



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Proceso de construcción de viviendas mediante técnica asistida en zona de desastres

Laura Victoria López Pérez

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Artes, Maestría en Construcción
Bogotá, Colombia
2019

Proceso de construcción de viviendas mediante técnica asistida en zona de desastres

Laura Victoria López Pérez

Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de:

Magíster en Construcción

Director:

M. Sc. Miguel Arturo Gamba Fuentes

Línea de Investigación:

Sostenibilidad

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Artes, Maestría en Construcción
Bogotá, Colombia

2019

Recordar el camino recorrido para culminar con éxito este proceso es muy grato para mí, ya que mi paso por la Universidad Nacional de Colombia —sin ser egresada de pregrado de esta institución— significó, entre muchas otras cosas, el surgimiento y la satisfacción de una gran cantidad de expectativas. Desde el primer día de este viaje (hace ya tres años), con los ojos muy abiertos, con ganas de absorber conocimiento, fui saciando muchas de mis inquietudes y generando otras nuevas y, como era de esperarse de esta Universidad, mi curiosidad fue enfocada y guiada. El proceso me abrió el apetito por la indagación y me impuso muchos retos, algunos de los cuales aún siguen vigentes. Gracias a mi paso por la maestría, no solo logré demostrarme que, como profesional, soy capaz de llegar a la meta, sino que aprendí que el trayecto es mejor y más valioso que el final. Dicho trayecto, de hecho, estuvo lleno de gratas sorpresas, de personas llenas de conocimiento y disposición para transmitirlo, de amor por la investigación y de la sensación de que en el horizonte se abre siempre un mar de inquietudes.

Laura López

Agradecimientos

Expreso mi agradecimiento a todas las personas que han estado presentes en mi formación académica, a los docentes que guiaron el proceso y, en especial, a Miguel Arturo Gamba, mi director de tesis, quien estuvo presente, fue guía fundamental para llevar a buen término esta investigación y me impulsó a alcanzar nuevos logros y metas profesionales.

Agradezco especialmente a mi familia y a la Universidad Nacional de Colombia por permitirme continuar con este camino de aprendizaje y crecimiento.

Resumen

En la Cumbre de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible (2015), los mandatarios de los países miembros revisaron y aprobaron 17 objetivos que deben cumplirse para el 2030, sin embargo, no hubo propuestas para llevarlos a cabo. Esta investigación pretende realizar un aporte significativo para el desarrollo del Objetivo n.º 11 de dicha cumbre: “Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles”. Para ello, se plantea un modelo de construcción de vivienda en zonas de desastre, con costos reducidos y en cumplimiento de las normas para la construcción sismorresistente vigentes en 2020.

La propuesta es producto de los estudios requeridos para su desarrollo, análisis de desastres naturales y su etapa de reconstrucción en Colombia y el mundo, criterios técnicos vigentes y la comparación de presupuestos de un mismo modelo de vivienda con diferentes técnicas constructivas, para proponer como resultado un proceso de construcción guiado, disminuyendo la contratación de mano de obra, para lograr la reducción del presupuesto y así lograr que su ejecución sea sustentable.

Para que la construcción de la vivienda propuesta sea sostenible se plantea un diseño el cual se puede complementar según el lugar de emplazamiento, pues se encontraran materiales y necesidades diferentes y que generarán cambios en los acabados arquitectónicos y estéticos, pero no en el diseño estructural el cual es la base de la vivienda.

La propuesta, en términos generales, consiste en planear la autoconstrucción de una vivienda para un núcleo familiar de 4 integrantes y llegar a convertir el proceso en una construcción asistida y controlada, manteniéndose dentro del presupuesto de 25 salarios mínimos mlv.

Palabras clave: desarrollo sostenible, autoconstrucción, desastres naturales, construcción controlada, construcción asistida.

Abstract (falta traducir)

At the United Nations Summit on Sustainable Development (2015), the leaders of the member countries reviewed and approved seventeen goals to be achieved by 2030, however, there were no proposals to carry them out. This research aims to make a significant contribution to the development of Goal 11 of that summit: "Make cities and human settlements inclusive, safe, resilient and sustainable". To this end, it proposes a model for housing construction in disaster areas, with reduced costs and in compliance with the standards for earthquake-resistant construction in force in 2020.

The proposal is the result of the studies required for its development, analysis of natural disasters and its reconstruction stage in Colombia and the world, current technical criteria and the comparison of budgets of the same housing model with different construction techniques, to propose as a result a guided construction process, reducing the hiring of labor, to achieve the reduction of the budget and thus achieve its execution is sustainable.

In order for the construction of the planned house to be sustainable, a design is proposed that can be complemented according to the location, since different materials and needs will be found that will generate changes in the architectural and aesthetic finishes, but not in the structural design, which is the basis of the house.

The proposal, in general terms, consists of planning the self-construction of a house for a 4 members family and converting the process into assisted and controlled construction, keeping within the budget of twenty five minimum monthly wages in force.

Keywords: sustainable development, self-construction, natural disasters, controlled construction, assisted construction.

Contenido

	Pág.
Introducción	15
Planteamiento del problema	18
Objetivo general	21
Objetivos específicos	21
1. Marco legal	22
1.1. Generalidades a nivel mundial sobre los desastres	22
1.2. Diagnóstico de la gestión del riesgo	26
1.2 Decreto 93 de 1998.....	35
1.3 Decreto 1974 de 2013	37
1.4 Ley 388 de 1997	38
1.1. PNGRD: seguimiento y evaluación	44
2. Investigación	45
3. Análisis de desastres naturales y reconstrucción en Colombia y el mundo	47
3.1 Armero (Colombia) 1985	47
3.2 Armenia (Colombia) 1999	48
3.3 Haití 2010.....	50
3.4 Chile 2010	52
3.5 México 2017	52
4. Criterios técnicos.....	53

4.1	Normativa técnica aplicable a la construcción de viviendas	53
4.2	Generalidades y parámetros de diseño	56
5.	Estudio de muros divisorios propuestos	63
5.1	Muros no estructurales tipo gavión Invías.....	65
5.2	Muros divisorios tipo gavión esbelto	69
6.	Diseño de vivienda.....	71
6.1	Cimentación	71
6.2	Muros estructurales.....	72
6.3	Cubierta	74
6.4	Instalaciones hidráulicas.....	75
7.	Comparación de presupuestos.....	79
7.1	Construcción convencional	80
7.2	Construcción asistida de muros no estructurales tipo gavión Invías	81
8.	Análisis de alternativas.....	83
8.1	Cimentación	84
8.2	Estructura y muros.....	86
8.3	Cubierta	89
9.	Particularidades de los métodos constructivos propuestos con muros modulares esbeltos	90
9.1	Recolección, clasificación y tratamiento de escombros.....	90
9.2	Muro no estructural tipo gavión modular esbelto	91
10.	Paso a paso del proceso constructivo propuesto	93
10.1	Alistamiento del terreno	94
10.2	Replanteo de terreno y marcación de niveles	95
10.3	Excavación manual de vigas de cimentación	96
10.4	Fundida de vigas de cimentación	97
10.5	Armado de muros estructurales.....	102

10.6	Armado de muros no estructurales.....	106
10.7	Armado de Placa de cubierta o entepiso.....	108
10.8	Acabados arquitectónicos	109
11.	Conclusiones.....	110
	Referencias	136

Lista de figuras

- Figura 1-1.** Desastres climáticos y geofísicos en el periodo 1998-2017
- Figura 1-2.** Muertes ocasionadas por los desastres en números absolutos por millón de personas potencialmente expuestas (PPE) entre 2000 y 2017
- Figura 1-3.** Cantidad total de personas afectadas por los desastres en números absolutos y porcentaje de la población potencialmente expuesta (PPE) entre 2000 y 2017
- Figura 1-4.** Estrategias generales del Plan Nacional para la Prevención y Atención de Desastres
- Figura 2-1.** Estructura general de la investigación
- Figura 2-2.** Decisiones en espiral propias de la IAP
- Figura 4-1.** Zonas de amenaza sísmica aplicable a edificaciones para la NSR 10 en función de A_A y A_v .
- Figura 4-2.** Planta Arquitectónica piso 1 y 2
- Figura 4-3.** Fachada principal con un nivel y dos niveles (ampliación posterior)
- Figura 4-4.** Distribución en planta de los espacios interiores de la vivienda
- Figura 5-1.** Tipología de muros
- Figura 5-2.** Canasta de gavión
- Figura 5-3.** Apertura de malla de gavión
- Figura 5-4.** Muro de gavión invias para propuesto con altura completa
- Figura 5-5.** Muro de gavión invias para sala y alcobas
- Figura 5-6.** Muro de gavión Invias: modelo de sismo
- Figura 5-7.** Muro gavión esbelto de sala, cocina y alcobas
- Figura 5-8.** Muro gavión esbelto con perfil para baño
- Figura 5-9.** Muro gavión Varesse 100 – Giardino
- Figura 6-1.** Planta de cimentación de Viga de Amarre N+0,30
- Figura 6-2.** Planta de muros estructurales en mampostería confinada N+03,0

- Figura 6-3.** Planta cubierta para futura ampliación
- Figura 6-4.** Planta piso 2, proyectada para una futura ampliación
- Figura 6-5.** Instalaciones hidráulicas
- Figura 6-6.** Instalaciones hidráulicas Piso 2, proyectada para una futura ampliación.
- Figura 6-7.** Instalaciones sanitarias
- Figura 6-8.** Instalaciones sanitarias Piso 2, proyectada para una futura ampliación
- Figura 8-1.** Detalle corte viga de amarre en cimentación y placa de contrapiso
- Figura 8-2.** Planta de vigas de amarre en cimentación de N+0,30
- Figura 8-3.** Vista de la estructura, placas en concreto y muros en mampostería confinada
- Figura 8-4.** Planta de muros en mampostería confinada
- Figura 8-5.** Planta de cubierta.
- Figura 9-1.** Instalación de perfiles empotrados a 50 cm con separación máxima de 1, 2 m
- Figura 9-2.** Instalación de malla y llenado de módulos de 60 cm de alto
- Figura 9-3.** Amarre de tensores entre las dos caras de la malla
- Figura 9-4.** Tipos de muros no estructurales en gavión esbelto
- Figura 10-1.** Limpieza de terreno
- Figura 10-2.** Replanteo de ejes y niveles de terreno
- Figura 10-3.** Replanteo y ubicación de vigas
- Figura 10-4.** Planta de cimentación con ubicación de redes hidrosanitarias.
- Figura 10-5.** Plano viga de cimentación
- Figura 10-6.** Procedimiento de doblado de acero
- Figura 10-7.** Detalle Plano viga de cimentación
- Figura 10-8.** Foto amarre de viga de cimentación
- Figura 10-9.** Ubicación de los distanciadores del acero respecto a la parte inferior de la excavación
- Figura 10-10.** Trayecto tubería sanitaria
- Figura 10-11.** Sección de viga de cimentación

Figura 10-12. Planta con ejes estructurales y referencias

Figura 10-13. Esquema de formación del bloque portante liviano.

Figura 10-14. Vista de los muros confinados antes de fundir las columnas de confinamiento

Figura 10-15. Vista desde la parte superior de las columnas de confinamiento fundidas

Figura 10-16. Vista de la viga de confinamiento superior

Figura 10-17. La instalación de los muros tipo gavión de 12 cm

Figura 10-18. Construcción de cubierta

Figura 10-19. Pañete Muros de Gavión

Índice de Anexos

- Anexo 1.** Memoria estructural
- Anexo 2.** Presupuesto de vivienda de construcción convencional
- Anexo 3.** Presupuesto del proceso constructivo con muros de gavión esbelto
- Anexo 4.** Presupuesto del proceso constructivo con muros gavión tipo Invías
- Anexo 5.** Planos arquitectónicos
- Anexo 6.** Planos técnicos
- Anexo 7.** Planos estructurales

Índice de tablas

Tabla 1-1. Análisis de situación de riesgo para diferentes tipos de eventos naturales en Colombia

Tabla 1-2. Factores de tendencia del crecimiento del riesgo en Colombia

Tabla 1-4. Indicadores de reducción del riesgo (RR)

Tabla 1-5. Indicadores del manejo de desastres (MD)

Tabla 1-6. Indicadores de gobernabilidad y protección financiera (PF)

Tabla 4-2. Área mínima según tipo de vivienda

Tabla 4-3. Área de espacios en el interior de la vivienda

Tabla 6-1. Presupuesto de vivienda convencional

Tabla 6-2. Presupuesto construcción asistida de muros gavión Invías

Tabla 6.3. Presupuesto de construcción asistida de muros modulares esbeltos

Tabla 7-1. Comparación de presupuestos de gaviones

Introducción

Los desastres naturales son difíciles de predecir, no obstante, es posible identificar las amenazas y mitigar los riesgos. Estos eventos tienen causas naturales (fenómenos ambientales) y antrópicos (el cambio climático), y las comunidades se enfrentan a ellos, muchas veces, asumiéndolos como parte de los ciclos naturales de los diferentes ecosistemas; sin embargo, se convierten en desastres cuando alteran el funcionamiento habitual de los asentamientos.

Por otra parte, una de las problemáticas de la humanidad que más crecimiento ha tenido en el mundo es la pobreza, factor que genera el crecimiento de los asentamientos sobre lugares de alto riesgo, puesto que las personas con pocos recursos económicos construyen en zonas inestables con calidades estructurales deficientes. Esta combinación de factores aumenta el riesgo de pérdida de las viviendas en caso de un desastre natural, bien se trate de un sismo, un incendio, una inundación o un deslizamiento de tierras.

En Colombia, según un documento emitido por el Banco Mundial en 2012 (Campos *et al.*), se afirma que existe una preparación para mitigar desastres, para la cual se realizó una investigación que entregó cifras notables: “el 36 % de la población está expuesta a una amenaza sísmica alta y media, el 28 % a un alto potencial de inundación y el 31 % a una amenaza alta y media por movimientos en masa” (p. 13). Estas cifras evidencian la importancia que tiene el riesgo y la inminencia de las diferentes amenazas en nuestro país. Frente a tal panorama, se ha generado conciencia de los riesgos y se han propuesto diferentes prácticas para evitar mayores desastres, como la actualización del *Reglamento colombiano de construcción sismo resistente* (en adelante, NSR 10), documento que se modificó para mitigar el riesgo de colapso en las construcciones nuevas a partir de 2010, con su última actualización por medio del Decreto 2113 del 25 de noviembre de 2019.

La prevención, por tanto, no es un tema ajeno para los colombianos, sin embargo, es claro que está sujeto a lo impredecible, como Campos *et al.* (2012) lo aclaran: “Las amenazas de origen geológico, como los sismos y las erupciones volcánicas, pueden considerarse como

invariantes en el tiempo, mientras que la susceptibilidad a inundaciones, deslizamientos y avenidas torrenciales en amplias zonas del país ha crecido, debido a la intervención humana sobre el territorio y al consecuente deterioro ambiental” (p. 14). Es por esta razón que, con este proyecto, se busca proponer soluciones para hacer frente a los eventuales casos de reconstrucción de los asentamientos después del desastre.

Los desastres, en general, son tratados bajo un protocolo de seis etapas: prevención, mitigación, preparación (previas al desastre), respuesta (durante el desastre), rehabilitación y reconstrucción (después del desastre). Esta investigación tiene su objeto en las acciones de reconstrucción, las cuales se enfocan en buscar el retorno de la comunidad a su estado de “normalidad” después de ocurrida una calamidad o desastre natural que genere un evento que represente riesgo para una comunidad específica en Colombia.

Tras la revisión de diferentes episodios de terremoto, como los de Bantul (en Java, Indonesia), el cantón Pedernales (Ecuador) y Puerto Príncipe (Haití), se ha encontrado un factor común del posterremoto: los recursos dedicados a la reconstrucción de las condiciones iniciales de los afectados y la colaboración son precarios, de respuesta lenta y con poca atención. Pese a que generalmente son las ONG las que persisten en el proceso —bien sea con atención humanitaria o con construcción de viviendas—, es evidente la necesidad de llegar a esta etapa con respuestas más rápidas, eficaces y económicas.

En la propuesta se pretende involucrar la autoconstrucción pues históricamente ha sido determinante en los eventos en los que la comunidad interviene sus viviendas y construye sin la planificación ni el diseño propio de los especialistas. Este fenómeno no es algo reciente, ya que se han realizado diferentes ejercicios prácticos en los que la comunidad toma por sus manos la construcción. Lizarralde y Davidson (2006), por ejemplo, realizaron un estudio de la construcción espontánea y encontraron que hay una gran diversidad de factores que influyen en esta y que la colaboración del profesional no siempre es bien vista por la comunidad; al respecto afirman:

[...] infortunadamente esta participación de los profesionales fácilmente cae en el formalismo y contribuye muy poco a desestabilizar la balanza del poder en la toma de decisiones, en la

que los profesionales se aprovechan de su elocuencia y del poder que les da su habilidad para utilizar los recursos y los conocimientos técnicos. (p. 19)

Frente a tal situación, este proyecto tiene una postura de equilibrio entre el conocimiento de la comunidad y el conocimiento de los profesionales, a partir de cuya suma de fuerzas es posible generar soluciones sostenibles y de calidad.

La propuesta final de la vivienda para la etapa de reconstrucción posterior al desastre, constituye una herramienta para que las entidades puedan brindar una respuesta en menor tiempo, gracias al diseño estandarizado que puede ser implantado en diferentes zona del país por sus calidades estructurales y puede ser modificado de acuerdo a las necesidades de cada población, no siendo un modelo rígido para que los habitantes puedan mejorar según la necesidad. Es importante que la entidad implicada legalice los predios para la disposición de las viviendas y que, se involucre en la localización y disposición de las viviendas frente a futuros riesgos.

Ahora bien, el diseño estándar requiere de una capacitación para que el futuro habitante de la vivienda aporte con su mano de obra adecuadamente y reduzca los tiempos de respuesta y los costos: con la implementación de la construcción asistida a partir de lineamientos claros aplicados a un modelo preestablecido y versátil para su adaptación en los diferentes climas del país, para tener resultados más efectivos.

Cabe anotar que, para garantizar la estabilidad estructural de la vivienda, con un diseño de mampostería confinada la cual se debe mantener dentro de los parámetros de la NSR 10, los materiales con lo que se construyan los muros no estructurales y los utilizados en los acabados deben ser procurar no elevar los costos de la vivienda. Se establece que no se debe aprovechar cualquier tipo de escombros, estos deben ser seleccionados, catalogados, tratados y transformados de tal forma que el resultado sea una vivienda estable estructuralmente y digna como es derecho de todo colombiano según la constitución política de Colombia.

Planteamiento del problema

La investigación se enfoca en la creación y consolidación de un proceso constructivo basado en el concepto de autoconstrucción. La esencia de este concepto es la capacidad de la comunidad para responder a una necesidad puntual como es la construcción. Por tanto, el trabajo se fundamenta en aplicar la autoconstrucción como solución a una necesidad puntual de vivienda para un grupo familiar que se haya visto afectado por un evento de desastre natural.

Por autoconstrucción se entienden, en sentido estricto, las formas de edificación que se realizan mediante la inversión directa de trabajo por los propios usuarios de la vivienda. La autoconstrucción puede implicar el apoyo de parientes o amigos; en general se caracteriza por el empleo de fuerza de trabajo no remunerada. (Hermida y Mogrovejo, 2015, p.8).

La autoconstrucción ha sido utilizada para todo tipo de edificación y ha aportado conocimientos empíricos y soluciones a problemas propios de cada lugar en diversas poblaciones, por ejemplo, la construcción antisísmica en Chile, que se basa en soluciones domésticas para poblaciones con alto riesgo frente a este problema (Jorquera, 2015). Antecedentes como estos evidencian que el estudio de los procesos constructivos que se realizaron por personas empíricas permite llegar a nuevas propuestas basadas en el conocimiento de la arquitectura y en la capacidad de las comunidades para resolver problemas.

El ejercicio de investigación se realiza sobre un evento simulado de reconstrucción después de un desastre, en el cual se propone la reconstrucción de viviendas definitivas mediante el aprovechamiento de la variedad de materiales que se tienen a la mano. Estos materiales se deben clasificar, limpiar, restaurar y analizar —lo cual no es nuevo, ya que se trata de un proceso natural en el ser humano—, para intentar recuperar lo perdido, tal como sucedió, por ejemplo, en Java (Indonesia): “la gente decide recoger los escombros de la que era su casa, seleccionarlos y utilizarlos” (Sunokoa, Prijotomo y Noerwasito, 2016, p. 342). En esto

también se evidencia la preocupación por generar cambios sostenibles, que son posibles gracias a la reconstrucción mediante la reutilización parcial de materiales.

Además de la parte tangible, se tuvo en cuenta la importancia de valorar y rescatar el conocimiento tradicional de las comunidades sobre construcción de viviendas y de incorporar a su saber otras formas de construir. De hecho, si se le enseña a una población a construir con criterios novedosos y pertinentes, se pueden lograr efectos a largo plazo en sus integrantes, pues los beneficiados en el proceso de reconstrucción pueden transmitir a las nuevas generaciones el conocimiento adquirido. Esto permite, a su vez, el desarrollo de nuevas tecnologías y nuevos procesos para construir que sean igualmente replicados en la comunidad.

Se formula que el propietario inicie la construcción de su vivienda adoptando el proceso propuesto de 41.9 m² en su primera planta, para lo cual se le entregan planos, detalles y pasos. El emplazamiento por clima y orografía es diferente según el lugar donde se presente el eventual desastre, por esta razón el diseño arquitectónico se realizó con una estructura básica, a la que se le puedan hacer variaciones, adaptada con un programa de vivienda de condiciones mínimas para una familia, con la cobertura de sus necesidades básicas (1 baño, 1 cocina, sala comedor y dos alcobas), cada variable que presente el emplazamiento hará que se modifiquen los acabados a utilizar en la vivienda sin modificar su estructura principal.

La vivienda propuesta surge como respuesta a un evento de carácter destructivo, por lo cual se parte de un diseño estructural convencional, que cumpla con los requisitos para una vivienda con el más alto riesgo de sismo del país. De esta forma, es posible contar con la capacidad de responder adecuadamente a la ubicación que se requiera. Dado que el escenario es de posterremoto, se propone hacer muros de cerramiento a partir de los escombros que se encuentren en el lugar, los cuales se pueden recubrir con diferentes materiales, como la cal Hidratada, este es un material sostenible por su ciclo de vida para recubrir o pañetar los muros.

Visto lo anterior, vale la pena traer a colación la siguiente afirmación: “La arquitectura vernácula es, además, un repositorio de saberes locales que dan cuenta de los procesos

experimentados por las comunidades para administrar su territorio en el tiempo, constituyendo un precioso patrimonio inmaterial a rescatar” (Jorquera, 2015, p. 9). No se pretende, por tanto, borrar la memoria del lugar, sino construir sobre sus bases, incorporando nuevos conceptos.

La arquitectura y la sostenibilidad deben ser una herramienta complementaria para generar conciencia por medio de la construcción asistida en las comunidades intervenidas, así lograr efectos de disminución de impactos contaminantes, construir de forma adecuada según el lugar y llegar a un diseño apropiado. Se trata, pues, de superar la búsqueda de beneficios particulares a corto plazo que ha caracterizado, a menudo, el desarrollo tecnocientífico y, en su lugar, potenciar tecnologías básicas susceptibles de favorecer un desarrollo sostenible, sin dejar de lado la dimensión local y global de los problemas a los que nos enfrentamos.

La construcción de la vivienda que se propone está dentro de los límites establecidos legalmente: “El valor del Subsidio Familiar de Vivienda (SFV) para construcción en sitio propio o adquisición de vivienda nueva o usada será hasta por la suma de veinticinco (25) salarios mínimos mensuales legales vigentes (SMLV)” (Congreso de la República de Colombia, 2010, artículo 2 párr. x). De acuerdo con esto, se realizó un ejercicio de comparación de presupuestos, en tres procesos constructivos diferentes, para garantizar la viabilidad del sistema.

Objetivo general

Formular estrategias de intervención en la construcción de vivienda tras un desastre natural, desde el enfoque de la construcción asistida por la comunidad, generando así un proceso que permita construir la vivienda con los niveles más altos de seguridad.

Objetivos específicos

1. Analizar los beneficios económicos que implica la participación de la comunidad en el proceso de reconstrucción de la vivienda.
2. Ofrecer una alternativa viable en el proceso de construcción de vivienda partiendo del aprovechamiento de los materiales tras el desastre y otros nuevos, garantizando así, la restitución efectiva de la vivienda.
3. Evidenciar las ventajas del trabajo recíproco entre el personal profesional y la comunidad en los procesos de reconstrucción de vivienda

1. Marco legal

En el presente capítulo se exponen las generalidades y lineamientos establecidos a nivel mundial y regional como característicos de los desastres naturales, así como sus diferentes impactos y costos en cuanto a pérdidas materiales y humanas, tanto inmediatos como a mediano y largo plazo (durante la recuperación en todo sentido de la población afectada).

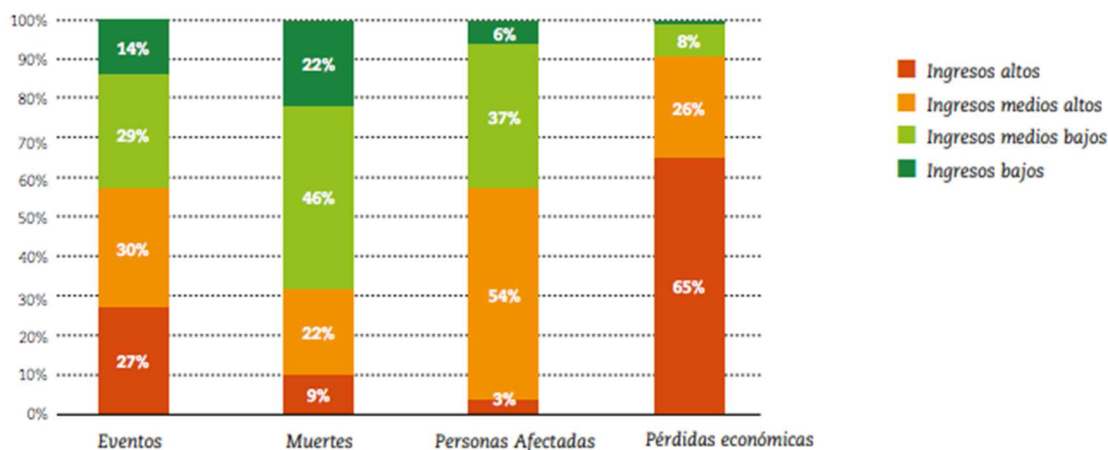
1.1. Generalidades a nivel mundial sobre los desastres

En el informe *Pérdidas económicas, pobreza y desastres 1998-2017*, publicado por la Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNISDR, 2018), se afirma que las pérdidas asociadas a desastres naturales han aumentado un 151 % entre 1998 y 2017 con respecto al periodo anterior (1978-1997), y que, además, durante el mismo periodo, fallecieron 1,3 millones de personas y 4400 millones resultaron heridas, perdieron su hogar o se vieron desplazadas.

Para este periodo, los países afectados presentaron pérdidas por 2098 billones de dólares, el 77 % de las cuales estuvo relacionado con desastres asociados al cambio climático. Anualmente se estiman pérdidas por cerca de 520.000 millones de dólares, además de que, también anualmente, los desastres llevan a la pobreza a más de 26 millones de personas, lo que afecta el desarrollo sostenible.

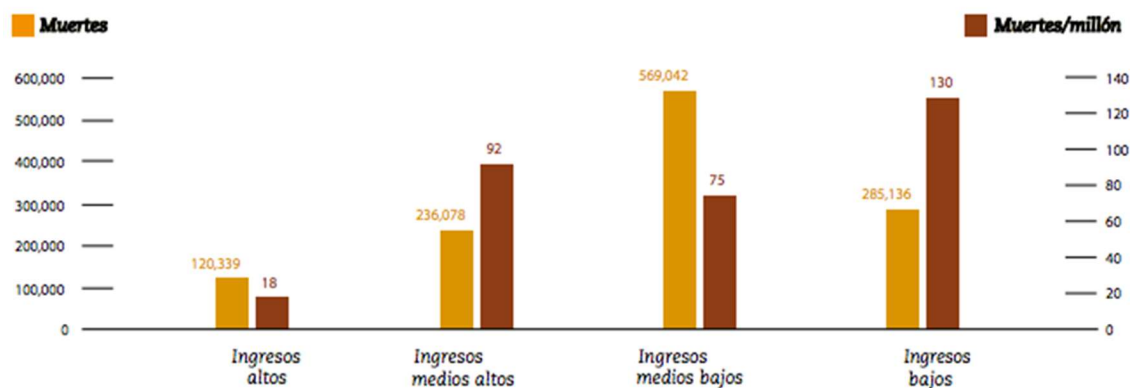
Se observa, además, que las pérdidas económicas son más altas en países de ingresos altos (Figura 1-1), aunque este resultado podría deberse a la falta de información sobre países pobres. En todo caso, las pérdidas y la afectación humana están concentradas en países de bajos ingresos, puesto que el riesgo de muerte es más alto allí, con seis veces más probabilidades de resultar heridos, perder su vivienda, ser desplazados o requerir atención de emergencia. Por otro lado, aunque las pérdidas económicas son más bajas en los países pobres, en estos lugares dichos eventos tienen un impacto más negativo y un mayor efecto a largo plazo. Esto quiere decir que la tasa de mortalidad debida a estos desastres aumenta en los países pobres de forma proporcional al menor ingreso, como puede verse en las Figuras 1-2 y 1-3 (UNISDR, 2018).

Figura 1-1. Desastres climáticos y geofísicos en el periodo 1998-2017



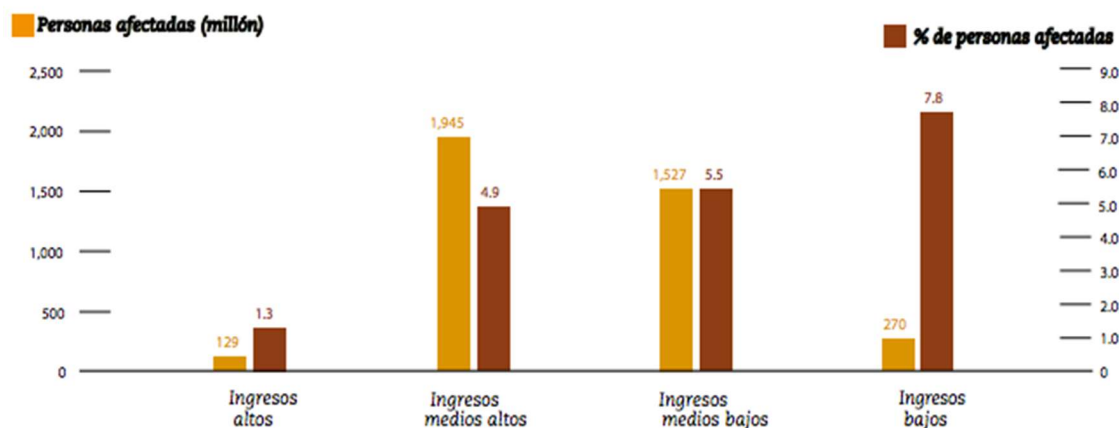
Fuente: UNISDR (2018, p. 17).

Figura 1-2. Muertes ocasionadas por los desastres en números absolutos por millón de personas potencialmente expuestas (PPE) entre 2000 y 2017



Fuente: UNISDR (2018, p. 20).

Figura 1-3. Cantidad total de personas afectadas por los desastres en números absolutos y porcentaje de la población potencialmente expuesta (PPE) entre 2000 y 2017



Fuente: UNISDR (2018, p. 20).

Según el Banco Interamericano de Desarrollo (BID, 2010), los desastres naturales por lo general no afectan extremadamente el PIB de un país, aunque afectan de forma indirecta el crecimiento económico; es decir que, excepto en algunos casos particulares, los países suelen recuperarse después de este tipo de desastres. Sin embargo, a raíz del cambio climático y los procesos ambientales que este conlleva, el impacto de los desastres es cada vez mayor, con consecuencias negativas tanto inmediatas como a mediano y largo plazo.

Así mismo, el (Banco Mundial 2017) señala que, si bien el valor absoluto de las pérdidas económicas es más alto en países ricos, se debe tener en cuenta que estas, aun cuando sean más bajas en los países pobres, tienen un mayor impacto en el bienestar y la calidad de vida de las personas. Esto se debe a varios factores: están más expuestas, sus activos son más vulnerables, es más probable que habiten en viviendas frágiles y tienen una menor capacidad de resistencia y de recuperación ante los desastres, lo cual es debido, en gran parte, a la poca cobertura social.

Para el caso de América Latina y el Caribe, el informe *La estimación de los efectos de los desastres en América Latina, 1972-2010*, de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (Cepal) de las Naciones Unidas (Bello, Ortiz y Samaniego, 2014), estudió 88 desastres, clasificados entre climáticos y geofísicos, en 22 países para dicho periodo de

tiempo. El costo total de estos 88 desastres fue de aproximadamente 213.000 millones de dólares, murieron 309.742 personas y 30 millones se vieron afectadas. Impacto que se ve determinado no solo por el tipo de desastre, sino también por la condición demográfica y socioeconómica de la población afectada (Bello *et al.*, 2014).

En la estimación de los daños ocasionados por sector, se determina que el más afectado es el sector social, con una afectación de 49,5 %, al que le sigue el sector productivo, con 34,1 %, y la infraestructura, con 16,4 %; los subsectores más afectados fueron: agropecuario y forestal, vivienda y transporte y comunicaciones (Bello *et al.*, 2014).

En un documento más reciente publicado por la UNISDR (2015a) en América Latina y el Caribe para el periodo 1990-2013, se hace un análisis del impacto según cuatro variables: pérdida de vidas, personas afectadas, viviendas destruidas y viviendas dañadas; y se clasifican los desastres en intensivos (cuando se pierden al menos 25 vidas y quedan destruidas al menos 300 viviendas) y extensivos (si la cifra es menor). En dicho estudio se observa que los desastres intensivos son 23 al año en promedio, mientras que los extensivos son más comunes: se reportan aproximadamente 177 desastres extensivos por cada desastre intensivo. En este informe, se toman datos de más de 100.000 desastres, se registran 43.000 personas fallecidas, 126 millones de personas afectadas, más de 1 millón de viviendas destruidas y 6,5 millones de viviendas dañadas (UNISDR, 2015a).

De manera acumulativa, los dos tipos de desastre mencionados tienen similares impactos en cuanto a la pérdida de vidas humanas, pero en cuanto a viviendas y personas afectadas son los desastres extensivos los que tienen un mayor impacto: con 4119 registros por año, cada desastre extensivo presenta en promedio menos de una persona fallecida, 1164 personas afectadas, 3,5 viviendas destruidas y 56 viviendas dañadas. Esto resulta, a su vez, en un promedio anual de 8,9 viviendas perdidas por cada 100.000 habitantes para las manifestaciones intensivas del riesgo, y de 5,2 para las manifestaciones extensivas. No obstante, para el caso de personas afectadas y viviendas dañadas, el promedio anual es mucho más alto para los desastres extensivos: 1669 registros para estos últimos (con un aumento progresivo en su impacto), frente a 183 para los intensivos.

En el mismo informe se hace una estimación del valor de las viviendas pérdidas o afectadas por los eventos catastróficos extensivos e intensivos, de acuerdo con cálculos basados en investigaciones previas y documentos expedidos por autoridades en el tema. Según estas estimaciones, el total de los daños tiene un costo aproximado de 42.100.000.000 de dólares (UNISDR, 2015a).

De acuerdo con lo anterior, podemos decir que las catástrofes naturales, independientemente de su origen, generan un gran impacto en la población, lo cual se observa no solo en las pérdidas y daños económicos (ya de por sí preocupantes), sino también en el impacto en la calidad de vida y el bienestar de las personas, especialmente de las poblaciones más vulnerables. Estas últimas, de hecho, están más expuestas a ser afectadas por los desastres y tienen más probabilidad de sufrir los daños no solo a corto sino a largo plazo: la pérdida o daño de la vivienda, por ejemplo, genera una problemática seria, dado que las poblaciones más vulnerables generalmente no cuentan con ningún tipo de protección de su patrimonio y tienden a habitar viviendas más frágiles.

1.2. Diagnóstico de la gestión del riesgo

A continuación, se detallan los aspectos más importantes del diagnóstico de la gestión del riesgo para Colombia, el cual fue realizado por la Unidad Nacional de Colombia para la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD) en 2014, a partir, principalmente, del estudio elaborado por Campos *et al.* (2012) para el Banco Mundial y de otros aportes de diferentes instituciones y profesionales.

Según el análisis de las variables de exposición y vulnerabilidad, se evidencian las características más significativas que contribuyen a configurar el riesgo: la condición urbana del país —que pasó de tener 4,4 a 34,7 millones de habitantes en 60 años—, la poca variabilidad de amenazas de origen geológico, el aumento en la susceptibilidad a amenazas como inundaciones y deslizamientos, el deterioro ambiental sumado al aumento de la población y de los bienes, las áreas expuestas a fenómenos hidrometeorológicos y la relación directa reconocida entre los niveles de pobreza y la poca incidencia de las capacidades institucionales para el diseño y la implementación de acciones de reducción de riesgo y

recuperación ante el desastre. Según estos factores, se configura la situación de riesgo para múltiples catástrofes naturales en Colombia, cuyo análisis se observa en la Tabla 1-1 (UNGRD, 2014).

Tabla 1-1. Análisis de situación de riesgo para diferentes tipos de eventos naturales en Colombia

ESCENARIO	EVENTOS ASOCIADOS	ZONAS DEL PAÍS EXPUESTAS	POBLACIÓN EN RIESGO
Por fenómenos de origen geológico	Sismos	Cali, Bogotá, Villavicencio, Medellín, Cúcuta, Pereira, Manizales, Pasto y Bucaramanga. Los municipios localizados cerca de la costa	Actualmente el 86% de la población colombiana se localiza en zonas de amenaza sísmica alta y media
	Erupciones volcánicas	Pacífica, en los departamentos de Nariño, Cauca, Chocó, Santander y Norte de Santander Zonas de influencia de los volcanes Ruiz, Galeras y Huila. La exposición de ciudades y poblaciones a fenómenos como erupciones volcánicas, lahares y avalanchas no ha sido estimada para todos los volcanes en términos de posibles impactos humanos y económicos	Por lo menos 1,9 millones de personas en la zona de influencia y de estos, aproximadamente 240 mil se localizan en zonas de amenaza alta
	Tsunami	Departamentos de Cauca, Nariño, Chocó, Valle del Cauca en el Pacífico, y la Guajira, Bolívar, Atlántico y Magdalena, Sucre, Córdoba, Antioquia en el Caribe, áreas insulares en ambos océanos.	De acuerdo con el DNP (2008) la población localizada en los municipios costeros alcanzaría los 7 millones de habitantes (6 millones en el Caribe y 1 millón en el pacífico). La población con mayor exposición a riesgo es la que corresponde al municipio de Tumaco en Nariño, aproximadamente 183.000 habitantes
Por fenómenos de origen hidrometeorológico	Inundaciones	Valle del Cauca, Atlántico, Cundinamarca, Magdalena, Antioquia, Córdoba, Cesar, Cauca y Meta. A nivel municipal, Bogotá, Cali y Barranquilla son los municipios con más alta población ubicada en zonas de mayor potencial de inundación, seguidos por Apartadó (Antioquia), Chía (Cundinamarca) y Jamundí (Valle del Cauca)	El 12% del territorio nacional se encuentra localizado en áreas con una mayor susceptibilidad a inundarse La población localizada en zonas con mayor potencial de inundación se encuentra distribuida en 79 municipios, que representan el 28% del total de la población nacional
	Deslizamientos	Antioquia, Cundinamarca, Cauca, Santander, Boyacá, Caldas y Tolima, seguidos por Norte de Santander, Nariño, Huila, Risaralda y Bolívar	El 18% del territorio nacional se encuentra localizado en zonas de amenaza muy alta y alta por movimientos en masa, principalmente en los departamentos de la región Andina que tienen gran porcentaje de su área expuesta a este fenómeno, como Boyacá (74%), Cundinamarca (65%), Risaralda (61%) y Caldas (59%)
Por fenómeno de origen tecnológico	Explosiones Fuga Derrames de hidrocarburos Incendios	581 municipios han registrado impactos por eventos de origen tecnológico entre los que se destacan Antioquia, Cundinamarca, Valle del Cauca, Tolima, Nariño, Chocó, Cauca y Risaralda de los cuales 30 municipios encabezan la categoría de Alto Impacto	Principales centros industriales y su conectividad carretable. Cartagena, Barranquilla, Medellín, Bogotá, Cali, Buenaventura. Corredores de líneas de flujo de hidrocarburos Cauca, Chocó y Risaralda.

Fuente: UNGRD (2014, pp. 1-2)

Según Campos *et al.* (2012), el aumento de riesgo de desastres en el país es responsabilidad de la inadecuada gestión tanto territorial como sectorial y privada, más que de factores externos. Según esto, se identifican cuatro factores que generan dicho aumento, además de la correspondiente responsabilidad fiscal del Estado (Tabla 1-2).

Tabla 1-2. Factores de tendencia del crecimiento del riesgo en Colombia

<p>Los avances conceptuales sobre la relación entre gestión del riesgo y desarrollo no han podido ser llevados a nivel de políticas de Estado, ni han sido incorporados como parte integral de gestión pública, contribuyendo así al crecimiento del riesgo.</p>	<p>El riesgo se está acumulando permanentemente en las ciudades y en las áreas rurales, debido a la falta de aplicación y control de las políticas e instrumentos de ordenamiento territorial municipal y la insuficiencia en el manejo de cuencas hidrográficas.</p>	<p>Los vacíos en el tema de gestión del riesgo de desastres en las políticas y planes sectoriales amenazan la sostenibilidad de las inversiones tanto de sectores productivos como de servicios, contribuyendo así al aumento de la exposición y la vulnerabilidad.</p>	<p>La ausencia de una política clara y los antecedentes en los cuales generalmente la responsabilidad ha sido asumida por el Estado desincentivan a los ciudadanos y al sector privado a posesionarse de su rol en cuanto a la reducción y el manejo del riesgo y generan grandes costos fiscales.</p>
--	---	---	--

Fuente: Campos *et al.* (2012, p. 5.).

El desempeño en la gestión del riesgo se mide cualitativamente mediante el índice de gestión de riesgos (IGR), con base en niveles preestablecidos o referentes deseables. Su formulación está dada por cuatro componentes: identificación del riesgo (IR), reducción del riesgo (RR), manejo de desastres (MD) y gobernabilidad y protección financiera (PF).

De esta forma, se hace una valoración con seis sub-indicadores en una escala de 1 a 5 (correspondiente a los niveles bajo, incipiente, apreciable, sobresaliente y óptimo) para hacer una evaluación de las políticas públicas. Posteriormente se determina el valor de cada indicador del IGR de 0 (nivel mínimo de desempeño) a 100 (nivel máximo de desempeño), es decir, a mayor IGR mejor desempeño de la gestión de riesgos (UNGRD, 2014).

El riesgo colectivo se identifica mediante la percepción de este, su representación social y la estimación objetiva. Es necesario reconocer, medir y representar el riesgo usando mecanismos que lo hagan comprensible a la comunidad y a las instituciones encargadas, lo cual comprende la valoración de las amenazas, la evaluación de la vulnerabilidad de la sociedad y la estimación de sus posibles consecuencias durante un tiempo de exposición. Los indicadores para la identificación del riesgo (IR) se muestran en la Tabla 1-3.

Tabla 1-3. Indicadores de identificación del riesgo (IR)

IR1	Inventario sistemático de desastres y pérdidas
IR2	Monitoreo de amenazas y pronóstico
IR3	Evaluación y mapeo de amenazas
IR4	Evaluación de vulnerabilidad y riesgo
IR5	Información pública y participación comunitaria
IR6	Capacitación y educación en gestión de riesgos

Fuente: Elaboración propia a partir UNGRD (2014).

La acción más importante de la gestión del riesgo es anticiparse a los fenómenos potencialmente peligrosos y lograr su disminución mediante la implementación de medidas estructurales y no estructurales de prevención-mitigación, de manera que se evite o se disminuya el impacto de estos fenómenos (Tabla 1-4) (UNGRD, 2014).

Tabla 1-4. Indicadores de reducción del riesgo (RR)

RR1	Integración del riesgo en la definición de usos del suelo y la planificación urbana
RR2	Intervención de cuencas hidrográficas y protección ambiental
RR3	Implementación de técnicas de protección y control de fenómenos peligrosos
RR4	Mejoramiento de vivienda y reubicación de asentamientos de áreas propensas
RR5	Actualización y control de la aplicación de normas y códigos de construcción
RR6	Refuerzo e intervención frente a la vulnerabilidad de bienes públicos y privados

Fuente: Elaboración propia a partir de UNGRD (2014).

El manejo de desastres depende de la preparación, organización y planificación tanto de las instituciones como de la comunidad. Su objetivo es dar una respuesta eficiente y eficaz ante la materialización del riesgo y la imposibilidad de impedir el impacto de fenómenos peligrosos (UNGRD, 2014). Los indicadores de manejo de desastres pueden verse en la Tabla 1-5.

Tabla 1-5. Indicadores del manejo de desastres (MD)

MD1	Organización y coordinación de operaciones de emergencia
MD2	Planificación de la respuesta en caso de emergencia y sistemas de alerta
MD3	Dotación de equipos, herramientas e infraestructura
MD4	Simulación, actualización y prueba de la respuesta interinstitucional
MD5	Preparación y capacitación de la comunidad
MD6	Planificación para la rehabilitación y reconstrucción

Fuente: Elaboración propia a partir de UNGRD (2014).

La gobernabilidad y protección financiera en la gestión de riesgos implica la coordinación de actores interinstitucionales y sociales. Su realización depende de la asignación y utilización de recursos financieros para generar estrategias de retención y transferencia frente a las pérdidas debidas a desastres. Sus indicadores se muestran en la Tabla 1-6.

Tabla 1-6. Indicadores de gobernabilidad y protección financiera (PF)

PF1	Organización interinstitucional, multisectorial y descentralizada
PF2	Fondos de reservas para el fortalecimiento institucional
PF3	Localización y movilización de recursos de presupuesto
PF4	Implementación de redes y fondos de seguridad social

PF5	Cobertura de seguros y estrategias de transferencia de pérdidas de activos públicos
PF6	Cobertura de seguros y reaseguros de vivienda del sector privado

Fuente: Elaboración propia a partir UNGRD (2014).

Según el informe de gestión de la UNGRD, para el 2014 fueron ejecutados por el Fondo Nacional de la Gestión del Riesgo de Desastres (FNGRD) el 100 % de \$210.536 millones recibidos del Gobierno nacional. Esta cifra superó la meta de ejecución para ese año, que era del 98 %. Dicha ejecución se dio en los tres procesos: gestión del riesgo, conocimiento y reducción del riesgo, y manejo de desastres. De acuerdo con el citado informe, los recursos fueron ejecutados mayormente en acciones orientadas a la reducción del riesgo de desastres, lo cual sucedió así, en parte, por el esfuerzo y los compromisos adquiridos para atender los impactos derivados de la crisis del 2010-2011, causada por el fenómeno de La Niña (UNGRD, 2014).

El diagnóstico de la gestión del riesgo permite establecer la base para la formulación del Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (PNGRD), puesto que genera herramientas para la discusión por parte de los diferentes actores en el tema. En especial, con base en las debilidades y logros durante el periodo evaluado, es posible definir los objetivos del PNGRD.

1.1 Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres 2015-2025 (PNGRD)

El *Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres: una estrategia de desarrollo 2015-2025* (UNGRD, 2016) —creado por la Ley 1523 de 2012 (Congreso de la República de Colombia, 2012), formulado según el Decreto 1801 de 2015 (Presidencia de la República de Colombia, 2015) y adoptado por el Decreto 308 de 2016 (Presidencia de la República de Colombia, 2016)— se desarrolló de acuerdo con las prioridades suscritas en el Marco de Sendai 2015-2030 (UNISDR, 2015b). Este plan es la hoja de ruta para los procesos de conocimiento, la reducción del riesgo y el manejo de desastres en nuestro país.

El objetivo general del PNGRD es:

[...] orientar las acciones del Estado y de la sociedad civil en cuanto al conocimiento del riesgo, la reducción del riesgo y el manejo de desastres en cumplimiento de la Política Nacional de Gestión del Riesgo, que contribuyan a la seguridad, el bienestar, la calidad de vida de las personas y el desarrollo sostenible en el territorio nacional (UNGRD, 2016, p. 24).

A este objetivo general se le asocian cinco objetivos estratégicos, a saber:

- 1) Mejorar el conocimiento del riesgo de desastres en el territorio nacional.
- 2) Reducir la construcción de nuevas condiciones de riesgo en el desarrollo territorial, sectorial y ambiental sostenible.
- 3) Reducir las condiciones existentes de riesgo de desastres.
- 4) Garantizar un oportuno, eficaz y adecuado manejo de desastres.
- 5) Fortalecer la gobernanza, la educación y comunicación social en la gestión del riesgo con enfoque diferencial, de género y diversidad cultural (UNGRD, 2016, p. 24).

Parte esencial del PNGRD son las metas nacionales que se comentan a continuación.

Meta nacional 1

“Reducir la mortalidad nacional causada por desastres para 2025 y reducir la tasa de mortalidad nacional causada por desastres a 5,9 personas por cada 100.000 personas en el decenio 2015-2025, respecto del periodo 2005-2015” (UNGRD, 2016, p. 130).

En este indicador se incluyen, además de las personas muertas, las personas desaparecidas o presumidas muertas durante el desastre. Para el periodo anterior la tasa de muerte específica por desastre fue de 7,6 muertes por cada 100.000 habitantes. En la siguiente figura se detalla la variabilidad del indicador a lo largo del periodo de tiempo.

El cálculo se realiza según los datos de población registrados por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) y los consolidados anuales de atención de emergencias de la UNGRD con la siguiente fórmula:

$$ME = (FC / P) \times 100.000$$

Donde:

ME es muerte específica por desastre.

FC es el número de muertes por desastres en el periodo.

P es la población media en el periodo y área.

Sin embargo, hay limitaciones en cuanto a la normalización de fuentes de información, por lo cual en algunos casos es difícil la comparación del impacto entre periodos de tiempo; también esto se da por la ocurrencia de fenómenos únicos de alto impacto.

Meta nacional 2

“Reducir el número de personas afectadas en el país para 2025 y reducir la tasa de personas afectadas por desastres a 3284 personas por cada 100.000 en el decenio 2015-2025, respecto del periodo 2005-2015” (UNGRD, 2016, p. 133).

El cálculo de este indicador se realiza de la siguiente manera:

$$TA = (PA / P) \times 100.000$$

Donde:

TA es la tasa de personas afectadas.

PA es la cantidad de personas afectadas en el periodo.

P es la población media en el periodo y área.

En este indicador se incluyen las personas afectadas en cuanto a infraestructura, bienes o medios de subsistencia. Como se observa en la figura a continuación, hay un aumento para el periodo 2010-2011, lapso en el que se presentó el fenómeno de La Niña.

Meta nacional 3

“Reducir el número de viviendas destruidas directamente por fenómenos recurrentes en el decenio 2015-2025 respecto del periodo 2005-2015” (UNGRD, 2016, p. 136).

En este indicador se incluyen las viviendas que fueron destruidas durante un desastre o como resultado del impacto de un desastre por evento recurrente. Para el periodo 2005-2014 se destruyeron 58.641 viviendas, dando como resultado una tasa de 493 viviendas destruidas por cada 100.000 viviendas.

Meta nacional 4

“Reducir el número de edificaciones escolares afectadas en desastres en el decenio 2015-2025 respecto del periodo 2005-2015” (PNGRD, 2016, p. 138).

Esta medición se realiza con la tasa de edificaciones escolares afectadas por cada 1000 edificaciones, pero hay limitaciones en cuanto al censo de edificaciones escolares. Para el periodo anterior fue de 39,4 por cada 1000.

Meta nacional 5

“Reducir los daños causados por desastres en los servicios de agua potable en el decenio 2015-2025 respecto del periodo 2005-2015” (PNGRD, 2016, p. 141).

Se miden los daños en las redes de acueducto asociados a un desastre o como impacto de este. En este punto no existen registros del periodo pasado, por lo tanto, no se especifica la manera en la que se medirá el impacto para hacerlo comparable entre los periodos.

1.2 Decreto 93 de 1998

Este decreto establece la expedición del Plan Nacional para la Prevención y Atención de Desastres, como orientación a las acciones del Estado y la población para lograr la prevención y mitigación de desastres (Presidencia de la República de Colombia, 1998).

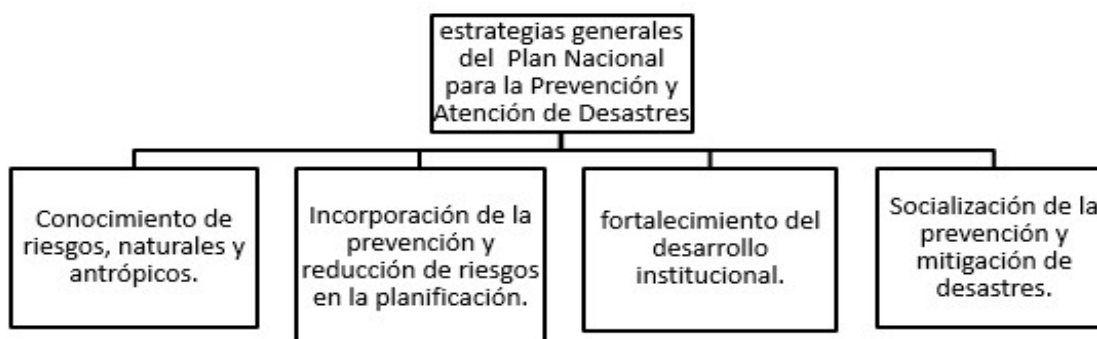
En el artículo 3 se establecen los tres objetivos del Plan Nacional para la Prevención y Atención de Desastres, los cuales son la reducción del riesgo y prevención de desastres, la respuesta efectiva en caso de desastre y la rápida recuperación de las zonas afectadas por el desastre.

En el artículo 5 se establecen los principios para el Plan Nacional para la Prevención y Atención de Desastres en la elaboración, ejecución y seguimiento. Estos principios son los siguientes:

- La descentralización. Por la cual se entiende que a nivel municipal y regional se asuma autónomamente la responsabilidad en cuanto al desastre y se reserva para el nivel nacional la definición de políticas y la coordinación.
- El ámbito de competencias. Donde se define que para las actividades de prevención de desastres se deben atender criterios de concurrencia, complementariedad y subsidiaridad.
- La coordinación. Debe darse entre entidades nacionales, regionales y locales para garantizar que las actividades sean consistentes, coherentes y continuas entre ellas.
- La participación. Establece que se debe revisar, por parte de los organismos encargados, la efectividad de los mecanismos de participación ciudadana.

Ahora bien, en el artículo 6 se definen las estrategias generales del Plan Nacional para la Prevención y Atención de Desastres, las cuales pueden verse en la figura 1-4.

Figura 1-4. Estrategias generales del Plan Nacional para la Prevención y Atención de Desastres



Fuente: Elaboración propia con base en el Decreto 93 de 1998 (Presidencia de la República de Colombia, 1998).

Se establecen también los programas prioritarios que se deben ejecutar por parte del Sistema Nacional para la Prevención y Atención de desastres, que son los siguientes:

- Programas para el conocimiento sobre riesgos de origen natural y antrópico. Aquí se contemplan redes, procedimiento y alertas para la vigilancia de riesgos y aviso a la población, así como la evaluación de riesgos.
- Programas para la incorporación de la prevención y reducción de riesgos en la planificación. En ellos se incluyen criterios preventivos, de seguridad, de manejo y tratamiento de los asentamientos y la infraestructura ubicada en zonas de riesgo.
- Programas de fortalecimiento del desarrollo institucional. Estos se ocupan de fortalecer las entidades nacionales del sistema, las entidades operativas (Cruz Roja, Bomberos, Defensa Civil, entre otros) y los comités de prevención y atención de desastres, así como de diseñar el Sistema Integrado de Información. De acuerdo con estos programas, también se deben desarrollar planes de contingencia para las líneas vitales, proyectos civiles y tecnológicos de alto impacto, metodologías para el desarrollo de los planes de contingencia y emergencia, y simulaciones de estos a nivel regional y local. Finalmente, aquí se incluye el diseño de mecanismos eficientes y preferenciales para los proyectos de reconstrucción, establece el modo de definir gerencias temporales para estos y, cuando sea necesario, los mecanismos de ejecución para agilizar las labores.

• Programas para la socialización de la prevención y mitigación de desastres. Para estos, se establece que se debe suministrar periódicamente información a las autoridades sobre aspectos legales, técnicos y de motivación. Se deben desarrollar programas educativos asociados a todo nivel (básica primaria, secundaria y superiores). En el mismo orden, se establece el desarrollo de un sistema para la capacitación de funcionarios y capacitadores, con la elaboración del material didáctico requerido para este fin. También se deben apoyar los organismos no gubernamentales y las organizaciones de participación ciudadana. Por último, este decreto establece que se debe realizar evaluación y seguimiento del Plan Nacional, cuyo resultado será presentado anualmente por la Dirección Nacional para la Prevención y Atención de Desastres al Comité Nacional.

1.3 Decreto 1974 de 2013

Este decreto establece el procedimiento para expedir y actualizar el Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (PNGRD), además de establecer su obligatoriedad.

El decreto establece que el PNGRD “contendrá los objetivos, programas, acciones, responsables y presupuestos, mediante los cuales se ejecutarán los procesos de conocimiento del riesgo, reducción del riesgo y de manejo de desastres, en el marco de la planificación del desarrollo nacional” (Presidencia de la República de Colombia, 2013, art. 15, párr. 5). Por lo tanto, su expedición queda proyectada a tres períodos de gobierno, con un componente general y uno programático y de inversiones

El PNGRD será elaborado, seguido y evaluado por la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD), y deberá contener al menos la introducción y antecedentes del plan, el marco legal y conceptual, el diagnóstico de la gestión del riesgo en el país, un componente general, un componente programático y de inversión y los mecanismos de seguimiento y evaluación.

El Consejo Nacional de Gestión del Riesgo es el responsable de la revisión y aprobación del PNGRD, que será presentado a esta entidad por el director de la UNGRD. Después de esto, se ejecutará mediante el desarrollo de los programas y proyectos del componente programático. Una vez implementado, podrá ser actualizado cada cuatro años según el Plan Nacional de Desarrollo. También deberá actualizarse extraordinariamente en caso de

modificaciones en el marco nacional o internacional de la gestión del riesgo de desastres, en la estructura del Estado o instituciones gubernamentales y, por último, en caso de declaración de situación de desastre nacional (Presidencia de la República de Colombia, 2013).

1.4 Ley 388 de 1997

Los objetivos a cumplir con esta ley son los siguientes: actualizar la Ley 9 de 1989, de acuerdo con las modificaciones en el marco legal nacional; establecer los mecanismos para que los municipios promuevan el ordenamiento de sus territorios teniendo en cuenta la prevención de desastres; garantizar el uso del suelo en concordancia con la función social de las propiedades, de forma que se haga efectivo el derecho a los servicios públicos, la protección del medioambiente y la prevención de desastres; promover la armonía en el ordenamiento territorial de las instituciones desde el nivel nacional hasta el territorial; y “facilitar la ejecución de actuaciones urbanas integrales” (Congreso de la República de Colombia, 1997, artículo , párr. 14).

Esta ley establece, además, que el ordenamiento territorial debe basarse en tres principios: la función de la propiedad (social y ecológica), la prevalencia del interés general y la distribución equitativa de las cargas y los beneficios.

El ordenamiento territorial se constituye en una función pública, la cual cumple varios fines, entre ellos los siguientes: posibilitar que la población acceda a la infraestructura y al espacio público, a la vivienda y a los servicios públicos; responder a los procesos en el cambio de uso del suelo de acuerdo con la función social de la propiedad; contribuir a la mejora de la calidad de vida de la población y mejorar el perfil de riesgo de los asentamientos.

Por otra parte, se debe fomentar la concertación desde el nivel nacional hasta el local en cuanto a las acciones urbanísticas, teniendo en cuenta los intereses sociales y económicos.

Por medio de esta concertación se garantiza la eficacia de las políticas públicas al respecto.

Esta participación se desarrollará mediante varios mecanismos, como el derecho de petición, la intervención en la formulación de la política y los procesos de otorgamiento, suspensión o revocatoria de las licencias urbanísticas.

El plan de ordenamiento territorial comprende las acciones políticas, administrativas y de planificación a nivel municipal, distrital o metropolitano. El objetivo es complementar la

planificación económica y social con lo territorial, para optimizar los recursos destinados a mejorar la calidad de vida de la población mediante la definición de estrategias territoriales de uso, ocupación y manejo del suelo.

Aquí se determina que es necesario localizar áreas que deban ser recuperadas y controladas para la prevención de desastres, determinar zonas en las cuales se presentan riesgos para los asentamientos humanos y calificar terrenos para la construcción de viviendas.

Los municipios deben, por ley, adoptar el plan de ordenamiento territorial, que está determinado por la constitución y las leyes. También deben acatar todo tipo de normas en cuanto a gestión del riesgo y actuar en concordancia con las normas de prevención de amenazas y de riesgos naturales. Deben adoptar las estrategias para el manejo de zonas amenazadas o expuestas a riesgos naturales y tener presente que, entre los componentes del plan de ordenamiento territorial (POT), deben estar señaladas, en planos, las zonas de alto riesgo, ya sea por amenazas de riesgos naturales o por insalubridad.

Es de resaltar que, entre las normas urbanísticas estructurales, se deben tener en cuenta aquellas que definen las áreas de riesgo y las concernientes al medioambiente, así como las normas complementarias referentes a la reubicación de asentamientos humanos que estén en zonas de alto riesgo.

Dentro del contenido de los POT, se debe realizar el inventario de las zonas que presentan alto riesgo para los asentamientos humanos, ya sea por amenazas naturales o por condiciones insalubres. Estas áreas deben estar correctamente delimitadas y, además, deben contar con sus respectivas medidas de protección y los objetivos para su eventual aprovechamiento, en relación con la ocupación del suelo, el plan vial, de servicios públicos y la diferenciación del suelo urbano y rural.

El POT también define que los actos a llevar a cabo obligatoriamente en el territorio deben ser ejecutados durante la administración (sea municipal o distrital) que los comprometa, de forma integrada con el plan de inversiones y el plan de desarrollo.

Los instrumentos para desarrollar y complementar lo dispuesto en los POT para áreas de suelo urbano y de expansión urbana se mencionan a continuación.

- Obligaciones de los POT

El POT es de obligatorio cumplimiento, por lo tanto, no se podrán otorgar licencias urbanísticas sin la adopción del POT. Tampoco se podrán realizar intervenciones urbanísticas que no se ajusten a lo contenido en los POT, sus planes parciales, normas estructurales o complementarias.

- Participación comunal en el ordenamiento del territorio

Para lograr la participación comunal en el ordenamiento territorial, las autoridades pueden delimitar en el área del perímetro urbano los barrios, y para el caso rural, las veredas o agrupaciones de ellas. Por su parte, durante la formulación y concertación del POT, estas agrupaciones podrán realizar propuestas sobre los componentes rurales y urbanos del plan mediante organizaciones cívicas y mecanismos democráticos.

- Formulación, aprobación y adopción de los planes

Los POT deben ser reformulados, revisados y ajustados seis meses antes del fin de su vigencia, teniendo en cuenta el diagnóstico de la situación actual y la evaluación del POT vigente.

Los POT deben ser previamente sometidos a consideración ante la Corporación Autónoma Regional o ante la autoridad ambiental que corresponda (Junta Metropolitana, si es el caso). Posteriormente, deben ser revisados por el Consejo Territorial de Planeación. Durante este periodo de revisión, se solicitarán, desde la administración municipal o distrital, las opiniones de los gremios interesados y de las entidades ecológicas, comunitarias o cívicas, y se hará uso de los mecanismos de participación comunal, de forma tal que se garantice la consulta democrática.

- Procedimiento para planes parciales

Los planes parciales serán elaborados por autoridades distritales o municipales de planeación, por las comunidades o interesados, según los parámetros dictados por el POT.

El plan debe ser considerado viable por la autoridad de planeación. Posteriormente, de ser requerido, se somete a revisión por la autoridad ambiental para su aprobación, para lo cual se cuenta con ocho días. Una vez aprobado por la autoridad ambiental, se presenta ante el Consejo Consultivo de Ordenamiento, el cual rinde concepto y formula recomendaciones

dentro de los siguientes treinta días. Durante este mismo periodo, también se somete a una fase de información pública. Una vez aprobado, se adopta mediante decreto por el alcalde distrital o municipal.

- Vigencia y revisión

Dentro del POT queda establecida la vigencia. En aquellos casos en los que se deba revisar el contenido estructural, el POT tendrá una vigencia de largo plazo: mínimo de tres periodos constitucionales de la administración municipal o distrital. El contenido urbano será de mínimo dos períodos constitucionales de la administración municipal o distrital, mientras que los contenidos urbanos de corto plazo y los programas de ejecución tendrán una vigencia mínima de un periodo constitucional de la administración municipal o distrital, salvo cuando se requiera excepción justificada.

Las revisiones se someterán al mismo procedimiento de revisión del POT para ser aprobadas. Estas deben estar sustentadas en cambios significativos en las previsiones iniciales.

- Clasificación del suelo

En el POT se deberá clasificar el suelo en urbano, rural o de expansión urbana, cuyas categorías son suelo suburbano y de protección.

El suelo destinado a uso urbano por parte del POT cuenta con infraestructura vial, redes primarias de energía, acueducto y alcantarillado. El perímetro de suelo urbano no podrá ser mayor que el perímetro sanitario o de servicios públicos.

El suelo de expansión urbana será habilitado para su uso durante la vigencia del POT. Por su parte, el suelo rural está constituido por terrenos no aptos para uso urbano, ya sea por oportunidad o porque se destinan a usos de explotación de recursos naturales, actividades agrícolas y similares.

El suelo suburbano corresponde a las áreas ubicadas en suelo rural donde se observa un uso mixto del suelo, es decir, actividades del campo y de ciudad, las cuales podrán ser objeto de desarrollo, pero con restricciones.

El suelo de protección está constituido por las áreas o zonas dentro de cualquiera de las categorías anteriores que, por sus características ambientales, geográficas o paisajísticas (por

ser parte de zonas de utilidad pública para ubicar infraestructura o por ser áreas de amenazas o riesgo no mitigable), tienen una posibilidad restringida de urbanizarse.

- Actuación urbanística pública

Se comprende como actuaciones urbanísticas la parcelación, urbanización y edificación de inmuebles, las cuales están orientadas por el componente urbano del POT. Estas actuaciones se pueden realizar por parte de propietarios individuales o grupos de propietarios asociados voluntaria u obligatoriamente, por unidades de actuación urbanística, entidades públicas o asociaciones público-privadas.

- Expropiación

La expropiación de inmuebles se puede dar por varios motivos, entre ellos la utilidad pública (el desarrollo de proyectos de interés social o de infraestructura social) y el traslado de asentamientos por riesgo inminente.

- Participación en la plusvalía

Según la Constitución Política de Colombia (Asamblea Nacional Constituyente, 1991), las acciones urbanísticas que regulan el uso del suelo y el espacio aéreo incrementando su aprovechamiento generan beneficios, por lo cual las entidades públicas tienen derecho a participar en las plusvalías de estas acciones. Tales rubros se destinarán a la defensa del interés común, con el objeto de mejorar la calidad urbanística del territorio.

Esta plusvalía puede resultar por la autorización de un mayor aprovechamiento del suelo de una edificación, la incorporación del suelo rural al suelo de expansión urbana u otro cambio en el uso del suelo. Será determinada por el Concejo Municipal o Distrital y estará entre el 30 % y el 50 % del mayor valor por metro cuadrado.

- Vivienda de interés social

La vivienda de interés social es aquella desarrollada para garantizar el derecho a la vivienda de los hogares de menores ingresos. El tipo y el precio máximo de esta se establecerá en el Plan Nacional de Desarrollo, teniendo en cuenta el déficit habitacional, el acceso al crédito, la oferta, los recursos disponibles para crédito y los fondos del Estado destinados a estos programas.

A nivel municipal y distrital se determinan las necesidades de vivienda de interés social, según las cuales se definen objetivos a mediano plazo y las estrategias e instrumentos para la ejecución de los programas que solucionen el déficit habitacional. También se determina el porcentaje de suelo incorporado a expansión urbana que se debe destinar a vivienda de interés social. Las áreas definidas deben ser desarrolladas para viviendas de interés social por los propietarios o entidades públicas si es el caso.

En cuanto al subsidio familiar para vivienda, este será aportado por el Estado, a través de las entidades designadas para esto, a los beneficiarios que cumplan las condiciones especificadas en la Ley 3 de 1991.

- Licencias y sanciones urbanísticas

Se reglamentan las licencias urbanísticas que deben ser gestionadas y obtenidas antes de las intervenciones, las cuales son expedidas por el curador urbano o la autoridad competente. La licencia otorga el derecho a desarrollar y construir según se defina en la licencia y en concordancia con las normas aplicables. Estas licencias deben estar conformes al POT y sus componentes.

Los profesionales que suscriban estas licencias son los responsables de que la norma se cumpla, por lo tanto, serán objeto de las sanciones correspondientes según el caso, igualmente lo serán los funcionarios que expidan estas licencias.

Para el caso de parcelación, construcción o urbanización en terrenos no destinados para esto, se contempla una multa de entre cien y quinientos salarios mínimos mensuales legales vigentes (SMMLV), además de la demolición de la obra si es el caso. Si esto se realiza en zonas de protección ambiental o de riesgo, la multa podrá ser aumentada hasta en el 100 %.

Si el desarrollo se realiza en terrenos aptos, pero sin licencia o con la demolición de inmuebles de conservación arquitectónica, se aplicarán multas de entre setenta y cuatrocientos SMMLV.

Si el desarrollo se realiza en terrenos aptos y con licencia, pero en contra de lo estipulado en dicha licencia o con esta ya vencida, la multa podrá ser de entre cincuenta y trescientos SMMLV.

Para el caso de la ocupación o cerramiento de parques públicos sin autorización, la multa será de entre treinta y doscientos SMMLV.

- **Participación de la nación en el desarrollo urbano**

El Ministerio de Desarrollo Económico es el encargado de formular la Política Nacional Urbana y los planes para su ejecución. Esta política es parte del Plan de Desarrollo y, por lo tanto, es acorde a él.

En el caso de las actuaciones urbanas integrales que requieran la participación de la nación, dicho Ministerio determinará las condiciones en que participarán las entidades nacionales, teniendo en cuenta que estas acciones urbanas deben, entre otros, estar contempladas en el POT o en planes parciales.

El viceministro de Vivienda es quien, mediante la evaluación del impacto espacial y urbano, determina el modo en que la nación participa de estas actuaciones.

1.1. PNGRD: seguimiento y evaluación

El PNGRD es evaluado por la UNGRD. Esto se hace mediante la publicación de un informe por semestre, basado en la información suministrada por los actores involucrados en el PNGRD. El último informe de seguimiento y evaluación del PNGRD es el quinto, que fue publicado el 31 de julio de 2018. En él, con respecto al seguimiento de las metas nacionales mencionadas arriba, se observa lo siguiente:

En la meta 1, en cuanto al objetivo de reducir la tasa de mortalidad asociada a desastres a 5,9 por cada 100.000 personas expuestas, se informa que el promedio es de 4,2/100.000. No obstante, la mayor parte de estas muertes es generada por eventos no recurrentes y de origen natural, reportada mayormente en Nariño, Antioquia y Cundinamarca.

Para la meta 2, la reducción de la tasa de personas afectadas por fenómenos recurrentes va en 4823,8/100.000 con respecto a la tasa propuesta de 28.096/100.000.

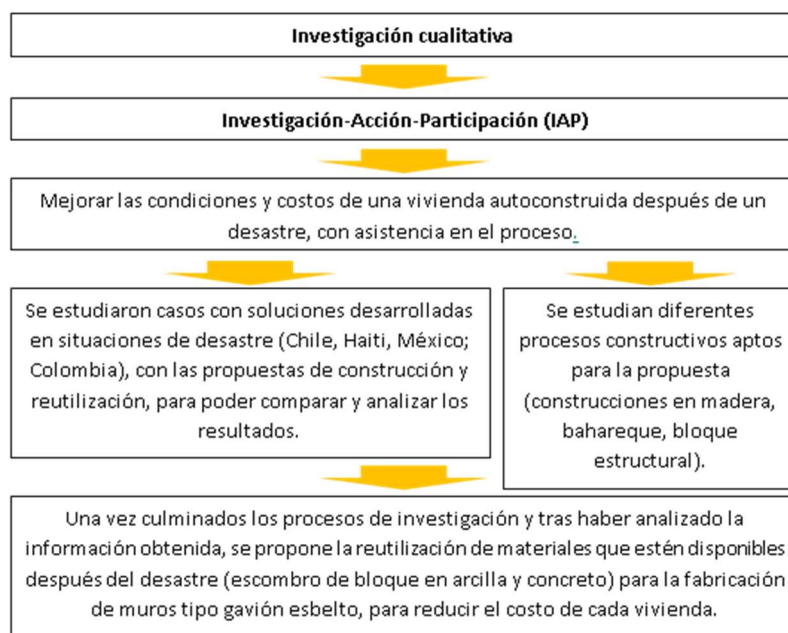
Para la meta 3, el objetivo de reducción de la tasa de viviendas destruidas es de 454/100.000 viviendas. Para el 2017 la tasa fue de 11/100.000 y, a la fecha del informe para el 2018, la tasa quedó en 1/100.000.

La meta 4 es reducir el número de edificaciones escolares afectadas, que para el decenio anterior fue de 39,4/1000. La tasa para la fecha del informe de 2018 quedó en 0,95/1000.

2. Investigación

La investigación se basa en un enfoque cualitativo (Figura 2-1) propuesto por Hernández Sampieri, 2014, el cual se inclina por el diseño de la investigación-acción-participación (IAP). Dadas las características naturalistas y la necesidad de soluciones inmediatas, el planteamiento del diseño de la investigación se centra en aportar información que guíe la toma de decisiones para el proceso de la construcción de una vivienda nueva.

Figura 2-1. Estructura general de la investigación



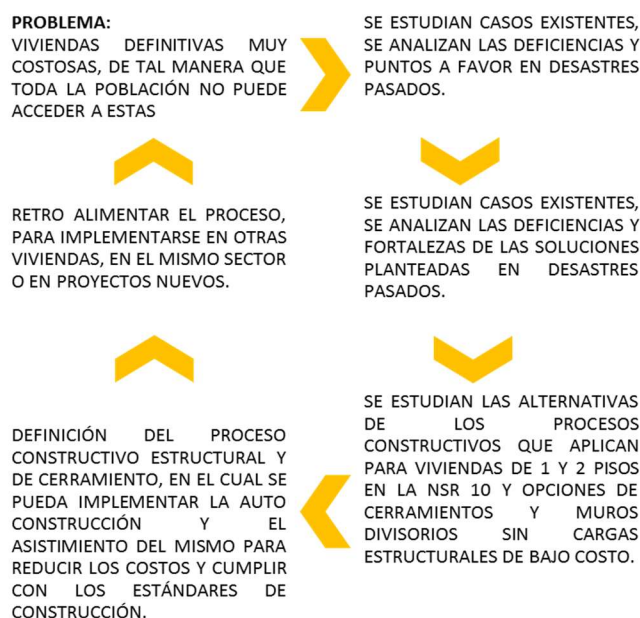
Fuente: Elaboración propia.

Esta investigación tiene un componente social muy importante, ya que el centro del desarrollo del proceso constructivo es la comunidad: la definición de las necesidades espaciales y sus calidades en la vivienda que se pretende construir, la capacitación de los beneficiados del proceso y otra serie de detalles importantes se planearon con el único objetivo de satisfacer adecuadamente las necesidades de la comunidad conforme a su situación. En suma, el éxito de la investigación es que la comunidad pueda hacer uso de este proyecto.

La IAP se enfoca en decisiones en espiral (Figura 2-2), las cuales se van modificando según las experiencias que se obtengan en el proceso. En efecto, la autoconstrucción es un proceso que se puede mejorar con la experiencia, ya que se trabaja con una comunidad que hace aportes para su propio bienestar y la mejora de su condición.

La investigación se basa en tres puntos: la parte administrativa (que programa y propone el proceso constructivo), la parte educativa (que capacita a la comunidad) y la parte social (cuyo objetivo es brindar una solución que mejore las condiciones por medio de la colaboración).

Figura 2-2. Decisiones en espiral propias de la IAP



Fuente: Elaboración propia.

3. Análisis de desastres naturales y reconstrucción en Colombia y el mundo

En el presente capítulo se analizan los impactos generados por diferentes desastres naturales y las dinámicas de reconstrucción que resultaron de estos, mediante un enfoque que permite generar una propuesta de reconstrucción para la situación problema que se planteó.

3.1 Armero (Colombia) 1985

El 13 de noviembre de 1985, siendo las 23:30, la erupción del volcán Nevado del Ruiz produjo la avalancha del río Lagunillas, que dejó 26.000 personas muertas y 20.611 lesionadas y 4400 viviendas destruidas. Esto ocasionó la destrucción total de Armero, un municipio ubicado en el norte del Tolima, una gran tragedia humana que se produjo también por la incapacidad del Estado para gestionar el riesgo, pues previamente se había advertido la posibilidad de una tragedia de esa magnitud. En aquella ocasión, también se evidenció la incapacidad del Estado colombiano para atender un desastre de esta magnitud.

Tras estos hechos, Armero quedó sepultado, por lo cual los sobrevivientes debieron ser reubicados en municipios aledaños. Algunos de ellos, ante la ineficiencia de las estrategias para la atención de este desastre por parte del Estado, se vieron obligados con el tiempo a desplazarse a zonas más alejadas (González, 2012). La cabecera municipal se trasladó al entonces corregimiento de Guayabal, hoy en día, Armero-Guayabal, y en el lugar de la tragedia se estableció un camposanto, un lugar de conmemoración.

La tragedia de Armero, más allá de ser una tragedia de causas naturales, se da por la falta de gestión del riesgo, pues para ese entonces existía un vacío legal en cuanto a la definición de las zonas de riesgo y el ordenamiento territorial. Esto, sumado a la ausencia de una respuesta oportuna del Estado a las diferentes advertencias sobre el desastre que podría ocurrir, generó una de las mayores y más dolorosas tragedias en la historia de nuestro país, la cual, si bien no era evitable, por lo menos pudo haber sido controlable en cuanto al impacto generado.

3.2 Armenia (Colombia) 1999

El 25 de enero de 1999, a las 13:19, se produjo un sismo de una magnitud de 6,2 en la escala de Richter en el Eje Cafetero colombiano, con 138 réplicas durante un mes, la más fuerte de ellas se produjo el mismo día a las 17:40, con una magnitud de 5,8 en la escala de Richter (Servicio Geológico Colombiano).

Este evento afectó 28 municipios, pero principalmente la ciudad de Armenia, capital del departamento del Quindío. Este sismo dejó 1185 personas muertas y 8533 lesionadas, 35.972 viviendas fueron destruidas o quedaron inhabitables y 43.476 se vieron afectadas (Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE], 1999).

Para el caso de Armenia, el barrio Brasilia, ubicado al sur de la ciudad en la denominada zona 1, fue destruido a causa del sismo. Este barrio constaba de 275 casas que habían sido construidas por el Instituto de Crédito Territorial. La mayoría colapsó ante el sismo y las que no lo hicieron quedaron tan gravemente dañadas que fueron demolidas después por ser inhabitables. Estas viviendas habían sido proyectadas para ser de 2 pisos, con un primer piso más grande que el segundo. En el libro *Sismo de Colombia: Eje Cafetero 1999*, de Roberto Aguiar (1999), se realiza un análisis del porqué de la destrucción de estas viviendas y se resalta que se realizaron ampliaciones sin respetar el diseño original de las viviendas, lo cual sobrecargó la estructura. Además, la estructura de las viviendas no era la adecuada para zonas sísmicas, debido a que se hizo con base en mampostería no armada, sin elementos confinantes de hormigón, lo que les daba muy baja resistencia a cargas laterales. Por otra parte, la topografía hizo que los entrepisos de las casas estuvieran a diferente altura, generando golpeteo de la estructura a las paredes vecinas durante el sismo (Aguiar, 1999).

Debido a esto, el 26 de enero de 1999, el Gobierno nacional declaró la situación de desastre mediante el Decreto 182 de 1999, y en los decretos 195, 196, 197, 198, 199, 200, 223, 258, 350 y 351 de 1999 reglamenta las disposiciones para afrontar la calamidad pública en los municipios afectados e iniciar la reconstrucción.

De esta manera, se crea el Fondo para la Reconstrucción Económica y Social del Eje Cafetero (Forec), responsable de la reconstrucción de los municipios afectados. Este fondo cuenta con autonomía presupuestal y personería jurídica. Además, se determina que el Plan Nacional de Desarrollo debe tener un capítulo especial para el Eje Cafetero, donde se especifique cómo se llevará a cabo la reconstrucción (Forec, 2001). Se hizo énfasis en que, durante la reconstrucción, se debía tener en cuenta la gestión del riesgo de desastres para lograr el desarrollo sostenible de la región, contribuir a erradicar la pobreza y proteger los recursos naturales.

El Forec presenta para ese entonces un nuevo mecanismo para la gestión de la reconstrucción posdesastre, coordinando las acciones de los diferentes actores involucrados en la reconstrucción, como el Banco Mundial, el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), la Presidencia, los ministerios, las instituciones gubernamentales, las universidades, la comunidad académica, la comunidad en general, entre otros.

Se establecieron unos principios bajo los cuales se debía dar la gestión del Forec: la integralidad del desarrollo, la participación de la comunidad, la transparencia y la descentralización. Para la reconstrucción se plantean cinco ejes principales: la vivienda y restitución del equipamiento público, el fortalecimiento del tejido social, la reactivación económica, la recuperación ambiental y las políticas públicas.

Para el caso de la vivienda, el Forec implementó un programa para restituir este derecho perdido, generando subsidios para los propietarios de vivienda que perdieron o sufrieron daño en su propiedad. Posteriormente, estos subsidios se extendieron a los arrendatarios o inquilinos afectados: se entregó un total de 127.121 subsidios (Forec, 2001). Por otro lado, se realizó la reubicación de las viviendas que se encontraban en zonas determinadas como de alto riesgo. Se implementaron para la reconstrucción de las viviendas varios mecanismos, entre ellos, los proyectos piloto de vivienda, la vitrina inmobiliaria y los Planes de Acción Zonal (PAZ).

La reconstrucción de la ciudad de Armenia se llevó a cabo teniendo en cuenta el Plan de Ordenamiento Territorial, que se había aprobado un día antes de la tragedia. En dicho plan no se había establecido el precio base del suelo, lo cual dio origen a la especulación y venta de lotes tanto en el perímetro urbano como fuera de él (González, 2012).

En la zona 1, donde se ubica el barrio Brasilia, se invirtieron en total 19.000 millones de pesos, los cuales, en el caso de vivienda, cubrieron la construcción de 354 viviendas nuevas y la reparación de 489, la entrega de 515 subsidios para reubicar familias que estaban en zonas de alto riesgo y la entrega de 219 subsidios para familias arrendatarias. Para el barrio Brasilia se diseñó una intervención en un periodo de tres años, en la cual se contemplaba la construcción de vivienda. Para ello se realizó una convocatoria nacional de constructoras, se fijó un precio tope para el metro cuadrado y, al final del proceso, se logró el regreso de los afectados a la zona para el segundo semestre de 2001 ya con mejores condiciones.

La destrucción total del barrio Brasilia en Armenia tras el terremoto del Eje Cafetero en 1999 dio paso al análisis de las causas de esta calamidad y a la unión de esfuerzos del sector público, el sector privado y la comunidad mediante el Forec. De esta manera se generaron alternativas para lograr la reconstrucción exitosa de este sector, reconstrucción que mejoró las condiciones de sus habitantes, puesto que se tuvo en cuenta la situación de riesgo del territorio con el fin de que las nuevas viviendas estuvieran en consonancia con el POT y con las normas vigentes para el momento.

3.3 Haití 2010

El 12 de enero de 2010, a las 16:53, se presentó en Haití un sismo con intensidad de 7,0 en potencia magnitud de momento (Mw), con epicentro en Puerto Príncipe. Este sismo generó el colapso de una gran cantidad de edificios, entre estos, el Palacio Presidencial y varias edificaciones gubernamentales, lo que ocasionó la desestabilización del Gobierno central. Se produjo la muerte de al menos 220.000 personas, unas 300.000 quedaron heridas y dos millones se quedaron sin hogar, según la estimación del Gobierno de Haití.

Para el caso de Haití, se debe considerar que, antes del desastre, el 80 % de la población vivía bajo el umbral de la pobreza, con viviendas mal construidas, en hacinamiento y sin acceso a servicios de saneamiento básico (Disasters Emergency Committee [DEC], 2018). El desastre ocasionado por el sismo profundizó la crisis que ya se vivía en el país.

La atención del desastre se dio principalmente por la articulación de organizaciones no gubernamentales, las cuales formaron grupos encaminados a atender cada una de las necesidades de los damnificados, entre ellos, uno para la gestión del alojamiento, dirigido por el Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Refugiados (Acnur) y la Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y la Media Luna Roja (IFRC), apoyado a nivel nacional por ONG nacionales, donantes y el Gobierno (García, 2016).

Este clúster de alojamiento inicialmente realizó el diagnóstico de las viviendas que quedaron en pie. Aquellas que aún eran habitables fueron usadas como refugio para los damnificados. Además, se inició un proyecto de alojamientos progresivos para que las personas cuyas viviendas eran habitables pudieran retornar a ellas. Los beneficiarios de este programa colaboraban con trabajos comunitarios.

La construcción de estas viviendas se realizó, primero, con la retirada de los escombros y la adaptación del terreno. Después, se realizó la construcción de los módulos de vivienda, de 18 m² cada uno: inicialmente se instalaba la estructura (en madera o acero) y se cerraban temporalmente las paredes; posteriormente se terminaban las paredes y los beneficiarios podían hacer las adecuaciones que consideren necesarias. Dependiendo de la cantidad de integrantes de la familia, se entregaban de 1 a 3 módulos (Cruz Roja Española, 2014).

A pesar de que hoy en día la situación de Haití no es mejor que en el año 2010, debido a otros desastres naturales que han golpeado el país y a la crisis política, la implementación de las viviendas progresivas fue una solución para el alojamiento de los afectados por el desastre. De todas maneras, el caso de Haití nos da un ejemplo de cómo los países en los cuales no hay un ordenamiento territorial ni una gestión del riesgo efectiva se ven más afectados por

los sismos y otros eventos naturales. Situación cuyo impacto se podría disminuir con la correcta gestión por parte de los organismos gubernamentales y la población.

3.4 Chile 2010

El 27 de febrero del 2010, a las 3:34, se produjo en Chile un terremoto con intensidad de 8,8 Mw (uno de los cinco más fuertes registrados a nivel mundial), el cual generó a su vez un tsunami. En estas tragedias perdieron la vida 507 personas y resultaron afectadas 440.000 (UNISDR 2015a).

Mediante el desarrollo del Plan de Reconstrucción administrado por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo de Chile (Minvu, 2010), el Gobierno de este país reparó 109.000 casas y reconstruyó 113.000, con lo cual se restituye el 70 % de las viviendas en el mismo lugar donde habitaban las familias (también mediante la asignación de subsidios). Cuatro años después se había terminado el 95 % de las obras contempladas para la reconstrucción de las viviendas (Comerio, 2013).

Al construir las nuevas viviendas, se tuvieron en cuenta las normas de sismo resistencia y la planeación del territorio, se mejoró la resistencia de las nuevas viviendas frente a posibles desastres futuros y, por lo tanto, la calidad de vida de los afectados. En este caso, vemos que el Estado actuó de forma tal que la reconstrucción de las viviendas se dio de manera eficaz, se logró que las personas regresaran a sus lugares habituales y se evitó la fractura de las comunidades.

3.5 México 2017

El 19 de septiembre de 2017, a las 13:14, se produjo un sismo de una magnitud de 7,1 en la escala de Richter entre los estados de Puebla y Morelos, en México (Servicio Sismológico Nacional [SSN], 2017). Después del sismo se evidenciaron varias iniciativas por parte de la población, entre las cuales cabe destacar la llamada Viviendas Emergentes (VIEM EX), en la cual se construyeron casas para los damnificados del sismo utilizando envases de tereftalato de polietileno, o botellas PET (por su sigla en inglés), recicladas para hacer los muros de las viviendas. De esta manera se redujeron los costos de la reconstrucción, la cual

fue llevada a cabo por voluntarios con ayuda de donaciones tanto de las botellas como de dinero.

En cuanto a esto, en un trabajo de grado de la Maestría en Proyectos y Edificación Sustentables (Espinosa-Guzmán, 2016) se habían analizado las condiciones que debe tener este sistema constructivo para hacerlo viable. Para el análisis se visitó una vivienda hecha con botellas PET, donde se determinó que este método es viable y presenta ventajas, como ser un material fácilmente disponible, de muy bajo costo y que además no genera un impacto ambiental importante.

4. Criterios técnicos

En el presente capítulo se exponen las generalidades, parámetros, lineamientos y metodología usados para el diseño de la vivienda hacia la cual se enfoca el proceso de construcción. Esto se hace con el fin de dimensionar los diferentes espacios, materiales y actividades necesarios para su desarrollo. De esta manera, es posible proponer el sistema de autoconstrucción asistida pretendido por esta investigación. El capítulo tendrá dos partes. La primera es la normativa que se aplicará para viviendas de un solo piso (título E de la NSR 10), con base en la cual se diseñará la estructura interna y principal de la vivienda. Esta estructura será aplicada en las dos propuestas de vivienda, las cuales se comparan en costos para determinar cuál cumple con ese importante aspecto de esta investigación. La segunda parte corresponde a las generalidades que se tuvieron en cuenta para el diseño del proceso constructivo de la vivienda.

4.1 Normativa técnica aplicable a la construcción de viviendas

En lo que respecta a la normatividad técnica para las viviendas en las que se enfoca el presente estudio, resalta la norma sismorresistente colombiana del año 2010 (NSR 10). A lo largo de dicha norma se especifican los criterios y requerimientos mínimos que rigen las actividades constructivas del país.

Acorde con el enfoque general del presente estudio, la NSR 10 armoniza con las metas nacionales del Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (PNGRD), en la medida en que busca reducir a un mínimo el riesgo de la pérdida de vidas humanas y defender, en lo posible, el patrimonio del Estado y de los ciudadanos. De esta manera, la aplicación de la NSR 10 contrarresta directamente varias de las falencias por las cuales se crearon las fichas metodológicas del PNGRD, las cuales, como se mencionó anteriormente, buscan reducir la tasa de mortalidad nacional causada por desastres a una cifra de 5,9 personas por cada 100.000 en el decenio 2015-2025. Al mismo tiempo, el PNGRD busca reducir el número de viviendas destruidas directamente por fenómenos recurrentes.

La NSR 10 se divide en diferentes títulos que abordan los distintos tipos de estructuras y de materiales. Entre dichos títulos se destaca el título E, el cual se especializa en casas de uno y dos pisos para programas de máximo quince viviendas, razón por la cual será la base técnica para el presente estudio en lo que se refiere a la norma sismorresistente.

4.1.1 NSR 10, título E: criterios básicos

En los criterios básicos, el título E plantea el sistema de resistencia sísmica, el cual debe garantizar un comportamiento adecuado individual y de conjunto ante cargas horizontales mediante mecanismos que contemplan muros estructurales que resistan las fuerzas laterales, sistemas de diafragmas que permitan el trabajo en conjunto de los muros estructurales y un sistema de cimentación que transmita al suelo las cargas generadas por el sistema estructural.

En cuanto a disposición se refiere, se recomienda que los muros estructurales se encuentren en dos direcciones ortogonales o aproximadamente ortogonales en planta y que, adicionalmente, tengan longitudes similares. También se recomienda que, en lo posible, la disposición de los muros sea simétrica en planta, con el fin de evitar torsiones indeseadas. En caso de que no sea posible generar la simetría en planta, se recomienda generar módulos individuales simétricos que trabajen independientemente entre sí.

En lo que respecta a integridad estructural, se debe tener en cuenta la continuidad vertical de los muros estructurales, los cuales deben estar anclados a la cimentación y dar continuidad a

la cubierta. Finalmente se sugiere evitar irregularidades en altura con el fin de generar un comportamiento homogéneo de la estructura.

4.1.2 NSR 10, título E: cimentaciones

Como requisito mínimo se debe verificar el comportamiento de casas similares en zonas aledañas al área de construcción de la vivienda, verificar la ausencia de procesos de remoción en masa, erosión, cuerpos de agua u otros que puedan afectar la estabilidad y funcionalidad de las casas.

En cuanto a explotación del subsuelo se refiere, se debe realizar un apique de mínimo 2,0 m de profundidad por cada 3 unidades construidas o por cada 300 m² de construcción. La finalidad de dichos apiques será constatar la calidad del suelo de cimentación, así como determinar la estratigrafía a lo largo de los apiques ejecutados.

Después de la exploración mínima, si se identifican condiciones inadecuadas para la cimentación, se deben realizar estudios geotécnicos acordes con las exigencias del título H de la NSR 10.

En caso de que no sea necesario un estudio geotécnico, se procederá con la limpieza del terreno. Este procedimiento consiste en retirar el material orgánico y generar los drenajes necesarios para asegurar una incidencia mínima de la humedad. Posteriormente se implanta el sistema de cimentación a la profundidad identificada como óptima. Esta cimentación estará compuesta por un sistema reticular de vigas que configuran anillos rectangulares en planta y que les dan continuidad a los muros estructurales.

4.1.3 NSR 10, título E: mampostería confinada

El apartado de mampostería confinada del título E clasifica los muros confinados en estructurales y no estructurales. Los estructurales son aquellos que resisten fuerzas horizontales y cargas verticales, mientras que los no estructurales separan espacios en el

interior de la vivienda. Adicionalmente, se describen las unidades de mampostería, las cuales pueden ser de concreto, de arcilla cocida o de salical.

Las unidades en concreto tipo bloque de perforación vertical deben cumplir con la norma NTC 4026 (ASTM C90), las unidades portantes macizas tipo tolete deben cumplir con la norma NTC 4026 (ASTM C55) y las unidades de concreto de resistencia clase baja deben cumplir con la norma NTC 4076 (ASTM C129).

Las unidades de arcilla tipo bloque de perforación vertical deben cumplir con la norma NTC 4205 (ASTM C34), las unidades portantes macizas tipo tolete deben cumplir con la norma NTC 4205 (ASTM C62) y las unidades de arcilla de resistencia clase baja deben cumplir con la norma NTC 4205 (ASTM C56, C212 y C216).

Las unidades sílico-calcáreas deben cumplir con la norma NTC 922 (ASTM C73). En cuanto a los morteros de pega, estos deben ser de alta plasticidad y consistencia, y tener una retención de agua que garantice la hidratación del cemento y su resistencia mínima a la compresión, que a los 28 días debe ser de 7,5 MPa.

4.2 Generalidades y parámetros de diseño

De acuerdo con el marco legal descrito con anterioridad, con el contexto expuesto en cuanto a gestión del riesgo de desastres y con los estudios de caso revisados, se establece una situación hipotética en la que se hace necesario aplicar un proceso de reconstrucción de viviendas posterior a la ocurrencia de un evento sísmico de gran magnitud. Para ello se modelaron las condiciones sísmicas de un área del país que se considera de amenaza alta: el departamento de Nariño. De acuerdo con la zonificación sísmica de la NSR 10 (Tabla 4.1), se aplicaron los valores de aceleración para el departamento de Nariño, ciudad de Pasto, con amenaza alta según se aprecia en la Tabla 4-1.

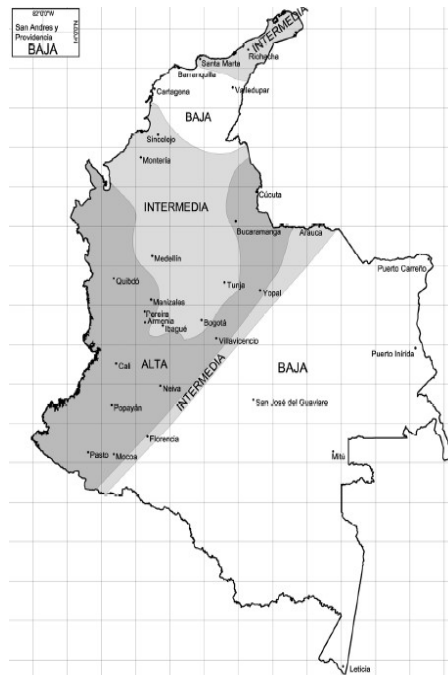
Tabla 4-1. Valores A_A y A_V para la ciudad de Pasto

CIUDAD	A_A	A_V

Arauca	0,15	0,15
Armenia	0,25	0,25
Barranquilla	0,10	0,10
Bogotá	0,15	0,20
Bucaramanga	0,25	0,25
Cali	0,25	0,25
Cartagena	0,10	0,10
Cúcuta	0,35	0,30
Florencia	0,20	0,15
Ibagué	0,20	0,20
Leticia	0,05	0,05
Manizales	0,25	0,25
Medellín	0,15	0,20
Mitú	0,05	0,05
Mocoa	0,30	0,25
Montería	0,10	0,15
Neiva	0,25	0,25
Pasto	0,25	0,25

Fuente: NSR 10 (Tabla A.2.3-2).

Figura 4-1. Zonas de amenaza sísmica aplicable a edificaciones para la NSR 10 en función de A_A y A_v .

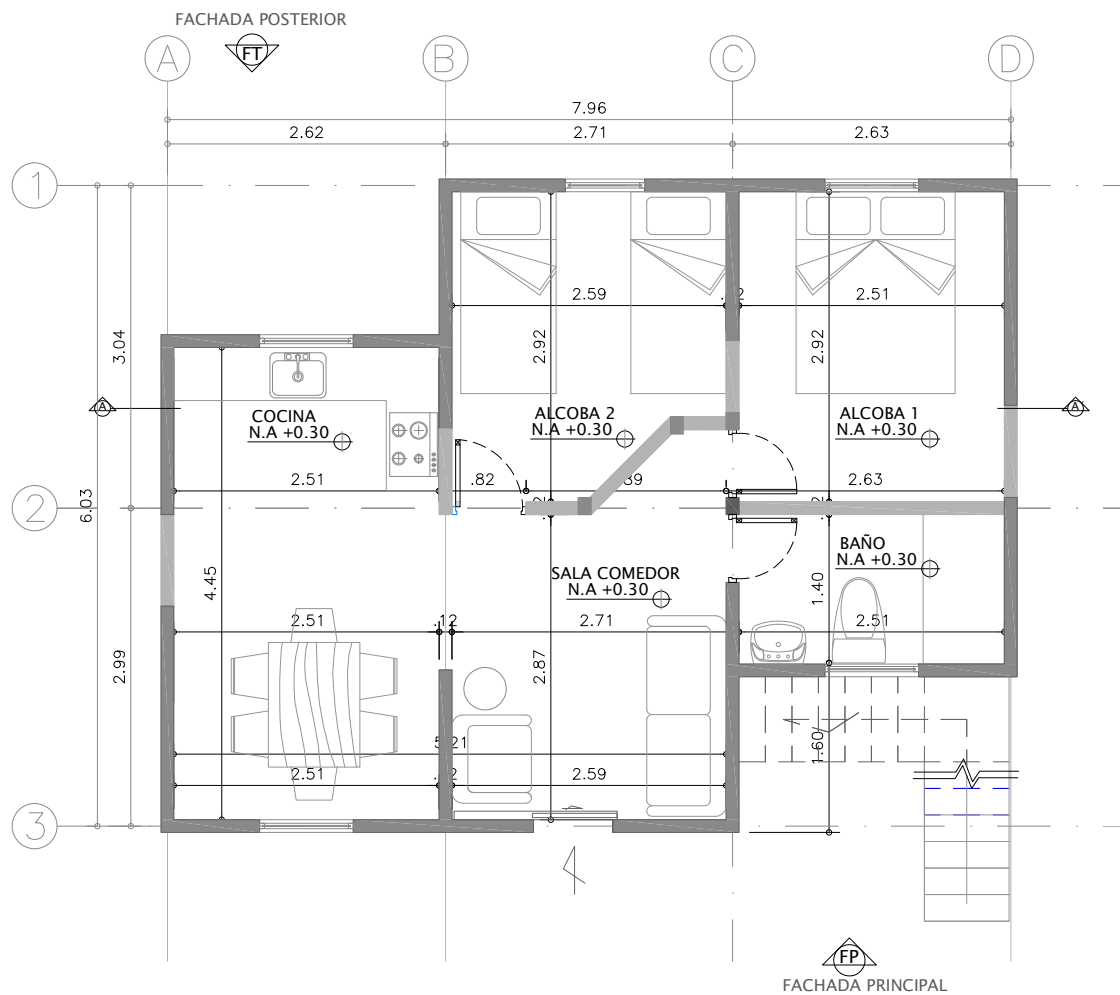


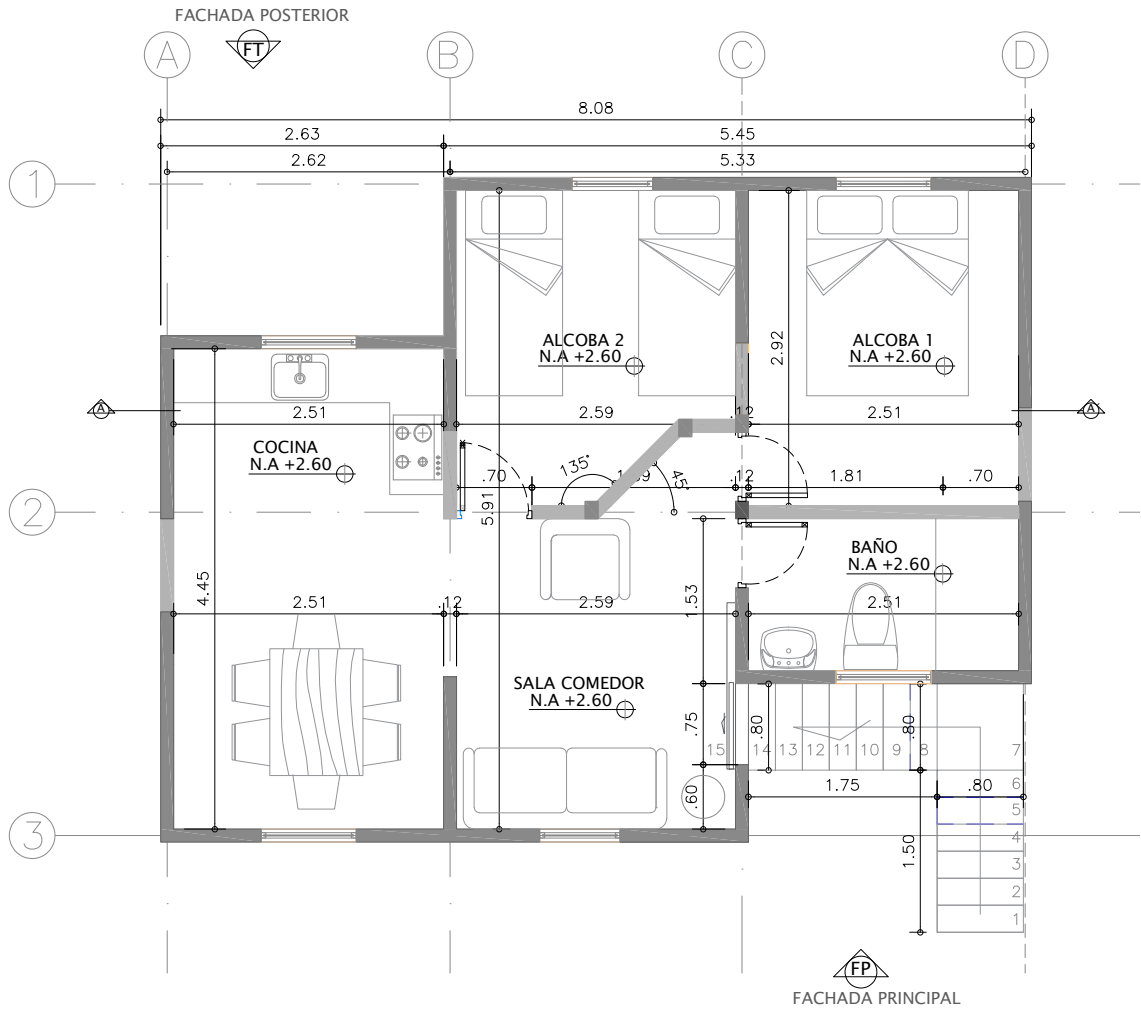
Fuente: NSR 10 (título A).

En cuanto a las características geotécnicas, como se aclaró anteriormente, la NSR 10 exige, para la construcción de viviendas, una exploración mínima en campo que verifique un estrato de cimentación competente. En este orden de ideas, el alcance del presente estudio y diseño en ningún momento sustituirá dicha actividad exploratoria exigida, por lo tanto, será necesaria su ejecución para cada grupo de viviendas. Ahora bien, debido a que para el modelamiento de la cimentación se necesitan ciertos parámetros propios del suelo identificado en los apiques, para el diseño se adoptarán valores conservadores, que son muy probables de encontrar en campo en el lugar propuesto. El valor de capacidad portante usado para modelar corresponde a 10 T/m^2 en un suelo tipo lacustre.

Se parte de que la vivienda propuesta es unifamiliar, de un piso y se desarrolla en un área construida de $41,9 \text{ m}^2$, lo cual corresponde al área planteada en el Decreto 2060 de 2004 (Presidencia de la República de Colombia, 2004), en el que se establece el área de vivienda según la cantidad de familias, sin embargo se deja como a consideración del propietario la realización de un segundo nivel para una segunda familia.

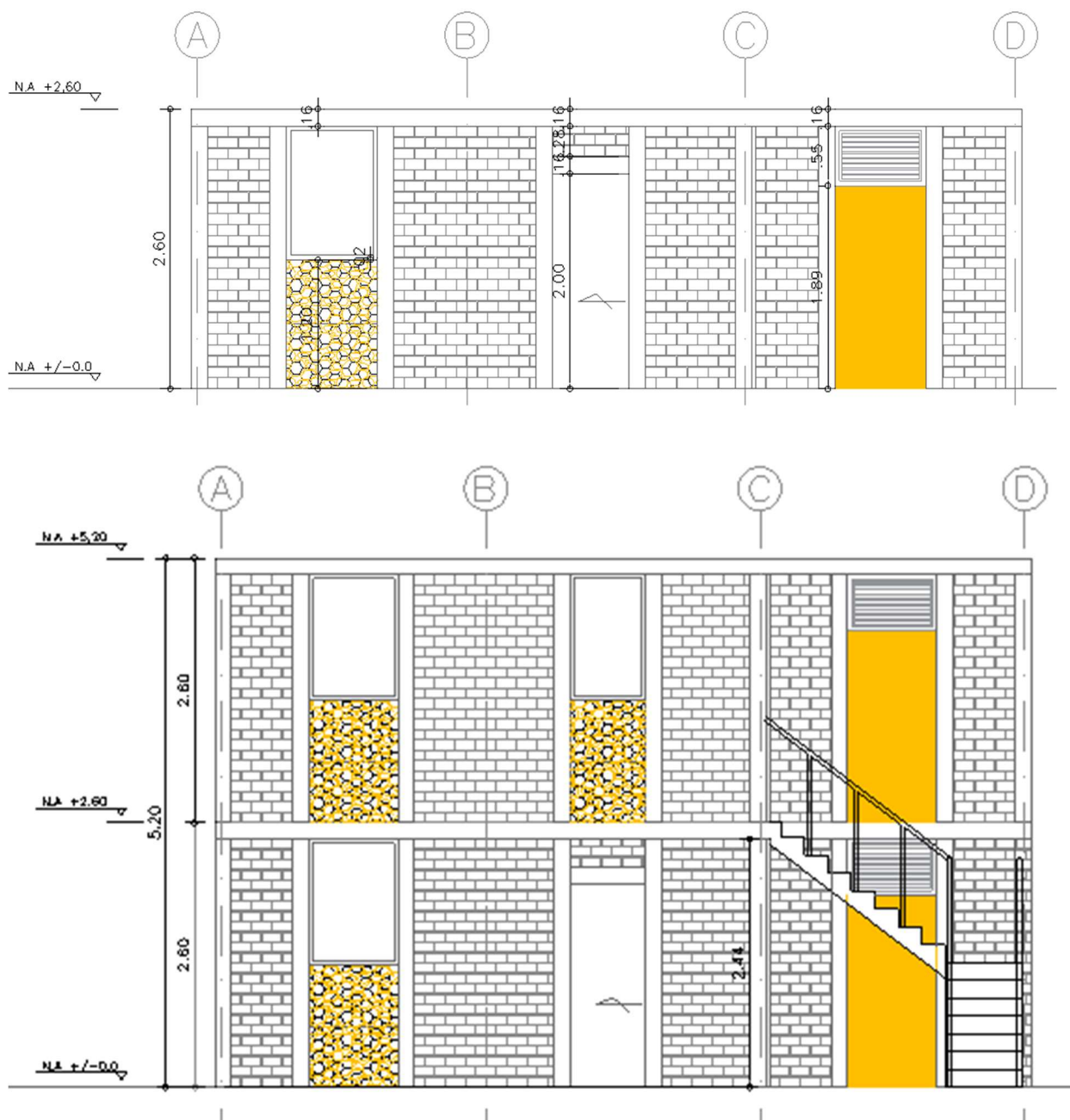
Figura 4-2. Planta Arquitectónica piso 1 y 2





PLANTA ARQUITECTONICA-PISO 2
(AMPLIACION POSTERIOR)

Figura 4-3. Fachada principal con un nivel y dos niveles (ampliación posterior)



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4-2. Área mínima según tipo de vivienda

Tipo de vivienda	Área mínima (m²)
Unifamiliar	41.9
Bifamiliar	83.7

Fuente: Decreto 2060 de 2004 (Presidencia de la República de Colombia, 2004).

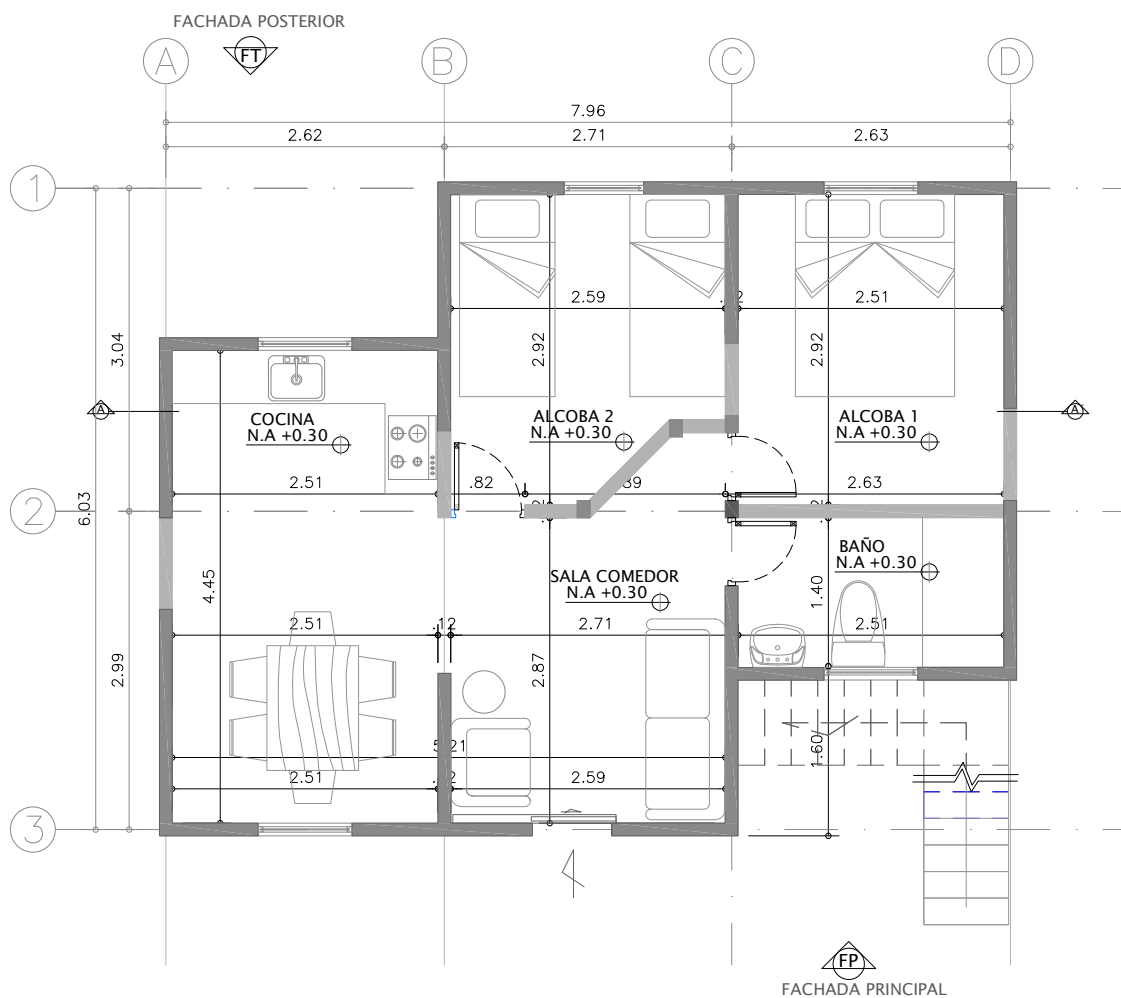
La distribución de la vivienda se desarrolla en un área construida de aproximadamente 41.9 m² y 37 m² de área privada, con 2 alcobas, cocina, 1 baño y sala comedor de acuerdo con las Tablas 4-2 y 4-3. Se propone la distribución para una familia de 3 o máximo 4 miembros, ya que como lo indica el DANE en las estadísticas del censo Nacional de población y vivienda de 2018, las familias en promedio tienen 3 integrantes.

Tabla 4-3. Área de espacios privados de la vivienda

Espacio	Área (M²)
Alcoba 1	7.30
Alcoba 2	6,80
Baño	3.50
Cocina	3.90
Sala comedor	15.5
Total Área privada	37

Fuente: Elaboración propia.

Figura 4-4. Distribución en planta de los espacios interiores de la vivienda en piso 1



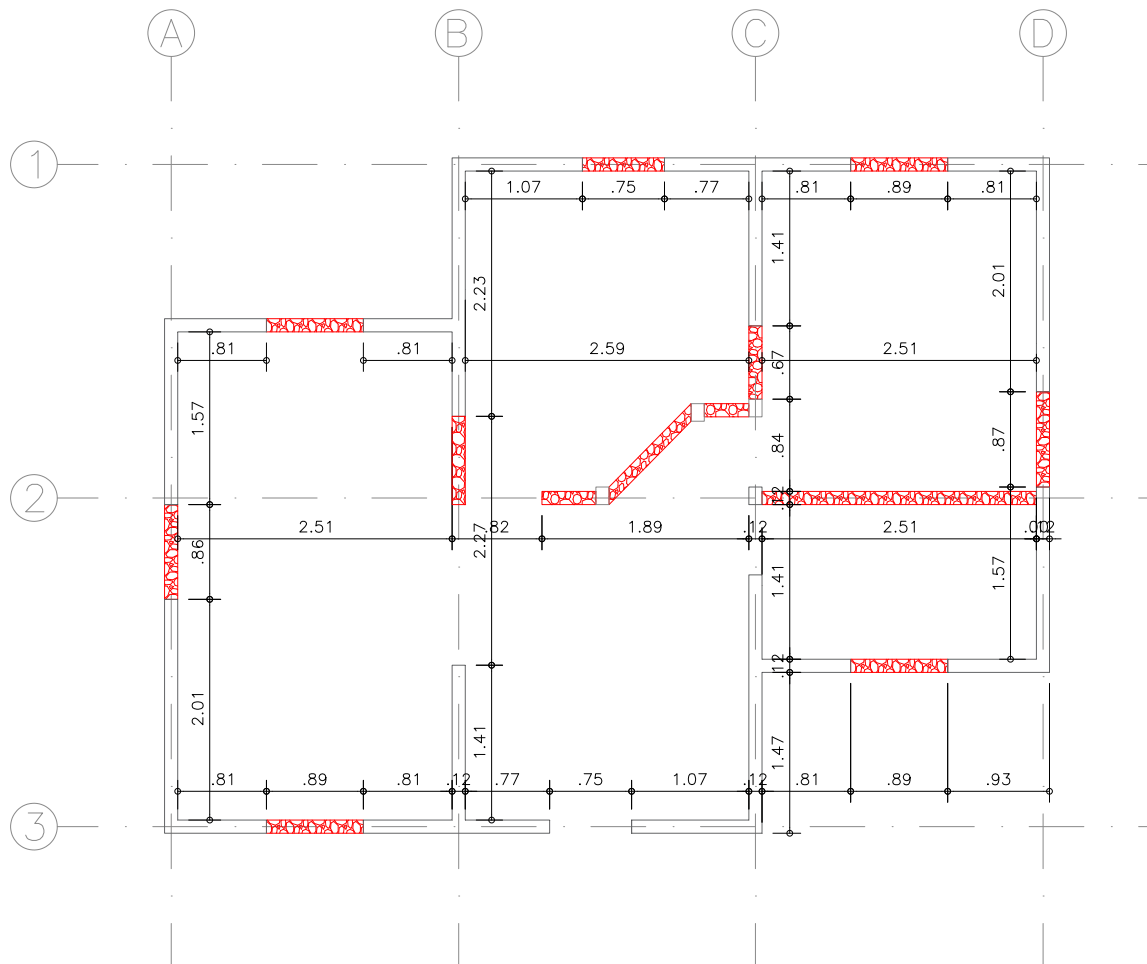
Fuente: Elaboración propia.

5. Estudio de muros divisorios propuestos

Los muros de la vivienda se encuentran clasificados en muros estructurales y muros divisorios en gavión esbelto. Como se describió anteriormente, los muros estructurales serán en bloque liviano portante 0.29*.09*.012m, con perforación vertical, lo cual es definitivo en la vivienda. Se estudiará únicamente el cambio del material en los muros divisorios para

reducir costos y reutilizar materiales producto del desastre, como escombros y piedras de diferentes dimensiones. Finalmente, se propone la construcción de los muros divisorios tipo gavión Esbelto. En la Figura 5-1 se muestra la localización en planta de los tipos de muro.

Figura 5-1. Tipología de muros



MUROS ESTRUCTURALES 70% 

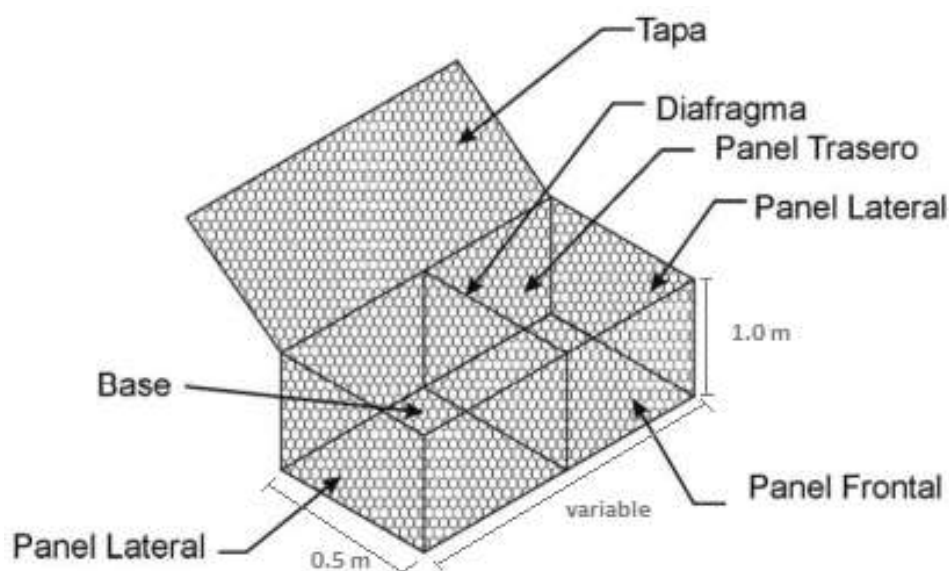
MUROS NO ESTRUCTURALES TIPO GAVION ESBELTO 30% 

Fuente: Elaboración propia.

5.1 Muros no estructurales tipo gavión Invías

En concordancia con las dimensiones de los sistemas constructivos descritos anteriormente, los muros en adobe se ciñen a lo establecido en el *Manual para la rehabilitación de viviendas construidas en adobe y tapia pisada* (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica [AIS], s.f.). Los muros también se ciñen a las dimensiones estándar de las canastas de gavión del Invías (2013), lo cual se ilustra en la Figura 5.2. Los módulos se proponen de 0,5 m de ancho, 1.0 m de alto y de longitud variable.

Figura 5-2. Canasta de gavión

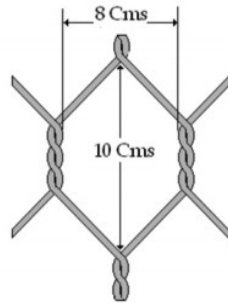


Fuente: Elaboración propia a partir de la Figura 681-1 de Invías (2013, art. 681-13).

El relleno estará constituido por escombros clasificados, producto de la situación de desastre. Según las especificaciones del Invías en el art. 681-13 (2013), que relacionan el tamaño mínimo de los elementos del relleno con la abertura máxima de la rejilla de la canasta, se

determina un tamaño mínimo de 10 cm, que coincide con la abertura máxima de la rejilla, la cual suele ser de 10 cm × 8 cm (Figura 5-3). El tamaño máximo será de 20 cm.

Figura 5-3. Apertura de malla de gavión



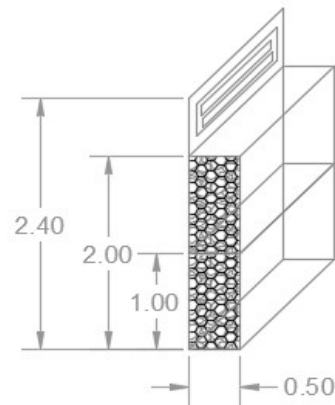
Fuente: Figura 681-2 de Invías (2013, art. 681-13).

Adicionalmente, el material de relleno debe tener una gradación óptima, es decir que exista variedad de tamaños dentro de los rangos establecidos, con el fin de inducir al acomodamiento de los agregados en el interior de la canasta, de forma que se reduzcan los espacios vacíos y aumente la estabilidad.

En cuanto a la resistencia, la norma Invías especifica ensayos que garanticen tanto las propiedades mecánicas como químicas de los agregados. Sin embargo, debido a que en este caso el uso de los muros será únicamente para dividir espacios mediante reutilización de escombros como relleno, no se aplicarán dichas características de resistencia.

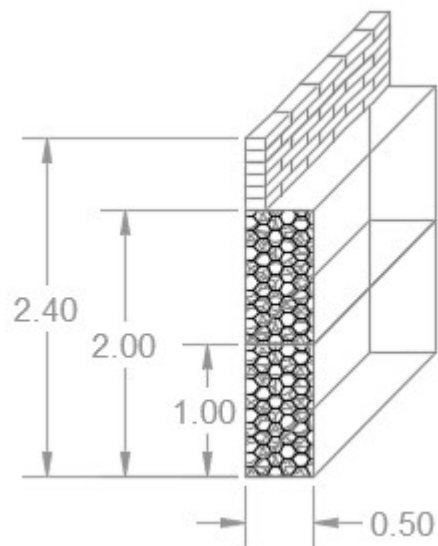
Debido a las condiciones modulares de los gaviones tipo Invías, que cuentan con una altura de 1,0 m, se proponen módulos de muro de 2,0 m de altura en gavión y 0,40 m de bloque o ladrillo. En espacios como baño y cocina, se propone una rejilla con el fin de permitir la circulación del aire. Los tipos de módulo pueden verse en la Figura 5-4 y la Figura 5-5.

Figura 5-4. Muro no estructural de gavión Invías para propuesto para baño y cocina



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-5. Muro de gavión para propuesto con altura completa



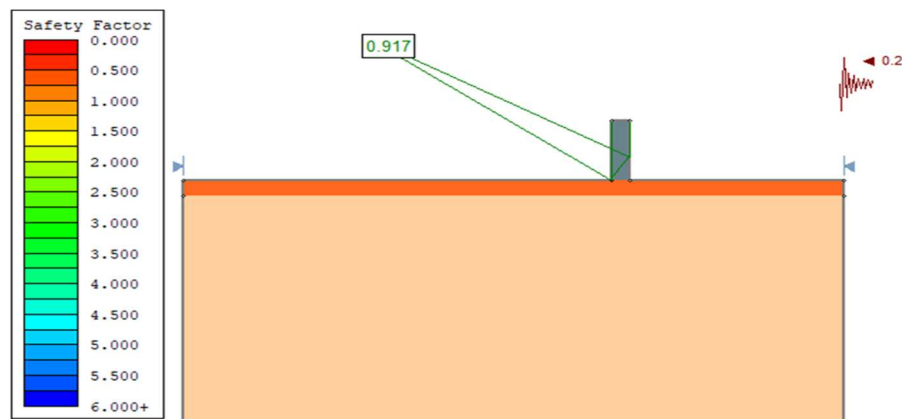
Fuente: Elaboración propia.

Partiendo de los escombros esperados, en cuanto a relleno se refiere, además de la clasificación según tamaño descrita anteriormente, es recomendable que el llenado de la primera fila de gaviones (fila inferior) se realice con el material más pesado encontrado, como

concreto y recebo, y el relleno de la segunda fila de gaviones se realice con materiales más livianos, también esperados en el conjunto de escombros, como bloque y ladrillo de arcilla.

Tras haber realizado los chequeos preliminares mediante un modelado de los muros de gavión propuestos, se encontró que el muro en gavión tipo Invías, al adaptarse a una base de 0,5 m de ancho y 2,0 m generaba un elemento demasiado esbelto. A raíz de esto, a la hora de aplicar la aceleración horizontal del sismo, se hacía inestable y era susceptible de volcamiento. En la Figura 4-10 se muestra un modelo en el *software* Slide 6.0 que suele ser usado para estructuras de contención como gaviones, muros y, en general, estudios de suelos.

Figura 5-6. Muro de gavión Invías: modelo de sismo



Fuente: Elaboración propia.

El modelado arroja un factor de seguridad inferior a 1,0, lo cual se traduce en probabilidad de volcamiento ante el sismo de diseño. Esto hace que sea necesario estabilizar el muro de gavión e independizarlo de los muros estructurales. Inicialmente se contempló vincular los muros divisorios con los muros estructurales, pero, debido al gran peso de los muros de gavión, vincularlo con el resto de la vivienda puede inducir al colapso general en caso de volcamiento.

Con base a lo anteriormente descrito, se plantean dos opciones para estabilizar los muros tipo gavión Invías. La primera opción consiste en orientar la canasta de la misma manera en que se usa cuando esta trabaja como muro de contención, es decir, con una base de 1,0 m de

ancho, lo cual reducirá su esbeltez y le permitirá resistir la fuerza. Sin embargo, esta opción se hace totalmente inviable en la medida en que castiga el área habitable en $1,0 \text{ m}^2$ por cada metro de muro.

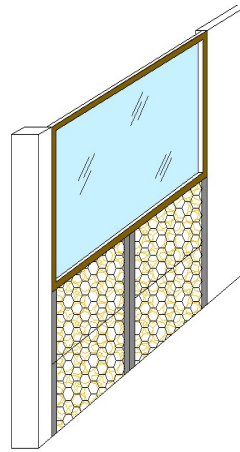
La segunda opción consiste en crear un sistema de cimentación y anclajes que permita estabilizar el muro, mientras se mantiene su esbeltez y se restringe su movimiento en las condiciones de desastre. Sin embargo, esto afecta los costos, como puede verse en el análisis del presupuesto general.

5.2 Muros divisorios tipo gavión esbelto

Existe un tipo de construcción de muros tipo gavión que se basa en generar gaviones más esbeltos que los tradicionales, mediante sistemas modulares que reemplazan la estabilidad de una base de área considerable gracias a la rigidez Inter modular aportada por elementos tipo perfil metálico H y C. Estos muros tienen la ventaja de que, al ser más esbeltos, aumentan el área habitable en el espacio en el que se empleen. La estructura modular propuesta es de 14,5 cm de ancho, 60 cm de alto y longitud variable que no exceda 1,2 m. En cuanto a la granulometría del relleno, el tamaño puede variar entre 8 y 12 cm, siempre y cuando la forma permita el ingreso entre la canasta (que tiene un ancho libre de 12 cm). Adicionalmente, se recomiendan tamaños variados entre los rangos establecidos, con el fin de reducir los espacios vacíos y aumentar la estabilidad.

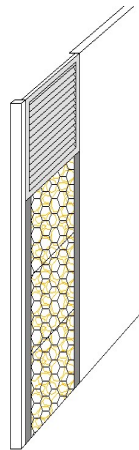
Debido a la modulación de los muros en relación con la altura libre en el interior de la vivienda, se usarán tres módulos consecutivos de 60 cm. Después, se continuará con rejilla en el caso de los baños y cocina. Para los muros de las alcobas y la sala se alcanzará la altura de dos módulos, que suman 1,20 m, y se terminará con ventanas para mejorar la iluminación de la vivienda. En las Figuras 5-7 y 5-8 se muestra un esquema de los muros propuestos.

Figura 5-7. Muro gavión esbelto de sala, cocina y alcobas



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-8 Muro gavión con perfil para baño



Fuente: Elaboración propia.

Existen varias empresas alrededor del mundo que comercializan sistemas de muros similares a los propuestos. Tal es el caso de la empresa alemana Giardino, la cual cuenta con módulos de varias longitudes, anchos y espesores y, según el sistema constructivo propuesto en la ficha técnica del producto, tienen características autoportantes que dan estabilidad al sistema (Figura 5-9).

Figura 5-9. Muro gavión Varesse 100 - Giardino



Fuente: Giardino Catalog, Welded gabions and Stone walls.

Si bien es cierto que existen sistemas comercializados para la construcción de muros esbeltos tipo gavión, es necesario contextualizarlos, con el fin de identificar aquellos sistemas similares a los materiales y condiciones colombianas, así como vincularlos al sistema de mampostería confinada de la vivienda propuesta. En este orden de ideas, se procede con el diseño y modelado del muro gavión con perfiles C y H. Los detalles se encuentran en el “Anexo 1. Memoria estructural y anexo 7 planos estructurales”.

6. Diseño de vivienda

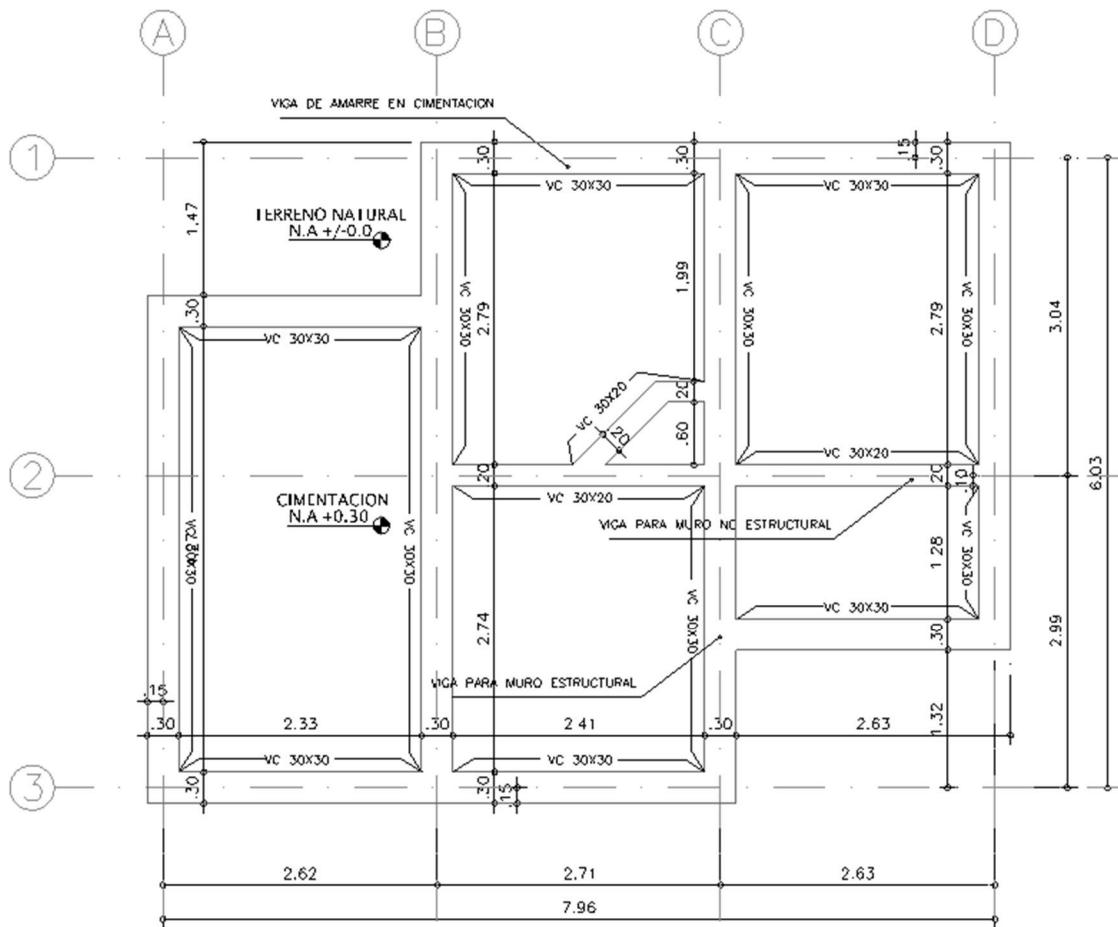
A continuación, se describe el sistema estructural de la vivienda, el cual fue diseñado de acuerdo con los requerimientos de la NSR 10 y según las consideraciones y parámetros descritos anteriormente. Las memorias estructurales se encuentran en el “Anexo 1. Memoria estructural” y los planos generados se encuentran en el “Anexo 5. Planos arquitectónicos, Anexo 6 planos técnicos y Anexo 7 planos estructurales”.

6.1 Cimentación

La cimentación se encuentra compuesta por vigas de amarre a una profundidad de implantación de 0.30 m (Figura 6-1). Seguido de 15 cm de concreto ciclópeo, el cual usa como agregado de escombros de concreto diferente granulometría. Si es necesario, el

material de escombros será triturado con el fin de obtener tamaños heterogéneos que permitan una alta calidad del concreto ciclópeo.

Figura 6-1. Planta de cimentación de Vigas de amarre N+0,30



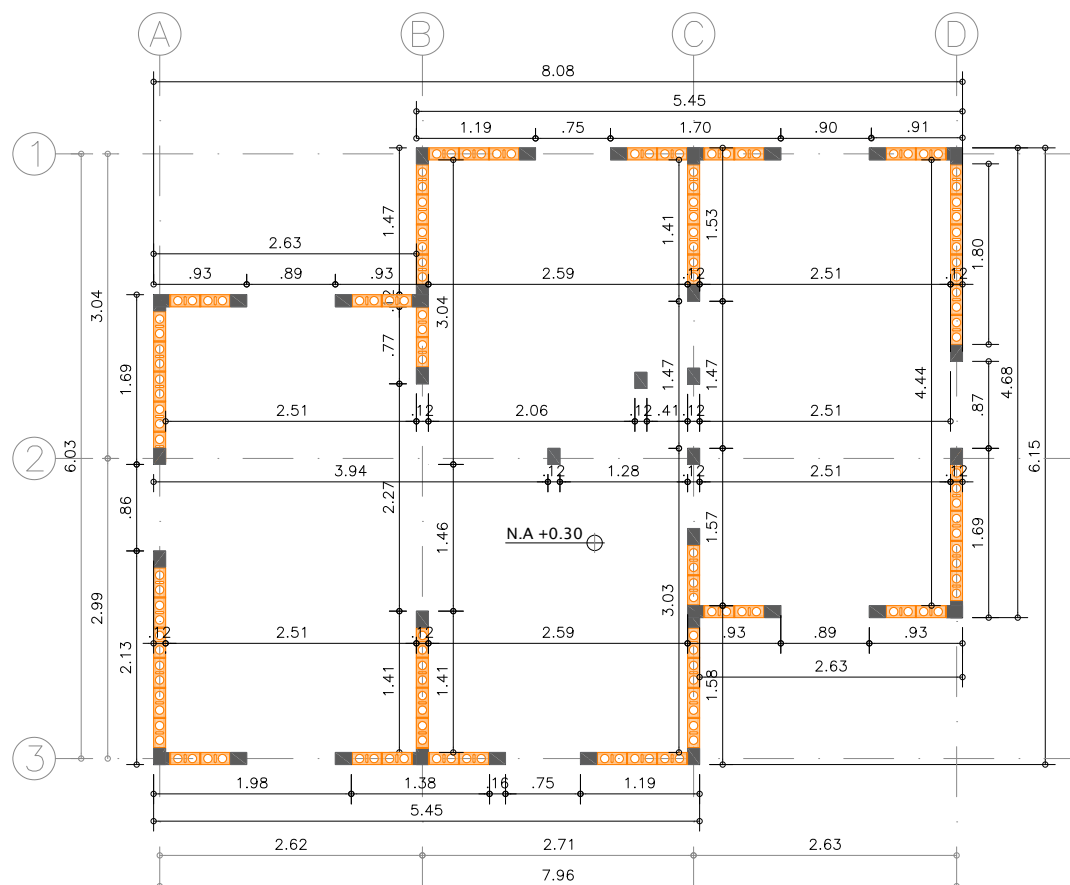
Fuente: Elaboración propia.

6.2 Muros estructurales

El sistema de muros se describe de manera general en el título E de la NSR 10 y se define en detalle en el título E.3.1.2 (“Mampostería con muros confinados estructurales”) de la siguiente manera: “se consideran muros como estructurales, en un nivel determinado, aquellos que presentan continuidad desde la cimentación hasta el diafragma superior del nivel considerado, que no tienen ningún tipo de aberturas, y que están confinados”. Los muros se

encuentran conformados por ladrillo de perforación vertical que permite el vertimiento de concreto y el ingreso de refuerzo (Figura 6-2).

Figura 6-2. Planta de muros estructurales en mampostería confinada N+3,0



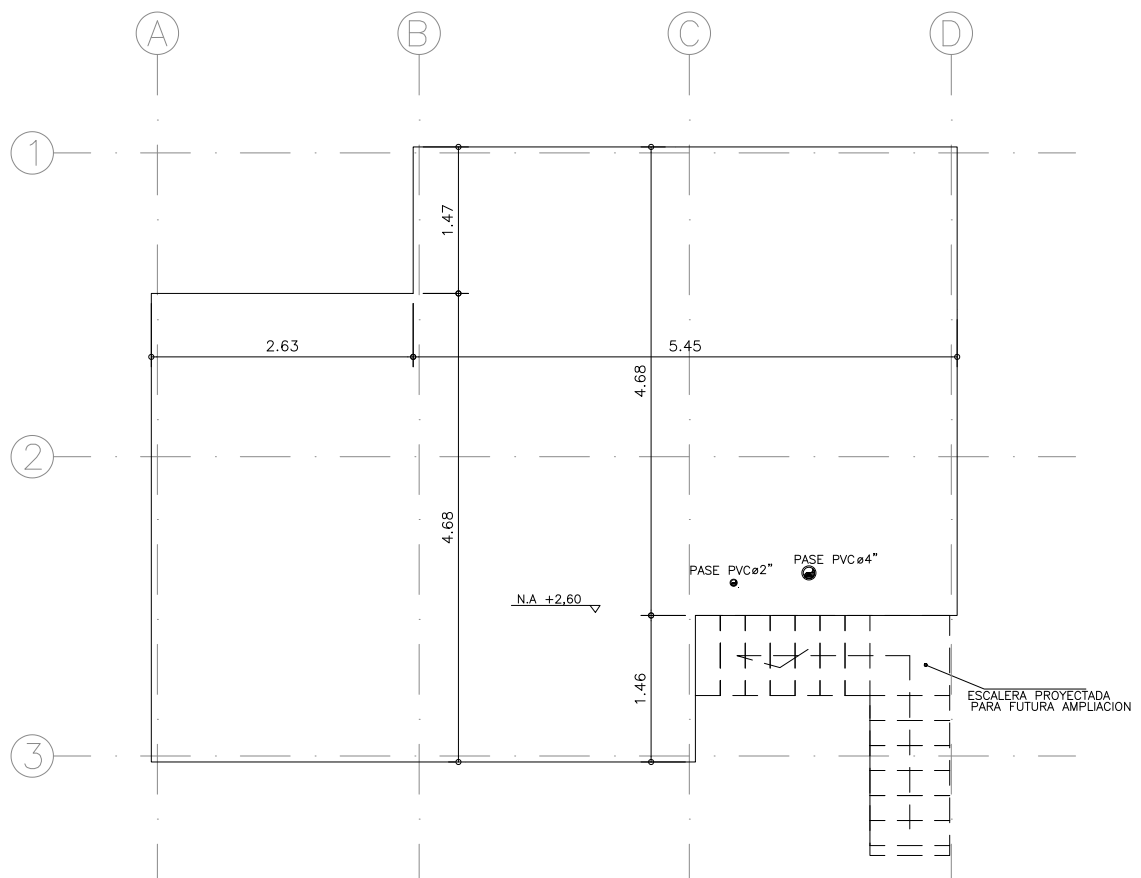
**PLANTA DE MUROS ESTRUCTURALES PISO 1
N+/-0.0 A 2.44**

Fuente: Elaboración propia.

6.3 Cubierta

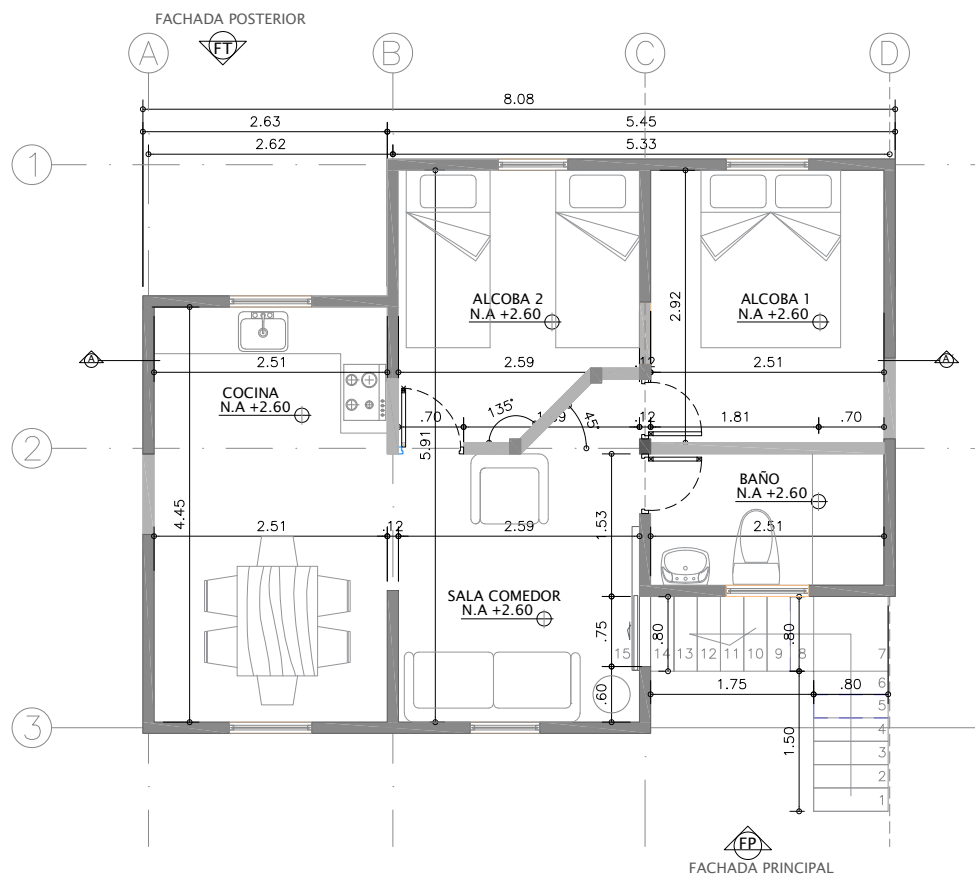
En concordancia con las características del sistema rígido de mampostería confinada, se establece que la cubierta debe ser tipo placa, de 10 cm de espesor y reforzada con malla electrosoldada. Se aprovecha esta placa para poder dejar la opción de una vivienda en el segundo nivel, con un ingreso independiente, con el fin de que la familia tenga la opción de generar ingresos adicionales (Figura 6-3).

Figura 6-3. Planta cubierta para futura ampliación



Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-4. Planta piso 2, proyectada para una futura ampliación

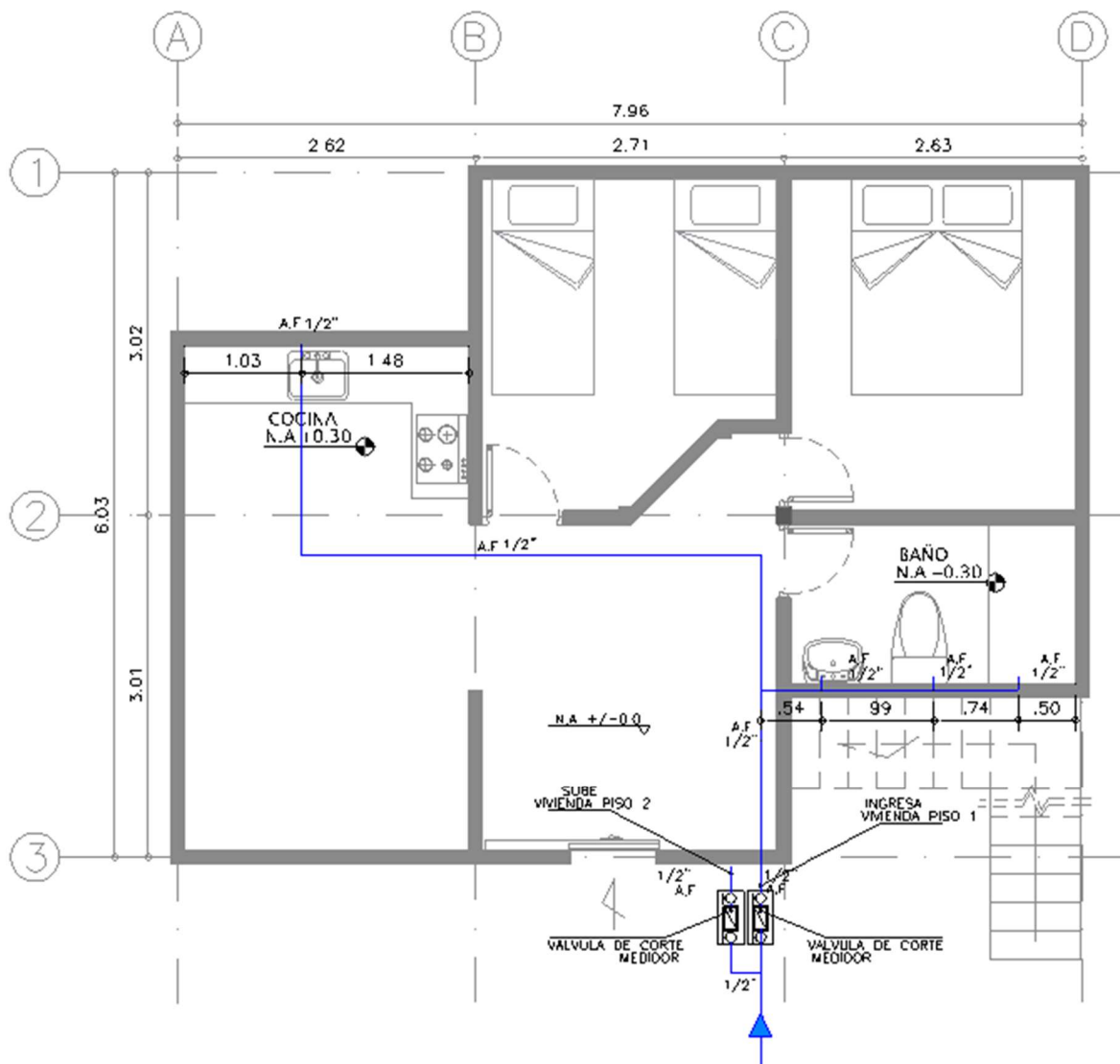


Fuente: Elaboración propia.

6.4 Instalaciones hidráulicas

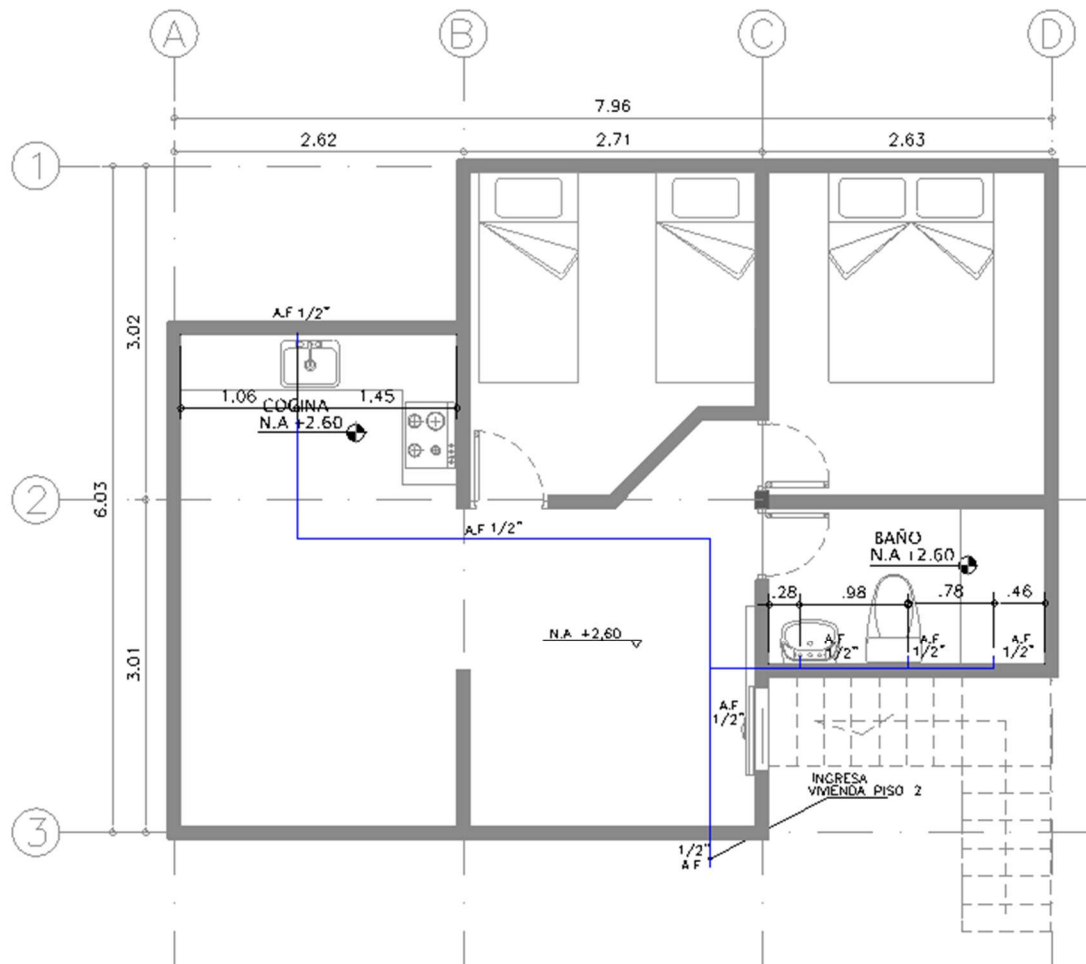
Para las instalaciones hidráulicas se propone la tubería que ingresa a los espacios de la cocina y el baño, generando una red en tubería PVC de 1/2" en el interior de la vivienda (Figuras 6-5 y 6-6). En lo que respecta a instalaciones sanitarias (Figuras 6-7 y 6-8), se propone una red de 2" para aguas grises y de 4" para aguas negras. Estas se conectan a las cajas de inspección ubicadas en el exterior y este a los pozos sépticos.

Figura 6-5. Instalaciones hidráulicas



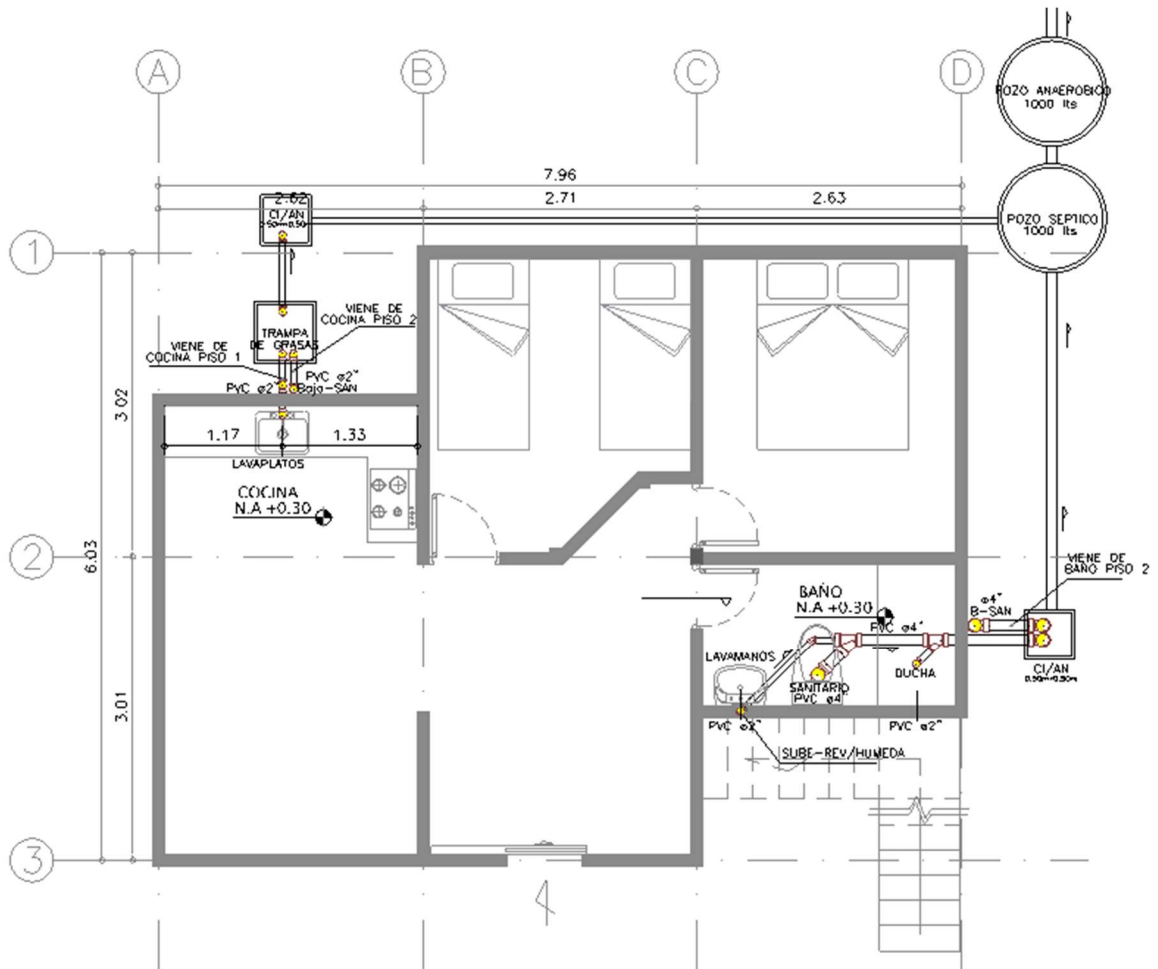
Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-6. Instalaciones hidráulicas Piso 2, proyectada para una futura ampliación.



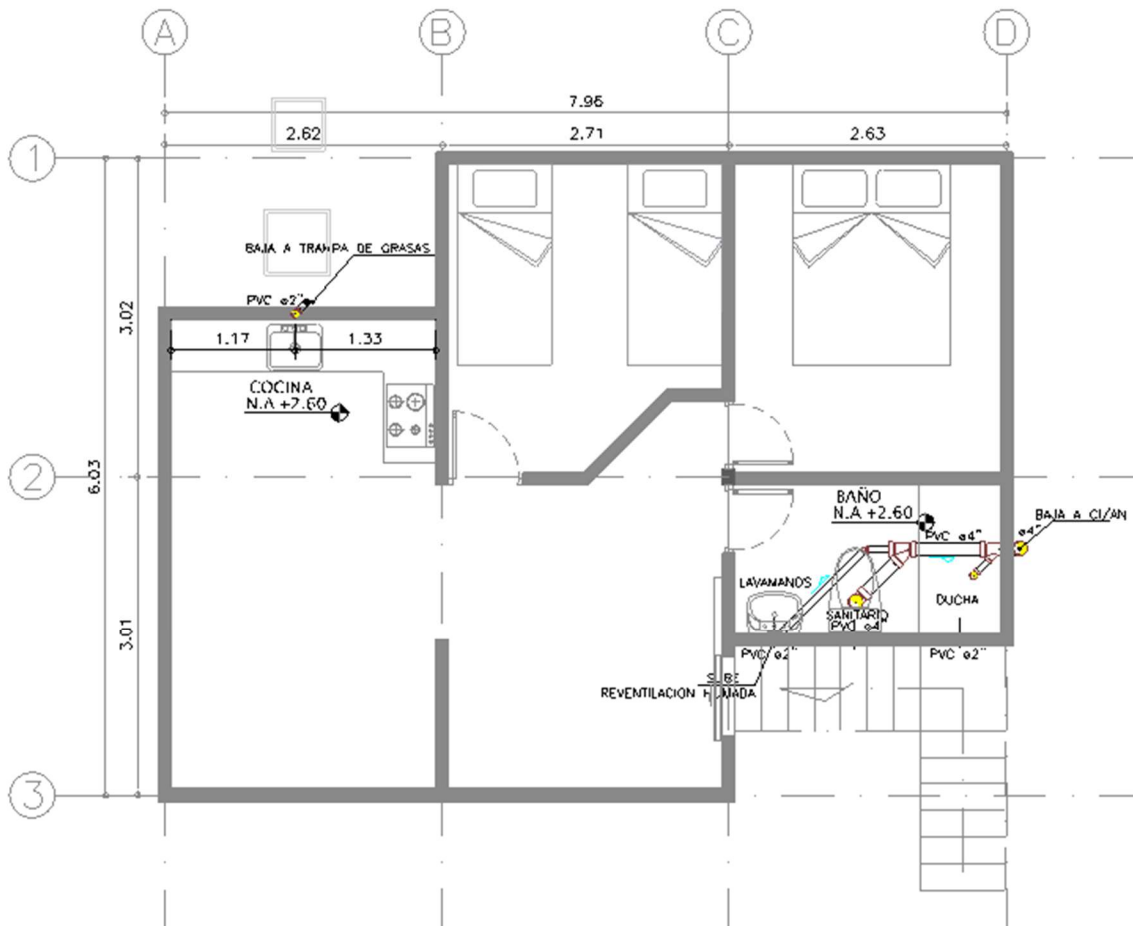
Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-7. Instalaciones sanitarias



Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-8. Instalaciones sanitarias Piso 2, proyectada para una futura ampliación



Fuente: Elaboración propia.

Se propone también un sistema pos tratamiento prefabricado de aguas residuales, Dicho sistema se encuentra conformado por 3 cajas de inspección, pozo séptico y pozo anaeróbico, trampa de grasas y un sistema de infiltración.

7. Comparación de presupuestos

En el presente capítulo se presentan los presupuestos correspondientes a la construcción de la vivienda de acuerdo con los requisitos generales del título E de la norma NSR 10, con un

sistema de construcción convencional y el diseño optimizado. Se incluyen las dos propuestas de muros divisorios en gavión, para comparar después los tres presupuestos e identificar las ventajas económicas obtenidas. Con el fin de generar una aproximación a los costos directos similar a la estandarizada para las viviendas rurales en Colombia, se tomó como base para el presupuesto la capitulación establecida en el proyecto tipo vivienda de interés social rural del Banco Agrario (2018), en adelante VISR. Los presupuestos detallados se encuentran en el “Anexo 3. Presupuestos”.

7.1 Construcción convencional

Mediante un sistema de construcción convencional, acorde con los requerimientos del título E de la NSR 10, se obtiene el siguiente presupuesto para la vivienda proyectada (Tabla 6-1). El presupuesto detallado, así como los análisis de precios unitarios (APU) correspondientes, se encuentran en el “Anexo 3. Presupuesto convencional”.

Tabla 6-1. Presupuesto de vivienda convencional

CAPÍTULO	VALOR TOTAL
1. PRELIMINARES	\$ 527.478
2. CIMENTACIÓN	\$ 25.586.844
3. ESTRUCTURA	\$ 882.914
4. MUROS	\$ 2.736.110
5. CUBIERTA	\$ 4.431.313
6. CARPINTERÍA MADERA	\$ 296.697
7. CARPINTERÍA METÁLICA	\$ 912.636
8. INSTALACIONES HIDRÁULICAS	\$ 520.309
9. INSTALACIONES SANITARIAS	\$ 192.403
10. INSTALACIÓN ELÉCTRICA	\$ 1.014.004
11. ACABADOS	\$ 5.175.477
12. SISTEMA DE POSTRATAMIENTO PREFABRICADO AGUAS RESIDUALES	\$ 822.614

13. CAPACITACIONES EN CONSTRUCCIÓN	\$ 550.000
TOTAL, COSTOS DIRECTOS	\$43,648,799.00

Fuente: Elaboración propia con base en lo establecido en el proyecto tipo VISR del Banco Agrario (2018).

7.2 Construcción asistida de muros no estructurales tipo gavión Invías

Mediante un sistema de construcción asistida que reduce los costos de mano de obra y en concordancia con los requerimientos del título E de la NSR 10, se obtiene el siguiente presupuesto para la vivienda proyectada con un diseño optimizado de cimentación y estructura, y con muros no estructurales tipo gavión Invías. El presupuesto detallado y los APU correspondientes se encuentran en el “Anexo 3. Presupuesto muros no estructurales gavión Invías”.

Para generar el presupuesto con la construcción asistida, se generó un ítem de capacitación al constructor. Este ítem constituye un costo directo que se ve reflejado en el presupuesto general, sin embargo, debido a que los métodos constructivos para los muros divisorios son relativamente básicos e intuitivos y los métodos constructivos del resto de la vivienda son tradicionales, se optó por que dicho costo de capacitación se tradujera en una reducción en el costo de mano de obra de diferentes actividades. Tal reducción se contempla desde el 20 % hasta el 80 % dependiendo de la complejidad de la tarea realizada (Tabla 6-2).

Tabla 6-2. Presupuesto construcción asistida de muros no estructurales gavión Invías

CAPÍTULO	VALOR TOTAL
1. PRELIMINARES	\$ 777.593
2. CIMENTACIÓN	\$ 3.469.005
3. ESTRUCTURA	\$ 3.351.986
4. MUROS	\$ 4.749.652
5. CUBIERTA	\$ 1.917.822

6. CARPINTERÍA MADERA	\$ 296.697
7. CARPINTERÍA METÁLICA	\$ 912.636
8. INSTALACIONES HIDRÁULICAS	\$ 520.309
9. INSTALACIONES SANITARIAS	\$ 192.403
10. INSTALACIÓN ELÉCTRICA	\$ 1.014.004
11. ACABADOS	\$ 5.115.281
12. SISTEMA DE POSTRATAMIENTO PREFABRICADO AGUAS RESIDUALES	\$ 822.614
13. CAPACITACIONES EN CONSTRUCCIÓN	\$ 500.000
TOTAL, COSTOS DIRECTOS	\$ 23.140.001

Fuente: Elaboración propia con base en la capitulación establecida en el proyecto tipo VISR del Banco Agrario (2018).

7.3 Construcción asistida de muros modulares esbeltos (proceso constructivo escogido)

Mediante un sistema de construcción asistida que reduce los costos de mano de obra, en concordancia con los requerimientos del título E de la NSR 10, se obtuvo el siguiente presupuesto para la vivienda proyectada, con un diseño optimizado de cimentación y estructura, y con muros no estructurales tipo gavión modular esbelto (Tabla 6-3). El presupuesto detallado y los APU correspondientes se encuentran en el “Anexo 3. Presupuesto muros no estructurales gavión 012”.

Tabla 6.3. Presupuesto de construcción asistida de muros modulares esbeltos

CAPÍTULO	VALOR TOTAL
1. PRELIMINARES	\$ 617.648
2. CIMENTACIÓN	\$ 3.469.005
3. ESTRUCTURA	\$ 3.351.986
4. MUROS	\$ 2.450.138

5. CUBIERTA	\$ 1.330.569
6. CARPINTERÍA MADERA	\$ 296.697
7. CARPINTERÍA METÁLICA	\$ 912.636
8. INSTALACIONES HIDRÁULICAS	\$ 520.309
9. INSTALACIONES SANITARIAS	\$ 192.403
10. INSTALACIÓN ELÉCTRICA	\$ 1.014.004
11. ACABADOS	\$ 4.898.203
12. SISTEMA DE POSTRATAMIENTO PREFABRICADO AGUAS RESIDUALES	\$ 822.614
13. CAPACITACIONES EN CONSTRUCCIÓN	\$ 550.000
TOTAL, COSTOS DIRECTOS	\$ 19.876.211

Fuente: Elaboración propia con base en la capitulación establecida en el proyecto tipo VISR del Banco Agrario (2018).

8. Análisis de alternativas

Una vez obtenidos los diferentes presupuestos —en concordancia con las metodologías constructivas proyectadas—, se evidencia que, gracias a la implementación de la construcción asistida, combinada con un diseño optimizado y materiales y procesos constructivos que se basan en la reutilización de los escombros producidos por un evento sísmico fuerte, los costos directos de la construcción de la vivienda disminuyen drásticamente. A continuación, se hace un análisis por capítulos presupuestales, en los que se evidenciaron los mayores cambios y se identificaron también las posibles desventajas generadas (Tabla 7-1).

Tabla 8-1. Comparación de presupuestos de gaviones

	GAVIÓN MODULAR	GAVIÓN INVIAS	CONVENCIONAL
CAPÍTULO	Valor por vivienda	Valor por vivienda	Valor por vivienda
1. PRELIMINARES	\$ 617.648	\$ 777.593	\$ 527.478
2. CIMENTACIÓN	\$ 3.469.005	\$ 3.469.005	\$ 25.586.844
3. ESTRUCTURA	\$ 3.351.986	\$ 3.351.986	\$ 882.914
4. MUROS	\$ 2.450.138	\$ 4.749.652	\$ 2.736.110
5. CUBIERTA	\$ 1.330.569	\$ 1.917.822	\$ 4.431.313
6. CARPINTERÍA MADERA	\$ 296.697	\$ 296.697	\$ 296.697
7. CARPINTERÍA METÁLICA	\$ 912.636	\$ 912.636	\$ 912.636
8. INSTALACIONES HIDRÁULICAS	\$ 520.309	\$ 520.309	\$ 520.309
9. INSTALACIONES SANITARIAS	\$ 192.403	\$ 192.403	\$ 192.403
10. INSTALACIÓN ELÉCTRICA	\$ 1.014.004	\$ 1.014.004	\$ 1.014.004
11. ACABADOS	\$ 4.898.203	\$ 5.115.281	\$ 5.175.477
12. SISTEMA DE POS TRATAMIENTO PREFABRICADO AGUAS RESIDUALES	\$ 822.614	\$ 822.614	\$ 822.614
13. CAPACITACIONES EN CONSTRUCCIÓN	\$ 550.000	\$ 500.000	\$ 550.000
TOTAL, COSTOS DIRECTOS	\$ 19.876.211	\$ 23.140.001	\$43,648,799.00

Fuente: Elaboración propia.

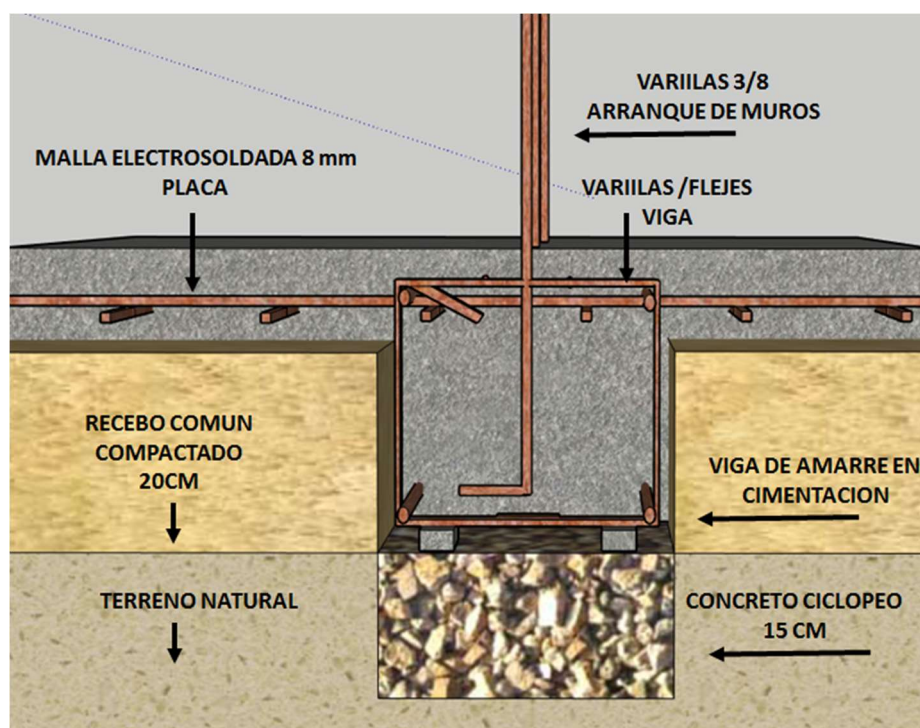
8.1 Cimentación

Debido a que la cimentación es un componente vital en la estructura de una vivienda, el título E solicita que se hagan las exploraciones mínimas para garantizar la estabilidad del terreno

y evitar la remoción en masa, se debe tener apiques cada 300 m² de 2 ml de profundidad, en el que se detalle la el tipo de estratos encontrados, hacer exploraciones en viviendas vecinas para verificar los comportamientos estructurales y hacer un barrido de la zona que garantice que se está lejos de una zona de remoción en masa, al tener el estos puntos, podría determinarse que es el lugar indicado para la construcción de la vivienda propuesta, en las condiciones que se diseñó.

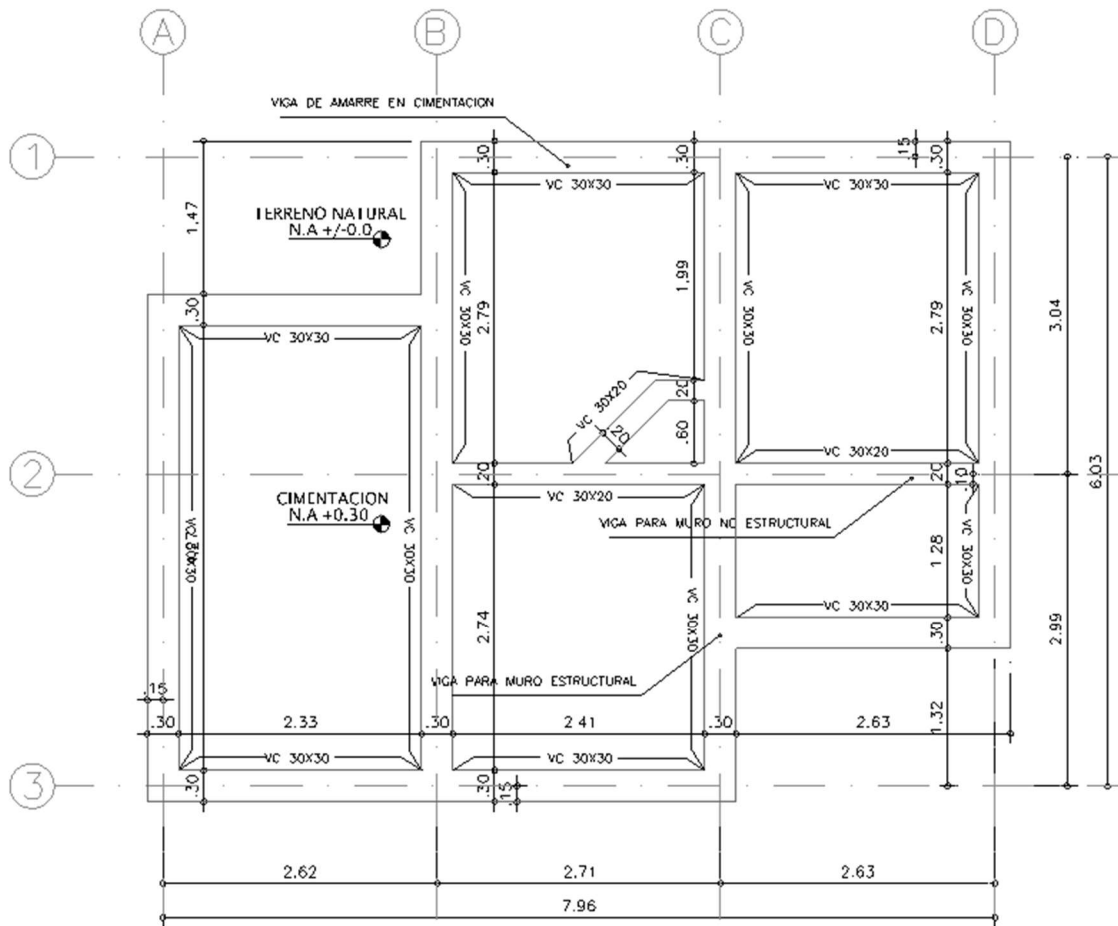
El diseño propuesto llega a la profundidad de cimentación de 30cm con viga de amarre en cimentación de 30 y 20 cm de ancho según el muro que esté localizado en la parte superior, adicional se propone aumentar su profundidad mediante una capa de concreto ciclópeo de 15 cm de espesor, complementandose con escombros de concreto triturado.

Figura 8-1. Detalle corte viga de amarre en cimentación y placa de contrapiso



Fuente: Elaboración propia.

Figura 8-2. Planta de vigas amarre en cimentación N+0,30



Fuente: Elaboración propia.

8.2 Estructura y muros

El diseño de los muros estructurales en mampostería confinada para condiciones de amenaza sísmica alta, como las que caracterizan la vivienda de estudio. Tanto los espesores de placa propuestos como el sistema de vigas de amarre en cimentación que soporta los muros estructurales y no estructurales se comportaron de manera óptima ante la carga del desastre. En este orden de ideas, la diferencia en el presupuesto no estuvo relacionada con el sistema estructural, sino con los muros no estructurales, que son los diseñados para confinar espacios propuestos como muros no estructurales tipo gavión esbelto, debido a que los materiales son mucho más económicos al ser parcialmente reutilizados. Se estima, además, que con una capacitación y siguiendo el paso a paso propuesto como resultado de esta investigación el

futuro habitante puede participar activamente de la construcción y reducir, así, los costos de mano de obra hasta en un 20 % frente al costo original.

Figura 8-3. Vista de la estructura, placas en concreto y muros en mampostería confinada



Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a la placa de contrapiso, debido a los requerimientos encontrados tras la modelación, se escoge un concreto de resistencia de 3000 pse. Este ítem también puede involucrarse en el proceso utilización de escombros triturados hasta un 30% reemplazando la grava en la elaboración del concreto, lo que también genera una disminución de costos y apropiamiento de la comunidad en el proceso constructivo.

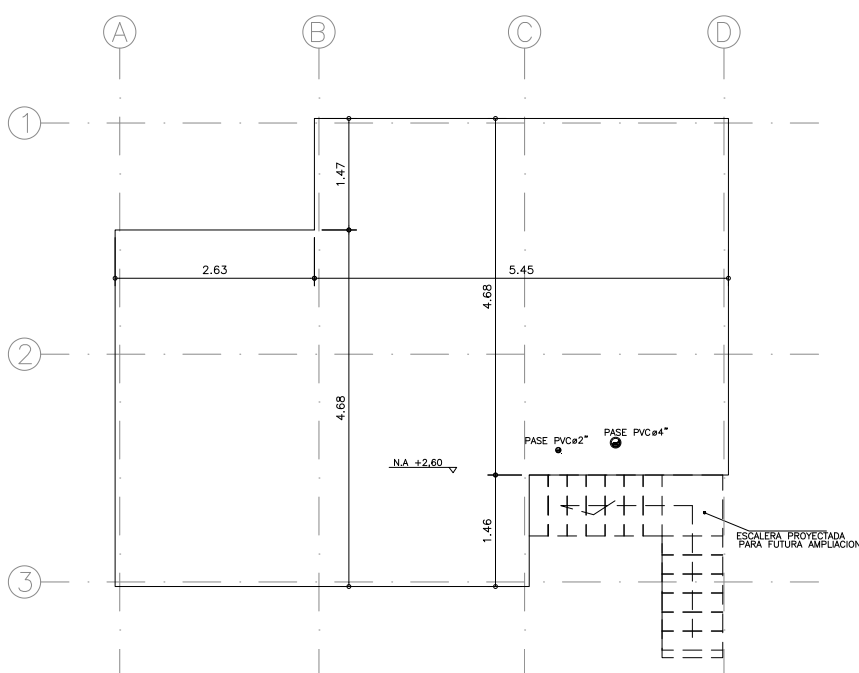
Es necesario que cuando empiece el proceso constructivo de la vivienda, el material tipo escombros que se vaya a utilizar ya se encuentre clasificado y triturado de acuerdo con el uso que se le tenga previsto (ya sea como relleno para los muros no estructurales tipo gavión o como agregado para concreto). De esta forma, se espera no se tenga impacto en el cronograma general de la obra. Por esta razón se propone transformar al tamaño

8.3 Cubierta

Se propone una placa de cubierta que además de servir como techo de la vivienda, también abre las posibilidades para que en el futuro se desarrolle una segunda vivienda sobre esta placa; se recomienda que se funda con un concreto impermeabilizado para tener la posibilidad de instalar algún tipo de acabado sobre la placa cuando se desarrolle la segunda vivienda sin dejar de lado su trabajo inicial que es proteger la placa de filtraciones de agua, esta impermeabilización se propone hacer con aditivos como de cristalización como el “vandex”, el cual se dosifica y se mezcla antes de verter el concreto en la formaleta.

La vivienda se hace más estable con una placa en concreto ante cargas de viento que un sistema de tejas y tiene un proceso constructivo que ya se había implementado en el contrapiso. Esta placa estructural se propone completamente lisa, sin perforaciones inicialmente, para evitar inconvenientes mientras no se construya la segunda vivienda, la cual debe replicar la distribución de los muros estructurales, y en lo posible su uso.

Figura 8-5. Planta de cubierta.



Fuente: Elaboración propia.

9. Particularidades de los métodos constructivos propuestos con muros modulares esbeltos

A partir del análisis presentado de las alternativas, se estableció que la propuesta de construcción asistida complementada con muros no estructurales tipo gavión esbelto es la opción predilecta para ejecutar la vivienda de estudio. Si bien es cierto que gran parte de los métodos constructivos involucrados hacen parte de los métodos tradicionales colombianos, se hace necesario profundizar en las actividades adicionales producto de la construcción asistida y de los muros divisorios propuestos.

9.1 Recolección, clasificación y tratamiento de escombros

Como se describió en apartados anteriores, la búsqueda de relleno para los muros no estructurales tipo gavión y de agregados para concreto son los principales objetivos de las actividades preliminares de la construcción asistida propuesta. En cuanto a relleno para gavión, se buscan tamaños entre los 7 y los 10 cm, cuyas dimensiones en el sentido perpendicular permitan el ingreso del agregado en la canasta de 12 cm de ancho. Este relleno se debe clasificar pensando en que el material más pesado (escombros de concreto) se ubique en la primera fila de gavión, mientras que otros materiales como bloque, ladrillo o mampostería se ubiquen en las dos filas superiores. En caso de que se encuentren materiales muy fijos, como se mencionó anteriormente.

En cuanto a agregados para concreto ciclópeo, se pueden utilizar escombros de concreto con tamaño máximo de 4" y en general, cantos rodados de granulometría similar.

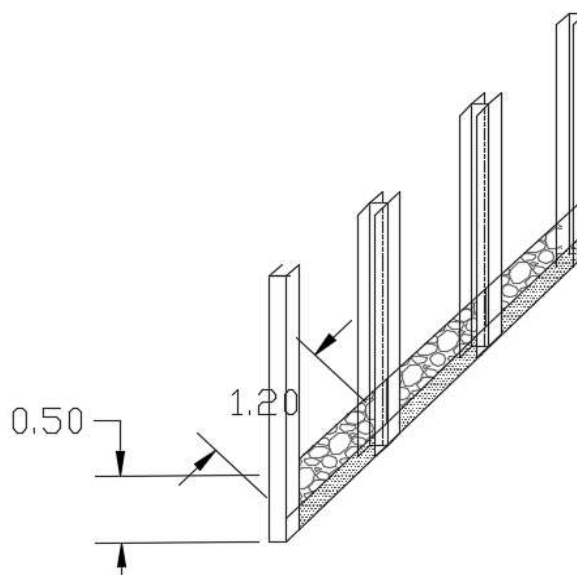
Con respecto a los agregados para concreto existen estudios (Bedoya, 2015) en los cuales se ha comprobado que se puede alcanzar una resistencia mayor a los 17 MPa (2465 psi) solicitados en el diseño propuesto. En este orden de ideas, la trituración para obtener una gradación de características similares al tamaño grava es vital para el proceso. Por otra parte,

también se puede sustituir únicamente parte del agregado nuevo por agregado reciclado. Según Bedoya (2015), con las condiciones de gradación adecuadas es posible sustituir el 25 % de los agregados nuevos por reciclados, sin obtener mayores diferencias en la resistencia a 28 días.

9.2 Muro no estructural tipo gavión modular esbelto

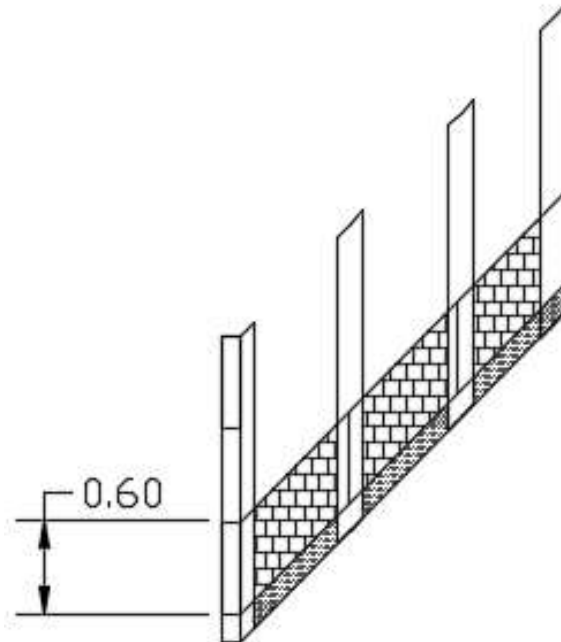
Para los muros no estructurales tipo gavión esbelto es necesario tener previamente clasificado el material de relleno, posteriormente se acondiciona una cimentación superficial de 20 cm de ancho y 30 cm de alto en concreto para servir de apoyo a los muros. Además, se dejan embebidos 30 cm bajo el nivel de la placa acabada de piso los perfiles H o C según corresponda —al inicio de un muro o a un área intermedia (H para intermedios y C para inicio y final) —, con separación máxima entre perfiles de 1,2 m (Figura 8-1). Después, se anclan los perfiles de C inicio y final de muro a los muros estructurales o columna según sea el caso. Una vez instalados todos los perfiles, se procede con la instalación de malla en módulos de 60 cm de altura para su posterior llenado (Figura 9-2).

Figura 9-1. Instalación de perfiles empotrados a 30 cm con separación máxima de 1,2 m



Fuente: Elaboración propia.

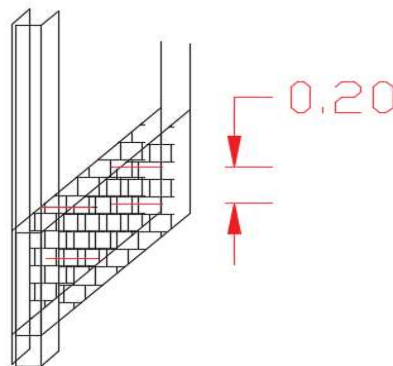
Figura 9-2. Instalación de malla y llenado de módulos de 60 cm de alto



Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se colocan tensores en grafil (1/4") o alambre negro y se unen las dos caras de las mallas en puntos cada 20 cm, según se observa en la Figura 9-3.

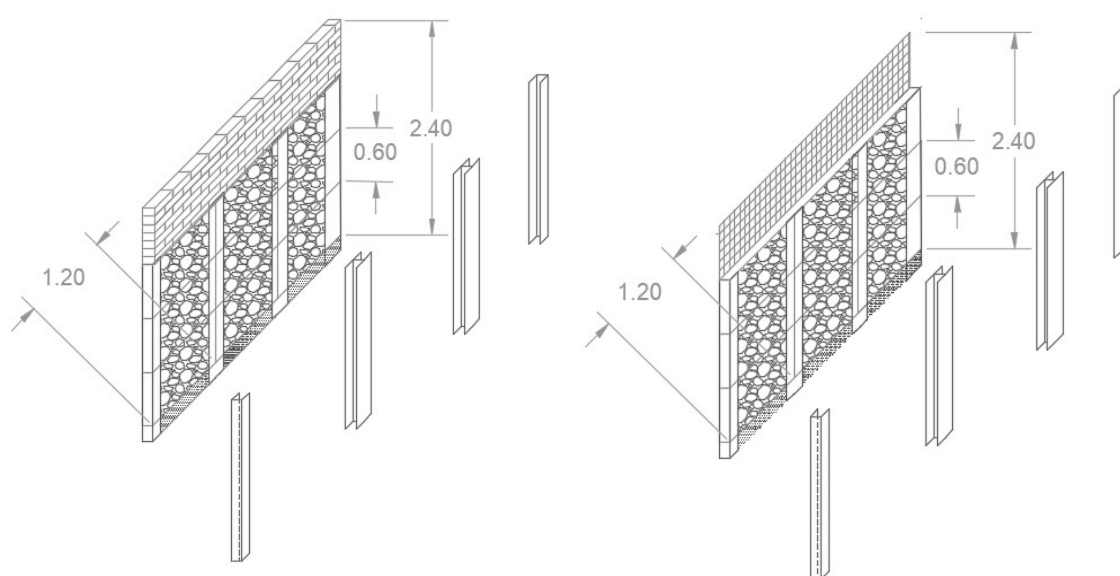
Figura 9-3. Amarre de tensores entre las dos caras de la malla



Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, se amarra la tapa del módulo con alambre negro y se repite el proceso hasta tener tres módulos, es decir, hasta lograr una altura de 1,8 m de alto. En el área de baño, donde se instalará una rejilla de ventilación y en la cocina se instala una ventana en la altura libre restante, con el fin de generar circulación de aire, mientras que en los muros internos de habitación y sala comedor se alcanza la altura libre con ladrillo (Figura 9-4).

Figura 9-4. Tipos de muros no estructurales en gavión esbelto



Fuente: Elaboración propia.

10. Paso a paso del proceso constructivo propuesto

El proceso constructivo que se concluyó adecuadamente después del análisis técnico y de costos para los objetivos planteados en esta investigación está determinado por parámetros específicos guiados por la NSR 10. Para su cimentación, muros en mampostería confinada y cubierta con una placa estructural que permite la proyección de la vivienda a futuro. Muros no estructurales tipo gavión esbelto, que según las preferencias del usuario se puede pañetar por completo o solamente los del espacio de uso privado, como la cocina y el baño, para

poder instalar enchapes y mejorar el uso de la vivienda, en este caso los pañetes están propuestos únicamente para el baño, la cocina y las habitaciones.

Es importante retomar que esta vivienda esta propuesta con procesos que se puedan ejecutar desde la construcción asistida y se planteó para construirse en un tiempo aproximado de 55 días calendario, siguiendo el paso a paso de esta investigación. La propuesta es para desarrollarse con 5 personas que aporten con su mano de obra (no calificada) y con el presupuesto de la Tabla 6-3 (Presupuesto de construcción asistida de muros modulares esbeltos).

10.1 Alistamiento del terreno

Debe limpiarse el terreno del material orgánico y deben realizarse los drenajes necesarios para asegurar una mínima incidencia de la humedad.

Figura 10-1. Limpieza de terreno



Fuente: Archivo personal.

Se debe tener en cuenta que el Estado deberá entregar los lotes y la modulación de los mismos, garantizando que se cumpla con las condiciones geotécnicas y apiques solicitados para garantizar las condiciones.

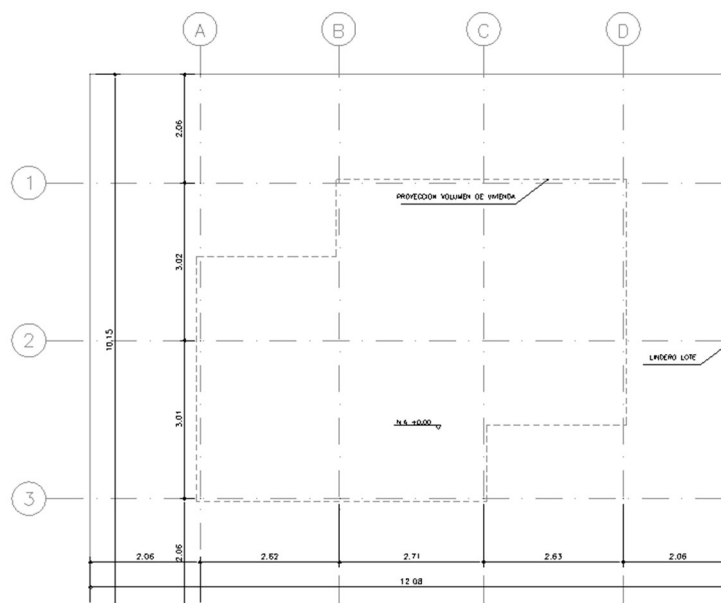
10.2 Replanteo de terreno y marcación de niveles

Se deben tener ubicados los puntos topográficos iniciales (referenciados con estacas de madera) que enmarcan la ubicación geográfica del lote, que tiene una forma rectangular sugerida para una vivienda con espacios mínimos de 12.08m x 10.15m y respetando un aislamiento de 3 m en los costados de cada lote interiormente a los linderos mencionados.

Desde esos puntos se deben tomar medidas para generar la siguiente geometría, que a futuro determinará la ubicación de la cimentación y la distribución interna de la vivienda.

Para empezar a determinar los niveles de construcción de la vivienda, se marcarán el nivel principal en uno de los puntos de referencia, que sea externo a la vivienda, para que no se vea modificado en el proceso de construcción, a partir de este templar hilos, para poder determinar las diferencias en los distintos procesos constructivos.

Figura 10-2. Replanteo de ejes y niveles de terreno

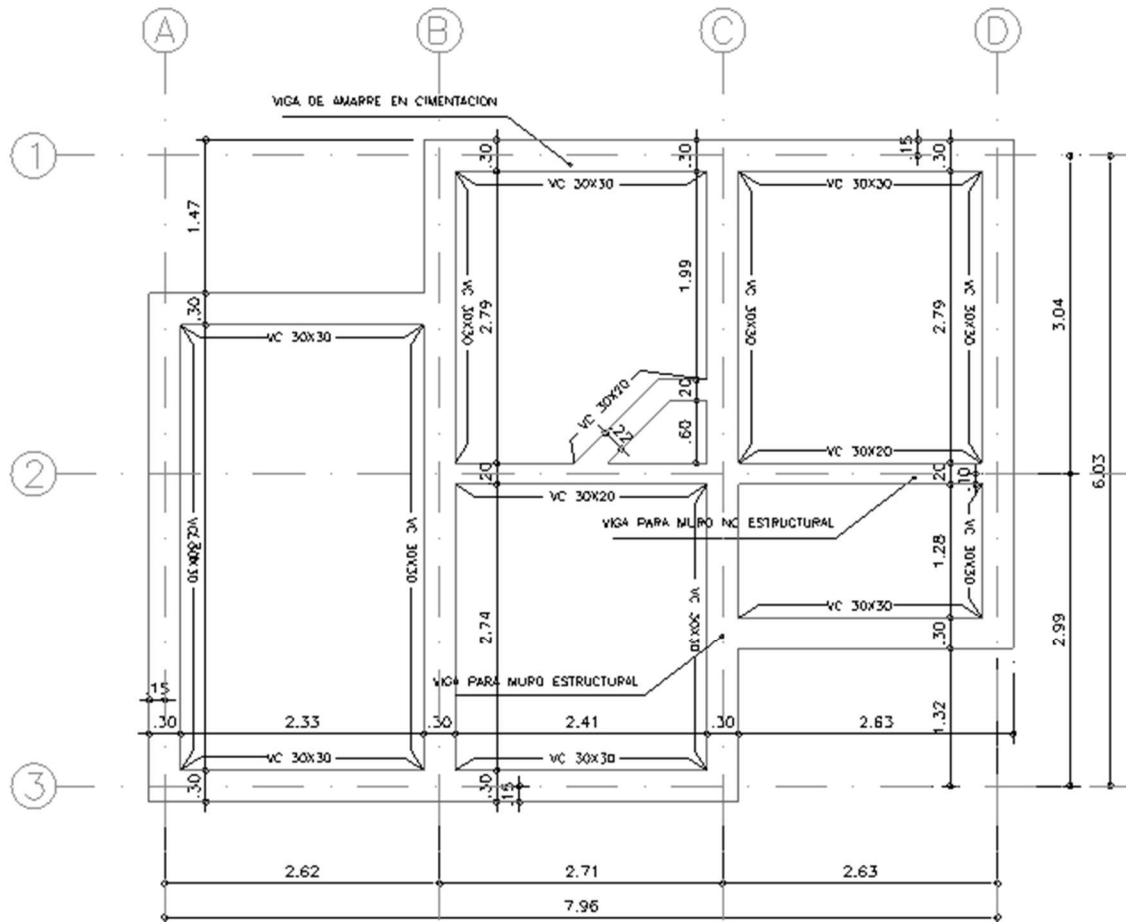


Fuente: Elaboración propia.

10.3 Excavación manual de vigas de cimentación

Con el replanteo inicial de la modulación de la cimentación, se marcan también los espesores de las vigas para determinar la excavación, la cual debe bajar 0.15m, contemplando el ancho de la viga y la profundidad del concreto ciclópeo, según el diseño de la cimentación para esta vivienda, la cual fue diseñada con el título E de la NSR 10.

Figura 10-3. Replanteo y ubicación de vigas



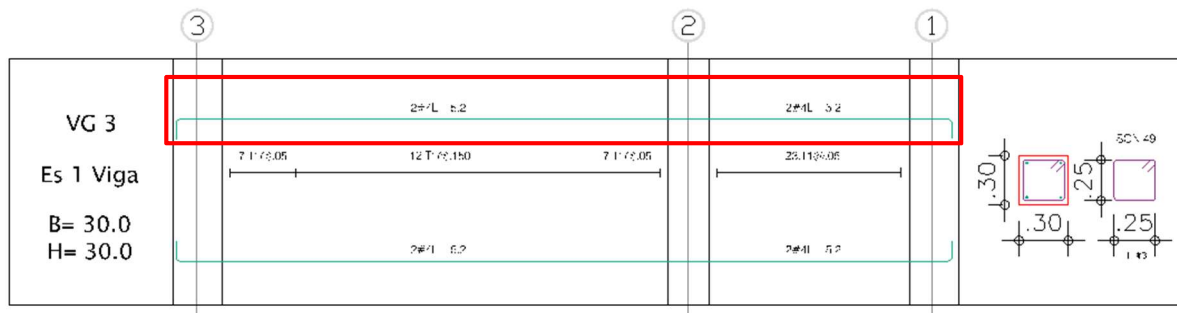
Fuente: Elaboración propia.

15cm, poniendo rajón y escombros de concreto triturado de tamaño medio y cubriéndolo con concreto fluido para que garantice que ingrese y cubra entre las piezas de rajón y concreto, llegando hasta el nivel +/- 0.0 para inicio de las vigas de cimentación, posteriormente se debe proceder a la figuración del acero indicado en los planos para cada viga diseñada para la vivienda.

Partiendo de que el acero llega al lugar de trabajo en varillas de 3/8" (#3) o 1/2" (#4) de 6 o 3 ml, se debe cortar y figurar de las medidas indicadas para el procedimiento en los planos estructurales.

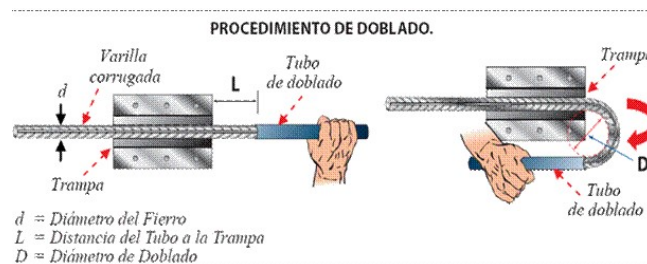
La lectura del plano de viga de cimentación debe hacerse de esta forma: tener en cuenta el acero indicado en el rectángulo rojo, en este dice 2#4 L = 2,35; se debe interpretar así, 2 varillas # 4(1/2") dobladas en la punta con una escuadra con una longitud total de 2,35 (para determinar la longitud de la escuadra en la punta se debe leer la Figura 9-5).

Figura 10-5. Plano viga de cimentación



Fuente: Elaboración propia.

Figura 10-6. Procedimiento de doblado de acero



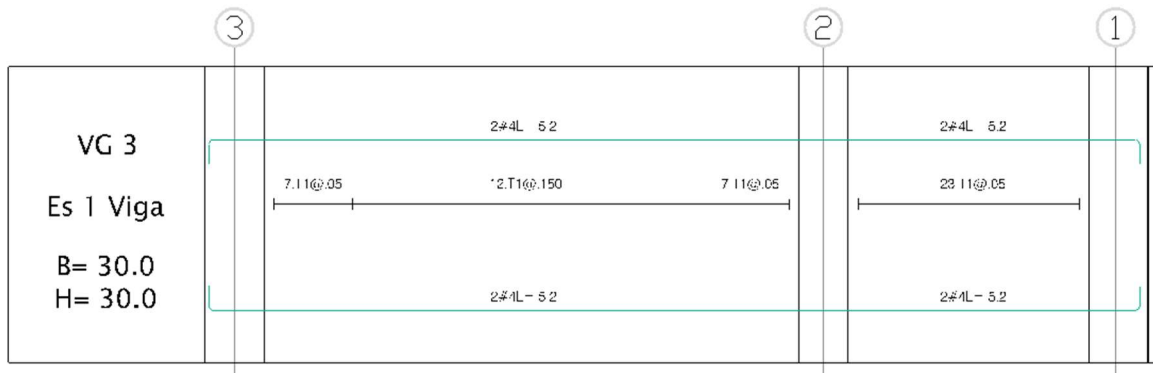
PARA DOBLAR BASTONES

Diámetro (d)	Distancia (L)		Diámetro mínimo de doblado (D)	Largo mínimo del extremo doblado
	Doblez a 90°	Doblez a 180°		
6 mm	25 mm	55 mm	36 mm	80 mm
8 mm	30 mm	70 mm	48 mm	100 mm
3/8"	35 mm	85 mm	57 mm	120 mm
1/2"	50 mm	110 mm	72 mm	140 mm
5/8"	65 mm	150 mm	95 mm	190 mm
3/4"	85 mm	175 mm	114 mm	230 mm
1"	115 mm	235 mm	152 mm	300 mm

Los diagramas muestran el doblado de una varilla de diámetro 'd'. Para una dobladura a 90°, el diámetro mínimo de doblado es 'D' y el largo mínimo del extremo doblado es 'd'. Para una dobladura a 180°, el diámetro mínimo de doblado es 'D' y el largo mínimo del extremo doblado es '2d'.

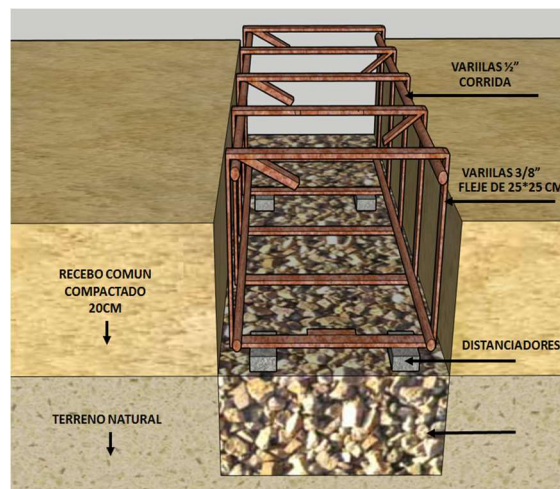
Fuente: Manual básico de construcción

Figura 10-7. Detalle Plano viga de cimentación



Fuente: Elaboración propia.

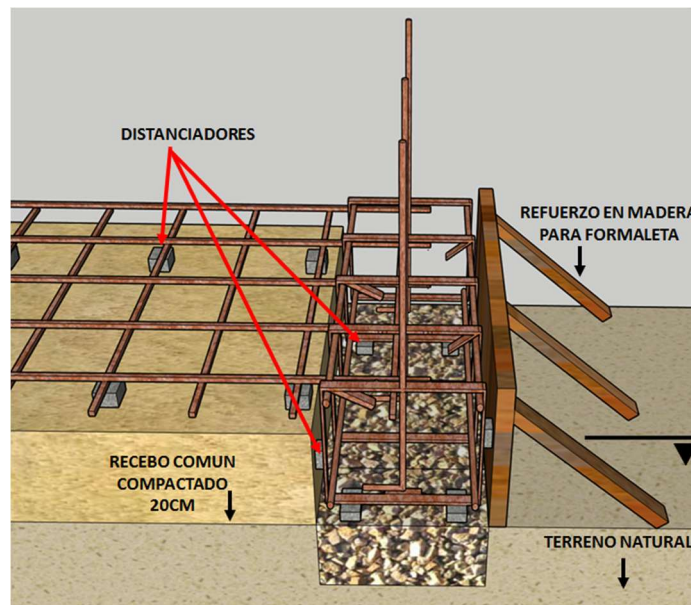
Figura 10-8. Foto amarre de viga de cimentación



Fuente: Archivo personal.

Después de realizar el amarre del acero, para conformar las vigas, se debe revisar nuevamente el aseo del cajón para la viga, también que tengan distanciadores, ya que el acero no debe quedar tocando el terreno natural, para lo cual debe ponerse cascajo de ladrillo o piedras de 2,5 cm cada metro de distancia.

Figura 10-9. Ubicación de los distanciadores del acero respecto a la parte inferior de la excavación



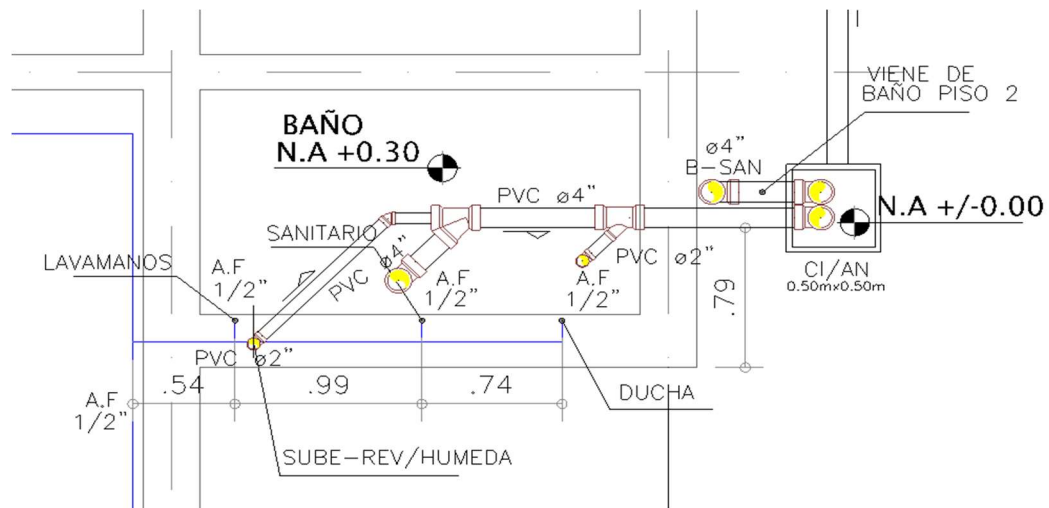
Fuente: Elaboración propia.

Este procedimiento permite que el concreto llene los espacios inferiores de la viga y se tenga recubrimiento en todas las caras de la viga como lo solicita la NSR 10.

Para la instalación de las redes hidrosanitarias y eléctricas, es importante que los recorridos de las tuberías correspondan con los recorridos indicados por el plano, ya que en este se indican los lugares de llegada y de salida de cada uno de los puntos mencionados, como sanitario, lavamanos y lavaplatos, tomas eléctricas, rosetas o interruptores, los cuales conducen por las tuberías, ubicadas en las placas de contrapiso, para llegar con mayor efectividad a los lugares previstos. Las tuberías sanitarias son de mayor cuidado ya que son

de gran importancia las inclinaciones de las mismas para evacuar adecuadamente los residuos que ingresan a ellas.

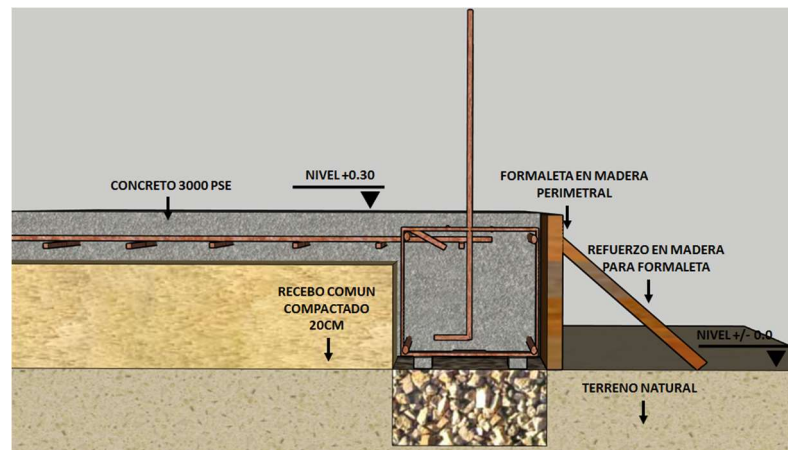
Figura 10-10. Trayecto tubería sanitaria



Fuente: Archivo personal.

El paso siguiente es verter el concreto en los cajones realizados con la excavación, los cuales contienen acero armado. Para esto es importante que se le preste atención a que el concreto entre en todas las cavidades y la mezcla sea homogénea en todos los puntos, de esta manera se garantizará que la estructura no tenga puntos débiles a futuro.

Figura 10-11. Sección de viga de cimentación



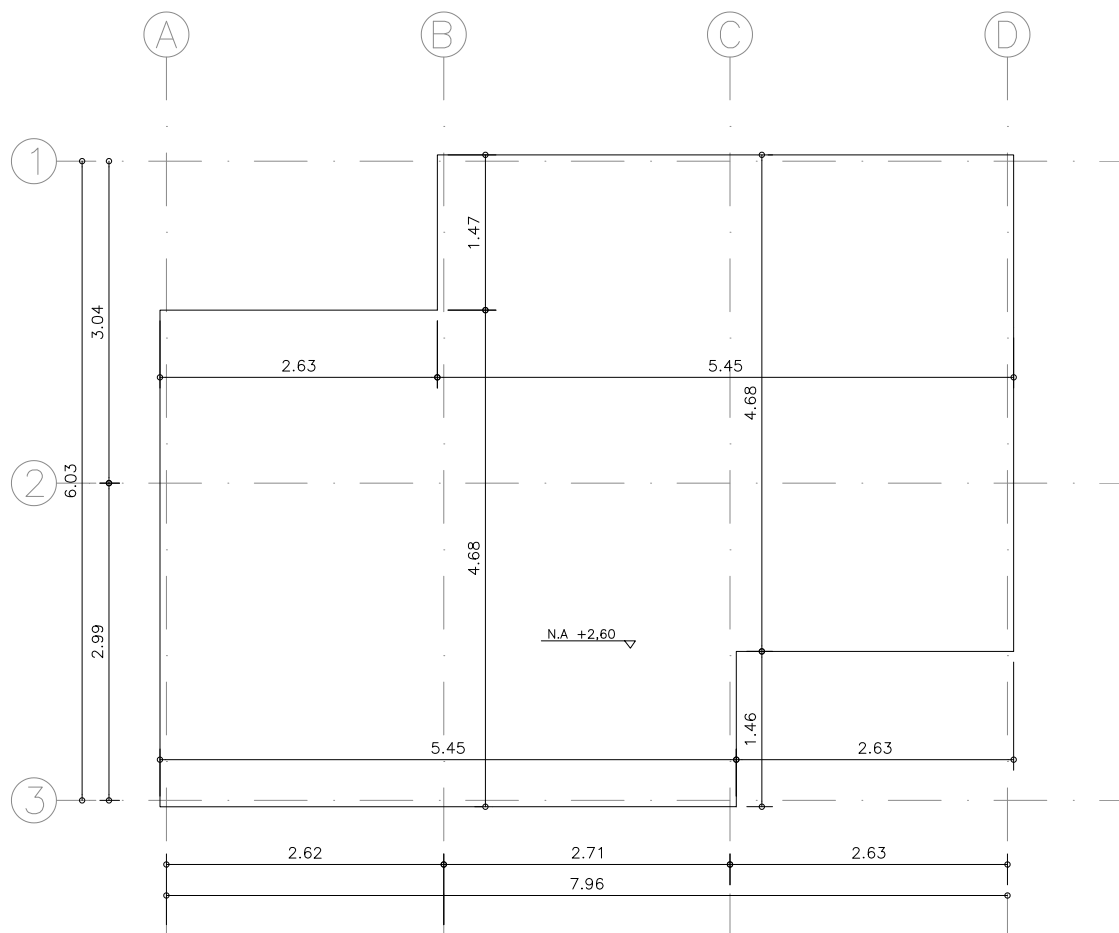
Fuente: Archivo personal.

En la Figura 10-10 se muestra cómo debe ser la sección de la cimentación fundida, en la cual se ve el cajón conformado con en concreto ciclópeo y la excavación.

10.5 Armado de muros estructurales

El paso siguiente a la fundida de vigas de cimentación y a la elaboración de la placa de contrapiso es el replanteamiento de los ejes estructurales de los muros estructurales y las columnas.

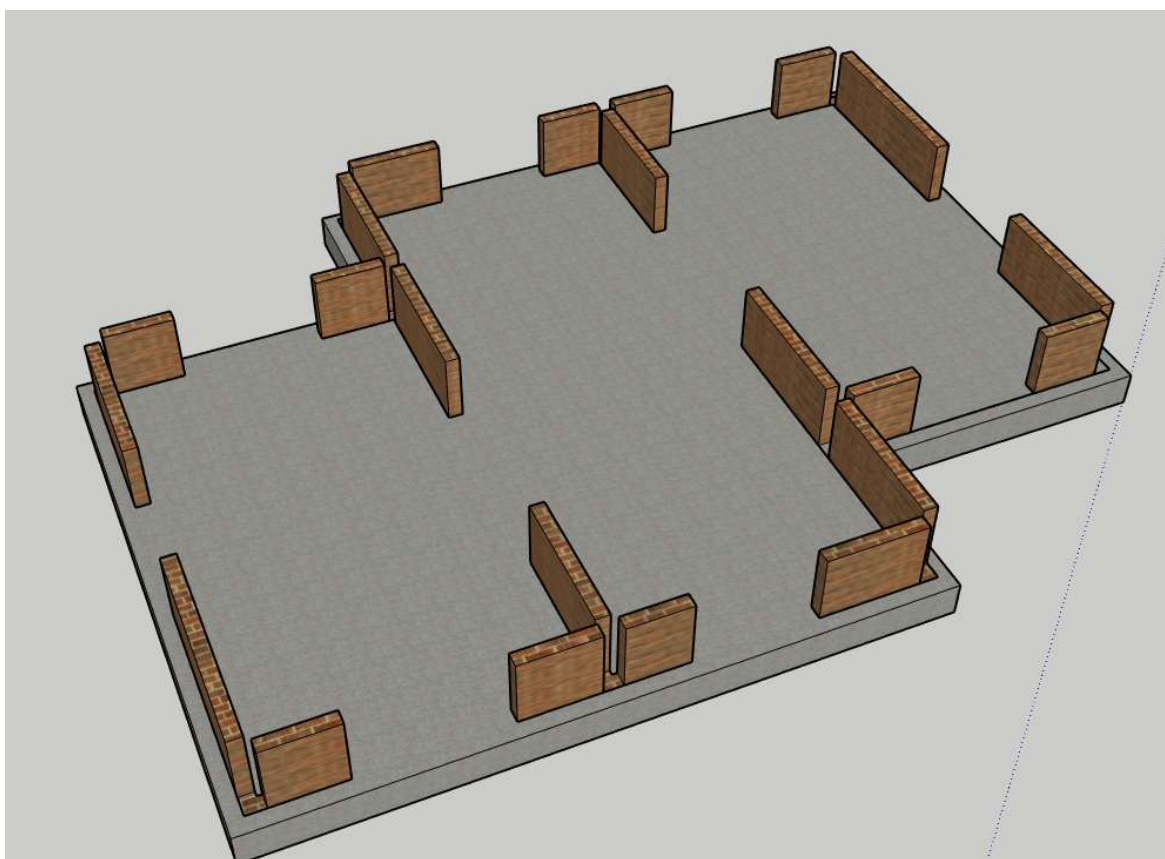
Figura 10-12. Planta con ejes estructurales y referencias



Fuente: Archivo personal.

Siguiendo la retícula generada con los ejes estructurales, se deben localizar cuáles son los muros estructurales y después de eso ubicar los bloques indicados en el diseño estructural, para determinar la ubicación de las columnas que deben coincidir con los arranques que se dejaron fundidos en la placa desde el proceso anterior. Es importante que la ubicación de las columnas de confinamiento sea igual a las planteadas en el plano, conservando las distancias indicadas y el acero indicado en el mismo.

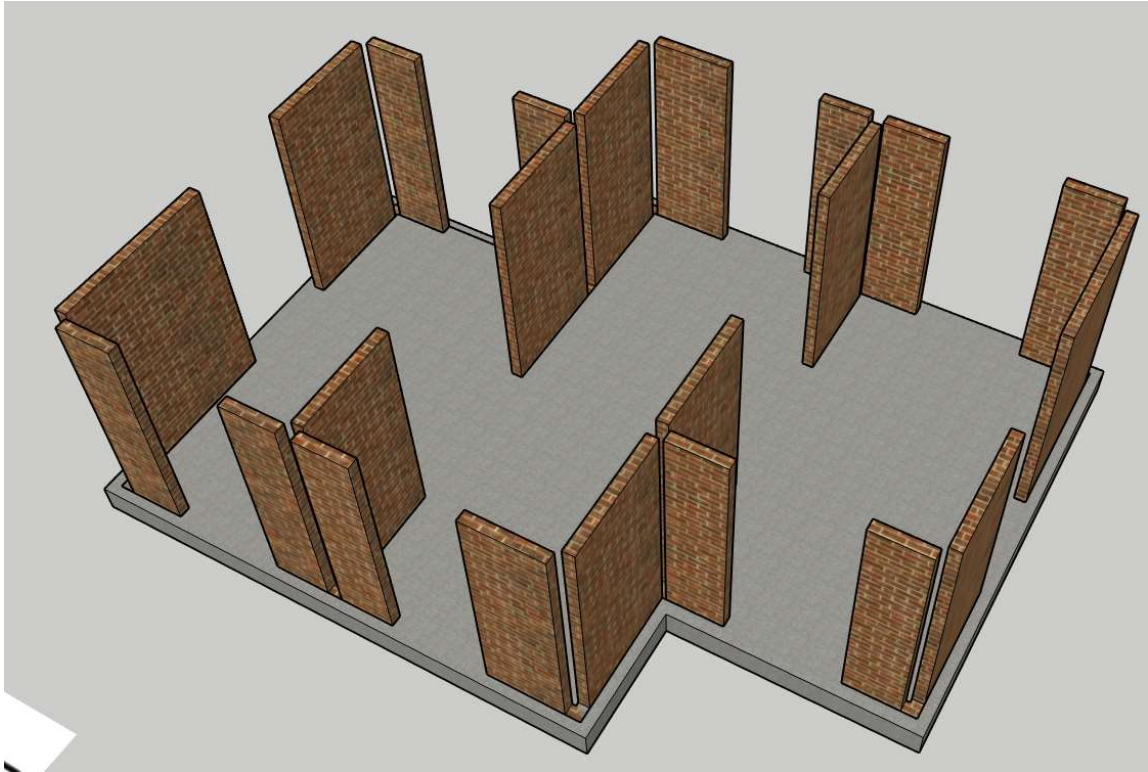
Figura 10-13. Esquema de formación del bloque portante liviano.



Fuente: Archivo personal.

la modulación es importante verificarla y cruzarla con el material que se determinó en el diseño, pues este es determinante en el espesor de los muros y la ubicación de las columnetas, después de esto se debe prolongar y traslapar las varillas de los arranques con de longitudes de 2.60m.

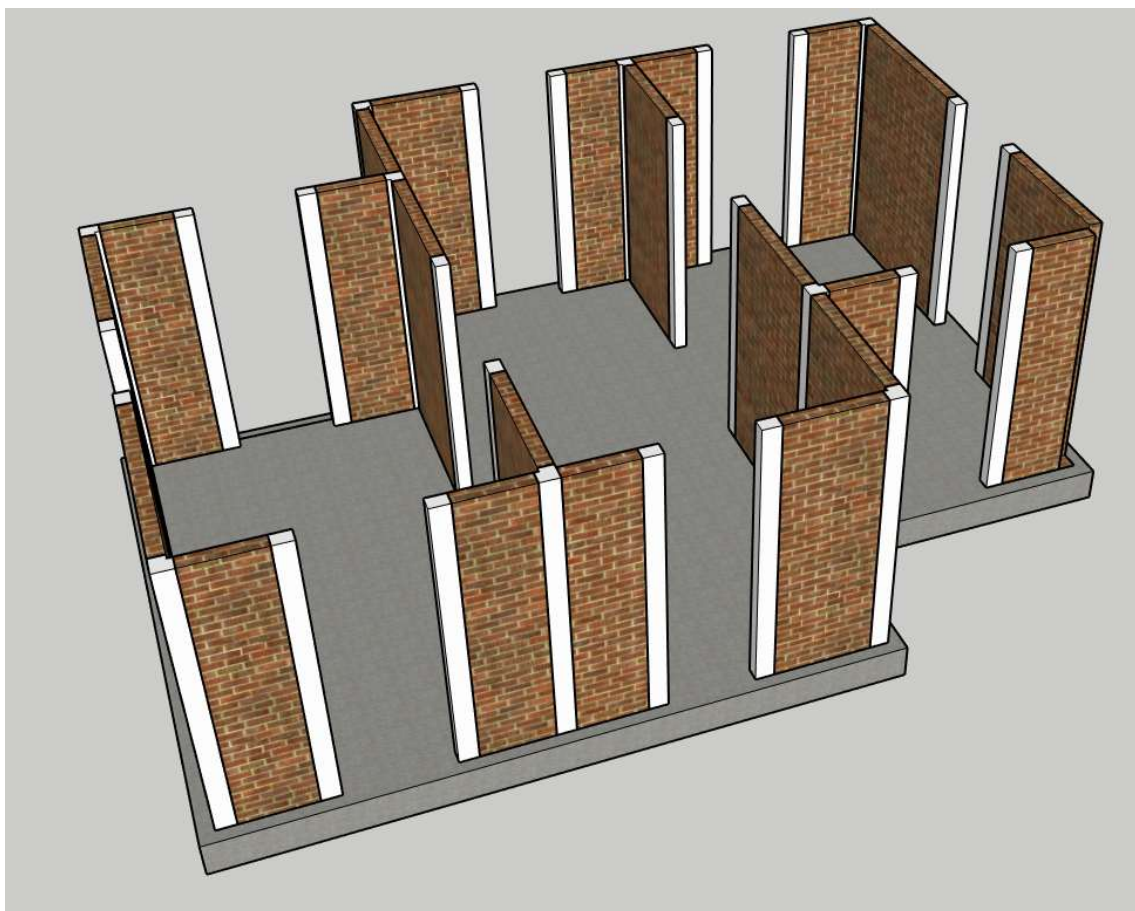
Figura 10-14. Vista de los muros confinados antes de fundir las columnas de confinamiento



Fuente: Archivo personal.

Se debe iniciar con el proceso de pega de los ladrillos, los cuales deben ir armados con las perforaciones intercaladas, para garantizar que la traba de los ladrillos tenga continuidad horizontal y se conserve unicidad en la pega vertical, para pegar estos ladrillos se realizará la mezcla de mortero con base de cal Hidratada, se mezcla 2 ½ unidades de arena de peña, 1 de cal Hidratada, ¼ de cemento y 1 1/2 de agua, esto el fin de que sea más económico e igual de eficiente, esta mezcla debe tener un espesor de 1 cm de espesor en las caras inferiores y laterales de cada pieza de bloque portante liviano.

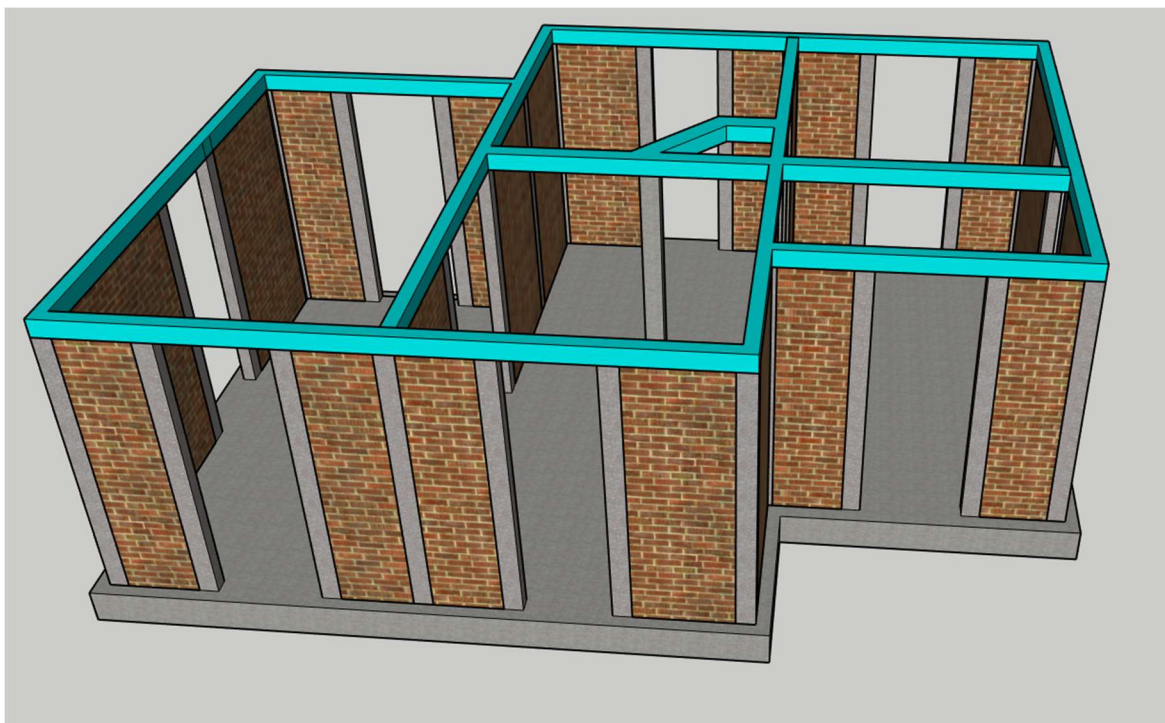
Figura 10-15. Vista desde la parte superior de las columnas de confinamiento fundidas



Fuente: Archivo personal.

Se conforman las paredes de las columnas con madera adosada a los muros ya construidos en el bloque portante liviano, que es el que da el espesor de las columnas, estas deben tener cuatro varillas de #3 y con flejes que le dan la estabilidad estructural necesaria, se deben dejar también los pelos de las varillas más largos para que se traslapan con las vigas de confinamiento, al tener los cajones de las columnas de confinamiento se funden con concreto de grava fina y resistencia mínima de 3000 pse.

Figura 10-16. Vista de la viga de confinamiento superior



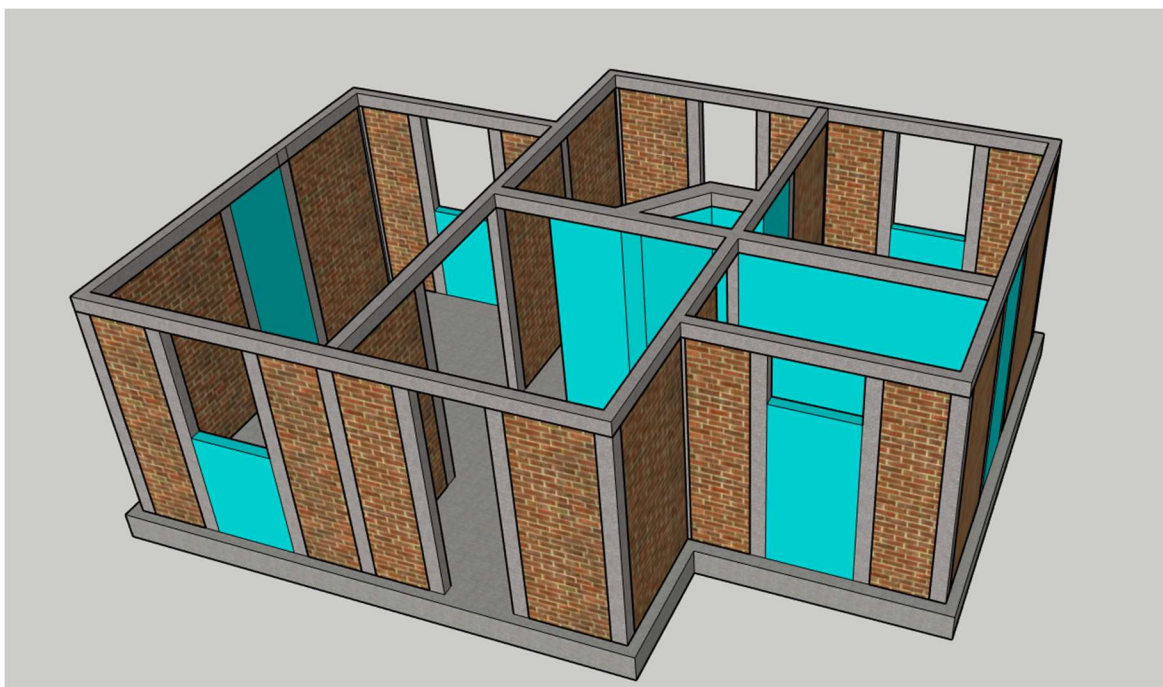
Fuente: Archivo personal.

La viga cinta de la parte superior es necesaria para amarrar y dar estabilidad a los muros confinados y a los muros divisorios no estructurales ya que es importantes porque los muros tipo gavión esbelto tener los marcos metálicos anclados a la estructura superior e inferior en la cimentación, los cajones de esta se deben conformar con el mismo espesor del muro, así teniendo la cara inferior, para conformar las caras laterales se puede hacer el cajón con madera o lámina que tenga las caras lisas y rectas, a largo los muros y proyectando los muros divisorios.

Después de tener los cajones se arma el refuerzo con 4 varillas #3 con flejes indicados en el plano, se vierte el concreto de grava fina y resistencia mínima de 3000 psi.

10.6 Armado de muros no estructurales

Figura 10-17. La instalación de los muros no estructurales tipo gavión de 12 cm



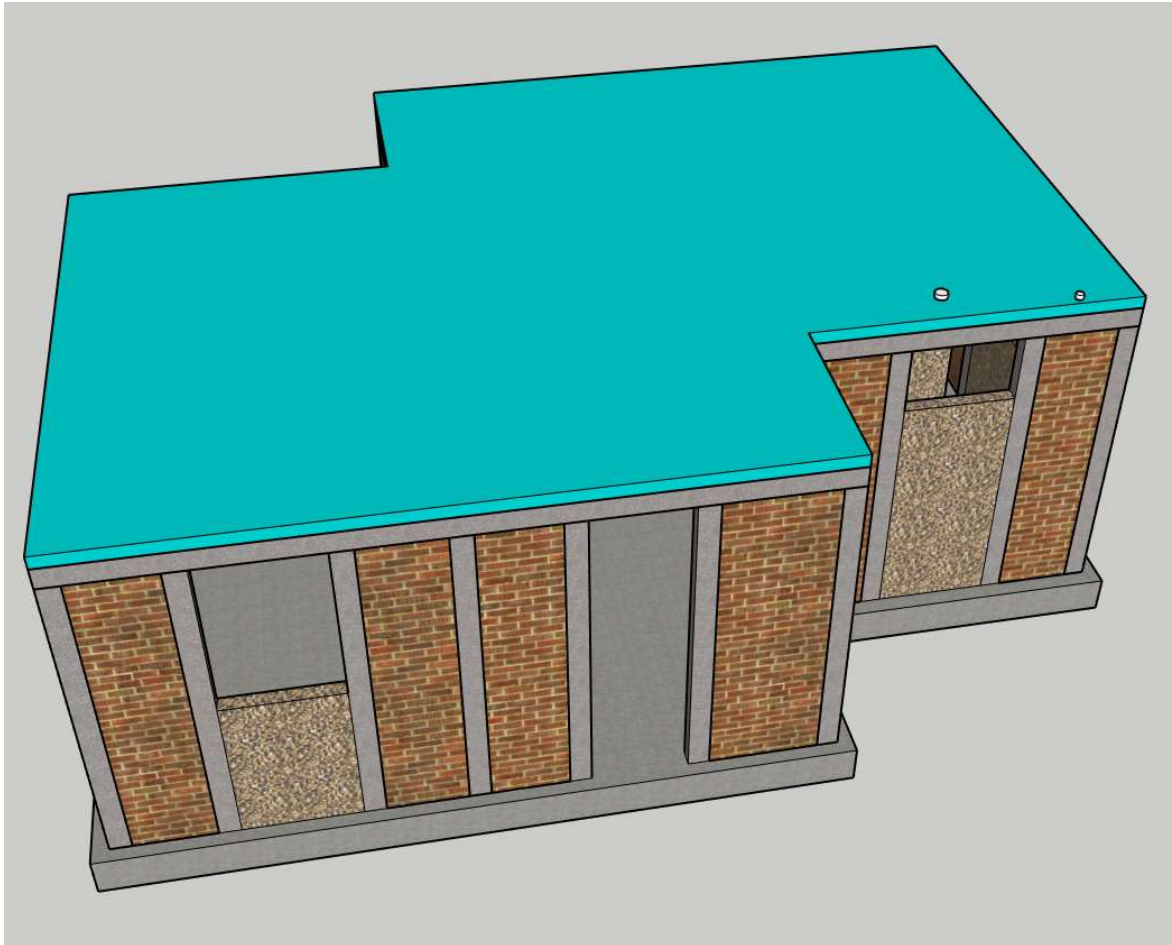
Fuente: Archivo personal.

para los muros no estructurales tipo gavión esbelto se dejan perfiles fundidos en las vigas de amarre de la cimentación y en los laterales se anclan con chazos y tornillos que perforan el concreto y a los marcos en ángulo con el fin de que se comporte con firmeza y tenga la misma estabilidad de los muros en mampuesto, después de tener los contenedores instalados se deben llenar con el escombros escogido y triturado.

Después de este proceso se puede dar el terminado que se desee con pañetes con cal, esto variará según el presupuesto y el clima.

10.7 Armado de Placa de cubierta o entrepiso

Figura 10-18. Construcción de cubierta

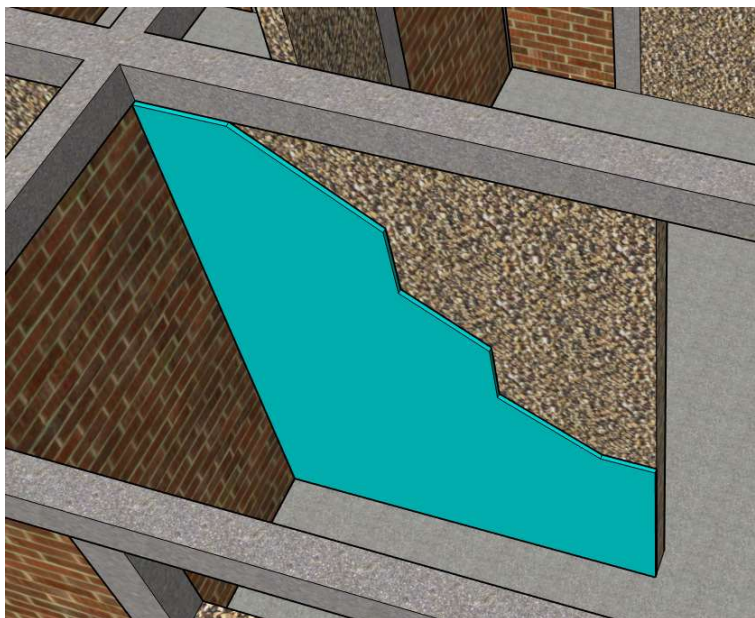


Fuente: Archivo personal.

La construcción de la cubierta es se debe hacer armando un entramado de parales, crucetas ya camillas para soportar el peso y la forma del concreto, se extenderá la malla electro soldada con dilatadores iguales que los de las vigas, para dar recubrimiento completo al acero, es importante dejar los pases de la tubería sanitaria del baño del piso dos, que se puede construir a futuro, igual que los pelos para las escaleras que llevan a una segunda vivienda, las escaleras como lo muestra el plano será externo, para evitar que se dejen procesos incompletos dentro de la vivienda.

10.8 Acabados arquitectónicos

Figura 10-19. Pañete Muros de Gavión



Fuente: Archivo personal.

Los pañetes con cal Hidratada se instalarán en los muros que se desee, puede ser para la vivienda completa o para lugares específicos, en la vivienda y proponen cubriendo los muros en gavión esbelto de los puntos más críticos y en los que se necesita higiene, en el baño y la cocina se les dará en acabado liso.

La mezcla se hará con 2 ½ unidades de arena de peña, 1 de cal Hidratada, ¼ de cemento y 1 1/2 de agua, se hará la prueba aplicando el pañete y dejándolo fraguar por un día, para ver el comportamiento de la humedad y la retracción, si no se encuentran fisuras, es la mezcla adecuada, ya que esto puede variar por el clima.

Este pañete debe ser delgado y asemejando la apariencia más lisa posible, haciéndolo con una llana de madera, esta se llena con el palustre, la mezcla no debe escurrirse, debe tener

una consistencia firme aun estando húmeda, se debe hacer seguimiento a este proceso para evitar la excesiva fisuración.

11. Conclusiones

Al diseñar una vivienda como medida de reparación tras un desastre natural, el panorama no suele ser muy alentador. Ya que la pérdida en sí de la vivienda representa una situación de difícil solución. Por esta razón, pensar en una alternativa en la que se reutilizan los escombros de las edificaciones destruidas, en la que dichos materiales adquieren un valor agregado, y que además de esto, se puedan disminuir costos de construcción de la vivienda, son todas razones de peso para pensar que la propuesta tiene sentido en el marco de un proceso efectivo de reconstrucción.

El valor de la propuesta no radica únicamente en la disminución económica de los costos sino que se sustenta desde el trabajo cooperativo entre personal técnico y la comunidad. Además, la construcción de la vivienda cuenta con un diseño que contempla el factor de riesgo sísmico más alto, es decir, una vivienda pensada para evitar calamidades y prolongar la vida digna de la comunidad.

Los indicadores del PNGRD relacionados con el número de muertos frente a un eventual desastre y los indicadores económicos relacionados con pérdidas materiales también pueden mejorar, ya que el riesgo de que estas viviendas tengan el mismo nivel de destrucción es mucho menor. Además, gracias a la posibilidad de que la vivienda se mantenga en pie y en condiciones funcionales tras un evento de desastre, los indicadores y elementos del PNGRD relacionados con reconstrucción también tendrán resultados positivos si ocurre un desastre de características similares en el mismo territorio.

Con base en el sistema propuesto, es posible empalmar técnicas constructivas convencionales como la mampostería confinada con sistemas innovadores, económicos y ambientalmente responsables como los muros tipo gavión con escombro triturado y pañetes con cal hidratada. Adicionalmente, el papel de la comunidad en procesos constructivos modulares e innovadores que resultan simples, no va en detrimento de la calidad de la vivienda. En otras palabras, la reducción de costos no genera desmejoras en la construcción, ya que el papel de la comunidad está debidamente delimitado según sus conocimientos y limitantes.

También se evidenció, mediante la comparación de diferentes procesos de reconstrucción, que es posible encontrar alternativas para edificar una vivienda con el subsidio que se le ofrece a las víctimas después de un desastre natural. Una vez realizado el estudio de uso de los materiales y procesos constructivos diversos, se mostró que la construcción a partir de un sistema estructural sismo resistente combinado con la reutilización de escombros y recubrimientos de cal hidratada es una posibilidad muy eficaz, que no implica la disminución de calidad de los acabados y que ofrece las garantías de una vivienda segura.

Finalmente, se concluye que es posible mediante la construcción asistida basada en procesos modulares reduce los costos de materiales y de mano de obra, lo cual se traduce en costos directos para una vivienda unifamiliar rural cercanos a los \$19.876.211, valor muy cercano al subsidio que se suele dar en el momento de aplicar los planes de reconstrucción tras un evento de desastre.

Anexo 1. Memoria estructural

1 AMENAZA SÍSMICA

Departamento de Nariño						
Municipio	Código Municipio	A_a	A_v	Zona de Amenaza Sísmica	A_e	A_d
Pasto	52001	0.25	0.25	Alta	0.15	0.08
Albán	52019	0.25	0.25	Alta	0.16	0.08
Aldana	52022	0.25	0.25	Alta	0.14	0.08

2 ESPESOR MÍNIMO DE MUROS

Tabla E.3.5-1
Espesores mínimos nominales para muros estructurales en casas de uno y dos pisos (mm)

Zona de Amenaza Sísmica	Número de niveles de construcción		
	Un Piso	Dos Pisos	
		1° Nivel	2° Nivel
Alta	110	110	100
Intermedia	100	110	95
Baja	95	110	95

Nota: Para estos espesores mínimos nominales no se deben tener en cuenta los pañetes y acabados

Dimensiones 0.19 m

0.09 m largo

0.12 m alto

espesor

3 ALTURA LIBRE

Altura mampuesto mortero

Altura libre máxima 0.10 m

Altura libre real 3.00 m

Total hiladas 2.40 m

24

4 LONGITUD LIBRE HORIZONTAL

Distancia libre máxima

Distancia libre máxima real 4.20 m

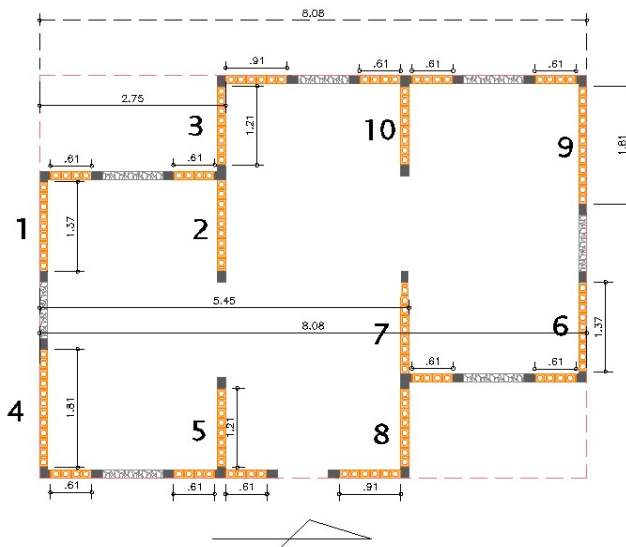
1.80 m

5 COLUMNAS DE CONFINAMIENTO

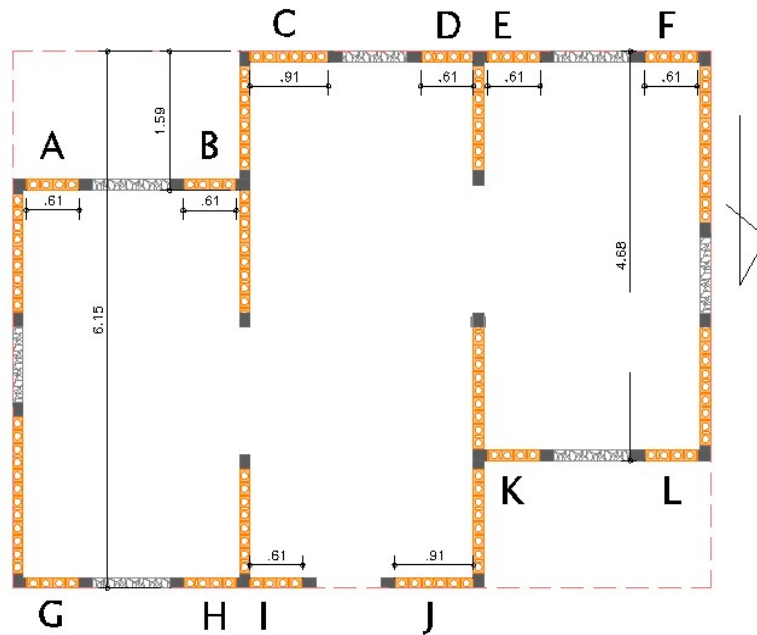
	Área transversal columna		
	Espesor elemento	0.02 m ²	
	Ancho mínimo columna	0.12 m	
		0.17 m	
6	REFUERZO COLUMNAS DE CONFINAMIENTO		
	Refuerzo longitudinal		
	Refuerzo transversal	4 barras N°3	
		6 barras N°2	cada 0,10m en las zonas adyacentes a elementos horizontales
		6 barras N°2	cada 0,20m
7	VIGAS DE CONFINAMIENTO		
	Área transversal viga		
	Espesor elemento	0.02 m ²	
	Altura mínima viga	0.12 m	
		0.17 m	
8	REFUERZO VIGAS DE CONFINAMIENTO		
	Refuerzo longitudinal		
	Refuerzo transversal	4 barras N°3	
		5 barras N°2	cada 0,10m en las zonas adyacentes a elementos horizontales
		barras N°2	cada 0,20m
9	CINTAS DE AMARRE		
	Alto		
		Ancho	0.12 m
	Refuerzo longitudinal		0.12 m
	Refuerzo transversal	2 barras N°3	
		barras N°2	cada 0,20m

LONGITUD MÍNIMA DE MUROS CONFINADOS

1. Muros Verticales



2. Muros horizontales



Lmin
Mo

7.33 m
21

L Vert real
L Hor real

13.94
7.92

t 120 mm
 Ap 41.90 m²

Tabla E.3.6-1
 Coeficiente M_0 para longitud mínima de muros estructurales confinados *

Zona de Amenaza Sísmica	Valores A_a	Valores M_0
Alta	0.40	33.0
	0.35	30.0
	0.30	25.0
	0.25	21.0
Intermedia	0.20	17.0
	0.15	13.0
	0.10	8.0
Baja	0.10	8.0
	0.05	4.0

(*) Los valores de A_a dependen de la zona sísmica en donde se construye el proyecto. Para ello consultar el mapa de la figura A.2.3.2 y la tabla A.2.3-2.

2 DISTRIBUCIÓN SIMÉTRICA DE MUROS

HORIZONTAL

	Lm	b	Lm*b
1	1.37 m	0.00 m	0.00
2	1.37 m	2.75 m	3.77
3	1.21 m	2.75 m	3.33
4	1.81 m	0.00 m	0.00
5	1.21 m	2.75 m	3.33
6	1.37 m	8.08 m	11.07
7	1.37 m	5.45 m	7.47
8	1.21 m	5.45 m	6.59
9	1.81 m	8.08 m	14.62
10	1.21 m	5.45 m	6.59
TOTAL		13.94	56.77

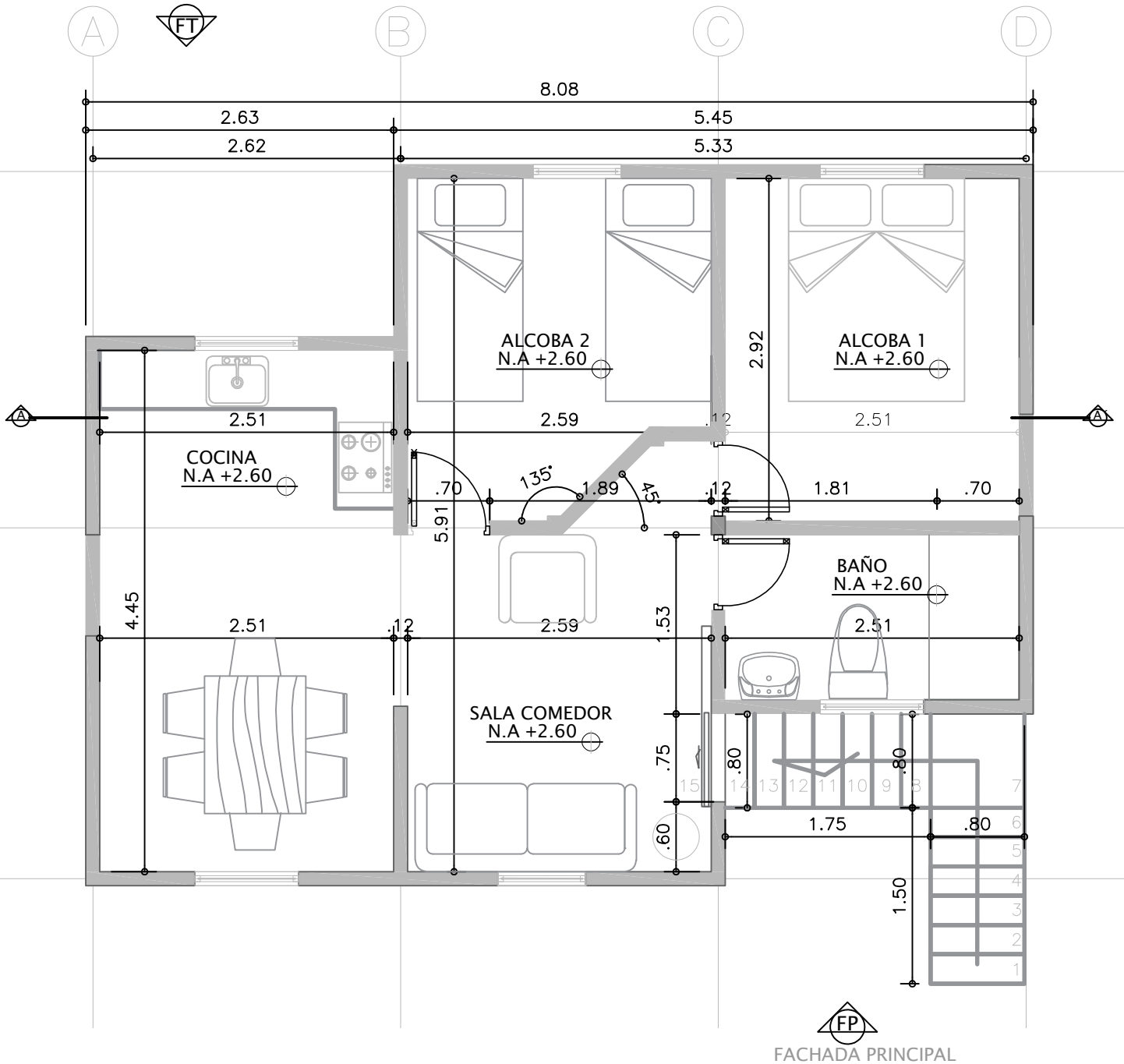
B		8.08 m
$\sum(Lm_i/b)$	4.07	
B/2		4.04
$\sum(Lm_i/b)-(B/2)$	0.03	
$(\sum(Lm_i/b)-(B/2))/B$		0.01 < 0,15

VERTICAL

	Lm	b	Lm*b
A	0.61 m	1.59 m	0.97
B	0.61 m	1.59 m	0.97
C	0.91 m	0.00 m	0.00
D	0.61 m	0.00 m	0.00
E	0.61 m	0.00 m	0.00
F	0.61 m	0.00 m	0.00
G	0.61 m	6.15 m	3.75
H	0.61 m	6.15 m	3.75
I	0.61 m	6.15 m	3.75
J	0.91 m	6.15 m	5.60
K	0.61 m	4.68 m	2.85
L	0.61 m	4.68 m	2.85
TOTAL		7.92	24.50

B		6.15 m
$\sum(Lm_i/b)$	3.09	
B/2		3.075
$\sum(Lm_i/b)-(B/2)$	0.02	
$(\sum(Lm_i/b)-(B/2))/B$		0.00 < 0,15

FACHADA POSTERIOR



PLANTA ARQUITECTONICA-PISO 2 (AMPLIACION POSTERIOR)



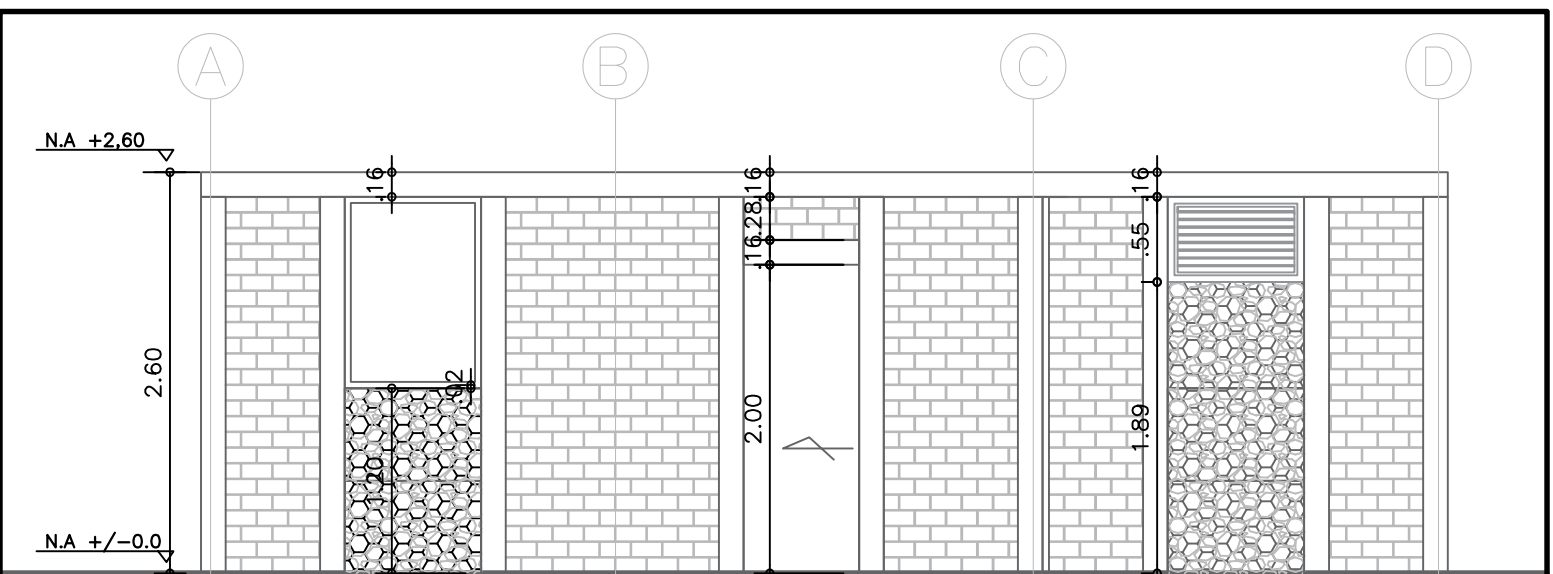
UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

PLANO : PLANTA ARQUITECTONICA N +2,60

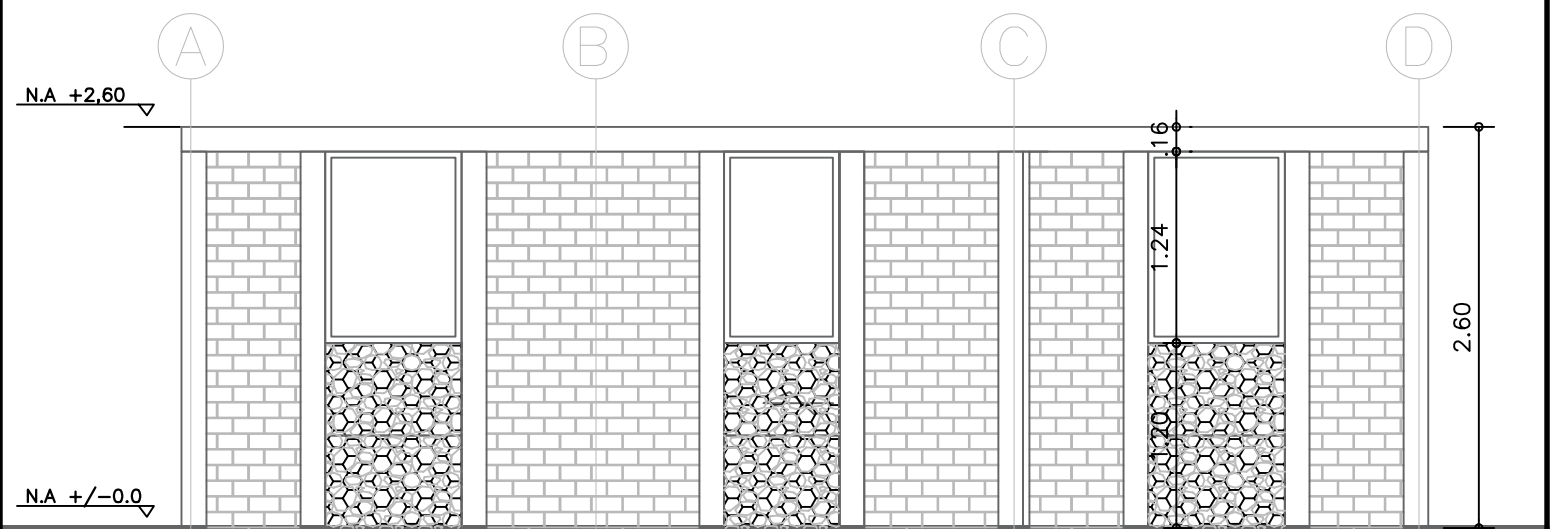
Proceso de construcción de viviendas mediante técnica asistida en zona de desastres

Elaboro: Laura V. Lopez P.

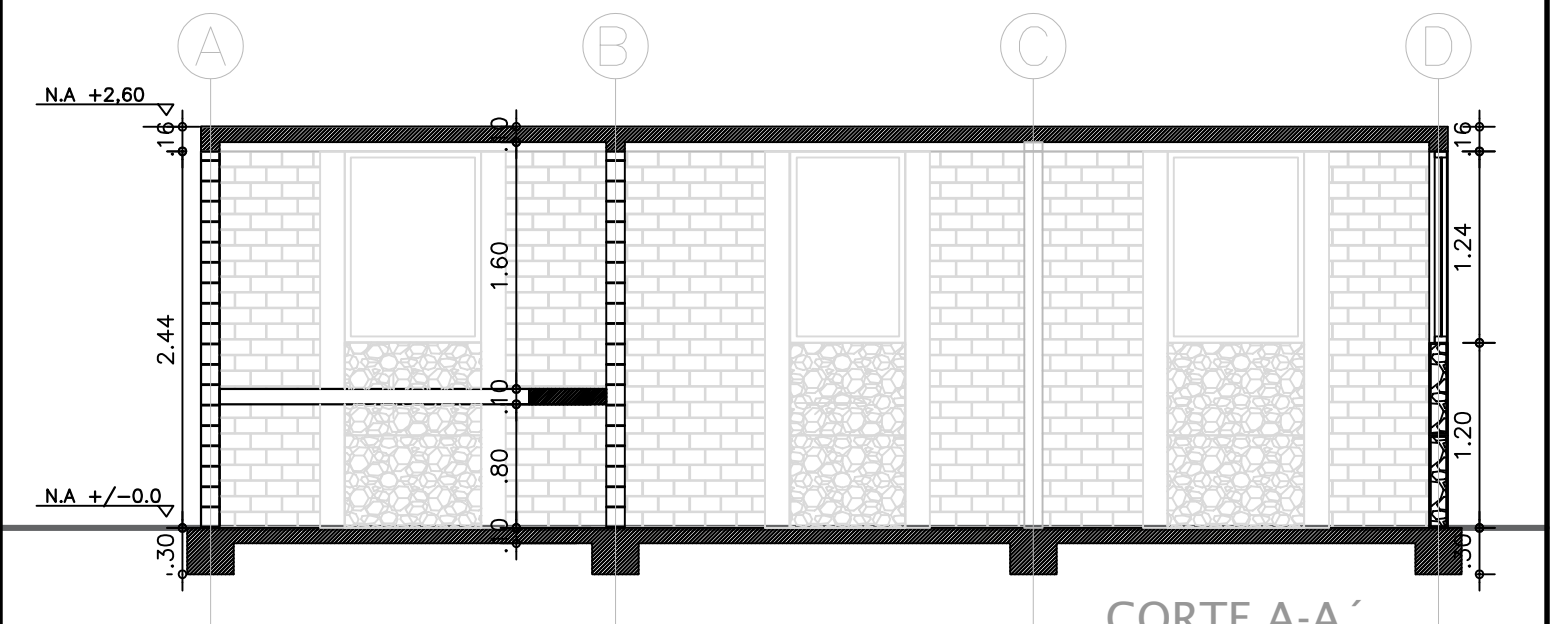
Cohorte 16- Maestria en construccion



FACHADA PRINCIPAL



FACHADA POSTERIOR



CORTE A-A'

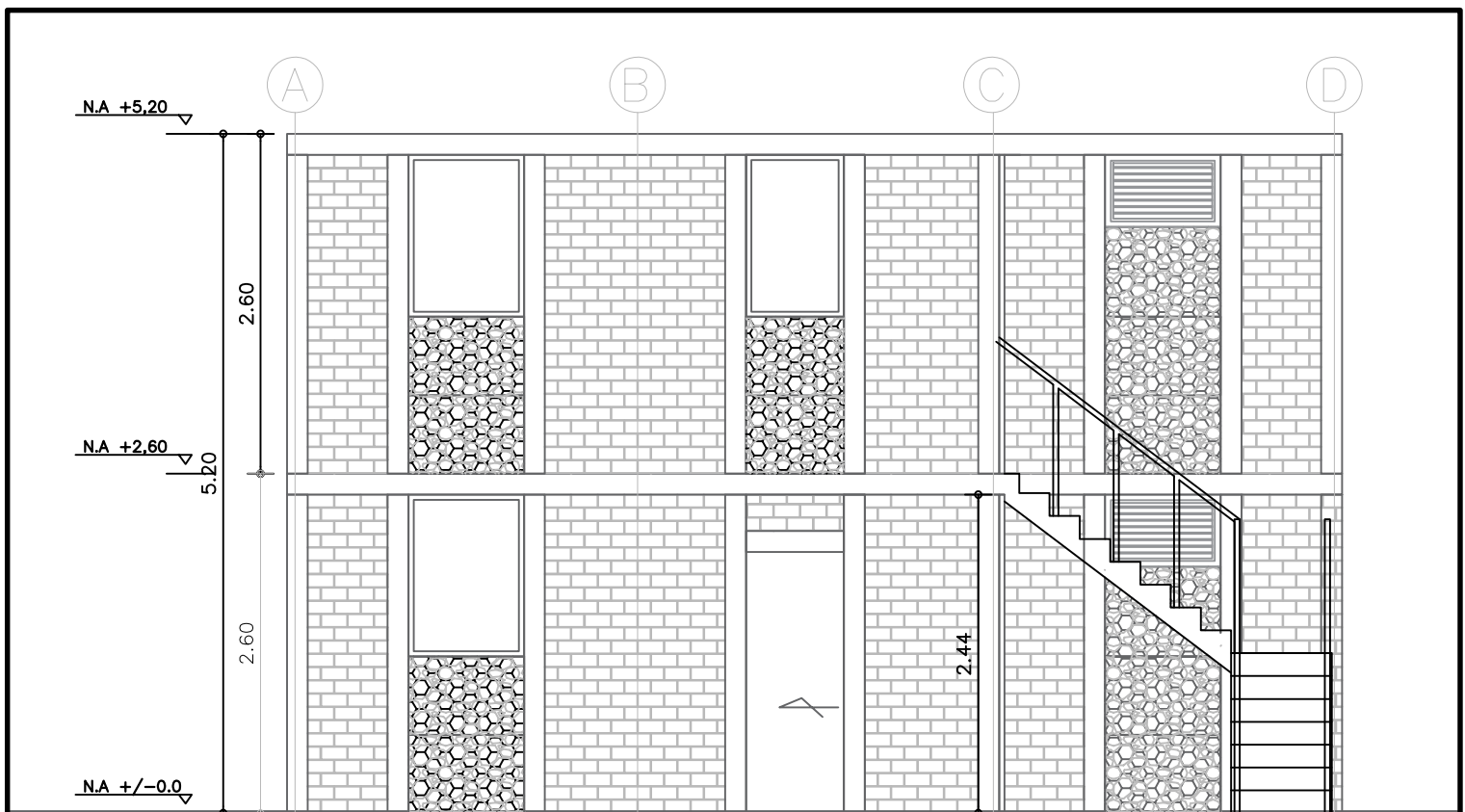


PLANO :FACHADAS FRONTAL, POSTERIOR Y CORTES

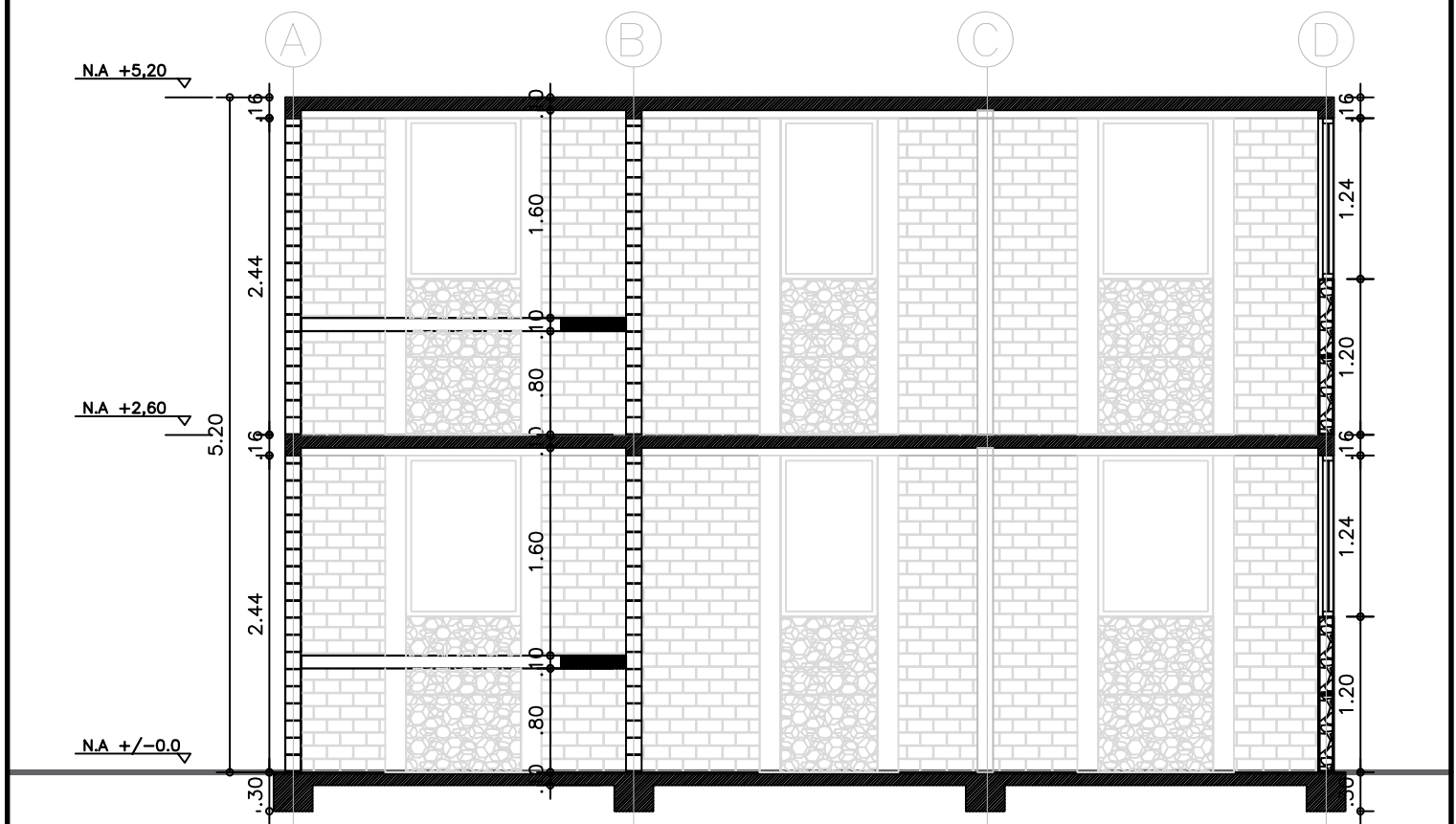
Proceso de construcción de viviendas mediante técnica asistida en zona de desastres

Elaboro: Laura V. Lopez P.

Cohorte 16- Maestria en construccion



FACHADA PRINCIPAL CON AMPLIACION



CORTE A-A'

PLANO : CORTE A-A Y FACHADA PRINCIPAL CON AMPLIACION

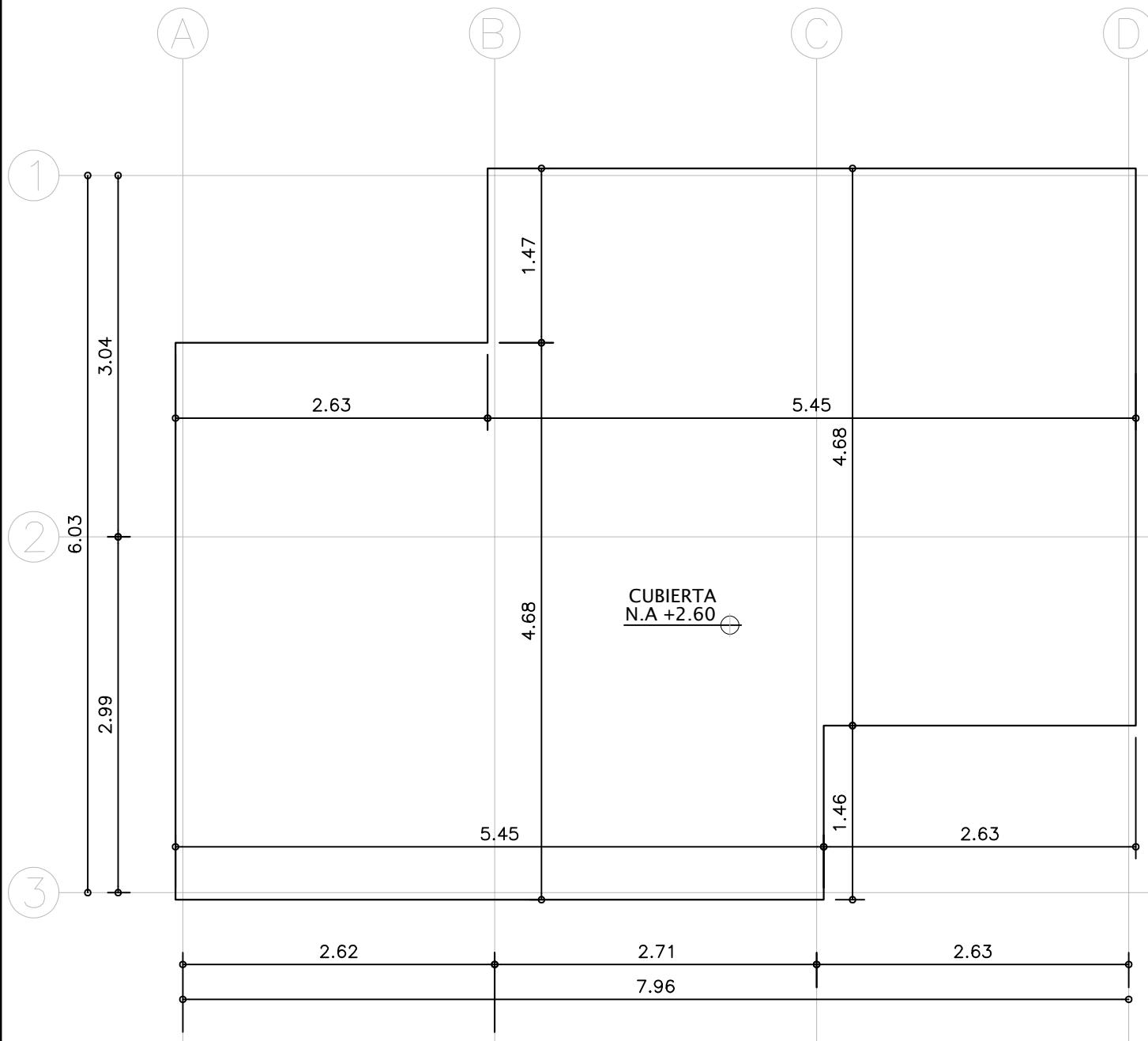
Proceso de construcción de viviendas mediante técnica asistida en zona de desastres

Elaboro: Laura V. Lopez P.

Cohorte 16- Maestria en construccion



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA



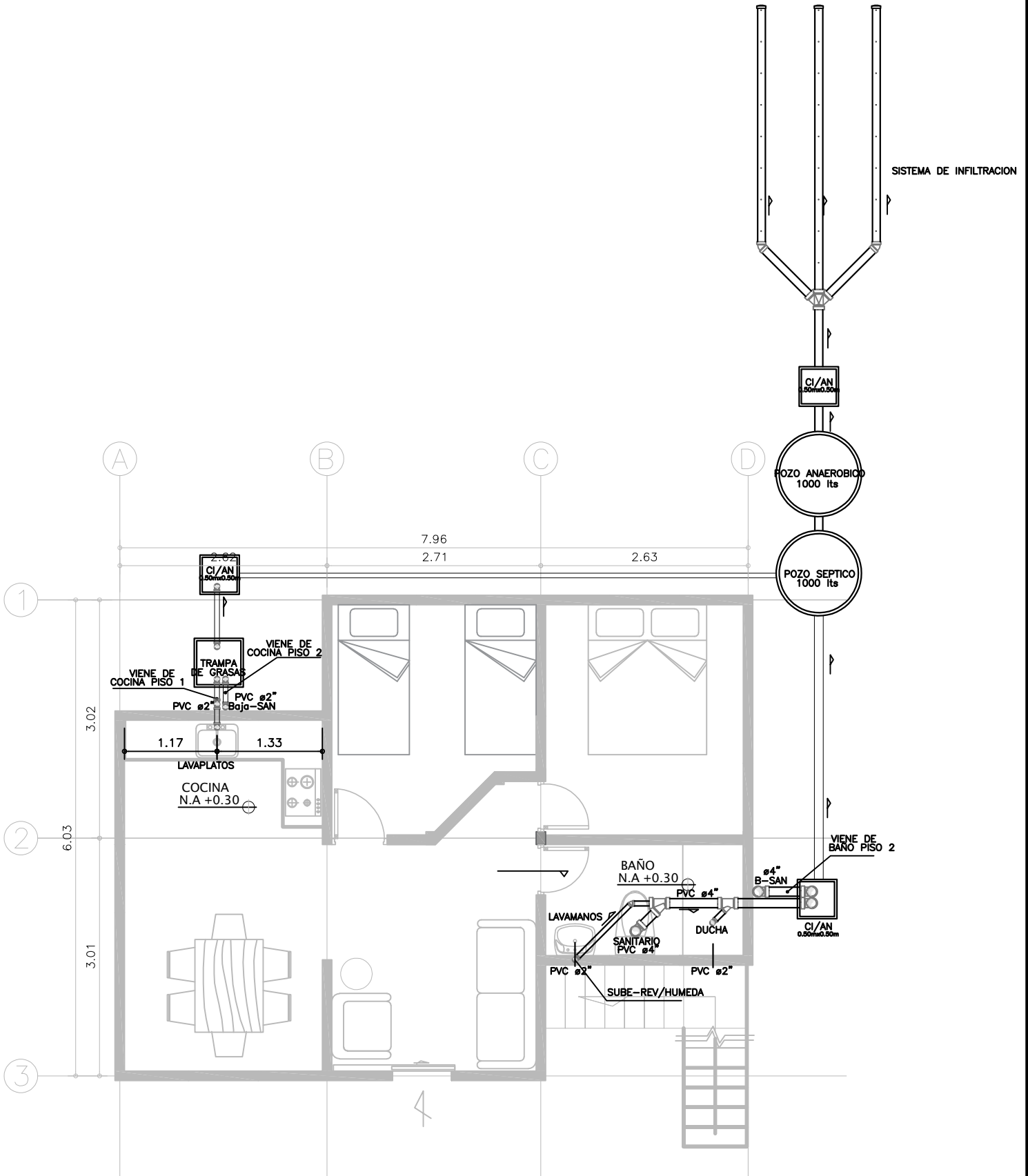
UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

PLANO : PLATA CUBIERTA

Proceso de construcción de viviendas mediante técnica asistida en zona de desastres

Elaboro: Laura V. Lopez P.

Cohorte 16- Maestria en construccion



PLANO : INSTALACIONES SANITARIAS NIVEL + 0.30

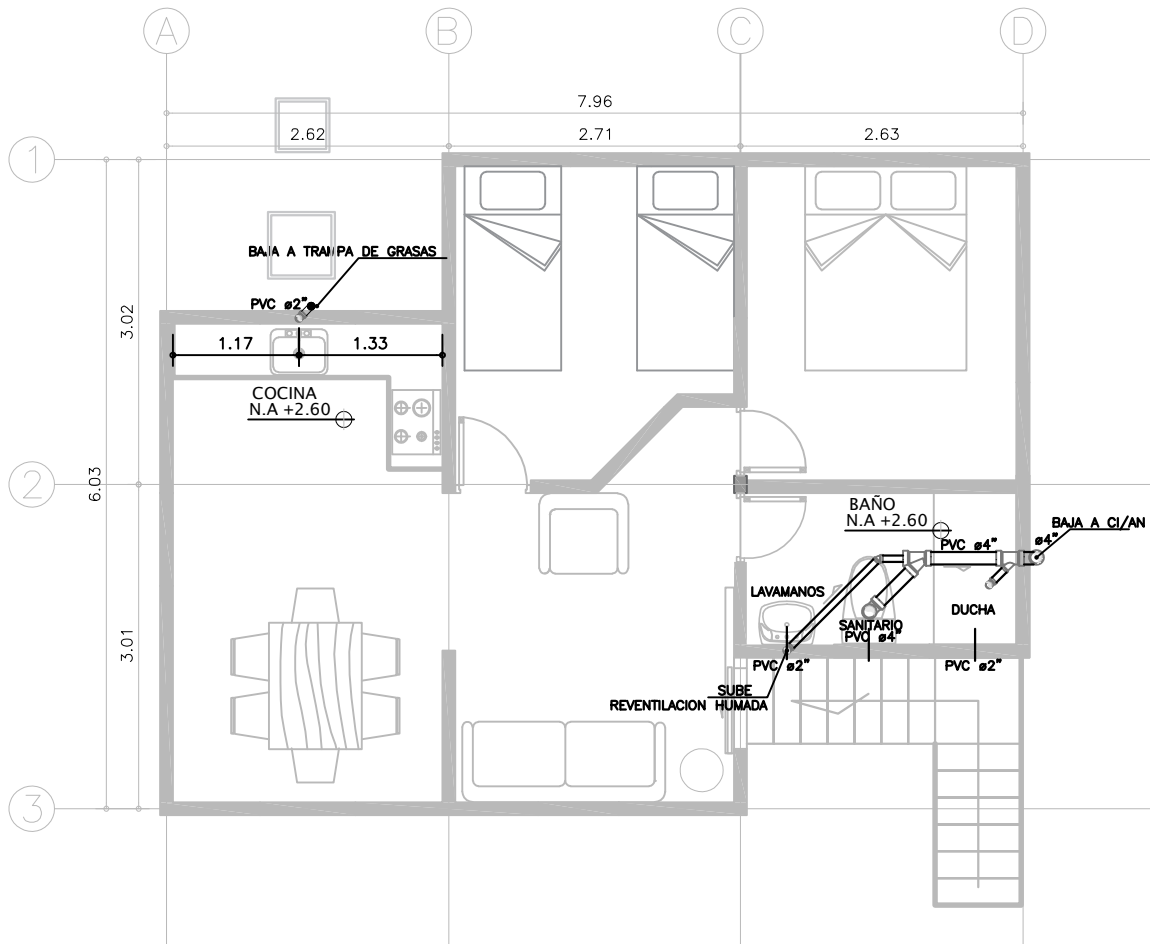
Proceso de construcción de viviendas mediante técnica asistida en zona de desastres

Elaboro: Laura V. Lopez P.

Cohorte 16- Maestria en construccion



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA



PLANO : INSTALACIONES SANITARIAS N +2,60 VIVIENDA PROPUESTA

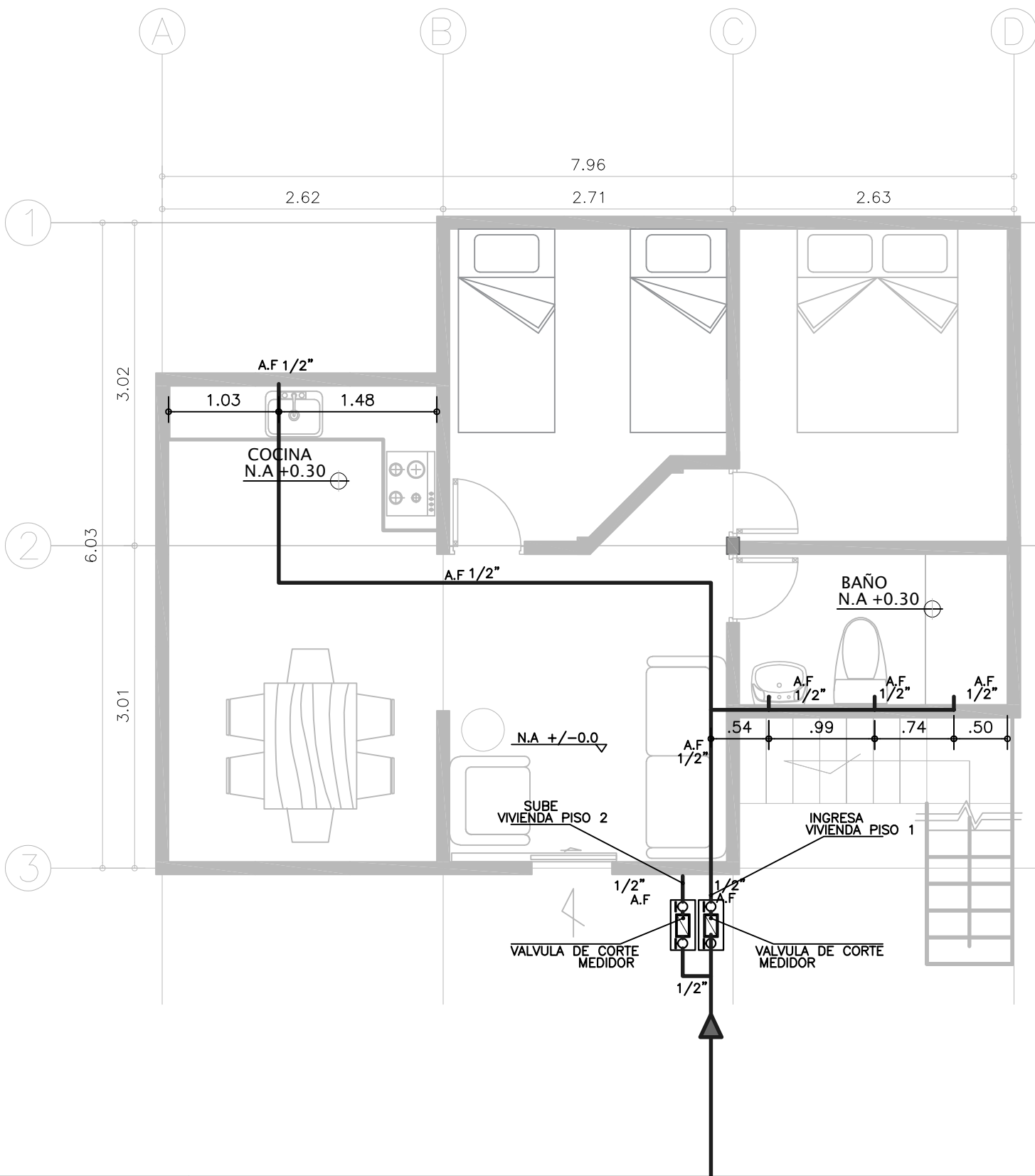
Proceso de construcción de viviendas mediante técnica asistida en zona de desastres

Elaboro: Laura V. Lopez P.

Cohorte 16- Maestria en construccion



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA



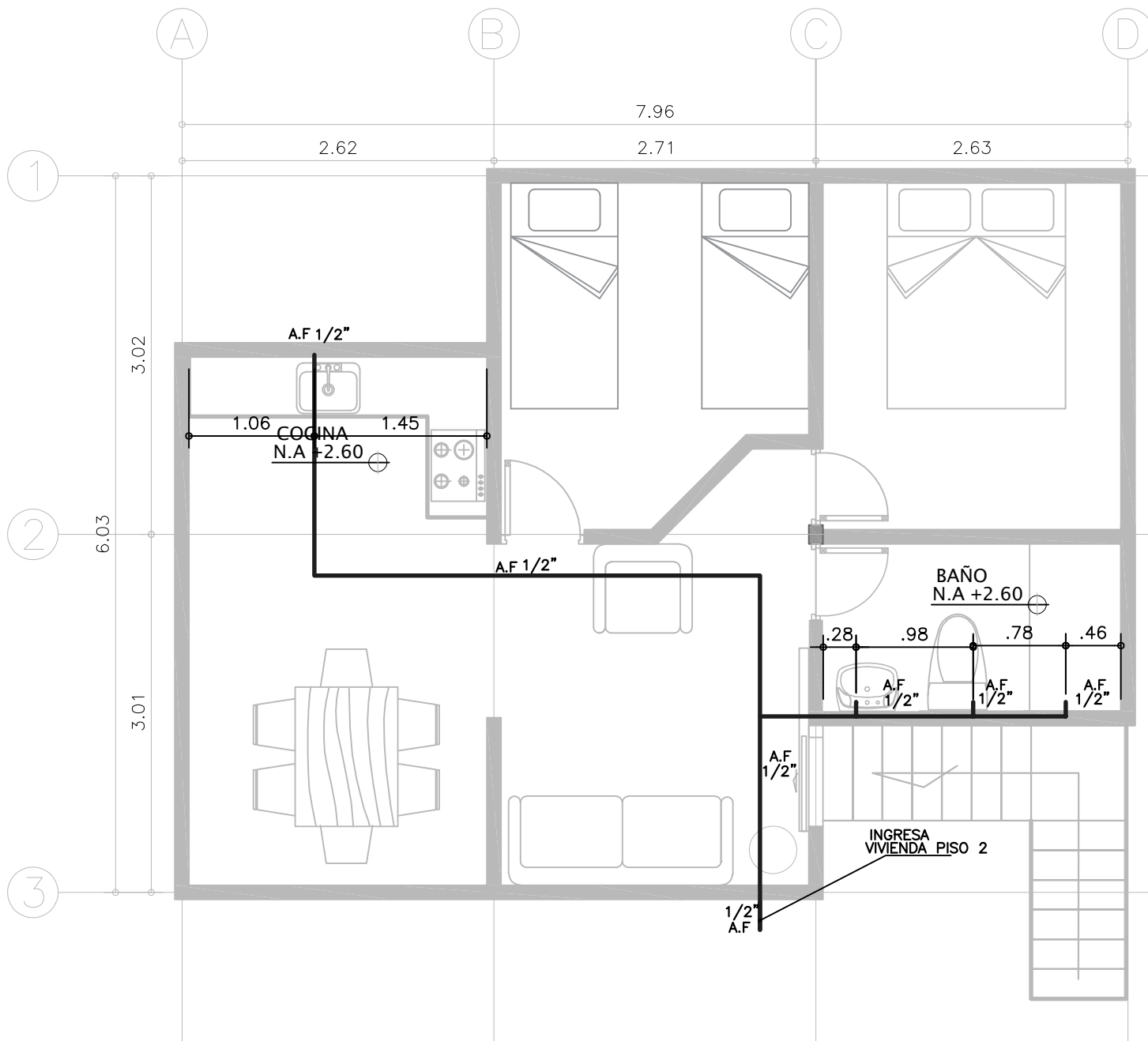
PLANO : INSTALACIONES HIDRAULICAS NIVEL +0,30

Proceso de construcción de viviendas mediante técnica asistida en zona de desastres

Elaboro: Laura V. Lopez P.

Cohorte 16- Maestria en construccion





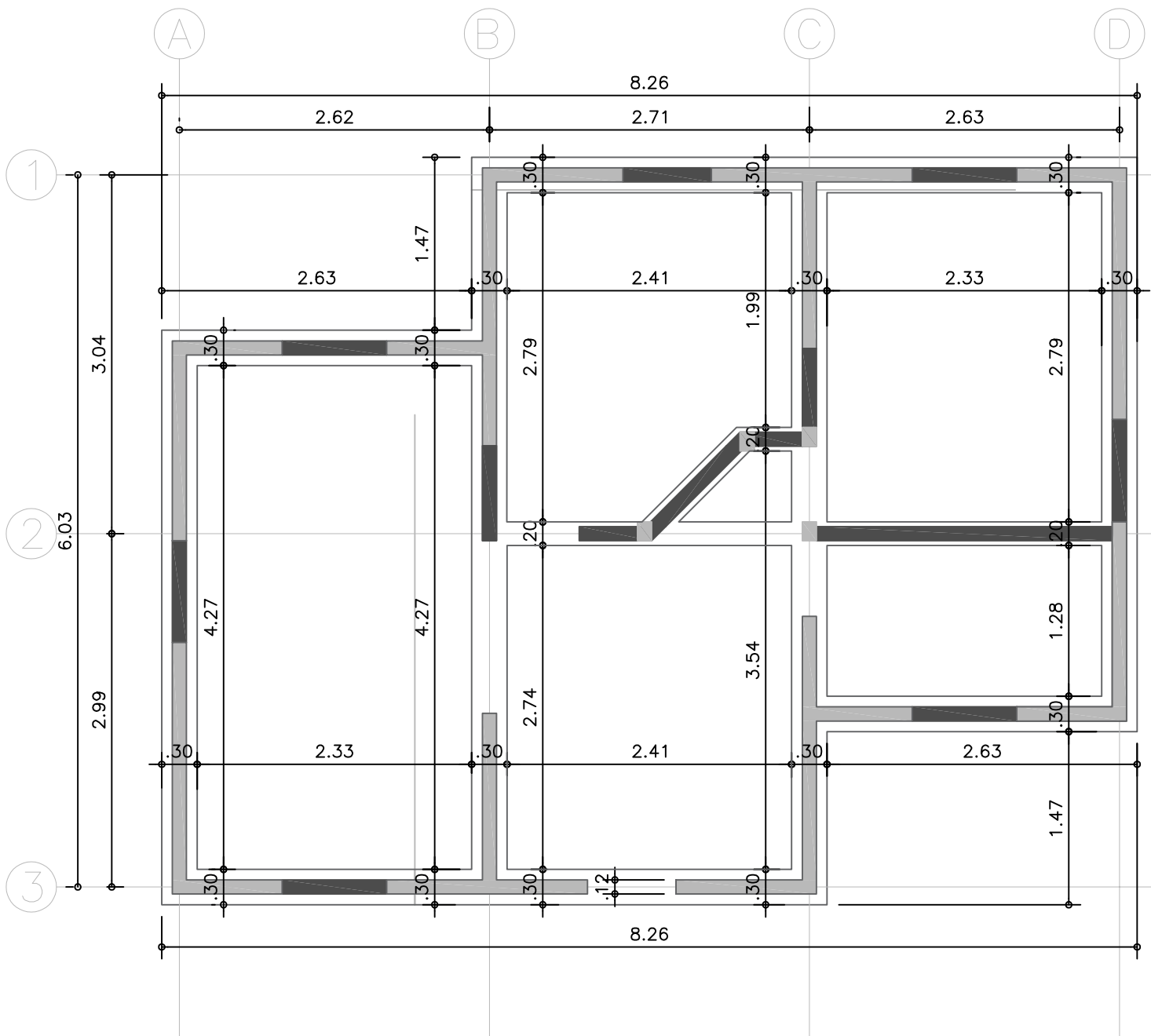
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

PLANO : INSTALACIONES HIDRAULICAS N +2,60VIVIENDA PROPUESTA

Proceso de construcción de viviendas mediante técnica asistida en zona de desastres

Elaboro: Laura V. Lopez P.

Cohorte 16- Maestria en construccion



PLANTA DE CIMENTACIÓN - LOCALIZACION DE MUROS

MUROS EN GAVION ESBELTO
 MUROS ESTRUCTURALES



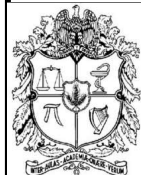
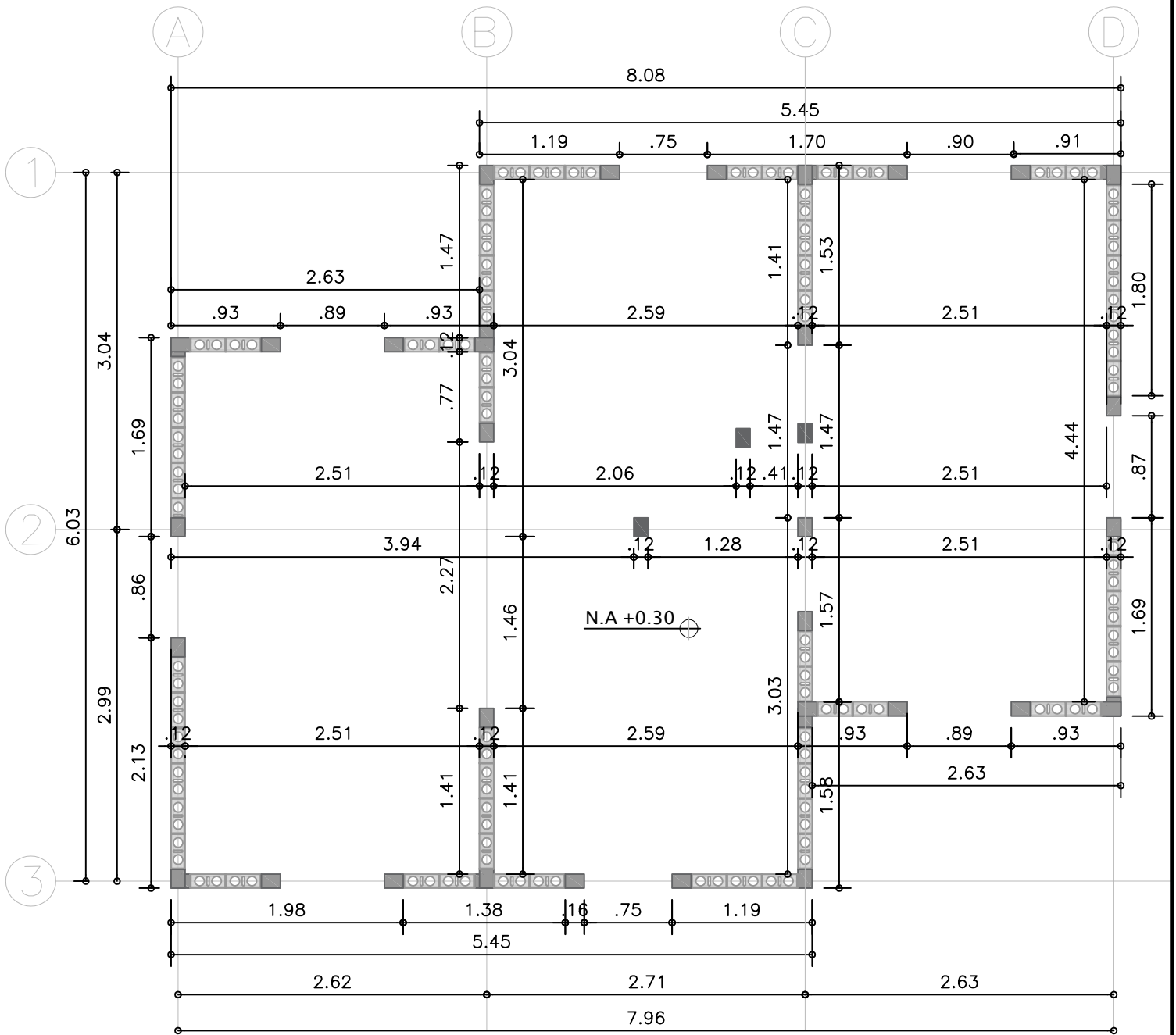
UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

PLANO : PLANTA MUROS NO ESTRUCTURALES

Proceso de construcción de viviendas mediante técnica asistida en zona de desastres

Elaboro: Laura V. Lopez P.

Cohorte 16- Maestria en construccion



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

PLANO : PLANTA MUROS ESTRUCTURALES PISO 1

Proceso de construcción de viviendas mediante técnica asistida en zona de desastres

Elaboro: Laura V. Lopez P.

Cohorte 16- Maestria en construccion

