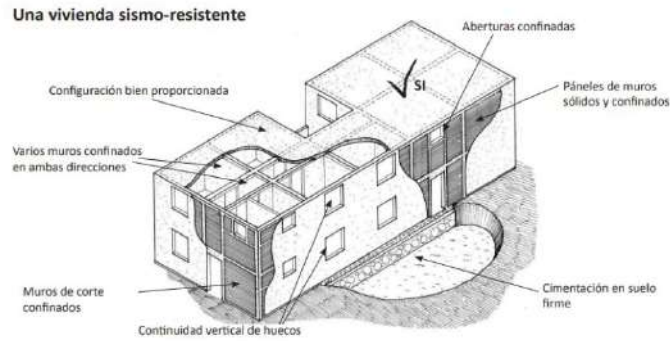
Gráfica 10. Corte pico de flauta guadua

Fuente: tomado de NSR-10 .

- **Mampostería confinada**

Es uno de los sistemas más utilizados en Colombia para la construcción de casa de 1 o 2 pisos, los elementos que la componen son muros mampuestos en ladrillo, columnas y vigas de carga y amarre, las cuales conforman muros estructurales bajo condiciones de simetría, continuidad de muros verticalmente y regularidad en planta, enfocándose más en un diseño estructural rígido capaz de brindar seguridad y no como un sistema capaz de garantizar óptimos y flexibles espacios.

Al ser un sistema empírico debe tener estudios básicos de cálculos estructurales, estudios geotécnicos y cimentaciones que por lo general se utilizan vigas de cimentación corridas. Este sistema además no permite tener vanos grandes ya que por normatividad NSR-10, la máxima capacidad de abertura en un muro es del 35% para no perder su capacidad monolítica entre los mampuestos, vigas y columnas que la conforman.



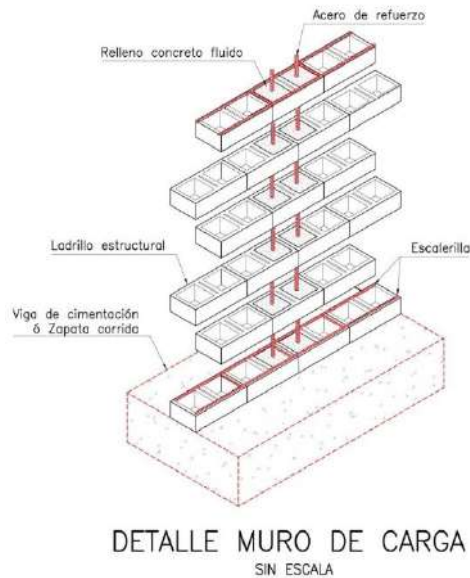
Gráfica 11. Vivienda en mampostería confinada

Fuente: tomado de Schacher, Hart y Moreno (2015).

- **Mampostería estructural**

Sistema con mayor porcentaje de uso en Colombia en viviendas unifamiliares o bifamiliares, descrito en la NSR-10, hace parte de un sistema estructural que no dispone de un pórtico esencialmente completo y en el cual las cargas verticales son resistidas por los muros de carga, y las fuerzas horizontales son resistidas por muros estructurales o pórticos con diagonales.

La función de estos muros es transmitir la carga del edificio al terreno, es necesario que estos muros tengan una cimentación, la cual debe ser más ancha en su base para evitar que estos se claven en el terreno, generalmente se utilizan zapatas lineales o zapatas corridas.



Gráfica 12. Isometría mampostería estructural

Fuente: elaboración propia

- **Sistemas constructivos industrializados**

Estructuras metálicas

En el título F de la NSR-10 se encuentra el reglamento aplicable para el diseño en estructuras conformadas en acero o aluminio soldados, atornillados o remachados. Este tipo de sistema ofrece una gran variedad y posibilidades de diseño arquitectónico por sus características estructurales, ya que permite obtener mayores luces, formas más orgánicas por lo tanto el diseño se vuelve más libre.

Este sistema en comparación con otros es más liviano, posibilitando un ahorro en cargas muertas del edificio, por lo tanto, permite reducir elementos tanto en la cimentación como en las vigas o columnas que conforman el edificio. Además, es un sistema muy rápido

de ejecutar debido a la capacidad de manejar varios frentes de trabajo a la hora de construir (losas, cerramientos, instalaciones, entre otras) haciéndolo más eficiente en tiempo con respecto a los sistemas constructivos convencionales. Finalmente, al tener una estructura consolidada se pueden hacer nuevas adaptaciones, ampliaciones y hasta desmontajes por la configuración de sus conexiones.



Gráfica 13. Edificio San Rafael Cali en estructura metálica

Fuente: tomado de Lenis (2021)

- **Sistema mano portable**

Este sistema está concebido para aumentar la productividad en masa de viviendas mediante formaletas de diferentes tipos de materiales: acero, madera o plástica con las que se encofra la totalidad de cualquier proyecto, formando un molde el cual sirve para hacer vaciado de concreto en sitio y re utilizarlo varias veces. El tamaño de estos elementos permite manejarlos manualmente sin necesidad de equipos especializados por lo que en temas de mano de obra y tiempos de ejecución de proyectos es muy factible.

Este sistema permite abarcar grandes dimensiones que son fundidas monolíticamente tanto muros como placas en concreto. Las instalaciones pueden ir embebidas en los muros

para luego fundir, o en buitrones destinados para este uso, finalmente cuando el concreto haya adquirido entre el 15 o 20% de resistencia se realiza el desconfrado de la formaleta o molde.

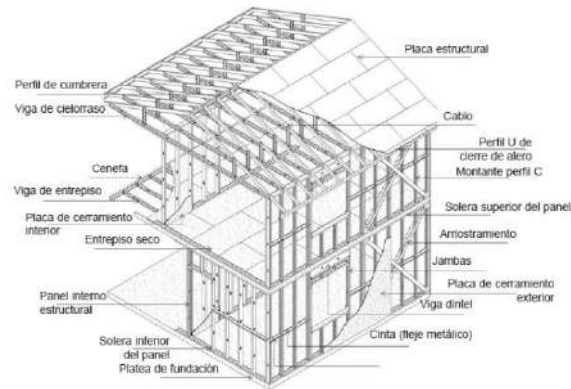


Gráfica 14. Vivienda en sistema manoportable

Fuente: tomado de Silva (2020).

- **Sistema constructivo en steel framing**

Debido a los avances tecnológicos y el gran crecimiento demográfico la industria de la construcción civil del mundo ha desarrollado sistemas más eficientes con los cuales pueda aumentar la productividad, disminuir el desperdicio y cubrir la creciente demanda. El sistema steel framing está constituido por perfiles de acero galvanizado, los cuales conforman la estructura para paneles estructurales y no estructurales también es conocido como sistema autoportante de construcción en seco.



Gráfica 15. Vivienda en sistema steel framing

Fuente: tomado Samaranho, Moraes (2006).

Los muros o cerramientos son llamados paneles estructurales o autoportantes, están compuestos por una gran cantidad de perfiles en acero galvanizado muy livianos. Los perfiles van separados según el cálculo estructural y la dimensión determinan la maduración del proyecto. Algunas de las ventajas que nos ofrece este sistema es la facilidad del anclaje y uniones, debido a que las perforaciones previas en los perfiles facilitan las instalaciones hidrosanitarias y eléctricas, además mejora los niveles de desempeño termoacústico que se logran por la combinación de materiales de cerramiento y aislamientos. Este tipo de construcciones minimizan la utilización de recursos naturales y los desperdicios.

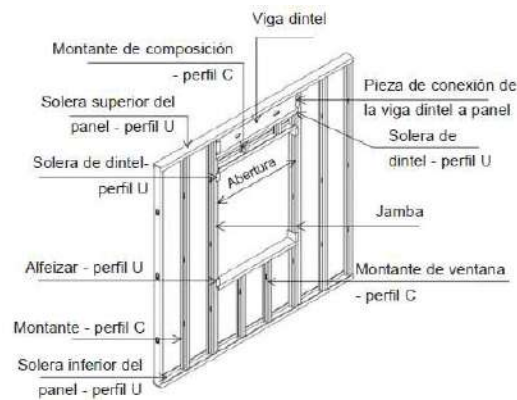


Figura 3.8- Diseño esquemático de un panel estructural con ventana

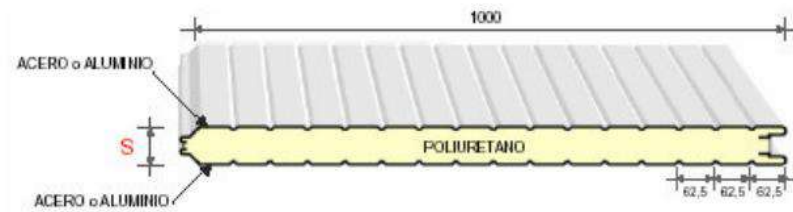
Gráfica 16. Esquema panel estructural con ventana en steel framing

Fuente: tomado de Samaranho, Moraes (2006).

- **Sistema constructivo para vivienda Metcol**

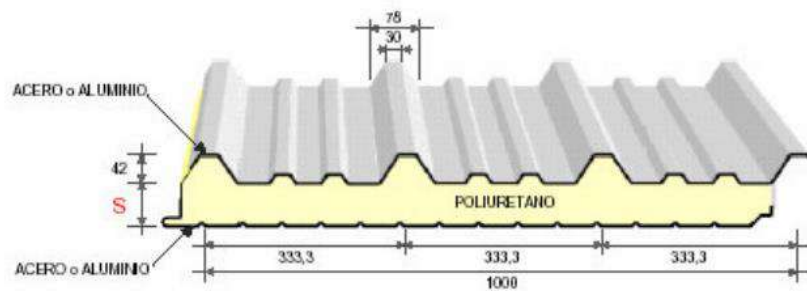
El sistema METCOL puede clasificarse como prefabricado e industrializado en situ, de acuerdo a la clasificación llevada a cabo por el Departamento de Ingeniería Civil y ambiental de la Universidad de los Andes en el año 2000 donde se recopiló y se hizo un inventario de los sistemas constructivos presentes en Bogotá como lo indican Robles & Castillo (2005).

Este sistema emplea paneles tipo sándwich compuestos por poliuretano expandido dentro de la lámina, perfiles metálicos y cubierta tipo sándwich (*véase gráfica 27 y 28*) los perfiles metálicos están anclados mediante pernos de expansión a la losa de concreto que sirve de cimentación. Los módulos de panel llegan al sitio pre acabados ofreciendo una buena percepción estética, además presentan aislamientos y protección para cualquier tipo de agentes naturales.



Gráfica 17. Esquema panel de muro sistema METCOL

Fuente: tomado de Robles & Castillo (2005).



Gráfica 18. Esquema panel de cubierta sistema METCOL

Fuente: tomado de Roble & Castillo (2005).

Los materiales son fáciles de transportar (por su peso ligero) desde la fábrica de producción hasta el sitio de construcción, el concreto utilizado en la base puede ser 10 a 15 centímetros en concreto reforzado con malla, dependiendo de los requerimientos estructurales.

Según Robles & Castillo (2005) En el caso de construcciones de varios pisos los paneles de muro pueden ser utilizados como entrepiso por su diseño previo que garantiza el comportamiento seguro del panel ante las cargas actuantes que generen esfuerzos de flexión y cortante en el material, así como los desplazamientos verticales,

Una de las ventajas de este sistema es la mano de obra que no necesita ser especializada porque es un sistema sencillo y repetitivo, así mismo no requiere un gran número de personal. Está estimado que unas cuadrillas de 6 personas pueden lograr alcanzar 500m² diarios en la obra lo que ayuda a reducir imprevistos y economizar tiempo.



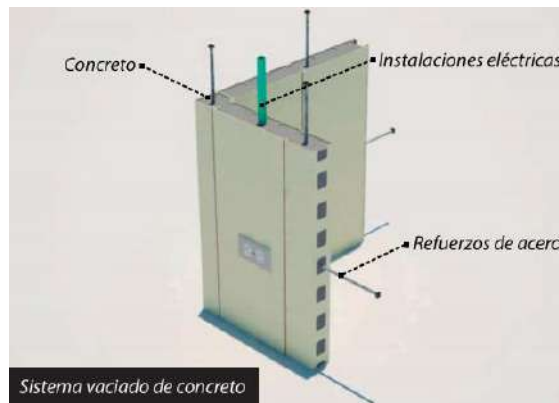
Gráfica 19. Vivienda en sistema METCOL.

Fuente: tomado de Metecno Colombia (2012).

- **Sistema constructivo RBS de Azembla**

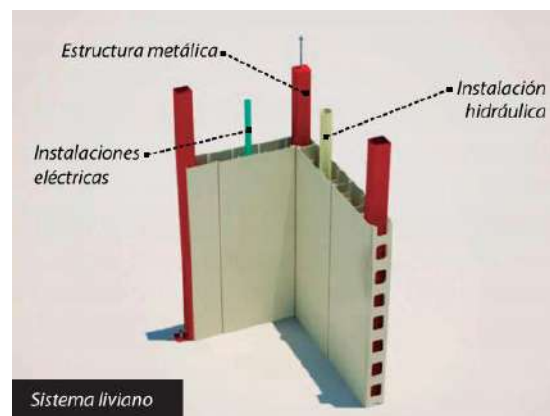
Este sistema constructivo permite acoplar una serie de paneles y accesorios en materiales termoplásticos para diseñar cubiertas y muros de una manera más rápida y eficiente que un sistema tradicional, sin necesidad de mano de obra altamente calificada,

reduciendo el uso de maquinaria pesada, dependiendo del requerimiento estructural y de diseño se puede utilizar paneles de espesor de 100mm o 64 mm.



Gráfica 20. Paneles vaciados en concreto

Fuente: tomado de Azembla (1997)



Gráfica 21. Paneles vacíos con estructura metálica RBS Azembla

Fuente: tomado de Azembla (1997).

Su versatilidad y resistencia permite que los perfiles puedan ser vaciados en concreto como una formaleta para la construcción de proyectos permanentes, la otra alternativa es usarlos como sistema liviano con paneles vacíos con refuerzos en estructura metálica, este sistema se acopla con otros elementos de Azambla como puertas, cubiertas y cercas en termoplásticos o PVC.



Gráfica 22. Vivienda en sistema constructivo RBS de Azembla

Fuente: tomado de Azembla (2019).

Este sistema permite construir hasta 5 pisos de altura tanto para vivienda, educación, industria, salud, campamentos y otros equipamientos el cual se adapta fácilmente, su versatilidad, calidad y variedad estética permite un sin número de diseños. Tiene un buen comportamiento climático ya que su material es resistente a la humedad, a microorganismos, a rayos UV, ignífugo y autoextinguible, aséptico y salinidad del mar adaptándose y protegiéndose de cualquier tipo de agentes naturales.



Gráfica 23. Edificio en sistema constructivo RBS de Azembla

Fuente: tomado de Aristizabal (2012).

Capítulo 3.

En el siguiente capítulo se exponen 4 estudios de caso de sistemas constructivos; casa Kilele de Univalle y Casa Vrissa edificadas en el marco del concurso Decathlon Solar, Z modular un grupo empresarial destacado en Estados Unidos por la construcción de módulos estructurales, VIMOB vivienda modular basada en el concepto de pre fabricación y ensamble. Los estudios se presentan en términos de la descripción del sistema, componentes, comportamiento estructural y proceso constructivo.

3.1 Casa Kilele Univalle

La Casa Kilele Univalle hizo parte de un proyecto diseñado para el concurso internacional Decathlon Solar que abordó la temática de las casas del futuro. El concurso constó de diez competencias (comunicación y conciencia social, sostenibilidad, funcionamiento, arquitectura, innovación, diseño urbano, eficiencia energética, ingeniería y construcción, consumo energético y confort) cada una con tres jurados que evaluaron las diferentes propuestas y premiaron a las tres mejores. El ganador del Decathlon Solar se definió por la cantidad de puntos o competencias ganadas en el transcurso de todo el evento.

Con el fin de generar una nueva propuesta innovadora la Casa Kilele Univalle optó por utilizar varias estrategias en el marco del sistema constructivo y la arquitectura, para lograr una vivienda que se adaptara a las diferentes superficies y a los entornos agrestes de la región pacífica, que en este caso fue el contexto o problemática planteada por concurso del Solar Decathlon 2019.



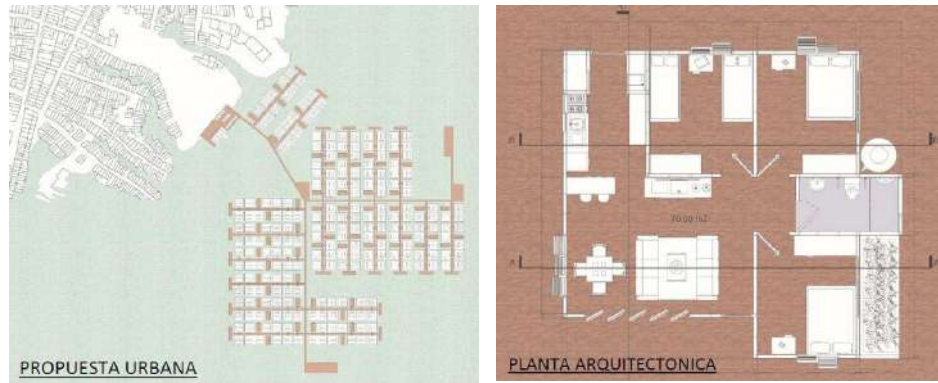
La Casa Kilele Univalle se desarrolló en una estructura palafítica, pues la mayoría de las edificaciones del pacífico que están construidas a cercanías del mar se cimentan en pilares profundos de madera para aislarse del suelo húmedo y de las mareas. Estas viviendas hacen parte de un contexto cultural que identifica a la comunidad de la región Pacífica y se ha transmitido por generaciones el conocimiento de la implementación de este tipo de construcciones en la zona.



Gráfica 24. Agrupación de las viviendas Kilele

Fuente: tomado de Casa Kilele (2019)

El proyecto se diseñó pensando en La Barra Buenaventura, fue una propuesta urbana ubicada en el mar, sobre palafitos de madera, con plataformas estructuradas en steel framing que sirven como base para las viviendas y a su vez como corredores peatonales.



Gráfica 25. Planta arquitectónica y urbana

Fuente: tomado de Casa Kilele (2019)

3.1.2 Sistema estructural

El sistema estructural de la vivienda fue construido en steel framing que consta de perfiles en acero galvanizados, doblados por una máquina en frío y su forma de transmisión de las cargas es de manera axial. Asimismo, estos perfiles se dividen en dos tipos: parales (sentido vertical) y canaletas (sentido horizontal) los cuales se fijan por medio de tornillos conservando siempre una distancia específica entre ellos para dar un mejor soporte y seguridad al sistema.

El sistema steel framing permite construir una plataforma completa en el suelo para después elevarla e instalarla sobre la parte superior de los muros, dando la posibilidad de tener otro piso y replicar el mismo procedimiento para tener un edificio de varios niveles. Algunas características que identifican la eficacia del steel framing están ligadas al tiempo y al costo de la mano de obra, pues el tiempo de construcción con estos elementos se reduce,

ahorrando los recursos económicos que podrían verse afectados si la obra se llevara a cabo durante más tiempo y reduciendo así el pago por día trabajado.

Otro aspecto importante es el método de construcción, porque el sistema posibilita ensamblar las partes desde el taller y trasladarlas hacia la obra, este modo de prefabricación ayuda a solucionar la problemática de espacio en las obras, en caso de que no se pueda almacenar material o ensamblar las piezas. Además, reduce el tiempo de construcción del edificio, ya que, solo se tendría que instalar las piezas completas.

Por otro lado, si las condiciones en obra son las adecuadas para ensamblar las piezas en situ, contribuye a dar soluciones inmediatas a imprevistos en las obras al no esperar para intercambiar una pieza defectuosa. Un aspecto clave de la prefabricación, es la construcción de módulos en los talleres de ensamblaje, esto abre la posibilidad de llevar a obra módulos completos desde el sistema estructural hasta los cerramientos, aumentando la velocidad y tiempo de construcción del proyecto a realizar.

En relación con su estructura, posee varias características significativas: el sistema steel framing es resistente a la tensión y compresión, dado que, distribuye equitativamente la carga axial otorgando un mayor control frente a los esfuerzos mecánicos que se puedan acontecer. Otra característica de la estructura es su cimentación, debido a que la reducción de esta, permite aligerar aún más la edificación y también facilita la construcción en terrenos deficiente.

Quizás el aspecto más importante de este sistema es el alto grado de precisión que se puede conseguir desde su diseño, asegurando la disminución del desperdicio de material en obra, aspecto que marca la diferencia en gran manera frente a otros sistemas constructivos, además que el material de la estructura es un elemento duradero, resistente a patologías biológicas, resistente al fuego y se puede reciclar.

Aunque tiene características muy positivas, también posee su lado negativo, en este caso el material en acero es altamente conductivo, creando puentes térmicos al no estar bien instalado, disminuyendo el aislamiento al interior, abriendo la posibilidad del ingreso del calor exterior al interior, en zonas de alta incidencia solar. Otro aspecto desfavorable es la falta de mano de obra calificada y la ausencia de empresas que distribuyan y comercialicen este material en algunos sectores del país.

El sistema también afronta una percepción negativa con referencia a su material, pues culturalmente se piensa que es un elemento frágil debido a su calibre o espesor de la lámina del perfil, también se deduce que es un elemento débil cuando es expuesto al fuego, y para finalizar se piensa que es un material bastante dispuesto a las vibraciones y a la fracturación de su cuerpo.

Como ejemplo de especificaciones técnicas, se tiene los siguientes datos; el material que compone el perfil es de Acero Galvanizado (ASTM A653 JIS G3302) , el esfuerzo de fluencia mínima es de $F_y = 340 \text{ Mpa}$ (50ksi) grado 50, con esfuerzo mínimo a la tensión de $F_u = 450 \text{ Mpa}$ (65ksi) y la especificación de la fabricación NTC 568.



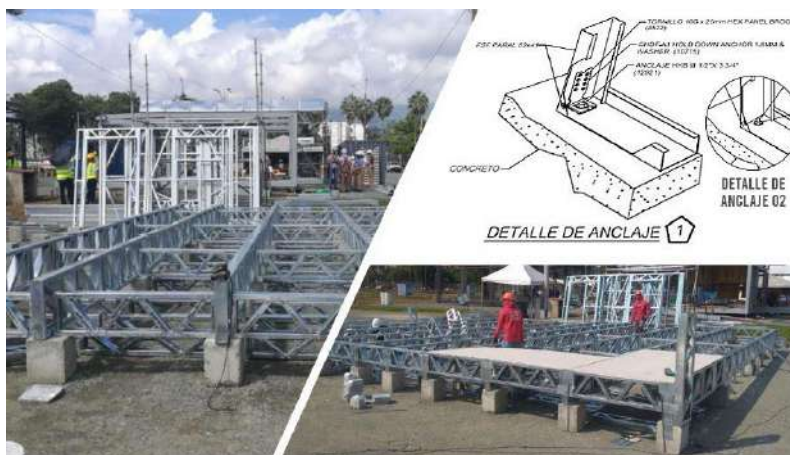
Dentro de las características del perfil desarrollado por Fanalca se encuentra que, por un lado, se puede seccionar conforme a la necesidad del proyecto, disminuyendo el desperdicio y, por otro lado, ya posee los agujeros perforados desde la fábrica, aumentando así la rapidez de la instalación del perfil. Además, manejan un solo perfil lo que permite un ensamble más sencillo, y que poseen extremos reducidos facilitando el anclaje en los canales. También tiene la opción de marcar las piezas para facilitar la ubicación en el montaje de la estructura.

El sistema steel framing se concibe en cinco pasos. El primer paso es diseñar el edificio, después se continúa con el segundo paso el cual consiste en ingresar el modelo a un software que diseña la estructura, la calcula y la detalla, para así proseguir al paso tres que sería la producción de los perfiles en una máquina que corta a la medida, adicionan las perforaciones y marca los perfiles según su ubicación en la estructura. El paso cuatro sería el ensamble de la estructura para finalizar con el paso cinco la instalación de los paneles y cerramientos del edificio.

3.1.3 Diseño estructural

La cimentación que se utilizó en la Casa Kilele Univalle para el concurso Solar Decathlon 2019 es diferente a la que se tenía desarrollada en la propuesta para La Barra Buenaventura, ya que el concurso se realizó en la ciudad de Cali, y por ende no sería necesaria este tipo de cimentación palafítica, más bien, se desarrolló una cimentación superficial, que emulaba las superficies palafíticas, y consisten en dados de concreto de 20x20x30 cm, que de cierta manera generaba un aislamiento del terreno.



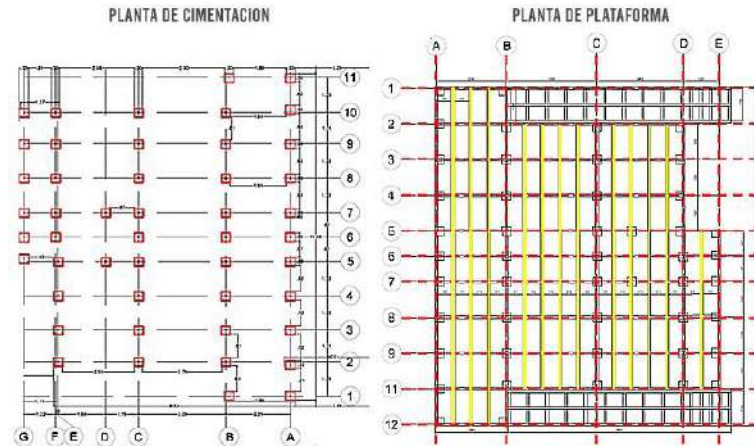


Gráfica 26. Proceso de ensamblaje casa Kilele

Fuente: tomado de Casa Kilele (2019)

Las vigas en cercha se fijan a la cimentación por medio de unas pletinas en ángulo, que amarra el paral con la canal y esto a su vez se perna con la cimentación, como sucede en el detalle de anclaje 01, (véase gráfica 36). Después de fijar todas las vigas estructurales a la cimentación, se obtiene la plataforma, en la cual se empezará a fijar los muros de cerramiento.

Tanto la cimentación como la plataforma poseen cinco ejes verticales y doce ejes horizontales, en las intersecciones de cada eje se dispone un dado de concreto de 20x20x30cm salvo en la zona donde se encuentran ubicadas las rampas de accesos, más exactamente en la cara de la rampa que da hacia el exterior.



Gráfica 27. Planta de cimiento y plataforma

Fuente: tomado de Casa Kilele (2019)

Las vigas en cercha posibilitan una mayor resistencia a la carga, y aportan ligereza al peso final de la estructura, gracias a que su trama triangular evita su deformación y aumenta la capacidad resistencia y rigidez a diferencia de una viga convencional maciza de las mismas proporciones, que estaría proporcionando más peso a la estructura para casi lograr los mismos resultados.

Cabe resaltar que la viga cercha se compone del mismo perfil de acero hasta para formar las diagonales, logrando una modulación efectiva y un mayor control del desperdicio del material. Debido a las características del sistema steel framing, de ser duradero, sencillo, adaptable, resistente, de ser un sistema de construcción en seco, su facilidad de modulación, de armado y la rapidez de su construcción, es un sistema muy calificado para el diseño y la construcción de la Casa Kilele Univalle.



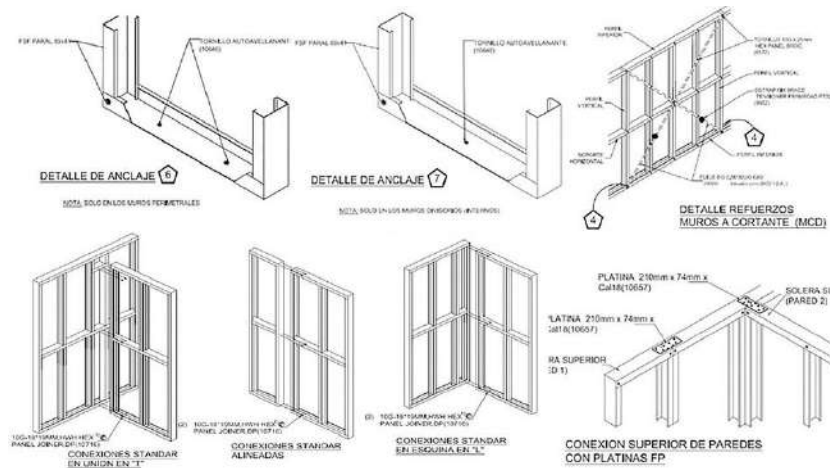
Gráfica 28. Proceso de armado de viguetas

Fuente: tomado de Casa Kilele (2019)

Los muros estructurales poseen diagonales en su composición que brindan rigidez a los paraleles, y a su vez otorgan resistencia frente a las cargas horizontales. Los paraleles y las canales se anclan a las vigas estructurales de la plataforma por medio de unos tornillos autoavellanantes (véase gráfica 36 y gráfica 38) para convertir todo en una sola estructura.

En los muros divisorios, en la parte de las canales, solo se coloca un tornillo autoavellanante para fijarlo a la plataforma, a diferencia de los muros de cerramiento que se les coloca dos o más tornillos avellanados dependiendo de la distancia entre paraleles. Las conexiones entre muros se hacen por medio de tornillos autoavellanantes, al unir paral con paral o paral con canal en el caso de muros en “T”. Al momento de hacer la conexión entre

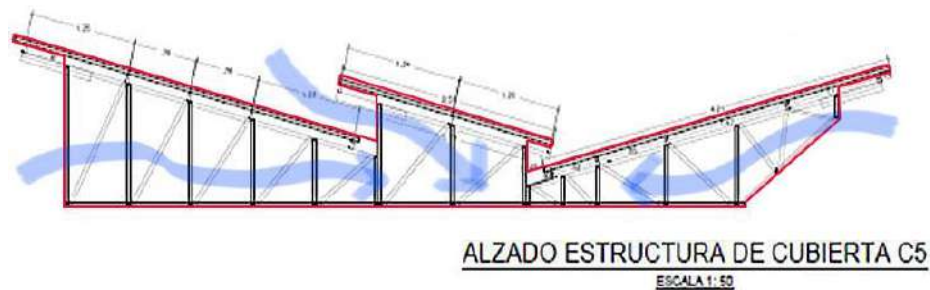
muros en la parte superior, se debe fijar con platinas FP las canales superiores para hacer un adecuado empalme.



Gráfica 29. Proceso de armado de muros de cerramiento

Fuente: tomado de Casa Kilele (2019)

La cubierta se realiza en forma de cercha, al igual que la plataforma con el fin de cumplir una gran luz de longitud y configura su forma inclinada en tres alturas diferentes para permitir el acceso de la ventilación natural del lugar.



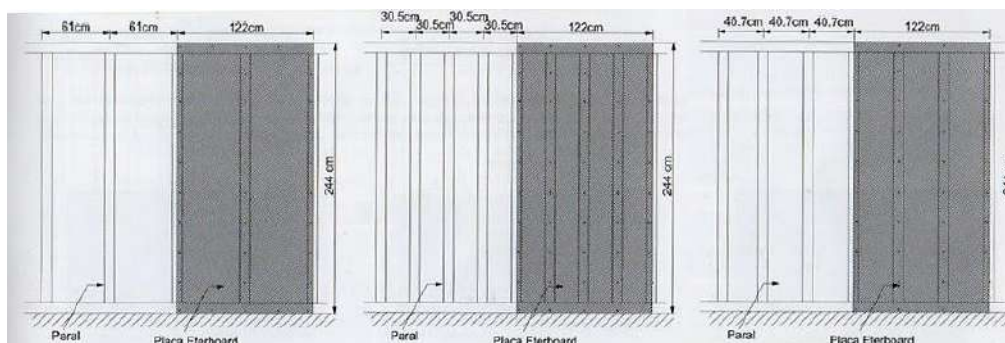
Gráfica 30. Ventilación cruzada en cubierta

Fuente: tomado de Casa Kilele (2019)

3.1.4 Sistema de modulación y cerramiento

La Casa Kilele Univalle está diseñada con un patrón de modulación que parte de las medidas de las placas o paneles comerciales de 122cm x 244cm y sus diferentes subdivisiones, para lograr un prototipo universal que pueda construirse en cualquier parte del mundo, teniendo en cuenta que estas medidas son estándares internacionales.

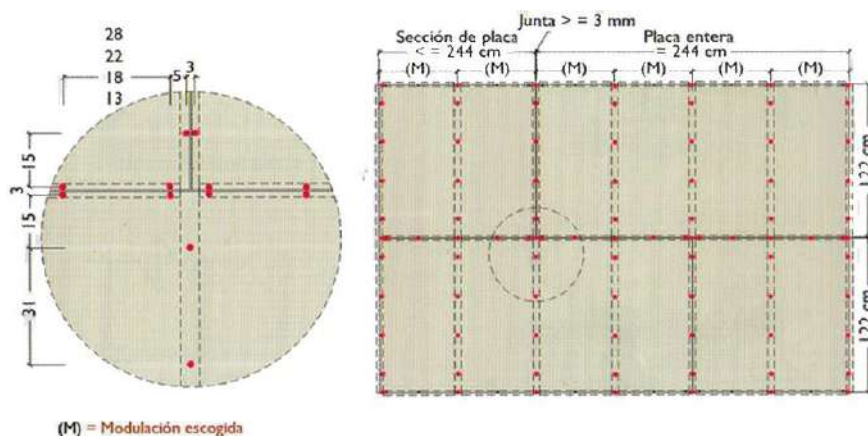
La modulación de los parales verticales se diseña según la disposición de la placa, y para esto existe una mínima y máxima separación de los parales entre sí, siempre midiendo desde el eje central del perfil. La mínima separación es de 30,5cm (12”), la placa se soporta en cuatro parales, teniendo en cuenta que la mitad de los parales de los extremos forman un paral. La separación intermedia que es la más utilizada, está dispuesta a 40,7cm (16”), fijándose a tres parales, dos parales completos y las mitades de dos parales. Para finalizar, la máxima distancia entre parales es de 61cm (24”), en este caso la placa está fija a un paral en el medio y las mitades de dos parales dispuestos en los extremos.



Gráfica 31. Distanciamiento de puntos de apoyo

Fuente: tomado de Casa Kilele (2019)

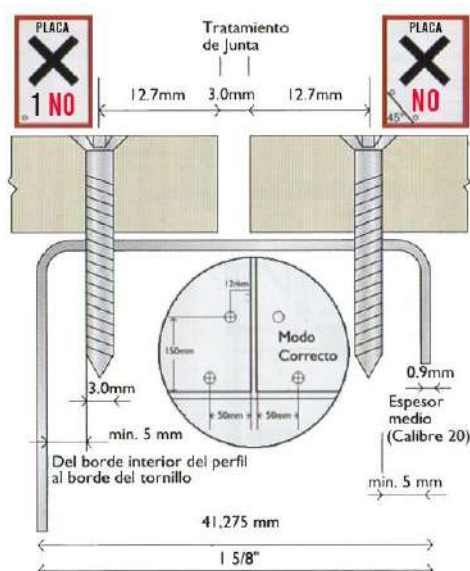
La modulación de la placa en posición horizontal presenta las mismas separaciones entre paraleles, pero aparece una nueva subdivisión de 48,8cm (19,2”), la placa se fija a cinco paraleles, cuatro paraleles completos y a la mitad de dos paraleles al extremo. La disposición de los tornillos tanto en la placa horizontal como en la vertical deben estar fijados de manera perpendicular a la lámina o perfil de acero para cumplir los estándares y exigencias del sistema.



Gráfica 32. Puntos de fijación en placa

Fuente: tomado de Casa Kilele (2019)

En cuanto a la fijación de los tornillos autoavellanantes, deben estar dispuestos en las esquinas formando una “L” a una distancia mínima de 5 mm del borde interior del perfil de acero, para no afectar el dobléz de la estructura del perfil y nunca fijar los tornillos a 45° con referencia a las esquinas de las placas, para así evitar fracturas en el material. En el caso de la fijación en la canal dejar una distancia mínima de 50 mm con relación al paral en sentido horizontal, y con respecto a la fijación en el paral de sentido vertical se debe dejar mínimo 150 mm con relación a la canal.



Gráfica 33. Detalle de fijación en placa

Fuente: tomado de Casa Kilele (2019)

El cerramiento de la Casa Kilele Univalle es en placas de fibrocemento al exterior y en las zonas húmedas, y placas de panel yeso al interior de la vivienda. Para el prototipo se instalaron cuatro tipos de placas, placa estándar GYPLAC de 122cm x 244cm x 9,5 mm de espesor, con cintas de papel micro perforado de alta resistencia para el tratamiento de juntas y masilla especial para cubrir las juntas, también se utilizó placa GYPLAC de 122cm x 244cm x 15,9 mm de espesor con el mismo tratamiento de juntas que la placa estándar. La tercer placa que se utilizó es la placa extradura GYPLAC de 122cm x 244cm x 15,9 mm de espesor con el mismo tratamiento de juntas, por último se usó SUPERBOARD en enchape y el estándar de 122cm x 244cm x 10 mm de espesor.



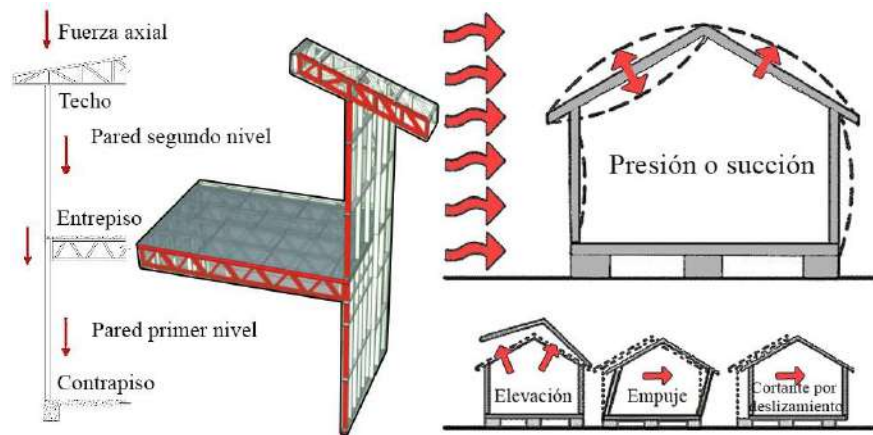
Gráfica 35. Fachada en placa de fibrocemento en acabado de madera

Fuente: tomado de Casa Kilele (2019)

La cubierta está compuesta por una teja de PVC, otra parte en teja ondulada de fibrocemento libre de asbesto y aditivos de control térmico, con traslapo de 5cm, fijados con pernos. Para generar sombra y proteger las fachadas de la lluvia se dispone unos aleros perimetrales con una distancia de 50 cm y en la parte baja de la cubierta se instalaron unas vigas canal para la recolección de aguas lluvia.

3.1.5 Comportamiento estructural

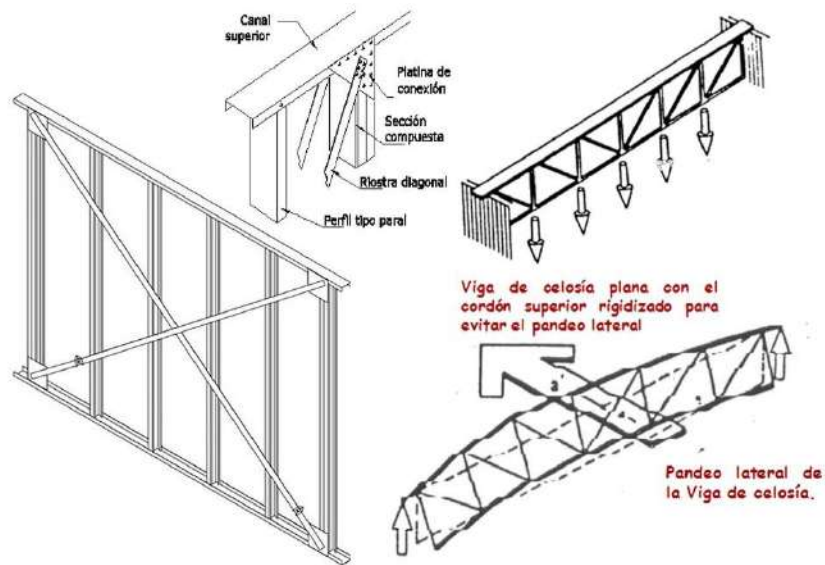
El sistema estructural steel framing distribuye las cargas de manera uniforme por medio de los parales y las canales, de forma axial y continua, se evita siempre la interrupción de los sistemas portantes, ya que esto debilita la estructura perdiendo así su rigidez y resistencia. El sistema funciona como un muro estructural el cual tiene mucha resistencia ante los empujes horizontales, evitando deformaciones en su sentido longitudinal. El Sistema steel framing cumple con las características de la Normativa de Sismo Resistencia (NSR10), volviéndola apta para la construcción de edificios en zonas con alta probabilidad de movimientos sísmicos.



Gráfica 36. Tipos de esfuerzos en movimientos sísmicos

Fuente: tomado de Casa Kilele (2019)

Las cargas por viento crean un empuje horizontal que puede generar pandeo sobre la superficie de las placas, proyectándose hacia la estructura al no distribuirse los parales de forma eficiente para crear la rigidez adecuada. Para reforzar los muros estructurales se utilizan diagonales bien sea con parales apuntalados o con listones de láminas de acero galvanizado, para aportar rigidez y consolidar la estructura como un solo elemento sólido. Al igual que los muros, las vigas se pueden arriostrar con los listones de lámina de acero galvanizado, para aportar al entrepiso o la cubierta la suficiente resistencia para prevenir el pandeo lateral



Gráfica 37. Tipos de esfuerzos

Fuente: tomado de Casa Kilele (2019)

3.1.6 Proceso constructivo

El proceso constructivo que se llevó a cabo en el prototipo de la Casa Kilele Univalle inició desde la parte del diseño y modelado 3D de la estructura, con el fin de organizar y distribuir las piezas que conforman el sistema constructivo de la casa, para tener una visualización más acertada de las cantidades de material que se necesitan para la elaboración de la vivienda. Después de enviar a producción los perfiles de acero galvanizado, se diseñó una ruta de instalación de los perfiles en obra, en el marco del concurso Solar Decathlon, con el objetivo de construir la vivienda en el menor tiempo posible, dado que solo se podía construir en unos tiempos determinados por el concurso y con el límite de tres semanas.

En la primera semana se hizo el replanteo del terreno, se midió y se marcó los ejes donde se ubicaría la cimentación. A medida que pasaban los días, se ingresaba la perfilería y los paneles, para empezar con el armado de las vigas de cimentación en steel framing, para así poder consolidar la plataforma. Todo el proceso de armado de los muros estructurales, las vigas y las cubiertas, como también los cerramientos, se hicieron en obra para lograr un proceso de aprendizaje para los estudiantes mientras avanzaba la obra.

La segunda semana después de tener consolidada la plataforma se inició con la instalación de los muros ya prefabricados en obra, disminuyendo el tiempo de construcción, debido a que mientras se edifica la plataforma, se armaban los módulos de los muros paralelamente. El proceso de anclar los muros a la plataforma demoró todo el día, pero paralelamente se fabricaron las cerchas de la cubierta con el fin de instalarlas cuando se terminará de anclar los muros.

Para la tercera semana se tuvo armada toda la estructura en steel framing y se procedió a instalar los cerramientos, la carpintería y la cubierta, al mismo tiempo se trabajó con los acabados finales de los muros y pisos para después instalar los muebles de la cocina y del baño para dar por terminado el prototipo de vivienda Casa Kilele Univalle.

3.2 Casa Vrissa Sena

Este proyecto es un tipo de vivienda sostenible presentado en el concurso Solar Decathlon por estudiantes y profesores del Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) quienes diseñaron una vivienda pensando en el contexto social y geográfico de La Barra -



UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE ARTES INTEGRADAS
ESCUELA DE ARQUITECTURA

Buenaventura un lugar afectado económicamente por la pobreza y condiciones de vida precarias, además de ser una zona de difícil acceso y con posibilidades de inundación del suelo por su cercanía al mar y por un fenómeno denominado por ellos como la purga, el cual trata del crecimiento del nivel del mar debido al calentamiento global.

Bajo todas estas circunstancias y más, el equipo pensó en una estructura la cual se adaptara a estas condiciones mediante materiales sostenibles y amigables con el medio ambiente, cimentaciones palafítica, una construcción liviana y en seco de fácil ensamble y transporte, sobre todo que asequible para cualquier tipo de usuario ya que esto les permitía no solo adaptarse a esta condición sino a cualquier otra.



Gráfica 38. Concurso solar decathlon exposición casa Vrissa Sena

Fuente: casa Vrissa SENA (2019)

3.2.1 Descripción del sistema

Para este proyecto de vivienda implementaron un sistema estructural en acero laminado galvanizado (hierro, piedra caliza y carbón), este material permite una facilidad a la hora de diseñar espacios con amplias luces y una fácil modulación de ellos, mediante

uniones apernadas con acero galvanizado y soldadas con platinas y ángulos metálicos garantizando la continuidad de la estructura, permitiendo una modulación flexible tanto para el piso, muros y cubierta.



Gráfica 40. Conexiones metálicas



Gráfica 39. Placa base metálica de cimentación

Fuente: casa Vrissa SENA (2019)

La cimentación fue implementada con una placa de base metálica con una varilla roscada que permite nivelar manualmente la estructura (*véase gráfica 50*) aislarse del suelo, el proyecto estaba pensado para cualquier tipo de suelos y para adaptarse rápidamente a las condiciones del suelo y soportar puntualmente las cargas de la vivienda.

3.2.2 Componentes del sistema

A este sistema lo componen columnas y vigas metálicas tubulares en acero laminado galvanizado y adicionalmente unas correas con una subestructura en perfiles más livianos para soportar los cerramientos, cubierta y los demás sistemas implementados en esta vivienda. Las conexiones son un elemento importante en este sistema ya que permiten darle continuidad a la estructura; están compuestas por una platina metálica soldada a la tubería estructural, la cual es pernada a una conexión fija que va soldada con la columna.

Otro tipo de conexión es mediante ángulos metálicos soldados a las vigas principales de carga, donde se conectarán las viguetas de entrepiso, las correas de la cubierta y algunos elementos estructurales livianos para los cerramientos y otros sistemas. Con respecto a la cimentación la componen una placa base metálica la cual estabiliza la estructura y una varilla roscada de alto calibre y resistencia que se encarga de nivelar la estructura y aislarse o adaptarse a cualquier tipo de terreno.

3.2.3 Comportamiento estructural

Este sistema de pórticos en acero distribuye las cargas equitativamente ya que la distancia entre columnas es aproximadamente igual y el dimensionamiento es el mismo para todos los casos. La sencillez de este sistema hace que sea uno de los más utilizados actualmente, ya que la resistencia del acero es mayor a cualquier otro sistema estructural permitiendo una flexibilidad en el diseño y optimización de todos los sistemas de la vivienda. Además, posibilita construir hasta 5 pisos, ya que cuenta con una certificación del reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10 adaptándose a grandes proyectos de vivienda tanto vertical como horizontalmente.

3.2.4 Proceso constructivo

El proceso de ensamble comienza con un punto fijo central que llega prefabricado al sitio del que se desprenden los demás elementos estructurales, ahí se puede evidenciar un problema a la hora de ubicar este punto fijo en su respectiva cimentación, ya que se necesita maquinaria y mano de obra especializada, además de ser algo complejo de transportar.

Luego de tener el punto fijo ubicado se procede a la conexión de vigas y columnas mediante pernos de acero galvanizado que van uniendo platinas y ángulos soldados en los elementos estructurales, esto permite la continuidad de la estructura formando el esqueleto completo de la vivienda, dicha estructura no sobrepasa las 9 toneladas. El siguiente paso es armar la subestructura que igualmente es en acero galvanizado de menor calibre donde irían soportadas las instalaciones, cerramientos, cubierta y otros sistemas que podrían componer una vivienda de este tipo.



Gráfica 41. Proceso constructivo casa Vrissa del Sena

Fuente: casa Vrissa SENA (2019)

3.3 Z Modular

Z Modular es una empresa estadounidense que incursiona en la construcción de módulos estructurales, innovando en los procesos y enfatizando en la precisión como una de sus cualidades más grandes frente a la competencia. La empresa diseña edificios a la escala requerida por el cliente, garantizando calidad, precisión y monitoreo en cada uno de los

procesos. La producción de los módulos se realiza en sus fábricas, ubicadas en Chicago Illinois, bajo un estricto control de calidad en los procesos.



Gráfica 42. Fachada sistema Z modular

Fuente: tomado de precisión HSS connection system (2015)

Z Modular presenta un ecosistema de construcción que involucra los procesos de fabricación con el trabajo en equipo y la tecnología para garantizar la precisión en cada paso, logrando un resultado de calidad inalcanzable para la construcción en obra. La empresa trabaja con un sistema patentado, creado por Julian Bowron de Toronto Canadá, que se llama VECTORBLOC el cual se desarrolla mediante unas conexiones en acero de alta resistencia y tuberías de metálicas del mismo material, para construir edificaciones altas sin ningún inconveniente en el proceso.

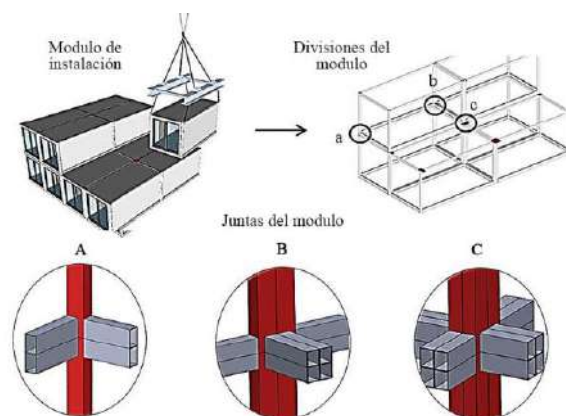
3.3.1 Descripción del sistema

VECTORBLOC es un sistema modular que inicia desde su conexión patentada en forma de “L”, que se conecta a los perfiles tubulares de acero de alta resistencia por medio de un sistema machihembrado el cual se fija con pernos de alta resistencia a la tensión,

también posee unos orificios roscados para conectar una pletina que permite acoplar el módulo con otro, ya sea de manera horizontal o vertical.

En la parte superior de la conexión en “L” se forma un espacio ahuecado para el ingreso de un tubular cuadrado formando así los pilares de la estructura. La conexión brinda la capacidad de acoplarse a otra de menor tamaño para aumentar las dimensiones de las vigas tubulares en el caso que se requiera para mejorar la resistencia del edificio.

Las vigas y los pilares tubulares en acero de alta resistencia conservan las mismas dimensiones dependiendo del tipo de conexión, la conexión inferior del módulo tipo A es más alta en el eje horizontal que la tipo B, por ende las vigas tienen una mayor altura proporcionando mayor capacidad de carga. Las dimensiones de los pilares conservan el mismo tamaño en ambas conexiones. El tubular del pilar es de tipo cuadrado con perforaciones en los extremos para fijarlas a la conexión por medio de tornillos de alta resistencia.



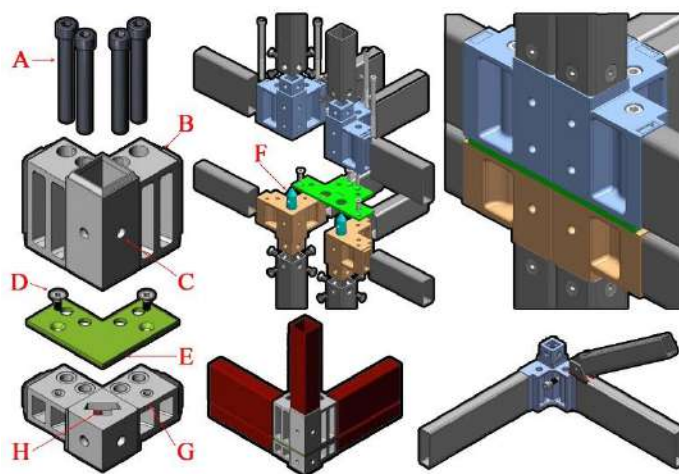
Gráfica 43. Configuración del sistema portante

Fuente: tomado de precisión HSS connection system (2015)

El sistema permite apilar muchos módulos conectándose entre sí, para crear una estructura más sólida compuesta por varios pilares y vigas en un solo punto. A simple vista parece un solo elemento estructural debido a la precisión de las conexiones que no deja ni un milímetro de espacio entre estas, enrasando casi perfectamente sus superficies.

3.3.2 Componentes del sistema

El sistema estructural está compuesto de varias piezas, empezando por la conexión que se subdivide en un sistema de partes (*Véase gráfica 55*) pernos de tensión (A), conexión VECTORBLOC inferior (B), punto de conexión para accesorios (C), perno para platina de refuerzo (D), platina de refuerzo (E), pasador cónico para acople de accesorios (F), conexión VECTORBLOC superior (G), agujero roscado para anclar el pasador cónico (H).

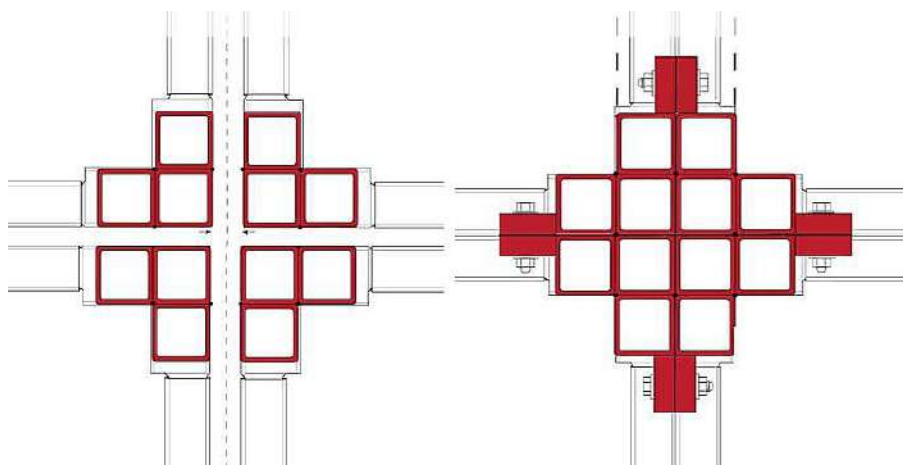


Gráfica 44. Detalle de fichas de armado

Fuente: tomado de precisión HSS conection system (2015)

Otro componente de la estructura son las vigas tubulares, que dependiendo del tipo de conexión superior o inferior es la altura del perfil y al acoplarse con la conexión superior

crea una viga de mayor altura. Los pilares tubulares de perfil cuadrado también hacen parte del sistema, el tamaño de este elemento es de 10cm x 10cm, este tipo de pilar es el mismo en toda la estructura y se puede acoplar con otros para formar un cuerpo de mayor proporción.



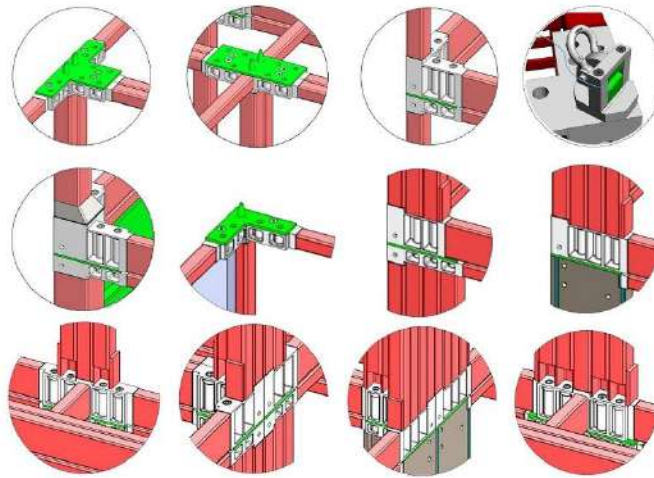
Gráfica 45. Agrupación de pilares metálicos

Fuente: tomado de precisión HSS conection system (2015)

Existen varios accesorios que permiten incrementar la capacidad de la estructura, por ejemplo, las diagonales que se fijan entre la conexión y la viga, como también láminas colaborantes o pletinas que unen varios pilares para crear uno solo. La pletina de refuerzo que une las conexiones, se subdivide en tres tipos, con forma de “L”, con forma en “I”, con forma de “T” y con forma en cruz.

También existe un acople para pilares que permite el cambio de tamaño a uno de menor dimensión, ideal para los últimos pisos o en partes donde no se requiera un perfil de mayor resistencia. Con el fin de transportar el módulo completo y elevarlo para poderlo instalar sobre otro, se emplea una conexión especial que hace parte del accesorio o conector

inferior, el cual se instala por medio de un agujero en la parte superior girando el elemento hasta quedar fijo.



Gráfica 46. Conexiones del sistema Z modular

Fuente: tomado de precisión HSS connection system

3.3.3 Comportamiento estructural

La estructura desde su base es un entramado de perfiles tubulares que crean marcos o pórticos formando un solo elemento estructural, reforzado con riostras y diagonales en puntos específicos para crear más rigidez y controlar la torsión del edificio. Las conexiones VECTORBLOC no son una limitación para aumentar la capacidad de la estructura debido a que se pueden conseguir conexiones de 4 pulg, 6 pulg y 10 pulg, que permiten el uso de perfiles con mayor dimensiones y capacidad.

Cuando los perfiles en acero de alta resistencia se sueldan a las conexiones se crea una unión a momento que resiste el empuje lateral en todas las direcciones. La pletina que une la conexión inferior con la superior tiene dos pines que impide que los perfiles tubulares

se abran en las uniones y crea un diafragma que permite una rotación controlada en caso de movimientos sísmicos para impedir la fractura de los perfiles.

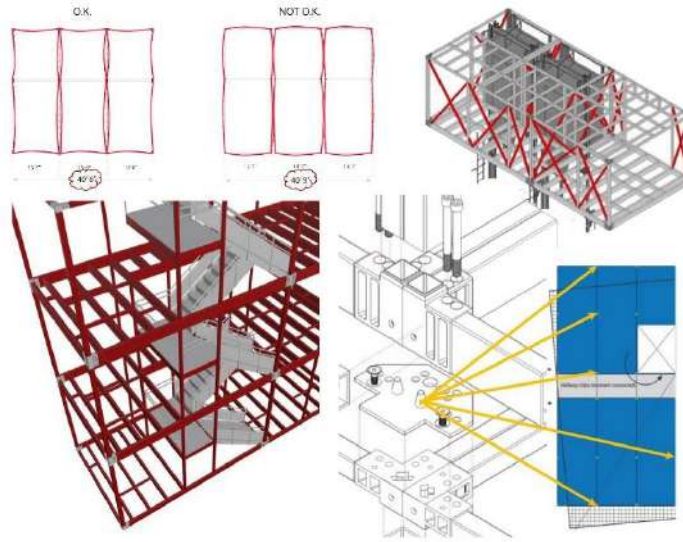
Los pilares dependiendo de la altura del edificio, se pueden aumentar de manera horizontal para aportar más resistencia a las fuerzas axiales e ir disminuyendo conforme se avanza a un módulo superior. Los puntos fijos son módulos independientes con reforzamiento de diagonales en el caso de los elevadores, y las escaleras solo llevan el sistema convencional frame pero con una viga soldada en la mitad para fijar los descansos intermedios de la escalera.



Gráfica 47. Tipos de esfuerzos en movimientos sísmicos

Fuente: tomado de precisión HSS connection system

Los balcones tienen un acople especial que permite anclarse a la conexión superior por medio de un tubular circular de menor tamaño y en la parte inferior se acopla una plataforma con perfiles metálicos que se apertan a la conexión inferior.



Gráfica 48. Conformación del punto fijo escalera y ascensor

Fuente: tomado de precisión HSS connection system

3.3.4 Proceso constructivo

El proceso constructivo se define bajo cuatro elementos; planificación, diseño, fabricación e instalación. La planeación Z Modular genera estimaciones rápidas sobre la magnitud del proyecto, gestiona el proyecto desde el concepto hasta las certificaciones necesarias como también los permisos de construcción, hace una cotización simple de las cantidades de material que se va a utilizar en la elaboración del proyecto y coordina la obra por medio de software llamado procore.

Mediante el diseño optimiza los edificios para brindar una construcción modular precisa, también por medio del software especifica todos los acabados y muebles para garantizar exactitud en el presupuesto. Z Modular provee planos listos para construir, convenciones esquemáticas, el diseño completo, configuraciones de módulos

personalizables, alturas de techos y lista de materiales con precios respaldada por contratos de suministros nacionales.

La fabricación es la pieza clave de la empresa, debido a que se construye todo desde las fábricas de Z Modular con una precisión excepcional en la que se utilizan equipos patentados y cuentan con una gran experiencia operativa de fabricación apadrinada por Zekelman Industires, empresa que lleva más de 150 años de experiencia en la fabricación de perfiles metálicos, garantizando la calidad del sistema.

Las mayores características de fabricación que provee Z Modular es la producción automatizada para líneas de tiempo comprimidas, gestión integral de materiales y logística, equipamiento completo del módulo y el gran compromiso de las entregas a tiempo de todos los componentes.

Para finalizar, la instalación del módulo en obra se hace en cooperación con Heyes una empresa aliada que se encarga de toda la construcción in situ y la instalación del edificio, eso incluye coordinación y gestión, entrega de módulos justo a tiempo, apilamiento de los módulos y refinamiento.

3.4 VIMOB Arquitecto Andrés Lerma, (Arquitectura en acero)

VIMOB nace de la idea de generar un refugio en un terreno de difícil acceso; un lugar donde la construcción tradicional sería limitada por transporte de materiales y mano de obra. Es una vivienda modular basada en el concepto de prefabricación y ensamble capaz de



albergar los espacios esenciales de una construcción tradicional en un prototipo, práctico, flexible, atractivo y moderno. Se estructura a partir de módulos cuidadosamente estudiados, que se articulan con armonía y sobriedad en una atmósfera acogedora, proporcionando el disfrute del entorno y brindando una imagen de alto standing (*véase gráfica 60*)



Gráfica 49. Proyecto VIMOB

Fuente: tomado de Lerma F.(2015).

En Colombia existe una cultura que favorece el uso de la mampostería tradicional que es intensiva en estos recursos; si bien la experiencia ha demostrado que no es fácil cambiar el sistema de construcción, desde hace más de 20 años el Grupo Etex ha venido gestando el desarrollo de la construcción en seco, un sistema que ha sido muy utilizado en Europa y Estados Unidos, y que permite tener menor impacto ambiental manteniendo excelentes niveles de diseño, seguridad, eficiencia, desempeño y confort.

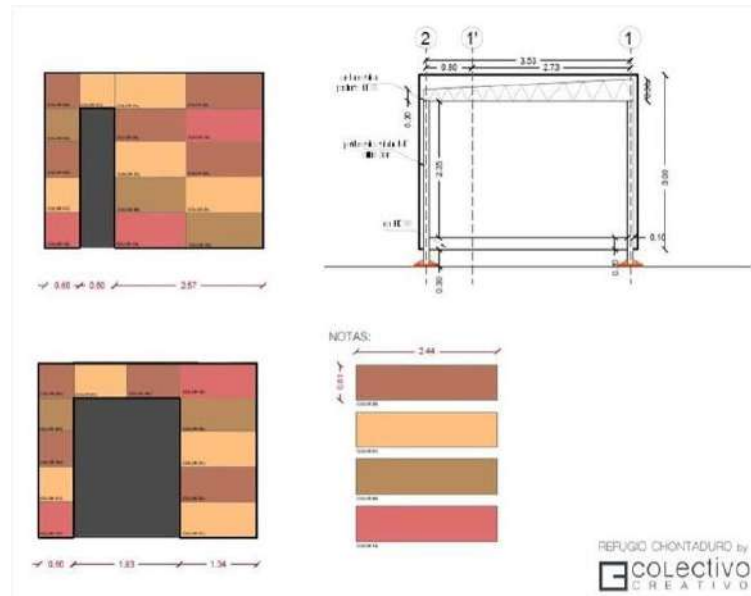
Cada vez son más los proyectos que utilizan los materiales de construcción en seco del Grupo Etex, como las placas de cemento Superboard y EQUITONE, las placas de Yeso

Gyplac, entre otras, que permiten aislamientos y protecciones contra la radiación solar en fachadas, mayor rapidez en instalación y bajo consumo de agua y agregados materiales, al igual que la facilidad para desmontar y hacer remodelaciones con menor cantidad de escombros que la construcción en mampostería.

3.4.1 Descripción del sistema

Vivienda mínima enteramente prefabricada a partir de una estructura de acero de perfiles tubulares para columnas que se apoyan en dados de fundición mínimos y se conectan mediante vigas de base y vigas compuestas que son unidas mediante pernos en terreno (*véase gráfica 61 y 62*) Los cerramientos y revestimientos se montan con un mínimo de esfuerzo y herramientas.

El concepto está orientado a una solución de fácil adaptación y a la posibilidad de desmontar y reinstalar en un nuevo emplazamiento y muestra una modulación y aprovechamiento de las soluciones de detalles y de materiales que hablan de control, precisión y dominio del diseño y la ejecución.



Gráfica 50. Proyecto VIMOB

Fuente: tomado de Lerma F. (2015).



Gráfica 51. Proyecto VIMOB

Fuente: tomado de Lerma F. (2015).

3.4.2 Componentes del sistema

Vivienda modular, cuya fachada se hace con fibrocemento y las paredes son fabricadas con panel OSB (hechos a partir de restos de madera, que soportan la humedad, el

calor y el fuego) con la durabilidad de una casa común (alrededor de 50 años). Su estructura sísmo resistente es una armazón metálica que se puede anclar en el suelo para luego ser cimentada sobre unos pilares que se sostienen con concreto, a la que se le pueden añadir módulos.

Uno de los focos de innovación del Grupo Etex ha sido el desarrollo de materiales de alto desempeño y diseño, con un bajo impacto ambiental, como lo es la placa Superboard Madera que permite reemplazar el uso de maderas decorativas en interiores y exteriores por placas de cemento. Las placas EQUITONE actúan como fachada ventiladas ayudando a que los edificios no sean un elemento aislado y las placas de yeso Gyplac (para interiores) aportan confort térmico y acústico, impactando positivamente la calidad de vida de las personas que viven y/o trabajan en ellos.

3.4.3 Comportamiento estructural

Para la construcción y estructuración ideal de la vivienda tipo modular se escoge la perfilería en acero Grado 50 calibre 11, siendo este un tipo de material apto para los esfuerzos que va a resistir la estructura tanto verticalmente como horizontalmente (cubierta, paneles, ventanería, fuerzas externas) estos perfiles seleccionados cumplen con el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo resistente NSR-10 y demás normas establecidas para su construcción e instalación en las viviendas modulares.

Adicional a esto se realiza un proceso de galvanizado a la perfilería para garantizar la protección ante agentes de oxidación y corrosión ay además lograr mayor resistencia y durabilidad. Para este diseño se han realizado el dimensionamiento de 6 tipos de perfilería



estructural para el proceso de montaje y construcción de la vivienda, cada uno de estos seleccionados para encajar acorde a su función resistencia y demás factores que deban influir en el proceso.

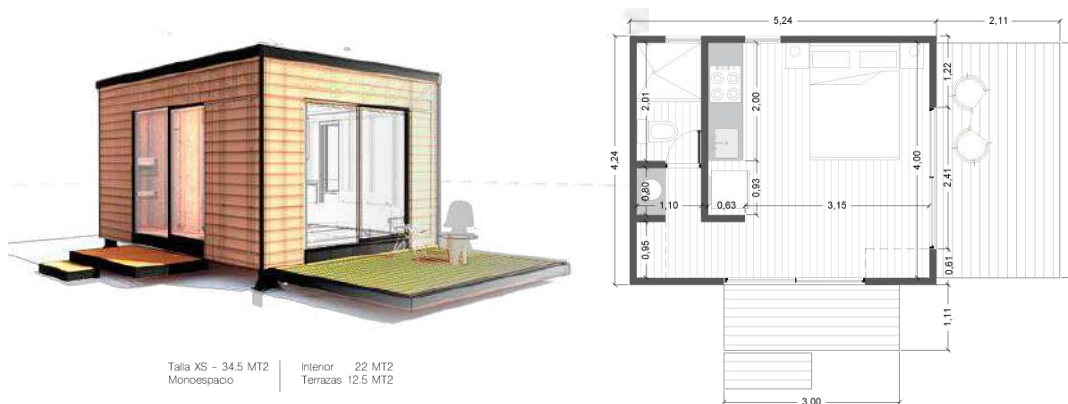
3.4.4 Proceso constructivo

Su proceso de fabricación en taller tiene un tiempo de cuatro semanas desde pedido en sus cuatro tipos de tamaño, S, M, L y XL (*véase gráfica 63,64,65,66,67*) sus piezas metálicas en perfil salen embaladas desde fábrica hacia sus lugares de destino, al llegar se comienza la construcción de la cimentación con micropilotes, continuando con un proceso de armado de la estructura en forma de ensamble rápido, utilizando un mínimo de herramientas debido a que solo se necesita ajustar los pernos de unión

Dicho proceso tiene una duración de 2 semanas de construcción, después de obtener el esqueleto estructural se procede con la colocación de cada componente horizontal y vertical, los cuales fueron diseñado y fabricado para ser adaptado y ajustado al módulo de la armazón (*véase gráfica 68*) por medio de este mecanismo de fácil ensamble se logra resultados positivos ya que se minimiza tiempo de ejecución, desperdicios de obra, costes ambientales y de transporte e incluso imprevistos de obra.



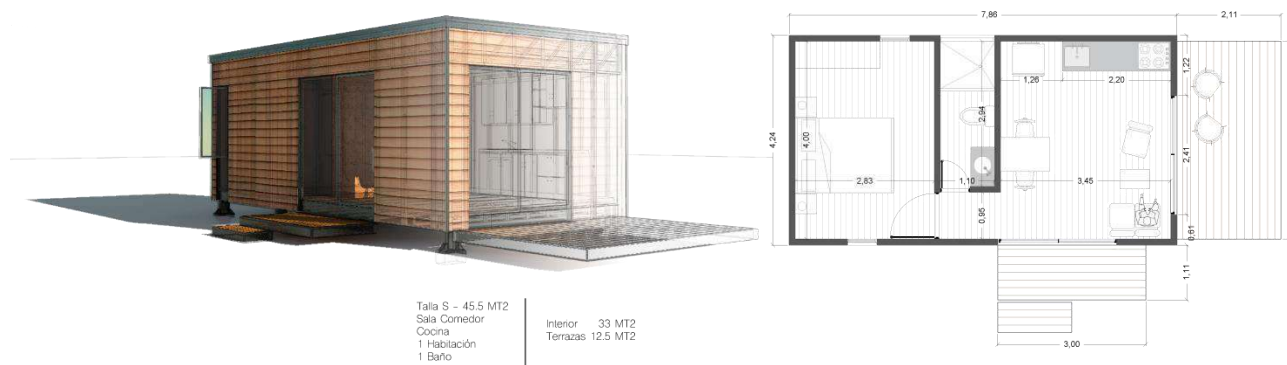
VIMOB talla XS 34.5 mt2



Gráfica 52. Proyecto VIMOB

Fuente: tomado de Lerma F. (2015).

VIMOB talla S 45.5 MT2



Gráfica 53. Proyecto VIMOB

Fuente: tomado de Lerma F. (2015).

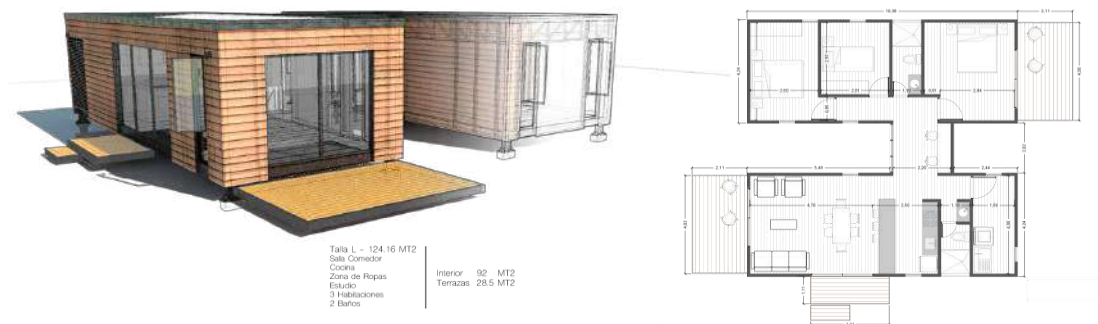
VIMOB talla M 63,5 MT2



Gráfica 54. Proyecto VIMOB

Fuente: tomado de Lerma F. (2015).

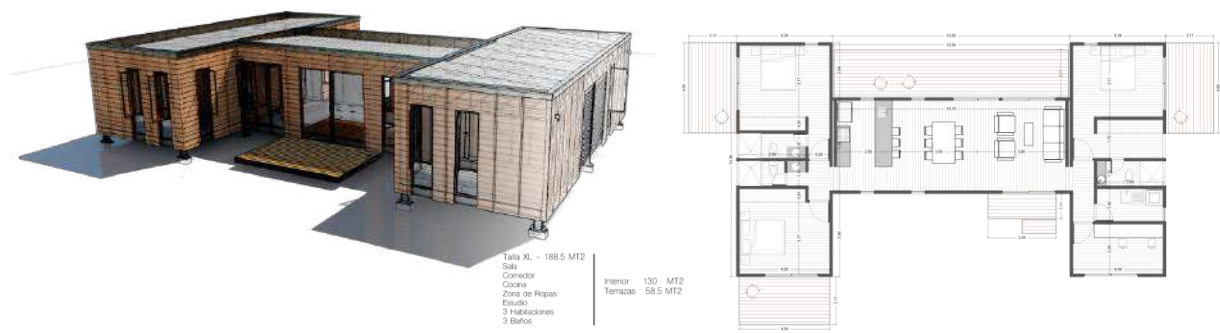
VIMOB talla L 124,5 MT2



Gráfica 55. Proyecto VIMOB

Fuente: tomado de Lerma F. (2015).

VIMOB talla XL 188.5 MT2



Gráfica 56. Proyecto VIMOB

Fuente: tomado de Lerma F. (2015).



Gráfica 57. Proyecto VIMOB

Fuente: tomado de Lerma F. (2015).

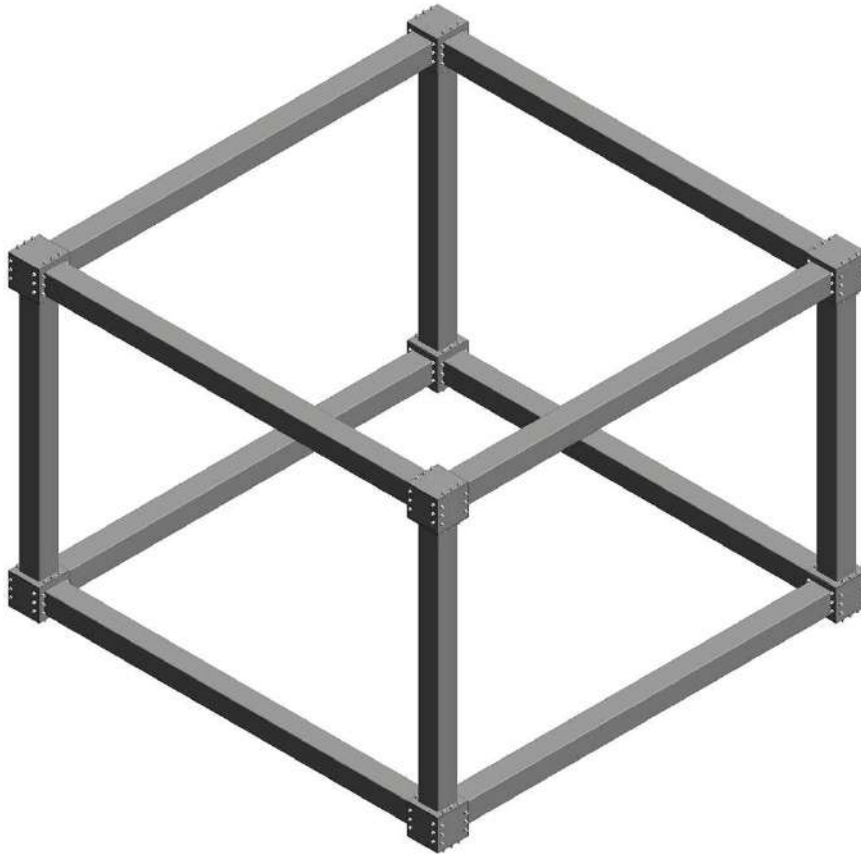
Capítulo 4.

4.1 Ficha técnica Vertic

En el siguiente apartado se encuentra la propuesta del sistema modular Vertic.

4.1.1 Elementos principales del sistema

El sistema constructivo Vertic se compone de 3 elementos principales dado de conexión, perfiles tubulares para las vigas y columnas. Los 3 elementos ejemplifican el significado de Vertic de coincidir 3 o mas líneas en un solo punto, en este caso elementos estructurales.

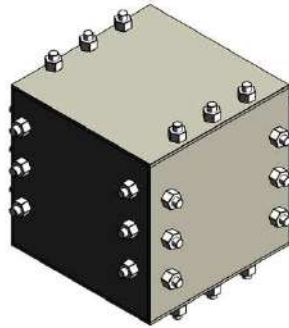


Grafica 69. Isometría estructura sistema constructivo Vertic
Fuente: Acesco, (2020)

Gráfica 58. Isometría estructura sistema constructivo Vertic

4.1.2 Dado de conexión

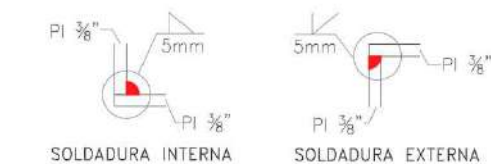
Dado de conexión



Grafica 70. Isometría dado conexión
Fuente: elaboración propia

Es un elemento de conexión cúbica en acero de alta resistencia construido a partir de un perfil tubular de 30cm x 30cm y platinas de 30cm x 30cm en los laterales de espesor de 5mm, con soldadura interna en filete y soldadura externa a penetración o a tope (ranurada) que proporciona a la estructura seguridad y al mismo tiempo cumple con la normativa **NSR-10**.

El dado es una pieza mano portable con un peso de 18kg, el modo de fijación del perfil al dado es por medio de pernos hexagonal A490 de ½" (min 150 ksi de tracción) tipo 3 para intemperie en acero de alta resistencia (HSS) diseñados para utilizarse en conexiones estructurales, estos pernos no deben cubrirse con galvanizado en caliente debido a que puede producir corrosión galvánica, los pernos deben fijarse a los extremos con rodela ½" F436-3 y tuercas ½" A563DH3 (min 175 ksi) tipo 3, que cumple con los requisitos normativos de la **ASTM - F3125** en cuanto a la resistencia física, química y mecánica de elementos fabricados en acero y aceros aleado. Las platinas del dado tienen perforaciones roscadas donde ingresa el perno y funcionan también como guías o topes para prevenir el estrangulamiento de las platinas al momento de su instalación.

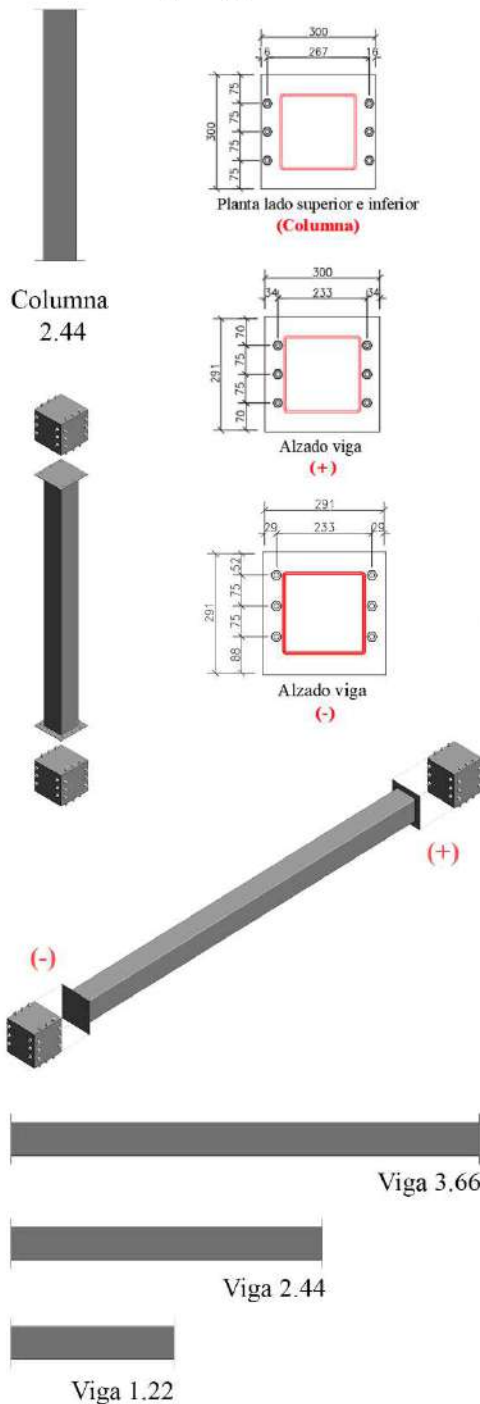


Gráfica 59. Isometría dado de conexión

Fuente: elaboración propia

4.1.3 Columna y vigas

Columna y vigas



Las columnas poseen un perfil estructural (PTE) cuadrado de 20cm con un espesor de 5 mm y 2.44 m de longitud en acero soldado de alta resistencia, cumple con los estándares nacionales de la normativa **NSR-10** y también los estándares internacionales de la normativa **ASTM - A500 grado C** y la norma **NTC 4526**. El perfil tubular cuadrado grado c tiene una capacidad de 30.88 kg/m (345 MPa, 50.000 psi resistencia a la fluencia mínima y 425 MPa, 62.000 psi resistencia a la tracción mínima). En los extremos de la columna se encuentran ubicadas unas platinas cuadradas de 30 cm y 5 mm de espesor soldadas (soldadura filete) desde la fábrica las cuales tienen tres perforaciones en los laterales para ubicar los pernos que se fijan en el dado de conexión articulada.

METALTUB TUBERÍA ESTRUCTURAL CUADRADA (ACABADO NEGRO Y GALVANIZADO)									
REFERENCIA	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0
ESPESORES EN MILÍMETROS	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0
Peso Teórico Calculado (kg / m)	18.58	27.43	40.08	54.21*	67.86*				
350 x 350									
200 x 200									
200 x 200									

Estructural Negro A500 Grado C

Gráfica 61. Tubería estructural cuadrada columnas
Fuente: tomada de acesco (2020)

La viga tiene un perfil estructural (PTE) cuadrado de 20cm con un espesor de 5 mm, su longitud varía dependiendo de la modulación. Existen cuatro tipos de tamaños de vigas en el sistema de construcción Vertic de 0.61 m, 1.22 m, 2.44 m y 3.66 m de longitud en acero soldado de alta resistencia que cumple con los estándares nacionales de la de la normativa **NSR-10** y también los estándares internacionales de la normativa **ASTM - A500 grado C** y la norma **NTC 4526**. Las vigas poseen platinas cuadradas a los extremos de 20 cm y 5 mm de espesor con 3 perforaciones en los laterales para el ingreso de los pernos y su posterior fijación al dado de conexión Vertic.

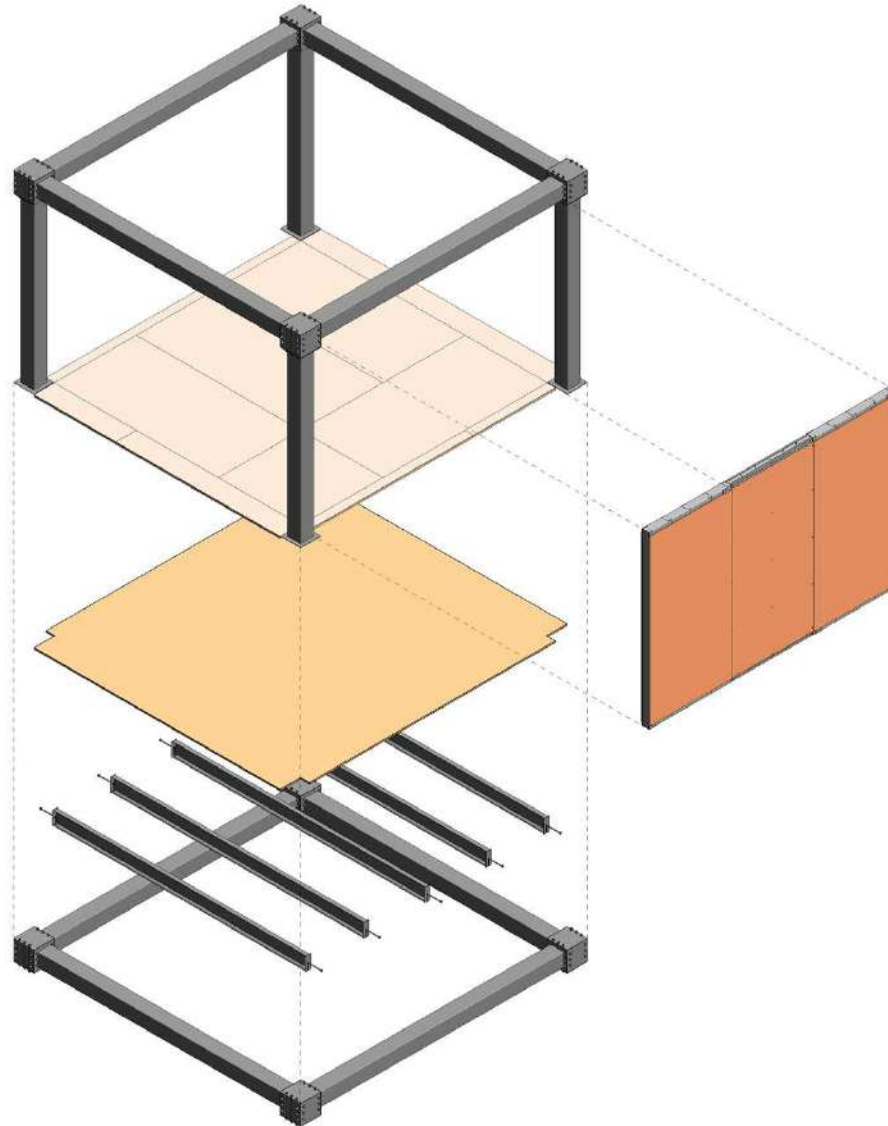
METALTUB TUBERÍA ESTRUCTURAL CUADRADA (ACABADO NEGRO Y GALVANIZADO)									
REFERENCIA	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0
ESPESORES EN MILÍMETROS	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0
Peso Teórico Calculado (kg / m)	18.58	27.43	40.08	54.21*	67.86*				
350 x 350									
200 x 200									
200 x 200									

Estructural Negro A500 Grado C

Gráfica 61. Tubería estructural cuadrada vigas
Fuente: tomada de acesco (2020)

4.1.4 Elementos complementarios del sistema (rigidizadores o diafragmas)

El sistema constructivo Vertic se compone de 3 elementos principales dado de conexión, perfiles tubulares para las vigas y columnas. Los 3 elementos ejemplifican el significado de Vertic de coincidir 3 o mas líneas en un solo punto, en este caso elementos estructurales.

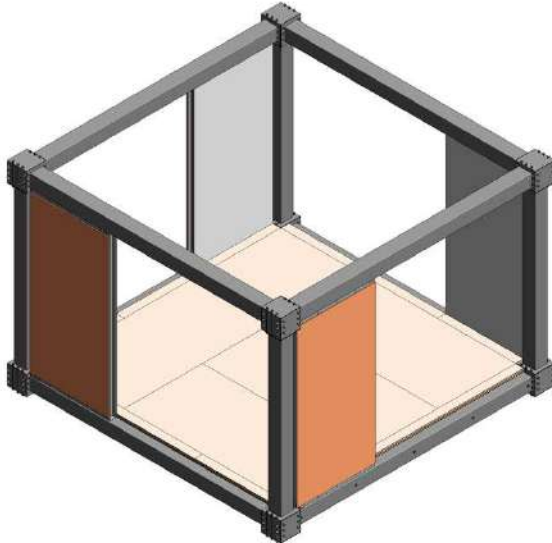


Gráfica 62. Isometría elementos complementarios

Fuente: elaboración propia

4.1.5 Pantalla o rigidizador del sistema estructural

Pantalla o rigidizador del sistema estructural

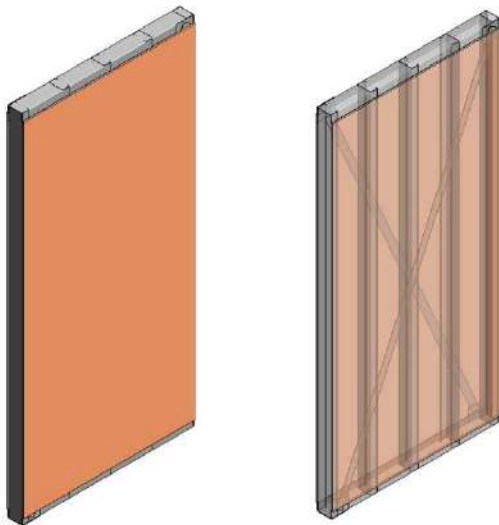


Grafica 74. Pantallas rigidizadoras
Fuente: elaboración propia.

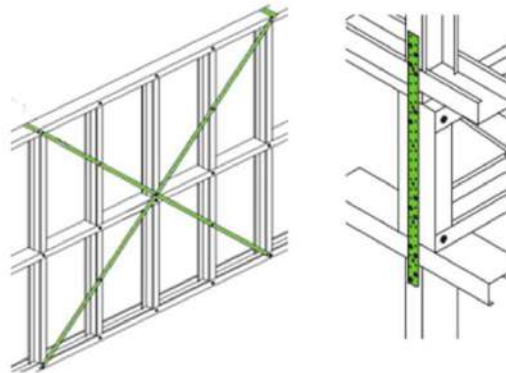
Son elementos los cuales tienen como propósito rigidizar la estructura en las esquinas, están conformadas por una estructura en acero galvanizado ASTM A653 JIS G3302 de grado 50 el cual es de uso estructural con parales con una mínima distancia, canales perimetrales y riostras para generar más rigidez en la estructura de la pantalla.

Luego se cierra esta estructura para darle un acabado final con placas de fibrocemento de 10mm o 12mm de espesor, este sistema es similar a la estructura de steel framing, el cual ofrece una resistencia estructural en construcciones prefabricadas.

Para el anclaje de pantalla a estructura en acero se debe aislar con neopreno estos dos tipos de estructura, ya que el contacto de la lámina galvanizada y el acero pueden causar corrosión galvánica, el anclaje consiste en pernos conectados directamente en la estructura los cuales se pernan desde el interior de la estructura mediante una cámara o espacio el cual permite el desmontaje y montaje de del elemento completo.



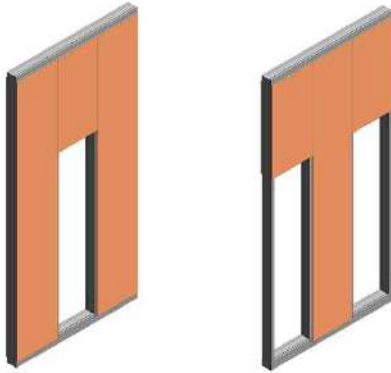
Gráfica 63. Estructura panel 1.22 m x 2.44
Fuente: elaboración propia.



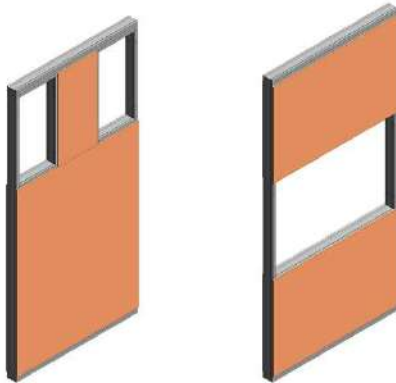
Grafica 76. Riostra en muro steel framing
Fuente: Fanalca, Framcad (2013)

4.1.6 Cerramiento

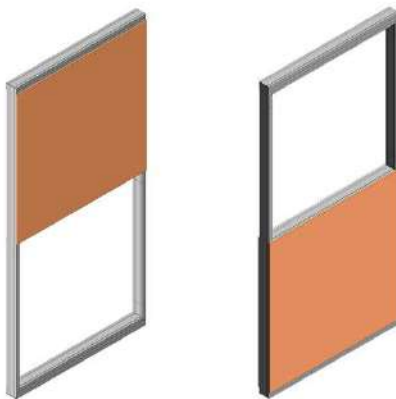
Cerramiento



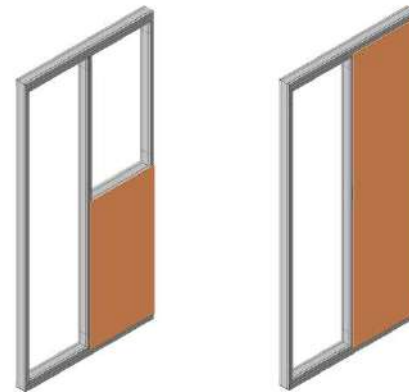
Grafica 77. Cerramiento tipo 1 y 2
Fuente: elaboración propia



Gráfica 66. Cerramiento tipo 3 y 4
Fuente: elaboración propia



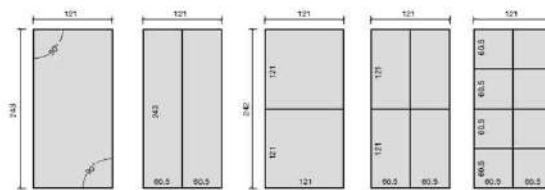
Grafica 79. Cerramiento tipo 5 y 6
Fuente: elaboración propia



Grafica 80. Cerramiento tipo 7 y 8
Fuente: elaboración propia

El cerramiento está modulado en 1,22m x 2,44m, esto permite adaptar cualquier tipo de placa de panel yeso para interiores o de fibrocemento para el exterior. Además de modular el cerramiento también sus vanos están moduladas en 2, 3, 4 partes permitiendo una estandarización de ventanas y puertas que conforman el cerramiento de un módulo construido en el sistema Vertic.

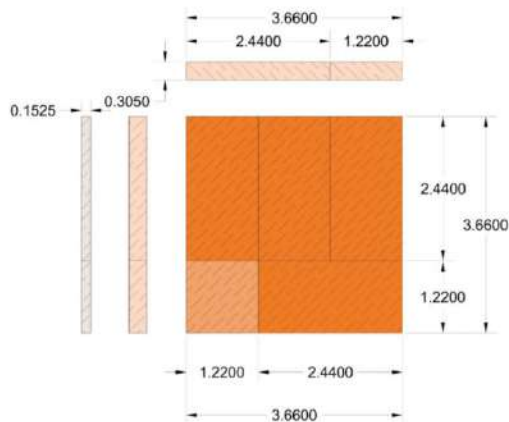
Al igual que las pantallas están conformados por una estructura en acero galvanizado **ASTM A653 JIS G3302** grado 50, pero con menor número de refuerzos ya que su uso solo será para cerramiento, el mecanismo de anclaje consiste en pernos conectados directamente en la estructura los cuales se pernan desde el interior de la estructura mediante una cámara o espacio el cual permite el desmontaje y montaje del elemento completo.



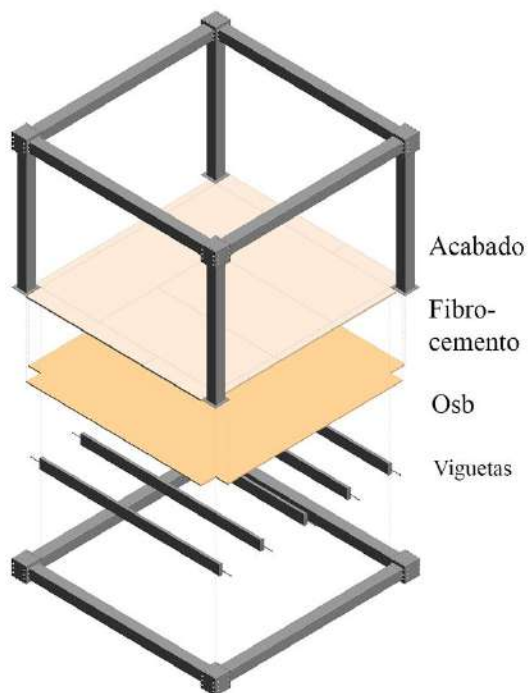
Grafica 81. Modulaci3n placa de fibrocemento
Fuente: Eternit - Eterboard + plus, (2019).

4.1.7 Entrepiso

Entrepiso



Grafica 82. Distribución de placas entrepiso
Fuente: elaboración propia



Grafica 83. Isometría sistema de entrepiso
Fuente: elaboración propia

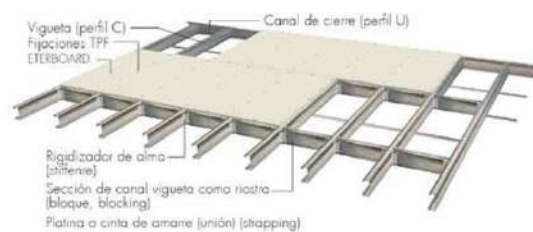
Está conformado por viguetas en C 4" x 5.4m x 3.66m de longitud en acero soldado de alta resistencia que cumple con los estándares nacionales de la de la normativa **NSR-10** con el título F 2.9.9 y también los estándares internacionales de la normativa **ASTM - A36** grado C y la norma **NTC 1920**.

Estas viguetas soportan un entrepiso conformado por placa de osb de 20 mm la cual sirve para rigidizar y distribuir las cargas por todas la estructura, para mayor soporte y nivelación del piso se incluyen placas de fibrocemento Eterboard de 20 mm sobre la cual va el acabado final este puede llevar un enchape en vinilo o distintos acabados de espesor 10 mm, según requerimientos del diseño.

Referencia		Dimensiones Nominales				Peso Nominal
Para Metaldeck	Conector Tipo Canal	d (mm)	bf (mm)	tw (mm)	tf (mm)	(kg/m)
2"	C 3" x 4.1	76.2	35.8	4.32	6.90	6.10
3"	C 4" x 5.4	101.6	45.1	4.67	7.50	8.04

Propiedades Mecánicas						
Normativa		Resistencia a la Fluencia min.		Resistencia a la Tracción min.		Elongación en 50mm min.
		MPa	psi	MPa	psi	%
STND	ISO 3338	350	51000	450	65000	20
CANAL	ASTM A36	250	36000	400	58000	21

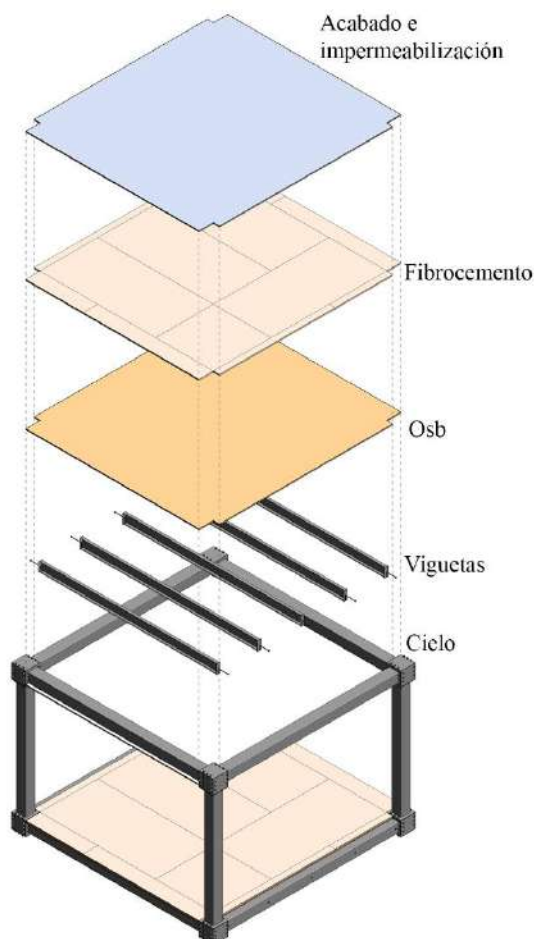
Grafica 84. Perfiles en C
Fuente: Accesco (2020).



Grafica 85. Placa de fibrocemento piso
Fuente: Eternit, Eterboard + plus (2019)

4.1.8 Cielo y cubierta

Cielo y cubierta



Grafica 86. Isometría cubierta
Fuente: elaboración propia

Referencia	Peso (kg/m)	Unidad de empaque	
		2,44m	3,05m
Omega 63*22 (S)	0.55	20	15
Omega 63*22	0.61	20	15

Grafica 87. Estructura para cielo falso
Fuente: perfiles drywall Fanalca.

El cielo esta conformado por perfiles omega en acero galvanizado ASTM A653 de calibre 22", los cuales van descolgados de las viguetas y reciben la placa de PVC.

La cubierta es similar al sistema de entepiso la conforman viguetas en C 4" x 5.4m x 3.66m de longitud en acero de alta resistencia que cumple con los estándares nacionales de la de la normativa NSR-10 con el título F 2.9.9 y también los estándares internacionales de la normativa ASTM - A36 grado C y la norma NTC 1920.

Estas viguetas soportan la cubierta conformada por placa de osb de 20 mm la cual sirve para rigidizar y distribuir las cargas por todas la estructura y para mayor soporte y nivelación del piso se incluyen placas de fibrocemento Eterboard de 20 mm sobre el cual va una impermeabilización junto con el acabado final de la cubierta que debe ser máximo de 10 mm, según requerimientos del diseño, este tipo de cubierta nos da la posibilidad de adaptar en un futuro alguna actividad o sistema de cubierta verdeo ecosistema para el aprovechamiento de este espacio.

Referencia		Dimensiones Nominales				Peso Nominal (kg/m)
Para Metaldeck	Conector Tipo Canal	d (mm)	bf (mm)	tw (mm)	tf (mm)	
2"	C 3" x 4.1	76.2	35.8	4.32	6.90	6.10
3"	C 4" x 5.4	101.6	40.1	4.67	7.50	8.04

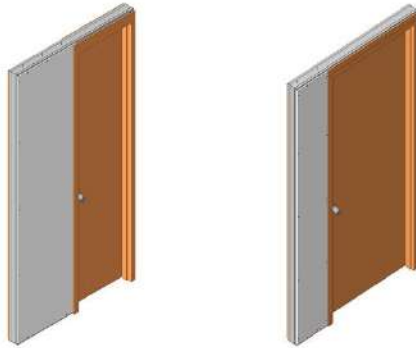
Grafica 88. Perfiles en C
Fuente: Accesco (2020)



Grafica 89. Placa de fibrocemento piso
Fuente: Eternit, Eterboard + plus (2019)

4.1.9 Puertas y ventanas

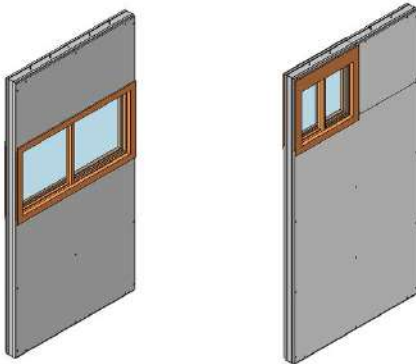
Puertas y ventanas



Grafica 90. Puerta tipo 1 y 2
Fuente: elaboración propia.



Grafica 91. Puerta tipo 3
Fuente: elaboración propia



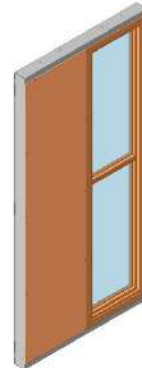
Grafica 92. Ventana tipo 1 y 2
Fuente: Elaboración propia.

Las puertas y ventanas se adaptan a la modulación de los cerramientos, existen 3 tipos de puertas una para accesos principales, a baños y habitaciones, en cambio las ventanas pueden varias según el diseño y la modulación, está conformada por perfiles de PVC de Azembla, gracias a películas de impresión de alta tecnología. Se les puede incluir color y diseño personalizado en ambas caras, con distintas gamas y texturas.



Grafica 93. Acabados para puertas y ventanas
Fuente: Azembla, (2016)

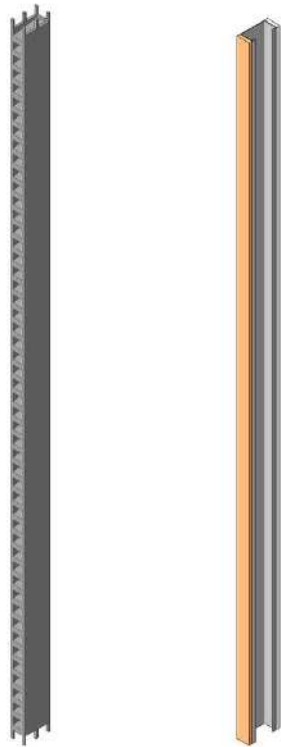
Además por sus marcos termosellados garantiza una hermeticidad, evitando filtraciones de agua, por ser una pieza monolítica, sus herrajes multipunto y empaques sostienen, sellan, protegen y brindan hermeticidad adicional, frente a otros productos del mercado. Azembla, (2016).



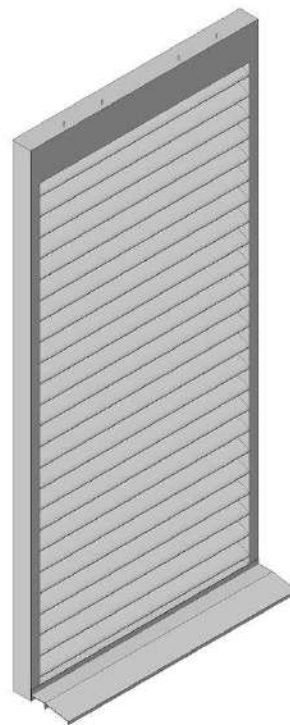
Grafica # Ventana tipo 3
Fuente: Elaboración propia.

4.1.10 Accesorios

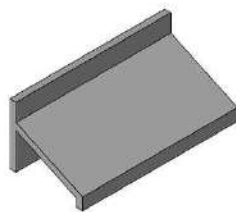
Accesorios



Grafica 95. Remate de muro con ventilación y macizo
Fuente: elaboración propia.



Grafica 96. Quiebrasoles en acero inoxidable
Fuente: elaboración propia.



Grafica 97. Alfajia metálica
Fuente: elaboración propia

4.2 Manual de construcción Vertic

A continuación, se presenta el manual de uso del sistema de construcción Vertic

4.2.1 Herramientas manuales



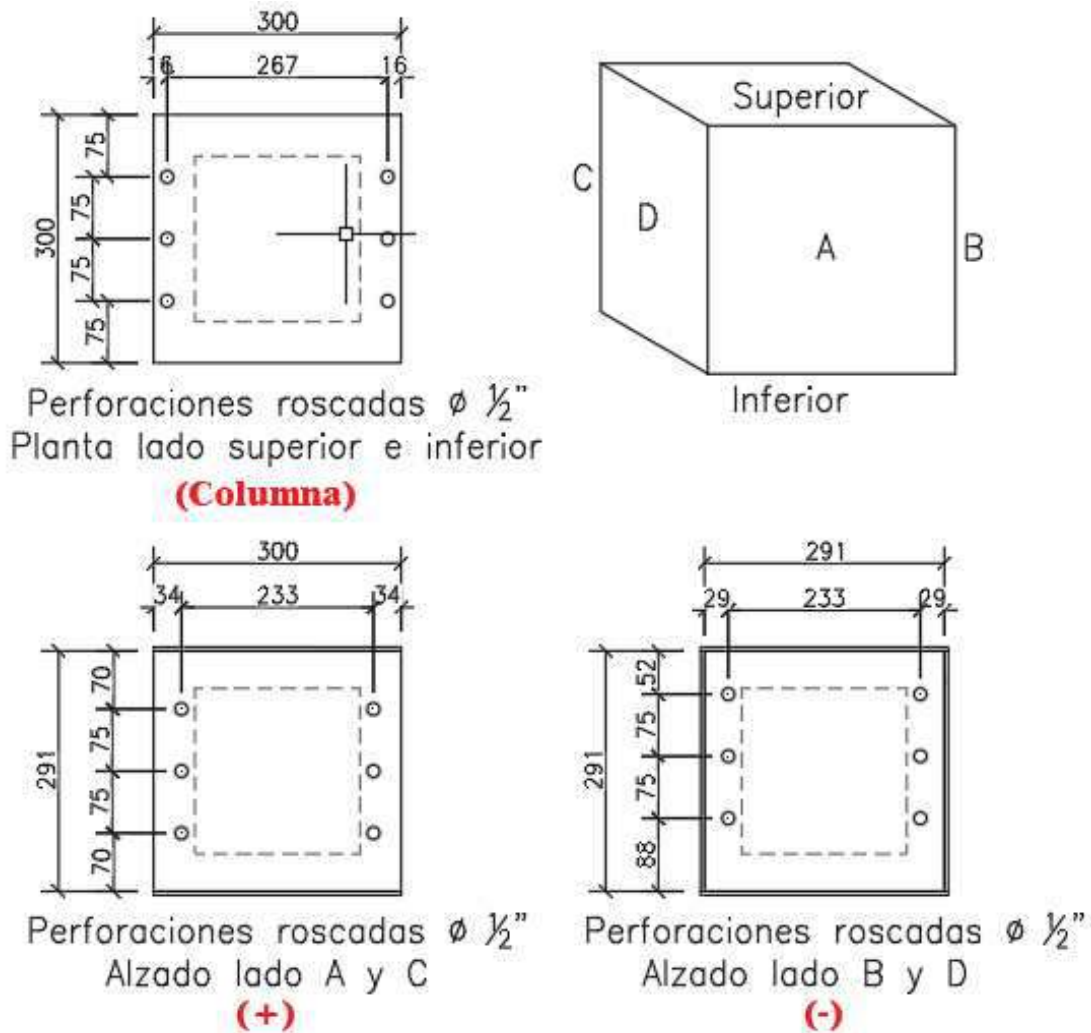
Gráfica 87. Herramientas sistema constructivo Vertic

Fuente: elaboración propia

4.2.2 Elementos que conforman el sistema estructural

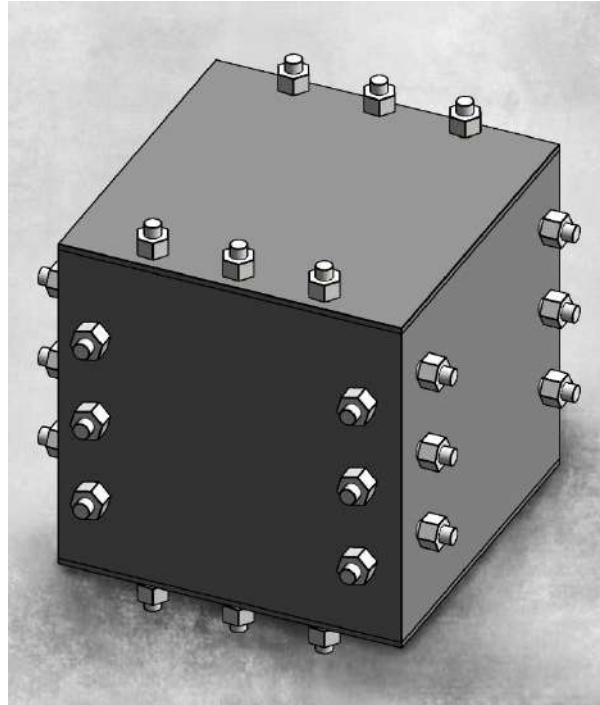
Conexión sólida dado

Conexión articulada de tipo universal, dado metálico hueco al interior, cuenta con 6 pernos salientes en cada cara (*véase gráfica 100*) los cuales se deben colocar en sitio (obra), identificando los lados como, positivo (ve grafica 99), lado negativo, superior e inferior, su función es unir o anclar dos componentes (perfiles tubulares) ubicados en posición horizontal y vertical, tales como columnas y vigas. La conexión se fija en una platina la cual viene soldada en cada extremo de los perfiles (*véase gráfica 101*)



Gráfica 88. Identificación de caras dado Vertic

Fuente: elaboración propia

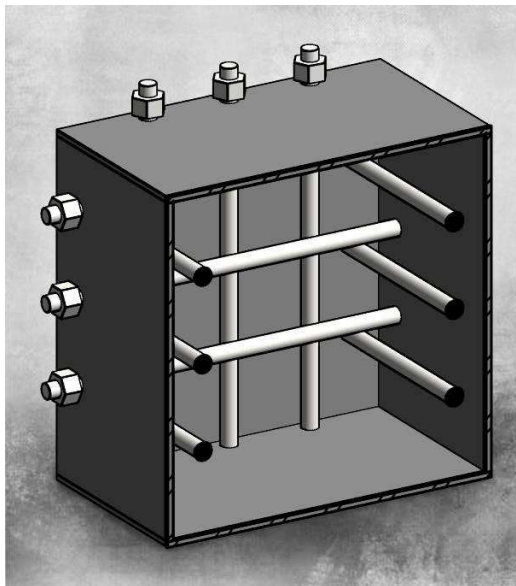


Gráfica 89. Dado de conexión sistema de unión Vertic

Fuente: elaboración propia

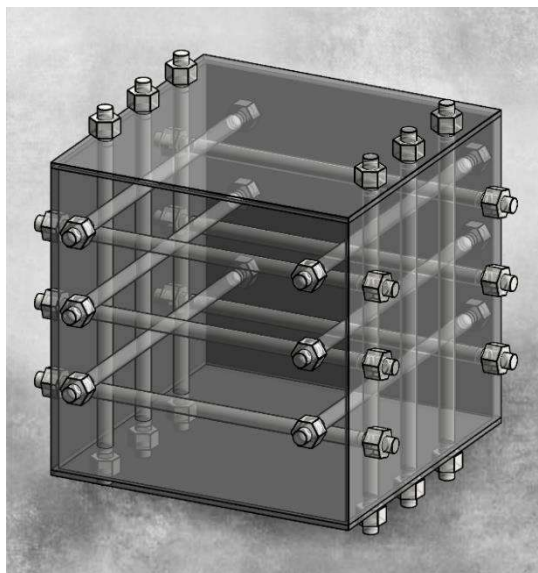
Pernos de fijación y anclaje

Son los componentes de fijación del sistema. Su función es unir, sostener o fijar dos o más componentes del entramado entre sí o entre ellos con otros materiales. En este caso fijación de metal con metal., el dado está compuesto por 18 tornillos largos los cuales atraviesan de cara a cara según el lado de las caras del dado, para que no se intersectan entre ellos (*véase gráfica 101 y 102*). El material de la tornillería es acero de alta resistencia, longitudes y resistentes a la intemperie. Se recomienda que los pernos no se deben cubrir con galvanizado en caliente debido a que puede producir corrosión galvánica.



Gráfica 90. Corte de dado, estructura de pernos al interior.

Fuente: elaboración propia

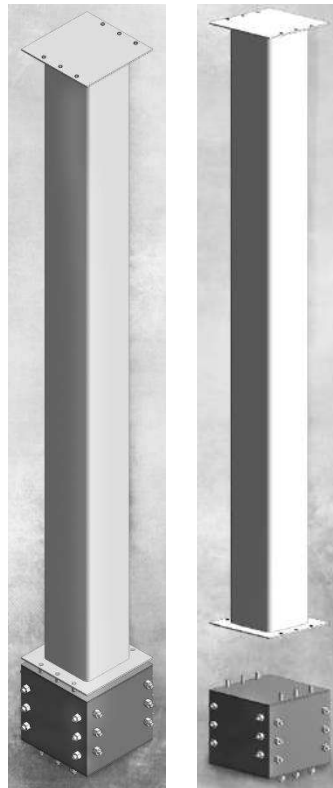


Gráfica 91. Conformación de pernos al interior.

Fuente: elaboración propia

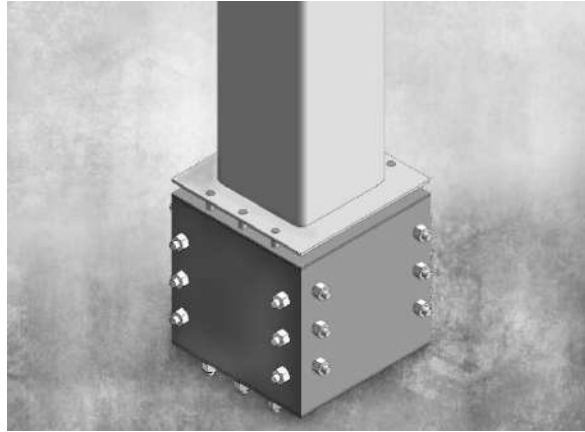
Secciones combinadas, columna + conexión dado

Son perfiles tubulares totalmente huecos, compuesto por dos platinas de ajuste soldadas a ambos extremos, están perforadas para que en estos orificios se anclen los pernos salientes de la conexión dado, seguido se ajusta con la tuerca utilizando solo una herramienta manual (llave racher o llaves inglesas), la platina de unión siempre tiene la misma medida del dado 30x30cm, el tubular de la columna viene de 20x20x244cm medida estándar para acoplarse con el cerramiento, la columna trabaja a compresión conjunta en el entramado para evitar deformaciones en el plano del muro.



Gráfica 92. Conexión pernada entre dado Vertic y columna perfil tubular

Fuente: elaboración propia

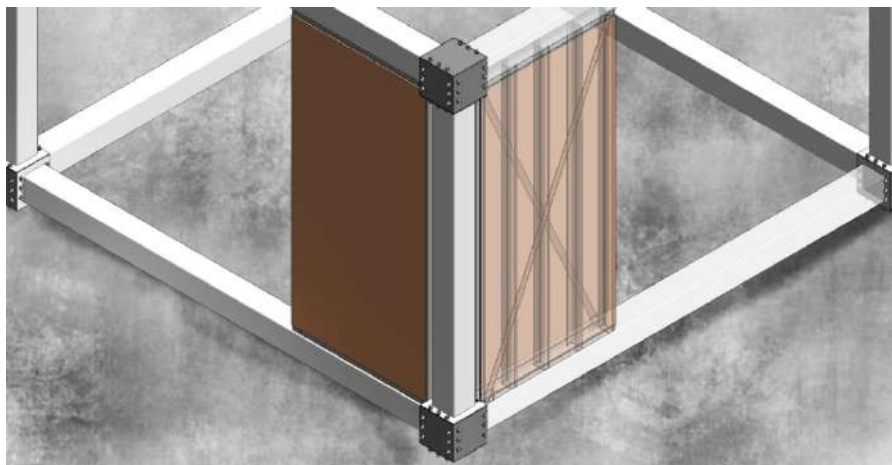


Gráfica 93. Anclaje de columna a dado Vertic

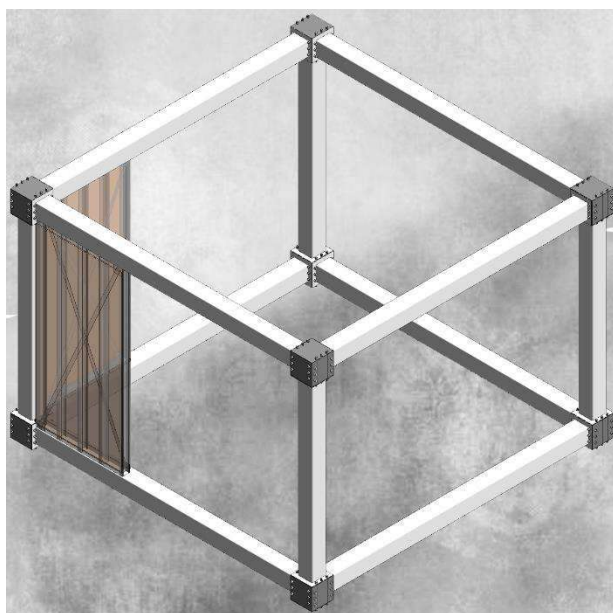
Fuente: elaboración propia

4.2.1 Secciones combinadas, columna + viga + muro pantalla de refuerzo

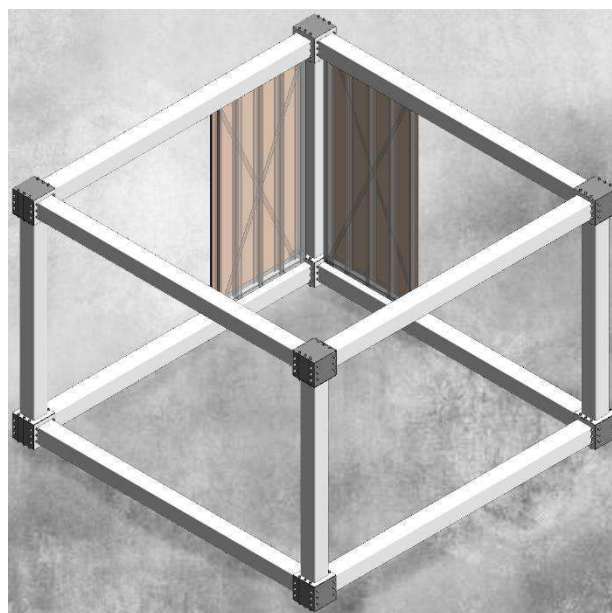
Son muros esquineros, rigidizadores tiene como función ser las diagonales estructurales del sistema estructural aporricado, están compuesto por una estructura interna en sistema steel framing y panel yeso con acabado, este viene pre armado desde taller se ubican solo en esquinas continuando en alturas para aumentar su capacidad portante, disminuyendo así la posibilidad de que los perfiles sufran pandeo causado por las cargas que sobre ellos se ejercen, estos se concluyen como muros portantes de fachadas los parales reciben al mismo tiempo cargas axiales producidas por el peso gravitatorio y cargas laterales ocasionadas por el viento, movimientos sísmicos y otras vibraciones.. Este elemento puede sustituir a las diagonales por una modulación rígida. Esta pantalla se fija de forma pernada en la vigas principales y columna, en la parte lateral, superior e inferior, con una herramienta manual, la cual debe ingresar por las aberturas de 5x5cm (*véase gráfica 111 y 112*) presentadas donde va un tornillo de anclaje.



Gráfica 94. Conexión columna, viga a dado Vertic, estructura a muros rigidizadores
Fuente: elaboración propia

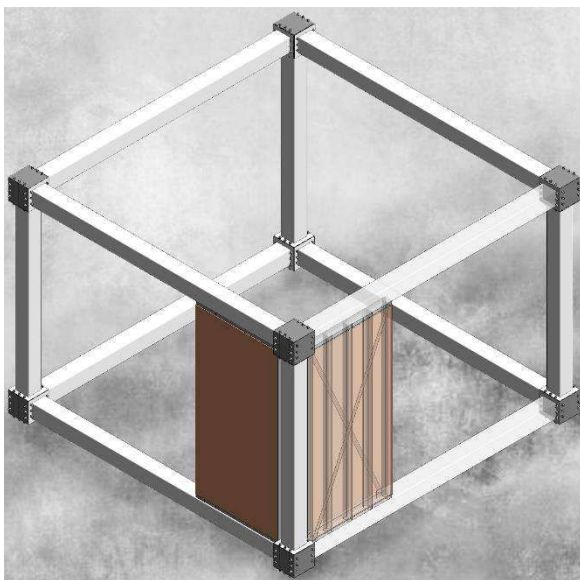


Gráfica 95. Muros rigidizadores lado A.

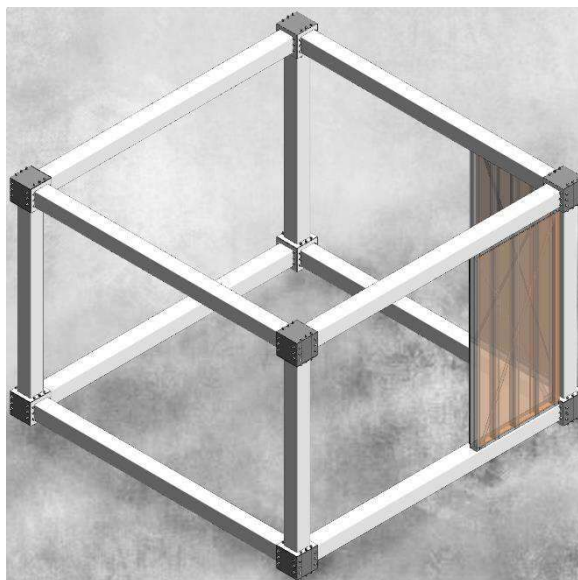


Gráfica 96. Muros rigidizadores lado B.

Fuente: elaboración propia



Gráfica 97. Muros rigidizadores lado C



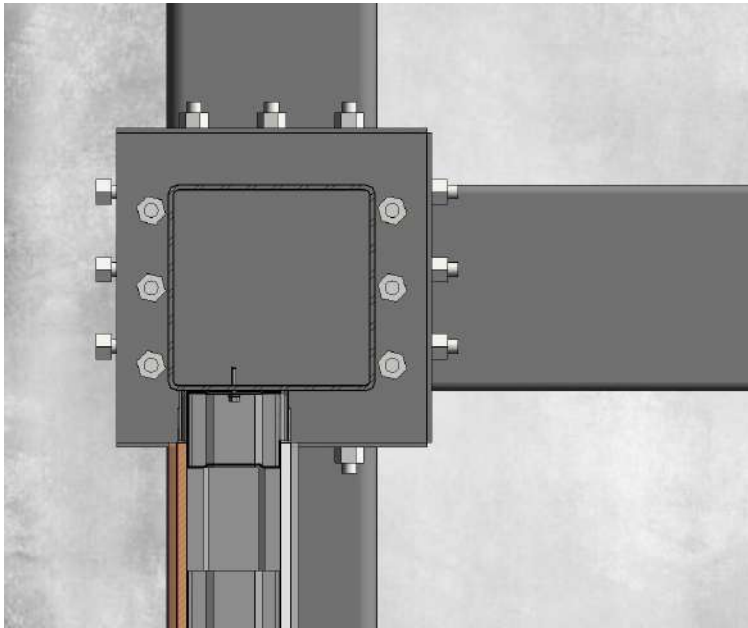
Gráfica 98. Muros rigidizadores lado D

Fuente: elaboración propia



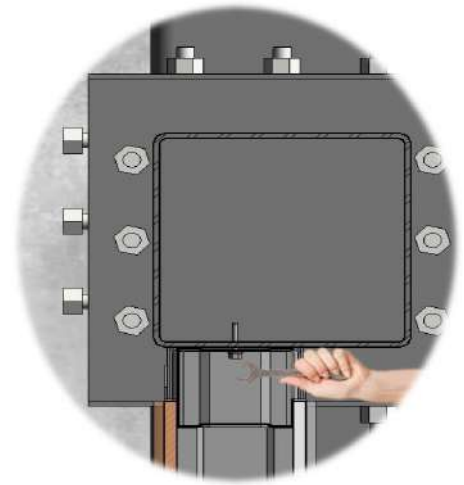
Gráfica 99. Muro rigidizador con aberturas para anclarse a vigas

Fuente: Elaboración propia.



Gráfica 100. Conexión muro rigidizador a viga

Fuente: elaboración propia.



Gráfica 101. Mecanismo manual

Secciones combinadas, columna + viga + muros de cerramiento e interiores

los muros de fachada no portantes los parales solo reciben cargas laterales provocadas por el viento, movimientos sísmicos y otras vibraciones axiales por el peso propio y de los acabados. Los muros exteriores de cerramiento están compuesto por una estructura interna en sistema steel framing, panel yeso con acabado y los muros divisorios interiores están compuestos por una estructura en drywall, vienen pre armado desde taller, se fijan de forma pernada en la vigas principales, en la parte superior e inferior, con una herramienta manual, la cual debe ingresar por las aberturas de 5x5cm presentadas donde va un tornillo de anclaje.

Los muros interiores el panel va encima del piso, para mejor retiró sin afectar o dañar la superficie el panel yeso queda dilatado 12.5mm. Los paneles que conforman el muro se

pueden desatornillar y atornillar cuantas veces se necesario retirarlos, ya sea para modificar, agregar o quitar algún elemento estructural del muro, o para proceder a instalar algún tipo de tubería por instalaciones, el material se conserva gracias a los chazos propuestos, donde ingresa el tornillo procedido del ajuste por la tuerca con herramienta manual.



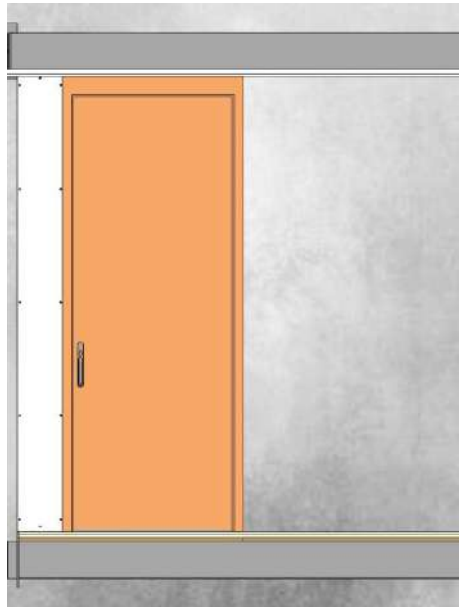
Gráfica 102. Aberturas chazos en muros

Fuente: elaboración propia.

- **Secciones combinadas, columna + viga + conformación de vanos en muros:**

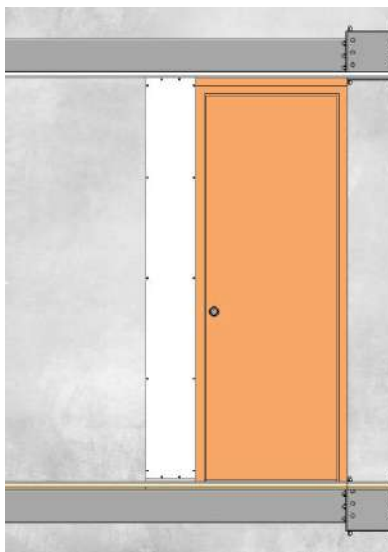
El dintel (o antepecho en ventanas) es una parte importante en la construcción de vanos, ya que se encarga de darle cabida, forma y sustento al marco de ventanas. las ventanas en pvc llegan a obra para ser instaladas con la modulación propuesta (61x122cm, 61x61cm,

122x244 y puertas 122x244cm, 90x244, 80x244cm), según el gusto y la necesidad del usuario, pensadas para que el cielo falso pueda bajar o subir con una distancia máxima de 10cm, con la intención de que este se adapte con el paso de instalaciones técnicas



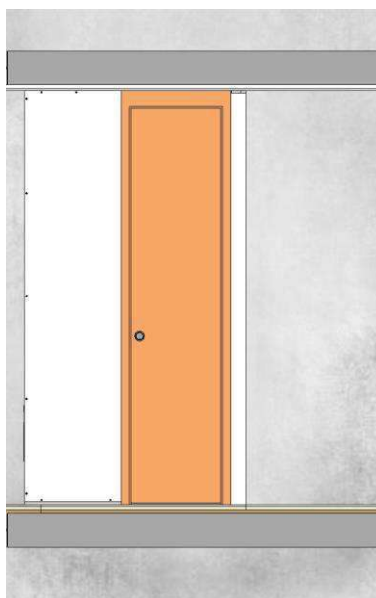
Gráfica 103. Tipología modular de puerta 122x244cm

Fuente: elaboración propia.



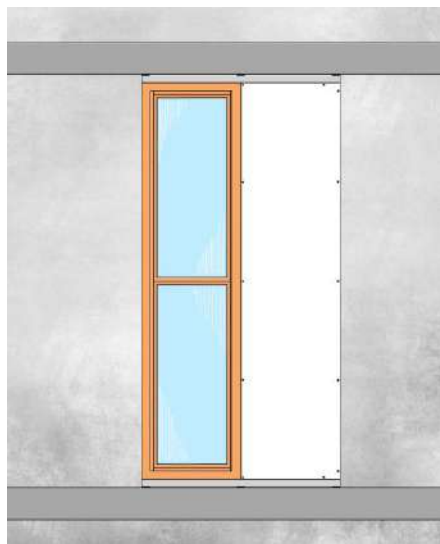
Gráfica 104. Tipología modular de puerta 90x244cm

Fuente: elaboración propia.



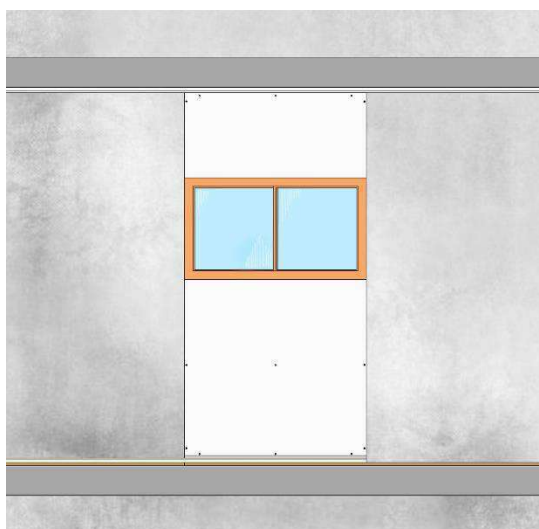
Gráfica 105. Tipología modular de puerta 80x244cm

Fuente: elaboración propia



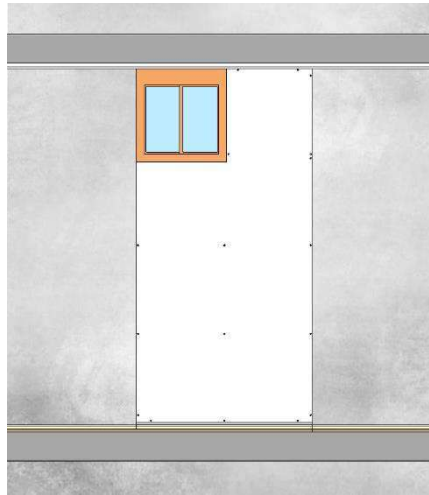
Gráfica 106. Tipología modular de ventana 122x244cm

Fuente: elaboración propia.



Gráfica 107. Tipología modular de ventana 61x122cm

Fuente: elaboración propia

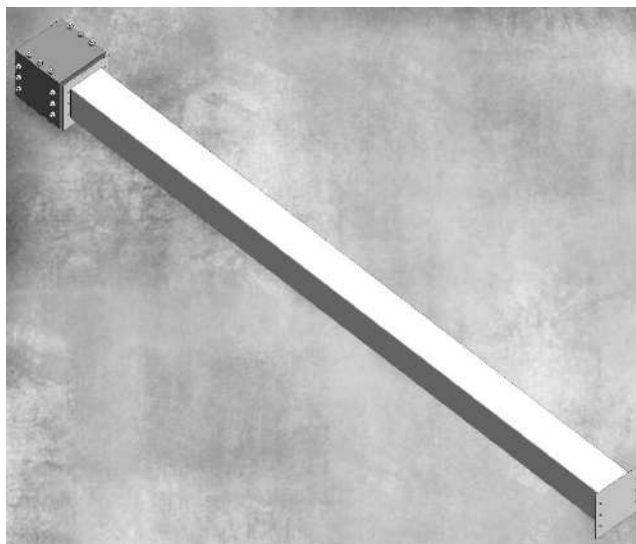


Gráfica 108. Tipología modular de ventana 61x61cm

Fuente: elaboración propia

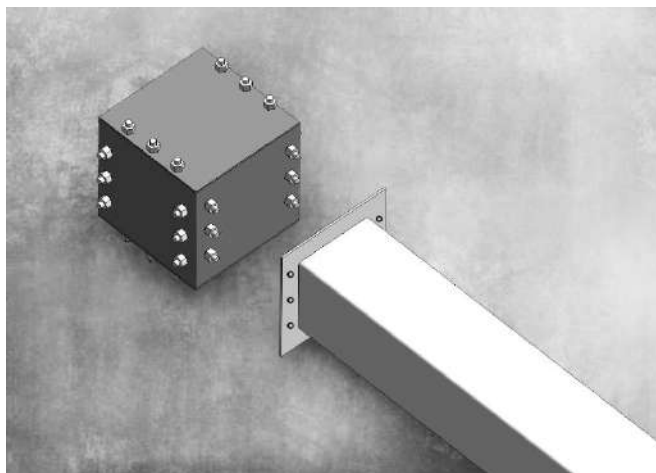
- **Secciones combinadas, viga principal + conexión dado:**

Es un perfil tubular, compuesto por dos platinas de ajuste soldadas a ambos extremos, están agujereada para que en estos orificios se anclen en los pernos salientes de la conexión dado y ajustados por la tuerca, la platina de unión siempre tiene la misma medida del dado, 30x30, lo que varía son las dimensiones de los perfiles que van soldados a esta desde taller. Según la luz a cubrir, irá variando el tamaño del perfil tubular, su longitud se maneja en 4 dimensiones estándares 3.66m, 2.44m 1.22m de espesor 3mm.



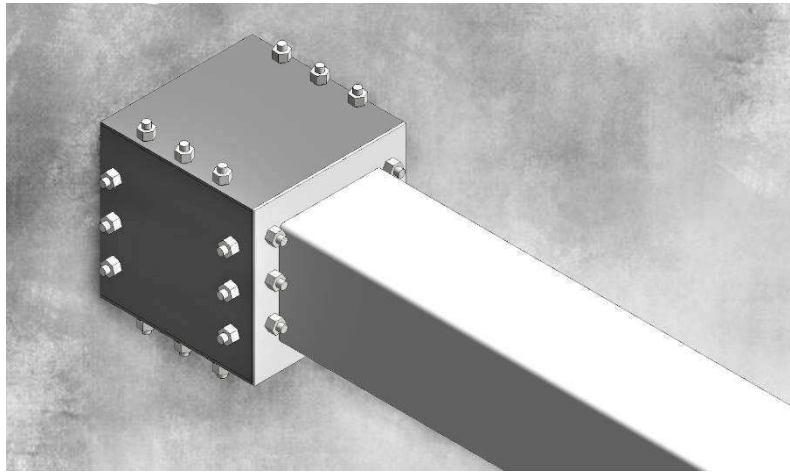
Gráfica 109. Conexión dado Vertic con viga principal platinas soldadas en extremos

Fuente: elaboración propia



Gráfica 110. Anclaje de planita viga a pernos dado Vertic

Fuente: elaboración propia

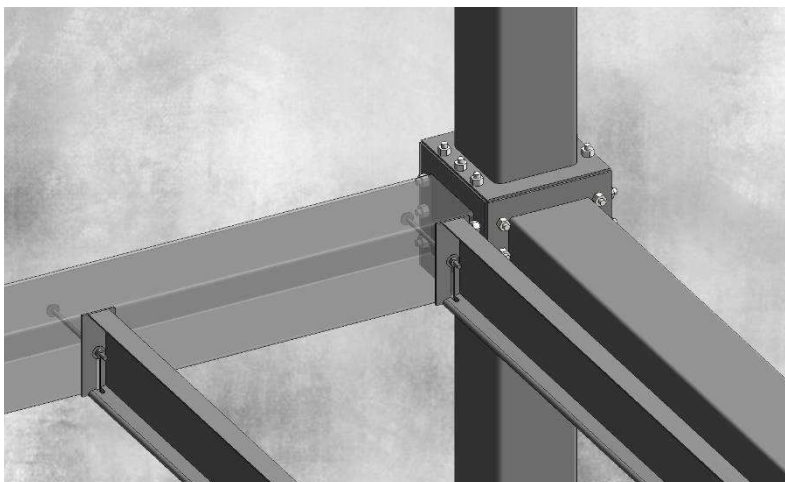


Gráfica 111. Unión articulada, pernada entre viga dado Vertic y viga principal

Fuente: elaboración propia.

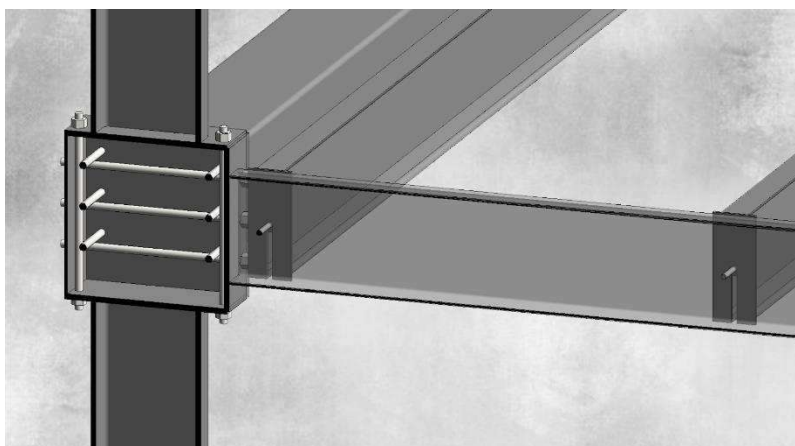
Secciones combinadas, vigueta + viga principal:

Es un perfil en forma de C, compuesto por dos platinas de ajuste soldada a ambos extremos del perfil, tienen una abertura la cual se ancla a los pernos salientes de la viga principal. Debido a que el cuadro principal de vigas se arma, primeramente, las viguetas solo se bajan hasta anclarse para ser ajustada, gracias a la forma en C la vigueta se puede pernar fácilmente sin incomodidad de forma manual. Este método se utiliza en la construcción de piso, entrepiso y cubierta.



Gráfica 112. Conexión vigueta contra viga principal

Fuente: elaboración propia



Gráfica 113. Corte estructura, visualización de anclaje de vigueta a viga fijación a través de perno

Fuente: elaboración propia.



Gráfica 114. Unión vigueta a viga principal, armado de piso sobre viguetas

Fuente: elaboración propia.

- **Secciones combinadas, estructura piso, entrepiso y cubierta:**

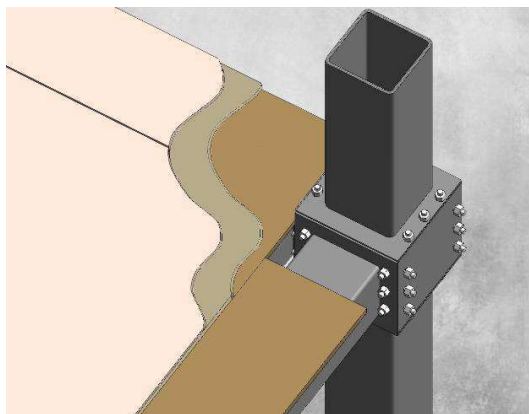
los muros interiores el panel va encima del piso, para mejor retiró sin afectar o dañar la superficie, el panel yeso queda dilatado 12.5mm. El entrepiso está conformado por viguetas perfiles de canal y vigas principales perfiles tubulares trabajando a flexión. Estos perfiles deben ser lo suficientemente rígidos para soportar todas las cargas provenientes de la cubierta, de los pisos superiores y las generadas por la ocupación del lugar. Sus dimensiones deben ser definidas por cálculo estructural.

El entrepiso puede ser construido en dos formas distintas de materialidad (*véase gráfica 126*) de acuerdo a las necesidades y posibilidades económicas de cada usuario . un entrepiso con lámina colaborante de espesor 3 mm o con tablero en OSB 20 mm de espesor. La primer opción consiste en ubicar las viguetas en los pernos salientes de las vigas principales prosiguiendo con el ensamble y ajuste de las mismas, al obtener el primer entramado de

apoyo en el entrepiso, se procede a colocar la lámina de OSB (*véase gráfica 127*) la medida más larga del tablero en el sentido contrario de las viguetas, se finaliza colocando las láminas de fibrocemento de eterboard espesor 20 mm en el sentido contrario del entramado del OSB, para generar un mejor ajuste estructural, se debe sellar las juntas con un cordón de sikaflex, para colocar el acabado final en vinilo.

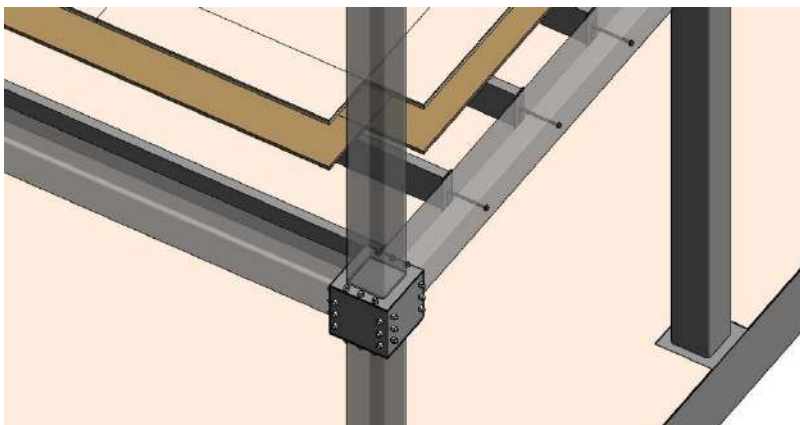
La segunda opción consiste en ubicar las viguetas en los pernos salientes de las vigas principales prosiguiendo con el ensamble y el ajuste de las mismas, al obtener el primer entramado de apoyo en el entrepiso, se procede a colocar la lámina colaborante (*véase gráfica 129*) en el sentido contrario de las viguetas, se finaliza colocando las láminas de fibrocemento de eterboard espesor 20 mm, se debe sellar las juntas con un cordón de sikaflex, para colocar el acabado final en vinilo.

Los dos procesos ya mencionados anteriormente, se aplican en el armado de la cubierta para cada módulo, es opcional aplicar una capa protectora de impermeabilización para mayor control de filtración por agua.



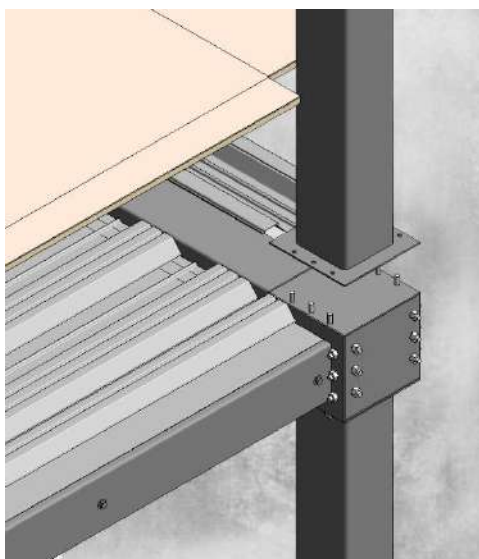
Gráfica 115. Capas materialidad de entrepiso

Fuente: elaboración propia

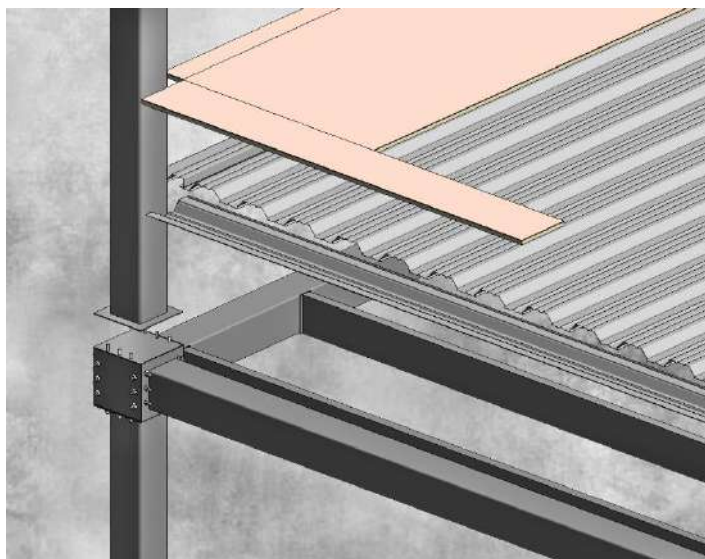


Gráfica 116. Explosionada capas materialidad lámina OSB

Fuente: elaboración propia



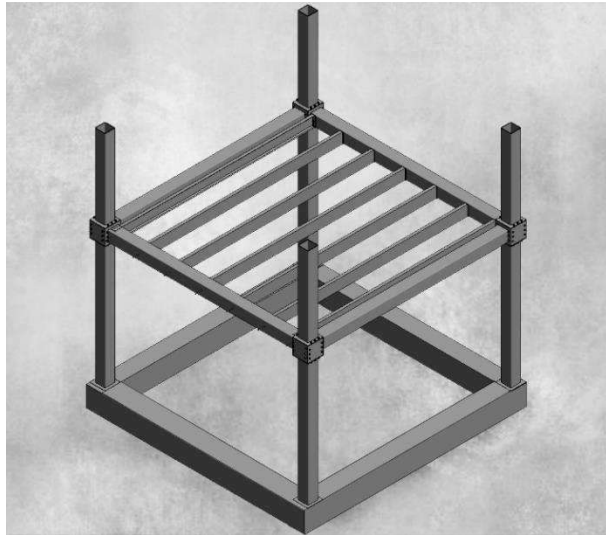
Gráfica 118. Capas de entrepiso, lámina colaborante



Gráfica 117. Explosionada capas materialidad de entrepiso, lámina colaborante

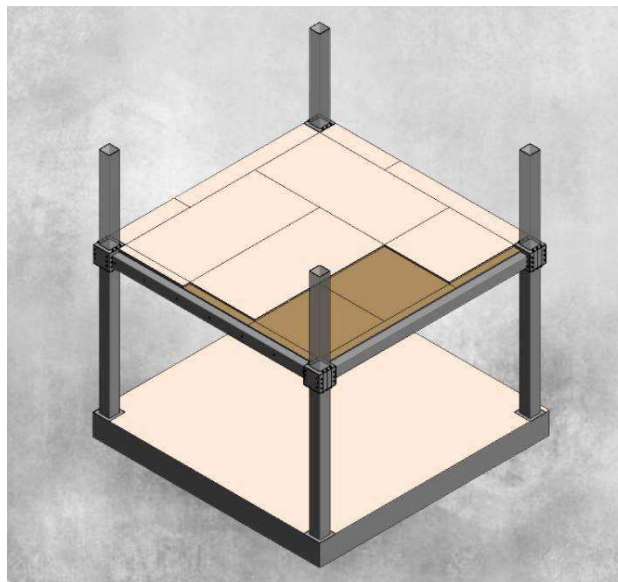
Fuente: elaboración propia

4.2.3 Proceso de armado del edificio desde un módulo para edificio micro, hasta varios módulos para edificio macro



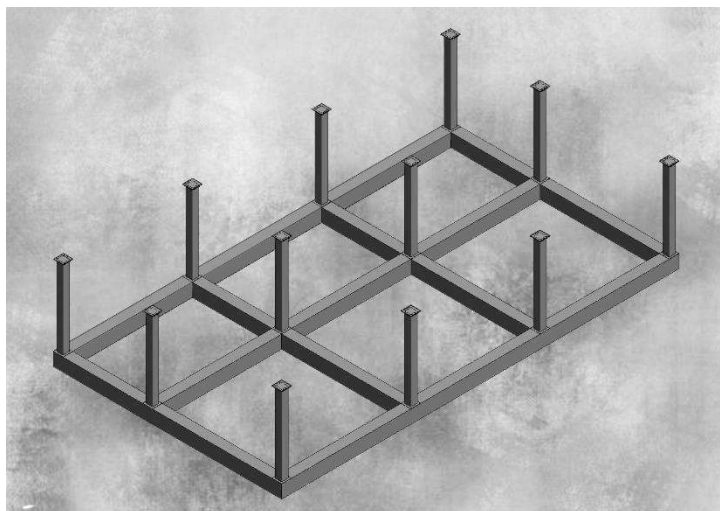
Gráfica 119. Módulo estructural Vertic en acero

Fuente: elaboración propia



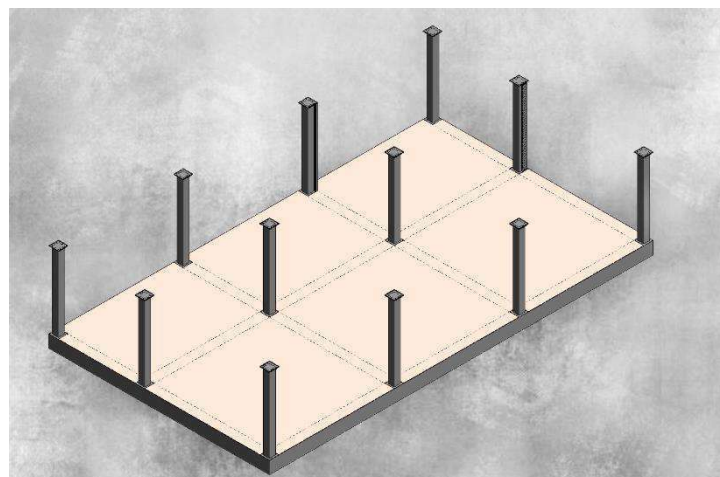
Gráfica 120. Módulo estructural Vertic en acero con piso y entrepiso

Fuente: elaboración propia



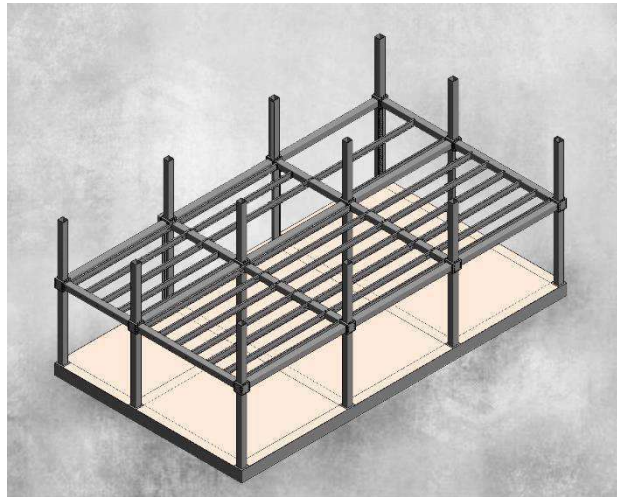
Gráfica 121. Módulo estructural Vertic en acero sobre zapata corrida

Fuente: elaboración propia



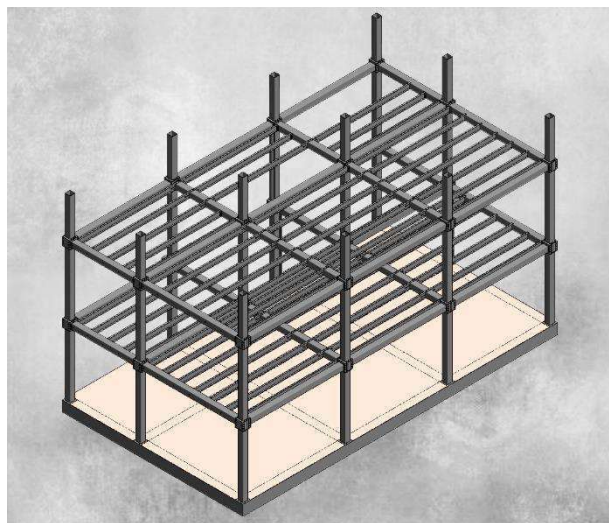
Gráfica 122. Módulo estructural Vertic en acero con piso, primer nivel

Fuente: elaboración propia



Gráfica 123. Módulo estructural Vertic en acero con piso, segundo nivel

Fuente: elaboración propia

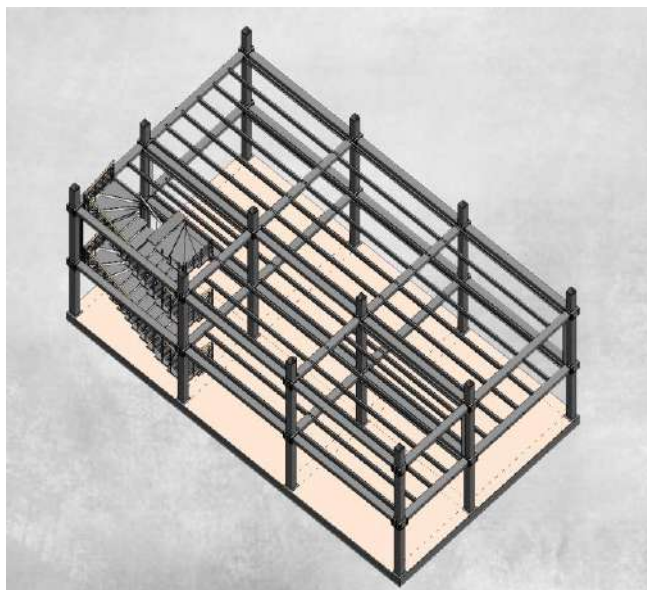


Gráfica 124. Módulo estructural Vertic en acero con piso, segundo nivel y tercer nivel

Fuente: elaboración propia

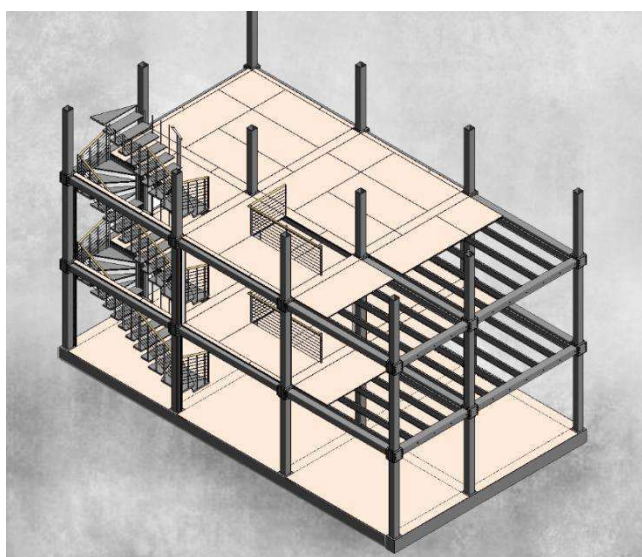
- **Secciones combinadas, estructura entrepiso y escalera(punto fijo):**

los puntos fijos como la escalera se van armando según los pisos del edificio vayan avanzando, como estructura en steel framing independiente de la estructura modular Vertic.



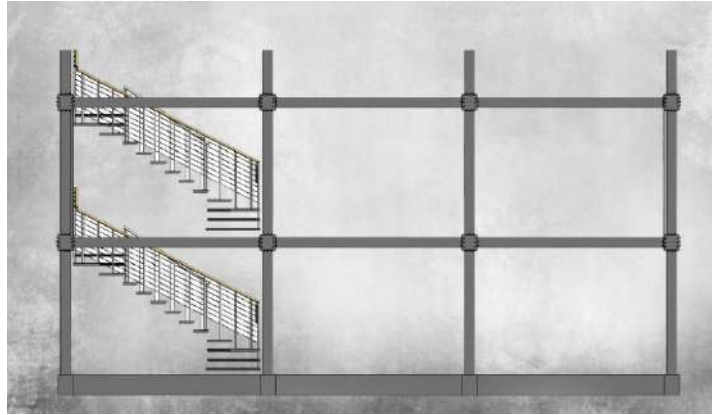
Gráfica 125. Módulo estructural Vertic en acero con piso, crecimiento en altura con punto fijo (escalera), perspectiva 1

Fuente: elaboración propia



Gráfica 126. Módulo estructural Vertic en acero con piso, crecimiento en altura con punto fijo (escalera), perspectiva 2

Fuente: elaboración propia

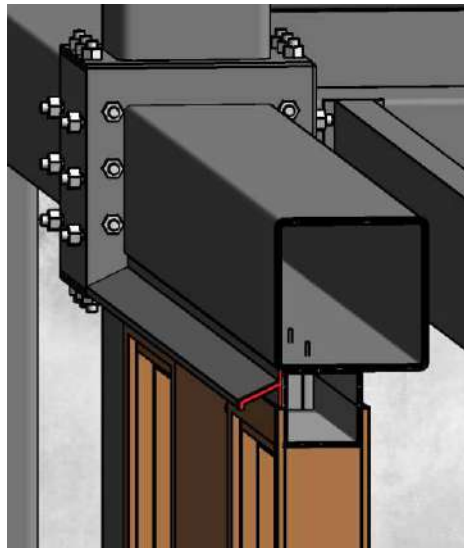


Gráfica 127. Módulo estructural Vertic en acero con piso, crecimiento en altura con punto fijo (escalera), alzado.

Fuente: elaboración propia

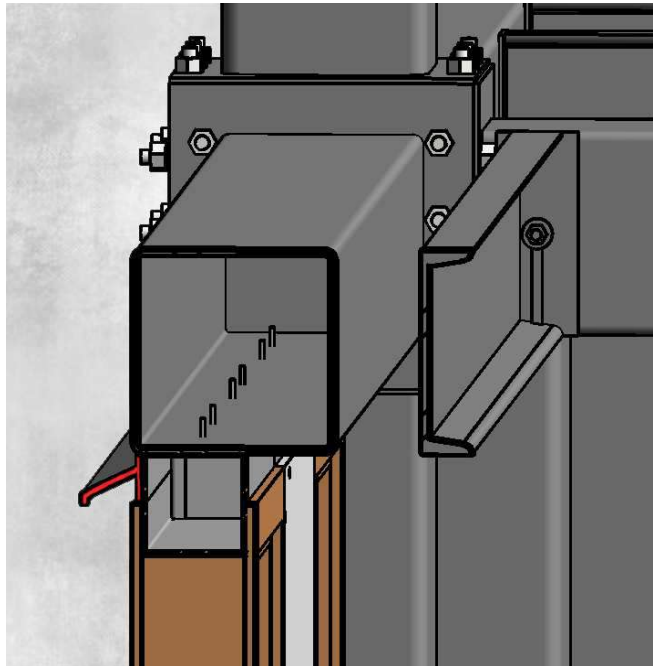
- **Secciones combinadas, accesorios (alfajía):**

La alfaja en PVC es un accesorio de fachada, que sirve para la protección de los muros y el resguardo del ingreso de agua al interior del edificio, la cual se fija en la estructura de los muros de cerramiento, por medio de pernos.



Gráfica 128. Corte por viga fijación de alfajía.

Fuente: elaboración propia

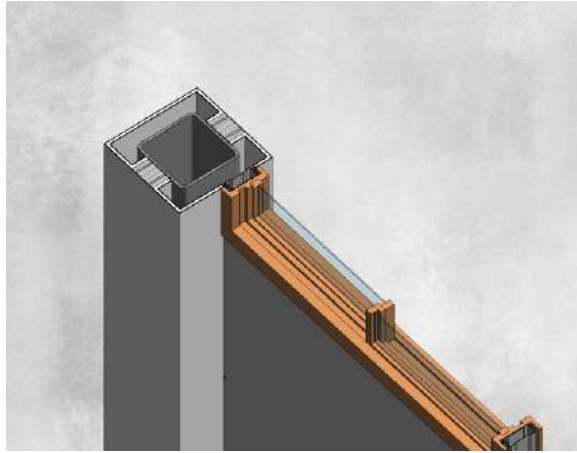


Gráfica 129. Corte por viga fijación de alfajía.

Fuente: elaboración propia

- **Secciones combinadas, accesorios (protecciones y acabados para columnas internas):**

Las columnas tubulares pueden quedar a la vista o sencillamente ser tapadas, con piezas en PVC acabado en madera, estos accesorios se anclan por medio de tornillos, se deben fijar en piso y techo.

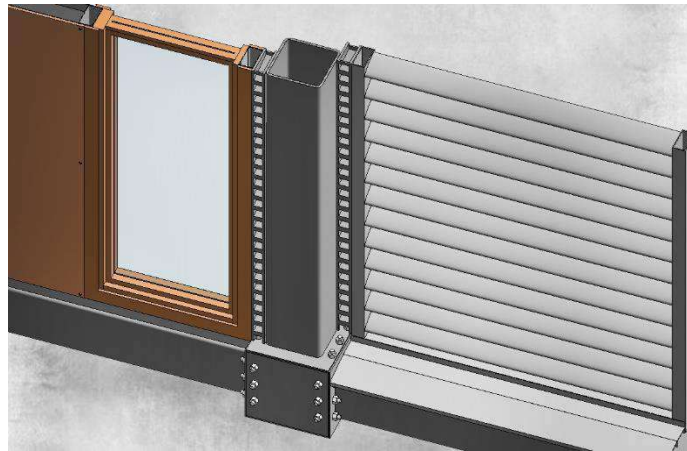


Gráfica 130. Corte por columna interior, protección y acabado

Fuente: elaboración propia

- **Secciones combinadas, accesorios (protecciones y acabados para junta entre muros y columnas):**

Entre los muros esquineros que llegan a empatar con las columnas queda un espacio de 5cm por la intervención del dado, debido a esto surge esta junta, la cual se le adapta un accesorio en pvc con aberturas, el cual permite el paso del aire e iluminación.



Gráfica 131. Alzado de accesorio para dilatación entre cerramiento y columna

Fuente: elaboración propia

Conclusiones

- Con el trabajo de grado se concluye que Colombia debido a las masivas migraciones dadas por desplazamientos forzados o la búsqueda de una mejor calidad de vida constituyó el área urbana de manera apresurada, sin una buena planificación que permitiera un mayor uso del espacio, un mejor aprovechamiento de los recursos y una buena división del territorio.
- A partir de los antecedentes indagados y el estado del arte elaborado en el marco del proyecto: sistema modular Vertic se concluye que la industria de la construcción en Colombia requiere un crecimiento en términos de producción de viviendas prefabricadas y modulares que suplan las necesidades habitacionales en el menor tiempo posible para hogares o familias en estado de vulnerabilidad.
- Así mismo se concluye que la vivienda en Colombia presenta falencias en términos de su capacidad para adaptarse a los cambios y situaciones, así como la dificultad en el mantenimiento y aprovechamiento al máximo de los materiales y piezas de construcción, por lo que se considera necesario que la industria arquitectónica genere una economía circular en torno a la comercialización de piezas para que haya un mayor uso de estas y se prolonguen sus ciclos de vida útil.
- Con lo indagado se concluye también la necesidad de realizar diseños de piezas de forma muy práctica para un armado rápido y, utilizar la menor cantidad de componentes que logre una construcción muy deductiva con poca intervención de manos calificadas en el proceso.

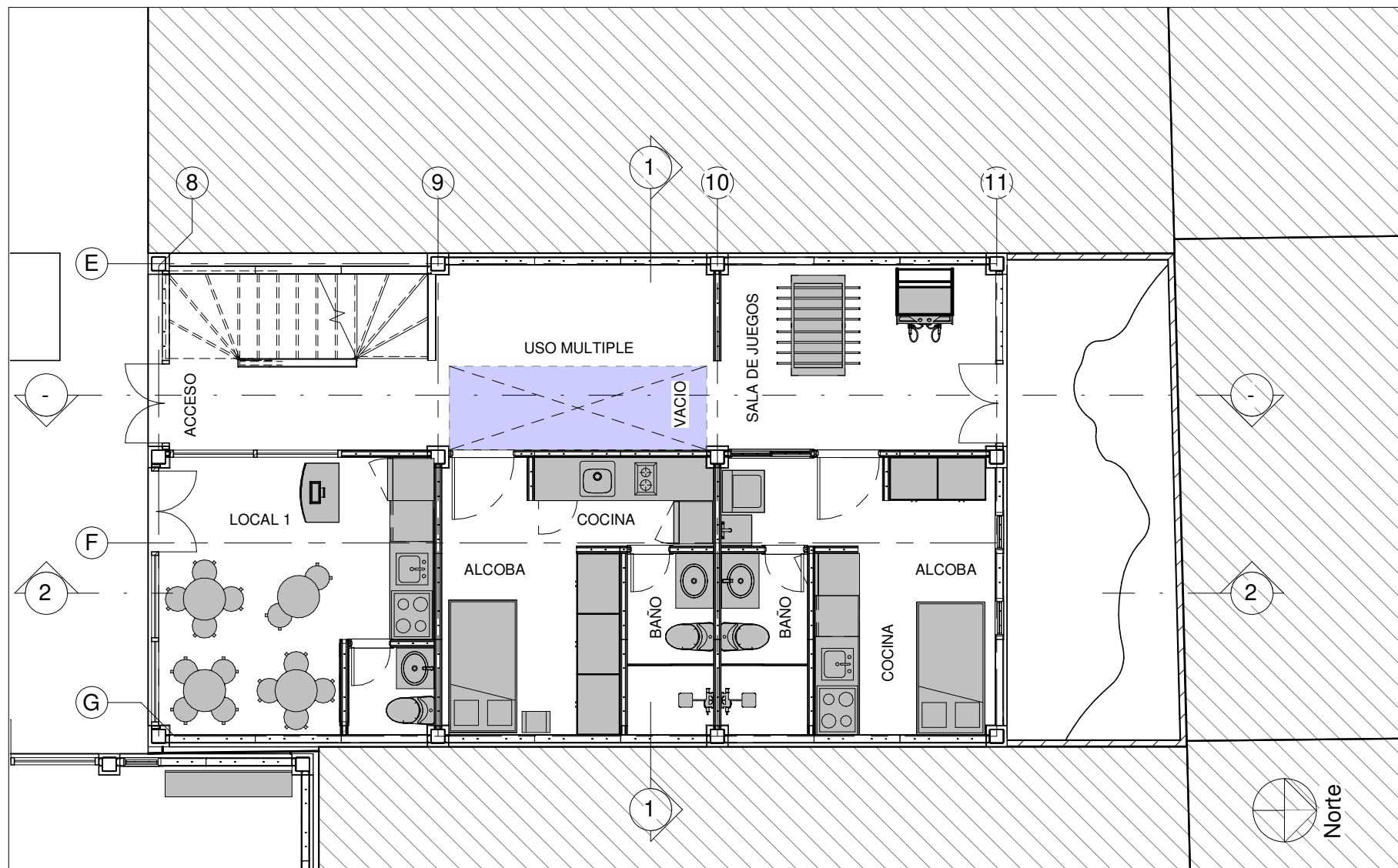
- Se concluye que la propuesta del sistema modular Vertic desarrolla elementos constructivos modulares más eficaces de construcción con materiales existentes en el mercado, con el propósito de mejorar su uso, optimizar los recursos, reducir en lo posible el desperdicio de materiales, disminuir tiempos de construcción sin la necesidad de mano de obra calificada y permitiendo versatilidad y flexibilidad en los diseños de vivienda para espacios con condiciones dignas para el usuario.
- Por último, la elaboración del diseño del sistema modular permitió pensarse metodologías para el aprovechamiento de los materiales mediante la prefabricación y ensamble de las piezas del sistema constructivo, lo cual permite la reutilización y recuperación de las mismas, generando una activación en el mercado de la construcción modular basándose en el modelo de economía circular.

PLANO PRIMER PISO E1

ESC. 1 : 75



CONJUNTO DE
EDIFICIOS
VERTIC
07/19/21



Autores:

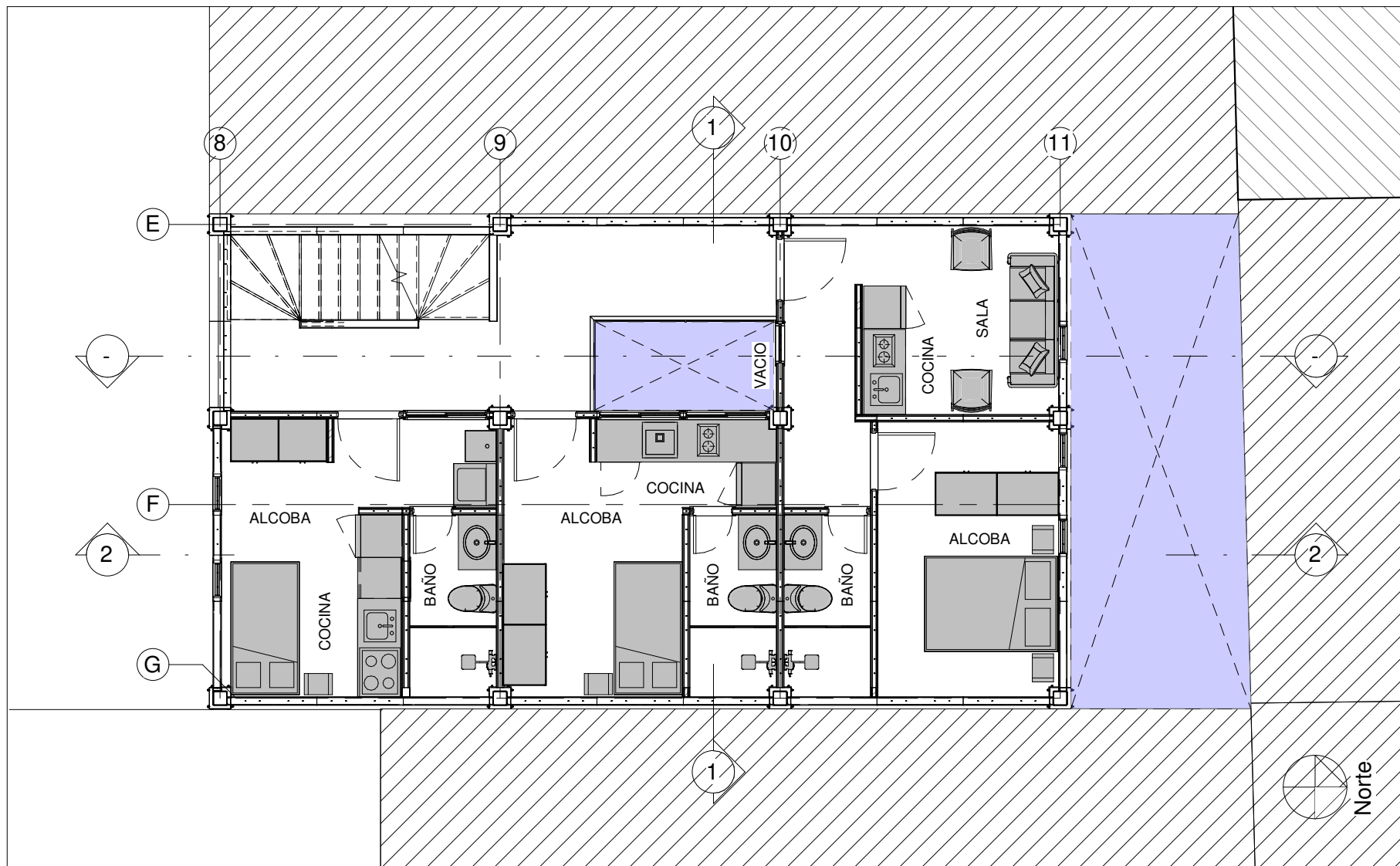
Mateo Mendez Patarroyo codigo:201539522, Anderson Inguilan Sepulveda codigo:201522867 Angie Buitrón Burbano codigo:201525318

PLANTA TIPO SEGUNDO PISO

ESC. 1 : 75



CONJUNTO DE
EDIFICIOS
VERTIC
07/19/21



Autores:

Mateo Mendez Patarroyo codigo:201539522, Anderson Inguilan Sepulveda codigo:201522867 Angie Buitrón Burbano codigo:201525318

ALZADO NORTE Y SUR

ESC. 1 : 120



CONJUNTO DE
EDIFICIOS
VERTIC
07/19/21



Autores:

Mateo Mendez Patarroyo codigo:201539522, Anderson Inguilan Sepulveda codigo:201522867 Angie Buitrón Burbano codigo:201525318

CORTE TRANSVERSAL Y LONGITUDINAL

ESC. Como se indica



CONJUNTO DE
EDIFICIOS
VERTIC

07/19/21



Autores:

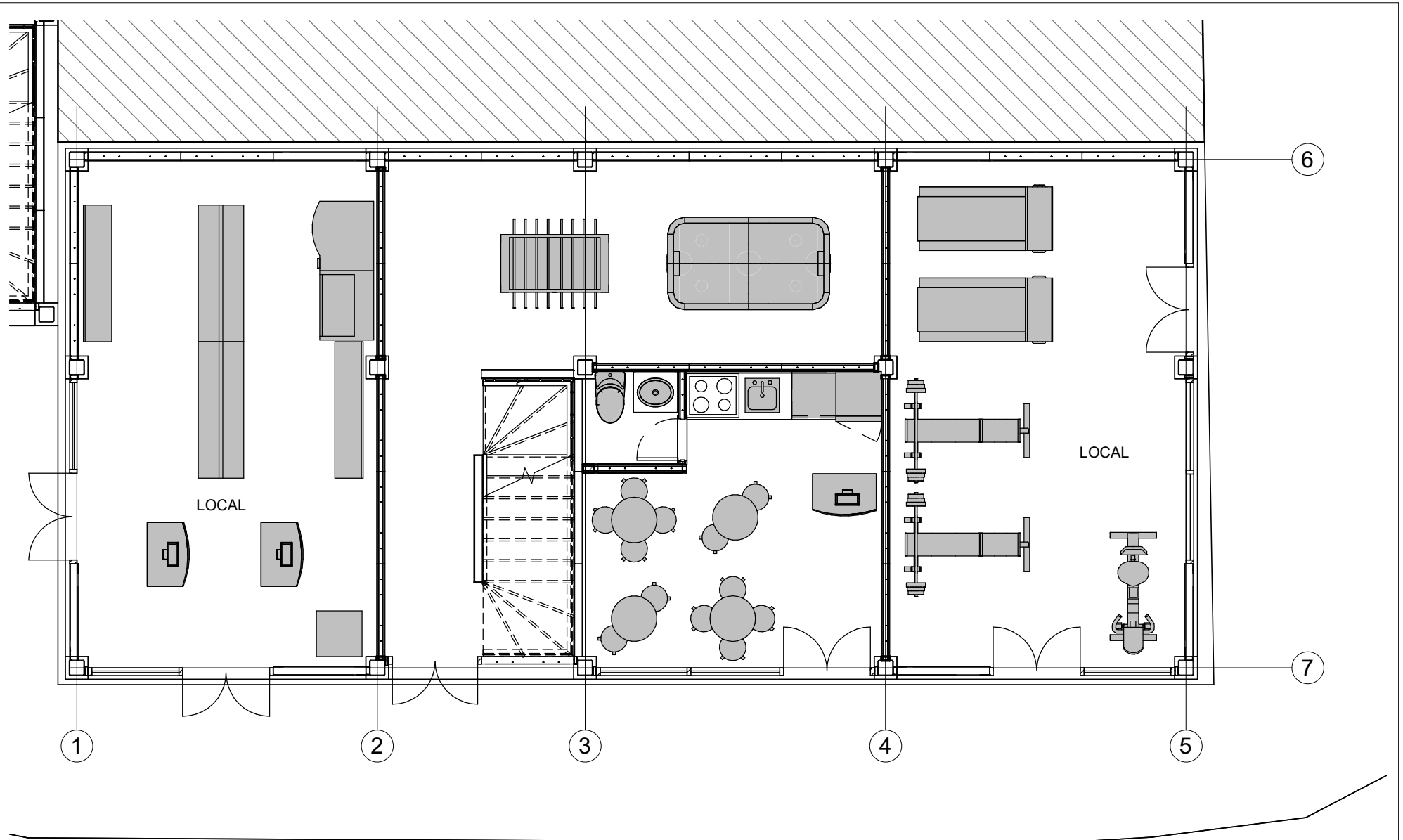
Mateo Mendez Patarroyo codigo:201539522, Anderson Inguilan Sepulveda codigo:201522867 Angie Buitrón Burbano codigo:201525318

Planta arquitectónica primer piso E2

ESC. 1 : 70



Sistema
constructivo
modular Vertic
07/19/21



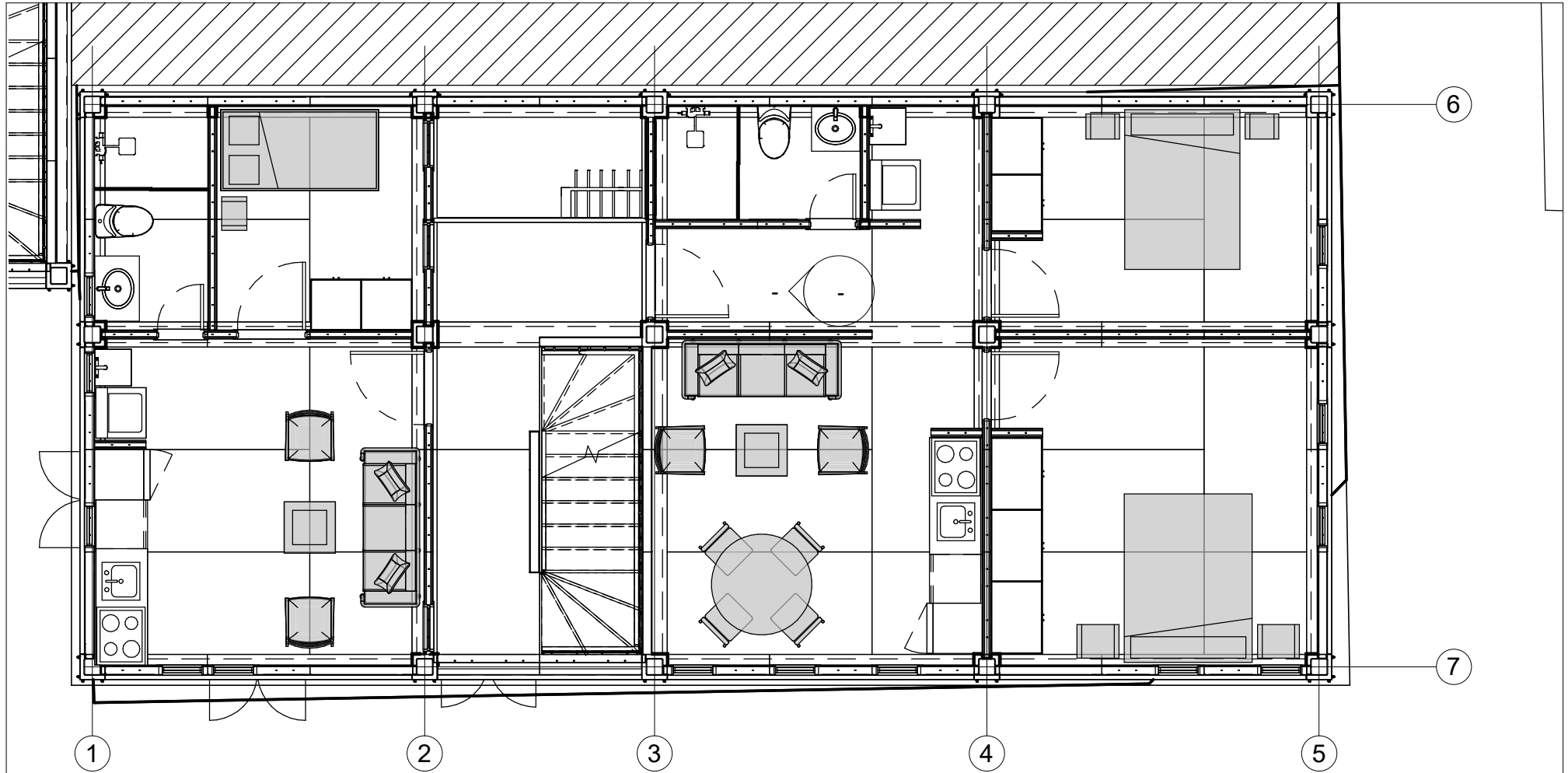
Autores:
Mateo Mendez Patarroyo codigo:201539522, Anderson Inguilan Sepulveda codigo:201522867 Angie Buitrón Burbano codigo:201525318

Planta tipo segundo piso E2

ESC. 1 : 70



Sistema
constructivo
modular VERTIC
07/19/21



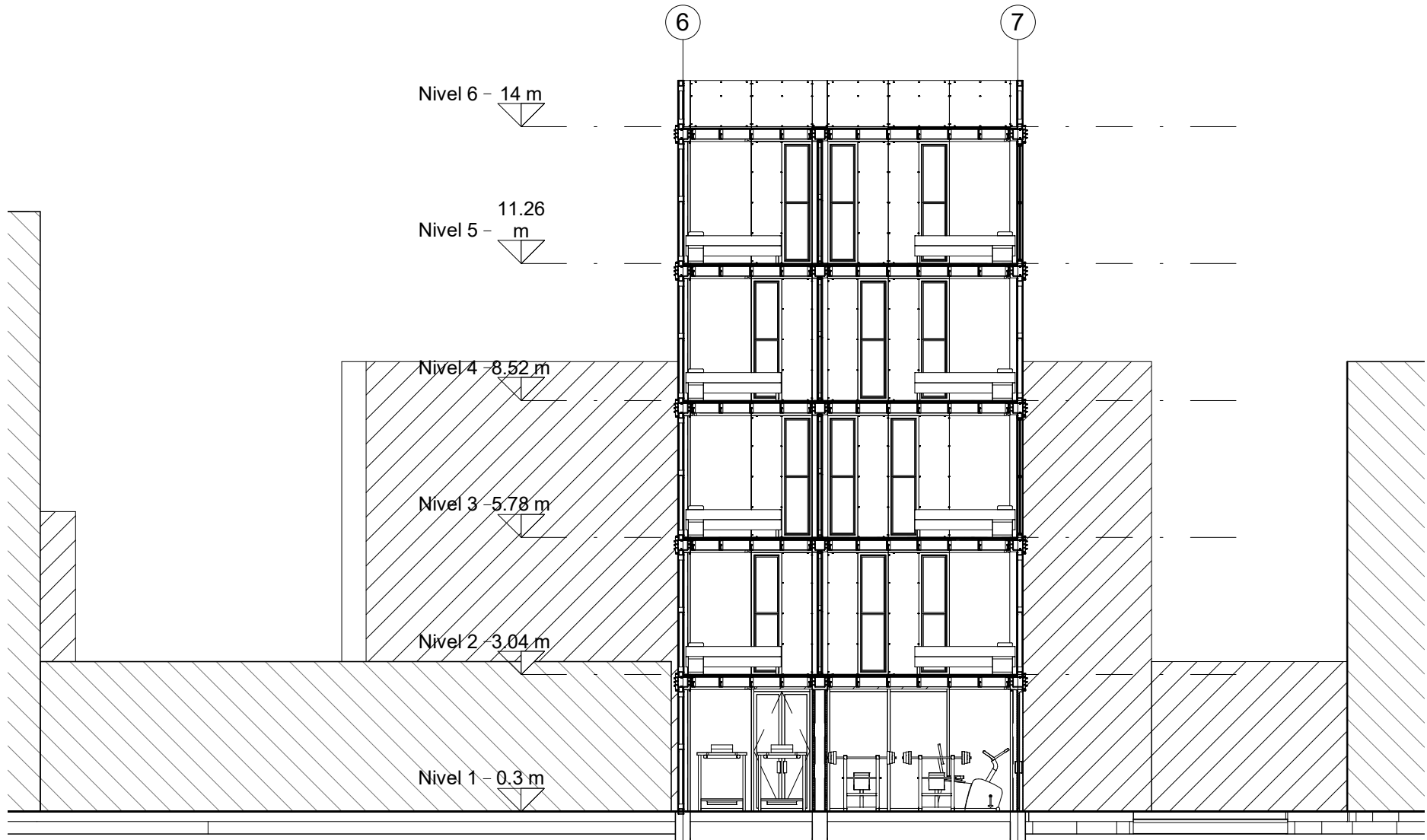
Autores:
Mateo Mendez Patarroyo codigo:201539522, Anderson Inguilan Sepulveda codigo:201522867 Angie Buitrón Burbano codigo:201525318

Corte transversal E2

ESC. 1 : 115



Sistema
constructivo
modular Vertic
07/19/21



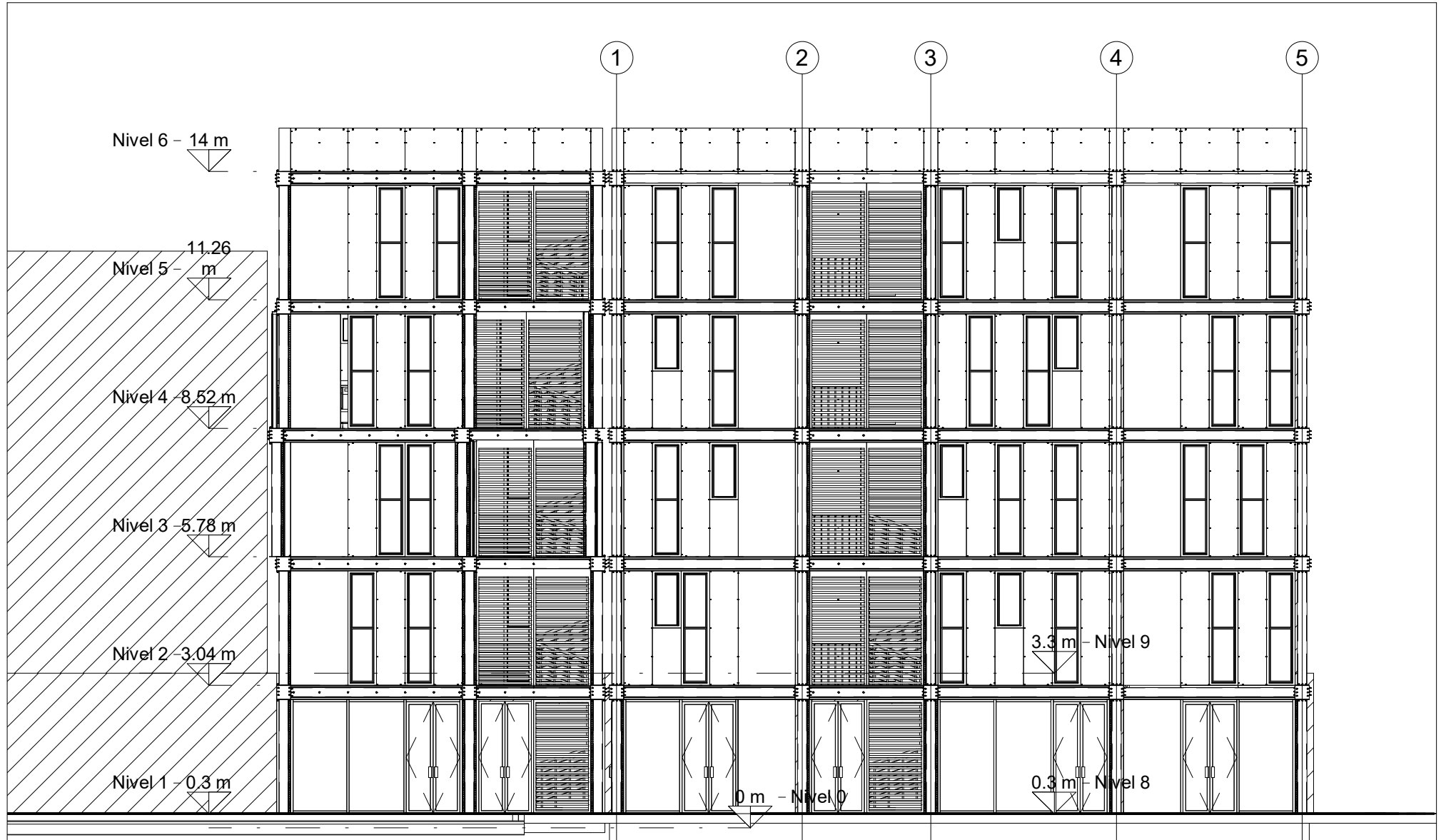
Autores:
Mateo Mendez Patarroyo codigo:201539522, Anderson Inguilan Sepulveda codigo:201522867 Angie Buitrón Burbano codigo:201525318

Alzado longitudinal E2

ESC. 1 : 115



Sistema
constructivo
modular VERTIC
07/19/21



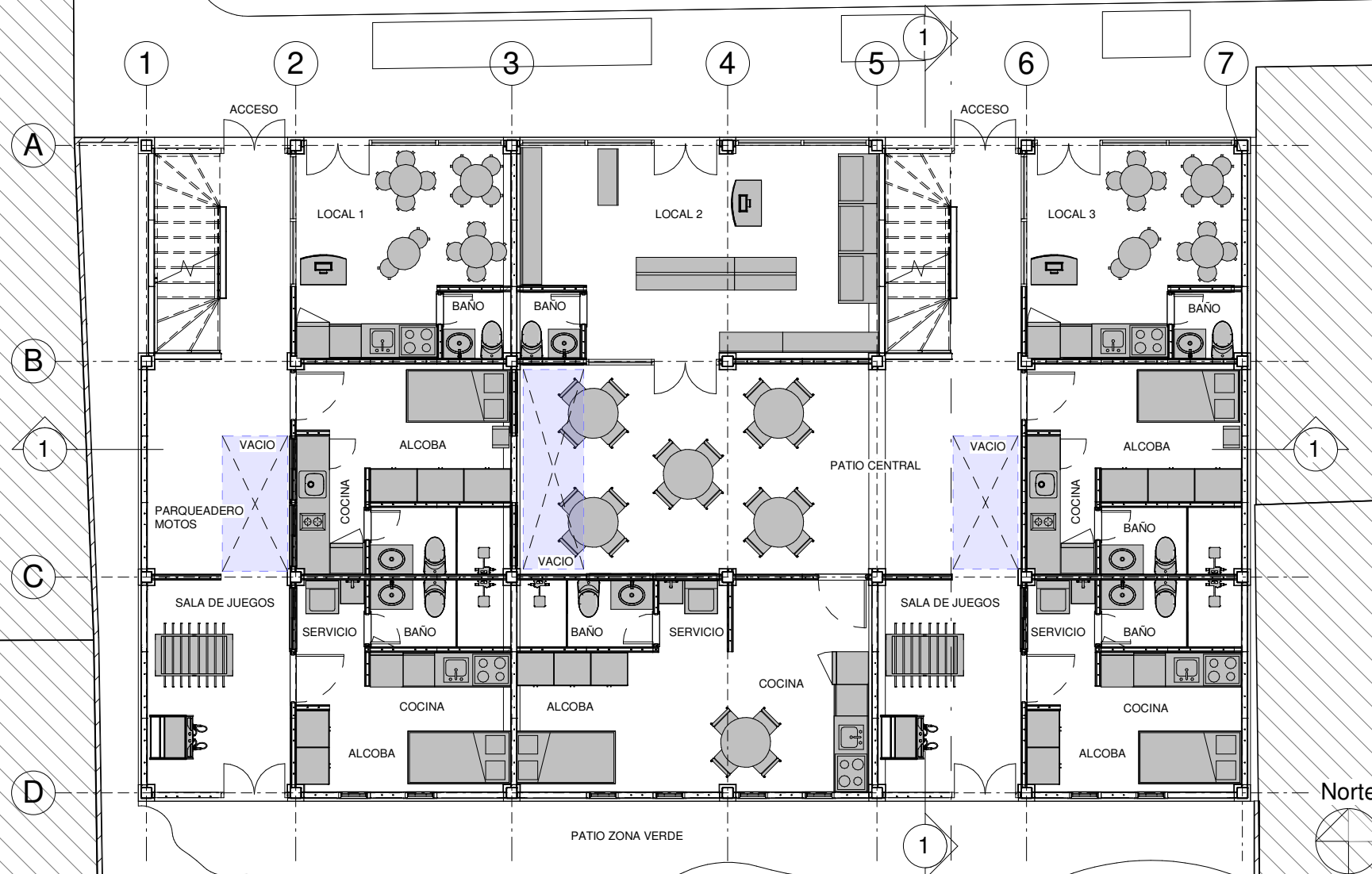
Autores:
Mateo Mendez Patarroyo codigo:201539522, Anderson Inguilan Sepulveda codigo:201522867 Angie Buitrón Burbano codigo:201525318

PLANO PRIMER PISO E3

ESC. 1 : 100



CONJUNTO DE
EDIFICIOS
VERTIC
07/19/21



Autores:
Mateo Mendez Patarroyo codigo:201539522, Anderson Inguilan Sepulveda codigo:201522867 Angie Buitrón Burbano codigo:201525318

PLANTA TIPO E3

ESC. 1 : 100



CONJUNTO DE
EDIFICIOS
VERTIC
07/19/21



Autores:

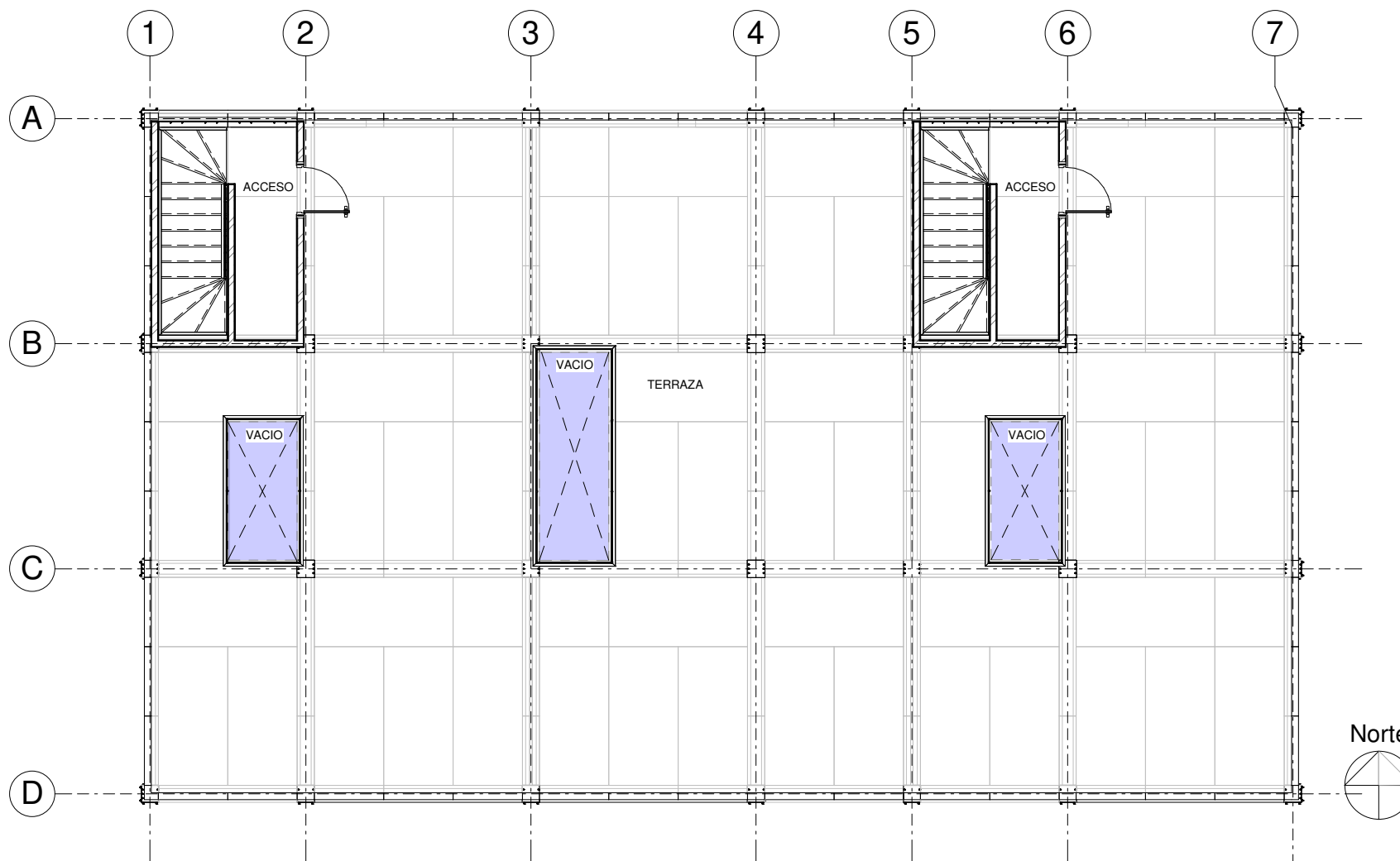
Mateo Mendez Patarroyo codigo:201539522, Anderson Inguilan Sepulveda codigo:201522867 Angie Buitrón Burbano codigo:201525318

CUBIERTA E3

ESC. 1 : 100



CONJUNTO DE
EDIFICIOS
VERTIC
07/19/21



Autores:
Mateo Mendez Patarroyo codigo:201539522, Anderson Inguilan Sepulveda codigo:201522867 Angie Buitrón Burbano codigo:201525318

ALZADO NORTE

ESC. 1 : 120



CONJUNTO DE
EDIFICIOS
VERTIC
07/19/21



Autores:

Mateo Mendez Patarroyo codigo:201539522, Anderson Inguilan Sepulveda codigo:201522867 Angie Buitrón Burbano codigo:201525318

ALZADO OCCIDENTAL Y ORIENTAL

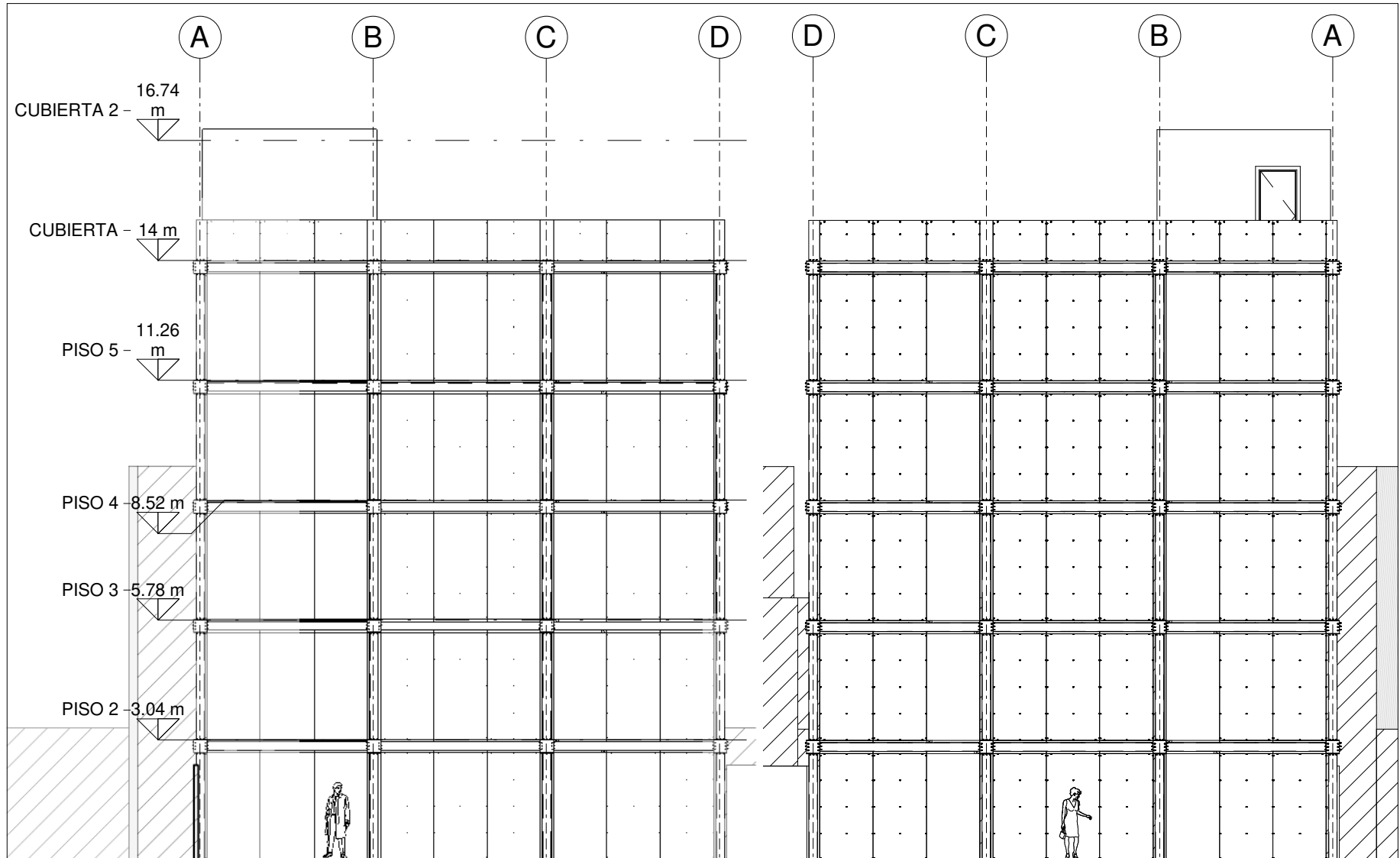
ESC. 1 : 120



CONJUNTO DE
EDIFICIOS
VERTIC
07/19/21

ALZADO OCCIDENTAL

ALZADO ORIENTAL



Autores:

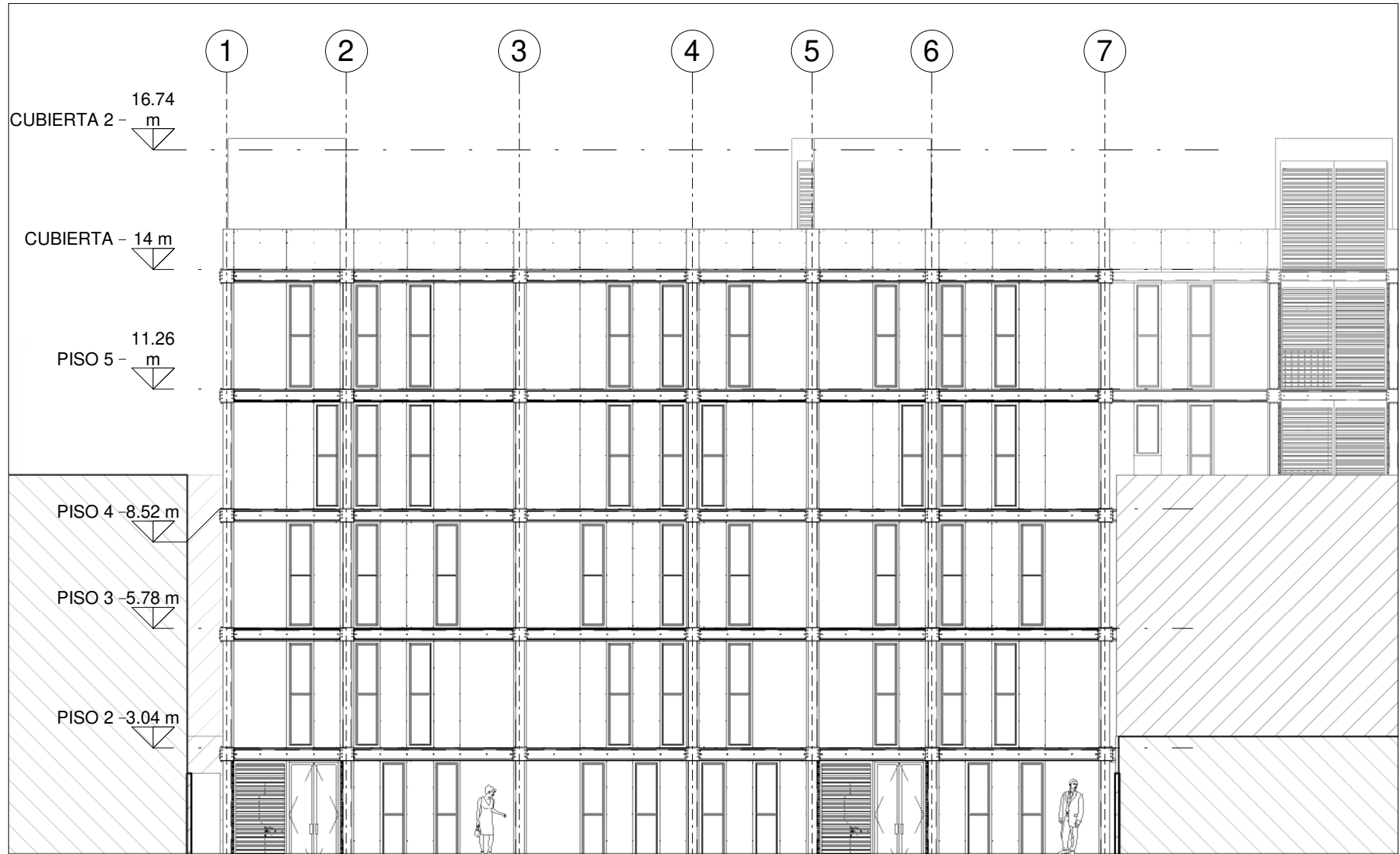
Mateo Mendez Patarroyo codigo:201539522, Anderson Inguilan Sepulveda codigo:201522867 Angie Buitrón Burbano codigo:201525318

ALZADO SUR

ESC. 1 : 120



CONJUNTO DE
EDIFICIOS
VERTIC
07/19/21



Autores:

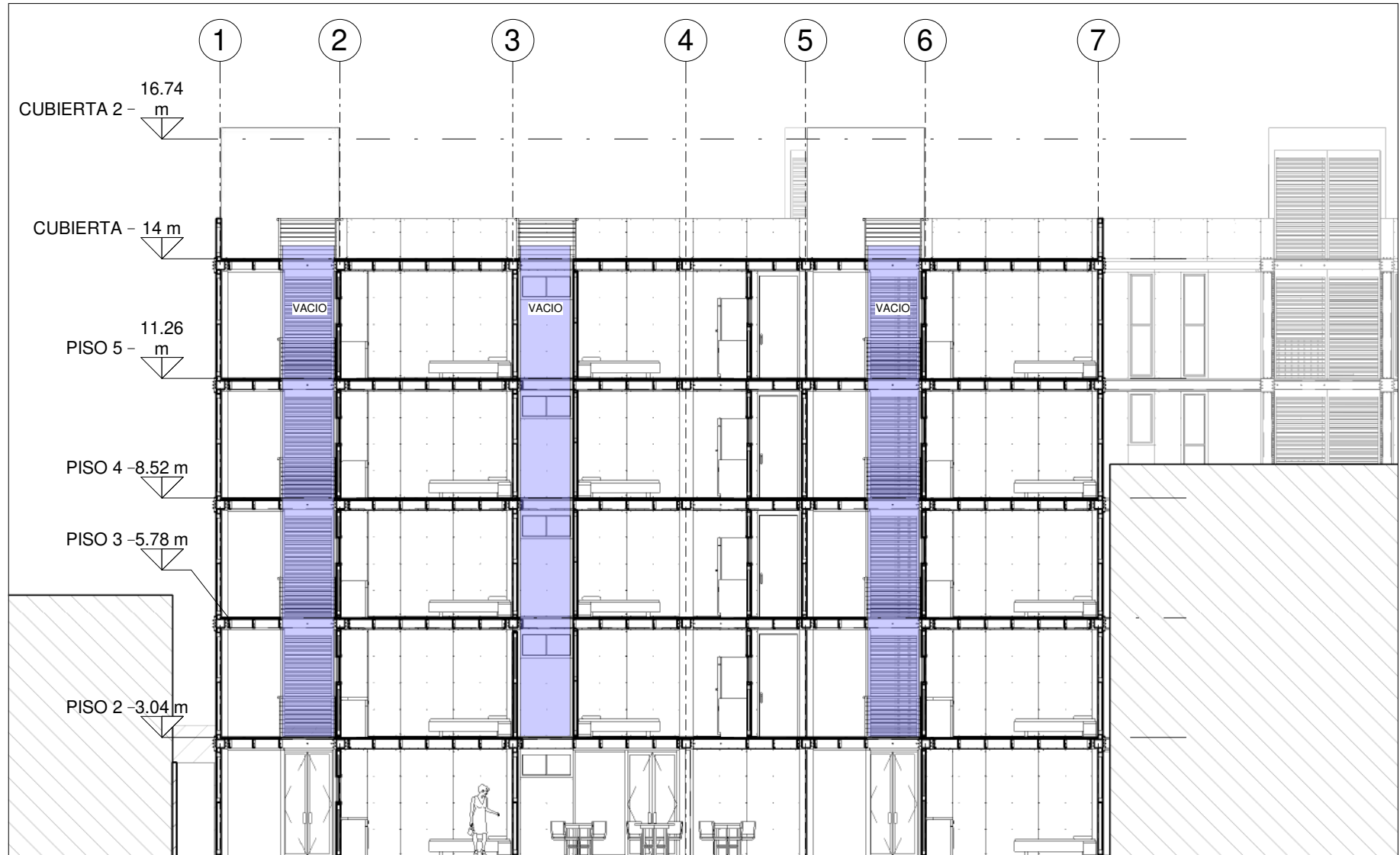
Mateo Mendez Patarroyo codigo:201539522, Anderson Inguilan Sepulveda codigo:201522867 Angie Buitrón Burbano codigo:201525318

CORTE LONGITUDINAL

ESC. 1 : 120



CONJUNTO DE
EDIFICIOS
VERTIC
07/19/21



Autores:

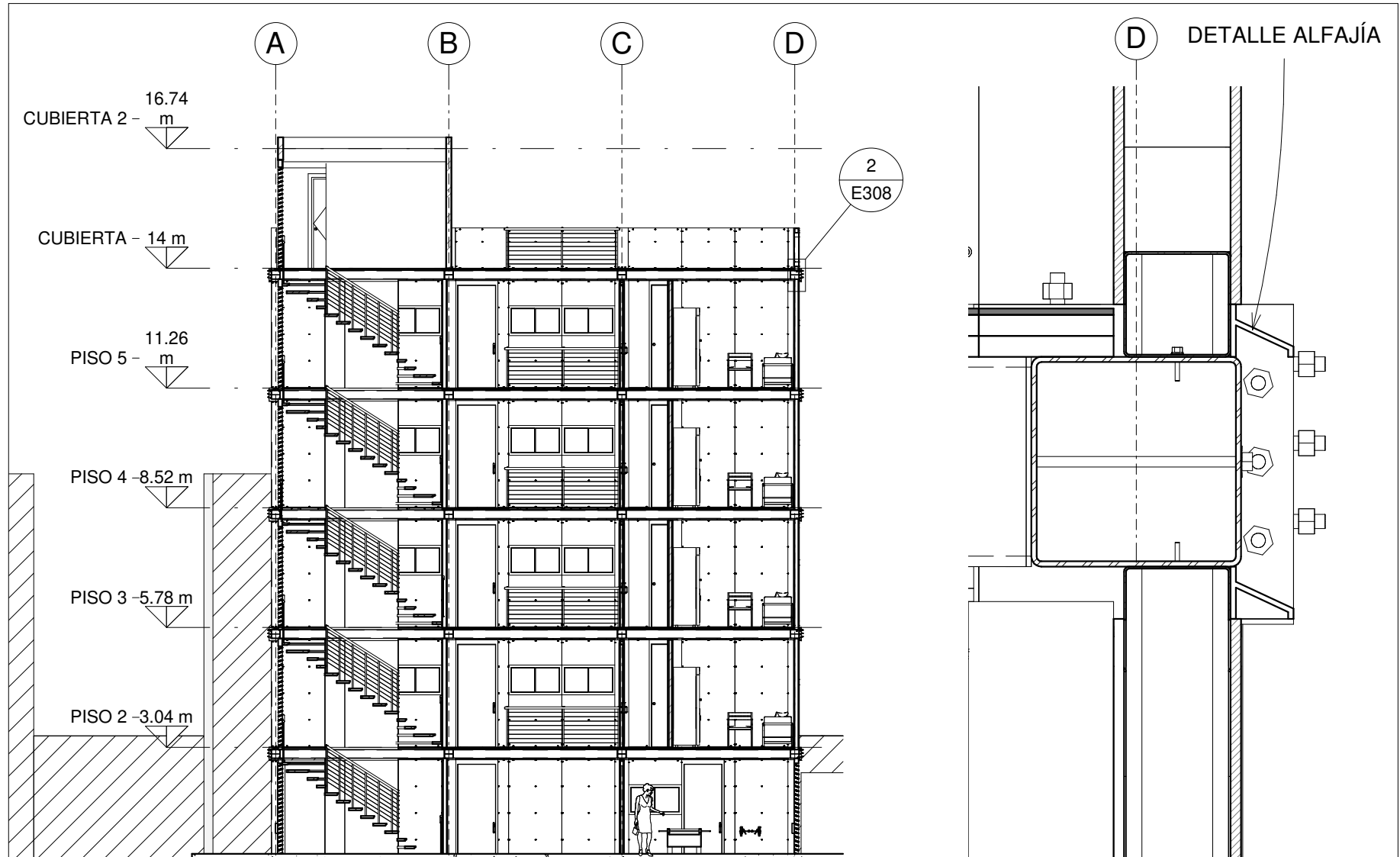
Mateo Mendez Patarroyo codigo:201539522, Anderson Inguilan Sepulveda codigo:201522867 Angie Buitrón Burbano codigo:201525318

CORTE TRANSVERSAL

ESC. Como se indica



CONJUNTO DE
EDIFICIOS
VERTIC
07/19/21



Autores:

Mateo Mendez Patarroyo codigo:201539522, Anderson Inguilan Sepulveda codigo:201522867 Angie Buitrón Burbano codigo:201525318

PLANTA URBANA BARRIO JUNIN

ESC. 1 : 500



CONJUNTO DE
EDIFICIOS
VERTIC

07/19/21



Autores:
Mateo Mendez Patarroyo codigo:201539522, Anderson Inguilan Sepulveda codigo:201522867 Angie Buitrón Burbano codigo:201525318

ESTUDIO SOLAR

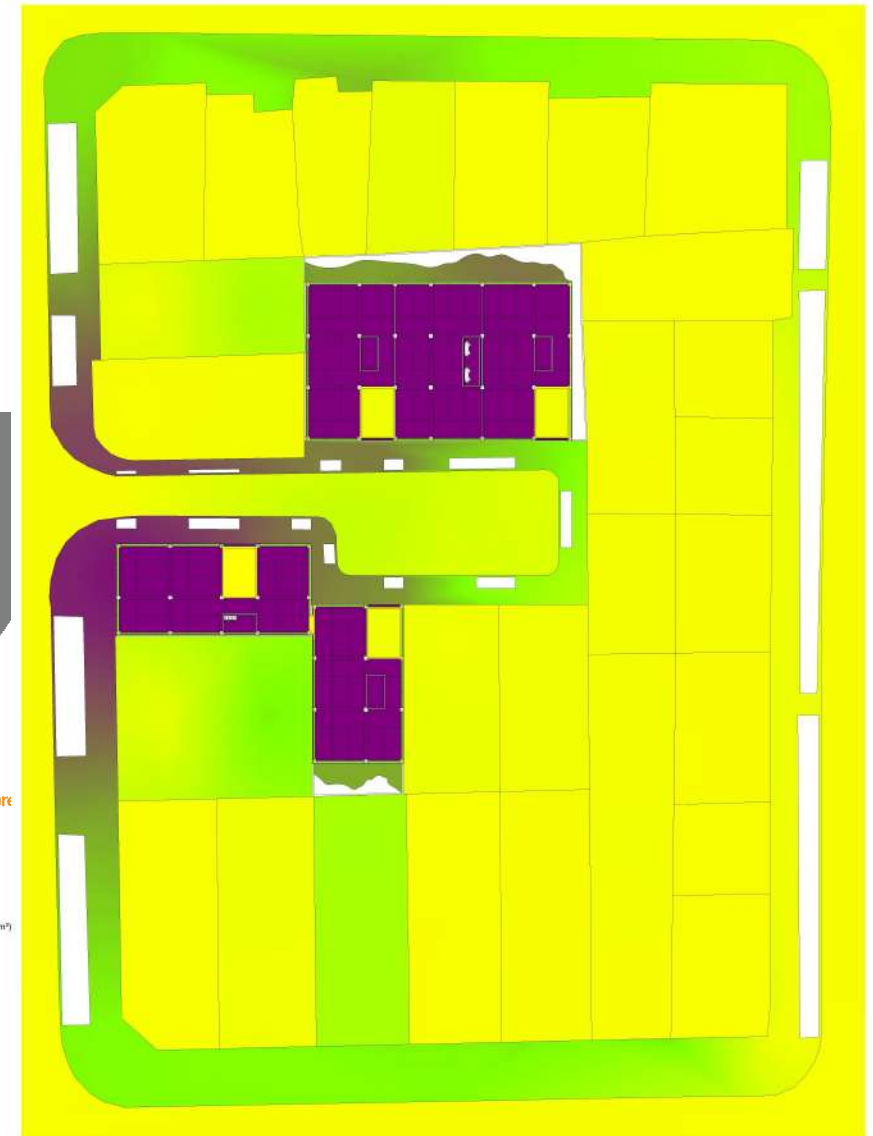
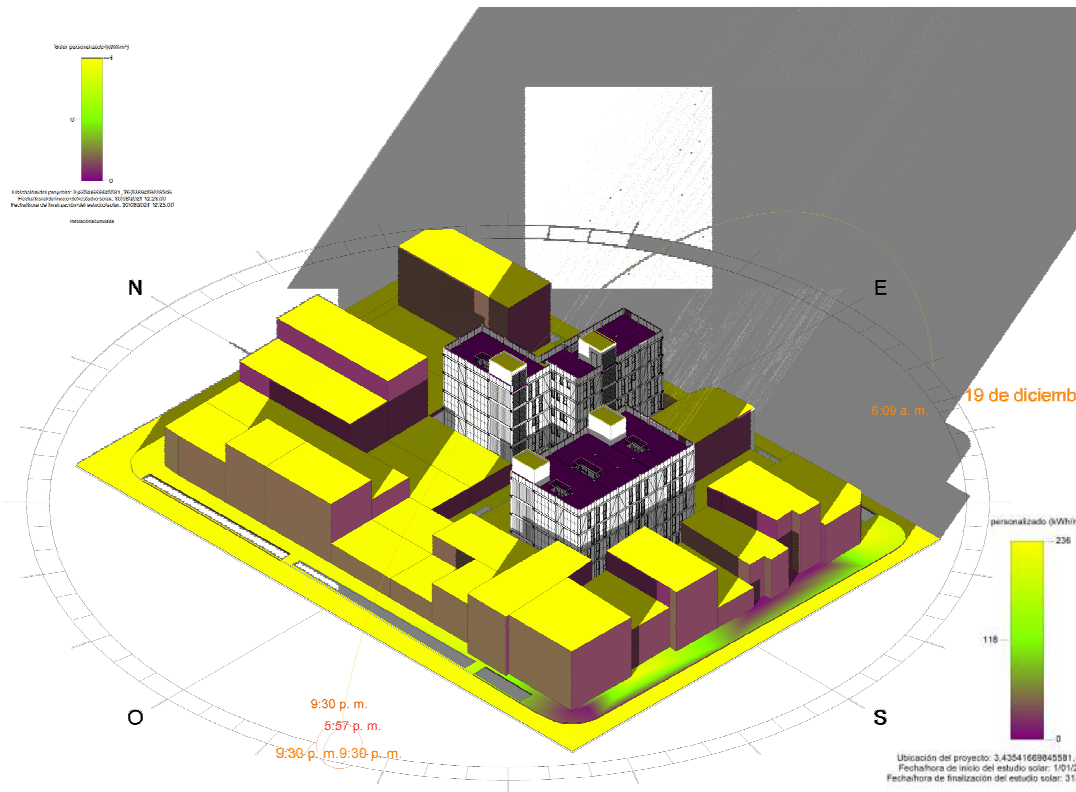
ESC.



CONJUNTO DE
EDIFICIOS
VERTIC

08/31/21

ANALISIS SOLAR DEL MES DE DICIEMBRE(19/12/2021) 9:30 AM



Autores:
Mateo Mendez Patarroyo codigo:201539522, Anderson Inguilan Sepulveda codigo:201522867 Angie Buitrón Burbano codigo:201525318

ESTUDIO SOLAR

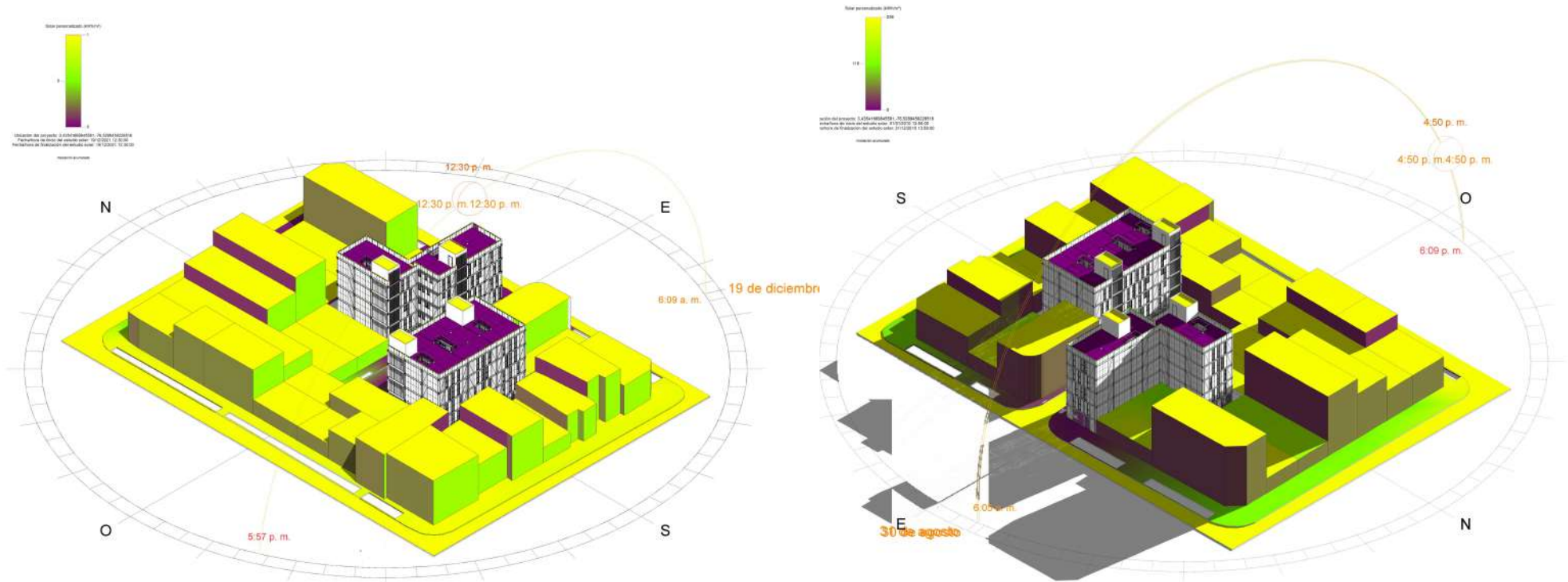
ESC.



CONJUNTO DE
EDIFICIOS
VERTIC

08/31/21

ANALISIS SOLAR DEL MES DE DICIEMBRE (19/12/2021) 12:30 PM - 4:50 PM



Autores:
Mateo Mendez Patarroyo codigo:201539522, Anderson Inguilan Sepulveda codigo:201522867 Angie Buitrón Burbano codigo:201525318

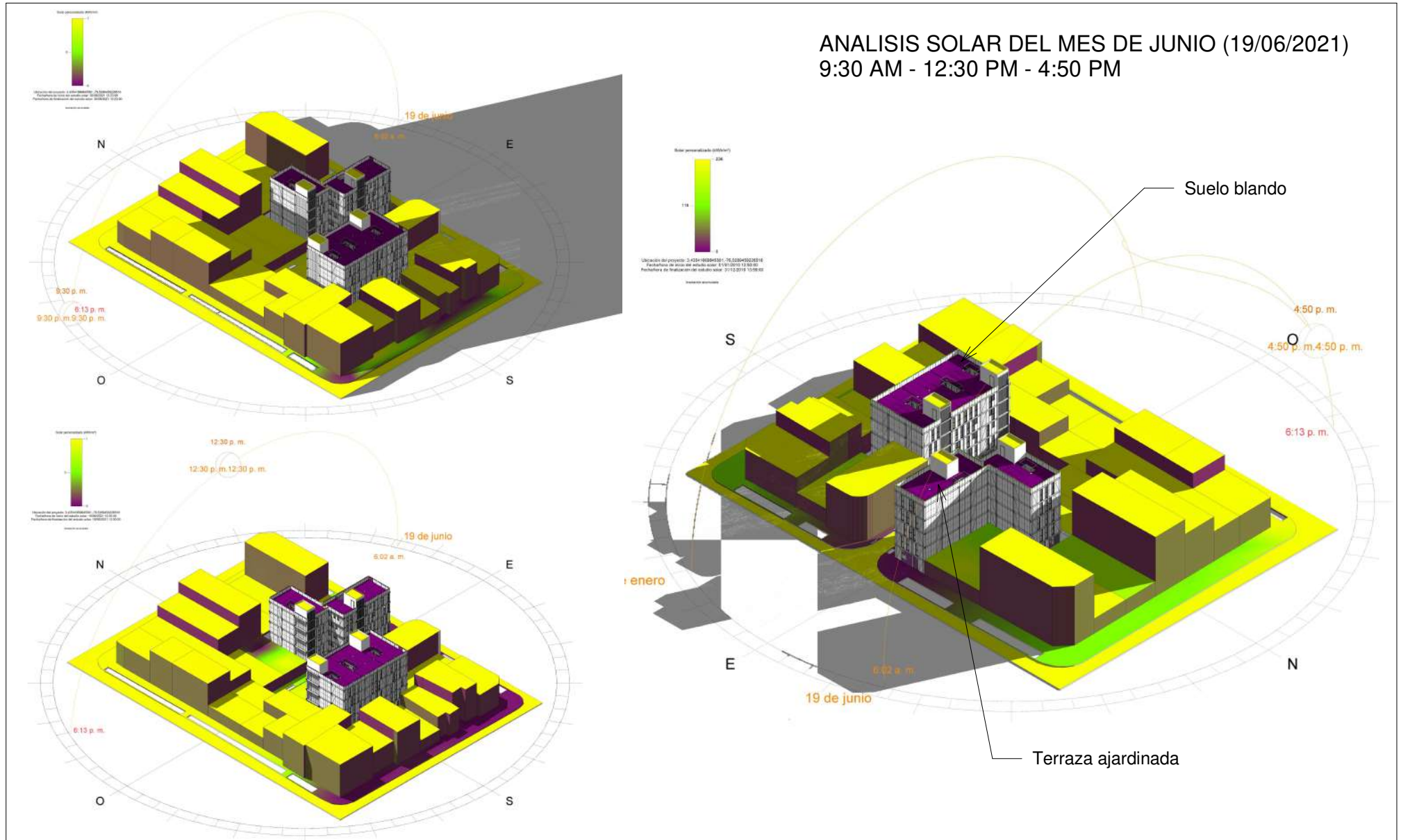
ESTUDIO SOLAR

ESC.



CONJUNTO DE
EDIFICIOS
VERTIC

08/31/21



Autores:
Mateo Mendez Patarroyo codigo:201539522, Anderson Inguilan Sepulveda codigo:201522867 Angie Buitrón Burbano codigo:201525318

RENDERS

ESC.



CONJUNTO DE
EDIFICIOS
VERTIC

08/31/21



Autores:
Mateo Mendez Patarroyo codigo:201539522, Anderson Inguilan Sepulveda codigo:201522867 Angie Buitrón Burbano codigo:201525318

RENDERS

ESC.



CONJUNTO DE
EDIFICIOS
VERTIC

08/31/21



Autores:
Mateo Mendez Patarroyo codigo:201539522, Anderson Inguilan Sepulveda codigo:201522867 Angie Buitrón Burbano codigo:201525318

RENDERS

ESC.



CONJUNTO DE
EDIFICIOS
VERTIC

08/31/21



Autores:
Mateo Mendez Patarroyo codigo:201539522, Anderson Inguilan Sepulveda codigo:201522867 Angie Buitrón Burbano codigo:201525318

RENDERS

ESC.



CONJUNTO DE
EDIFICIOS
VERTIC

08/31/21



Autores:
Mateo Mendez Patarroyo codigo:201539522, Anderson Inguilan Sepulveda codigo:201522867 Angie Buitrón Burbano codigo:201525318

RENDERS

ESC.



CONJUNTO DE
EDIFICIOS
VERTIC

08/31/21



Autores:
Mateo Mendez Patarroyo codigo:201539522, Anderson Inguilan Sepulveda codigo:201522867 Angie Buitrón Burbano codigo:201525318

RENDERS

ESC.



CONJUNTO DE
EDIFICIOS
VERTIC

08/31/21



Autores:
Mateo Mendez Patarroyo codigo:201539522, Anderson Inguilan Sepulveda codigo:201522867 Angie Buitrón Burbano codigo:201525318

Referencias

- Acevedo, A. C., Gómez, L. S., Isaza Puerres, S., Castellanos, A. I., Cortes, A. E., Arias, Y., . . . Martinez, M. (2019). *Casa Kilele*. Cali: Universidad del Valle.
- Adler, V., & Vera, F. (2018). *Vivienda ¿Qué viene? de pensar la unidad a construir la ciudad*. Buenos Aires: BID.
- Carrascal, R., & Saldarriaga, A. (2006). *Vivienda social en Colombia*. Bogotá: Fundación corona.
- Caycedo Egas, M., & Moreno Flores, J. (2005). *ACERO Manual para arquitectos*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
- Cerdá, E., & Khalilova, A. (2016). Economía circular. *Economía circula, estrategia y competitividad empresarial*, 10.
- Colmenarez, F. (2009). *Arquitectura adaptable. Flexibilidad de espacios adaptables*. Merida Venezuela: Universidad de los Andes .
- Eternit. (2018). *Eterboard tecnología en construcción liviana*. Bogotá: Eternit Colombiana S.A.
- Gaston, B. (2013). *The World*. Canadá: Penguin Canadá.
- Green, M. (2012). *The case for tall wood buildings*. Canadá: MGB Architecture + Desing.
- Grupo Clasa. (s.f). *Enciclopedia temática ilustrada*. Montevideo: Arquetipo Grupo Editorial S.A.
- Hernández, B., & Cilento, A. (2013). SIEMA-VIV: un sistema constructivo para viviendas multifamiliares de desarrollo progresivo. *Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción* , 16.
- Jáuregui , E. (2018). *Introducción al sistema Steel Framing* . Bogotá: Ediciones de la U .
- La Roche, P., Aranda, S., Gonzalez, M., Echevarría, A., & Indriago, J. A. (1998). Vivienda en crecimiento progresivo: caso "Nueva Democracia". *Boletín INVI*, 18.
- Mateus, L. (2021). *Prefabricación y sostenibilidad*. Cali: Universidad del Valle.
- Ministerio de Transporte e Infraestructura. (2011). *Nueva cartilla de la construcción*. Managua.
- Montes, C. A. (2019). *La vivienda digna como derecho fundamental en Colombia a partir de la constitución política de 1991*. Bogotá D.C: Universidad Libre.
- Muñoz, M., & Sáinz, A. (2010). La evolución de los sistemas constructivos en tierra. En F. Sandoval, & J. L. Sáinz, *Construcción con tierra Tecnología y arquitectura*. España: Universidad de Valladolid.

- Perea Renteria, Y. A. (2012). *Sistemas constructivos y estructurales aplicados al desarrollo habitacional*. Medellín: Universidad de Medellín.
- Perez, C. Y. (1990). El palacio de cristal. *El boomeran.com*, 4.
- Quelpo, J., Guinea, D., Vega, S., & Nella, J. (2009). Proyecto de investigación INVISIO: industrialización de viviendas sostenibles. *Informes de la construcción*, 15.
- Red cultural del banco de la república. (15 de Marzo de 2021). *Banrepcultural*. Obtenido de Banrepcultural: https://enciclopedia.banrepcultural.org/index.php/UPAC_y_UVR
- Sanchez, L. M. (2008). Éxodos rurales y urbanización en Colombia. *Universidad Nacional de Colombia*, 16.
- ToureEiffel.Paris*. (2017). Obtenido de <https://www.toureiffel.paris/es/el-monumento/historia>
- Vidal, S. L. (s.f.). *Construcción en seco una decisión inteligente*. Cali: SENA.
- Vidal, S. L. (s.f.). *Sistema constructivo liviano en seco*. Cali: SENA.
- Z Modular. (s.f.). *From spec to spectacular*. EEUU: Z Modular.