

Universidad de Costa Rica
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

Modelado digital y diseño preliminar de una solución para viviendas de interés social vertical, urbana, inclusiva y sostenible (VUIS) en pequeña huella para el cantón de San José.

Proyecto de Graduación

Que para obtener el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil

Presenta:

Luis Enrique Medina Chan

Director del Proyecto de Graduación:

Ing. Erick Mata Abdelnour, PhD

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio

Hoja de aprobación



Director: Ing. Erick Mata Abdelnour, PhD.



Asesor: Ing. Robert Anglin Fonseca, MSc.



Asesor: Ing. Carlos Castro Campos, MSc.



Estudiante: Luis Enrique Medina Chan

Derechos de propiedad intelectual

Fecha: 2022, Junio, 29

El suscrito, Luis Enrique Medina Chan cédula 1-1692-0330, estudiante de la carrera de Licenciatura en Ingeniería Civil de la Universidad de Costa Rica, con número de carné B64252, manifiesta que es autor del Proyecto Final de Graduación **Modelado digital y diseño preliminar de una solución para viviendas de interés social vertical, urbana, inclusiva y sostenible (VUIS) en pequeña huella para el cantón de San José**, bajo la Dirección del Ing. Erick Mata Abdelnour, PhD., quien en consecuencia tiene derechos compartidos sobre los resultados de esta investigación. Asimismo, hago traspaso de los derechos de utilización del presente trabajo a la Universidad de Costa Rica, para fines académicos: docencia, investigación, acción social y divulgación.

Nota: De acuerdo con la Ley de Derechos de Autor y Derechos Conexos Nº 6683, Artículo 7 (versión actualizada el 02 de julio de 2001); “no podrá suprimirse el nombre del autor en las publicaciones o reproducciones, ni hacer en ellas interpolaciones, sin una conveniente distinción entre el texto original y las modificaciones o adiciones editoriales”. Además, el autor conserva el derecho moral sobre la obra, Artículo 13 de esta ley, por lo que es obligatorio citar la fuente de origen cuando se utilice información contenida en esta obra.

Dedicatoria

A mis padres y a mi hermana.

Agradecimientos

A Dios.

A mis padres Luis Enrique Medina Trejos y Rosa María Chan Molina, por todo su amor, motivación, apoyo incondicional y ser una guía en mi vida.

A mi hermana Karina Medina Chan por todo su amor y estar siempre presente.

A mi abuela Carmen Molina Delgado por su cariño y por siempre preocuparse por mí.

A mi director el ingeniero Erick Mata Abdelnour, y a mis asesores los ingenieros Robert Anglin Fonseca y Carlos Castro Campos, por su ayuda y colaboración en este proyecto de graduación.

A mis profesores a lo largo de la carrera por sus valiosas enseñanzas.

A mis amigos y compañeros por todo su apoyo y acompañamiento durante todo este camino.

A la Universidad de Costa Rica por permitirme convertirme en un profesional y, más importante aún, crecer como persona.

TABLA DE CONTENIDOS

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1	Justificación	1
1.1.1	Problema específico	1
1.1.2	Importancia.....	2
1.1.3	Antecedentes teóricos y prácticos del problema	3
1.2	Objetivos	5
1.2.1	Objetivo general.....	5
1.2.2	Objetivos específicos.....	5
1.3	Delimitación del problema.....	5
1.3.1	Alcance.....	5
1.3.2	Limitaciones	6
1.4	Metodología.....	7
1.4.1	Eta 1. Recolección de información y bibliografía	7
1.4.2	Eta 2. Elaboración de los modelos	8
1.4.3	Eta 3. Generación de información a partir de los modelos	10
1.4.4	Eta 4. Conclusiones y recomendaciones	10
2.	MARCO TEÓRICO	11
2.1	Building Information Modeling (BIM)	11
2.1.1	Interoperabilidad	12
2.1.2	Nivel de Desarrollo.....	13
2.2	Vivienda Urbana Inclusiva y Sostenible (VUIS).....	15
2.3	Sistema Financiero Nacional de la Vivienda (SNFV).....	17
2.3.1	Bono Familiar de Vivienda (BFV).....	18
2.4	Construcción Sostenible.....	19
3.	MODELO 4X1 DE VIVIENDA URBANA INCLUSIVA Y SOSTENIBLE	20
3.1	Entorno y retiros	21
3.1.1	Retiro frontal o antejardín	22
3.1.2	Retiro posterior o patio.....	23
3.1.3	Retiro lateral	23
3.2	Desarrollo del modelo estructural	23
3.2.1	Contrapiso.....	23

3.2.2	Muros.....	24
3.2.3	Vigas.....	26
3.2.4	Entrepisos.....	26
3.2.5	Tapicheles y precintas.....	28
3.3	Desarrollo del modelo arquitectónico	28
3.3.1	Área de la vivienda.....	28
3.3.2	Distribución arquitectónica.....	28
3.3.3	Dimensiones mínimas de las piezas.....	37
3.3.4	Patio de luz.....	39
3.3.5	Acabado del piso	40
3.3.6	Puertas	40
3.3.7	Ventanas, ventilación e iluminación	41
3.3.8	Cielo raso.....	49
3.3.9	Cubierta y estructura de techo	50
3.3.10	Aleros.....	53
3.3.11	Acabados de paredes.....	53
3.4	Medios de egreso.....	54
3.4.1	Escaleras.....	55
3.4.2	Cerramiento	58
3.5	Desarrollo del modelo mecánico	59
3.5.1	Piezas sanitarias	59
3.5.2	Características de las tuberías.....	63
3.5.3	Sistema de agua fría potable.....	64
3.5.4	Sistema de protección contra incendios.....	72
3.5.5	Sistema sanitario.....	79
3.5.6	Sistema de ventilación	86
3.5.7	Sistema pluvial	87
3.6	Cuantificación de los elementos o materiales	90
4.	EVALUACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD POR NORMA RESET.....	93
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	96
5.1.1	Conclusiones	96
5.1.2	Recomendaciones	98

6. FUENTES DE CONSULTA.....	100
7. ANEXOS.....	106

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema metodológico.....	9
Figura 2. Distintos tipos de modelo BIM.....	12
Figura 3. Niveles LOD en un elemento de viga.	15
Figura 4. Intersección en esquina con bloques modulares.....	25
Figura 5. Distribución en planta del primer piso.....	30
Figura 6. Distribución en planta de pisos superiores.	31
Figura 7. Vista sur del modelo.....	33
Figura 8. Vista este del modelo.....	34
Figura 9. Detalle de dimensiones de muro y viga desde vista lateral.	34
Figura 10. Detalle de dimensiones de entepiso y parte del interior de sala.	35
Figura 11. Detalle de dimensionamiento vertical desde interior de sala del cuarto piso.	36
Figura 12. Detalle de posicionamiento de ventana en sala-cocina-comedor.	44
Figura 13. Ubicación en planta de ventanas del primer piso.	45
Figura 14. Ubicación en planta de ventanas del segundo, tercer y cuarto piso.	46
Figura 15. Vista norte del modelo.....	47
Figura 16. Ejemplificación de ventilación por un solo lateral.....	48
Figura 17. Vista superior 3D del modelo desde costado sur-este.....	51
Figura 18. Vista 3D de la fachada frontal del modelo.....	55
Figura 19. Detalle de dimensiones de las escaleras.....	57
Figura 20. Espaciamiento mínimo entre piezas sanitarias del cuarto de baño.	60
Figura 21. Espaciamiento entre piezas sanitarias del cuarto de baño del modelo.....	61
Figura 22. Sistema de agua potable para el primer piso.....	67
Figura 23. Sistema de agua potable para el segundo piso.	68
Figura 24. Vista en 3D del sistema de agua fría potable del modelo.....	69
Figura 25. Ubicación de ducto para columnas de agua potable.	70
Figura 26. Ubicación de tuberías de agua potable en ducto.	71
Figura 27. Vista en planta del primer piso junto con sistema de rociadores contra incendio.	76
Figura 28. Vista 3D del primer piso junto con sistema de rociadores contra incendio.	77
Figura 29. Vista en planta del segundo piso junto con sistema de rociadores contra incendio.	78
Figura 30. Vista en planta del sistema de aguas residuales.	81
Figura 31. Vista en 3D del sistema sanitario del modelo.	82
Figura 32. Vista 3D del sistema de ventilación sanitaria.	87
Figura 33. Secciones de cubierta de techo con respectivas áreas y pendientes.	88
Figura 34. Vista en 3D del sistema pluvial del modelo.	90

Figura 35. Apartados de evaluación de norma RESET.	94
---	----

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Longitud de los muros en dirección Y	25
Cuadro 2. Longitud de los muros en dirección X	26
Cuadro 3. Áreas y anchos mínimos para las piezas de la vivienda según Reglamentos.	37
Cuadro 4. Áreas y anchos obtenidos para las piezas del modelo.	38
Cuadro 5. Áreas de piezas junto con áreas mínimas de ventanas.	41
Cuadro 6. Dimensiones de las ventanas por pieza.....	42
Cuadro 7. Relación entre profundidad y altura del cielo raso para distintas piezas del modelo.	49
Cuadro 8. Valores de reflectividad solar para materiales de techo habituales.	52
Cuadro 9. Valores de reflectividad solar para acabados habituales de pared.....	54
Cuadro 10. Diámetros de tuberías de PVC según ASTM D-2241.	64
Cuadro 11. Diámetros mínimos, presiones mínimas y unidades de accesorio de aparatos sanitarios del primer piso.	65
Cuadro 12. Diámetros mínimos de descarga y unidades de descarga para aparatos sanitarios. ...	79
Cuadro 13. Pendientes mínimas de tuberías del sistema de aguas residuales en función de su diámetro.....	83
Cuadro 14. Diámetro de los bajantes pluviales de acuerdo con el área de la sección de la cubierta.	89
Cuadro 15. Resumen de los costos de los elementos del modelo.	91
Cuadro 16. Apartados evaluados de la norma RESET en el presente modelo VUIS.	95

Medina Chan, Luis Enrique

Modelado digital y diseño preliminar de una solución para viviendas de interés social vertical, urbana, inclusiva y sostenible (VUIS) en pequeña huella para el cantón de San José.

Proyecto de Graduación - Ingeniería Civil - San José. C.R.:

L. Medina C., 2022

ix, 105, [11]h; ils. col. – 46 refs.

RESUMEN

En los últimos años, se ha tenido el reto de que en los núcleos urbanos de Costa Rica cada vez es más difícil encontrar terreno disponible para la construcción de vivienda lo que ha llevado a ciertas familias a desplazarse fuera de los centros de la ciudad aumentando así el crecimiento horizontal y la mancha urbana. El Modelo de vivienda vertical, urbana, inclusiva y sostenible (VUIS) consiste en una iniciativa para crear soluciones habitacionales (o mixtas) verticales de pequeña escala con una huella física pequeña en lotes desocupados o con edificaciones para su demolición que ya cumplieron su vida útil, esto con el fin de servir a un propósito estratégico de reconfiguración de las ciudades, para el beneficio de sus habitantes, promoviendo la integración comunitaria, la recuperación, renovación y revitalización económica de las ciudades, así como una disminución en la segregación residencial por medio de la vivienda.

En el presente proyecto de graduación se creó, basándose en la metodología BIM, un modelo digital prototipo VUIS 4X1, es decir cuatro niveles con una vivienda por nivel en un terreno de dimensiones mínimas que pueda ser fácilmente adaptado a mayores, que permita el diseño de esta tipología de vivienda de interés social entre pequeñas y medianas empresas de construcción e incentive la promoción de viviendas para centros urbanos que podrían ser financiadas por el Sistema Financiero Nacional para la Vivienda.

Se elaboró un modelo digital y tridimensional arquitectónico-estructural y uno mecánico, que se coordinaron gracias a la metodología BIM. Además, se verificó y satisfizo el cumplimiento de toda normativa nacional que aplique y se cuantificaron sus elementos. L.E.M.C.

BIM; MODELO 3D; VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL; DISEÑO; CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE

Ing. Erick Mata Abdelnour, PhD.

Escuela de Ingeniería Civil

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Justificación

1.1.1 Problema específico

El cantón de San José en Costa Rica, como bien se menciona en su Plan de Desarrollo Municipal 2017 – 2020, presenta un alto grado de urbanización. Del total de predios, un 13,6 % están ubicados en zonas que son prohibidas y/o no recomendadas para su urbanización, y el 86,4 % restante se encuentran urbanizados. Seguidamente, dentro de esta área urbanizada únicamente un 3% está sin construir. Esto implica que, desde la perspectiva del desarrollo urbano, este será posible por medio del proceso de regeneración de las zonas ya urbanizadas.

La regeneración y renovación urbana cantonal se podrá llevar a cabo, como indica la Ley de Planificación Urbana N°4220 (1968), por medio de acciones de "...conservar, rehabilitar o remodelar las áreas urbanas defectuosas, deterioradas o en decadencia, tomando en cuenta la inconveniente parcelación o edificación, la carencia de servicios y facilidades comunales, o cualquier condición adversa a la seguridad, salubridad y bienestar generales".

Por otro lado, en cuanto a niveles de ocupación, el 97,6% de las edificaciones están ocupadas con alguna actividad, ya sea residencial, comercial, institucional o industrial. Del 2,4% de las edificaciones restantes, la mitad (1,2%) están desocupadas totalmente y el 0,9% tiene desocupado al menos uno de sus pisos o uno de sus locales (Municipalidad de San José, 2017).

En cuanto a los cuatro distritos centrales de San José (Carmen, Merced, Hospital y Catedral), objeto del Programa de Regeneración y Repoblamiento cantonal, estos mantienen porcentajes más elevados de sus edificaciones totalmente desocupadas, o con al menos un piso o un local desocupado respecto al resto de los distritos. En estos, en conjunto, concentran el 63,6% de todas las edificaciones desocupadas del cantón y el 75% de los edificios parcialmente desocupados. Esto evidencia el despoblamiento de sus actividades y residentes, lo que justifica acciones de regeneración y repoblamiento urbano.

Seguidamente, desde el Plan Director Urbano (PDU) de la Municipalidad de San José se ha incentivado desde el 2005 modelos verticales y compactos para el casco central josefino, haciendo uso racional del espacio y la infraestructura, para promover el repoblamiento y regeneración de los cuatro distritos centrales y contener el crecimiento horizontal. Sin embargo,

estos proyectos están dirigidos a familias de ingresos medios a altos, lo que evidencia la poca cantidad de opciones de vivienda asequible para familias de menores ingresos, sumando la poca colocación de bonos familiares de vivienda (BFV) dentro de la Gran Área Metropolitana (GAM). Durante el periodo que comprende el 2010 al 2018, el total de bonos pagados por año fuera del GAM osciló entre un 67% y un 78% (Ministerio de Vivienda y Asentamientos Humanos, 2018).

1.1.2 Importancia

La regeneración y repoblamiento del centro de San José es una iniciativa conjunta, promovida por la Municipalidad de San José y apoyada por diversas instituciones. El Plan de Regeneración y Repoblamiento busca generar condiciones necesarias para que el casco central josefino recupere su funcionalidad habitacional, comercial y de servicios, así como su competitividad urbana, su tejido social y su calidad general de vida (Municipalidad de San José, 2017).

Diversas consecuencias de una falta de planificación urbana a futuro ha causado que la mancha urbana de la capital se extendiera por el Valle Central. Dentro del Área Metropolitana de San José (AMSJ), las áreas residenciales se encuentran muy alejadas de los centros de trabajo, comercio y servicios. Esto genera desplazamientos forzados hacia el centro de la capital lo que produce gastos económicos, uso de transporte público o privado altamente contaminante, y disminución de la calidad de vida de las personas al gastar tiempo de viaje de ida y vuelta a sus residencias, destacando que estos tiempos de viaje van en aumento en conjunto con la congestión vial.

El Modelo de Vivienda Urbana, Inclusiva y Sostenible (VUIS) consiste en “el desarrollo de proyectos de pequeña escala, de uso habitacional y mixto, con una huella física pequeña, que sirven a un propósito estratégico de reconfiguración de las ciudades, para el beneficio de sus habitantes, a través de un modelo que promueve la integración comunitaria” (MIVAH, 2020).

El modelo VUIS busca proporcionar opciones de vivienda adecuadas para familias de bajos recursos económicos, al mismo tiempo que promueva la recuperación, renovación y revitalización económica de la ciudad, así como una disminución en la segregación residencial por medio de la vivienda. Como menciona el Ministerio de Vivienda y Asentamientos Humanos (2020), “A través del modelo se busca promover el acceso a vivienda adecuada hacia distintos segmentos de la población, particularmente aquellos de mayor vulnerabilidad, consolidar

ciudades y asentamientos humanos inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles; así como promover la vivienda como un instrumento de desarrollo económico, con potencial para generar un impacto en el proceso de reactivación.”

Además, sumando a la importancia del desarrollo de esta tipología de vivienda, el MIVAH (2020) menciona como a través de las VUIS se disminuirán los asentamientos informales de la población de bajos recursos económicos ya que según datos de este, en Costa Rica existen 720 asentamientos informales en los que habitan aproximadamente 239 394 personas, y al aumentar la oferta de soluciones habitacionales para estas poblaciones de estratos bajos y medios, el modelo permite que estas puedan acceder a una vivienda digna, de calidad, y conformar asentamientos humanos inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles.

El modelo BIM que se desarrolló en el presente trabajo pretende servir como prototipo para el desarrollo de opciones de vivienda de interés social por parte de desarrolladores públicos o privados, en los distritos centrales del cantón de San José adaptándose a una huella pequeña, vertical, sostenible e inclusiva, lo cual conllevará a la apropiación de la ciudad por parte de los josefinos, además de una mejora en la calidad de vida de estos. Este modelo agilizará los procesos de diseño y construcción de esta tipología de vivienda por parte de los desarrolladores de vivienda, tomando en cuenta los múltiples beneficios que ofrece la metodología BIM.

1.1.3 Antecedentes teóricos y prácticos del problema

En Costa Rica se han realizado pocos Trabajos Finales de Graduación (TFG) relacionados con la metodología BIM, esto podría explicarse debido a que es una modalidad de trabajo relativamente reciente en el sector construcción en Costa Rica. Como menciona la Cámara Costarricense de la Construcción (2018), en Costa Rica se inicia en el año 2009 con el uso de la metodología BIM principalmente en empresas de arquitectura, y es hasta los años 2012 al 2015 que se empieza a emplear con mayor presencia en empresas constructoras.

En cuanto a TFG, por parte de la Universidad de Costa Rica (UCR), Campos (2019) desarrolló una guía para la creación de un modelo de quinta dimensión o costo, de un proyecto constructivo mediante la utilización de la metodología BIM, para su futura aplicación a un modelo existente de un proyecto real y la comprobación de este. La autora compara los resultados obtenidos mediante la guía BIM contra los productos obtenidos mediante la forma tradicional de presupuestar, y concluye que la metodología BIM es más eficiente y precisa.

Otro trabajo realizado que trata la metodología BIM en Costa Rica es el de Sánchez (2017) por parte del Tecnológico de Costa Rica. En él, el autor realiza un estudio de aplicación de la metodología BIM a un proyecto de interés social con el fin de generar un compilado teórico que permita determinar las metodologías de uso de herramientas BIM en el sector construcción y su implementación a un proyecto de interés social.

En cuanto a viviendas de interés social (VIS) o construcción sostenible, se han realizado mayor número de investigaciones y trabajos finales de graduación en distintas disciplinas. Estos temas han sido tratados ya sea en conjunto o bien de forma separada. Por ejemplo, de forma conjunta se han realizado comparaciones de sistemas y de análisis de consumo energético como en el trabajo realizado en la UCR por Villarevia (2017) titulado *Estimación del consumo energético en la construcción de vivienda de clase media y una vivienda de interés social*, o bien el TFG realizado por Susunaga (2014) titulado *Construcción Sostenible, una alternativa para la edificación de viviendas de interés social y prioritario*. De igual manera se han evaluado parámetros de sostenibilidad en este tipo de tipología de vivienda VIS como en el trabajo realizado en el Tecnológico de Costa Rica por parte de Camacho (2014).

De forma individual, los TFG se han enfocado en el diseño o evaluación de sistemas constructivos para vivienda de interés social, como es el caso del trabajo realizado por Salas (2016) en su TFG titulado *Propuesta de un sistema constructivo para vivienda social para las zonas andinas de Colombia*, esto en la Universidad Politécnica de Cataluña, España. O bien, el TFG realizado en la UCR por Gutiérrez (2012) titulado *Propuesta de diseño para una vivienda sostenible*.

Ahora, en cuanto a VUIS, existe un trabajo final de graduación realizado en la Universidad de Costa Rica titulado *Diseño de un modelo BIM para vivienda de interés social vertical, en huella pequeña, y sostenible para el cantón de San José*, por parte de Corrales-Vargas (2021) y dirigido por el mismo director del presente trabajo, el Ing. Erick Mata Abdelnour.

En este, el autor elaboró el modelo digital en Revit de la tipología VUIS 3X1, es decir el modelo de tres niveles con una unidad habitacional por nivel en un único lote. En el presente TFG se realizó el modelaje digital en Revit y diseño preliminar de otra tipología VUIS, la de 4X1, es decir cuatro niveles igualmente con una unidad habitacional por nivel en un mismo lote.

Por lo tanto, el modelo prototipo de Corrales-Vargas sirvió en gran medida como una guía para el presente trabajo; sin embargo, se debieron realizar ciertos cambios y ajustes para cumplir con distintas reglamentaciones que competen al modelo VUIS 4X1 como lo son la normativa del Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica o bien el Reglamento de Construcciones del INVU, entre otros.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Desarrollar un modelo digital para vivienda de interés social vertical, urbana, inclusiva y sostenible en pequeña huella de cuatro niveles para promover esta modalidad de desarrollo de vivienda en el cantón central de San José.

1.2.2 Objetivos específicos

- Recopilar documentación y normativa de referencia sobre diseño de esta tipología de vivienda VUIS de cuatro niveles.
- Aplicar principios de diseño sostenible que impulsen la eficiencia energética de la edificación, así como el ahorro en los servicios de agua y electricidad a los usuarios.
- Desarrollar modelos digitales individuales estructural-arquitectónico y mecánico de esta tipología de vivienda VUIS de cuatro niveles.
- Elaborar el modelo digital coordinado de esta tipología de vivienda VUIS de cuatro niveles a partir del diseño de modelos individuales estructural-arquitectónico y mecánico el cual será fácilmente adaptable y que permita la agilización de los procesos de diseño y aprobación de permisos de construcción.

1.3 Delimitación del problema

1.3.1 Alcance

El modelo VUIS de cuatro niveles es diseñado para un entorno urbano en climas tropicales como el de Costa Rica, de uso residencial, en zonas intersecadas por transporte público y con sistema de alcantarillado y red sanitaria. Esto para los cuatro distritos centrales del cantón de San José: Merced, Catedral, Hospital y Carmen; sin embargo, puede ser extendido a otros cascos urbanos que cumplan con las características mencionadas.

La población usuaria son familias de menos de cinco miembros, de clase media a extrema necesidad (definidas por el BANHVI) es decir con ingreso entre los ¢ 424 129,5 y ¢1 696 518 a la fecha del presente trabajo. Estas que además utilicen transporte público y que deseen optar por bonos de vivienda o la declaratoria de interés social para construir sus hogares.

El diseño de la edificación es para un terreno de huella pequeña de 6,3 metros de frente por 20 metros de fondo, que consiste en cuatro niveles conectados por escaleras comunes (no se incorporan elevadores). Cada nivel será de uso residencial para ser ocupado por una única familia, y empleando sistema constructivo de paredes de mampostería, concreto colado en obra para vigas y escaleras utilizando un sistema de formaletas reutilizables, y sistema de entrepisos de viguetas y bloques de concreto.

En cuanto a la implementación de la metodología BIM, esta fue únicamente para la etapa de diseño. No se contemplaron las etapas de construcción ni de operación. La dimensión BIM a abarcar fue únicamente el diseño geométrico detallado del modelo con documentación (2D y 3D). No se incluye las dimensiones de presupuesto de los costos de la obra (5D), análisis energético (6D), el mantenimiento durante el ciclo de operación de la edificación (7D), y la planificación de la construcción y cronograma (4D).

Los modelos realizados son los modelos arquitectónico-estructural, mecánico y de coordinación. En cuanto al modelo estructural, este no es completo ya que no se realizó diseño ni análisis estructural de la vivienda incluyendo el sistema de fundaciones, pero si se modelaron fundaciones, vigas, columnas, entepiso, techo. No se modeló el sistema eléctrico. Sí se modelaron el sistema de agua potable, pluvial, de aguas grises y negras.

Para la evaluación de los requisitos de construcción sostenible por parte de la norma RESET se consideran únicamente los aspectos de diseño que apliquen para una edificación de la categoría de vivienda de interés social.

1.3.2 Limitaciones

No se diseña la vivienda para un terreno específico pero sí se supone un terreno plano y en pequeña huella de 6,3 metros de frente por 20 metros de fondo, además que colinde a ambos lados con edificaciones. Esto simplifica el desarrollo del modelo a realizar pero presenta la limitante de que no refleja completamente una situación real por ejemplo en el caso de análisis

estructural de las cimentaciones ya que se desconoce el tipo de suelo, o bien se dificulta realizar el análisis hidráulico al no conocer la presión de agua potable que se suministra por la red de abastecimiento pública.

No se identificaron estudios que muestren preferencias y/o necesidades específicas de la población meta para basar el diseño en estas, así como tampoco se identificaron estudios sobre los desarrolladores de vivienda y sus preferencias por métodos constructivos, entre otros.

Se debió, además, seguir y cumplir la normativa existente (Reglamento de Construcción del INVU, el Reglamento de Condominios del MIVAH-MEIC-TUR, la Directriz N°27 del MIVAH y el Reglamento de Bomberos de Costa Rica) para el diseño del presente modelo VUIS 4X1.

En cuanto a la metodología BIM, según Eastman et al. (2011, citado por Campos, I. 2019), aunque los modelos BIM proveen una adecuada cuantificación de los elementos para una primera estimación de costos del proyecto, no se debe caer en el error de que la información generada representa un reemplazo para el presupuesto, debido a que este último toma en cuenta otros aspectos no cuantificables de forma automática por herramientas BIM como costos de salarios, de accesibilidad al sitio del proyecto, entre otros costos.

Este TFG se basó en la norma RESET para propiciar la sostenibilidad ambiental en el modelo; sin embargo, no pretende que el diseño opte por la certificación de dicha norma. Esto debido a factores como el no contar con un terreno real definido, hacen que no sea posible asegurar el cumplimiento de ciertos criterios. A pesar de esto, se busca que el prototipo facilite seguir los requisitos de la norma, o incluso, optar a futuro por la certificación al proveer evidencias de cumplimiento de muchos de los criterios que aplican al tipo de proyecto.

1.4 Metodología

La metodología seguida para la elaboración del proyecto se muestra en la Figura 1.

1.4.1 Etapa 1. Recolección de información y bibliografía

Se inició recopilando información de los requisitos que la normativa nacional establece para esta clase de edificaciones. Principalmente, se estudió el Reglamento de Construcción del INVU, el Reglamento de Condominios del MIVAH-MEIC-TUR, la Directriz N°27 del MIVAH (Especificaciones técnicas y lineamientos para la escogencia de tipologías arquitectónicas para la construcción de vivienda y obras de urbanización financiadas mediante la aplicación del

SFNV), el Reglamento de Bomberos de Costa Rica y, como complemento, la normativa Estadounidense de la NFPA (National Fire Protection Association) o Asociación Nacional de Protección contra el Fuego, en español.

Igualmente se estudió la norma RESET (Requisitos para Edificaciones Sostenibles en el Trópico) y el Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias en Edificaciones del CFIA.

A partir de la información obtenida, se definieron los requisitos espaciales y funcionales de los distintos modelos digitales. Seguidamente, como guía se estudió el modelo prototipo brindado por Corrales-Vargas y se identificaron los cambios, ajustes y elementos a agregar para el cumplimiento de los requisitos aplicables al modelo VUIS 4X1.

Se complementó esta etapa de recolección de información y bibliografía con reuniones con representantes de instituciones como del Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica y del Ministerio de Vivienda y Asentamientos Humanos. Igualmente, se dio seguimiento a eventos tanto presenciales como virtuales de los promotores de esta tipología de vivienda VUIS.

1.4.2 Etapa 2. Elaboración de los modelos

Se inició el diseño de los modelos digitales una vez estudiado los reglamentos identificados en la etapa anterior además del estudio de modelos digitales de esta tipología de vivienda VUIS de únicamente tres niveles, y la asistencia a reuniones con representantes de las instituciones mencionadas. Los modelos digitales se realizaron por medio del programa informático REVIT de Autodesk. Primeramente se elaboró el modelo arquitectónico-estructural para luego crear el modelo mecánico. Además, sumando a las reuniones con las instituciones previamente mencionadas, se asistió a reuniones con ingenieros civiles, ingenieros mecánicos y arquitectos para resolver consultas, obtener retroalimentación y recomendaciones generales.

Una vez elaborado los modelos digitales previamente listados, se realizó la coordinación de estos para identificar conflictos o interferencias entre ellos y en caso de encontrarse uno de estos, se corrigieron y se hizo nuevamente el proceso de detección hasta que no existieran interferencias entre los modelos digitales producidos.

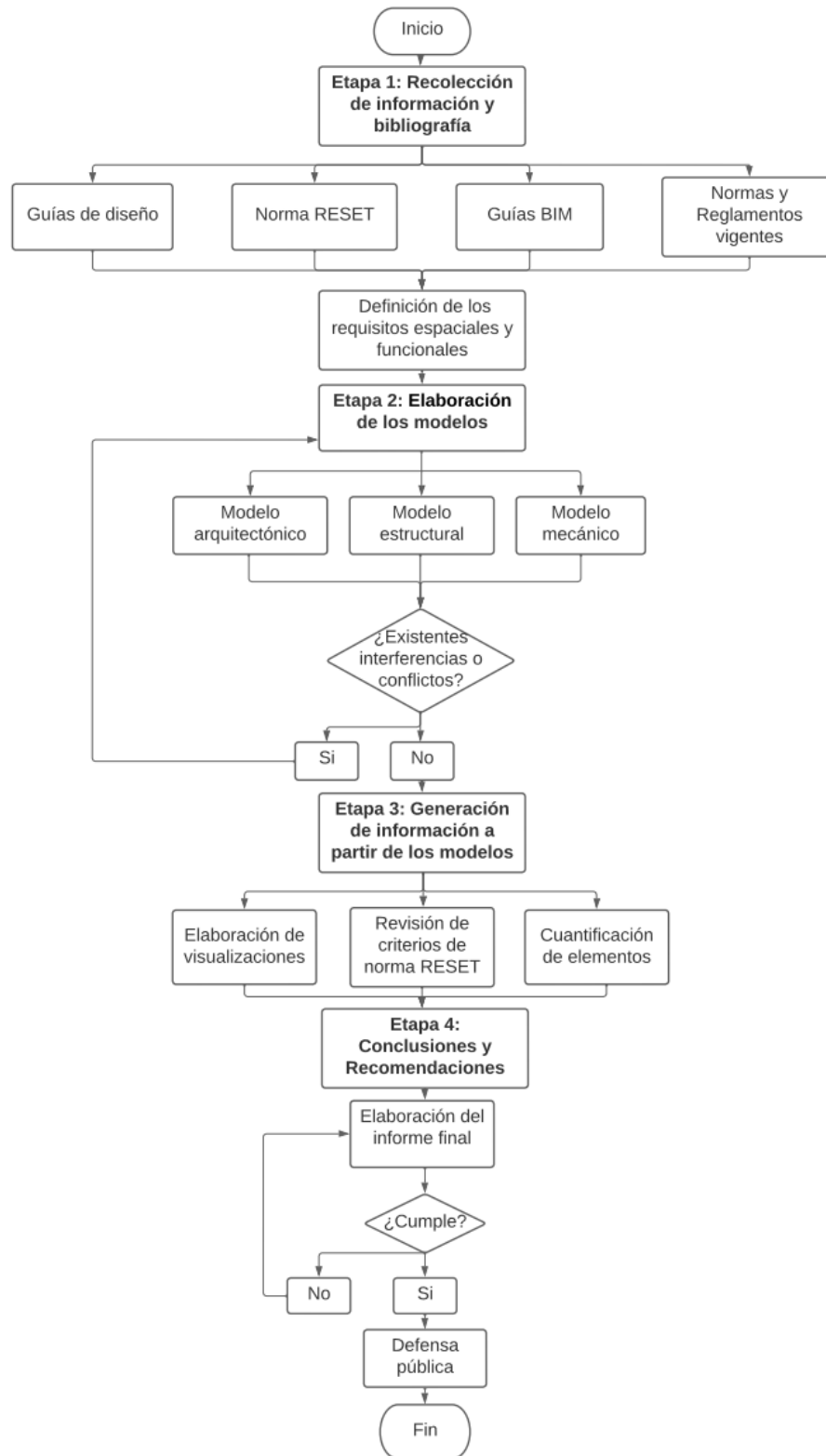


FIGURA 1. ESQUEMA METODOLÓGICO.

Fuente: Elaboración propia, 2021

1.4.3 Etapa 3. Generación de información a partir de los modelos

Con el modelo BIM coordinado se realizó la cuantificación de los elementos, es decir, se obtuvo la cantidad de materiales y/o elementos modelados para una futura construcción de esta vivienda de tipología VUIS de cuatro niveles. Este proceso de cuantificación se hizo con el mismo programa de modelado digital Revit y se reunió toda la información obtenida en el mismo archivo digital, todo en tablas de planificación donde se desglosa en cada una alguna categoría de elementos, añadiendo además información relevante según el tipo de elemento como longitudes, volúmenes, áreas, cantidades o bien diámetros para el caso del recuento de tuberías del modelo mecánico, entre otros. Con esta cuantificación de elementos, se estimó además un costo de todos estos.

Se produjeron visualizaciones del modelo digital (renders), y se revisó el cumplimiento de los criterios aplicables de la norma RESET a vivienda de interés social. Además, se obtuvieron los planos en 2D de los modelos realizados para su futura entrega a instituciones interesadas de esta información producida. A saber que dentro de las instituciones interesadas se tiene el Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos (CFIA), el Banco Hipotecario de la Vivienda (BANHVI), el Ministerio de Vivienda y Asentamientos Humanos (MIVAH) y el Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo (INVU).

1.4.4 Etapa 4. Conclusiones y recomendaciones

Como cuarta y última etapa, se procedió a elaborar el informe final escrito del TFG donde se brindan las conclusiones del trabajo y recomendaciones generales. Se revisó que todos los modelos estuvieran completos, sin interferencias y acordes con los diversos reglamentos. Se finaliza con la presentación de la defensa pública del proyecto y la entrega de los productos obtenidos a las instituciones interesadas.

2. MARCO TEÓRICO



















2.1 Building Information Modeling (BIM)

BIM (Building Information Modeling) o en español, El Modelado de Información de Construcción, es una metodología de trabajo colaborativa que permite la creación y gestión de un proyecto de construcción, además, su principal objetivo es centralizar toda la información del proyecto en un modelo inteligente que permita recopilar información digital creada por todos sus agentes colaboradores (CCC, 2018).

Este proceso BIM, inicia con las solicitudes de información y elaboración de planes de ejecución BIM, para luego elaborar el modelo inteligente en 3D que será empleado para posibilitar un diseño y documentación más eficientes, optimizar la coordinación, la simulación y la visualización de la obra de construcción. La metodología BIM permite a los propietarios y a los proveedores de servicios a mejorar la planificación, el diseño, la construcción y la administración de edificios e infraestructuras (Autodesk, 2018).

Por otro lado, BIM incorpora a los sistemas de diseño tradicionales, basados en planos únicamente en 2D, modelos con información geométrica en las tres dimensiones espaciales 3D, de tiempos o cronogramas 4D, de costos o presupuestos 5D, ambiental 6D y de mantenimiento 7D. Por lo tanto, la metodología BIM se puede aplicar a lo largo de todo el ciclo de vida de un proyecto iniciando en una fase de planificación y diseño hasta llegar a la parte constructiva y operativa del proyecto lo que permite una gestión integral de este.

Además, dependiendo de la etapa en la que se encuentra el proyecto dentro de su ciclo de vida, existen tipos de modelos BIM acorde a la situación de la obra. Por ejemplo, existen modelos arquitectónicos o de diseño de infraestructura, modelos estructurales, modelos mecánico-eléctrico-sanitario (MEP) por sus siglas en inglés, modelo de construcción, entre otros (CCC, 2018). Estos modelos de distintas disciplinas se trabajarán de manera independiente y separada para luego reunirlos en un modelo coordinado. En la Figura 2 se muestran los distintos tipos de modelos BIM que pueden ser generados por distintos actores durante el ciclo de vida del proyecto.

Modelo BIM	Edificación	Infraestructura
Sitio		
Volumétrico		
Arquitectura o Diseño de Infraestructura		
Estructura		
Mecánico Eléctrico Sanitario (MEP por sus siglas en inglés)		
Coordinación (**)		
Construcción (***)		
As-Built		
Operación		

(**): El modelo de coordinación debe ser realizado a través de la consolidación de, al menos, los modelos de arquitectura o diseño de infraestructura, estructura y MEP. Esta consolidación debe realizarse por medio de modelos federados o integrados según lo indicado en el punto 5.8.2

(***): El modelo de construcción podrá considerar la utilización de otros de los nueve tipos de modelos. Esta consolidación debe realizarse por medio de modelos federados o integrados según lo indicado en el punto 5.8.2

FIGURA 2. DISTINTOS TIPOS DE MODELO BIM.

Fuente: Planbim, 2019

2.1.1 Interoperabilidad

Otra gran ventaja de esta metodología BIM consiste en lo que se denomina la interoperabilidad. Esto es la forma en que distintos programas de modelación, documentación, análisis o coordinación pueden interactuar con otros softwares. Seguidamente, como menciona la Cámara Costarricense de la Construcción (2018), la mayoría de estos programas poseen la opción de exportación a un formato universal denominado formato IFC (Industry Foundation

Clases), que permite compartir información de un programa a otro y de esta manera poder trabajar de manera colaborativa.

Existen tres formatos IFC (Autodesk, 2018):

- .ifc: Formato estándar basado en la norma para el intercambio de datos de modelo del producto (STEP, por sus siglas en inglés).
- .ifcZIP: Archivo IFC comprimido con un tamaño mucho menor. Este puede ser leído por la mayoría de las aplicaciones de software compatibles con IFC, además se puede descomprimir para mostrar el archivo IFC.
- .ifcXML: Representación de datos IFC basada en XML, requerida por algunos programas de cálculo.

2.1.2 Nivel de Desarrollo

El nivel de desarrollo o LOD (Level of Development) por sus siglas en inglés, es un indicador que define el nivel de desarrollo dimensional, espacial, cuantitativo o cualitativo que posee un elemento del modelo BIM, pero no así la totalidad del proyecto (American Institute of Architects, 2013).

Existen seis niveles de LOD:

- LOD 100: Nivel básico en el cual los elementos del modelo pueden representarse gráficamente con un símbolo u otra representación genérica, además, la información relacionada con el elemento del modelo se puede derivar de otros elementos del modelo. Los elementos LOD 100 no son representaciones geométricas, por ejemplo, puede ser información adjunta a otro modelo o símbolos que muestran la existencia de un componente pero no su forma, tamaño o ubicación precisa. Cualquier información derivada de los elementos LOD 100 deben considerarse aproximados (BIM Forum, 2020).
- LOD 200: El elemento se representa gráficamente dentro del modelo como un sistema, objeto o ensamblaje genérico con cantidades, tamaño, forma, ubicación y orientación aproximadas. También se puede adjuntar información no gráfica al elemento del

modelo. En este LOD, los elementos son marcadores de posición genéricos. Pueden ser reconocibles como los componentes que representan, o pueden ser volúmenes para reserva de espacio. Cualquier información derivada de los elementos LOD 200 debe ser considerada aproximado (BIM Forum, 2020).

- LOD 300: El elemento del modelo se representa gráficamente dentro del modelo como un sistema, objeto o ensamblaje específico en términos de cantidad, tamaño, forma, ubicación y orientación. También se puede adjuntar información no gráfica al elemento del modelo. La cantidad, tamaño, forma, ubicación y orientación del elemento diseñado se pueden medir directamente desde el modelo sin hacer referencia a información no modelada, como notas o anotaciones de cotas. Se define el origen del proyecto y el elemento se ubica con precisión con respecto a este (BIM Forum, 2020).
- LOD 350: El elemento se representa gráficamente dentro del modelo como un sistema, objeto o ensamblaje específico en términos de cantidad, tamaño, forma, ubicación, orientación e interfaces con otros sistemas de construcción. También se puede adjuntar información no gráfica al modelo. Se modelan las partes necesarias para la coordinación del elemento con elementos cercanos o adjuntos. Estas partes incluirán elementos tales como soportes y conexiones. La cantidad, tamaño, forma, ubicación y orientación del elemento según lo diseñado se puede medir directamente desde el modelo sin consultar información no modelada, como notas o anotaciones de dimensiones (BIM Forum, 2020).
- LOD 400: El elemento se representa gráficamente dentro del modelo como un sistema, objeto o ensamblaje específico en términos de tamaño, forma, ubicación, cantidad y orientación con detalles, fabricación, montaje e información de instalación. La información no gráfica también puede adjuntarse al elemento del modelo. Un elemento LOD 400 se modela con suficiente detalle y precisión para la fabricación del representado componente. La cantidad, tamaño, forma, ubicación y orientación del elemento según lo diseñado se puede medir directamente desde el modelo sin consultar información no modelada, como notas o anotaciones de dimensiones (BIM Forum, 2020).

- LOD 500: El elemento del modelo es una representación fiel y verificada en el campo en términos de tamaño, forma, ubicación, cantidad y orientación. Información no gráfica también se puede adjuntar a los elementos del modelo (BIM Forum, 2020).

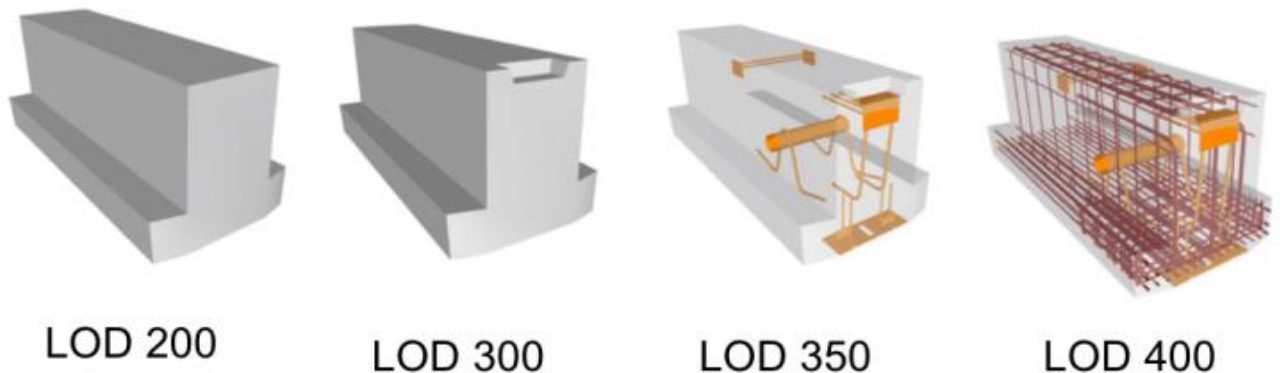


FIGURA 3. NIVELES LOD EN UN ELEMENTO DE VIGA.

Fuente: BIM Forum, 2020

2.2 Vivienda Urbana Inclusiva y Sostenible (VUIS)

Con respecto a la definición de vivienda, MIVAH (2018) manifiesta que es:

Estructura física que utilizan los seres humanos para dormir, preparar y consumir los alimentos; así como para protegerse de las inclemencias del tiempo. Es un recinto separado, rodeado por paredes y cubierto por un techo, dispuesto, transformado o construido para el alojamiento de personas en forma habitual. Puede ser fijo o móvil y estar ocupado por una o varias personas vinculadas familiarmente o no.

La propuesta de una vivienda en pequeña huella, vertical, urbana, inclusiva y sostenible es resultado de un proceso interinstitucional e intersectorial de análisis por parte del Ministerio de Vivienda y Asentamientos Humanos (MIVAH), el Banco Hipotecario de la Vivienda (BANHVI), el Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica (CFIA) y el Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo (INVU), así como del sector privado. Este procura satisfacer la necesidad de vivienda a la población de bajos recursos económicos y al mismo tiempo servir

de herramienta a la integración comunitaria, y a la reconfiguración de las ciudades, su recuperación, renovación y revitalización económica. Como menciona MIVAH (2020), las VUIS “buscan facilitar el acceso a una vivienda bien localizada, que permita a las personas disfrutar de los beneficios de vivir en los centros urbanos, tales como resguardo y seguridad, oportunidades de desarrollo, acceso a educación, salud, empleo, esparcimiento, transporte público, entre otros.”

Estos proyectos de vivienda se desarrollan en terrenos en desuso o con edificaciones existentes que requieran mejoras o con un bajo aprovechamiento, o en terrenos con edificaciones existentes para su demolición. Esta tipología de vivienda VUIS será construida en estos terrenos localizados en áreas urbanizadas con acceso a servicios e infraestructura urbana, tales como agua potable, alcantarillado sanitario, electricidad, parques, atención en salud, escuelas, transporte público, empleo, entre otros. El desarrollo de estos proyectos buscan “hacer un uso eficiente del suelo urbano, así como la infraestructura y servicios existentes, promover la vivienda como un elemento indispensable para alcanzar el balance de los usos de suelo e impulsar procesos de renovación urbana en áreas de decadencia o estado defectuoso” (MIVAH, 2020).

De acuerdo con lo anterior, el modelo VUIS tiene como hipótesis la siguiente premisa:

El desarrollo de proyectos de vivienda vertical, urbana, inclusiva y sostenible (VUIS) permitirá satisfacer la demanda de vivienda de personas de bajos recursos económicos, disminuir la cantidad de asentamientos informales y conformar asentamientos humanos inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles, al mismo tiempo que permita la reconfiguración de las ciudades, su recuperación, renovación y revitalización económica. Por lo que un modelo en BIM servirá como guía para el desarrollo de estas opciones de vivienda por parte de desarrolladores públicos o privados, en los distritos centrales del cantón de San José con la posibilidad de expandirse en otros cascos urbanos del país.

2.3 Sistema Financiero Nacional de la Vivienda (SNFV)

En Costa Rica, el Reglamento sobre Viviendas de Interés social del Sistema Financiero Nacional para la Vivienda (1991, citado por el Instituto Mixto de Ayuda Social, 1994) define la vivienda de interés social (VIS) de la siguiente forma:

Se entenderá por vivienda de interés social y sus sinónimos aquella que no sobrepase el límite máximo del monto que para tales efectos haya acordado la Junta Directiva del Banco Hipotecario de la Vivienda, en adelante BANHVI, con base en la metodología del cálculo aprobado y las variaciones en el salario mínimo. La fijación se hará una vez al año y deberá ser publicada en el Diario Oficial.

A la fecha del presente trabajo, este monto límite máximo o tope de interés social corresponde a ₡65,801,000 (Sesenta y cinco millones ochocientos un mil colones), según acuerdo N° 1 de la Sesión 54-2019 de la Junta Directiva del BANHVI y con fundamento en los artículos 150 de la Ley del SFNV y 123 del Reglamento de Operaciones.

Las viviendas cuyo valor esté por debajo de este tope y sean financiadas con recursos del Sistema Financiero Nacional para la Vivienda (SFNV), pueden ser declaradas de Interés Social y así gozar de las exoneraciones que establece la Ley, además, para ser declarada VIS, los interesados deberán tramitar la declaratoria ante las entidades autorizadas (BANHVI, 2022).

Ahora, las exoneraciones fiscales que se obtienen con la Declaratoria de Interés Social, según la Ley 7052 del Sistema Financiero Nacional para la Vivienda son las siguientes

- Honorarios profesionales: Pago del 50% de honorarios profesionales fijados por los decretos de honorarios aplicables a abogados, ingenieros, arquitectos, peritos y contadores. (Artículo 38, inciso a de la Ley del Sistema Financiero Nacional para la Vivienda).
- Inscripción de escrituras: Exoneración del 100% del pago de los derechos de Registro, de los timbres fiscales, de los timbres de los colegios de profesionales y cualquier otro timbre, así como del impuesto de transferencia de bienes inmuebles en la inscripción de escrituras (principales y adicionales) en las que se formalicen las operaciones del Sistema Financiero Nacional para la Vivienda (Artículo 145 de la Ley del Sistema Financiero Nacional para la Vivienda).

- Construcción de viviendas: Exención del pago de derechos de catastro de planos, de los timbres fiscales, de los timbres de construcción, de los cupones de depósito, de otros cargos y timbres de los colegios profesionales y del 50% del pago de permisos de construcción y urbanización y de todo otro impuesto. (Artículo 147 de la Ley del Sistema Financiero Nacional para la Vivienda).

2.3.1 Bono Familiar de Vivienda (BFV)

Existe además como ayuda complementaria, como indica el INVU (2022), el Bono Familiar de Vivienda (BFV), el cual es “una donación que el Estado, en forma solidaria, otorga a las familias de escasos recursos económicos y de clase media, familias en riesgo social o situación de emergencia, personas con discapacidad y ciudadanos adultos mayores, entre otros grupos sociales, para que puedan solucionar su problema habitacional.”

Ahora, como se indica en el artículo 51 de la Ley del Sistema Financiero Nacional para la Vivienda y creación del Banco Hipotecario de la Vivienda, N.º 7052, del 13 de noviembre de 1986:

Serán elegibles para recibir el beneficio del fondo, las familias, las personas con discapacidad, las parejas jóvenes y las personas adultas mayores sin núcleo familiar, que no tengan vivienda o que, teniéndola, dichas viviendas requieran reparaciones o ampliaciones. Asimismo, sus ingresos mensuales no deberán exceder el máximo de seis veces el salario mínimo de una persona obrera no especializada de la industria de la construcción.

Por otro lado, como indica el BANHVI (2022), existen siete condiciones adicionales básicas para que una familia pueda obtener un Bono de Vivienda. Estos son las siguientes:

1. Formar parte de un núcleo familiar que vive bajo un mismo techo y comparten las obligaciones del hogar. Debe existir al menos una persona mayor de edad.
2. No tener casa propia o más de una propiedad. De contar con lote, puede solicitar el Bono para construir la vivienda en el lote propio y si tiene casa, pero requiere reparaciones o mejoras, puede solicitar el Bono RAMT para este fin.
3. No haber recibido con anterioridad el Bono, pues se otorga solo una vez.

4. Tener un ingreso familiar menor a ₡1 696 518 a la fecha del presente trabajo. Si es para un bono de extrema necesidad el monto máximo de ingreso familiar es de ₡424 129,5 . Estos montos se refieren a la suma de los salarios brutos (sin rebajos) de los que trabajan en la familia.
5. Ser costarricense o contar con residencia legalizada en el país.
6. Realizar los trámites en oficinas, sucursales o agencias de las entidades autorizadas por el BANHVI.
7. Presentar todos los documentos que se requieren según el propósito que tenga el Bono de Vivienda que se solicita.

2.4 Construcción Sostenible

La construcción sostenible es “aquella que teniendo especial respeto y compromiso con el medio ambiente, implica el uso eficiente de la energía y del agua, los recursos y materiales no perjudiciales para el medioambiente, resulta más saludable y se dirige hacia una reducción de los impactos ambientales” (Spain Green Building Council, s.f).

Como menciona la Cámara Costarricense de la Construcción (2016), este concepto se basa en el desarrollo de un modelo que permita a la construcción civil enfrentar y proponer soluciones, al mismo tiempo que se respete el medio donde se realiza, y sin renunciar a la soluciones tecnológicas y a la creación de edificaciones que atiendan a las necesidades de sus usuarios.

A nivel nacional, el Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica (INTECO), ha desarrollado una norma con el objetivo de establecer los requisitos que deben cumplir las edificaciones en el trópico para poder ser designadas como sostenibles, esta norma es la llamada RESET (Requisitos para Edificaciones Sostenibles en el Trópico).

Esta norma fue desarrollada tomando como base el documento elaborado por el Instituto de Arquitectura Tropical (IAT), “con el objeto de ampliar los requisitos de sostenibilidad a una amplia gama de edificaciones. Prioriza la capacidad del diseño y el potencial de sostenibilidad que tiene la arquitectura” (INTECO, 2020).

“Esta norma establece un instrumento que tiene un énfasis en las decisiones de diseño, construcción, y/o operación de una edificación en el trópico. Es una herramienta que busca facilitar y revisar decisiones de proyecto, que sirva como indicador y pauta, para incorporar criterios responsables con el entorno” (INTECO, 2020).

Como menciona INTECO (2020), la norma RESET contiene siete apartados de evaluación abarcando diferentes requisitos de los aspectos del diseño y construcción de la edificación. Además, cada capítulo está conformado por un determinado número de objetivos, conceptos y criterios. Los siete apartados son los siguientes:

- 1) Aspectos Socio Económicos
- 2) Entorno y Transporte
- 3) Calidad y Bienestar Espacial
- 4) Suelos y Paisajismo
- 5) Materiales
- 6) Optimización en el uso del agua
- 7) Optimización de la energía

Para el presente TFG se empleó la norma RESET como guía para el diseño de la tipología de vivienda VUIS y la evaluación de los requisitos de construcción sostenible. Esta norma nacional incluye, además, dentro de sus alcances, la vivienda de interés social, lo que facilita su aplicación en el diseño y evaluación del presente modelo digital.

Ahora, como se mencionó anteriormente, no se pretende que el diseño opte por la certificación de dicha norma debido a que factores como el no contar con un terreno definido, hacen que no sea posible asegurar el cumplimiento de ciertos criterios. A pesar de esto, se busca que el modelo facilite seguir los requisitos de la norma para que en el futuro los desarrolladores que tomen este modelo, opten por la certificación al proveer evidencias de cumplimiento de muchos de los criterios que aplican al tipo de proyecto.

3. MODELO 4X1 DE VIVIENDA URBANA INCLUSIVA Y SOSTENIBLE

Se debe recordar y aclarar que el presente trabajo y modelo digital se basa en el trabajo de graduación titulado *Diseño de un modelo BIM para vivienda de interés social vertical, en huella pequeña, y sostenible para el cantón de San José* (2021) por Felipe Andrés Corrales Vargas bajo la dirección del Ing. Erick Mata Abdelnour, mismo director del presente trabajo.

En su trabajo, Corrales-Vargas realizó el modelo digital del modelo VUIS 3X1, es decir el modelo de tres niveles con una unidad habitacional por nivel en un único lote. El presente trabajo aborda el modelado y diseño preliminar de una de las demás tipologías VUIS que se impulsa

desde el MIVAH, el BANHVI, el CFIA y el INVU, la cual corresponde al modelo VUIS de 4X1, es decir cuatro niveles igualmente con una unidad habitacional por nivel en un mismo lote.

Por lo tanto, como se ha mencionado anteriormente, el modelo prototipo de Corrales-Vargas sirvió como una guía para el presente trabajo; sin embargo, se debieron realizar cambios y ajustes para cumplir con reglamentaciones que competen al modelo VUIS de 4X1 como lo son la normativa del Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica o bien el Reglamento de Construcciones del INVU, entre otros.

3.1 Entorno y retiros

Recordando, el presente modelado digital de esta tipología de vivienda urbana, inclusiva y sostenible, de cuatro niveles en un solo lote, representa un modelo prototipo que sirva como punto de partida para futura construcción por parte de desarrolladores de proyectos de vivienda.

Ahora, se debe saber que, en los proyectos constructivos reales, siempre se tendrán condiciones específicas y diferentes que se deberán tomar en consideración para diversos análisis o diseños, por ejemplo, dependiendo de la ubicación del proyecto se tendrán distintas capacidades soportantes del suelo o bien distintos parámetros de diseño como la presión mínima de servicio de agua potable suministrada por la institución que brinda este servicio.

Por lo tanto, para el presente trabajo, como no se tiene una ubicación en específico y un lote real, se debieron tomar ciertas suposiciones o simplificaciones para desarrollar el modelo prototipo lo suficientemente completo, y que permita que después los futuros profesionales responsables del desarrollo de esta opción de vivienda puedan realizar, con criterio técnico, ciertos ajustes al diseño o bien realizar distintos análisis estructurales o bien hidráulicos dependiendo de las condiciones reales del proyecto.

En cuanto al terreno donde se ubicará el presente modelo prototipo, se tomó como lote, uno rectangular de 6,3 metros de ancho por 20 metros de profundidad, para un área de 126 m², manteniéndose lo más cercano al área recomendable por el Reglamento de Operaciones del Sistema Financiero Nacional para Vivienda, en zona urbana de 120 m² (BANHVI, 1996).

Se elige 6,3 metros de ancho y no 6 metros, para cumplir con anchos mínimos de distintas piezas según indicado en el Reglamento de Construcciones del INVU (2018). Se explicará a fondo esto último en el apartado correspondiente (apartado 3.3.3).

El lote establecido, además, colinda al frente con acera y vía pública donde existe disponibilidad de servicios básicos como agua potable, red de alcantarillado sanitario, red de electricidad y telecomunicaciones. Igualmente, en cercanías del lote deben existir áreas verdes o recreativas, centros educativos, centros de salud, transporte público, entre otros.

Por otro lado, también se supone que este lote es medianero y colinda con edificaciones tanto a sus lados como atrás lo que representa una situación probable donde exista un terreno disponible o de estructura para demoler en sitios urbanos del casco central de San José que pudiese extenderse a otros cascos urbanos de Costa Rica.

3.1.1 Retiro frontal o antejardín

Por lo tanto, como el lote supuesto colinda a ambos lados y atrás con edificaciones, se deben respetar los retiros mínimos establecidos por el Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo en el Reglamento de Construcciones (INVU, 2018).

En cuanto al retiro frontal o antejardín, este deberá ser establecido en las regulaciones locales vigentes emitidas por la Municipalidad y en el caso de contar con estas regulaciones, el retiro será de dos metros frente a vías cantonales, y en caso de estar frente de vías nacionales se determinará según reglamentación del Ministerio de Obras Públicas y Transporte (MOPT). Igualmente, el Reglamento de Construcciones establece que la Municipalidad puede eximir el retiro de antejardín a aquellas construcciones que se desarrollen en zonas urbanas o en los cuadrantes de la ciudad determinadas de acuerdo con el plan regulador vigente.

Ahora, como el presente modelo prototipo se enfoca en el casco urbano de San José, se supone este último criterio descrito de retiro de cero metros; sin embargo, como se mencionó anteriormente, para cada proyecto se deberá corroborar la situación real del plan regulador, y por lo tanto adaptar el modelo digital el cual permite ser modificado según la profundidad del terreno.

3.1.2 Retiro posterior o patio

En cuanto al retiro posterior o patio, se establece en el Reglamento de Construcciones (2018) un retiro de cinco metros. Esto debido a que, el presente modelo corresponde a una edificación de cuatro pisos con ventanas en la parte posterior.

Además, se supone una tapia a la altura del primer piso, que separa la colindancia trasera con el modelo VUIS. Recordando los supuestos iniciales, esta tapia corresponde a la edificación existente que colinda atrás del modelo, y si no existiese, se deberá construir para mantener el retiro posterior de cinco metros.

3.1.3 Retiro lateral

Por último, para definir los retiros laterales se parte de nuevo de los supuestos iniciales en cuanto a colindancia con edificaciones a ambos lados, por lo que el Reglamento de Construcciones (2018) establece que no se debe dejar un retiro lateral siempre y cuando el material de la pared en la respectiva colindancia sea incombustible (en este caso bloques de mampostería) y no se tengan ventanas o linternillas.

3.2 Desarrollo del modelo estructural

En cuanto al modelo estructural, este corresponde al sistema de mampostería integral para muros y columnas, vigas de concreto colado en sitio, entrepisos rígidos de concreto pretensados con el sistema de viguetas y bloques de concreto o bien bloques de estereofón, y estructura de techo metálica. Se eligen estos sistemas debido al uso extensivo en el país además de su facilidad constructiva; sin embargo, no se limita a emplear únicamente estos para futuras obras por parte de desarrolladores constructivos.

3.2.1 Contrapiso

Para el contrapiso se siguen las disposiciones establecidas en la Directriz N°27 del Ministerio de Vivienda y Asentamientos Humanos (2001) referente a las Especificaciones técnicas y lineamientos para la escogencia de tipologías arquitectónicas para la construcción de vivienda y obras de urbanización financiadas mediante la aplicación del Sistema Financiero Nacional para la Vivienda. En esta se establece que dicho contrapiso será de concreto y se usará como mínimo un espesor de 7,5 cm con una resistencia mínima del concreto de 175 kg/cm², montado

sobre una base de lastre o grava de no menos de 15 cm de espesor y compactada al 95% del Proctor Estándar.

Se siguen estas disposiciones de espesores y características mínimas; sin embargo, cabe mencionar que como se explicó anteriormente, será deber del profesional responsable que tome este modelo prototipo realizar el diseño con base en estudios de suelo específicos de la zona del proyecto.

3.2.2 Muros

Los muros del presente modelo digital, como se dijo previamente, consisten en paredes de mampostería integral en donde interactúan cuatro elementos principales. Estos son: bloques de concreto modular colocados en forma traslapada, mortero de pega a base de cemento, cal y arena para la unión de los bloques entre sí, concreto de relleno y refuerzo vertical con varillas de acero de distintos calibres dependiendo del diseño estructural. A nivel de detalle del modelo digital, no se modela el acero, sino que se modela como un conjunto monolítico.

En cuanto al dimensionamiento, primeramente se basa en las recomendaciones dictadas por el Código Sísmico de Costa Rica (2010), donde se establece que el espesor mínimo en paredes de mampostería integral que soporten entrepisos será de 15 cm. Por lo tanto, las dimensiones nominales de cada bloque de concreto será de: 20 cm de altura, 45 cm de largo y 15 cm de espesor. Sumando por último dos capa a ambos lados de la pared, una de 1 cm de mortero como repello y la otra capa de 2,5 mm de pintura, por lo tanto, el espesor final con acabado de las paredes de mampostería es de 17,5 cm .

Por otro lado, cabe mencionar que, un correcto diseño previo a la construcción permite una coordinación modular de los bloques de mampostería o, en otras palabras, un acomodo y posicionamiento eficaz de estos para evitar o reducir el corte a medidas de $2/3$ y $1/3$ de bloque, y por lo tanto el desperdicio de estos. Igualmente, debido a estas proporciones en tercios de los bloques, permiten, como se muestra en la Figura 4, hacer esquinas o intersecciones en "T" sin tener que cortar o engrosar las sisas (Productos de Concreto, 2018).

Estos bloques de mampostería cuentan, además, con múltiples beneficios y propiedades de interés. Como menciona el Instituto Costarricense del Cemento y del Concreto (ICCYC, 2007), estos presentan resistencia al fuego, aislamiento térmico y acústico, además de buena

capacidad de resistencia sísmica, siempre y cuando se adopten adecuados procedimientos constructivos.

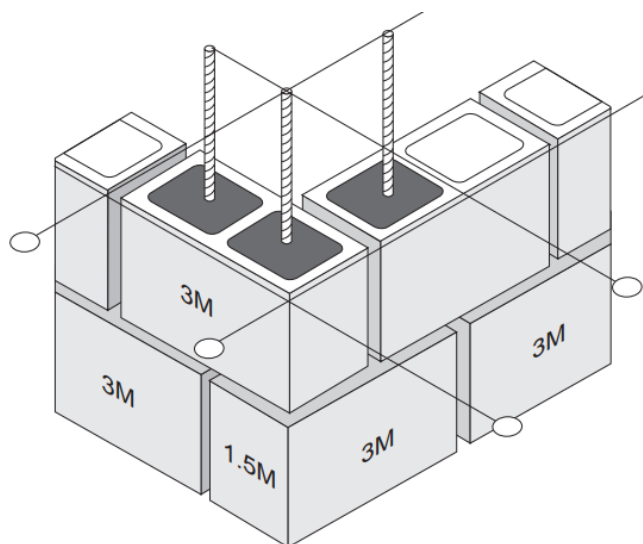


FIGURA 4. INTERSECCIÓN EN ESQUINA CON BLOQUES MODULARES.

Fuente: Productos de Concreto, 2018.

Ahora, para el presente trabajo, el trazado de los muros se realizó teniendo presente que las longitudes de estos fuesen múltiplos de la unidad modular de 15 cm para tener una correcta unión en intersecciones y evitar la corta de bloques. La modularidad de estos se confirma en el Cuadro 1 y Cuadro 2, en donde para cada muro, ya sea longitudinal en dirección Y (Cuadro 1) o transversal en dirección X (Cuadro 2), se dividió entre 15 cm la longitud de cada muro. Si el resultado de esta división es un número entero entonces el muro se adapta a la modularidad de los bloques de concreto.

CUADRO 1. LONGITUD DE LOS MUROS EN DIRECCIÓN Y .

Ejes	Longitud L (m)	L/0,15 (m)
B-H	15	100,0
B-D	4,5	30,0
C-E	2,925	19,5
E-F	4,75	31,6
F-H	4,55	30,3

Fuente: Elaboración propia, 2021

CUADRO 2. LONGITUD DE LOS MUROS EN DIRECCIÓN X .

Ejes	Longitud L (m)	L/0,15 (m)
1-6	6,3	42,0
2-3	2,85	19,0
4-5	2,925	19,5
Entre E y F	3	20.0
Entre F y G	3,67	24,5

Fuente: Elaboración propia, 2021

Se nota por lo tanto que para la gran mayoría de los muros se cumple la modularidad de los bloques de concreto, a excepción de cinco muros donde el resultado de la división no corresponde a un número entero por lo que se deberán hacer ciertos ajustes de los bloques durante la construcción de dichos muros.

3.2.3 Vigas

En cuanto a las vigas del presente modelo, igualmente se basa en las recomendaciones del Código Sísmico de Costa Rica (CSCR,2010), donde se establece que para su dimensionamiento se debe tener presente que como mínimo serán de 20 cm de altura y 12 cm de espesor, además deberán tener una resistencia mínima en compresión f'_c de 210 kg/cm² a los 28 días de edad.

3.2.3.1 Vigas de entepiso y corona

Estos elementos estructurales horizontales se ubican en los bordes superiores de las paredes de mampostería, y serán de concreto reforzado colado en sitio, con el mismo ancho de los bloques de las paredes que coronan.

Las vigas corona del presente modelo se dimensionaron de 30 cm de altura; sin embargo, será deber del profesional responsable, que tome este modelo prototipo, realizar el debido análisis estructural, tanto para el dimensionamiento como para el refuerzo de las vigas para el caso específico en donde se ubique la vivienda.

3.2.4 Entrepisos

Estos corresponden al sistema de entrepisos rígidos de concreto pretensados con el sistema de viguetas prefabricadas y bloques de concreto o bien bloques de estereofón cuyo espesor es

de 15 cm al cual luego se le cuela una losa de concreto de 5 cm de espesor para unir todos los elementos y formar un conjunto monolítico.

A nivel de detalle del modelo digital, no se modelan las viguetas ni los bloques individuales, sino que se modela como un conjunto monolítico de 15 cm de espesor (sin incluir la sobrelosa de concreto de 5 cm de espesor que se modela por aparte); sin embargo, a futuro, el profesional responsable que tome este modelo podrá, si así lo considera, modelar con mayor detalle cada vigueta y bloque ya que junto con el modelo digital se incluyen las familias digitales de estas viguetas y de los bloques.

Para el presente modelo, se optó por este sistema de entrepiso pretensado y no otro sistema de entrepiso colado en sitio u otro prefabricado no pretensado, principalmente por las ventajas que ofrece el sistema de entrepiso pretensado. El Manual Técnico de Productos de Concreto (Productos de Concreto, 2018) menciona cuatro principales ventajas:

1. Minimización de las deflexiones en condiciones de servicio. Los entrepisos son elementos de concreto pretensado, por lo que cuentan con una contraflecha que se contrapone a la deflexión ocasionada por las cargas externas. Esto da la sensación de seguridad.
2. Son más eficientes para la misma luz ya que el pretensado garantiza un comportamiento elástico sin agrietar para cargas de servicio.
3. Su peso es menor que otros sistemas, por lo que se puede instalar manualmente o con equipo liviano. Además, permiten una reducción de las cargas sobre columnas, muros y fundaciones.
4. Minimizan o eliminan por completo el uso de formaleta y obra falsa y facilitan y aceleran la construcción de grandes áreas útiles.

Igualmente, se mencionan otras ventajas como su resistencia al fuego, su aislamiento de vapores gracias a los vacíos de los bloques de concreto, reducción del volumen de concreto en obra, buen aislamiento térmico y acústico, entre otros.

Ahora, el futuro profesional que tome este modelo prototipo, podrá optar por otros tipos de entrepiso según su criterio y necesidades.

3.2.5 Tapicheles y precintas

Los tapicheles se modelan igualmente con bloques de concreto modular y por último, rematados en los extremos laterales del edificio por una viga tapichel de concreto reforzado con el mismo espesor del bloque de concreto y con altura de 20 cm.

Como se indica en la Directriz N°27 (2003), los tapicheles podrán ser de concreto, de fibrocemento u otros materiales, con espesores no menores a las que establezcan los fabricantes para su uso en exteriores.

Por otra parte, en cuanto a las precintas, estas deberán ser apropiadamente impermeabilizadas. Para el presente modelo digital se utilizan láminas de fibrocemento para exteriores.

3.3 Desarrollo del modelo arquitectónico

3.3.1 Área de la vivienda

Para el presente modelo, al ser una tipología de vivienda de interés social, se parte del hecho de que la unidad habitacional tendrá un área mínima y de ser posible lo más cercano a un área de 42 m² como se establece en la Directriz N°27 del MIVAH (2003), para unidades habitacionales de dos dormitorios para núcleos familiares de menos de cinco miembros.

En el presente modelo, cada vivienda alcanza aproximadamente 58 m² incluyendo el área correspondiente al patio de luz de 9,5 m² y el área de 3,8 m² correspondiente al cuarto de pilas que en los pisos superiores se ubica en un balcón que abre hacia el patio de luz. Excluyendo estas dos áreas se tiene por lo tanto un área de 44,7 m² por vivienda.

3.3.2 Distribución arquitectónica

3.3.2.1 Distribución en planta

En cuanto a la distribución arquitectónica en planta, se basa en la ya existente del modelo 3X1 de Corrales-Vargas (2021), la cual cuenta, para cada vivienda, con un dormitorio principal y otro dormitorio secundario al fondo de la vivienda, un servicio sanitario contiguo a un cuarto de pilas, y un área común para cocina, comedor y sala, la cual al frente se tendrá el núcleo correspondiente al patio de luz accesible por medio de una ventana.

En la Figura 5 se muestra la distribución en planta para la vivienda del primer nivel, por otro lado en la Figura 6 se muestra la distribución en planta para las viviendas del segundo, tercer y cuarto nivel, que a diferencia de la del primer nivel donde se ingresa a la vivienda únicamente por una puerta luego de recorrer la losa de concreto de ingreso, para estas viviendas de los pisos superiores se deberá ingresar primero abriendo la puerta del núcleo de escaleras del medio de egreso que abre hacia un balcón y luego se ingresa por la puerta principal de la vivienda.

Para cada vivienda, el primer espacio que se tendrá luego de ingresar, corresponde al área de sala-cocina-comedor. Esta corresponde a un área de encuentro social, esparcimiento y alimentación. Seguidamente, frente a la cocina se ubica un pasillo que proporciona acceso a los dormitorios, al servicio sanitario y al cuarto de pilas. Además, al estar este pasillo ubicado de tal forma que es poco visible desde la sala, se brinda privacidad a estos espacios.

Se cuenta además con un patio de luz transitable únicamente por la vivienda del primer nivel, pero accesible por el resto de las viviendas primeramente por una ventana ubicada en el espacio de sala-cocina-comedor, y por el área de limpieza o cuarto de pilas que se ubica en un balcón abierto hacia este patio de luz.

El patio de luz cumple la función de un espacio que brinda iluminación y ventilación natural a los espacios previamente mencionados. Por lo tanto, se propicia que los espacios de cuarto de pilas sean empleados para tender ropa húmeda y su secado de forma natural, esto sin que sea visible desde el exterior y de esta forma contribuyendo con la estética y privacidad de la edificación y de las viviendas.

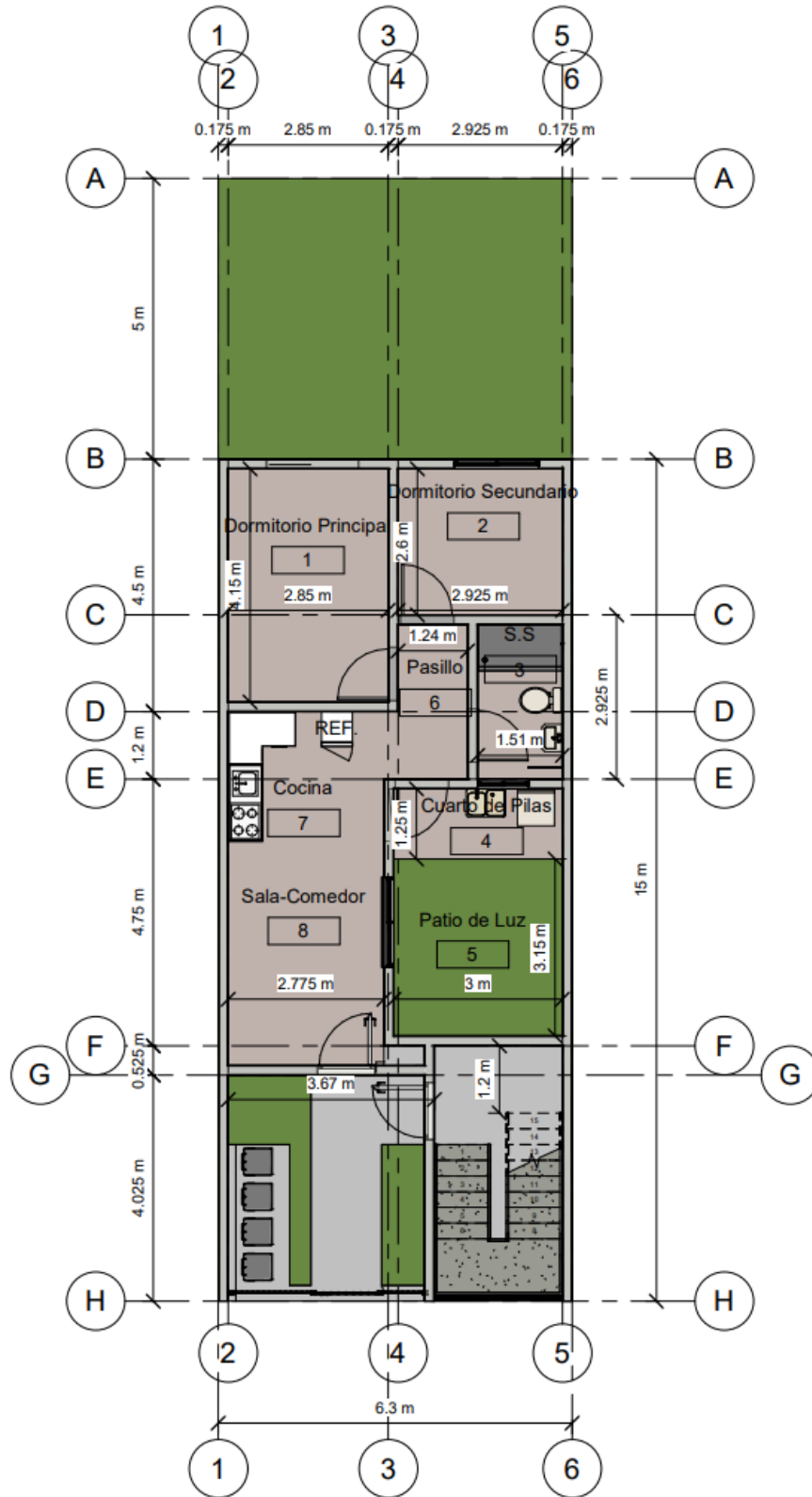


FIGURA 5. DISTRIBUCIÓN EN PLANTA DEL PRIMER PISO.

Fuente: Elaboración propia, 2021

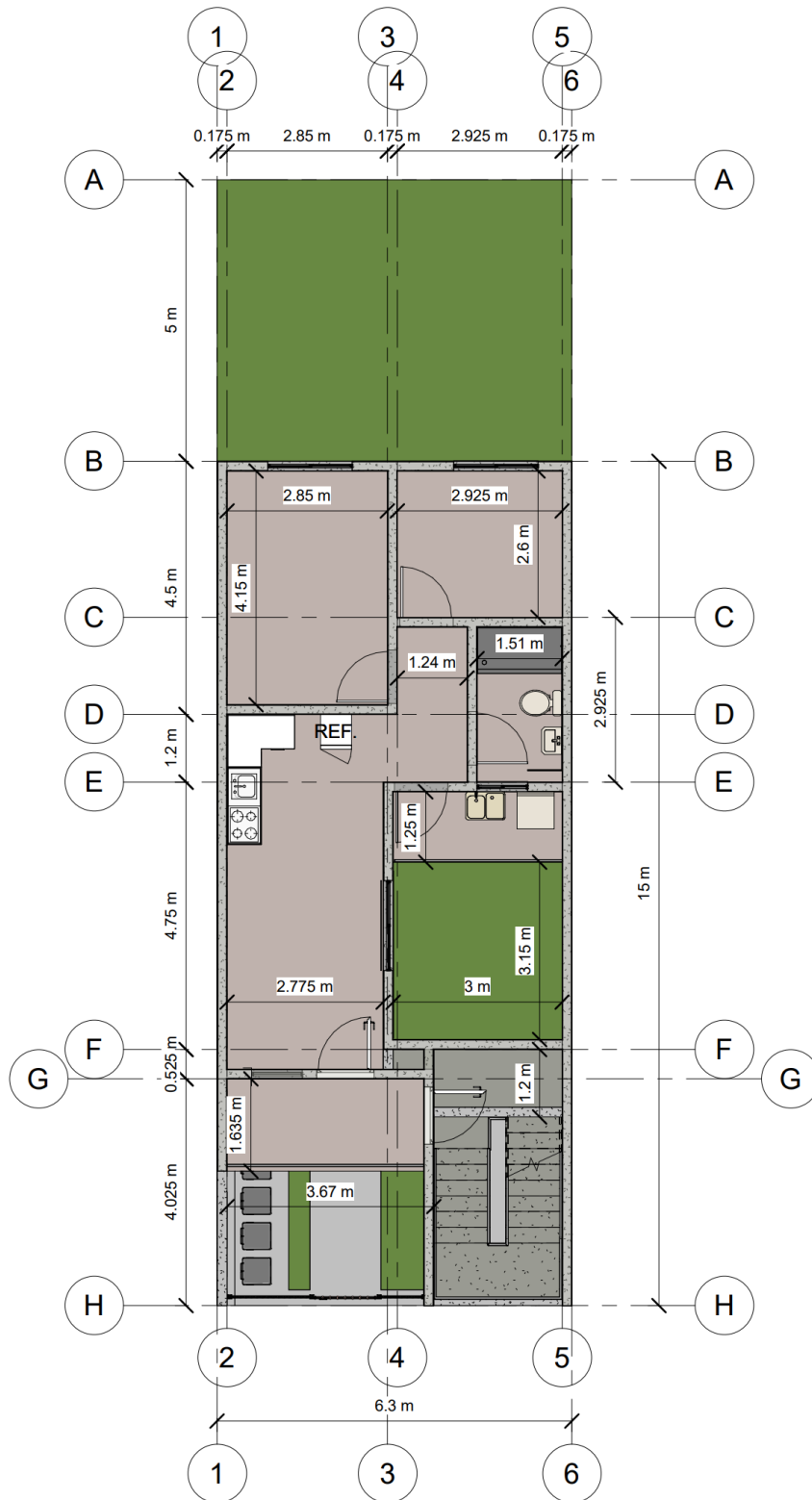


FIGURA 6. DISTRIBUCIÓN EN PLANTA DE PISOS SUPERIORES.

Fuente: Elaboración propia, 2021

Ahora, en los cuartos de pilas del segundo, tercer y cuarto piso al estar en altura, se coloca una baranda de 1,1 metros de altura, cumpliendo el mínimo de altura de 1,07 metros estipulado por el Reglamento de Construcciones (2018). En los balcones frontales de estos pisos que dan acceso a las viviendas, igualmente se colocan sus respectivas barandas.

Respecto al servicio sanitario, este cuenta con ducha, lavatorio e inodoro, además se ventila naturalmente por medio de una ventana que abre hacia el patio de luz.

Por último, con respecto a los dormitorios. Estos se ubican en la parte posterior de la vivienda y son accesibles por medio del pasillo frente a la cocina. Para el dormitorio principal, únicamente el del primer piso tendrá acceso al patio trasero al contar con una puerta deslizante de vidrio. En cuanto a los demás dormitorios principales y secundarios de los pisos superiores, estos tendrán ventanas deslizables que abren hacia este patio trasero que brinda iluminación y ventilación natural.

3.3.2.2 Distribución en altura

La edificación cuenta con cuatro pisos, como se dijo anteriormente, uno para cada unidad habitacional. Los niveles junto con sus elevaciones se pueden observar en la Figura 7 que corresponde a la fachada frontal de la edificación desde una vista sur. Igualmente, se muestra el modelo junto con estos niveles y sus elevaciones en una vista desde el este en la Figura 8.

El nivel cero ($N \pm 0,00$) se ubica por sobre la losa de contrapiso a la cual se le aplica un acabado de concreto lujado, que en cuanto al modelo digital, se representa gráficamente como una capa de acabado de 5 mm pero en la práctica este acabado de concreto lujado se le dará a la propia losa de concreto.

Ahora, desde este nivel cero, se eleva 2,9 metros hasta el nivel 1 que se ubica justo por sobre la losa de concreto del entrepiso del segundo piso. De esta altura de 2,9 metros, los iniciales 2,6 metros corresponden a los muros de mampostería (múltiplo de 0,2 metros para evitar el corte de los bloques), y los restantes 30 cm corresponden a la altura de las vigas de entrepiso.

Estas dimensiones se pueden observar en la Figura 9, además se muestra de nuevo el detalle del contrapiso donde los primeros 15 cm corresponden a una base de lastre y los siguientes 7,5 cm corresponden a la losa de concreto en conformidad a las recomendaciones de la Directriz N°27 (2003).



FIGURA 7. VISTA SUR DEL MODELO.

Fuente: Elaboración propia, 2021

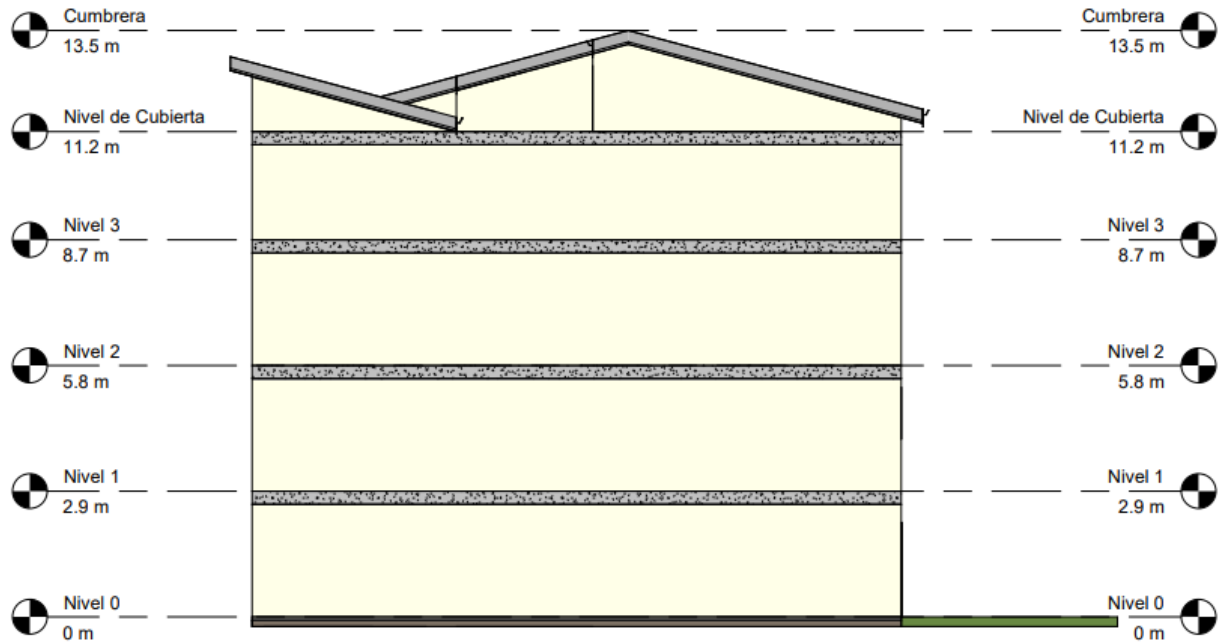


FIGURA 8. VISTA ESTE DEL MODELO.

Fuente: Elaboración propia, 2021

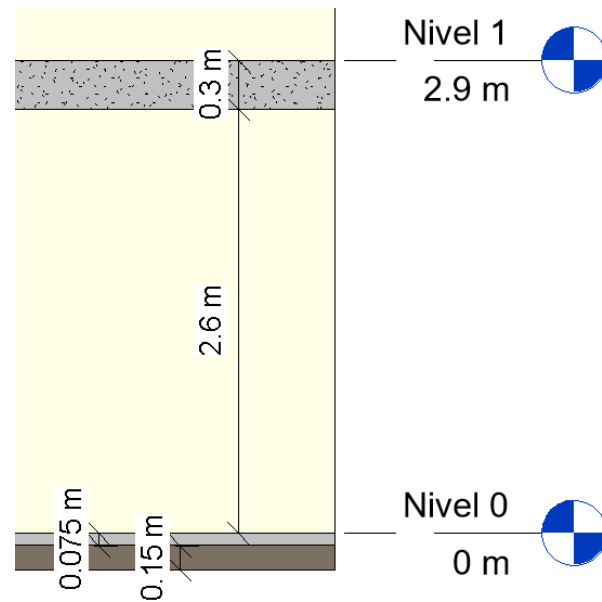


FIGURA 9. DETALLE DE DIMENSIONES DE MURO Y VIGA DESDE VISTA LATERAL.

Fuente: Elaboración propia, 2021

Por otro lado, la altura de piso a cielo raso es de 2,4 metros, esto respetando los lineamientos del Reglamento de Construcciones de INVU (2018). Seguidamente, la distancia entre cielo raso y entrepiso, es de 25 cm para dar un apropiado espacio para la instalación de los sistemas de tuberías y recordando, el entrepiso tiene un espesor de 20 cm siendo 15 cm correspondientes al sistema de viguetas prefabricadas y bloques de concreto o bien bloques de estereofón, y los 5 cm restantes a la losa de concreto. Esto se observa en la Figura 10 donde se muestra una parte del interior de la sala de la vivienda del primer piso vista desde el lado oeste.

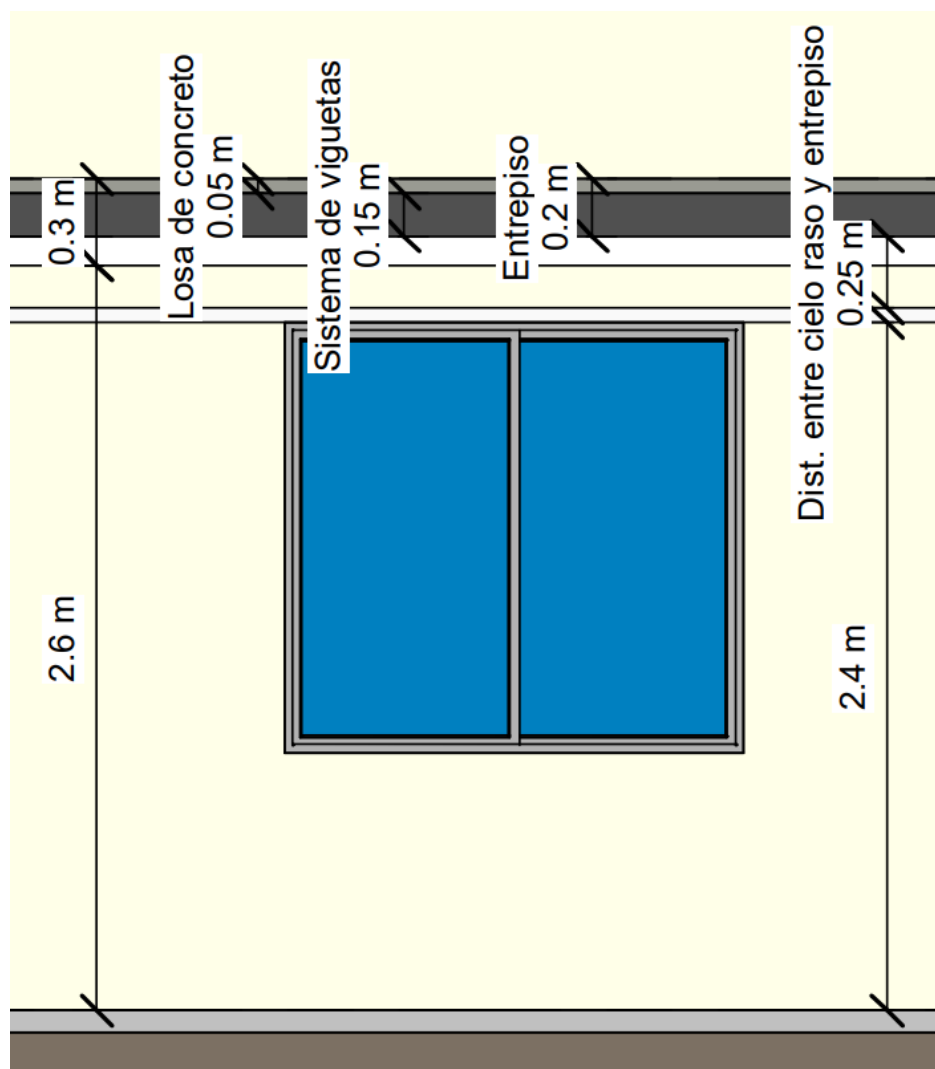


FIGURA 10. DETALLE DE DIMENSIONES DE ENTREPISO Y PARTE DEL INTERIOR DE SALA.

Fuente: Elaboración propia, 2021

Ahora, estas elevaciones descritas previamente son iguales entre el nivel 1 y el nivel 2 que delimitan el segundo piso, así como entre el nivel 2 y 3 que delimitan el tercer piso. Sin embargo, entre el nivel 3 y el nivel de cubierta (que delimitan el cuarto piso) sí varían las alturas, esto de la siguiente manera:

Primeramente, se define el nivel de cubierta a 2,5 metros desde el nivel 3. Como se muestra en la Figura 11, los primeros 2,2 metros corresponden a los muros de mampostería (múltiplo de 0,2 metros para evitar el corte de los bloques), y los restantes 30 cm corresponden a la altura de las vigas corona. El motivo de este cambio de elevaciones se explica en el apartado 3.3.4 correspondiente al dimensionamiento del patio de luz. De igual manera, se tiene desde la altura de piso en el nivel 3 a cielo raso una elevación de 2,4 metros, respetando los lineamientos del Reglamento de Construcciones de INVU (2018).

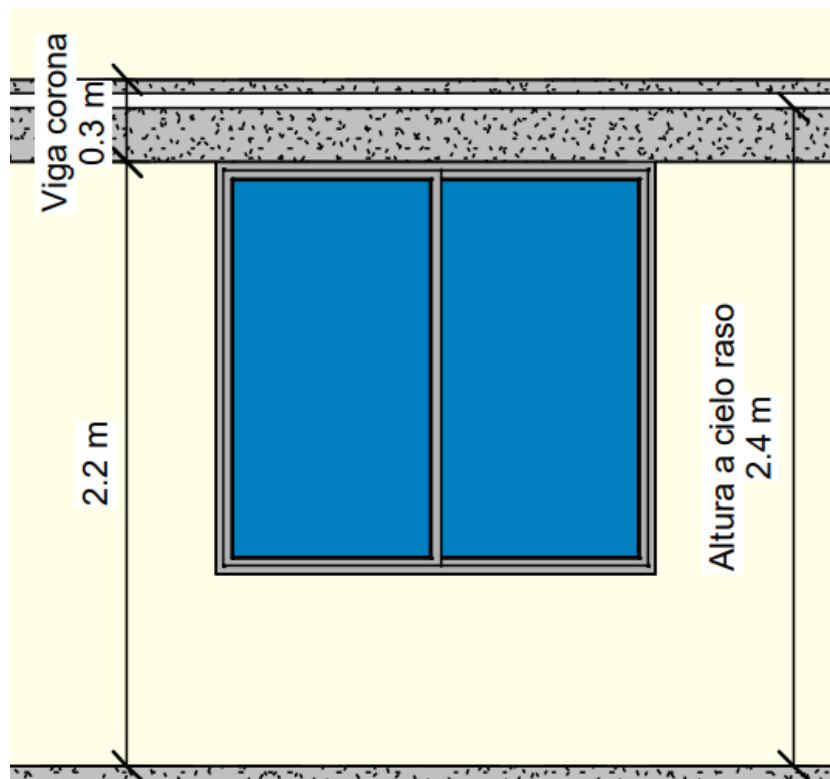


FIGURA 11. DETALLE DE DIMENSIONAMIENTO VERTICAL DESDE INTERIOR DE SALA DEL CUARTO PISO.

Fuente: Elaboración propia, 2021

3.3.3 Dimensiones mínimas de las piezas

En cuanto al dimensionamiento de tanto las piezas habitables (sala, comedor y dormitorios) y las piezas no habitables (cocina, cuarto de baño, cuarto de pilas, pasillo, patio de luz), se basa en las disposiciones del Reglamento de Construcciones del INVU (2018) en cuanto a las áreas mínimas de estas.

En el Cuadro 3 se muestran estas áreas mínimas junto con los anchos mínimos de las piezas según lo que establece el Reglamento de Construcciones (2018) y el Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias en Edificaciones (CFIA, 2017).

CUADRO 3. ÁREAS Y ANCHOS MÍNIMOS PARA LAS PIEZAS DE LA VIVIENDA SEGÚN REGLAMENTOS.

Pieza	Área mínima (m²)	Ancho mínimo (m)	Reglamento
Dormitorio principal	9,00	2,50	Artículo 157, Reglamento de Construcciones (2018)
Dormitorio secundario	7,50	2,50	Artículo 157, Reglamento de Construcciones (2018)
Cocina	5,00	2,00	Artículo 157, Reglamento de Construcciones (2018)
Sala-Comedor	10,00	2,50	Artículo 157, Reglamento de Construcciones (2018)
Servicio Sanitario	2,5	1,00	Artículo 5.3-3, Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias en Edificaciones (2017)
Patio de luz	9,00	3,00	Artículo 129, Reglamento de Construcciones (2018)

Fuente: INVU, 2018

Como se mencionó anteriormente, cabe recordar que se eligió el lote de 6,3 metros de ancho y no 6 metros, esto teniendo presente el ancho mínimo de tanto el patio de luz (3 metros) como del espacio de sala-cocina-comedor de 2,5 metros. Sumando estos dos anchos se obtiene 5,5 metros, además como se mantiene la misma distribución en planta de las distintas piezas

de Corrales-Vargas (2021), se imposibilita colocar tres muros de 17,5 cm de ancho (los dos muros laterales que limitan la edificación con las colindancias y el muro que separa el espacio de sala-cocina-comedor y el patio de luz) ya que sumando todas estas medidas se obtiene: $3 \text{ metros} + 2,5 \text{ metros} + 3 * 17,5 \text{ cm} = 6,025 \text{ metros}$. Ahora, se elige 6,3 metros al ser múltiplo de la unidad modular de 15 cm del bloque de mampostería, además así se podrá dar más anchura al espacio de sala-cocina-comedor lo que beneficiará la comodidad de las familias.

Continuando con las distintas piezas, se debe aclarar que en cuanto al área de la cocina, el Reglamento de Construcciones (2018) indica que si esta área se integra al de la sala-comedor, el área puede ser menor de 5 m^2 pero no se indica en cuanto, por lo tanto se parte del hecho de que se debe cumplir esta área mínima de 5 m^2 aun sí en el modelo sí se tiene integrada esta área de sala-cocina-comedor.

Por otro lado, no se indican áreas de pasillo ni de cuarto de pilas; sin embargo, sí se menciona en este Reglamento de Construcciones (2018), el ancho a cumplir que debe ser mínimo de 1,2 metros.

Las dimensiones de estas piezas en el modelo digital, así como sus anchos, se resumen en el Cuadro 4, donde se nota además que se cumple con sus respectivos mínimos según lo indicado en los reglamentos previamente mencionados.

CUADRO 4. ÁREAS Y ANCHOS OBTENIDOS PARA LAS PIEZAS DEL MODELO.

Pieza	Área (m²)	Ancho (m)
Dormitorio principal	11,8	2,90
Dormitorio secundario	7,6	2,90
Cocina	6,7	2,8
Sala-Comedor	11,3	2,8
Servicio Sanitario	4,00	1,50
Patio de luz	9,5	3,00

Fuente: Elaboración propia, 2021

3.3.4 Patio de luz

El patio de luz corresponde al área que tiene como principal objetivo dar iluminación y ventilación natural a la sala-cocina-comedor, cuarto de pilas y al servicio sanitario. Como se dijo anteriormente, este es transitable únicamente desde el primer piso por lo que puede beneficiar a esta familia de este piso ya que puede servir para el tendido de ropa, por otra parte, sí es accesible también para los pisos superiores desde los balcones que corresponden a los cuartos de pila. En estos, igualmente se puede tender ropa y aprovechar la ventilación e iluminación natural para su secado, como se dijo previamente, sin ser visible desde el exterior de la edificación, contribuyendo con su estética y la privacidad de las familias.

Ahora, en cuanto a su dimensionamiento se sigue lo indicado el Reglamento de Construcciones (2018). En este se indica tanto área mínima y ancho mínimo del patio de luz en relación con el tipo de piezas y la altura de los muros del último nivel que limiten el patio de luz, dependiendo ya sea que el patio de luz limite únicamente con piezas no habitables, o bien que limite con piezas habitables.

Para el presente modelo, la altura de los muros limitantes de esta área de patio de luz llegan a 10,9 metros (muros correspondientes a la vivienda del cuarto piso), por lo tanto el área como el ancho mínimo deben ser respectivamente de 9 m² y 3 metros según disposiciones del INVU (2018) ya que se tiene el caso de que el patio de luz limita con piezas habitables (sala-cocina-comedor).

Se debe mencionar que la modificación en altura de los muros del cuarto piso, que se describe en el apartado anterior, se realiza para satisfacer este requerimiento del Reglamento de Construcciones (2018), ya que si se hubiese dejado la misma altura de muros del primer, segundo y tercer piso, estos estarían a 11,3 metros lo que según este reglamento, tanto el área como el ancho mínimo deberían ser por lo tanto de 11 m² y 3,5 metros respectivamente. Ahora, para mantener al ancho de 6,3 metros del lote y no aumentarlo lo que conllevaría un costo de construcción mayor, se optó por realizar este cambio de altura de estos muros del cuarto nivel.

Sin embargo, si se quisiese dejar la misma elevación de muros para todos los niveles se debería aumentar este ancho a 6,9 metros, es decir 6,3 metros más 0,5 metros que es igual a 6,8 metros; sin embargo, para seguir con la modularidad de los bloques de mampostería de los

muros y con esto tener una correcta unión en intersecciones y evitar corte de bloques, se deberá aumentar a 6,9 metros al ser este valor múltiplo de unidad modular de 15 cm del bloque de mampostería.

3.3.5 Acabado del piso

El acabado de todos los pisos de las distintas áreas de cada vivienda será en concreto afinado y lujado en fresco, esto siendo el acabado mínimo establecido por la Directriz N°27 (2003).

Se decide este tipo de acabo en vez de otro como el de baldosas de cerámica para abaratar costos siendo este proyecto para vivienda de interés social, además de la facilidad constructiva de este acabado que, en comparación con el de baldosas cerámicas, es más rápido, al igual que se aporta sostenibilidad a la construcción al no tener que cortar estas piezas cerámicas y por lo tanto no generar desperdicio.

3.3.6 Puertas

Las puertas de todas las viviendas tienen las mismas dimensiones para facilitar la constructibilidad y diseño. El Reglamento de Construcciones (2018) establece una altura mínima de las puertas de 2,00 metros; sin embargo, se optó por modelar las puertas de 2,10 metros que corresponde a una dimensión más tradicional y de mayor oferta en el mercado nacional. En cuanto a su ancho, si se modeló igual con lo que se establece en este mismo reglamento, con un ancho libre mínimo de 90 cm y teniendo presente que para puertas batientes, este debe medirse entre la cara de la puerta y el tope en el que se detiene al cerrarse (Cuerpo de Bomberos de Costa Rica, 2020).

Por otra parte, las puertas del núcleo de medio de egreso son cortafuego, es decir, que impiden el paso del fuego a través de la abertura. Esto debido a que se deben seguir los lineamientos del Cuerpo de Bomberos de Costa Rica (2020) en cuanto a los requerimientos del cerramiento del medio de egreso. Igualmente, las puertas principales de cada vivienda son cortafuego para brindar mayor protección.

Por otra parte, el mismo Cuerpo de Bomberos de Costa Rica (2020), indica que toda puerta en un medio de egreso debe ser de tipo de bisagras laterales o batiente con pivote y se instalará de modo que sea capaz de abrirse desde cualquier posición hasta el ancho total requerido de la abertura en la que está instalada. Ahora, durante la apertura de dichas puertas, deberán ser

abiertas en la dirección del recorrido de egreso y no deberán causar obstrucción por lo menos la mitad del ancho requerido del descanso.

3.3.7 Ventanas, ventilación e iluminación

3.3.7.1 Superficie de abertura

Para el dimensionamiento de las ventanas, se siguen los lineamientos del Reglamento de Construcciones (2018), siempre teniendo presente para su posicionamiento, el aspecto de modularidad de los bloques de concreto de las paredes de mampostería. Esto último se traduce en anchos múltiplos de la unidad modular de 15 cm, y alturas múltiplos de 20 cm.

Ahora, el Reglamento de Construcciones (2018), indica que las ventanas deben tener un área en relación con la superficie de cada pieza. Para ventanas en piezas habitables y cocina, el área debe ser no menor a un 15% de estas superficies, y para cuartos de baño este porcentaje disminuye a 10%. Igualmente se indica que de estas áreas de ventana, por lo menos la mitad debe abrirse para efectos de ventilación y la dimensión menor de cada una no deberá ser inferior a 30 cm.

En el Cuadro 5 se resumen las áreas de las distintas piezas del modelo donde se ubicarán ventanas, así como el requisito de área mínima para dichas ventanas.

CUADRO 5. ÁREAS DE PIEZAS JUNTO CON ÁREAS MÍNIMAS DE VENTANAS.

Pieza	Área de pieza (m²)	Área mínima de ventana (m²)
Dormitorio principal	11,8	1,77
Dormitorio secundario	7,6	1,14
Servicio Sanitario	4	0,4
Sala-cocina-comedor	18	2,7

Fuente: Elaboración propia, 2021

Por lo tanto, con base en estos requerimientos, en el Cuadro 6 se muestran las dimensiones de cada ventana para cada pieza.

CUADRO 6. DIMENSIONES DE LAS VENTANAS POR PIEZA.

Pieza	Ancho seleccionado de ventana (m)	Altura seleccionada de ventana (m)	Área mínima de ventana (m²) por INVU 2018.	Área seleccionada de ventana (m²)
Dormitorio principal	1,5	1,2	1,77	1,8
Dormitorio secundario	1,5	1,2	1,14	1,8
Servicio Sanitario	0,9	0,6	0,4	0,54
Sala-cocina-comedor	1,8	1,6	2,7	2,88

Fuente: Elaboración propia, 2021

Se decidió mantener el mismo tipo de ventana para ambos dormitorios para estandarizar el tamaño y así facilitar la construcción. Por otro lado, cabe recordar que la ventana para sala-cocina-comedor de 2,88 m² es la que limita con el patio de luz, esta se muestra en la Figura 10.

Además, se incluye otra ventana (como se observa en la Figura 7, correspondiente a la fachada frontal) en la sala-comedor de 0,9 metros de ancho por 1,4 metros de alto para un área de 1,26 m². Esta ventana no cumple con el requisito del Reglamento de Construcciones por lo que no es apropiada para ventilación e iluminación; sin embargo, ya se cuenta con la otra ventana de 2,88 m² que limita con el patio de luz satisfaciendo estos requerimientos del área en cuestión. Esta ventana de 1,26 m² se incluye para dar vista hacia el exterior de la vivienda y proporcionar estética.

Por otro lado, como se muestra en la Figura 7, no se incluye esta ventana en el primer piso, esto debido a que al estar contigua a la ruta de evacuación a menos de 3 metros desde la

puerta del medio de egreso (donde bajan las familias del segundo, tercer y cuarto piso), en el caso de que hubiese fuego en la primera vivienda, no habría protección ya que no se contiene el fuego de esta vivienda sino que habría exposición por parte de esta ventana, comprometiendo la ruta de evacuación. En cuanto a este tipo de ventanas de los pisos superiores, no se presenta este problema porque si hubiese, por ejemplo, fuego en el segundo piso, esta segunda familia evacuaría simplemente por la puerta principal de dicha vivienda para luego evacuar por el medio de egreso. No se compromete la ruta de evacuación de las familias de los pisos superiores.

3.3.7.2 Posicionamiento de las ventanas

Para el posicionamiento en planta de las ventanas, debido a los anchos que se eligieron para cada una (múltiplos de la unidad modular de los bloques de mampostería), se busca ubicarlas de tal modo que se cumpla con esta modularidad para evitar la corta de los bloques. Cabe mencionar que, para el dormitorio principal del primer piso, no se cuenta propiamente con una ventana, sino que se cuenta con una puerta deslizante de vidrio para acceder al patio trasero. Esta cumple la función de ventana al dar iluminación y ventilación, además, sus dimensiones son de 1,8 metros de ancho por 2,4 metros de alto (área de 4,3 m² que satisface el área mínima de ventana para el dormitorio principal).

Por otro lado, en cuanto al posicionamiento vertical, se busca que el borde superior esté justo apenas por debajo del cielo raso a 2,4 metros del nivel del piso respectivo de la vivienda. Ahora, por la escogencia en cuanto al dimensionamiento de cada ventana, las vigas cargador serán múltiplos de 20 cm, por lo que se podrá emplear viga-bloque para su construcción. Cabe mencionar que, el cielo raso no se extiende hasta el borde inferior de las vigas de entrepiso ya que se contempla dejar un espacio entre cielo raso y vigas de entrepiso para colocar tuberías mecánicas. Sin embargo, en el cuarto piso, al no tener tuberías por sobre la vivienda, además del cambio en las alturas de los muros como se explicó previamente, sí se extiende el cielo raso por sobre la base de la viga corona (siempre a 2,4 metros de altura desde el nivel de piso), por lo que en el caso de este piso, las vigas corona sí se aprovechan como vigas cargador.

Esto último se muestra en la Figura 12 con el detalle del posicionamiento vertical de la ventana de la sala-cocina-comedor para el tercer y cuarto piso, a saber que el detalle del tercer piso es igual para el primero y el segundo.

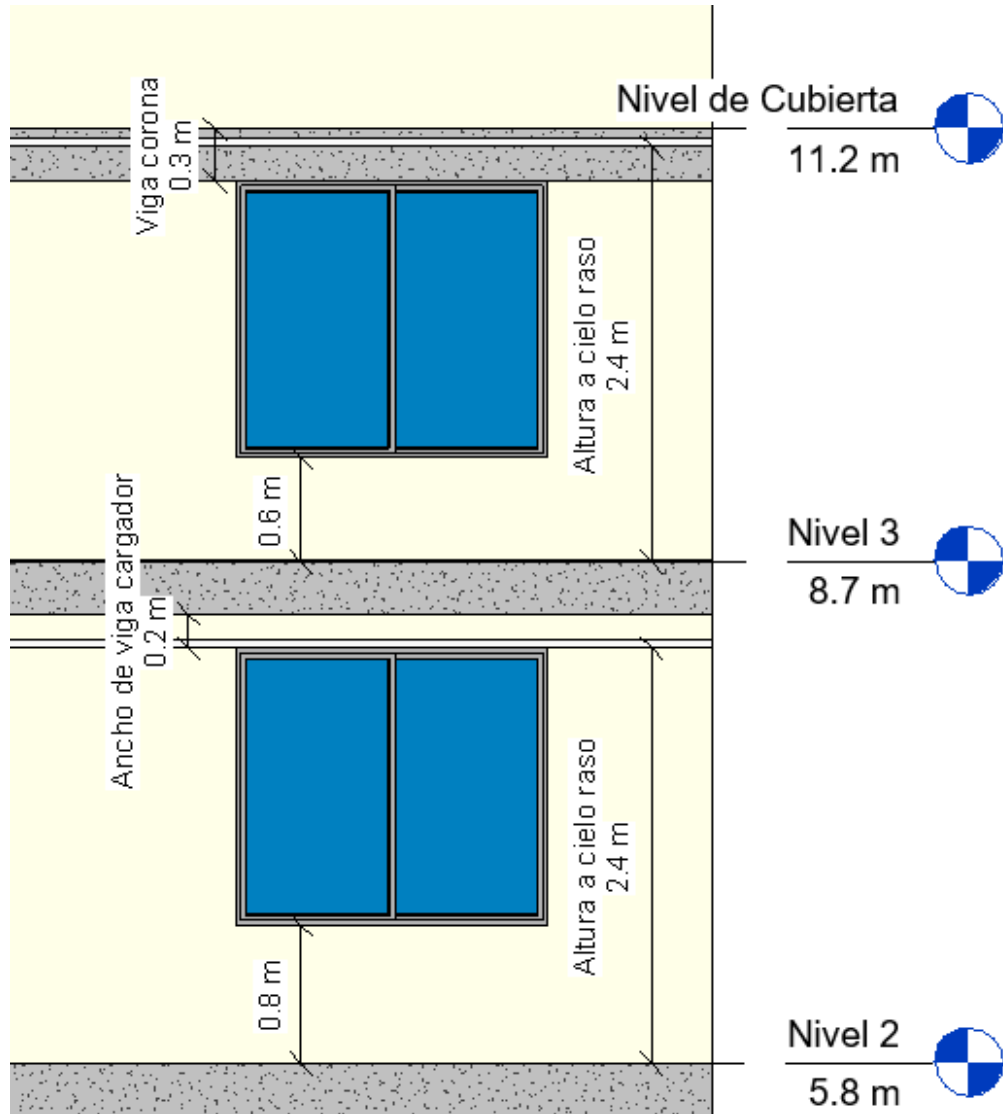


FIGURA 12. DETALLE DE POSICIONAMIENTO DE VENTANA EN SALA-COCINA-COMEDOR.

Fuente: Elaboración propia, 2021

En la Figura 13 y Figura 14, se muestra resaltado en azul, respectivamente la ubicación en planta de las ventanas de la vivienda del primer piso, así como las del segundo, tercer y cuarto piso.

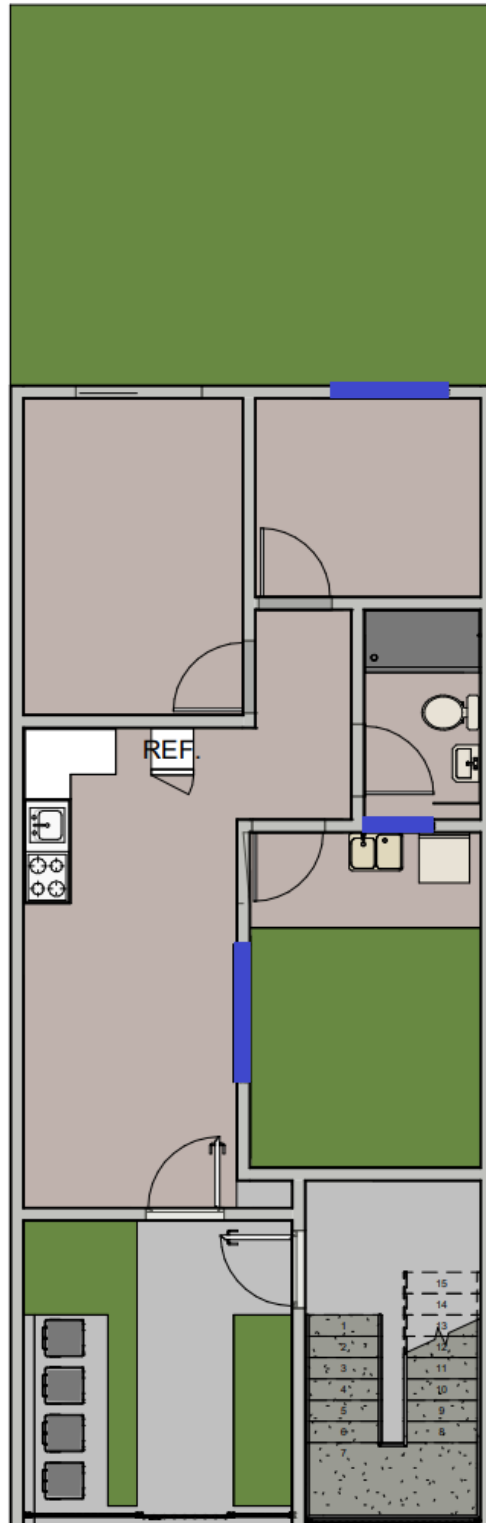


FIGURA 13. UBICACIÓN EN PLANTA DE VENTANAS DEL PRIMER PISO.

Fuente: Elaboración propia, 2021

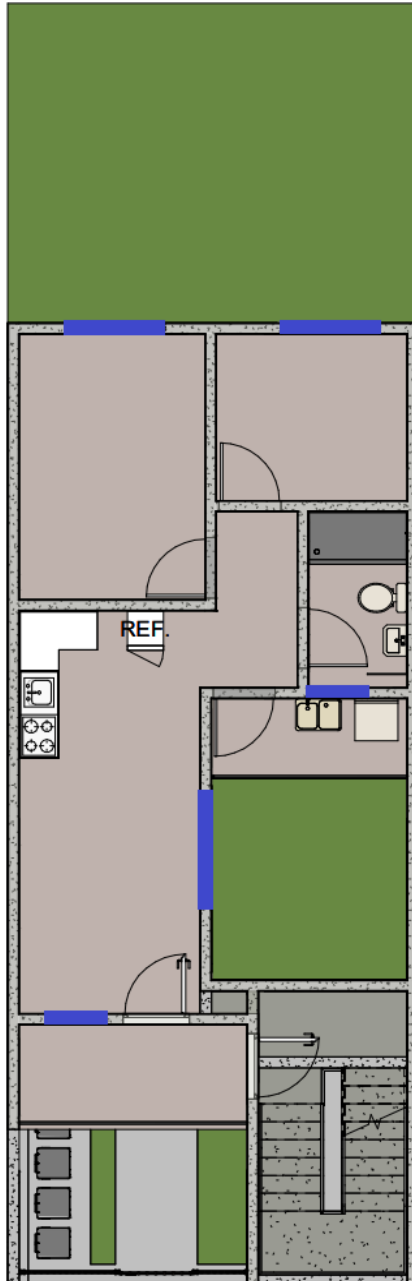


FIGURA 14. UBICACIÓN EN PLANTA DE VENTANAS DEL SEGUNDO, TERCER Y CUARTO PISO.

Fuente: Elaboración propia, 2021

Ahora, otro aspecto de gran relevancia es la seguridad de los usuarios de estas ventanas, principalmente por parte de los niños. Al tener una edificación en altura, cabe la posibilidad de que estos, de una u otra forma, escalen la ventana y corran el riesgo de caer, principalmente en el caso de cuando estén solos en el dormitorio secundario. Por lo tanto, para mantener el

mismo tipo de ventanas que se usaron para los dormitorios principales, se recomienda la implementación de sistemas de seguridad. En este modelo se incluyó gráficamente uno de estos sistemas el cual corresponde a mallas de seguridad de nylon. Esta opción es ideal en este caso ya que son elementos que evitan caídas cuando las ventanas están abiertas, además no son permanentes por lo que a futuro se pueden remover.

Igualmente, al ser traslucidas generan bajo impacto visual, lo que contribuye con la estética de la vivienda. Igualmente, se recomiendan instalar estas mallas de seguridad en la ventanas ubicadas en el área de la sala-cocina-comedor. En la Figura 15 se muestra la vista norte del modelo, que corresponde con la fachada trasera de la edificación, donde se pueden observar las ventanas junto con las mallas de seguridad de nylon.

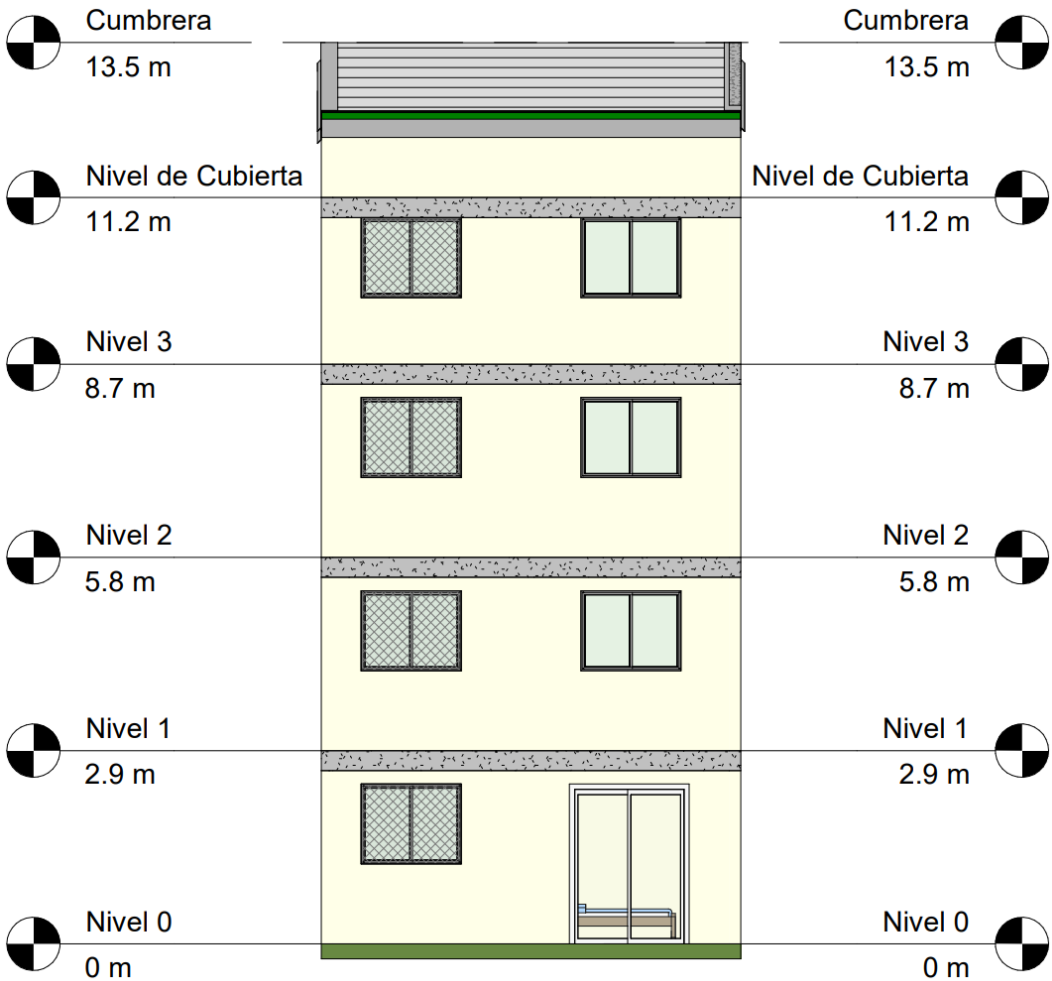


FIGURA 15. VISTA NORTE DEL MODELO.

Fuente: Elaboración propia, 2021

3.3.7.3 Ventilación

Como se explicó anteriormente, se cuenta con un patio de luz cuya función, además de dar iluminación, es brindar ventilación natural a los aposentos que lo limitan, estos siendo el conjunto de sala-cocina-comedor, cuarto de pilas y el servicio sanitario.

Igualmente, se recuerda que todas las ventanas del modelo son de tipo corredizas y por lo menos la mitad de estas se abren, por lo que se cumple con el requisito del Reglamento de Construcciones (2018) en cuanto a ventilación.

Ahora, en estos espacios (dormitorio principal, dormitorio secundario, servicio sanitario y sala-cocina-comedor) al contar con una única ventana, se cuenta con ventilación por un solo lateral. Esta es, como se explica en la Guía Edge (IFC, 2018) una ventilación que depende de las diferencias de presión que existen entre las distintas aberturas de un único espacio como se ilustra en la Figura 16. Este tipo de ventilación se produce por corrientes de turbulencia donde estas crean una acción de bombeo en esta única abertura lo que da lugar a pequeñas entradas y salidas de flujo.

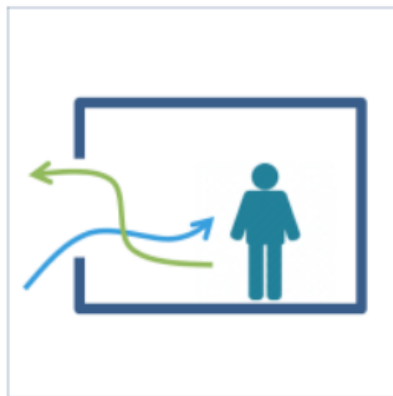


FIGURA 16. EJEMPLIFICACIÓN DE VENTILACIÓN POR UN SOLO LATERAL.

Fuente: IFC, 2018.

Por otro lado, este tipo de ventilación podría cambiar cuando se abran las puertas de los dormitorios junto con la puerta del cuarto de pilas. En este caso se tendría un tipo de ventilación cruzada por dos laterales donde esta se produce por diferencias de presión entre ambas aberturas (IFC, 2018).

Como recomendación, esta Guía Edge (2018) indica que para una adecuada ventilación por un solo lateral o por dos, se debe cumplir con una relación máxima entre profundidad de piso y altura de cielo raso, siendo esta relación (profundidad/altura) de un valor de 1,5 como máximo para ventilación por un solo lateral, y de 5,0 para ventilación por dos laterales.

En el Cuadro 7 se resumen estos valores para las distintas piezas del modelo.

CUADRO 7. RELACIÓN ENTRE PROFUNDIDAD Y ALTURA DEL CIELO RASO PARA DISTINTAS PIEZAS DEL MODELO.

Pieza	Profundidad (m)	Altura a cielo raso (m)	Relación profundidad y altura
Dormitorio principal	4,15	2,4	1,7
Dormitorio secundario	2,6	2,4	1,1
Servicio Sanitario	2,8	2,4	1,2
Sala-cocina-comedor	2,5	2,4	1,0

Fuente: Elaboración propia, 2021

Por otro lado, la distancia ortogonal entre las ventanas de ambos dormitorios a la puerta del cuarto de pilas es de 5,5 metros, por lo tanto la relación es de $5,5/2,4 = 2,3 < 5$.

Se nota que para todas las piezas con excepción del dormitorio principal, se cumple esta recomendación por parte de la Guía Edge (2018); sin embargo, esto podría solucionarse, si se quisiese seguir dicha guía, al aumentar la altura del cielo raso. No obstante, para el presente modelo se mantiene esta elevación de 2,4 metros de piso a cielo raso ya que, recordando, se contempla tener un espaciado para la colocación de tuberías mecánicas.

3.3.8 Cielo raso

En el presente modelo, como se ha dicho, se coloca cielo raso de gypsum en toda la extensión de cada vivienda, a 2,4 metros del nivel del piso correspondiente y dejando un espaciado de

25 cm entre cielo raso y entrepiso para la colocación de tuberías mecánicas. Además, como se indica en la Directriz N°27 (2003), se coloca cielo raso en los aleros, y este no debe medir menos de 50 cm de ancho (fuera del ancho de la canoa).

Por otro lado, a nivel de detalle no se modela la soportería del cielo; sin embargo, se supone que estará sujeto a las paredes o, en el caso del cuarto piso, a la viga corona siempre siguiendo las indicaciones del fabricante de estos cielos.

3.3.9 Cubierta y estructura de techo

3.3.9.1 Cubierta

Para la cubierta de techo del modelo se utiliza lámina galvanizada ondulada N°28, esto cumpliendo con lo dictado por la Directriz N°27 (2003). Como se observa en la Figura 17, se cuenta con dos secciones con pendiente de 15% dirigida, una hacia el frente de la edificación y la otra hacia su parte posterior.

Por otra parte, para el núcleo de medio de egreso se cuenta con una cubierta en lámina de policarbonato transparente ondulada para proveer iluminación natural a las escaleras. Esta sección igualmente tiene una pendiente de 15% dirigida hacia el patio de luz.

Las cubiertas se extienden 50 cm cuando cubren ventanas o balcones formando aleros que brindan cobertura frente a lluvia y rayos solares. Por otro lado cabe decir, como se indica en la Directriz N°27 (2003), que los traslapes entre láminas no deberán ser menores a 15 cm.

Ahora, para aumentar el confort térmico de los usuarios de la edificación se pretende maximizar la reflectividad solar de la cubierta del techo. Para esto, como se indica en la Guía Edge (2018), se recomienda pintar las láminas de color blanco o bien un color muy claro. En el Cuadro 8, se muestran los valores de reflectividad solar para distintos tipos de material de techo donde se nota que los de color blanco o con revestimiento blanco presentan los valores más elevados.

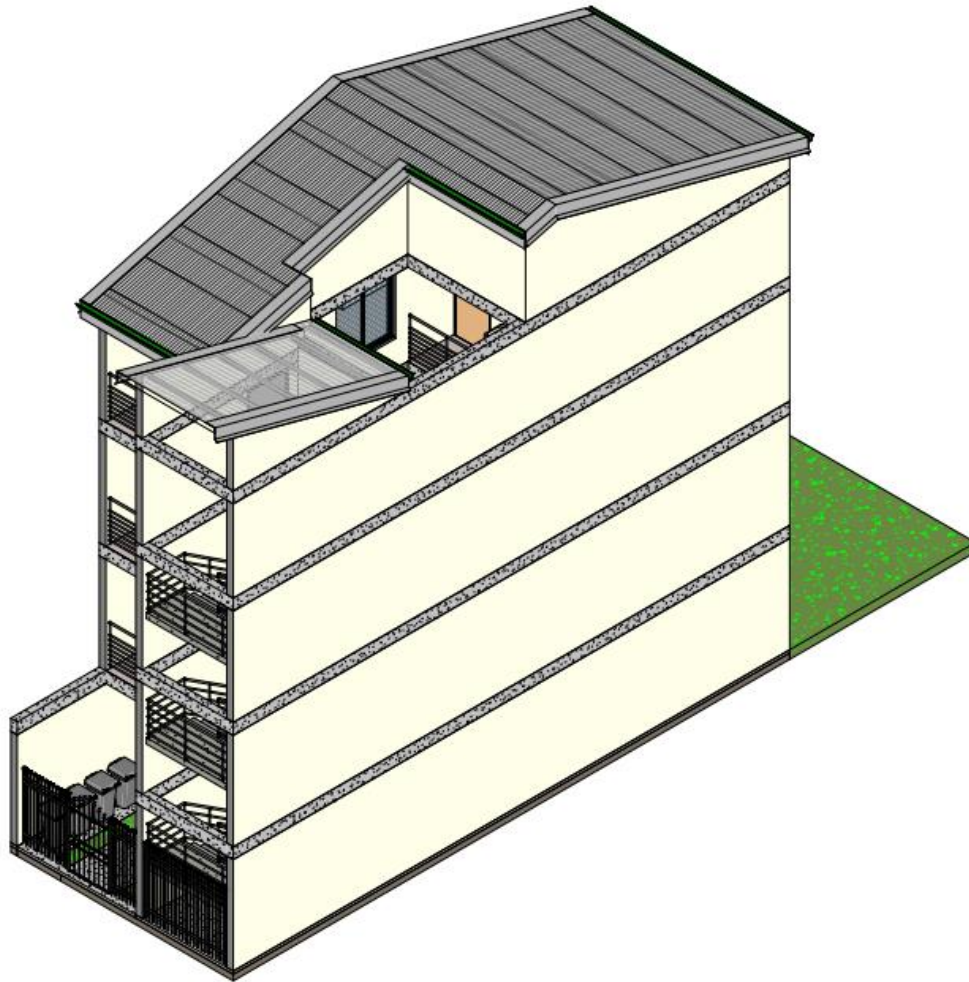


FIGURA 17. VISTA SUPERIOR 3D DEL MODELO DESDE COSTADO SUR-ESTE.

Fuente: Elaboración propia, 2021

CUADRO 8. VALORES DE REFLECTIVIDAD SOLAR PARA MATERIALES DE TECHO HABITUALES.

Materiales de techo genéricos	Reflectividad solar (%)
Revestimiento blanco: 2 capas, 20 mils*	85
PVC blanco	83
Revestimiento blanco: 1 capa, 8 mils*	80
Teja de cemento blanco	73
EPDM blanco	69
Revestimiento blanco en techo metálico	67
Gravilla blanca en cubierta de varias capas	65
Aluminio	61
Gravilla clara en cubierta de varias capas	34
Teja de arcilla roja	33
Betún granular blanco	26
Tejas de cemento sin pintar	25
EPDM gris	23
Tejas asfálticas	22

* Un mil es equivalente a 0,001 pulgadas o 0,0254 milímetros.

Fuente: IFC, 2018

3.3.9.2 Estructura de techo

Las cubiertas son soportadas por un sistema de viguetas metálicas de perfil C de 70 x 50 x 1,2 mm, perpendicular a la dirección de la pendiente de la cubierta, y con un espaciado de un metro. Estas además estarán soportadas en los extremos sobre las vigas tapichel de concreto.

Por otra parte, en cuanto a las cerchas o estructura que soporte el techo, no se modela en el presente trabajo ya que está fuera del alcance, además que deberá contar con el diseño estructural del futuro profesional que tome este modelo prototipo y será este quien tendrá responsabilidad sobre este en apego a la normativa para este tipo de estructuras.

Ahora, la Directriz N°27 (2003), permite para esta tipología de vivienda VUIS, el uso de estructura metálica o bien de madera que quedará a criterio del diseñador que tome este modelo.

3.3.10 Aleros

En el presente modelo, existen aleros en la parte frontal y posterior de la edificación que brindan cobertura frente a lluvia y rayos solares a balcones y ventanas. Se coloca cielo raso en gypsum para exteriores; sin embargo, puede emplearse igualmente madera o fibrocemento (MIVAH, 2003).

3.3.11 Acabados de paredes

Primeramente, en cuanto al repello de las paredes de mampostería, para el presente modelo se agrega a ambos lados de cada pared una capa de 1 cm de repello. Ahora, el repello consiste en el recubrimiento con mortero de estas superficies para proveerlas de protección contra la intemperie, así como para darles un acabado liso. Por parte de la Directriz N°27 (2003), se exige que las paredes tengan un acabado tal que estén libre de reventaduras, grietas e imperfecciones, al mismo tiempo que se garantice su adecuada impermeabilización.

Seguidamente, estas paredes serán pintadas con no menos de dos manos de pintura de buena calidad, ya sean tipo pro-plus, de látex o similares, recordando siempre que las especificaciones de estas pinturas garanticen la impermeabilidad y durabilidad de las paredes (MIVAH, 2001).

Por otro lado, recordando las propiedades de los colores como se explica en la Guía Edge (2018), los colores claros tendrán mayores valores de reflectividad solar en comparación con colores oscuros. Esto se traduce en que, a mayores valores de reflectividad, mayor será el confort térmico de los espacios al reducir la temperatura de las superficies, más teniendo presente que en esta tipología de vivienda de interés social no se cuenta con sistemas de enfriamiento mecánicos y que estos proyectos se ubicarán en zonas de clima cálido como en el caso del Valle Central de Costa Rica.

En el Cuadro 9, se muestran valores de reflectividad solar para distintos acabados de pared, donde se observa que los colores claros presentan efectivamente los mayores valores.

CUADRO 9. VALORES DE REFLECTIVIDAD SOLAR PARA ACABADOS HABITUALES DE PARED.

Acabado de pared	Reflectividad solar (%)
Yeso blanco	90
Cemento Portland blanco nuevo	70-80
Pintura acrílica blanca	70
Pintura acrílica de color claro (tonos de blanco)	65
Pintura acrílica de color intermedio (verde, rojo, marrón)	45
Unidad de mampostería de hormigón sin pintar	40
Ladrillo rojo	40
Hormigón nuevo	35-45
Pintura acrílica de color oscuro (marrón oscuro, azul)	25
Ladrillos de arcilla cocida	17-56
Pintura acrílica de color azul oscuro o negro	15

Fuente: IFC, 2018

3.4 Medios de egreso

Primeramente, el Reglamento de Bomberos de Costa Rica (2020) define como medio de egreso al “recorrido continuo y sin obstrucciones desde cualquier punto, en un edificio o estructura hasta una vía pública, que consiste en tres partes separadas y distintas: El acceso a salida, la salida, y la descarga de salida.”

Donde el acceso a salida corresponde a: “Aquella porción de un medio de egreso que conduce a una salida.”

La salida como: “Aquella porción de un medio de egreso separada de todos los demás espacios de un edificio o estructura mediante construcción o equipamiento según lo requerido para proveer un recorrido protegido hacia la descarga de la salida.”

Y la descarga de salida como: “Aquella porción de un medio de egreso entre la terminación de una salida y la vía pública.”

Cabe mencionar que el presente modelo VUIS 4X1 tiene la particularidad de que, al ser de cuatro pisos, por normativa del Cuerpo de Bomberos de Costa Rica se debe contar con un mínimo de dos medios de egreso o bien una alternativa que exima este requerimiento. En el

presente modelo VUIS 4X1 se optó por mantener un único medio de egreso, en apego a una excepción con respecto al requerimiento de dos medios de egreso según la normativa del Cuerpo de Bomberos de Costa Rica. Esto se explica en el apartado 3.5.4 .

3.4.1 Escaleras

El recorrido de salida del segundo, tercer y cuarto piso se realiza por medio de las escaleras exteriores, debidamente compartimentadas y separadas de las viviendas, como se muestra en la Figura 18.

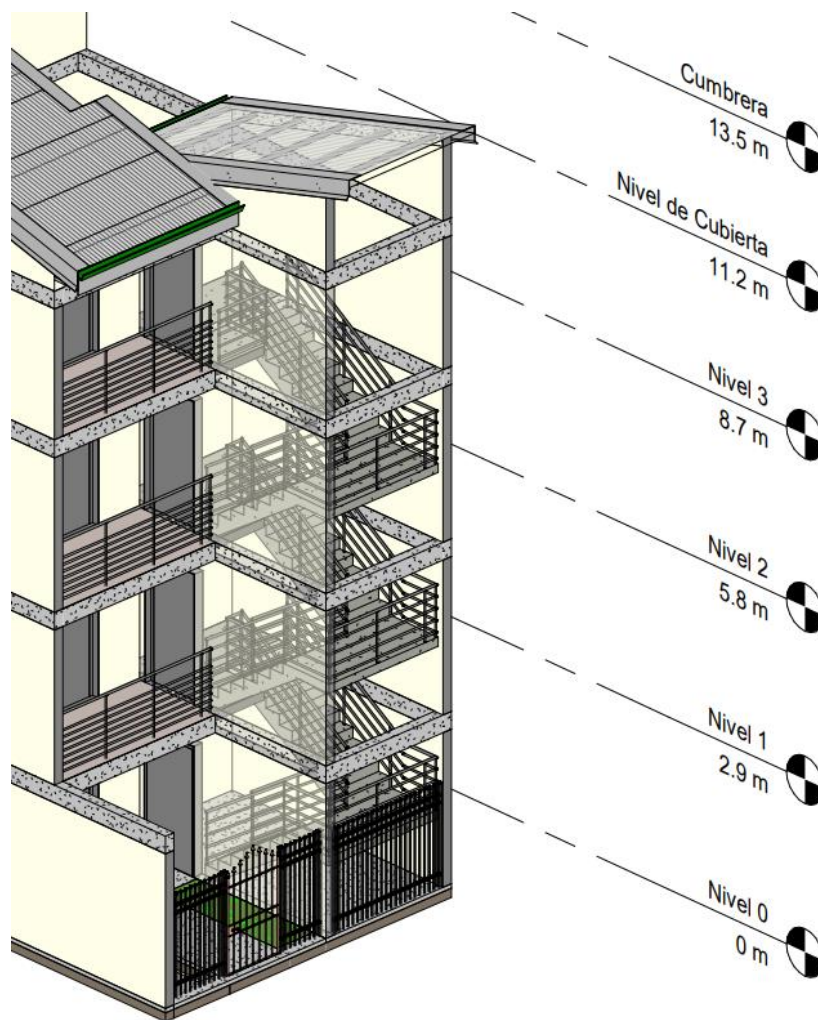


FIGURA 18. VISTA 3D DE LA FACHADA FRONTAL DEL MODELO.

Fuente: Elaboración propia, 2021

Nota: En la Figura 18, se ha aplicado un filtro temporal de transparencia en las paredes de mampostería que separan las escaleras de las viviendas para apreciarlas mejor.

Estas escaleras o núcleo de escaleras, como se muestra en la figura anterior, están abiertas hacia el frente y separadas de las viviendas por medio de paredes de mampostería resistentes al fuego, además son accesibles por medio de puertas autocerrantes cortafuego.

Ahora, como se menciona en el Reglamento de Construcciones (2018), en el Reglamento de Bomberos de Costa Rica (2020) y en la norma NFPA 101 (2021), todas las escaleras que sirvan como medios de egreso deben ser de construcción fija permanente. Además, cada escalera, plataforma y descanso, deben ser de material no combustible.

3.4.1.1 Dimensionamiento

Para el dimensionamiento de las escaleras del modelo, se siguieron los lineamientos de los reglamentos previamente citados.

Primeramente, en cuanto al ancho mínimo para las escaleras, este corresponde a 91 cm. Esto ya que la sumatoria de la carga de ocupantes de todos los pisos servidos por esta no sobrepasa 50 (Cuerpo de Bomberos de Costa Rica, 2020).

Seguidamente, para la altura de las contrahuellas, esta debe ser como mínimo de 10 cm y de 18 cm como máximo. Por otro lado, la profundidad mínima de las huellas deberán ser de 28 cm (NFPA 101, 2021). Estos parámetros se han definido en las propiedades de la familia digital de las escaleras del presente modelo.

En la Figura 19 se muestra el detalle de las escaleras así como sus dimensiones.

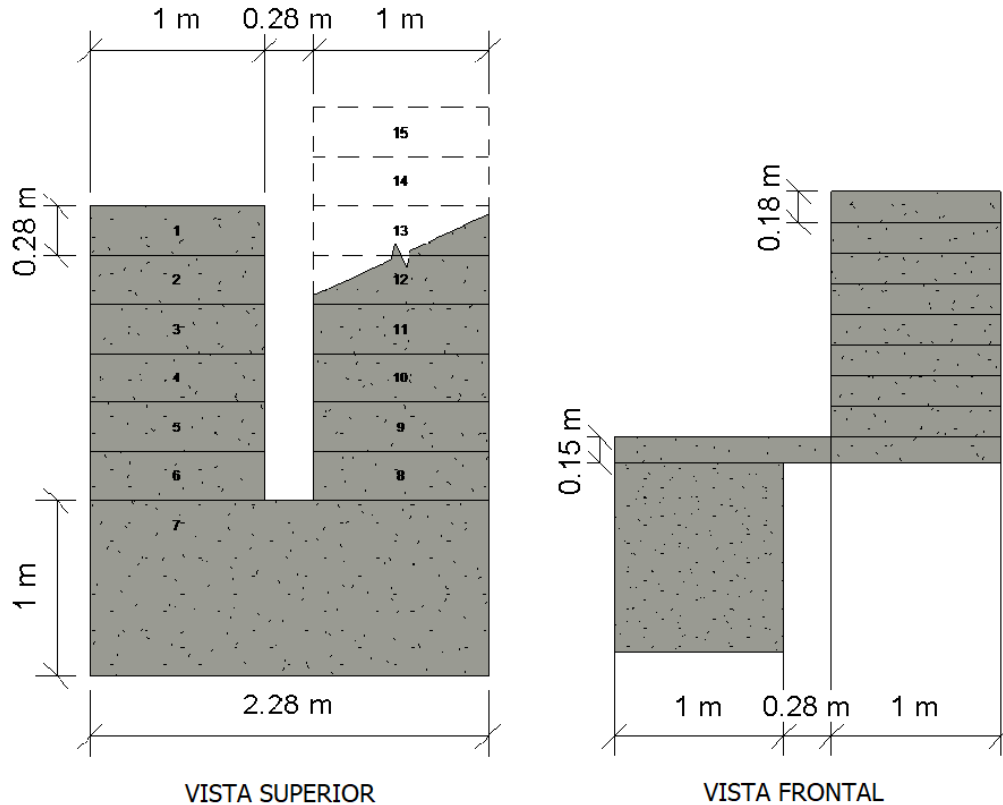


FIGURA 19. DETALLE DE DIMENSIONES DE LAS ESCALERAS.

Fuente: Elaboración propia, 2021

3.4.1.2 Descansos

Las escaleras deberán tener descansos en las aberturas de las puertas, además su dimensión no deberá ser menor al ancho de la escalera, esto se cumple en el presente modelo. Igualmente, las escaleras y descansos intermedios continúan sin reducciones en su ancho, a lo largo de la dirección del recorrido de salida.

Otras características y consideraciones que se tomaron en cuenta para el modelaje de estas escaleras y descansos son los que se indican en el Reglamento de Bomberos de Costa Rica (2020):

- Los escalones y los descansos de las escaleras deben ser sólidos y sin perforaciones.
- Los escalones y los descansos de las escaleras deben estar libres de proyecciones o bordes que puedan hacer tropezar a los usuarios.

- c. Si no son verticales, debe permitirse que las contrahuellas tengan una pendiente bajo la huella en un ángulo que no exceda los 30 grados respecto de la vertical, siempre que la proyección del borde volado del escalón no exceda 3,8 cm.
- d. La pendiente del escalón y del descanso no debe exceder en 1,2 grados o 2% (una pendiente de 1 en 48 o 2 cm/m).

3.4.2 Cerramiento

En el presente modelo se tienen aberturas no protegidas que encierran el exterior del núcleo de escaleras. Estas aberturas no protegidas corresponden a las ventanas frontales del segundo, tercer y cuarto piso (Figura 7), además de las ventanas en el espacio de sala-cocina-comedor de todos los pisos que abren hacia el patio de luz (Figura 14). Estas aberturas están a una distancia menor a 305 cm desde las escaleras, por lo que se debe construir dicha separación en paredes de mampostería que compartimenta y separa el núcleo de escaleras de las viviendas, como se muestra en la Figura 18.

Como se indica en el Reglamento de Bomberos de Costa Rica (2020), el cerramiento del núcleo de escaleras debe cumplir con lo estipulado en la norma NFPA 101 en su versión más reciente.

Esta norma indica lo siguiente:

- a. La separación debe tener una certificación de resistencia al fuego, no menor de 1 hora.
- b. Las aberturas en la separación deben estar protegidas por conjuntos de montaje de puertas resistentes al fuego equipadas con cierrapuertas.
- c. Un cerramiento de salida no debe usarse para ningún propósito que tenga el potencial de interferir en su uso como salida.
- d. Se prohíbe el uso de los espacios vacíos en el cerramiento de una escalera que forme parte de un medio de egreso seguro, para usos como ductos electromecánicos, almacenaje, áreas de limpieza, entre otros.

- e. La construcción debe extenderse verticalmente desde el suelo hasta un punto de 305 cm por encima del descanso superior de las escaleras o hasta la línea del techo, el que sea más bajo.

3.5 Desarrollo del modelo mecánico

Una vez completado el modelo digital arquitectónico-estructural en Revit, se procedió a modelar los sistemas mecánicos. Esto se logró al enlazar el modelo arquitectónico-estructural con un nuevo archivo mecánico donde se colocaron primeramente los distintos aparatos sanitarios para luego rutear o trazar las distintas tuberías mecánicas.

El modelo mecánico cuenta con cinco sistemas de tuberías:

- Suministro de agua potable
- Protección contra incendios
- Evacuación de aguas servidas (negras y jabonosas)
- Ventilación
- Evacuación de aguas pluviales

Ahora, cada sistema debe ser independiente entre sí y no deben existir conexiones cruzadas o interferencias que puedan contaminar el agua potable o la pluvial. Se exceptúan en independencia, las conexiones entre el sistema de evacuación de aguas residuales y el sistema de ventilación, que permite la liberación de gases y controlar la presión en el sistema sanitario, igual que el sistema de agua potable con el de protección de incendios con base en la normativa del Cuerpo de Bomberos de Costa Rica.

Cabe recordar también que se supuso que este proyecto de vivienda de interés social VUIS estará ubicado en áreas servidas por red de agua potable y de alcantarillado sanitario, por lo que, por esto último no se diseña un sistema de tratamiento de aguas residuales.

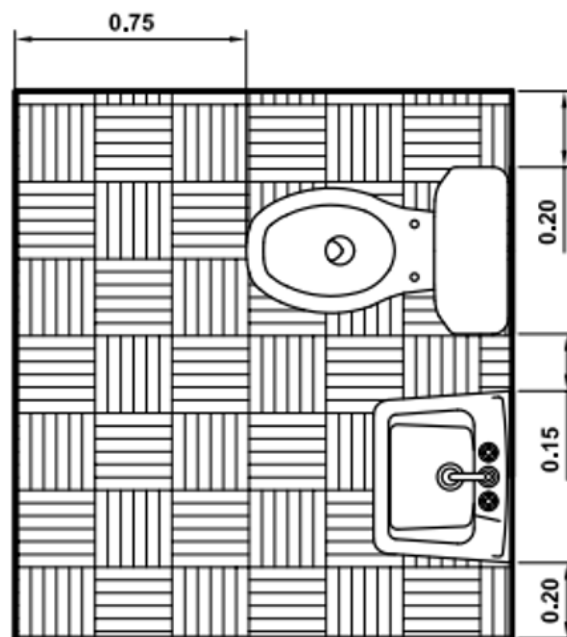
3.5.1 Piezas sanitarias

Primeramente, el CFIA en el Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias en Edificaciones CIHSE (2017) indica que toda residencia unifamiliar estará dotada de al menos un cuarto de baño con inodoro, lavatorio y ducha. Igualmente, la cocina dispondrá de un fregadero, y en un sitio aparte, se proveerá de una batea o pila para lavar ropa.

Igualmente se establece que las piezas sanitarias deberán ser construidas de materiales duros, resistentes e impermeables al mismo tiempo que las superficies deberán ser lisas y no deberán presentar ni defectos interiores ni exteriores (CFIA, 2017).

Cabe mencionar que para el presente trabajo, se ha facilitado por parte de Corrales-Vargas, las familias digitales de estos distintos elementos empleados en su modelo VUIS 3X1.

Continuando con lo estipulado en el CIHSE (2017), se indican también disposiciones en cuanto a la ubicación de las piezas sanitarias en el cuarto de baño. Estos deberán ser instalados guardando un espaciamiento tal que permita su acceso y uso adecuado. Esto se muestra en la Figura 20. Por otra parte en la Figura 21 se muestra el posicionamiento de estas piezas en el modelo digital realizado.



(Cotas en metros).

FIGURA 20. ESPACIAMIENTO MÍNIMO ENTRE PIEZAS SANITARIAS DEL CUARTO DE BAÑO.

Fuente: CFIA, 2017

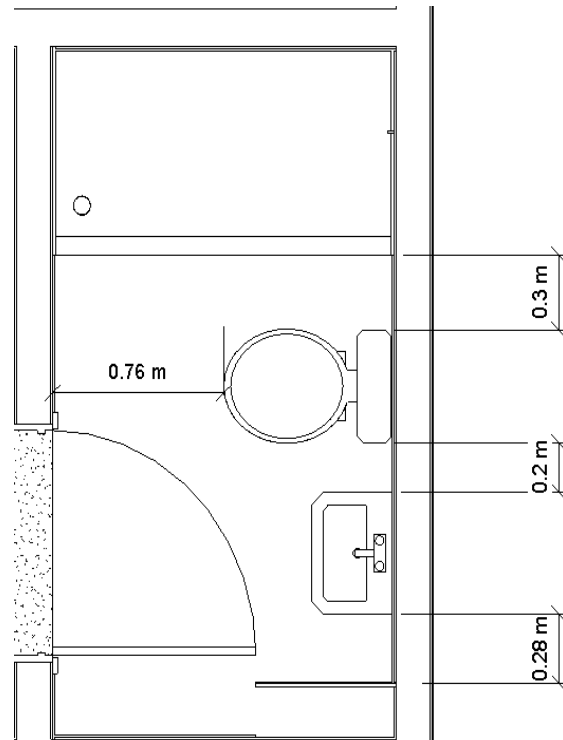


FIGURA 21. ESPACIAMIENTO ENTRE PIEZAS SANITARIAS DEL CUARTO DE BAÑO DEL MODELO.

Fuente: Elaboración propia, 2021

Por último, en el cuarto de baño se podrá contar con distintos accesorios como: pañeras, toalleras o agarraderas. Por lo tanto, se debe saber que estos estarán a una altura de 90 cm desde el nivel de piso como se indica en el Reglamento de la Ley 7600 sobre la Igualdad de Oportunidades para Personas con Discapacidad (1998). Por otra parte, los espejos deberán ser instalados a una altura máxima de su borde inferior de 80 cm.

En los siguientes apartados se indicarán algunos aspectos de interés de las piezas sanitarias del modelo según lo que se establece en el Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias en Edificaciones CIHSE (2017).

3.5.1.1 Inodoro

Estos deberán estar al menos 1 cm separados de la pared, adicionalmente deberán contar con tubería de ventilación la cual deberá ubicarse a una distancia de al menos 33 cm a 3 metros como máximo, desde la salida del inodoro. También, en el presente caso donde los inodoros del modelo descargan al piso, la distancia entre el centro del codo sanitario y el nivel del piso terminado deberá estar en el rango de 25 cm a 60 cm.

Por otro lado, la pendiente de la tubería de descarga deberá ser de 1,5% permitiendo una variación máxima de $\pm 0,5\%$, esto con el fin de lograr una correcta evacuación de los sólidos y evitar obstrucciones.

Como recomendación para un futuro ahorro de agua, la guía EDGE (2018) propone el uso de inodoros de doble descarga, donde el volumen de descarga ronda los 6 litros para descarga principal y 3 litros para la descarga reducida, en comparación con los inodoros habituales de una única descarga donde el volumen de descarga ronda los 8 litros.

3.5.1.2 Ducha

Según CIHSE (2017), estos espacios de ducha deberán cumplir los siguiente requisitos:

- a. Se ubicarán en forma tal que el agua caiga sobre un área libre.
- b. El piso deberá ser de material impermeable y antideslizante en seco y en mojado, con una pendiente mínima del dos por ciento (2%) y una máxima del cuatro por ciento (4%) hacia el desagüe. Se podrá colocar un pequeño muro o grada que impida el escurrimiento de agua a otras partes del baño. El dique o grada no será menor a cinco centímetros (5 cm) y no mayor a veintitrés centímetros (23 cm). En el caso de que no se utilice un muro o grada con el objetivo de facilitar la accesibilidad, el piso o el plato de la ducha deberá estar a ras con el piso circundante del cuarto de baño y la pendiente de los planos inclinados que se formen para facilitar el desagüe será del 2%.
- c. El desagüe estará dotado de un sifón y provisto de una rejilla removible de material inoxidable. Los orificios de la rejilla deberán ser tales que permitan evacuar rápidamente el caudal de servicio de cada ducha, sin acumular agua.
- d. Todas las aristas en el piso y esquinas de muros serán redondeadas.
- e. Los muros irán acabados con material impermeable hasta una altura mínima de un metro y medio (1,5 m).

Ahora, en el presente modelo, el agua caliente de las duchas de cada vivienda proviene de un respectivo calentador de agua instantáneo.

Por otro lado, el acabado de los muros consiste en azulejos hasta una altura de 1,5 metros, y pintura a partir de esta altura.

3.5.1.3 Pila, Fregaderos y lavamanos

El CIHSE (2017) indica que estos deberán proveerse de dispositivos adecuados que impidan el paso de sólidos al sistema de desagüe y su sifón deberá ser fácilmente registrable para su limpieza.

Además, para los lavamanos, sus dimensiones mínimas deberán ser: largo de 33 cm, ancho de 23 cm, profundidad de 13 cm. Por otro lado, los fregaderos deberán tener una profundidad no mayor a 12,5 cm y proporcionar un área lisa de mostrador como apoyo y soporte para brazos de 7,5 cm al frente, además, sus controles deberán estar ubicados a una distancia no mayor de 60 cm del borde del mostrador y ser de tipo palanca.

En cuanto a su posicionamiento vertical, se sigue lo dispuesto en la Ley 7600 (1996) donde indica que tanto pilas, fregaderos y lavamanos deberán poseer una altura máxima de 85 cm.

Como recomendación para un futuro ahorro de agua, la guía EDGE (2018) indica que se pueden emplear aireadores o reguladores de flujo, lo que permitirá una disminución del flujo de hasta 2 litros por minuto en comparación con el flujo típico de 6 litros por minuto en grifos comunes.

3.5.2 Características de las tuberías

Todas las tuberías de los sistemas, junto con sus accesorios, se modelan en policloruro de vinilo (PVC) como su material, esto debido a su extenso uso y disponibilidad en el mercado nacional, además de poseer características de interés como su alta resistencia a la corrosión, igualmente al ser un material liviano y duradero, no tóxico y que no transmite sabores ni colores al agua.

Sin embargo, el CIHSE (2017) permite emplear distintos materiales. Por ejemplo, para el sistema de agua potable se puede emplear también tuberías en hierro galvanizado, hierro negro, cobre, polietileno de alta densidad, policloruro de vinilo clorado (CPVC) o polipropileno.

Por otro lado, independientemente del material, todas las tuberías deberán ser homogéneas, con sección transversal circular de dimensiones normalizadas, de espesor uniforme y sin defectos como grietas, abolladuras o deformaciones.

Ahora, los diámetros disponibles en el modelo para este tipo de tubería en PVC usando la especificación mínima de SDR 17 son los que se muestran en el Cuadro 10.

CUADRO 10. DIÁMETROS DE TUBERÍAS DE PVC SEGÚN ASTM D-2241.

Diámetros Nominal (mm)	Diámetro Interno (mm)	Diámetro Externo (mm)
12 (SDR 13,5)	18,2	21,3
18	23,5	26,7
25	29,5	33,4
31	37,2	42,2
38	42,6	48,3
50	53,2	60,3
75	78,4	88,9
100	100,8	114,3

Fuente: Amanco, 2021

Por otro lado, el CIHSE (2017) igualmente aclara que todas las tuberías de PVC podrán estar expuestas al ambiente, siempre y cuando estén en una zona no expuesta a daño físico y debidamente protegidas de rayos ultravioletas. Para el presente modelo digital, únicamente ciertas tuberías del sistema de recolección de agua pluvial están expuestas al ambiente, mas no a daño físico, pero sí se deberán proteger con pintura contra rayos ultravioleta.

Ahora, con respecto a tuberías embebidas en mampostería, se tomaron las siguientes consideraciones indicadas en el CSCR (2010). Este indica que se debe tener presente que la separación mínima entre estas deberá ser de tres diámetros centro a centro y la tubería no deberá tener un diámetro mayor a un tercio del espesor de la pared, igualmente toda tubería deberá contar con un recubrimiento mínimo de 1 cm en todo su perímetro y estar separada de esta misma distancia de cualquier varilla de refuerzo.

3.5.3 Sistema de agua fría potable

Primeramente, cabe recordar que este modelo VUIS se ubicará en zonas con disponibilidad de servicio público de agua potable; por lo tanto, no contará con ningún otro sistema indirecto.

3.5.3.1 Presiones y gastos mínimos

Como se ha explicado, debido a que el presente trabajo corresponde a un modelo prototipo ubicado en un lote ficticio, donde no se conoce a plenitud diversos parámetros para diseño, no se realiza en el presente trabajo un análisis hidráulico de presiones, velocidades, caudales u otros. Esto será deber del futuro profesional responsable que tome este modelo digital y adaptarlo a las condiciones reales del lote donde se ubicará este proyecto VUIS.

Sin embargo, para esto se deberán tomar ciertas consideraciones indicadas en el Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias en Edificaciones (2017) que se mencionan a continuación:

Primeramente, la presión de servicio después del medidor deberá ser mayor a diez metros de columna de agua (10 mca) y la presión mínima en todos los nodos del sistema de distribución deberá permitir el funcionamiento adecuado de las piezas sanitarias correspondientes.

Además, en ningún caso la presión a la entrada de estas piezas sanitarias deberá ser menor a 2 mca, y en el caso de que la presión máxima en los puntos de alimentación de las piezas sanitarias sea mayor a 40 mca, el sistema deberá dividirse en zonas de presión, o bien, deberán instalarse válvulas reductoras de presión.

En el Cuadro 11 se indican las presiones mínimas recomendadas por el CIHSE (2017) para la correcta operación de los aparatos sanitarios presentes en el modelo.

CUADRO 11. DIÁMETROS MÍNIMOS, PRESIONES MÍNIMAS Y UNIDADES DE ACCESORIO DE APARATOS SANITARIOS DEL PRIMER PISO.

Accesorio	Diámetro mínimo^a (mm)	Presión mínima (mca)	Cantidad por piso	Unidades de accesorio^b (u.a) Uso Privado
Inodoro con tanque	12	2	1	3
Lavatorio	12	2	1	1
Ducha	12	2	1	2
Pileta	12	2	1	2
Lavadora	12	3.5	1	4
Fregadero	12	2	1	2
Llave de jardín	12	10	1	2
			Unidades de accesorio totales	16

Fuente: CFIA, 2017

Notas:

(a) Diámetro interno mínimo de tubería de alimentación. En el caso de inodoros y lavatorios, este diámetro es del ramal de alimentación hasta la llave de paso.

(b) Unidad de accesorio: unidad empírica de caudal escogida de tal manera que la demanda de agua de las piezas sanitarias pueda ser expresada como múltiplo de esta unidad que se toma como base.

3.5.3.2 Dimensionamiento de tuberías de distribución

Para un primer dimensionamiento de las tuberías de distribución para su modelaje digital en Revit, se parte únicamente de las unidades de accesorio de los aparatos sanitarios. Se recuerda que el dimensionamiento formal será parte del futuro análisis hidráulico del profesional que tome este modelo prototipo.

Primeramente, al saber la relación que existe entre la suma de las unidades de accesorio de los aparatos sanitarios que se indica en el CIHSE (2017) y el caudal máximo probable en un ramal de alimentación, es posible determinar este último.

En el Anexo 1 se muestran las ecuaciones que relacionan las unidades de accesorio con el caudal máximo probable, igualmente en el Anexo 2 se muestran valores de caudal en función de las unidades de accesorio. Por lo tanto, se tendrá un caudal máximo probable de 0,83 L/s y de 0,8 L/s para respectivamente 16 u.a (primer piso) y 15 u.a (pisos superiores, se resta 1 u.a ya que no cuentan con llave de jardín).

Por lo tanto, para ambos caudales se recomienda el uso de tuberías de 31 mm de diámetro (Corrales, F., comunicación personal 24 de noviembre, 2021). Cabe mencionar que al tener cuatro pisos, con una familia por piso, se deberán tener cuatro redes independientes de tuberías de abastecimiento de agua potable ya que se deberán tener medidores de consumo de agua individuales para cada familia, por esto no se suman las unidades de accesorio de cada piso ya que no se tendrá una única tubería que abastezca los cuatro pisos.

En la Figura 22 se muestra la vista en planta de la red de tuberías de distribución de agua potable para el primer piso. En esta, únicamente la tubería que parte desde la conexión con el sistema de abastecimiento público hasta el eje E presenta un diámetro de 31 mm, a partir de ahí se reducen los diámetros de las tuberías a 12 mm ya que estos son los diámetros de los aparatos sanitarios que alimenta según el Cuadro 11.

Por otro lado, en la Figura 23 se muestra la vista en planta de la red de tuberías de distribución de agua potable para el segundo piso, a saber que es igual para el tercer y cuarto piso.

Igualmente se tiene una tubería desde la conexión con el sistema de abastecimiento público de un diámetro de 31 mm para luego reducirse a diámetros de 12 mm como se muestra en la misma figura.

En la Figura 24 se muestra una vista en 3D del sistema de agua fría potable del modelo completo.

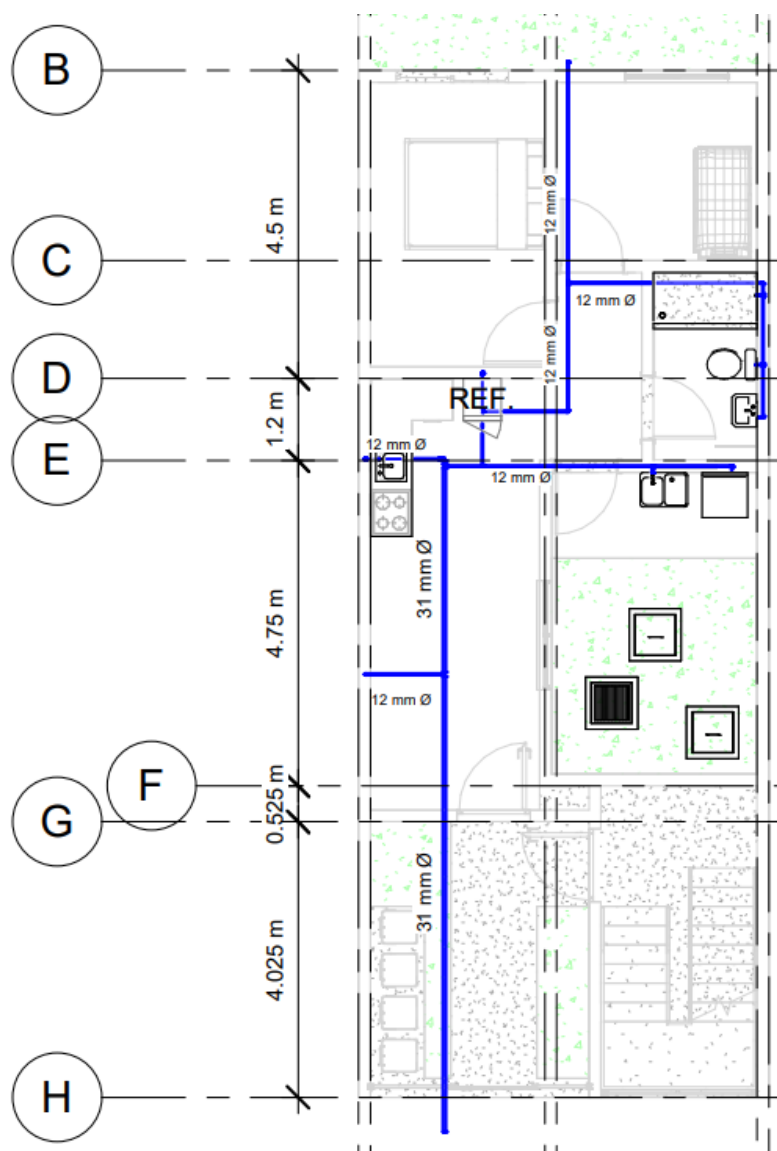


FIGURA 22. SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA EL PRIMER PISO.

Fuente: Elaboración propia, 2021

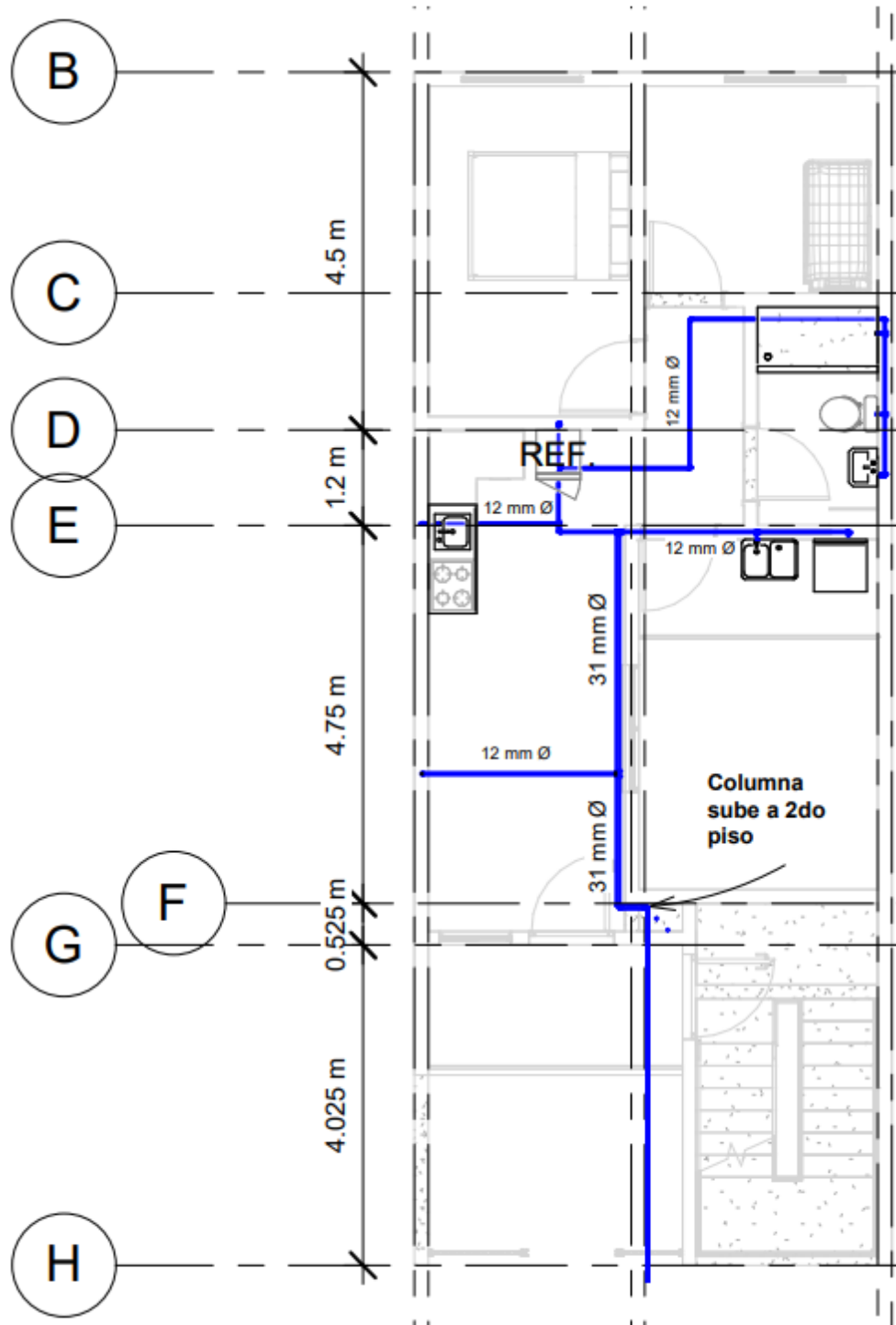


FIGURA 23. SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA EL SEGUNDO PISO.

Fuente: Elaboración propia, 2021

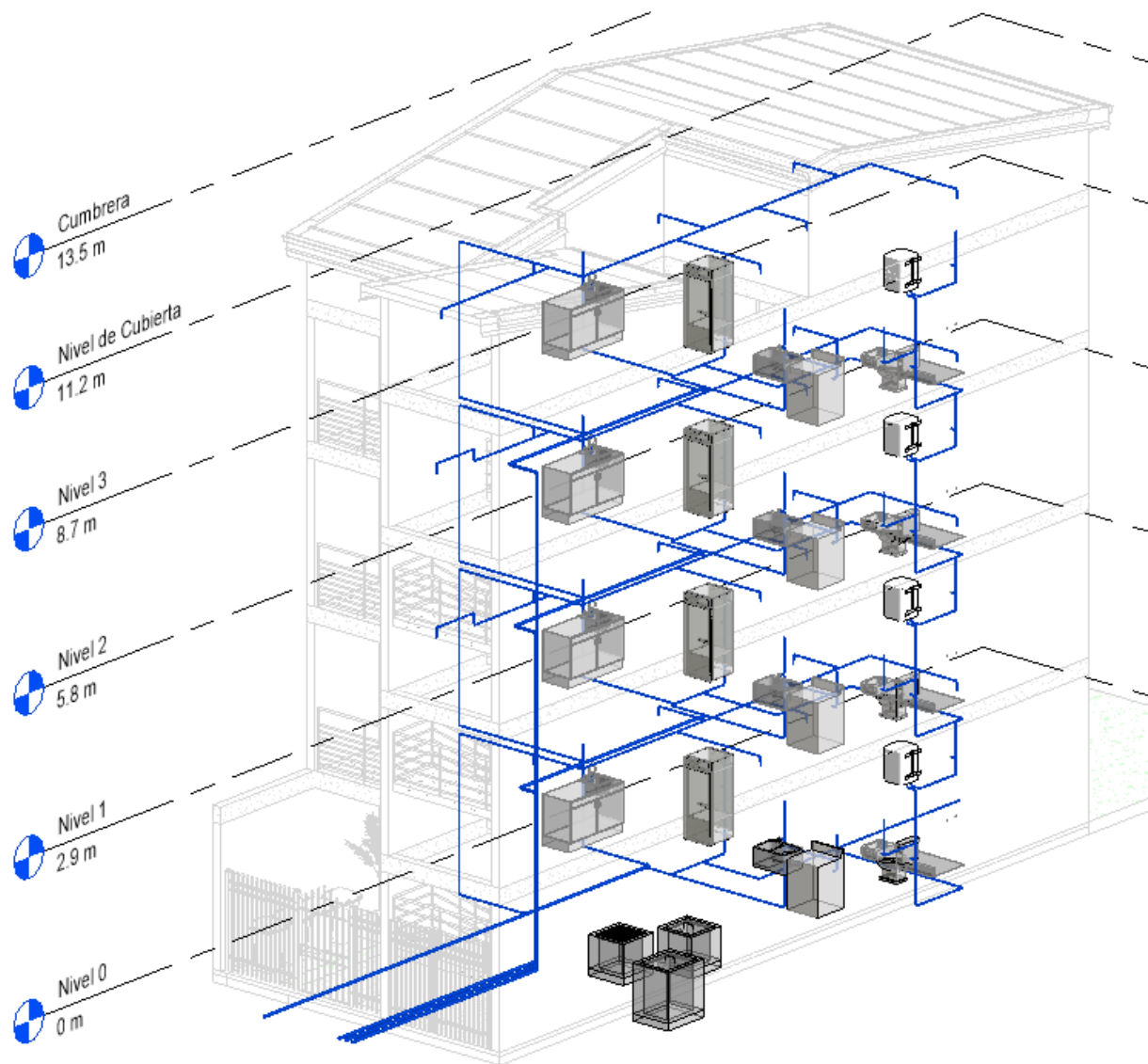


FIGURA 24. VISTA EN 3D DEL SISTEMA DE AGUA FRÍA POTABLE DEL MODELO.

Fuente: Elaboración propia, 2021

Ahora, las tuberías que abastecen de agua potable, el segundo, tercer y cuarto piso, se extienden desde la conexión con el sistema de abastecimiento público hasta las columnas de agua ubicadas en un cubículo o ducto vertical, a un costado de la sala de cada vivienda como se muestra en la Figura 23 o bien resaltado en amarillo en la Figura 25.

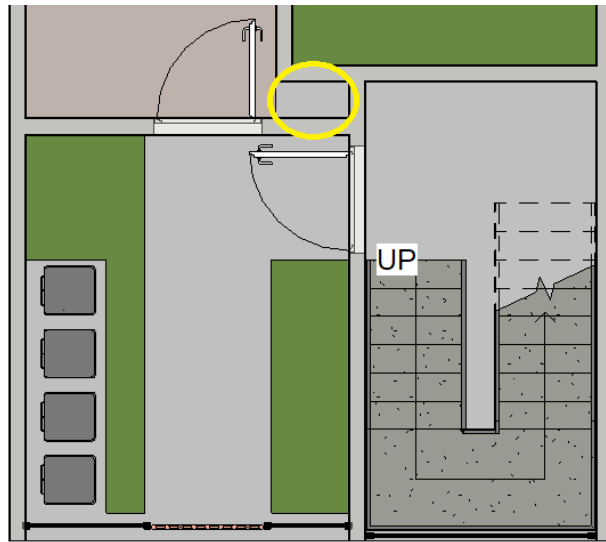


FIGURA 25. UBICACIÓN DE DUCTO PARA COLUMNAS DE AGUA POTABLE.

Fuente: Elaboración propia, 2021

En la Figura 26 se observan únicamente como las tres tuberías de agua potable, que abastecen el segundo, tercer y cuarto piso, se extienden desde la conexión con el sistema de abastecimiento público hasta dicho espacio para este ducto vertical.

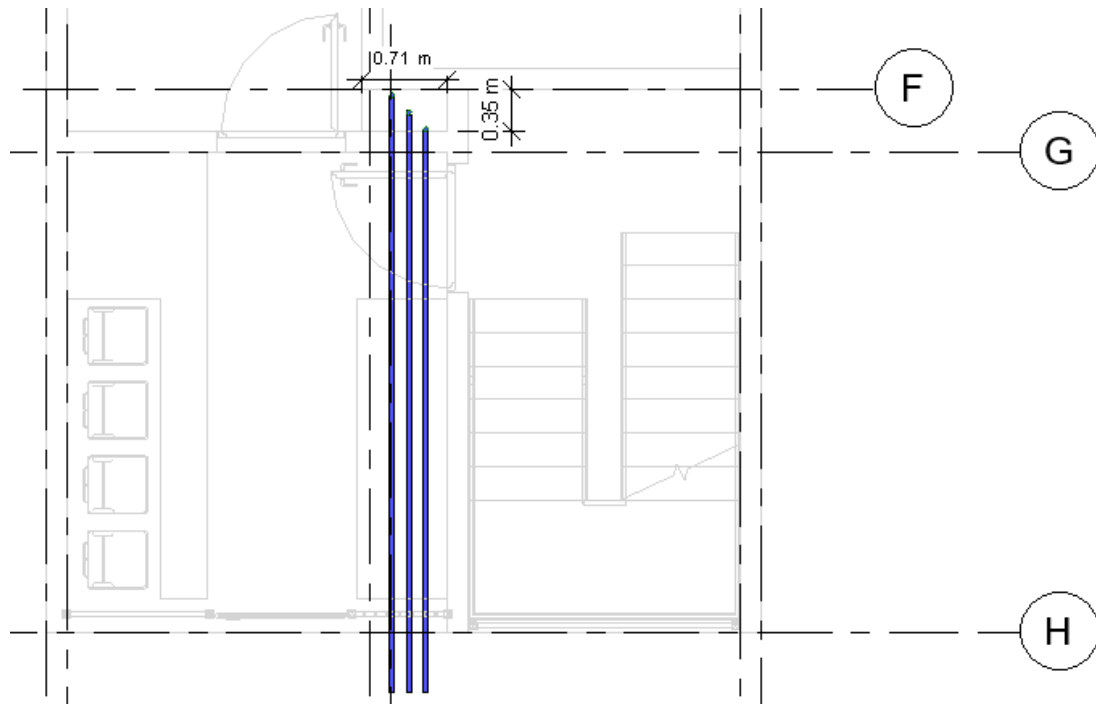


FIGURA 26. UBICACIÓN DE TUBERÍAS DE AGUA POTABLE EN DUCTO.

Fuente: Elaboración propia, 2021

Se colocan estas tuberías que suben a sus respectivos pisos en este espacio, y no en el patio de luz ya que desde esta ubicación escogida son fácilmente inspeccionables desde cada vivienda, además que están protegidas contra la intemperie.

No se ubican estas tuberías de agua potable en algún espacio vacío dentro del núcleo de escaleras, ya que el Reglamento de Bomberos de Costa Rica (2020), prohíbe emplear cualquier espacio vacío en el cerramiento de la escalera que forme parte de un medio de egreso seguro para usos como ductos electromecánicos, área de almacenaje, áreas de limpieza, entre otros.

3.5.3.3 Requisitos constructivos

Algunos requisitos que se han aplicado en el presente modelado digital son los siguientes:

Primeramente, de acuerdo con el CIHSE (2017), se deberán realizar extensiones verticales de 60 cm con finales ciegos (tajonadas), en las tuberías de alimentación de lavatorios, fregaderos y duchas. Esto con el fin de atenuar las sobrepresiones que pueda causar el golpe de ariete en estas tuberías.

Por otro lado, en cuanto a tuberías de agua potable enterradas, estas deberán estar por lo menos 25 cm por sobre tuberías de aguas residuales y al menos 1 metro de distancia en planta

de estas últimas. Igualmente, estas tuberías de agua potable deberán estar separadas al menos 30 cm entre la corona del tubo y el nivel del terreno.

3.5.4 Sistema de protección contra incendios

Para que el presente modelo VUIS 4X1 cuente con un único medio de egreso, y con esto aprovechar al máximo el espacio del lote, disminuir costos y tiempos constructivos, el Reglamento de Bomberos de Costa Rica (2020), así como la normativa Estadounidense de la NFPA, indican que es necesario incluir un sistema de rociadores automáticos contra incendios.

En la norma NFPA 101: Código de Seguridad Humana (2021) en el Capítulo 30, sección 30.2.4.6, se indica que en edificios de apartamentos nuevos deberá permitirse una única salida en edificios donde la cantidad total de pisos no excede cuatro, siempre que se cumplan todas las siguientes condiciones:

- a. Hay cuatro o menos unidades de vivienda por piso.
- b. El edificio está protegido en su totalidad mediante un sistema aprobado y supervisado de rociadores automáticos.
- c. La escalera de salida no sirva a más de medio piso por debajo del nivel de descarga de salida.
- d. La distancia de recorrido desde la puerta de entrada de cualquier unidad de vivienda hasta una salida no excede 35 pies (10,7 m).
- e. La escalera de salida está provista con un cerramiento completo o está separada del resto del edificio mediante barreras con una certificación de resistencia al fuego no menor de 1 hora.
- f. Cada abertura entre el cerramiento de la escalera de salida y el edificio están protegidas mediante conjuntos de montaje de puertas autocerrantes con una certificación de resistencia al fuego no menor de 1 hora.

- g. Todos los corredores que sirven como acceso a las salidas tienen una certificación de resistencia al fuego no menor de 1 hora.
- h. Entre las unidades de vivienda se provee una separación horizontal y vertical con una certificación de resistencia al fuego no menor de ½ hora.

Además, el sistema de rociadores debe ser tal que cumpla lo estipulado en la norma NFPA 13R: Norma para la instalación de sistemas de rociadores en ocupaciones residenciales de baja altura (2022), ya que el presente modelo corresponde a una edificación que cumple lo dictado en la sección 30.3.5.1.2 de la NFPA 101 (2021): "En edificios de apartamentos de hasta cuatro pisos de altura, inclusive, que estén ubicados en edificios que no excedan 60 pies (18.3 m) de altura por encima del plano del terreno, deben permitirse los sistemas que cumplen con NFPA 13R."

A continuación se mencionan puntos de interés de la norma NFPA 13R (2022) que se tomaron en cuenta para el modelaje del sistema de rociadores automáticos para protección contra incendio del presente trabajo.

Primeramente, se entiende por rociadores automáticos a "los dispositivos de control o extinción de incendios que operan automáticamente cuando sus elementos térmicos accionados por calor son calentados a su capacidad térmica o superior, permitiendo que el agua se descargue sobre un área específica", esto como se establece en la sección 3.3.12.1 (NFPA 13R, 2022).

Ahora, los rociadores residenciales son "un tipo de rociador de respuesta rápida que tiene un elemento térmico con un índice de tiempo de respuesta de 50 o menos, y que ha sido específicamente investigado para mejorar la capacidad de supervivencia en la sala de origen del fuego, y que esté catalogado para su uso en la protección de unidades de vivienda", esto como se establece en la sección 3.3.12.3 (NFPA 13R, 2022).

Por otro lado, para el presente modelo se empleará el sistema de rociadores de tubería húmeda, que consiste en el "sistema que emplea rociadores automáticos conectados a un sistema de tuberías que contiene agua, y a un suministro de agua de modo que el agua se descargue inmediatamente desde los rociadores activados por calor producto de un incendio" (sección 3.3.13.3 NFPA 13R, 2022).

3.5.4.1 Conexión con red de tuberías de agua potable

En cuanto a requisitos del suministro de agua para el sistema de rociadores del modelo, se sigue lo estipulado en el Capítulo 9 de la NFPA 13R (2022).

En este se indica que los suministros de agua para los sistemas de rociadores deben ser uno de los siguientes o cualquier combinación de los mismos:

- a. Una conexión a una red de agua pública o privada.
- b. Una conexión que incluya una bomba contra incendios.
- c. Una conexión a un tanque de almacenamiento de agua a nivel o bajo nivel de acuerdo con NFPA 22 y llenado por una fuente aprobada.
- d. Una conexión a un tanque de presión de acuerdo con NFPA 13 y NFPA 22 y llenado por una fuente aprobada.
- e. Una conexión a un tanque de gravedad de acuerdo con NFPA 22 y llenado por una fuente aprobada.
- f. Una tubería forzada, un canal, un río, un lago, un estanque o un embalse.
- g. Una fuente de agua reciclada o recuperada donde el propietario del edificio (o su agente) ha analizado la fuente del agua y el proceso de tratamiento (si lo hay) al que se somete antes de estar disponible para el rociador, además que ha determinado que cualquier material, producto químico o contaminantes que el agua pueda contener, no serán perjudiciales para los componentes del sistema de rociadores.

Por lo tanto para el presente modelo, se opta por la primera opción:

- a. Una conexión a una red de agua pública.

Esta siendo una conexión directa desde cada tubería principal de abastecimiento de agua potable de cada vivienda, hasta el respectivo sistema de rociadores automáticos de cada una de estas. Esto como es permitido según la norma NFPA 13R. Ahora, como se dijo previamente,

no se cuenta con datos para análisis hidráulico por lo que no se indica en el presente trabajo si el modelo contará o no con sistema de bombeo.

3.5.4.2 Ubicación de los rociadores

En la Figura 27 se muestra la vista en planta de la red de rociadores contra incendio de la primera vivienda, se muestra además la tubería principal de abastecimiento de agua potable en donde se realiza una conexión a la izquierda con la red de tuberías del sistema de rociadores de esta vivienda. Esta conexión se puede apreciar en la Figura 28, donde se tiene una vista en 3D de únicamente el primer piso, donde se muestra solo la tubería principal de agua potable y la red de tuberías del sistema de rociadores contra incendio.

Por otro lado, en la Figura 29 se muestra la vista en planta de la red de rociadores contra incendio del segundo piso. Esta distribución es igual para el tercer y cuarto piso. Se nota, además, en esta misma figura, la conexión con la tubería principal de abastecimiento de agua potable donde esta última sube por el ducto vertical a un extremo de la sala como se ha indicado anteriormente.

Ahora, los rociadores serán de tipo colgante e instalados en el cielo raso a 2,4 metros del nivel del piso respectivo de cada vivienda. Por otro lado, como se indica en la sección 6.6 de la NFPA 13R se deberá instalar un rociador en cada pieza, estas siendo: sala-comedor, cocina, pasillo, cuarto de pilas, dormitorio principal y dormitorio secundario.

Se coloca únicamente un rociador en el centro del área de cada pieza ya que el área de cada pieza de la vivienda es menor al área máxima de cobertura de los rociadores tal como se indica en el Anexo 3.

Además, se deberán colocar rociadores en los balcones que dan acceso a las viviendas del segundo, tercer y cuarto piso ya que estos forman parte de la ruta de evacuación de estas familias (sección 6.6.5.2 NFPA 13R).

Se exime la colocación de rociador en el cuarto de baño ya que, como se indica en la sección 6.6.2 de la NFPA 13R, no se deberán instalar si el área de estos no superan los 5,1 m² (recordando que los cuartos de baño del modelo tienen un área de 4 m²).

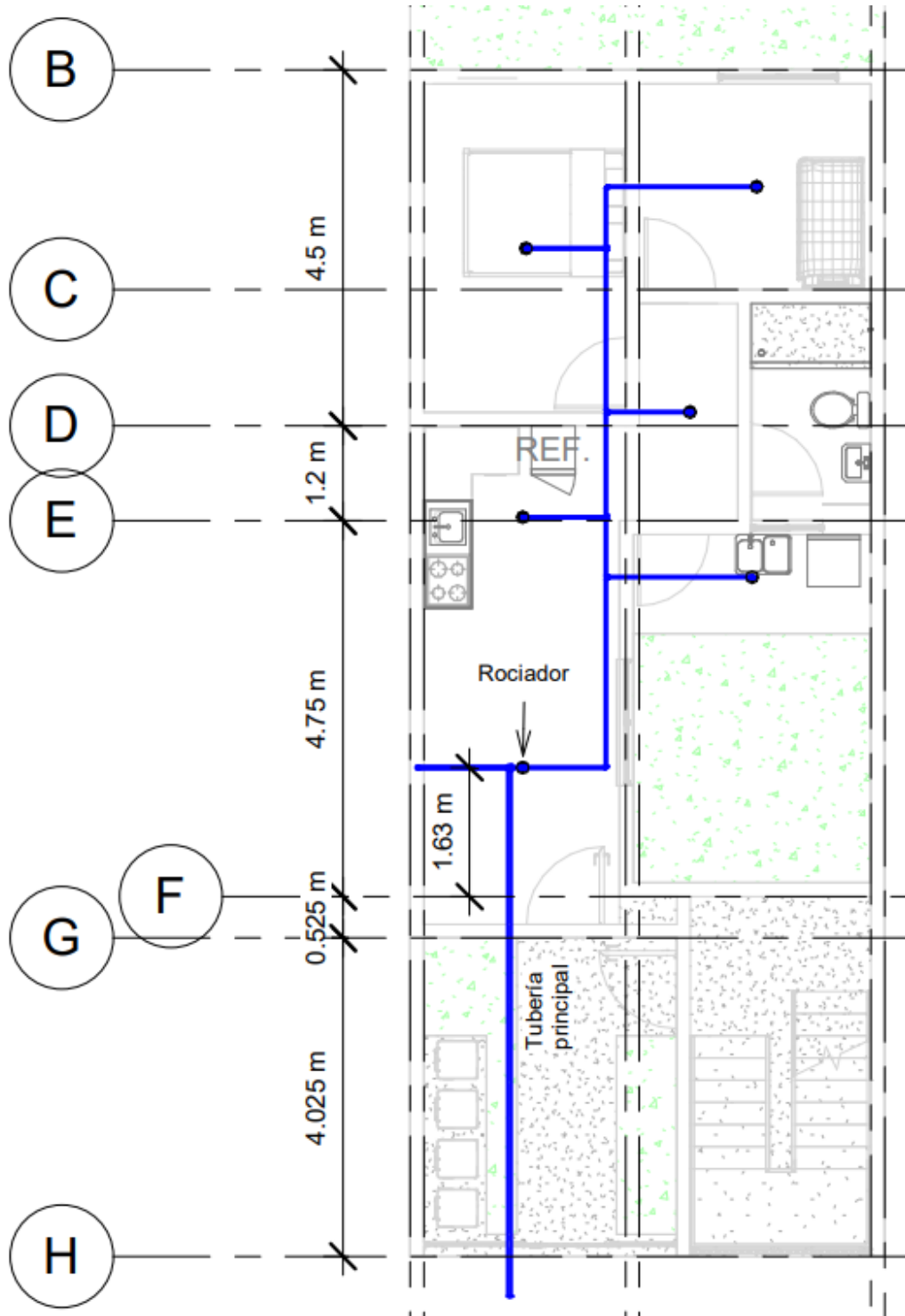


FIGURA 27. VISTA EN PLANTA DEL PRIMER PISO JUNTO CON SISTEMA DE ROCIADORES CONTRA INCENDIO.

Fuente: Elaboración propia, 2021

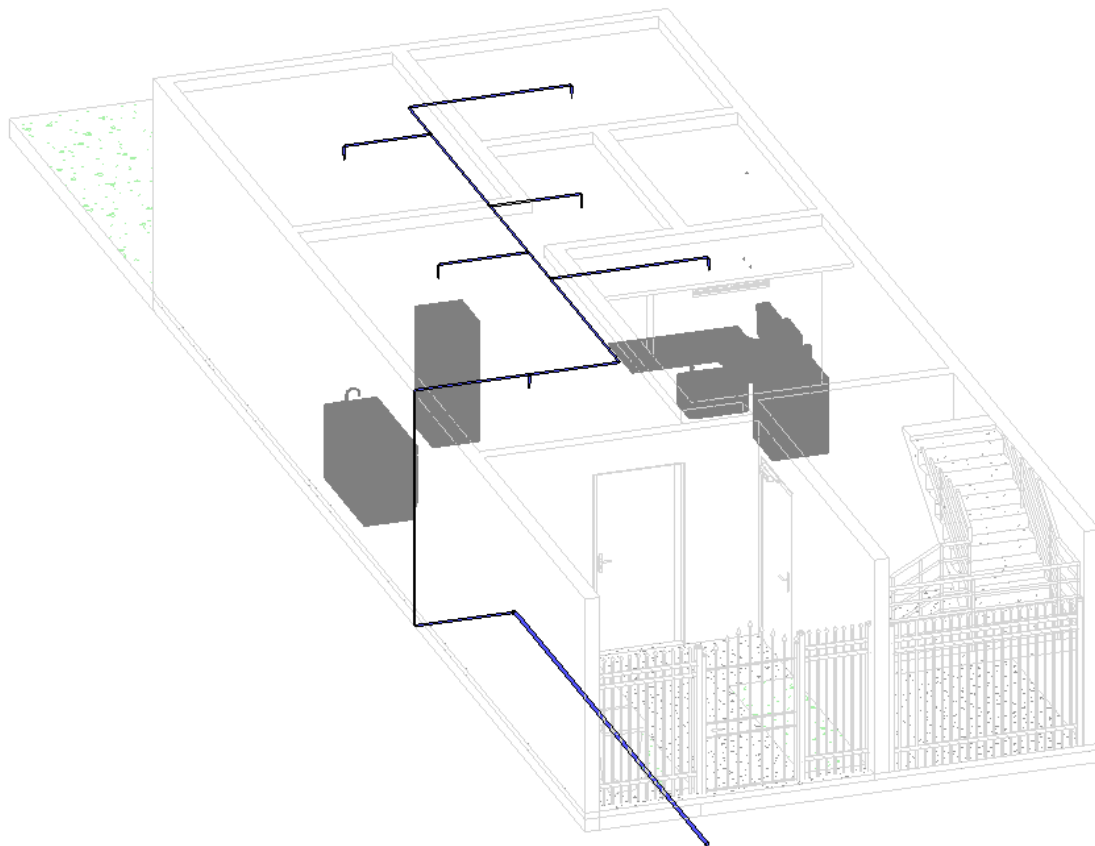


FIGURA 28. VISTA 3D DEL PRIMER PISO JUNTO CON SISTEMA DE ROCIADORES CONTRA INCENDIO.

Fuente: Elaboración propia, 2021

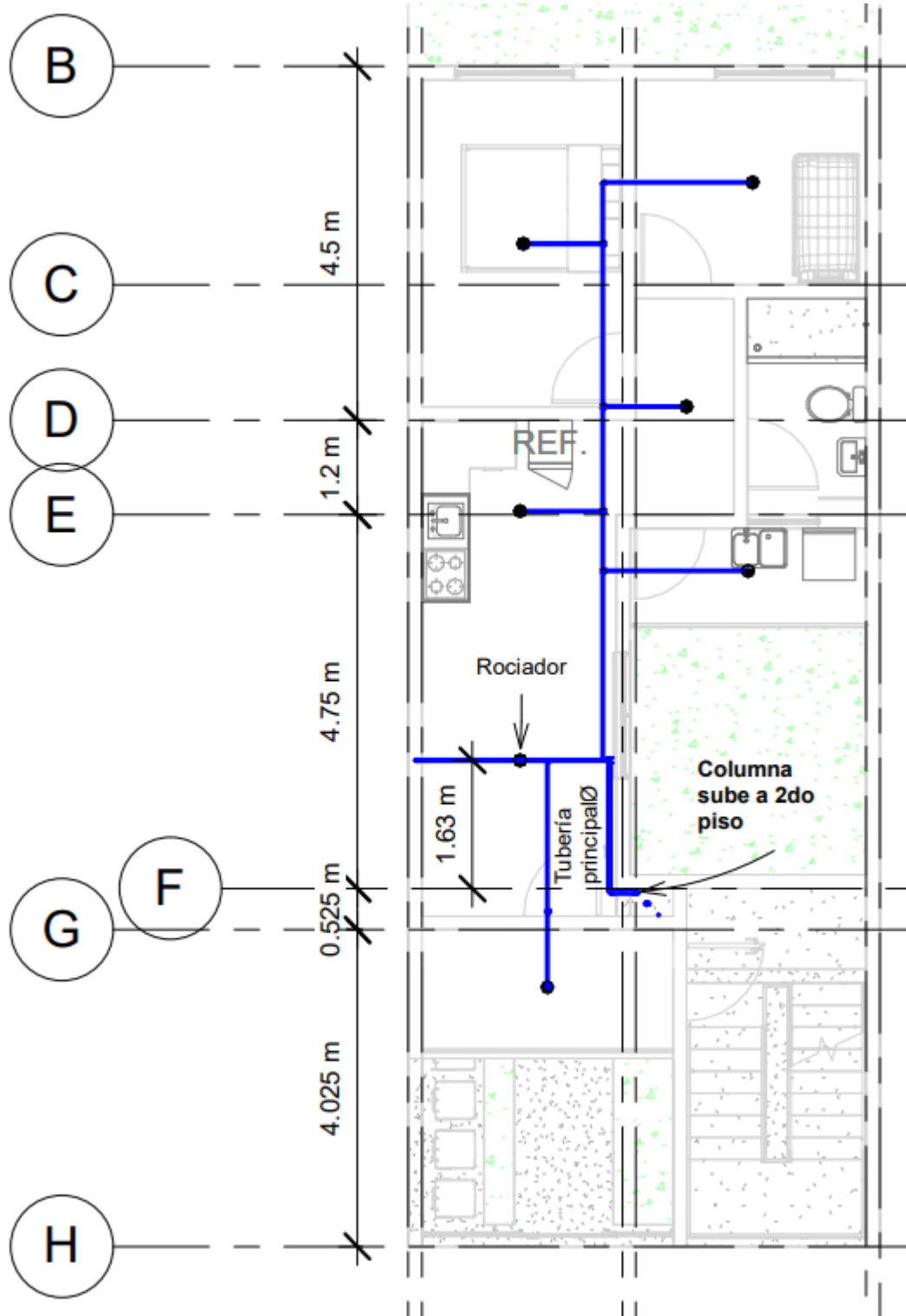


FIGURA 29. VISTA EN PLANTA DEL SEGUNDO PISO JUNTO CON SISTEMA DE ROCIADORES CONTRA INCENDIO.

Fuente: Elaboración propia, 2021

3.5.5 Sistema sanitario

3.5.5.1 Dimensionamiento de tuberías

De forma similar al sistema de agua potable, el CIHSE (2017) relaciona las dimensiones de las tuberías colectoras de aguas residuales con el caudal de descarga de cada pieza sanitaria que desagüe en los mismos.

Para esto, el CIHSE (2017) relaciona directamente las unidades de descarga en una tubería de desagüe con el diámetro mínimo requerido como se muestra en el Anexo 5 y en el Anexo 6 (para bajantes).

En el Cuadro 12 se muestran estos últimos parámetros para los aparatos sanitarios presentes en el modelo.

CUADRO 12. DIÁMETROS MÍNIMOS DE DESCARGA Y UNIDADES DE DESCARGA PARA APARATOS SANITARIOS.

Accesorio	Diámetro mínimo de descarga (mm)	Unidades de descarga (u.d) Uso Privado
Inodoro con tanque	100	3
Lavatorio	31	1
Ducha	50	2
Pileta	38	4
Lavadora	50	2
Fregadero	38	2
	Unidades de descarga TOTALES (por piso)	14

Fuente: CFIA, 2017

Por lo tanto, para el presente modelo se empleó tuberías con estos diámetros mínimos indicados; sin embargo, en la práctica dicho diámetros dependerán de cada aparato sanitario.

Ahora, se obtuvo una cantidad total de unidades de descarga de 14 por piso, por lo tanto al tener cuatro pisos, el total de unidades de descarga será de $14 \times 4 = 56$ unidades de descarga.

El CIHSE (2017), relaciona estas unidades de descarga con los diámetros para los bajantes, como se muestra en el Anexo 6.

Para un total de 56 unidades de descarga se indica un bajante de 75 mm; sin embargo, para favorecer el buen funcionamiento de las tuberías sanitarias, se decide separar las aguas negras provenientes de los inodoros con las aguas jabonosas, por lo que se tendrán dos bajantes en el área del cuarto de baño, uno de 75 mm para aguas jabonosas y otro de 100 mm para las aguas negras provenientes de los inodoros, ya que este último diámetro corresponde al diámetro mínimo para la salida de descarga de estos. Adicionalmente, se cuenta con otro bajante en el área de la cocina. Este bajante con diámetro de 38 mm (diámetro mínimo del fregadero) recolecta únicamente las aguas jabonosas de los fregaderos de los pisos superiores.

En la Figura 30, se muestra la vista en planta de la red de tuberías de aguas residuales del primer piso, donde se muestran además las tuberías que llevan las respectivas aguas hasta las cajas de registro sanitarias (estas cajas estarán enterradas y sus bordes superiores llegarán a ras del nivel de terreno). La distribución de esta red de tuberías del cuarto de baño y del fregadero de la cocina es igual para los pisos superiores.

En la Figura 31 se muestra una vista en 3D del sistema sanitario del modelo completo.

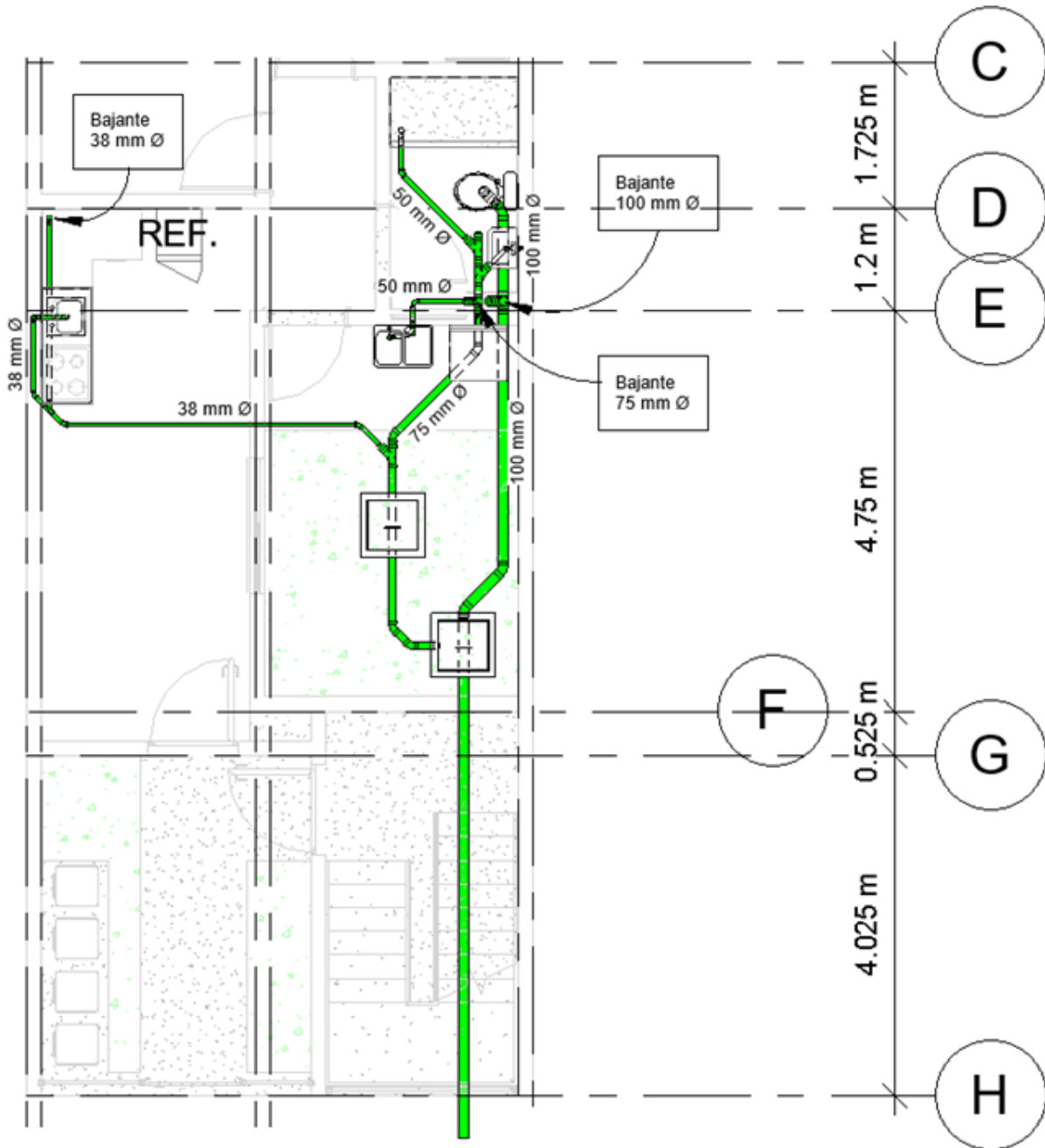


FIGURA 30. VISTA EN PLANTA DEL SISTEMA DE AGUAS RESIDUALES.

Fuente: Elaboración propia, 2021

Nota: Las cajas de registro estarán enterradas y sus bordes superiores llegarán a ras del nivel de terreno

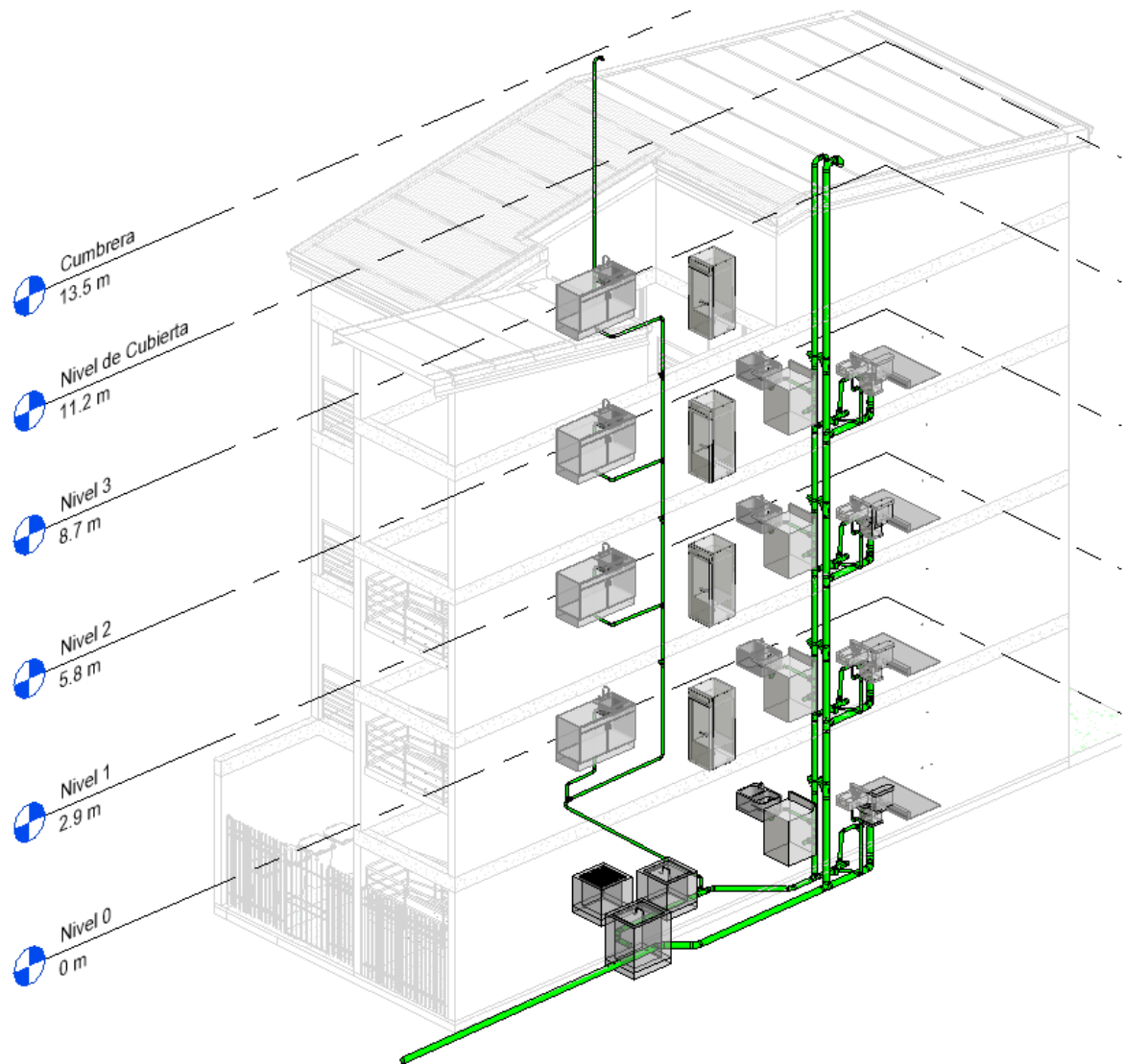


FIGURA 31. VISTA EN 3D DEL SISTEMA SANITARIO DEL MODELO.

Fuente: Elaboración propia, 2021

3.5.5.2 Requisitos constructivos

Como se indica en el CIHSE (2017), “las instalaciones sanitarias de aguas residuales deberán diseñarse y construirse de forma que permitan la rápida evacuación de los desechos, eviten obstrucciones, impidan el paso de gases y olores del sistema al interior de las edificaciones, no permitan el escape de líquidos ni formación de depósitos en el interior de las tuberías y no contaminen el agua de consumo.”

Primeramente, para cumplir con lo anterior las tuberías de este sistema sanitario deberán contar con pendientes para que los residuos sólidos escurran con facilidad, no se sedimenten y no causen obstrucciones en las tuberías. En el Cuadro 13, se presentan las pendientes mínimas que deberán tener las distintas tuberías en función de su diámetro, esto según lo que se indica en el CIHSE (2017).

CUADRO 13. PENDIENTES MÍNIMAS DE TUBERÍAS DEL SISTEMA DE AGUAS RESIDUALES EN FUNCIÓN DE SU DIÁMETRO.

Diámetro (mm)	Pendiente mínima (%)
50	2,0
75	2,0
100	1,5
150	1,0
200	1,0

Fuente: CFIA, 2017

Seguidamente, al contar con bajantes y al ser esta edificación de más de tres plantas, el CIHSE (2017) establece que se deberán colocar estos en ductos previstos para tal fin. Caso similar como con las tuberías que abastecen con agua potable para los pisos superiores como se indicó anteriormente.

Estos bajantes se ubicarán, como se muestra en la Figura 30, primeramente en un espacio dentro del cuarto de baño sobre el eje E. Esto para el bajante que recolecta las aguas negras de los inodoros y el que recolecta las aguas jabonosas de la ducha, lavatorio, pila y lavadora.

Por otro lado, en una esquina en el espacio de la cocina, en el eje D se ubicó el bajante que recolecta las aguas jabonosas provenientes de los fregaderos. Este último se decide colarlo en este espacio y no embebido en la pared de mampostería, para facilitar su acceso, inspección y para mantener la integridad estructural del muro.

Ahora, en cuanto a las tuberías colectoras que transportan las aguas hasta las cajas de registro y luego al alcantarillado general, estas irán enterradas y debidamente separadas de las tuberías para agua potable. Recordando, las tuberías para aguas servidas estarán al menos 25 cm por

debajo de las tuberías para agua potable y separadas al menos 1 metro de distancia en planta. Además, la corona de todas las tuberías estarán al menos 30 cm por debajo del nivel del terreno.

En cuanto a los ramales o tuberías que recogen las distintas aguas servidas de las piezas sanitarias para luego llegar a los bajantes, estas irán en el espacio entre cielo raso y entrepiso de los pisos correspondientes.

3.5.5.3 Sifones

El CIHSE (2017) indica que, cada aparato sanitario o accesorio conectado directamente con el sistema de desagüe de aguas residuales deberá contar con un sello de agua o sifón, para evitar la entrada de malos olores al interior de la edificación.

Además, estos se colocarán lo más cerca posible de los orificios de descarga de las piezas sanitarias correspondientes, pero a una distancia vertical no mayor a 60 cm entre el orificio de descarga y el vertedero del sifón.

3.5.5.4 Bocas de limpieza

Ahora, para darle mantenimiento a las tuberías del sistema sanitario, se deberá contar con bocas de limpieza. Estas deberán instalarse en sitios fácilmente accesibles y de forma tal que abran en dirección opuesta al flujo y formando un ángulo de 45 grados con la tubería a la cual sirven, con el fin de evitar la salida de las aguas servidas por la boca.

El CIHSE (2017) establece que estas bocas de limpieza deberán colocarse de acuerdo con lo que se indica a continuación:

- a. Cuando no haya cajas de registro, al comienzo de cada ramal horizontal de desagüe de una batería de piezas sanitarias, o en tramos horizontales en los que han descargado otros ramales.
- b. En los conductos horizontales de desagüe, cada 10 metros.
- c. Al pie de cada bajante, salvo cuando descargue en un colector recto con una caja de registro que se encuentre a no más de cinco metros del pie del bajante.

- d. En la parte inferior de los sifones de las piezas sanitarias de acuerdo a lo establecido en el artículo 7.5.6.
- e. En los conductos horizontales de desagüe, cada dos cambios de dirección (cada 180°).
- f. En bajantes, al menos cada dos pisos.
- g. Excepciones:
 - 1. La boca de limpieza se puede omitir en drenajes horizontales de menos de ciento cincuenta centímetros (1,5 m) de largo, a menos que esta línea este sirviendo a un fregadero o un mingitorio.
 - 2. En drenajes horizontales con una pendiente tal que forme un ángulo igual o mayor a 18° respecto a una línea horizontal, excepto en las tuberías que vayan hacia las trampas de grasa.

Además, se indica igualmente que en tuberías enterradas, las bocas de limpieza deberán extenderse utilizando conexiones de 45 grados, hasta terminar a ras con la pared o piso acabado, o bien se alojarán en registros de piso de dimensiones tales que permitan la remoción del tapón y la efectiva limpieza del sistema.

Para el presente modelo se coloca por lo tanto bocas de limpieza en los tres bajantes del sistema sanitario. Uno en cada piso fácilmente inspeccionable desde el ducto ubicado en el cuarto de baño, y en una esquina para los bajantes de la cocina como se indicó previamente.

No se colocan bocas de limpieza al pie de estos bajantes ya que se cuenta con una caja de registro en el patio de luz a menos de 5 metros de estos.

Por otro lado, estas bocas de limpieza serán del mismo diámetro que el de la tubería que sirven y como material serán en PVC para mantener la uniformidad con respecto a las tuberías, además estarán provistas de tapones roscados para su remoción e inspección.

3.5.5.5 Cajas de registro

Antes de la evacuación de las aguas servidas hacia el alcantarillado, las tuberías colectoras pasan por cajas de registro ubicadas en el patio de luz. Estas deberán ser construidas con

materiales impermeables, ya sea concreto o mampostería. Además, estas cajas de registro deberán contar con una tapa removible de concreto, hierro fundido o bronce.

Ahora, para conexiones de un solo ramal, el ancho mínimo de las cajas estará dado por el diámetro de la tubería mayor más 30 cm, distribuidos como 10 cm y 20 cm de separación entre el tubo y las paredes.

En las conexiones de dos ramales, el ancho mínimo de las cajas estará dado por el diámetro de la tubería mayor más 40 cm, de manera que la separación entre el tubo y las paredes sea de al menos 20 cm, estos deben entrar a la caja de registro en forma opuesta el uno del otro.

3.5.5.6 Trampas de grasa

En cuanto a las trampas de grasa o también conocidas como separadores de grasa, estas según el CIHSE (2017), no son necesarias en viviendas unifamiliares; sin embargo, es recomendable su instalación en los conductos de desagüe de los fregaderos para retener la grasa que pueda afectar el buen funcionamiento de la red de tuberías de estas aguas servidas.

Para el presente trabajo, no se modelan debido a que no es requisito según normativa nacional; sin embargo, se podrían instalar una trampa de grasa individual por vivienda y se ubicarían cada una dentro del mueble del fregadero respectivo de cada vivienda, donde cada familia tendría responsabilidad sobre estas.

3.5.6 Sistema de ventilación

El CIHSE (2017), indica que el sistema de desagüe de aguas residuales deberá contar con tuberías de ventilación que permitan una aireación adecuada y que garanticen un flujo a presión atmosférica.

En el modelo se incluyó ventilación por bajante, donde se realiza una prolongación de estos hasta atravesar el techo de la edificación y dar al aire exterior. Estos terminales se protegerán de la lluvia al tener en su extremo abierto dos codos de 90 grados. El sistema de ventilación por bajante se observa en la Figura 32, donde se aprecian las prolongaciones de los bajantes por sobre el techo de la edificación.

Además, como se indica en el CIHSE (2017), estas terminales de ventilación deberán terminar a una distancia de al menos 15 cm por encima del techo, y a una distancia de al menos 30 cm de cualquier superficie vertical.

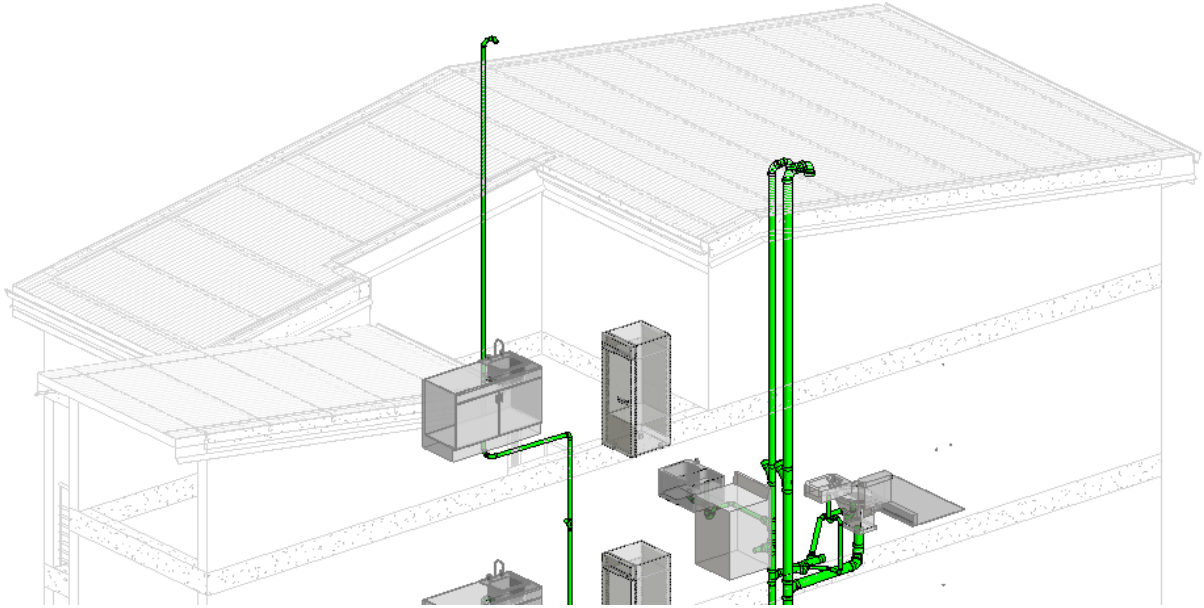


FIGURA 32. VISTA 3D DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN SANITARIA.

Fuente: Elaboración propia, 2021

3.5.7 Sistema pluvial

Como se indica en el CIHSE (2017), “las aguas de lluvia provenientes de techos, azoteas y áreas pavimentadas o impermeables de las edificaciones deberán conducirse a los sistemas públicos de recolección utilizando un sistema de recolección independiente al de las aguas residuales.”

Para las tuberías y canoas de este modelo del sistema pluvial, se utilizó el mismo material que se ha empleado para las demás tuberías, estas en PVC; sin embargo, el CIHSE (2017) permite otros materiales como lo es el hierro dúctil o bien otros materiales resistentes a la corrosión. En cuanto a las tuberías exteriores, se permite emplear PVC, siempre y cuando estas se pinten con pintura protectora a la luz solar.

Ahora, para determinar los diámetros de los bajantes de desagüe de aguas de lluvia se utiliza la regla práctica que se menciona en el CIHSE (2017), la cual consiste en que se puede utilizar 1 cm² de área transversal de bajante por cada metro cuadrado de área de techo.

En la Figura 33 se muestran las cuatro secciones que conforman la cubierta de la edificación, junto con sus respectivas áreas. Por otro lado, en el Cuadro 14 se muestran los diámetros correspondientes para los bajantes de estas secciones basándose en la regla práctica del CIHSE (2017).

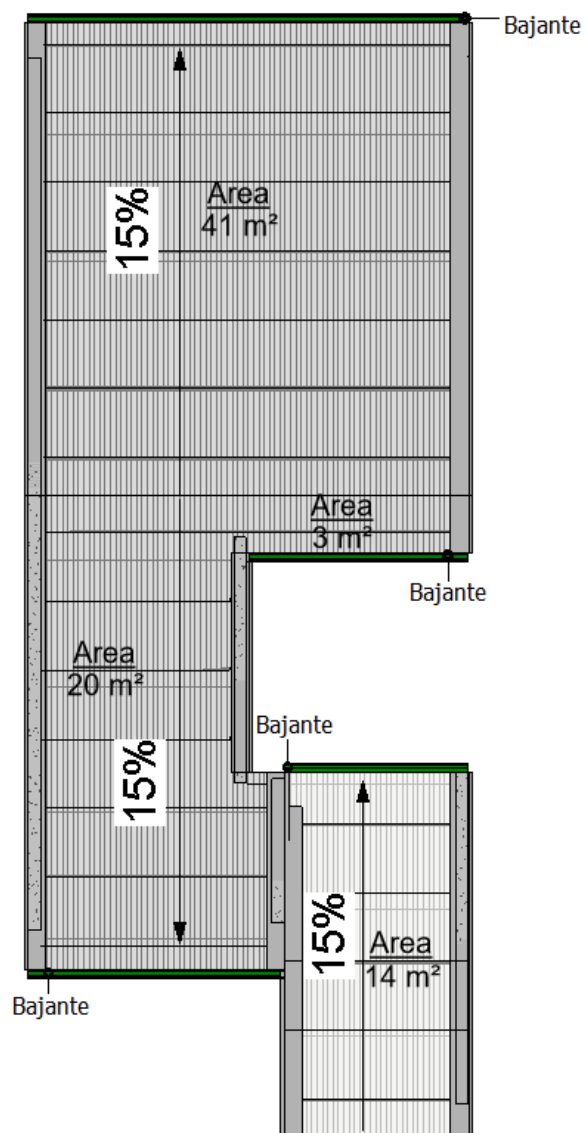


FIGURA 33. SECCIONES DE CUBIERTA DE TECHO CON RESPECTIVAS ÁREAS Y PENDIENTES.

Fuente: Elaboración propia, 2021

CUADRO 14. DIÁMETRO DE LOS BAJANTES PLUVIALES DE ACUERDO CON EL ÁREA DE LA SECCIÓN DE LA CUBIERTA.

Área de sección de cubierta (m²)	Área del bajante (cm²)	Diámetro teórico del bajante (mm)	Diámetro comercial seleccionado (mm)
41	41	72	75
3	3	19	25
20	20	50	50
14	14	42	50

Fuente: Elaboración propia, 2021

El sistema pluvial, al igual que el sistema sanitario, deberá contar con cajas de registro con tapas de rejilla metálica, y en sus bajantes deberán instalarse igualmente bocas de limpieza. En la Figura 34 se muestra el sistema pluvial.

Se notan dos principales bajantes, uno en la fachada frontal de la edificación con una boca de limpieza por piso inspeccionables desde el balcón que da acceso a las viviendas del segundo, tercer y cuarto piso. En cuanto al primer piso, se tendrá una boca de limpieza que se extiende a ras de piso.

Por otro lado, se tendrá el segundo bajante ubicado en el patio de luz que recolecta las aguas de las secciones de techo que se dirigen hacia este último espacio. Este bajante recolecta también las aguas de la sección de techo que se dirigen hacia el patio trasero de la edificación. En este bajante, igualmente se tendrán bocas de limpieza por piso fácilmente inspeccionables desde el balcón que corresponde al área de cuarto de pilas, y para el primer piso se omite la colocación de la boca de limpieza ya que se instala una caja de registro a menos de 5 metros del pie del bajante.

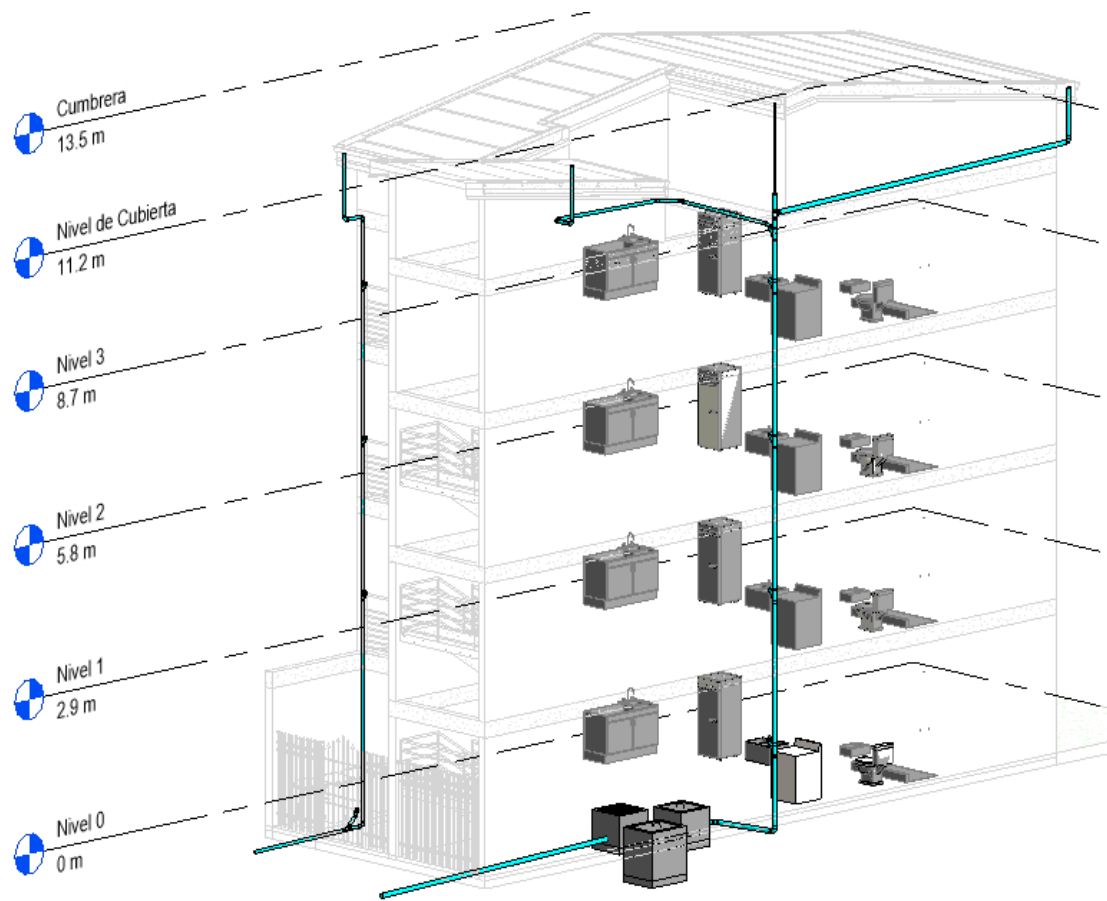


FIGURA 34. VISTA EN 3D DEL SISTEMA PLUVIAL DEL MODELO.

Fuente: Elaboración propia, 2021

3.6 Cuantificación de los elementos o materiales

A partir del modelaje digital, el software de Revit permite además realizar una cuantificación de los elementos y/o materiales que conforman dicho modelo, tanto para lo que se ha modelado para la parte arquitectónica, como la estructural y mecánica.

Toda esta información se reúne en tablas de planificación donde se desglosa en cada una alguna categoría de elementos, añadiendo además información relevante según el tipo de elemento como longitudes, volúmenes, áreas, cantidades o bien diámetros para el caso del recuento de tuberías del modelo mecánico, entre otros. Cabe mencionar también que la cuantificación se basa únicamente en lo que se ha modelado digitalmente, por lo tanto, como se eligió un nivel de detalle tal que se excluyen ciertos elementos como el acero estructural de vigas o paredes, o bien estructuras de cielo, no se podrán cuantificar estos elementos.

Los elementos que se han resumido en tablas de planificación dentro del archivo digital de Revit son los siguientes: puertas, muros, vigas, entrepisos, contrapiso, acabados, puertas, ventanas, cubiertas de techo, cielo rasos, canoas, botaguas, precintas, perfiles de acero, aparatos sanitarios, rociadores, tuberías y accesorios de tuberías.

En el Cuadro 15 se muestra de forma desglosada un resumen de costos de mayor a menor de estos elementos previamente indicados y cuantificados por el programa Revit, igualmente se incluye una columna con cantidades. Esta estimación se obtuvo según precios actuales del mercado a nivel nacional.

CUADRO 15. RESUMEN DE LOS COSTOS DE LOS ELEMENTOS DEL MODELO.

Elemento	Costo	Cantidad
Puertas (cortafuegos y madera)	∅5 696 000,00	<ul style="list-style-type: none"> • 8 puertas cortafuego • 16 puertas de madera
Aparatos sanitarios	∅4 254 560,00	<ul style="list-style-type: none"> • (Ver Anexo 7)
Paredes de Mampostería	∅4 061 220,00	<ul style="list-style-type: none"> • 7188 bloques de mampostería
Entrepisos	∅2 973 139,40	<ul style="list-style-type: none"> • Sobrelosa de concreto: 8,5 m³ • Sistema de entepiso pretensado Productos de Concreto: 170 m²
Accesorios de tuberías	∅1 943 657,00	<ul style="list-style-type: none"> • (Ver Anexo 8)
Ventanas	∅1 603 200,00	<ul style="list-style-type: none"> • 4 ventanas de 1,8m x 1,6m • 4 ventanas de 0,9m x 0,6m • 7 ventanas de 1,5m x 1,2m • 3 ventanas de 0,9m x 1,4m
Perfiles metálicos	∅1 594 900,00	<ul style="list-style-type: none"> • 13 Perfiles C 2 x 3" (50 x 70 x 1,5 mm) de 6 metros galvanizado • 24 tubos redondos 38 x 1,2 mm

CUADRO 15. RESUMEN DE LOS COSTOS DE LOS ELEMENTOS DEL MODELO (CONT.)

Tuberías	Q1 409 864,00	<ul style="list-style-type: none"> (Ver Anexo 9)
Vigas	Q1 059 490,26	<ul style="list-style-type: none"> Concreto 210 (kg/cm²): 17,4 m³
Acabados de pisos	Q1 089 264,00	<ul style="list-style-type: none"> Área de piso: 206,3 m²
Cielos rasos	Q906 000,00	<ul style="list-style-type: none"> 72 láminas de gypsum 1,22 x 2,44 metros 2 láminas gypsum para exterior 1,22 x 2,44 metros
Contrapiso	Q561 230,60	<ul style="list-style-type: none"> Base de lastre: 12,1 m³ Concreto 210 (kg/cm²): 6,03 m³
Acabados de muros	Q471 685,50	<ul style="list-style-type: none"> Revestimiento con azulejo en servicios sanitarios: 19 m² Área de paredes a pintar: 703,3 m²
Cubierta de techos	Q427 600,00	<ul style="list-style-type: none"> 24 láminas de techo onduladas galvanizada (#28) 0,33 mm x 0,81 x 3,66 m 5 láminas de policarbonato onduladas transparentes 0,8 mm x 0,81 x 3,66 m
Escaleras	Q239 808,60	<ul style="list-style-type: none"> Concreto 210 (kg/cm²): 3,93 m³
Rociadores	Q211 720,00	<ul style="list-style-type: none"> 27 rociadores automáticos residenciales
Canoas	Q127 200,00	<ul style="list-style-type: none"> 6 canoas tipo colonial en PVC blanca (3 metros)
Zacate	Q54 720,00	<ul style="list-style-type: none"> Área por sembrar: 45,6 m²
Botaguas	Q48 300,00	<ul style="list-style-type: none"> 21 botaguas galvanizados #28 de 12 pulgadas (30 cm) x 1,83 metros
Pintura techos	Q37 800,00	<ul style="list-style-type: none"> Área a pintar: 64 m²
Muros livianos	Q20 600,00	<ul style="list-style-type: none"> 2 láminas de gypsum verde RH 1,22 x 2,44 metros (12 mm)
Precintas	Q19 250,00	<ul style="list-style-type: none"> 7 precintas de plyrock de 8 mm en 20 x 244 cm
Costo Total	Q28 791 209,36	

Fuente: Elaboración propia, 2021

Ahora, para una futura declaración del presente modelo VUIS como de interés social, y al tener cuatro unidades habitacionales, se divide este último costo total obtenido de los elementos cuantificados (costos directos únicamente), entre cuatro:

$$\text{C}28\ 791\ 209,36 / 4 = \text{C}7\ 197\ 802,34$$

Por lo tanto, al dividir este último valor de C7 197 802,34 , entre el tope de interés social (que a la fecha del presente trabajo corresponde a C65 801 000) se obtiene que cada unidad habitacional del modelo VUIS representa un 10,9 % del tope de interés social.

A saber que este es un valor aproximado ya que se obtuvo de los costos de materiales modelados y no se contemplaron otros costos (mano de obra, salarios, entre otros) o costos de materiales no modelados, como es el caso del acero estructural, o bien tubería y cables eléctricos y luminaria.

4. EVALUACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD POR NORMA RESET

En cuanto al cumplimiento de la norma RESET, para una posible solicitud de dicha certificación por parte de los desarrolladores de vivienda que tomen este presente modelo digital, se han evaluado únicamente los criterios que aplican para la categoría de vivienda de interés social y para la etapa de diseño.

Recordando, la norma RESET contiene siete apartados de evaluación que abarcan diferentes criterios o requisitos en aspectos de diseño, construcción y operación de la edificación. Estos apartados se muestran en la Figura 35. Además, los criterios que aplican dependen del nivel de impacto del proyecto, ya sea de alto, mediano o bajo impacto, y la categoría de vivienda de interés social.

En el presente trabajo, los apartados que se han dejado de lado, debido a que no forman parte de la etapa de diseño de la edificación, o bien que no formaron parte del alcance del TFG, son los siguientes:

- Aspectos socioeconómicos: Debido a que en este apartado se toman en cuenta parámetros financieros y administrativos que no se abarcaron en el presente trabajo.
- Suelos y paisajismos: Ya que los criterios forman parte de la etapa constructiva de la edificación, además que varios criterios dependen de la ubicación exacta del proyecto.

- Entorno y transporte: No se evaluó ya que se necesita igualmente la ubicación exacta del proyecto.
- Optimización del uso del agua: Si bien se propicia el uso de piezas sanitarias, griferías y accesorios eficientes en el consumo de agua, no se abarca en el alcance del trabajo realizar cálculos donde se comparen consumos esperados de estas piezas sanitarias eficientes, contra modelos base de referencia.

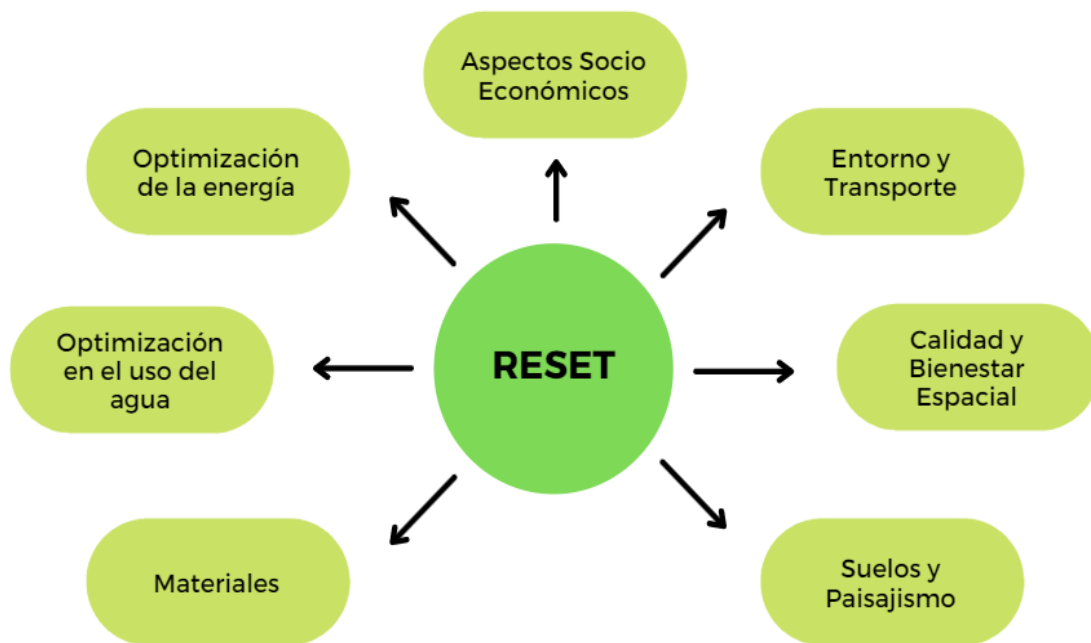


FIGURA 35. APARTADOS DE EVALUACIÓN DE NORMA RESET.

Fuente: INTECO, 2020

Los apartados que sí se evaluaron son los siguientes:

- Calidad y bienestar espacial
- Materiales
- Optimización de la energía (A saber que gran mayoría de los criterios de este apartado no se pueden evaluar, ya que estos dependen del diseño eléctrico de la edificación el cual no se realiza en el presente trabajo)

En el Cuadro 16 se indican los apartados que se han evaluado, junto con el objetivo del apartado y los criterios cumplidos en el presente modelo VUIS 4X1 para la categoría de vivienda de interés social:

CUADRO 16. APARTADOS EVALUADOS DE LA NORMA RESET EN EL PRESENTE MODELO VUIS.

Apartado evaluado	Objetivo del apartado	Criterio cumplido	Comentario
Calidad y bienestar espacial	Diseñar espacios que provean un ambiente que apoye el bienestar y la productividad de las personas dentro de la edificación, siempre acercando a los usuarios en su relación con el ambiente (INTECO, 2020).	Se diseña un espacio que permite un vínculo entre las personas y el ambiente.	En el modelo se incorporan elementos como: patios, balcones o bien espacios verdes para jardines.
		Se prevén espacios para la gestión integral de residuos.	Se cuenta con un espacio al frente de la edificación donde se prevé que se instalen basureros para separar, tratar y/o recuperar residuos.
		El diseño considera el ingreso de luz natural excluyendo la penetración directa de la luz solar.	Se cuenta con el patio de luz que brinda iluminación natural y permite no hacer uso de luz artificial durante el día cuando las condiciones climáticas lo permiten.
		Se propicia el confort mediante la ventilación natural.	Se cuenta con el patio de luz que brinda ventilación natural. Además, las ventanas están ubicadas de tal forma que generan fuentes de circulación de aire natural dentro de la vivienda.

CUADRO 16. APARTADOS EVALUADOS DE LA NORMA RESET EN EL PRESENTE MODELO VUIS (CONT.)

Materiales.	Consideración del ciclo de vida de los materiales del edificio y sus componentes (INTECO, 2020).	Se diseña de manera modular, reduciendo desperdicio.	Se ha tenido presente el diseño modular para los muros de mampostería, ventanas y puertas.
Optimización de la energía.	Uso de fuentes de energía renovable, la reducción de consumo a través de equipos eficientes y un adecuado manejo de la iluminación en el proyecto (INTECO, 2020).	Se diseñan espacios para el secado de ropa en forma pasiva.	Se cuenta con el espacio correspondiente al cuarto de pilas que limita con el patio de luz donde se permite la circulación natural de viento y ganancia de radiación solar para el secado de la ropa.

Fuente: INTECO, 2020

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.1 Conclusiones

- De acuerdo con los antecedentes, marco teórico y el análisis llevado a cabo en el presente trabajo, se prevé que el modelo de vivienda urbana, inclusiva y sostenible VUIS tiene el potencial de mejorar la oferta de vivienda adecuada y asequible hacia distintos segmentos de la población, particularmente aquellos de mayor vulnerabilidad. Igualmente, este modelo tiene el potencial de consolidar ciudades y asentamientos humanos inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles, además de contribuir con la promoción de la vivienda como un instrumento de desarrollo económico, con capacidad de generar un impacto en el proceso de recuperación, renovación y revitalización económica y social de las ciudades.

- El presente modelo prototipo VUIS 4X1 cumple satisfactoriamente con los requisitos de las normas nacionales que le aplican, y se ajusta a las características de una vivienda social vertical en áreas urbanas, por lo que un diseño de un proyecto real que se base en el presente, podrá verse beneficiado en una reducción en tiempos de diseño y aprobación de permisos de construcción.
- El concepto de modelo tipo posee potencial para sustituir los planos tipo con mucho mayor valor agregado conforme el uso de la metodología BIM se generalice en el sector construcción costarricense.
- A pesar de que la modelización en tres dimensiones puede conllevar mayor tiempo de trabajo, en comparación con un modelado tradicional únicamente en dos dimensiones, el producto tridimensional obtenido ofrece gran cantidad de ventajas como una mejor visualización del proyecto lo que puede ayudar a la detección de inconsistencias o interferencias entre elementos, lo que permite una futura reducción de costos de la construcción y reducción de tiempo de trabajo para enmendar estos errores ya que se pueden resolver previamente y en menor tiempo gracias a la metodología BIM.
- Aunque los modelos BIM ofrecen una adecuada cuantificación de los elementos, no representan un reemplazo para el presupuesto detallado de la obra ya que no se toma en cuenta otros aspectos no cuantificables de forma automática por herramientas BIM como costos de salarios, de accesibilidad al sitio del proyecto, entre otros costos. Además, dependiendo del nivel de detalle empleado en la modelización, se deberá completar la información generada ya que la cuantificación se basa únicamente en lo que se modeló digitalmente.
- En cuanto al requisito del Cuerpo de Bomberos de Costa Rica de poseer dos medios de egreso para edificaciones de cuatro niveles, este se vio exento ya que la normativa de la NFPA 101: Código de Seguridad Humana y NFPA 13R: Norma para la instalación de sistemas de rociadores en ocupaciones residenciales de baja altura, permiten que una edificación de hasta cuatro niveles, mantenga un único medio de egreso siempre y cuando se cumplan ciertos requisitos como que el edificio esté protegido en su totalidad mediante un sistema aprobado y supervisado de rociadores automáticos, o que la escalera de salida esté provista con un cerramiento completo o esté separada del resto

del edificio mediante barreras cortafuegos, entre otros. Por lo tanto, el uso de esta normativa de la NFPA se vuelve indispensable en edificaciones residenciales de hasta cuatro pisos para que estos se vean exentos en la construcción de un segundo medio de egreso.

- En proyectos de interés social como el presente, aun cuando se cuenta con un presupuesto y dimensiones limitadas, se pueden incorporar métodos constructivos y prácticas de construcción sostenible que permitan, además de sus beneficios ambientales, y de confort por parte de los usuarios, un ahorro en costos constructivos. Como lo es el caso de la construcción modular, o bien pensar en acabados que disminuyan desperdicio de materiales como el acabado en concreto pulido de los pisos, entre otros.
- No fue posible llevar a cabo una evaluación completa de la norma RESET para el presente modelo ya que no se cuenta con una ubicación y terreno en específico, sabiendo que varios apartados de la norma dependen casi por completo de estos parámetros. Sin embargo, se cumplieron gran cantidad de criterios en los apartados de Calidad y bienestar espacial, Materiales y Optimización de la energía, lo que facilitará que los desarrolladores de proyectos de vivienda, que tomen el presente modelo, puedan optar por la certificación de cumplimiento de dicha norma.

5.1.2 Recomendaciones

- Contar con un análisis estructural completo, permitirá definir o reemplazar muros estructurales en mampostería por muros no estructurales con materiales livianos, y con esto disminuyendo cargas, impacto ambiental, costos en materiales y tiempos de construcción.
- Del mismo modo, contar con un análisis hidráulico completo permitirá conocer con exactitud las dimensiones de las tuberías de los distintos sistemas mecánicos. Igualmente se podrá definir si se necesitará o no equipo de bombeo para el abastecimiento de agua potable para la edificación lo que se verá reflejado principalmente en el costo final del proyecto y en el mantenimiento de este.

- Contar con un diseño eléctrico permitirá definir cantidades de equipos, tubería, accesorios y cableado que se verá igualmente reflejado en el costo final del proyecto.
- Se recomienda ubicar el cableado eléctrico de cada vivienda en el respectivo espacio previsto para dicho fin entre cielo raso y entrepiso. Además, para los pisos superiores, se podrá optar por pasar la canalización vertical a través de las paredes o bien ubicar un ducto vertical para dicho fin similar al ducto vertical para abastecimiento de agua potable, en apego a reglamentos y códigos vigentes en el país como lo son el Reglamento de Oficialización del Código Eléctrico de Costa Rica para la Seguridad de la Vida y la Propiedad, o la Norma Técnica de Instalación y Equipamiento de Acometidas Eléctricas.
- Al contar con cuatro familias en la edificación, la convivencia entre ellas deberá ser la mejor posible, por lo que se recomienda generar a futuro una guía de convivencia donde se indique cómo se dará y cómo se asumirán los costos de mantenimiento de los distintos sistemas, ya sea el de bombeo de agua potable, limpieza de canoas, techos o bien de cajas de registro.
- Elevar el nivel de detalle del modelo, ya sea modelando el acero estructural o bien los sistemas de entrepiso, permitirán conocer con exactitud las cantidades de materiales a emplear y por lo tanto estimar con mayor precisión el costo real del proyecto.
- Se pueden crear modelos separados (estructural, arquitectónico y mecánico) donde diferentes profesionales realicen cada uno, y con esto obtener un modelado con mayor nivel de detalle técnico específico de cada área, y luego gracias a la metodología BIM reunirlos en un solo modelo federado.
- Se puede pensar en adaptar el modelo a formatos libres para ampliar su alcance entre los profesionales e interesados y contribuir a la corriente que impulsa una metodología BIM de acceso libre e interoperativo.

6. FUENTES DE CONSULTA

Amanco. (2021). *Listado de precios 2021*. Recuperado de: <https://www.wavin.com/es-ni-/media/project/fluent/mexichem-wavin/wavin-corporate/nicaragua/documents/caso-de-exito-ford/amanco-listado-de-precios-2021.pdf>

American Institute of Architects. (2013). *So What is an LOD Anyway?* Recuperado de: <https://www.aiacontracts.org/articles/6469008-so-what-is-an-lod-anyway>

Asamblea Legislativa. (1968). *Ley de Planificación Urbana*. Recuperado de: http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=35669&nValor3=128924¶m2=1&strTipM=TC&lResultado=5&strSim=simp

Asamblea Legislativa. (1986). *Ley del Sistema Financiero Nacional para la Vivienda y Creación del BANHVI (Banco Hipotecario de la Vivienda)*. Recuperado de: http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=12391&nValor3=119741&strTipM=TC

Asamblea Legislativa. (1996). *Ley de Igualdad de Oportunidades para las Personas con Discapacidad N° 7600*. Recuperado de: http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=23261&nValor3=121969¶m2=1&strTipM=TC&lResultado=7&strSim=simp

Asamblea Legislativa. (1998). *Reglamento Ley de Igualdad de Oportunidades para Personas con Discapacidad N° 26831*. Recuperado de: http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=53160&nValor3=110485&strTipM=TC

Autodesk. (2018). *Revit IFC manual*. Recuperado de: https://abcdblog.typepad.com/abcd/2018/Success_Stories/IFC-Manual-2018-ENU.PDF

Autodesk. (s.f). *Manual de introducción a BIM para ingeniería civil*. Recuperado de: <https://damassets.autodesk.net/content/dam/autodesk/www/products/bim-360/autodesk-ebook-bim-getting-started-guide-infra-es.pdf>

BANHVI. (1996). *Reglamento de Operaciones del Sistema Financiero Nacional para Vivienda*. Recuperado de: http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=40634&nValor3=124620¶m2=1&strTipM=TC&IResultado=1&strSim=simp

BANHVI. (2022). *Condiciones para el bono de vivienda*. Recuperado de: https://www.banhvi.fi.cr/bono/Condiciones_bono.aspx

BANHVI. (2022). *Tope de Interés Social*. Recuperado de: https://www.banhvi.fi.cr/tope_interes_social.aspx#:~:text=Actualmente%20el%20tope%20de%20inter%C3%A9s,123%20del%20Reglamento%20de%20Operaciones.

BIM Forum. (2020). *Level of Development Specification*. Recuperado de: <https://bimforum.org/lod/>

Bomberos de Costa Rica. (2020). *Reglamento Nacional de Protección contra Incendios*. Recuperado de: <https://www.bomberos.go.cr/reglamentos-consultas/>

BuildingSmart Spanish Chapter. (s.f). *¿Qué es BIM?* Recuperado de: <https://www.buildingsmart.es/bim/>

Camacho, J. (2014). Parámetros de sostenibilidad en tipologías de vivienda de interés social. Proyecto de graduación para optar por el grado de Magister en Gestión de Recursos Naturales y Tecnologías de Producción, Área Académica Agroforestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica.

Cámara Costarricense de la Construcción. (2016). *Guía de Construcción Sostenible*. Recuperado de: <https://www.construccion.co.cr/Multimedia/Archivo/324>

Cámara Costarricense de la Construcción. (2018). *Guía de implementación BIM para las empresas*. Recuperado de: <https://www.construccion.co.cr/Multimedia/Archivo/9930>

Campos, I. (2019). Guía para la creación de un modelo de quinta dimensión (costo) del BIM en un proyecto constructivo. Proyecto de graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil, Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos de Costa Rica (2011). *Código Sísmico de Costa Rica 2010*. Cartago, Costa Rica: Editorial Tecnológica de Costa Rica.

Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos. (2016). *Construcción Sostenible*. Recuperado de: <https://revista.cfia.or.cr/wp-content/uploads/2018/03/264-1.pdf>

Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos. (2017). *Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias en Edificaciones*. San José, Costa Rica.

Corrales-Vargas, F. (2021). Diseño de un modelo BIM para vivienda de interés social vertical, en huella pequeña, y sostenible para el cantón de San José. Proyecto de graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil, Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

Gutiérrez, D. (2012). Propuesta de diseño para una vivienda sostenible. Proyecto de graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil, Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

IFC Corporación Financiera Internacional. (2018). *Guía del usuario de EDGE Versión 2.1*. Recuperado de: <https://edgebuildings.com/wp-content/uploads/2019/10/190515-EDGE-UG-Spanish.pdf>

Instituto Costarricense del Cemento y del Concreto. (2007). *Manual de construcción con bloques de concreto*. Recuperado de: <https://www.iccyc.com/sites/default/files/Publicaciones/manualbloquesconcreto.pdf>

Instituto Mixto de Ayuda Social. (1994). *Dictamen C-195-94*. Recuperado de: http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/pronunciamiento/pro_ficha.aspx?param1=PRD¶m6=1&nDictamen=1949&strTipM=T#:~:text=%22Se%20entender%C3%A1%20por%20viviendas%20de,las%20variaciones%20en%20el%20salario

Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica (INTECO). (2020). *Construcción. RESET. Requisitos para edificaciones sostenibles en el trópico*. San José, Costa Rica: INTECO

Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo. (2013). *Plan Nacional de Desarrollo Urbano para la Gran Área Metropolitana 2013*. Recuperado de: https://www.mivah.go.cr/Biblioteca_PlanGAM.shtml

Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo. (2018). *Reglamento de Construcciones*. Recuperado de: <https://www.invu.go.cr/documents/20181/33489/Reglamento+de+Construcciones>

Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo. (2022). *Bono Familiar de Vivienda (BFV)*. Recuperado de: <https://www.invu.go.cr/bono-de-vivienda>

Ministerio de Vivienda y Asentamientos Humanos (2003). *Directriz N°27 Especificaciones técnicas y lineamientos para la escogencia de tipologías arquitectónicas para la construcción de vivienda y obras de urbanización financiadas mediante la aplicación del Sistema Financiero Nacional para la Vivienda*. Recuperado de: https://www.banhvi.fi.cr/proyectos/formularios/directrices/directriz_27.pdf

Ministerio de Vivienda y Asentamientos Humanos (2014). *Política Nacional de Vivienda y Asentamientos Humanos 2013-2030 y su Plan de Acción*. Recuperado de: https://www.mivah.go.cr/Documentos/politicas_directrices_planes/PNVAH_2013-2030.pdf

Ministerio de Vivienda y Asentamientos Humanos (2018). *Compendio estadístico de vivienda 2018*. Recuperado de: https://www.mivah.go.cr/Documentos/estadisticas/compendio_estadistico/Compendio_Estadistico_2018_Informe.pdf

Ministerio de Vivienda y Asentamientos Humanos (2020). *Modelo de Vivienda Urbana Inclusiva y Sostenible – VUIS*. Recuperado de: <http://www.mivah.go.cr/Documentos/VUIS/Modelo-de-Vivienda-Urbana-Inclusiva-y-sostenible-VUIS.pdf>

Ministerio de Vivienda y Asentamientos Humanos (s.f). *Guía de diseño para proyectos*. Recuperado de: <http://www.mivah.go.cr/Documentos/VUIS/Guia-diseno-para-proyectos.pdf>

Municipalidad de San José. (2017). *Plan de Desarrollo Municipal 2017-2020*. Recuperado de: <https://www.msj.go.cr/MSJ/DatosAbiertos/Planificacin%20Institucional/Plan%20Desarrollo%20Municipal%202017-2020.pdf>

National Fire Protection Association NFPA (2021). *Life Safety Code*. Recuperado de: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=101>

National Fire Protection Association NFPA (2022). *Standard for the Installation of Sprinkler Systems in Low-Rise Residential Occupancies*. Recuperado de: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=13R>

National Fire Protection Association NFPA (2022). *Standard for the Installation of Sprinkler Systems*. Recuperado de: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=13>

Planbim. (2019). *Estándar BIM para proyectos públicos*. Recuperado de: <https://planbim.cl/estandar-bim-para-proyectos-publicos/>

Productos de Concreto. (2018). *Manual Técnico*. Recuperado de: <https://productosdeconcretocr.com/>

Salas, J. (2016). Propuesta de un sistema constructivo para vivienda social para las zonas andinas de Colombia. Proyecto de graduación para optar por el grado de Master en tecnología en la Arquitectura, Departamento de Construcciones Arquitectónicas, Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España.

Sánchez R. (2017). Aplicación de la metodología BIM (modelación de la información en la construcción) a un proyecto de interés social. Proyecto de graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Construcción, Escuela de Ingeniería en Construcción, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica.

Spain Green Building Council. (s.f). *La construcción sostenible*. Recuperado de: http://cofis.es/pdf/fys/fys13/fys13_30-33.pdf

Susunaga, J. (2014). Construcción Sostenible, una alternativa para la edificación de viviendas de interés social y prioritario. Proyecto de graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil, Escuela de Ingeniería Civil, Universidad Católica de Colombia, Bogotá, Colombia.

Villarevia, O. (2017). Estimación del consumo energético en la construcción de vivienda de clase media y una vivienda de interés social. Proyecto de graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil, Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

7. ANEXOS

Para sistemas en donde predominan los tanques de lavado	
$u.a. < 100$	$Q = 0,13 (u.a.)^{0,669}$
$1200 > u.a. > 100$	$Q = 0,0145 (u.a.) + 1,39 - 2,83 \times 10^{-6} (u.a.)^2$
Para sistemas en donde predominan los fluxómetros	
$u.a. < 150$	$Q = 0,68 (u.a.)^{0,4}$
$1200 > u.a. > 100$	$Q = 0,0122 (u.a.) + 3,37 - 2,15 \times 10^{-6} (u.a.)^2$
Para ambos sistemas	
$u.a. > 1200$	$Q = 0,121 (u.a.)^{0,676}$

ANEXO 1. ECUACIONES PARA EL CÁLCULO DE CAUDAL A PARTIR DE LAS UNIDADES DE ACCESORIO.

Fuente: CFIA, 2017

u.a	Sistemas con tanques de lavado (L/s)	Sistemas con fluxómetros (L/s)	u.a	Sistemas con tanques de lavado (L/s)	Sistemas con fluxómetros (L/s)
6	0,43	1,40	225	4,51	6,01
8	0,52	1,56	250	4,84	6,29
10	0,61	1,71	275	5,16	6,56
12	0,69	1,84	300	5,49	6,84
14	0,76	1,95	350	6,12	7,38
16	0,83	2,06	400	6,74	7,91
18	0,90	2,16	450	7,34	8,42
20	0,96	2,25	500	7,93	8,93
25	1,12	2,46	700	10,15	10,86
30	1,26	2,65	900	12,15	12,61
35	1,40	2,82	1000	13,06	13,42
40	1,53	2,97	1200	14,71	14,91
45	1,66	3,12	1500		17,10
50	1,78	3,25	1750		18,98
60	2,02	3,50	2000		20,78
70	2,23	3,72	2500		24,17
80	2,44	3,92	3000		27,34
90	2,64	4,11	4000		33,22
100	2,81	4,29	5000		38,64
120	3,09	4,62	6000		43,71
140	3,36	4,91	7000		48,52
160	3,64	5,27	8000		53,11
180	3,91	5,50	9000		57,52
200	4,18	5,72	10000		61,77

ANEXO 2. CAUDAL PROBABLE COMO FUNCIÓN DE UNIDADES DE ACCESORIO.

Fuente: CFIA, 2017

Construction Type	System Type	Maximum Protection Area		Maximum Spacing	
		ft ²	m ²	ft	m
Noncombustible unobstructed	Hydraulically calculated	225	20	15	4.6
Noncombustible unobstructed	Pipe schedule	200	18	15	4.6
Noncombustible obstructed	Hydraulically calculated	225	20	15	4.6
Noncombustible obstructed	Pipe schedule	200	18	15	4.6
Combustible unobstructed with no exposed members	Hydraulically calculated	225	20	15	4.6
Combustible unobstructed with no exposed members	Pipe schedule	200	18	15	4.6
Combustible unobstructed with exposed members 3 ft (910 mm) or more on center	Hydraulically calculated	225	20	15	4.6
Combustible unobstructed with exposed members 3 ft (910 mm) or more on center	Pipe schedule	200	18	15	4.6
Combustible unobstructed with members less than 3 ft (910 mm) on center	All	130	12	15	4.6
Combustible obstructed with exposed members 3 ft (910 mm) or more on center	All	168	16	15	4.6
Combustible obstructed with members less than 3 ft (910 mm) on center	All	130	12	15	4.6
Combustible concealed spaces in accordance with 10.2.6.1.4	All	120	11	15 parallel to the slope 10 perpendicular to the slope*	4.6 parallel to the slope 3.0 perpendicular to the slope*

*See 10.2.6.1.4.4.

ANEXO 3. ÁREAS DE PROTECCIÓN Y ESPACIAMIENTO MÁXIMO DE ROCIADORES COLGANTES Y VERTICALES ESTÁNDAR PARA OCUPACIONES DE RIESGO LIGERO SEGÚN NFPA 13.

Fuente: NFPA 13, 2022

A.4.3.2 Light hazard occupancies include occupancies having uses and conditions similar to the following:

- (1) Animal shelters
- (2) Churches
- (3) Clubs
- (4) Eaves and overhangs, if of combustible construction with no combustibles beneath
- (5) Educational
- (6) Hospitals, including animal hospitals and veterinary facilities
- (7) Institutional
- (8) Kennels
- (9) Libraries, except large stack rooms
- (10) Museums
- (11) Nursing or convalescent homes
- (12) Offices, including data processing
- (13) Residential
- (14) Restaurant seating areas
- (15) Theaters and auditoriums, excluding stages and prosceniums
- (16) Unused attics

ANEXO 4. OCUPACIONES DE RIESGO LIGERO SEGÚN NFPA 13.

Fuente: NFPA 13, 2022

Accesorio	Diámetro mínimo sifón y conducto de descarga ⁽¹⁾ (mm)	Unidades de descarga (u.d.)	
		Uso Privado	Uso Público
Tina	38	2	4
Bidé	38	1	2
Ducha	50	2	4
Fregadero doméstico	38	2	4
Fregadero Comercial	50	-	1
Inodoro con tanque	100 ⁽²⁾	3	5
Inodoro con válvula semiautomática	75	6	10
Lavatorio (uso residencial)	31	1	2
Lavatorio (uso colectivo)	38	4	-
Lavadora ⁽³⁾	50	2	2
Mingitorio corrido (por metro)	50	0.5	-
Mingitorio con válvula semiautomática de 19 mm	50	3	
Pileta de lavar	38	4 a 5	5 a 6
Lavaplatos doméstico	12	1.5	-
Fregadero (clínicas)	12	8	-
Pileta de lavar	12	2	4

Notas:

1. Diámetro interior mínimo

2. Se permitirá el uso de tuberías de setenta y cinco milímetros (0,075 m) para inodoros de seis litros (6,0 l) por descarga. También, en edificaciones en donde las dimensiones entre la loza de concreto y el cielo raso sean reducidas.

3. Para edificios donde existan áreas de lavado comunes, con baterías de tres o más lavadoras, se deberán considerar al menos seis u.d. por cada una, para el dimensionamiento de los drenajes comunes, tanto los horizontales como verticales.

5. En el caso de artefactos o equipos con flujo continuo o semicontinuo, tales como el resultado de bombas de agua residuales, lavaderos automáticos, equipos de aire acondicionado y similares, el número de unidades de descarga correspondiente se calculará a razón de una unidad de descarga por cada 0,06 litros por segundo del gasto. En caso de descarga de dichos artefactos o equipos cuyo drenaje se efectúe por bombeo, el diámetro mínimo del conducto o del ramal de desagüe que reciba tal descarga será 7,62 cm (3").

3. El receptor del drenaje indirecto deberá ser dimensionado basado en el total de la descarga del drenaje que le llega, de acuerdo con la tabla 7.4.

ANEXO 5. UNIDADES DE DESCARGA Y DIÁMETROS MÍNIMOS DE SIFONES Y CONDUCTOS DE DESCARGA DE APARATOS SANITARIOS.

Fuente: CFIA, 2017

Diámetro bajante (mm)	Bajantes de menos de tres pisos	Bajante de más de tres pisos	
		Total bajante	Total por piso
	Unidades de descarga		
31 ⁽¹⁾	2	2	1
38 ⁽¹⁾	4	8	2
50 ⁽¹⁾	10	24	6
62 ⁽¹⁾	20	42	9
75	30 ⁽³⁾	60 ⁽³⁾	16 ⁽²⁾
100	240	500	90
125	540	1100	200
150	960	1900	350
200	-	3600	600
250	-	5600	1000

Notas:

1. No se permiten inodoros.
2. No se permiten más de dos inodoros.
3. No se permiten más de seis inodoros.

ANEXO 6. CARGAS MÁXIMA PERMISIBLES PARA TUBERÍAS DE DESAGÜE VERTICALES (BAJANTES).

Fuente: CFIA, 2017

Aparato Sanitario	Precio unitario	Cantidad Total	Precio Total
Fregadero de cocina	Ø32 500,00	4	Ø130 000,00
Lavabo	Ø18 800,00	4	Ø75 200,00
Refrigerador	Ø328 000,00	4	Ø1 312 000,00
Lavadora	Ø160 000,00	4	Ø640 000,00
Cocina	Ø165 000,00	4	Ø660 000,00
Ducha	Ø41 600,00	4	Ø166 400,00
Inodoro	Ø100 000,00	4	Ø400 000,00
Pila dos bateas	Ø17 495,00	4	Ø69 980,00
Calentador agua instantáneo	Ø123 995,00	4	Ø495 980,00

ANEXO 7. CANTIDAD Y PRECIO DE APARATOS SANITARIOS DEL MODELO.

Fuente: Elaboración propia, 2021

Codo - PVC - Serie 40			
Cantidad	Tipo	Precio unidad	Precio total
10	50 mmø-50 mmø	Ø5 356,00	Ø53 560,00
4	75 mmø-75 mmø	Ø17 602,00	Ø70 408,00
85	12 mmø-12 mmø	Ø388,00	Ø32 980,00
10	31 mmø-31 mmø	Ø2 950,00	Ø29 500,00
12	31 mmø-31 mmø	Ø1 873,00	Ø22 476,00
25	38 mmø-38 mmø	Ø3 222,00	Ø80 550,00
4	50 mmø-50 mmø	Ø4 708,00	Ø18 832,00
6	75 mmø-75 mmø	Ø11 724,00	Ø70 344,00
12	100 mmø-100 mmø	Ø20 769,00	Ø249 228,00
Reductor - PVC - Serie 40			
Cantidad	Tipo	Precio unidad	Precio total
4	75 mmø-31 mmø	Ø9 351,00	Ø37 404,00
5	75 mmø-38 mmø	Ø5 883,00	Ø29 415,00
8	75 mmø-50 mmø	Ø6 134,00	Ø49 072,00
Te sanitaria- PVC - Serie 40			
Cantidad	Tipo	Precio unidad	Precio total
11	38 mmø-38 mmø-38 mmø	Ø6 612,00	Ø72 732,00
4	50 mmø-50 mmø-50 mmø	Ø7 055,00	Ø28 220,00
31	75 mmø-75 mmø-75 mmø	Ø19 586,00	Ø607 166,00
8	100 mmø-100 mmø-100 mmø	Ø28 380,00	Ø227 040,00
72	12 mmø-12 mmø-12 mmø	Ø391,00	Ø28 152,00
8	31 mmø-31 mmø-31 mmø	Ø3 514,00	Ø28 112,00
Sifón - PVC - Serie 40			
Cantidad	Tipo	Precio unidad	Precio total
4	31 mmø-31 mmø	Ø1,350.00	Ø5,400.00
8	38 mmø-38 mmø	Ø7,011.00	Ø56,088.00
4	50 mmø-50 mmø	Ø16,405.00	Ø65,620.00
Tapón - PVC - Serie 40			
Cantidad	Tipo	Precio unidad	Precio total
29	12 mmø	Ø282,00	Ø8 178,00
4	50 mmø	Ø2 269,00	Ø9 076,00
9	75 mmø	Ø1 390,00	Ø12 510,00
4	100 mmø	Ø1 635,00	Ø6 540,00
Transición sanitaria			
Cantidad	Tipo	Precio unidad	Precio total
12	31 mmø-12 mmø	Ø1 716,00	Ø20 592,00
1	75 mmø-25 mmø	Ø11 962,00	Ø11 962,00
1	75 mmø-50 mmø	Ø12 500,00	Ø12 500,00

ANEXO 8. CANTIDADES Y PRECIOS DE ACCESORIOS DE TUBERÍAS DEL MODELO.
Fuente: Elaboración propia, 2021

Tubería SDR 17	Precio unitario (6 metros)	Longitud total de tubería (m)	Cantidad de tubería	Precio
12 mmø	Ø8 066,00	204,2	35	Ø282 310,00
31 mmø	Ø35 070,00	57,3	10	Ø350 700,00
25 mmø	Ø11 529,00	1,7	1	Ø11 529,00
50 mmø	Ø19 768,00	21,5	4	Ø79 072,00
75 mmø	Ø37 381,00	28,2	5	Ø186 905,00
31 mmø	Ø17 264,00	5,4	1	Ø17 264,00
38 mmø	Ø19 675,00	32,9	6	Ø118 050,00
50 mmø	Ø19 768,00	7	2	Ø39 536,00
75 mmø	Ø37 381,00	15,4	3	Ø112 143,00
100 mmø	Ø42 471,00	26,7	5	Ø212 355,00

ANEXO 9. CANTIDADES Y PRECIOS DE TUBERÍAS DEL MODELO.

Fuente: Elaboración propia, 2021



ANEXO 10. VISTA RENDERIZADA DE LA FACHADA FRONTAL DE LA EDIFICACIÓN.

Fuente: Elaboración propia, 2021



ANEXO 11. VISTA RENDERIZADA DE LA FACHADA TRASERA DE LA EDIFICACIÓN.

Fuente: Elaboración propia, 2021



ANEXO 12. VISTA RENDERIZADA DE COSTADO ESTE DE LA EDIFICACIÓN.

Fuente: Elaboración propia, 2021

Nota: Se han ocultado temporalmente las paredes de mampostería y vigas de concreto del costado este de la edificación.



ANEXO 13. VISTA RENDERIZADA DE LA DISTRIBUCIÓN DE LAS PIEZAS DE LA EDIFICACIÓN.

Fuente: Elaboración propia, 2021