



Impacto económico del uso de poliestireno expandido (EPS) para la construcción de muros en  
Vivienda de Interés Prioritario (VIP) del municipio de Girardot – Cundinamarca

Ana Marcela Ojeda Triana

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:

Ingeniero Civil

Asesor:

Ingeniero Aldemaro Gulfo Mendoza

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Facultad de Ingeniería

Sede Girardot

Ingeniería Civil

2019 – Noviembre

# POLIESTIRENO EXPANDIDO MATERIAL ALTERNATIVO DE CONSTRUCCIÓN

Impacto económico del uso de poliestireno expandido (EPS) para la construcción de muros en  
Vivienda de Interés Prioritario (VIP) del municipio de Girardot – Cundinamarca

Ana Marcela Ojeda Triana

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:

Ingeniero Civil

Asesor:

Ingeniero Aldemaro Gulfo Mendoza

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Facultad de Ingeniería

Sede Girardot

Ingeniería Civil

2019 – Noviembre

### **Dedicatoria**

Existen personas muy especiales que todos los días nos motivan con amor y buena energía para desarrollar proyectos que no solo nos dan sostenibilidad sino también felicidad. A mi esposo Faustino, mi hijo Derek, mis padres y hermanas, son ellos mi motivo más especial y soporte para seguir en procura del éxito.

### **Agradecimientos**

El resultado final del presente trabajo se obtuvo gracias a la participación, asesoría y permanente apoyo de las siguientes personas:

Ingeniero Aldemaro Gulfo, asesor del proyecto

Ingeniera Martha Liliana Díaz

Personal docente del programa de Ingeniería Civil Sede Girardot

Secretaria de Planeación Municipio de Girardot – Cundinamarca

## Tabla de Contenido

Lista de tablas.....	VIII
Lista de figuras.....	IX
Resumen.....	XI
Abstract.....	XII
Introducción.....	12
CAPITULO I.....	14
1. Aspectos Metodológicos de la Investigación.....	14
1.1 Problema de investigación.....	14
1.1.1 Planteamiento del problema.....	14
1.1.2 Formulación del problema.....	16
1.2 Justificación.....	16
1.3 Objetivos.....	17
1.3.1 Objetivo General.....	17
1.3.2 Objetivos específicos.....	17
1.4 Metodología de la Investigación.....	17
CAPITULO II.....	18
2. Marco de Referencia.....	18
2.1 Marco Teórico.....	18

2.1.1 Antecedentes .....	18
2.1.2 Ubicación Geográfica.....	19
2.1.3 Características del Poliestireno Expandido.....	22
2.2 Marco Legal .....	28
2.2.1. Actas de la Comisión Asesora Permanente para el Régimen de Construcciones Sismo Resistentes.....	31
2.2.2 Normas y Ensayos.....	33
CAPITULO III.....	12
3. Modelos De Vivienda De Interés Prioritarios En Girardot.....	12
3.1 Características arquitectónicas y estructurales de modelos típicos.....	13
3.2 Modelo 1 - Vivienda de Interés prioritario (VIP) – Villa Carolina.....	46
3.2.1 Valoración económica levantamiento de muros en material convencional .....	49
3.2.2 Construcción de muros en poliestireno expandido - Modelo VIP No.1 .....	49
3.3 Modelo 2 - Vivienda de Interés prioritario (VIP) – Valle del Sol .....	54
3.3.1 Valoración económica levantamiento de muros en material convencional .....	55
3.3.2 Construcción de muros en poliestireno expandido - Modelo VIP No.2 .....	56
CAPITULO IV.....	36
4. Estudio Económico – Impacto .....	36
4.1 Índices de Favorabilidad y Análisis .....	36
CAPITULO V.....	36

5. Conclusiones .....	36
Bibliografía .....	36

**Lista de tablas**

Tabla 1. Características del Poliestireno Expandido .....	22
Tabla 2. Recomendaciones de Diseño .....	13
Tabla 3. Características Arquitectónicas- Modelo VIP No.1- Villa Carolina.....	46
Tabla 4. Características Estructurales – Modelo VIP No. 1 – Villa Carolina.....	48
Tabla 5. Costos Levantamiento Muros Material convencional – Modelo VIP No.1 .....	49
Tabla 6. Costo Poliestireno Expandido (EPS) para muros –Modelo No.1-Villa Carolina .....	49
Tabla 7. Resultados Ensayo Compresión Centrada y Excéntrica .....	51
Tabla 8. Flexión Simple .....	51
Tabla 9. Características Arquitectónicas- Modelo VIP No.2- Valle del Sol .....	54
Tabla 10. Características Estructurales – Modelo VIP No. 2 – Valle del Sol.....	55
Tabla 11. Costo levantamiento de muros – Material convencional – Modelo VIP No.2 .....	55
Tabla 12. Costo Poliestireno Expandido (EPS) para muros VIP–Modelo No.2-Valle del Sol	56
Tabla 13. Tiempos de construcción muros X unidad de vivienda .....	36
Tabla 14. Costo mano de Obra x Cuadrilla en Unidad de Vivienda.....	37
Tabla 15. Costo metro cuadrado total construido por Unidad de Vivienda.....	37
Tabla 16. Punto de equilibrio para muros X unidad de vivienda VIP .....	38
Tabla 17. Punto de equilibrio para muros x 100 unidades VIP .....	38
Tabla 18. Aprovechamiento espacio X 100 Unidades VIP.....	39
Tabla 19. Aprovechamiento espacio X 100 Unidades VIP según Modelo No.2.....	39

**Lista de figuras**

Figura 1. Coordenadas Geográficas: 4°18'13"N 74°48'14"O.....	19
Figura 2. Aplicaciones del Poliestireno Expandido .....	24
Figura 3. Aligeramiento de Estructuras con EPS.....	25
Figura 4. Paneles de Poliestireno y Cemento Armado.....	25
Figura 5. Paneles de EPS con Hormigón proyectado. ....	26
<i>Figura 6. Modelo de Vivienda VIS con Poliestireno Expandido. ....</i>	<i>26</i>
Figura 7. Encofrado con EPS .....	27
Figura 8. Relleno de Terraplén con EPS .....	27
Figura 9. Villa Maitá VIP en Espinal Tolima .....	14
Figura 10. Vista General Viviendas .....	14
Figura 11. Vías de acceso.....	13
Figura 12. Fachada Vivienda .....	37
Figura 13. Estilo puertas y Ventanas.....	38
Figura 14. Presentación Mesón cocina y Sanitario .....	39
Figura 15. Panorama General Urbanización La Magdalena .....	39
Figura 16. Fachada Principal Viviendas .....	40
Figura 17. Muros Interiores.....	41
Figura 18. Vías de acceso.....	41
Figura 19. Cubiertas .....	42
Figura 20. Sanitario y Cocina.....	42

Figura 21. Puertas y ventanas metálicas .....	43
Figura 22. Unidades de Vivienda.....	43
Figura 23. Panorama General Urbanización .....	44
Figura 24. Presentación Exterior.....	45
Figura 25. Cocina y Sanitario.....	45
Figura 26. Plano general del proyecto.....	46
Figura 27. Plano Arquitectónico Modelo 1 .....	47
Figura 28. Fachada Principal Modelo 1. ....	48
Figura 29. Sección Típica Panel para Muro Estructural .....	50
Figura 30. Modelo 1. Proceso de Cimentación .....	52
Figura 31. Modelo 1. Viga cinta .....	52
Figura 32. Modelo 1. Confinamiento de Muros Mampostería.....	53
Figura 33. Modelo 1. Muros patio .....	53
Figura 34. Plano Arquitectónico VIP - Modelo 2 – Valle del Sol .....	54
Figura 35. Modelación Edificio .....	56
Figura 36. Modelación Poliestireno Expandido - muros Modelo 2. ....	57
Figura 37. Modelo 2. Fachada Torres. ....	57
Figura 38. Modelo 2, Ubicación Torres .....	58
Figura 39. Modelo 2. Sistema Constructivo Mampostería vertical reforzado .....	58
Figura 40. Modelo 2, Entrepiso.....	59
Figura 41. Modelo 2, Mampostería ladrillo a la vista .....	59
Figura 42. Modelo 2, Parte de atrás Torres .....	60

### **Resumen**

Los altos costos de materia prima convencional para construir vivienda de tipo VIP (Vivienda de Interés Prioritario) en Colombia, impactan el costo final de la misma, el tiempo de entrega y en algunos casos el factor ambiental, siendo la población necesitada la directa afectada por estas variables.

Por tal razón, se están realizando investigaciones orientadas al diseño de nuevos materiales que, sin afectar los estándares de calidad, permitan minimizar el impacto en los factores referenciados. El poliestireno expandido (EPS), se presenta como material alternativo en el proceso constructivo y más específicamente en el levantamiento de la mampostería.

Para tal fin, el autor realizó un estudio de tipo descriptivo, donde se caracterizan las propiedades del material propuesto (EPS) frente a los requisitos de ingeniería establecidos en Colombia inscritos en la norma NSR-10 y con referencia a proyectos de vivienda VIP desarrollados en la ciudad de Girardot, elaboró un estudio económico determinando un índice de factibilidad para la construcción de futuros proyectos de vivienda VIP.

***Palabras claves: Durapanel, mampostería estructural, APU, rendimientos, NRS-10, termo-acústico, sismo-resistente, materiales.***

### **Abstract**

The high costs of conventional raw material to build housing of type VIP (Priority Interest Housing) in Colombia, impact the final cost of the same, the delivery time and in some cases the environmental factor, the population in need being directly affected by these variables

For this reason, research is being carried out aimed at the design of new materials that, without affecting quality standards, minimize the impact on the referenced factors. The expanded polystyrene (EPS), is presented as an alternative material in the construction process and more specifically in the lifting of the masonry.

For this purpose, the author carried out a descriptive study, where the properties of the proposed material (EPS) are characterized against the engineering requirements established in Colombia registered in the NSR-10 standard and with reference to VIP housing projects developed in The city of Girardot, prepared an economic study determining the feasibility index for the construction of future VIP housing projects.

Keywords: Durapanel, structural masonry, APU, performance, NRS-10, thermo-acoustic, earthquake-resistant, materials

## **Introducción**

En Colombia se desarrollan dos modelos de vivienda que están incluidos en los planes del gobierno nacional y local, asignando importantes presupuestos para la construcción y subsidios para asignación a la población. Estos son los proyectos de Vivienda de Interés Social (VIS) y Vivienda de Interés Prioritario (VIP), los cuales benefician hogares de escasos recursos, desplazados y víctimas de la violencia y afectados por desastres de la naturaleza.

De acuerdo a la caracterización arquitectónica y estructural de los proyectos y específicamente del modelo Vivienda de Interés Prioritario (VIP), estos han sido construidos con materiales convencionales, procesos productivos que son costosos por el factor materia prima y requieren de mucho tiempo en su desarrollo, lo cual impacta directamente los factores de cobertura, agilidad (para la población) y medio ambiente por la disposición de residuos y escombros sobrantes del proceso constructivo.

Estas variables (costos, cobertura y agilidad), han motivado el interés por parte de entidades y personas del sector constructivo, para investigar, crear, producir y ofrecer al sector nuevos materiales que puedan reemplazar los tradicionales cumpliendo con toda la normatividad legal establecida (NSR-10). Como resultado de este proceso, aparece el poliestireno expandido (EPS) con propiedades físicas y técnicas que lo hacen viable para el levantamiento de mampostería en cualquier tipo de vivienda rural o urbana.

Para efectos de la presente investigación, el autor ubicó los proyectos de vivienda VIP que se han construido en la ciudad de Girardot – Cundinamarca, de los cuales seleccionó dos modelos para caracterizarlos arquitectónica y estructuralmente, definir los costos de mampostería en material tradicional y proyectar el mismo costeo con el material propuesto, para este caso el poliestireno expandido EPS.

Para tal fin la investigación se desarrolló teniendo en cuenta las siguientes fases, la primera relacionada con la estructuración metodológica de la investigación, la identificación y caracterización arquitectónica y estructural de los proyectos VIP construidos en Girardot. La segunda fase corresponde a la definición de los modelos típicos de VIP sobre los cuales se realiza la respectiva valoración económica, teniendo en cuenta los métodos constructivos tradicionales para el levantamiento de la mampostería en material tradicional. Posteriormente se define la valoración de los modelos típicos VIP seleccionados, pero con en material poliestireno expandido EPS propuesto por el autor. Finalmente, la investigación concluye con el establecimiento del índice de favorabilidad en la utilización del EPS respecto a los modelos típicos de VIP seleccionados para el estudio.

De la misma manera, se establecen y redactan las conclusiones producto de la investigación, consolidando en su totalidad la investigación para dejarla a disposición, no solo del grupo de estudiantes de la facultad, sino también, de las entidades públicas o privadas que puedan encontrar en el documento una fuente de información veraz para el desarrollo de otros estudios relacionados con el área de estudio.

Finalmente, el documento se presenta ante la comunidad universitaria, como un aporte que hace el autor a nombre de la Universidad Minuto de Dios para el desarrollo y estímulo de nuevas investigaciones que permitan mejorar la calidad de vida de la población y redunden en el buen nombre de la Institución.

## CAPITULO I

### 1. Aspectos Metodológicos de la Investigación

#### 1.1 Problema de investigación

**1.1.1 Planteamiento del problema.** Girardot es un municipio ubicado en el departamento de Cundinamarca. Posee una población total de 106.818 habitantes según (DNP, 2018).

De acuerdo al (DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACION - DANE, 2005) , el déficit de vivienda es 15,8% con respecto al consolidado municipal, cifra que en unidades corresponde a 4105 hogares pendientes de solución de vivienda.

Alineado con las políticas de gobierno central, la administración municipal, adelanta proyectos de construcción de vivienda de interés social (VIS) e interés prioritario (VIP) y dar solución a las necesidades de vivienda y tratar de reducir el déficit referenciado.

El costo de cada vivienda del tipo VIP en el año 2005 era de \$25.089.000 que corresponden a la barrera de 70 SMLV, a la fecha estas viviendas están en el orden de \$57.968.120 valor que se ha duplicado en un lapso de 15 años.

Los recursos para la construcción de los proyectos son suministrados por el Estado, la administración local y aportes o convenios de entidades del sector privado o cajas de compensación familiar y aunque son significativos, aún o son suficientes para dar mayor cobertura a la población necesitada por el alto costo de los procesos constructivos, ya que las viviendas son construidas con material convencional, lo cual representa gastos importantes en materiales, mano de obra y tiempos de entrega que impactan directamente al factor déficit de vivienda.

Adicionalmente se han registrado reportes de fallas en las estructuras y mampostería de los proyectos existentes, patologías que podrían estar relacionadas con el incumplimiento de la

norma sismo resistente (NSR-10) o desplazamientos anormales del terreno. Estas novedades fueron publicadas por medios como el diario regional EXTRA en la edición del día martes 04 de diciembre de 2018 (EXTRA, 2018) y el noticiero RCN radio en la emisión del día 27 de septiembre de 2018 (RCN Radio, 2018). Se destaca que las constructoras de los proyectos asignaron un grupo de verificación técnica y se encuentran tomando las medidas ingenieriles del caso.

Es importante destacar que el costo final incluye variables de costos directos como mano de obra, materiales, insumos y equipo de construcción, que según cada región del país puede abarcar un porcentaje importante del valor total de la vivienda. También incluye los costos indirectos (impuestos, honorarios y gastos legales), costos de venta (comisiones y publicidad) y el margen de utilidad (ganancia para el constructor después de pagar los costos de producción).

A pesar de que el gobierno ofrece estímulos arancelarios a las empresas que proveen los materiales de construcción para este modelo de vivienda, VIP, los precios siguen siendo el factor influyente en el costo final, impidiendo ampliar la cobertura a mas población necesitada o disminuir los tiempos de entrega de la misma a los hogares ya seleccionados.

Por lo anterior se hace necesario explorar la posibilidad de utilizar nuevos tipos de material, diferente a los convencionales que cumpliendo con las especificaciones técnicas, arquitectónicas y estructurales establecidas en la norma NSR10, generen menor impacto en el precio final de este modelo de vivienda y se pueda dar mayor cobertura, disminuir tiempos de construcción y entrega y disminuir el déficit de vivienda actual.

Uno de esos materiales es el poliestireno expandido (EPS), como material alternativo de construcción para la ejecución de futuros proyectos que, por su bajo costo, fácil transporte y

características técnicas, lo hace más resistente a factores climatológicos o ambientales, tales como: vientos, cambios de temperatura y meteorología adversa.

**1.1.2 Formulación del problema.** ¿De qué manera se pueden reducir los costos para levantamiento de muros interiores en las viviendas de interés prioritario del municipio de Girardot - Cundinamarca?

## **1.2 Justificación**

En el plan de desarrollo 2016-2019 “GIRARDOT PARA SEGUIR AVANZADO”, se manifiesta la necesidad de continuar con el programa de construcción de vivienda de interés social y prioritario para la población de estratos bajos y ampliar la cobertura actual. Por ello lograr reducir los costos directos relacionados con la adquisición de materia prima e insumos, se convierte en una estrategia ideal que vale la pena tener en cuenta.

Ya existe en el mercado nuevos materiales que cumplen de la misma manera o en mejor forma con los requisitos establecidos para la construcción de vivienda, y que, por desconocimiento o desconfianza, no han sido tenidos en cuenta en los estudios económicos que soportan el desarrollo de proyectos de vivienda. Este es el caso del poliestireno expandido (EPS), un material que ya ha sido usado en proyectos de vivienda en otras regiones del país con muy buenos resultados y a costos inferiores a los que se lograría con materiales convencionales.

Esta investigación presenta un estudio sobre el impacto económico al utilizar este tipo de material en futuros proyectos de vivienda de interés prioritario (VIP) en Girardot – Cundinamarca, impacto que tiene que ver directamente en la reducción del costo final de la vivienda, causado por el valor promedio del metro cuadrado de obra construido con materiales convencionales, frente al metro cuadrado construido con polipropileno expandido (EPS).

### **1.3 Objetivos**

**1.3.1 Objetivo General.** Presentar el impacto económico del uso de poliestireno expandido (EPS) en la construcción de muros para vivienda de interés prioritario (VIP), en el municipio de Girardot, Cundinamarca.

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Documentar las características arquitectónicas y estructurales de proyectos de vivienda VIP construidas en el municipio de Girardot.
- Definir el modelo típico de vivienda VIP para su valoración económica siguiendo métodos constructivos tradicionales.
- Determinar la valoración económica del modelo típico elegido usando poliestireno expandido (EPS) para la construcción de muros.
- Consolidar un índice de favorabilidad del uso del poliestireno expandido a partir de los modelos propuestos.

### **1.4 Metodología de la Investigación**

La investigación es de carácter descriptivo, comparativo y analítico, que permite determinar la caracterización arquitectónica y estructural de los modelos de vivienda VIP, establecer costo y definir el impacto económico que se presenta en los procesos constructivos, tanto con material tradicional, como con el material alternativo en las construcciones de muros para viviendas tipo VIP.

Población: corresponde a los 4105 hogares de escasos recursos, desplazados por la violencia y afectados por desastres naturales que presentan déficit de vivienda, de los cuales se han dado las siguientes soluciones (proyectos Valle del Sol 608 unidades, Villa Carolina 233, CAFAM 378).

Las fases de desarrollo de la investigación están dadas por los objetivos específicos que se propusieron: la primera fase corresponde a la estructuración de la investigación y la caracterización arquitectónica y estructural de los modelos de vivienda tipo VIP que se han construido en la ciudad de Girardot.

La segunda fase involucra la identificación del modelo de vivienda VIP para Girardot y la valoración económica del mismo mediante el uso de material tradicional, específicamente en el proceso de construcción de mampostería del modelo seleccionado.

En la tercera fase se desarrolla la valoración económica del modelo típico de vivienda VIP que se seleccionó para el estudio en el cual se propone el uso del poliestireno expandido (EPS), teniendo en cuenta que esta valoración se realiza específicamente con base al proceso productivo de levantamiento de muros.

En la última fase, el autor define el índice de favorabilidad del uso del material propuesto para el levantamiento de muros en el modelo típico VIP y presenta las conclusiones finales del estudio.

## **CAPITULO II**

### **2. Marco de Referencia**

#### **2.1 Marco Teórico**

**2.1.1 Antecedentes.** Todos los proyectos de construcción de vivienda que se construyen en el municipio tienen como meta, mejorar la calidad de vida a hogares con vivienda de interés social, interés prioritario, titulación de predios y cobertura de servicios públicos en hogares de estratos 1,2 y 3, población de escasos recursos, víctimas y desplazados por la violencia y afectados por catástrofes y ola invernal. Estos proyectos se encuentran inscritos en El plan de desarrollo 2016-2019 “GIRARDOT PARA SEGUIR AVANZANDO”, (Alcaldía de Girardot, 2016).

### 2.1.2 Ubicación Geográfica

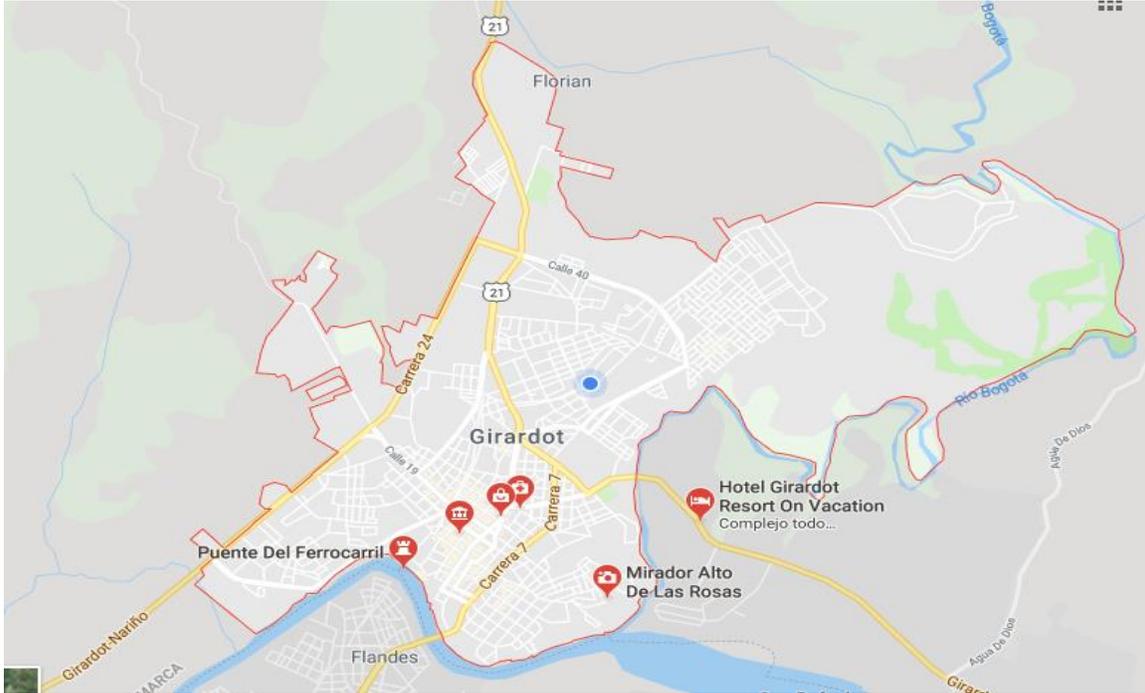


Figura 1. Coordenadas Geográficas: 4°18'13"N 74°48'14"O.  
Tomado de: (Google Maps, 2019)

El municipio de Girardot se encuentra en el departamento de Cundinamarca o también es ubicado en la provincia del Alto Magdalena, limita con los municipios de Nariño, Tocaíma, Flandes y el Río Magdalena, la temperatura promedio se encuentra entre los 28° C, es una de las ciudades más importantes del departamento por su población, además de contar con universidades y gran extensión urbana.

Para el desarrollo de este trabajo se mencionan dos modelos de vivienda de interés prioritario ubicados en el municipio de Girardot, el Modelo 1 corresponde a La Urbanización Villa Carolina con 233 viviendas de una planta y el Modelo 2 La edificación Valle del Sol con 608 apartamentos.

A continuación, se referencia su ubicación geográfica en Girardot – Cundinamarca.

## Modelo 1: Villa Carolina



Calle 3 N° 24-312, costado suroccidental del casco urbano del municipio de Girardot - Cundinamarca  
Tomado de: (Google Maps, 2019)

## Modelo 2: Valle del Sol



Valle Del Sol, Cra. 16 #2-68 Girardot, Cundinamarca  
Tomado de: (Google Maps, 2019)

### 2.1.3 Características del Poliestireno Expandido

Tabla 1.

*Características del Poliestireno Expandido*

CARACTERÍSTICAS DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO	
DEFINICION: El poliestireno expandido es un material de plástico celular y rígido que se emplea como aislante térmico. Se fabrica mediante el moldeo de perlas pre-expandidas de poliestireno expandido, dando lugar a una estructura cerrada repleta de aire.	
CARACTERÍSTICAS	
1	Es ligero y resistente, pueden ir desde los 10 kilogramos por metro cúbico a los 35.
2	El color natural de este material es el blanco debido a la refracción de la luz.
3	La densidad está directamente vinculada con sus propiedades de resistencia mecánica.
4	Excelente aislamiento térmico. La estructura celular del material consistente en la presencia de aire ocluido en su interior.
5	No es higroscópico. Su nivel de absorción es mínimo, incluso sumergiéndolo por completo en agua. Sin embargo, esto no sucede con el vapor de agua que puede propagarse en su interior celular.
6	Ofrece estabilidad frente a la temperatura. Se puede utilizar con total seguridad sin que sus propiedades se vean en ningún momento afectadas.
7	La radiación ultravioleta es lo único que puede influenciarle negativamente. Sin embargo, se controla con la aplicación de revestimientos o pinturas.
8	Puede tener gran variedad de espesores, con densidades que oscilan los 10 y 25 kg/m <sup>3</sup> y una conductividad térmica entre 0,06 y 0,03 W/m°C., dependiendo del fabricante estos parámetros pueden ser mayores o menores.
9	Es reutilizable al 100% para formar bloques del mismo material. Es reciclable para fabricar materias primas para otra clase de productos. No contiene gases del grupo de los CFC, puede ser incinerado de manera segura en plantas de recuperación energética.
10	Es resistente a la humedad y capacidad de absorción de los impactos.
11	Su cualidad más destacada es su higiene al no constituir sustrato nutritivo para microorganismos. Es decir, no se pudre, no se enmohece ni se descompone
12	se hallan en la construcción, ya sea como material de aligeramiento o como aislante térmico en edificación y en obras civiles; también en fachadas, cubiertas, molduras, suelo, etc.

Fuente: Elaboración propia

Impacto ambiental. El EPS no presenta impacto negativo para el medio ambiente durante los procesos de transformación y utilización, basados en datos de investigaciones que sobre este aspecto se han realizado anteriormente se puede decir que: (Córdova Recinos, 2015).

1. No contiene sustancias de contenido tóxico que puedan afectar el aire o las personas.
2. Es un material reciclable que mediante un proceso de triturado puede ser reutilizado nuevamente.
3. Las emisiones de gases que puedan generarse durante su producción son mínimas y no afectan la capa de ozono.
4. El impacto ambiental durante su transporte es mínimo, debido al tipo de embalaje que impide que se descomponga.
5. Los mayores consumos de recursos se dan básicamente en la producción del EPS virgen para el caso de la energía y con respecto al agua se da en la etapa de transformación.
6. Un impacto negativo se podría presentar en la inadecuada disposición de residuos de este material cuando se efectúan cortes y lo sobrantes no son dispuestos de una manera adecuada, más si se tiene en cuenta que es un producto que no es biodegradable.
7. Otro aspecto negativo se puede dar en la inapropiada separación de los residuos mezclando material que este contaminado con material que esté limpio.
8. Por sus condiciones de peso y flotabilidad si no se hace una adecuada disposición de residuos de EPS, puede contaminar fuentes hídricas como ríos, quebradas e incluso los océanos.

Teniendo en cuenta que el impacto negativo en el medio ambiente se da por la inadecuada disposición de los residuos, la responsabilidad directa recae en los constructores o entidades que lo utilizan, para lo cual, deben establecer un protocolo de gestión de residuos que garantice limpieza en el ambiente y la posibilidad de reutilizar esta materia prima.

Teniendo en cuenta los estudios realizados por sectores de la industria y la academia en Europa e Iberoamérica, el EPS se presenta como una alternativa válida,

científicamente demostrada para el uso en la construcción, ya que por sus condiciones físicas y químicas, tiene propiedades de resistencia a factores ambientales y mecánicos expuestos.

(Ferreira, Hortal, Cordero, & Candela, 2008)

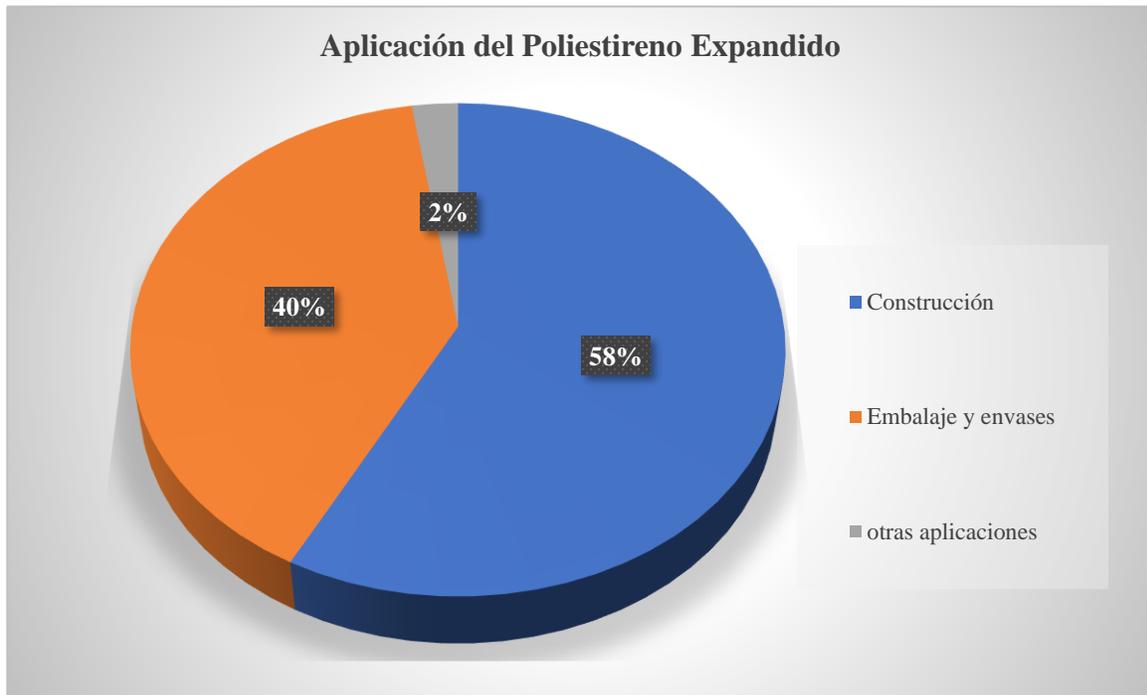


Figura 2. Aplicaciones del Poliestireno Expandido  
Tomado de: <http://www.redisa.net/doc/artSim2008/gestion/A11.pdf>

Por sus características y composición es una material tendencia en la construcción de edificaciones y obras de ingeniería civil.

Se puede utilizar en aligeramiento de estructuras de hormigón, placas y paneles de aislamiento termo acústico, bovedillas para forjados, casetones, moldes de encofrado, juntas de dilatación, decorativos de interiores, bloques para dotar de ligereza terraplenes de carretera, pantalanes flotantes e incluso islas artificiales.

Otro de los usos está relacionado con la fabricación de bloques para rellenos en el terreno, cimentaciones en zonas pantanosas, rellenos de taludes, recrecido de superficies a distintas cotas.

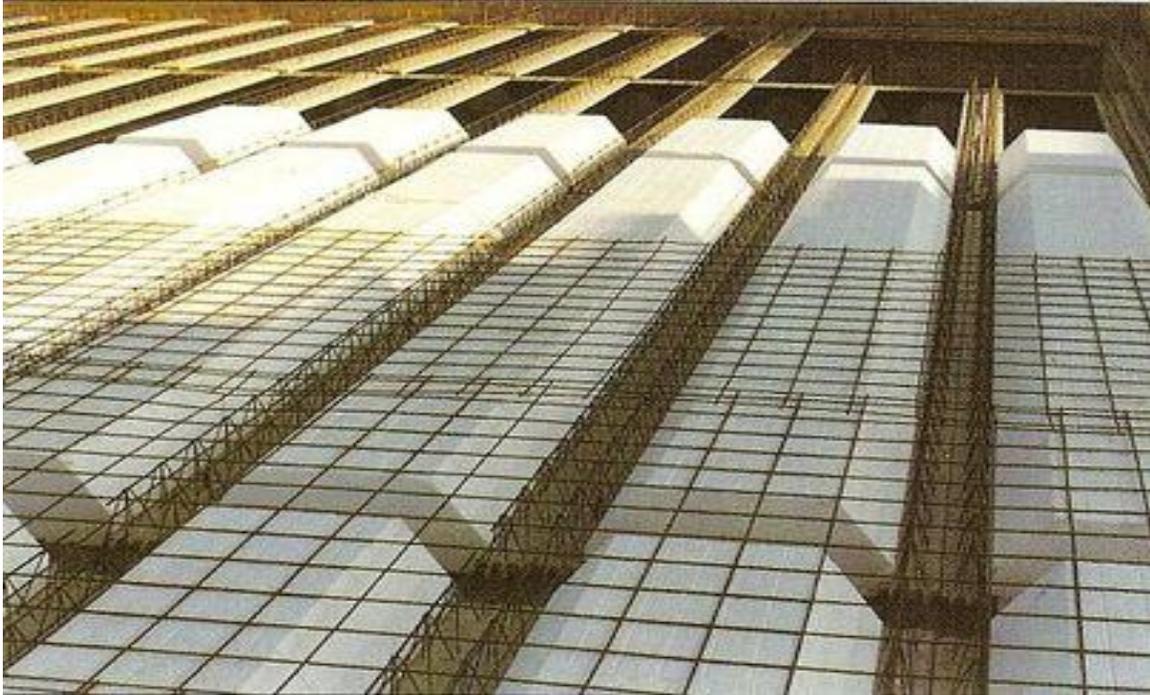


Figura 3. Aligeramiento de Estructuras con EPS

Tomado de: <https://arquigrafico.com/poliestireno-expandido-ventajas-de-su-uso-en-la-construccion/>



Figura 4. Paneles de Poliestireno y Cemento Armado.

Tomado de <http://vilssa.com/paneles-de-poliestireno-y-cemento-armado-un-sistema-constructivo-muy-interesante>



Figura 5. Paneles de EPS con Hormigón proyectado.

Tomado de <https://www.losandes.com.ar/article/paneles-de-eps-con-hormigon-proyectado>.



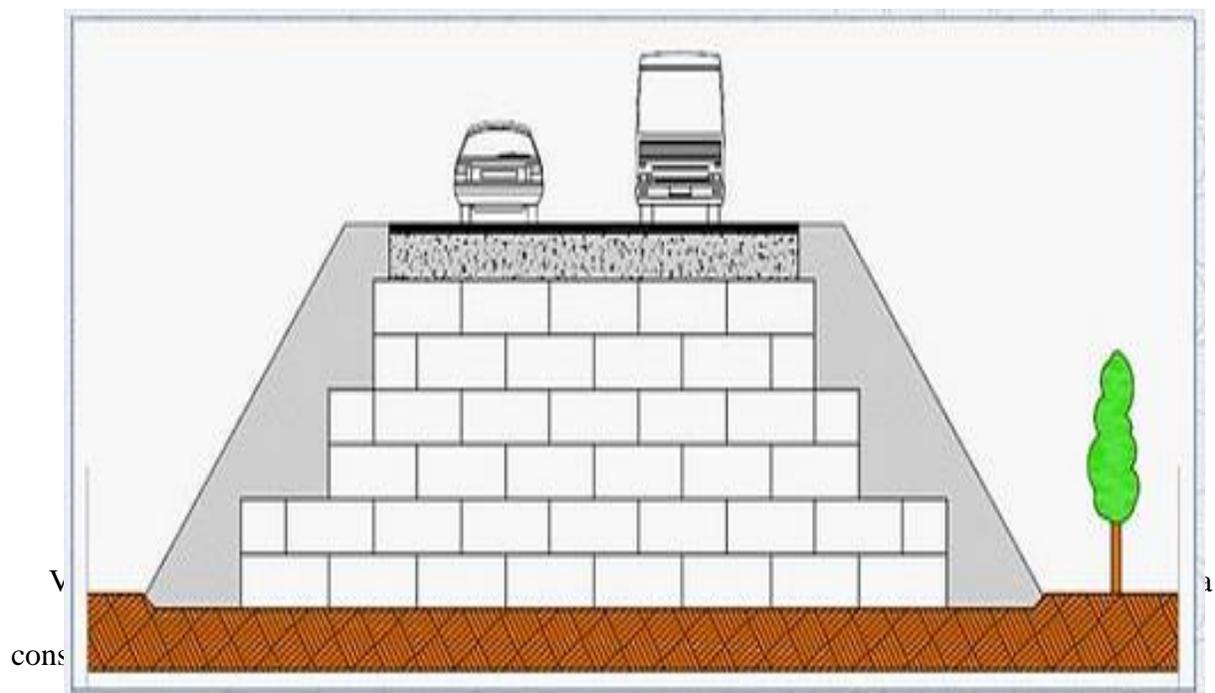
Figura 6. Modelo de Vivienda VIS con Poliestireno Expandido.

Tomado de <https://www.industrialconconcreto.com/descargas-durapanel/>



Figura 7. Encofrado con EPS

Tomado de <https://arquigrafico.com/poliestireno-expandido-ventajas-de-su-uso-en-la-construccion/>



importante de energía, ofreciendo condiciones idóneas de protección contra el ruido. Sumado a estas condiciones termo acústicas se referencia otras ventajas así (Arquigráfico, 2019):

Es un material que no se inflama con el contacto con chismas o escorias candentes.

1. Fácil de manipular e instalar.
2. Al contacto con el ambiente no genera moho, hongos y es imputrescible
3. Altamente resistente a agentes químicos
4. Presenta buen índice de resistencia mecánica y es un excelente amortiguador de impacto. También resiste el envejecimiento y el contacto con el agua.

## 2.2 Marco Legal

En este estudio se tiene en cuenta el marco legal que sobre el tema de investigación presentó el Dr. Guillermo Orjuela Martínez, del cual se presenta los aspectos más importantes (ORJUELA, martinez, 2014).

... En la Declaración Universal de los Derechos Humanos del año 1948 se estableció en el artículo 25 el derecho que tiene una persona a tener un nivel de vida óptimo para sí y su familia. La Organización de las Naciones Unidas (ONU), establece que todos los habitantes tienen derecho a una vivienda adecuada y el estado está en la obligación de garantizar ese derecho.

En Colombia, el derecho a la vivienda adecuada, se incorporó en el artículo 51 de la Constitución Nacional, que reconoce como el derecho a acceder a una vivienda digna, y define la obligación del Estado de promover planes y programas de vivienda de interés social y sistemas de crédito de largo plazo para garantizar el acceso efectivo a este derecho.

De igual manera, hacen parte de la evolución normativa relativa al desarrollo del derecho a la vivienda la expedición de las Leyes 9 de 1989, 3 de 1991, 388 de 1997 y 1537 del 2012. Mediante las primeras tres se regula el ordenamiento territorial y la implementación de diferentes instrumentos de gestión de suelo, y por medio de la última norma citada se

implementa el marco legal para desarrollar el programa de vivienda gratuita promovido en el periodo comprendido entre los años 2010 y 2014.

De hecho, la Ley 1537 del 2012, además de establecer las directrices para el programa de vivienda gratuita, determinó como obligación para los municipios con más de 100.000 habitantes, así como para aquellos que se encuentren en sectores aledaños a municipios con más de 500.000 habitantes, la obligación de establecer áreas mínimas de suelo urbanizable de uso residencial destinado a viviendas de interés prioritario, cuando se trate de suelos de expansión urbana o en aquellos sectores que sean tratamientos de redesarrollo mediante programas de renovación urbana.

El libro “Vivienda Social en Colombia, una Mirada desde su Legislación, 1918-2005” publicado por la Editorial Pontificia Universidad Javeriana, coordinado por Olga Lucia Ceballos Ramos, con la participación Alberto Saldarriaga Roa y Doris Tarchópulos Sierra, adelantó la verificación de diferentes aspectos promovidos para desarrollar la vivienda social desde el año 1918, tomando como eje central la regulación legal de cada gobierno como política en materia de vivienda.

Las disposiciones normativas expedidas en la Ley 46 de 1918 determinaron que los municipios con más de 15.000 habitantes debían destinar el 2% de sus presupuestos para atender la vivienda higiénica para la clase proletaria.

A continuación, se realiza el estudio de cada una de las normas expedidas por los gobiernos de turno observando particularmente aspectos de la Ley 70 de 1931 relativa a la constitución del patrimonio de familia y el Decreto 711 de 1932 mediante el cual fueron establecidas las bases para la creación del Banco Central Hipotecario.

La expedición de la Ley 61 de 1936, en el gobierno de Alfonso López Pumarejo, relativa a la construcción de viviendas higiénicas para los obreros de las minas y salinas propiedad de la nación, estableciendo la inembargabilidad de las viviendas adquiridas por obreros; la Ley 91 de 1936 mediante la cual se autoriza la constitución de patrimonios de familia no embargables, la Ley 170 de 1936 que otorga facultades especiales al Banco Central Hipotecario para financiar el desarrollo de programas de construcción y/o urbanización.

Decreto 200 de 1939 mediante el cual se dio inicio al fomento de la vivienda campesina en Colombia; apartes de la Ley 29 de 1945, relativas al fomento de la construcción de vivienda urbana; y el Decreto 1575 de 1946 mediante el cual se autoriza la financiación de vivienda para trabajadores con la pignoración de salarios, cesantías y seguros de vida.

En este trabajo también se citan las disposiciones normativas proferidas por cada Administración de carácter nacional para la promoción de vivienda social hasta la creación del sistema de vivienda de interés social en el análisis del período comprendido entre 1990 y 2007, en el cual se destaca la expedición de la Ley 3 de 1991, mediante la cual se definió la estructura funcional fundamental para la promoción y otorgamiento de vivienda social.

Este análisis concluye que la normativa refleja inestabilidad institucional que se asocia a la producción de vivienda social en un esquema de mercado, señalando que en esta fase de producción legislativa subsiste el subsidio a la vivienda, así como instrumentos para masificar el acceso al crédito, sin abordar en profundidad el acceso a suelos urbanizables a precios razonables, y logrando evitar de esta forma el desarrollo de edificaciones ilegales para hacer sostenibles los programas de vivienda social.

Ley 1537 de 2012 en la cual se establece un marco regulatorio para la vivienda de interés prioritario y para el desarrollo del programa de vivienda gratuita promovido por el Gobierno

Nacional, y que fue expedido el Decreto 075 de 2012 que entre otras normas desarrolla aspectos relacionados con la vivienda de interés prioritario en el ordenamiento territorial de los municipios y distritos.

Ley 1151 del 2007, en su artículo 6, numeral 3.5, establece que, “Se optimizará el Programa de Subsidio Familiar de Vivienda (SFV) definiendo el tope de 135 smlmv para VIS y de 70 smlm para VIS prioritaria.” (Congreso de la República de Colombia, 2007), establece las normas para promover el desarrollo de macroproyectos de vivienda de interés social y prioritarios. (Congreso de la República de Colombia, 2011)

#### Normativa Sismoresistente NSR 10

Con respecto a los sistemas prefabricados, el artículo 12 de la Ley 400 de 1997, se permite el uso de sistemas de resistencia sísmica que estén compuestos, parcial o totalmente, por elementos prefabricados, que no estén cubiertos por este Reglamento, siempre y cuando cumpla uno de los dos procedimientos siguientes:

- Se utilicen los criterios de diseño sísmico presentados en A.3.1.7, o
- Se obtenga una autorización previa de la Comisión Asesora Permanente para el Régimen

de Construcciones Sismo Resistentes, de acuerdo con los requisitos y responsabilidades establecidas en el Artículo 14 de la Ley 400 de 1997.

**2.2.1. Actas de la Comisión Asesora Permanente para el Régimen de Construcciones Sismo Resistentes.** Acta No. 97 – 2001. Ante esta comisión el Representante Legal de la firma DURAPANEL solicita aval del sistema constructivo, y su pronunciamiento fue el siguiente:

...La Comisión considera que no se hace necesario ningún aval ni régimen de excepción ya que el sistema constructivo en mención está cubierto por el Reglamento NSR-10 pues se trata de elementos de concreto reforzado consistentes en dos muros de concreto reforzados con

mallas electro soldada y vinculados con conectores. Los muros de concreto se funden contra unas mallas internas no estructurales que producen una cavidad entre los dos muros estructurales. Se advierte que los elementos de concreto deben cumplir todos los requisitos de muros de concreto, contenidos en el Reglamento NSR-10, con especial cuidado en las cuantías de refuerzo, los recubrimientos mínimos de concreto de los refuerzos y los espesores mínimos que se evaluarán con la suma de los dos muros adyacentes, siempre y cuando existan los conectores. (Comision Nal. Permanente para el regimen de construcciones sismo resistentes., 2012).

Acta No. 101 – 2012. Nuevamente el Representante Legal solicita apoyo de la Comisión Asesora con el fin de aclarar el cumplimiento con el numeral C.14.6, respecto a que el espesor de los muros no portantes no debe ser menor de 100 mm, se puede considerar el espesor del conjunto para el caso del sistema Durapanel o si necesariamente se debe considerar es la suma de los paneles de concreto individuales. La Comisión se pronuncia así:

....Para el caso de sistemas constructivos como el de Durapanel, para el cumplimiento del espesor mínimo especificado en el numeral C.14.6 del reglamento NSR-10, se puede considerar la suma del espesor de los paneles de concreto y el poliestireno entre ellos, siempre y cuando se cuente con los conectores de acero que vinculan los dos paneles. (Comision Nal. Permanente para el regimen de construcciones sismo resistentes., 2012).

NCR-10, Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistencia. De acuerdo a la investigación preliminar y lectura del Acta 105 de 2012 expedida por la Comisión Asesora Permanente Para El Régimen De Construcciones Sismo Resistentes, se determinó que el sistema constructivo con el material poliestireno expandido no necesita un régimen de excepción para este tipo de material, teniendo en cuenta que este se encuentra cubierto por las especificaciones

de la NSR-10 en el Título D Mampostería Estructural. (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS), 2012).

**2.2.2 Normas y Ensayos.** El sistema constructivo Durapanel para reemplazar los muros de mampostería de la vivienda del modelo de vivienda de interés prioritario seleccionado VIP es un panel PSME70, el cual cuenta con un recubrimiento de mortero de  $125\text{Kgf/cm}^2$  de 2.5cm de espesor ambas caras, el cual se encuentra especificado en la NSR-10 siendo este un muro de 12cm.

De igual forma la especificación de la malla electro soldada de barras de acero de  $f_y = 5500\text{Kgf/cm}^2$  de 2.5 mm de diámetro espaciado a 65cm.

El sistema constructivo Durapanel se avala en las siguientes normas y ensayos:

- NTC 2446: ingeniería civil y arquitectura. Paneles prefabricados. Clasificación y requisitos.
- ASTM E-72: Métodos de prueba estándar para realizar pruebas de resistencia de paneles para la construcción de edificios.
- NTC 5806: Alambre, acero liso, grafilado y mallas electro soldadas para refuerzo de concreto.
- ASTM C393: Método de prueba estándar para las propiedades de corte del núcleo de las construcciones de sándwich por flexión de haz.
- ASTM C273: Métodos para determinar las propiedades de elementos planos tipo sándwich sometidos a fuerza cortante en el sentido del plano.

### CAPITULO III

#### 3. Modelos De Vivienda De Interés Prioritarios En Girardot

Girardot según cifras reflejadas en el Plan de Ordenamiento Territorial (POT) 2016-2019, posee una población total de 106.818 habitantes (DNP, 2018). De acuerdo al censo del año 2005, hay 25.982 hogares de los cuales 19.919 ya cuentan con vivienda. De la diferencia 6.063 hogares, 4.105 para ese lapso aún estaban pendiente de solución y 1.958 requerían apoyo para mejoras. El déficit para entonces estaba en un 15,8% del total municipal. (DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACION - DANE, 2005)

Para dar solución a las necesidades de vivienda y tratar de reducir el déficit referenciado, se han adelantado proyectos de vivienda tipo VIP, los cuales han sido construidos con material tradicional. Según información suministrada por la Alcaldía municipal – Dirección de Vivienda, (Red Unidos, 2013) el gobierno asignó 833 unidades de vivienda, 608 en Valle del Sol y 233 en Villa Carolina.

Durante el año 2017, la alcaldía en convenio con CAFAM, gestionan 1.200 soluciones adicionales. Se entregaron 378, el costo final de cada vivienda se mantiene en 70 SMLV. Los costos de construcción son respaldados por aportes del gobierno central, municipal, empresas privadas y cajas de compensación, pero la problemática principal radica en el alto costo de los materiales tradicionales que impactan no solo el costo final de la vivienda, sino también el tiempo de construcción, cobertura y entrega de cada unidad de vivienda.

En el Plan de desarrollo de igual manera ha definido algunas políticas tales como: reducir el déficit de 15.7% al 11%, y ejecutar vivienda de interés social y prioritario con subsidios del gobierno nacional que permita mejorar la calidad de vida de las familias girardoteñas (Alcaldía de Girardot, 2016).

### 3.1 Características arquitectónicas y estructurales de modelos típicos

A parte de cumplir con la norma de sismo resistencia NSR-10, las viviendas de interés prioritario VIP deben cumplir con especificaciones y aspectos técnicos mínimos que se encuentran en el anexo técnico del Ministerio de Vivienda (Minvivienda, 2014) y en el Fondo de Adaptación como respuesta a soluciones de vivienda en zonas afectadas por el fenómeno de la “Niña”, como lo son:

- No superar el monto de 70 SMLV y área de construcción mínima 40 Mts<sup>2</sup>
- 2 o 3 habitaciones independientes, 1 cocina, 1 patio, 1 baño, 1 sala comedor.
- Si es vivienda unifamiliar se debe entregar con su respectivo cerramiento y se debe garantizar ampliar el área de construcción.
- Instalaciones hidráulicas y sanitarias según Reglamento Técnico de Instalaciones Sanitarias RAS2000 y Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE.
- Dentro del diseño arquitectónico se recomienda:

Tabla 2.

#### *Recomendaciones de Diseño*

Espacio	Lado mínimo entre muros
Habitaciones	2.7 m y área mínima 7.3 m <sup>2</sup>
Cocina	1.5 mts <sup>2</sup>
Baño	1.2 mts <sup>2</sup>
Ropas	0.8 mts <sup>2</sup>

Fuente: Elaboración propia

- Para clima cálido se debe manejar una altura mínima entre piso de 2.3m
- La proporción de la ventana no debe exceder del 40% del RVP (área vidriado/ área bruta de la pared exterior)
- Los pisos deben contar con enchape de piso en el área de baño y cocina, y el restante de la vivienda debe estar en concreto liso a la vista.

Ejemplo de estas especificaciones y características técnicas se pueden ver en la región así:

Villa Maitá en el Espinal Tolima: Apartamentos VIP de dos alcobas, área construida de 45.11 mts<sup>2</sup> y precio de \$57.968120.



Figura 9. Villa Maitá VIP en Espinal Tolima  
Tomado de: <https://www.bonillazea.com/portfolio/villa-maita-espinal/>

Proyecto Villa Magdalena III – Flandes Tolima



Figura 10. Vista General Viviendas  
Tomado de: [https://www.enterritorio.gov.co/geotec/proyectos/main/cuadro.php?archivo\\_w=LIC-RES-10-23-01-2009\\_13\\_7.jpg](https://www.enterritorio.gov.co/geotec/proyectos/main/cuadro.php?archivo_w=LIC-RES-10-23-01-2009_13_7.jpg)

Número Total de Viviendas: 56

Viviendas Terminadas: 56

Viviendas en construcción:

Valor Vivienda: \$13.939.923

Valor Subsidios: \$510.031.200

Nº SFV Fonvivienda: 56 Fiduciaria: Fiduciaria Popular S.A.

Oferente: MUNICIPIO DE FLANDES

Representante legal: TELEFORO BERNAL

Área Lote: 60 mts<sup>2</sup>

Área construida: 34.16 mts<sup>2</sup>



Figura 11. Vías de acceso

Tomado de: [https://www.enterritorio.gov.co/geotec/proyectos/informes/reporte\\_completo.php?id\\_proyecto\\_w=LIC-RES-10-23-01-2009&correlativo\\_w=2](https://www.enterritorio.gov.co/geotec/proyectos/informes/reporte_completo.php?id_proyecto_w=LIC-RES-10-23-01-2009&correlativo_w=2)

Características. El proyecto Urbanización Villa Magdalena III cuenta con la Licencia de Construcción No. 10 de 23 de enero de 2009. Según el estudio de suelos del lote realizado por el ingeniero Jose Edgar Rodrigo Monroy, con matrícula profesional # 25202-05040CND recomienda un nivel de excavación de (0.80 m) donde se debe proteger el fondo con un solado de limpieza de 5 cm., si no se rellena de forma inmediata.

Todas las placas deben fundirse y funcionar independientemente de los muros. Consta de 34,16 Mts<sup>2</sup> de área construida, conformada sala-comedor, una alcoba, cocina y un baño y un área de lote 60 mts<sup>2</sup>.

El tipo de edificación es una vivienda de un piso, cuya estructura está conformada por muros confinados, con bloques de cemento de 15 cm de espesor, confinados mediante columnetas (15 cm X15 cm) y vigas (15 cm X 20 cm) de concreto reforzado, formando anillos cerrados.



Figura 12. Fachada Vivienda

Tomado de: [https://www.enterritorio.gov.co/geotec/proyectos/informes/reporte\\_completo.php?id\\_proyecto\\_w=LIC-RES-10-23-01-2009&correlativo\\_w=2](https://www.enterritorio.gov.co/geotec/proyectos/informes/reporte_completo.php?id_proyecto_w=LIC-RES-10-23-01-2009&correlativo_w=2)

La cubierta está especificada en teja ondulada de fibro-cemento apoyada sobre correas metálicas.

El piso tiene una plantilla en concreto de 8 cm. de espesor, fundida sobre una capa de recebo compactado de 20 cm de espesor (según recomendación del estudio de suelos). En el baño consta de un combo sanitario de línea económica y ducha, con sus correspondientes accesorios.

La puerta principal y la de salida al patio, así como las ventanas de la fachada principal, son de lámina metálica, pintadas en anticorrosivo. La puerta principal tiene cerradura de seguridad, y la posterior cerrojo.



Figura 13. Estilo puertas y Ventanas

Tomado de: [https://www.enterritorio.gov.co/geotec/proyectos/informes/reporte\\_completo.php?id\\_proyecto\\_w=LIC-RES-10-23-01-2009&correlativo\\_w=12](https://www.enterritorio.gov.co/geotec/proyectos/informes/reporte_completo.php?id_proyecto_w=LIC-RES-10-23-01-2009&correlativo_w=12)

En cada vivienda se instaló un mesón de cocina con lavaplatos de acero inoxidable y un lavadero de ropas, con sus respectivas llaves terminales.



Figura 14. Presentación Mesón cocina y Sanitario

Tomado de: [https://www.enterritorio.gov.co/geotec/proyectos/informes/reporte\\_completo.php?id\\_proyecto\\_w=LIC-RES-10-23-01-2009&correlativo\\_w=12](https://www.enterritorio.gov.co/geotec/proyectos/informes/reporte_completo.php?id_proyecto_w=LIC-RES-10-23-01-2009&correlativo_w=12)

Urbanización La Magdalena - Flandes - Tolima



Figura 15. Panorama General Urbanización La Magdalena

Tomado de: [https://www.enterritorio.gov.co/geotec/proyectos/main/home.php?show\\_proyecto\\_w=F73-0000040&nombre\\_w=URBANIZACION%20LA%20MAGDALENA&ubicacion\\_w=Flandes-Tolima&valor\\_w=654066000&fecha\\_w=23-APR-08&soluciones\\_w=0](https://www.enterritorio.gov.co/geotec/proyectos/main/home.php?show_proyecto_w=F73-0000040&nombre_w=URBANIZACION%20LA%20MAGDALENA&ubicacion_w=Flandes-Tolima&valor_w=654066000&fecha_w=23-APR-08&soluciones_w=0)

Viviendas Terminadas: 88

Valor Vivienda: \$12.318.800, Valor Subsidios: \$681.389.100

Oferente: Municipio de Flandes – Tolima

Área Lote: 72 Mts<sup>2</sup> / Área construida: 34,16 Mts<sup>2</sup>

Características: Vivienda de un piso, 34,16 mts<sup>2</sup> de área construida, conformada por sala-comedor, una alcoba, cocina y un baño y un área de lote 60 mts<sup>2</sup>. Estructura conformada por muros confinados, con bloques de cemento o arcilla de 15 cm de espesor, confinados mediante columnetas (15 cm X15 cm) y vigas (15 cm X 20 cm) de concreto reforzado, formando anillos cerrados. Las instalaciones sanitarias utilizan tuberías de gres.



Figura 16. Fachada Principal Viviendas

Tomado de: [https://www.enterritorio.gov.co/geotec/proyectos/informes/reporte\\_completo.php?id\\_proyecto\\_w=F73-0000040&correlativo\\_w=2](https://www.enterritorio.gov.co/geotec/proyectos/informes/reporte_completo.php?id_proyecto_w=F73-0000040&correlativo_w=2)



Figura 17. Muros Interiores

[https://www.enterritorio.gov.co/geotec/proyectos/informes/reporte\\_completo.php?id\\_proyecto\\_w=F73-0000040&correlativo\\_w=2](https://www.enterritorio.gov.co/geotec/proyectos/informes/reporte_completo.php?id_proyecto_w=F73-0000040&correlativo_w=2)



Figura 18. Vías de acceso

Tomado de: [https://www.enterritorio.gov.co/geotec/proyectos/informes/reporte\\_completo.php?id\\_proyecto\\_w=F73-0000040&correlativo\\_w=1](https://www.enterritorio.gov.co/geotec/proyectos/informes/reporte_completo.php?id_proyecto_w=F73-0000040&correlativo_w=1)

La cubierta en teja ondulada de fibro-cemento sobre correas metálicas. Piso en concreto de 8 cm. de espesor, fundida sobre una capa de recebo compactado de 20 cm de espesor.

Figura 19. Cubiertas



Tomado de: [https://www.enterritorio.gov.co/geotec/proyectos/informes/reporte\\_completo.php?id\\_proyecto\\_w=F73-0000040&correlativo\\_w=2](https://www.enterritorio.gov.co/geotec/proyectos/informes/reporte_completo.php?id_proyecto_w=F73-0000040&correlativo_w=2)

Combo sanitario y mesón de cocina, lavaplatos de acero inoxidable y un lavadero de ropas.



Figura 20. Sanitario y Cocina

Tomado de: [https://www.enterritorio.gov.co/geotec/proyectos/informes/reporte\\_completo.php?id\\_proyecto\\_w=F73-0000040&correlativo\\_w=1](https://www.enterritorio.gov.co/geotec/proyectos/informes/reporte_completo.php?id_proyecto_w=F73-0000040&correlativo_w=1)

Ornamentación en lámina metálica, pintadas en anticorrosivo.



Figura 21. Puertas y ventanas metálicas

Tomado de: [https://www.enterritorio.gov.co/geotec/proyectos/informes/reporte\\_completo.php?id\\_proyecto\\_w=F73-0000040&correlativo\\_w=6](https://www.enterritorio.gov.co/geotec/proyectos/informes/reporte_completo.php?id_proyecto_w=F73-0000040&correlativo_w=6)

Villa Diana Carolina Etapas I y II Ricaurte – Cundinamarca



Figura 22. Unidades de Vivienda

Tomado de: [https://www.enterritorio.gov.co/geotec/proyectos/informes/reporte\\_completo.php?id\\_proyecto\\_w=F25-0000343&correlativo\\_w=7](https://www.enterritorio.gov.co/geotec/proyectos/informes/reporte_completo.php?id_proyecto_w=F25-0000343&correlativo_w=7)

Número Total de Viviendas: 100

Viviendas en construcción: 100

Viviendas Certificadas: 100

Viviendas por Elegibilidad: 100

Valor Vivienda: \$47.082.783

Valor Subsidios: \$927.804.517

Nº SFV Fonvivienda: 100      Fiduciaria: BOGOTA

Oferente: MUNICIPIO DE RICAURTE

Representante legal: DR. CARLOS ANDRES PRADA JIMÉNEZ

Área Lote: 69 Mts<sup>2</sup>

Área construida: 36 Mts<sup>2</sup>



Figura 23. Panorama General Urbanización

Tomado de: [https://www.enterritorio.gov.co/geotec/proyectos/informes/reporte\\_completo.php?id\\_proyecto\\_w=F25-0000343&correlativo\\_w=3](https://www.enterritorio.gov.co/geotec/proyectos/informes/reporte_completo.php?id_proyecto_w=F25-0000343&correlativo_w=3)

Características: Sala comedor, cocina, baño y 2 alcobas. Patio posterior para ampliación de una tercera alcoba, patio de ropas.



Figura 24. Presentación Exterior

Tomado de: [https://www.enterritorio.gov.co/geotec/proyectos/informes/reporte\\_completo.php?id\\_proyecto\\_w=F25-0000343&correlativo\\_w=7](https://www.enterritorio.gov.co/geotec/proyectos/informes/reporte_completo.php?id_proyecto_w=F25-0000343&correlativo_w=7)

El sistema constructivo inicial era de paneles prefabricados y perfilería en aluminio. Muros confinados por columnetas con vigas de cimentación de concreto reforzado. La mampostería en ladrillo de gres, bloque tipo a la vista, y la cubierta en teja de fibrocemento.



Figura 25. Cocina y Sanitario

Tomado de: [https://www.enterritorio.gov.co/geotec/proyectos/informes/reporte\\_completo.php?id\\_proyecto\\_w=F25-0000343&correlativo\\_w=7](https://www.enterritorio.gov.co/geotec/proyectos/informes/reporte_completo.php?id_proyecto_w=F25-0000343&correlativo_w=7)



Figura 26. Plano general del proyecto

Tomado de:

[https://www.enterritorio.gov.co/geotec/proyectos/main/home.php?showpics\\_w=Y&ubicacion\\_w=Ricaurte-Cundinamarca&nombre\\_w=TERMINACION%20ETAPAS%20I%20Y%20II%20URBANIZACION%20VILLA%20DIANA%20CAROLINA%20-%20\(AFN\)&id\\_proyecto\\_w=F25-0000343&foto\\_inicio\\_w=0](https://www.enterritorio.gov.co/geotec/proyectos/main/home.php?showpics_w=Y&ubicacion_w=Ricaurte-Cundinamarca&nombre_w=TERMINACION%20ETAPAS%20I%20Y%20II%20URBANIZACION%20VILLA%20DIANA%20CAROLINA%20-%20(AFN)&id_proyecto_w=F25-0000343&foto_inicio_w=0)

### 3.2 Modelo 1 - Vivienda de Interés prioritario (VIP) – Villa Carolina

Como parte del estudio y para proyectar la viabilidad del uso del poliestireno expandido (EPS) para la construcción de muros en modelos de vivienda tipo VIP, se seleccionaron dos modelos tipo VIP de la región, sobre los cuales se presentan las características arquitectónicas, estructurales, fotos del proceso de construcción y la respectiva valoración económica, inicialmente en material convencional y posteriormente en el material propuesto.

Tabla 3.

*Características Arquitectónicas- Modelo VIP No.1- Villa Carolina*

Características Arquitectónicas – Modelo VIP No. 1-Villa Carolina	
<b>Tipo</b>	Unifamiliar
<b>No. de Viviendas</b>	233
<b>Lote</b>	72 m <sup>2</sup>
<b>No. de niveles</b>	1

<b>Área construida</b>	Unidad básica: 39.65 m <sup>2</sup>	
<b>Distribución de los Espacios Vivienda VIP</b>	Espacio Múltiple social – sala / comedor	9 m <sup>2</sup>
	Cocina	5 m <sup>2</sup>
	Baño	2,8 m <sup>2</sup>
	Alcoba 1	8,2 m <sup>2</sup>
	Alcoba 2	8,2 9 m <sup>2</sup>
	Alcoba 3 (Estudio)	N/aplica
	Patio de ropas	32, 9 m <sup>2</sup>
<b>Altura piso</b>	2.429 m * sin Cubierta	
<b>Valor de la vivienda</b>	\$ 38.779.554	
<b>Liquidación SMLV Año</b>	2012	

Tomado de:

[https://www.enterritorio.gov.co/geotec/proyectos/main/home.php?show\\_report\\_xls\\_w=Y&ubicacion\\_w=Girardot-Cundinamarca&nombre\\_w=URBANIZACION%20VILLA%20CAROLINA%20ETAPAS%20I%20Y%20II%20-%20\(AFN\)&id\\_proyecto\\_w=F25-0000333](https://www.enterritorio.gov.co/geotec/proyectos/main/home.php?show_report_xls_w=Y&ubicacion_w=Girardot-Cundinamarca&nombre_w=URBANIZACION%20VILLA%20CAROLINA%20ETAPAS%20I%20Y%20II%20-%20(AFN)&id_proyecto_w=F25-0000333)

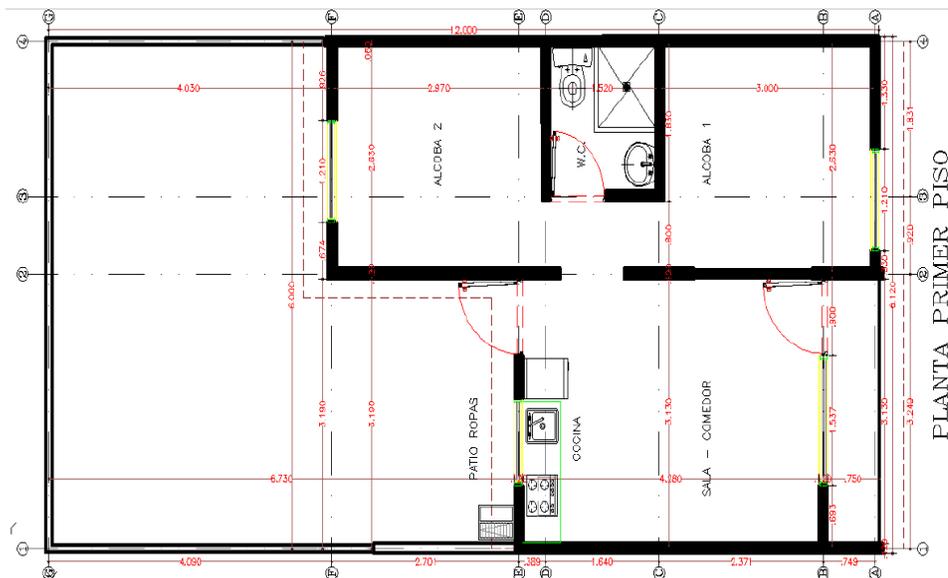
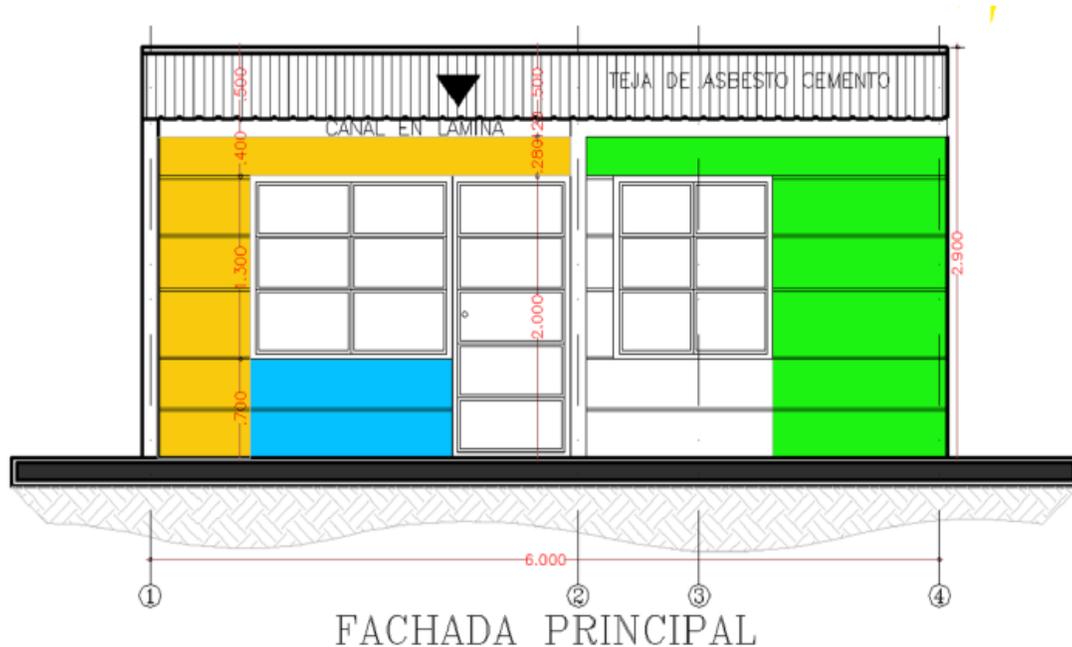


Figura 27. Plano Arquitectónico Modelo 1  
Tomado de: Alcaldía Municipio de Girardot, Arq. Iván Rodrigo Alvarado



FACHADA PRINCIPAL

Figura 28. Fachada Principal Modelo 1.

Tomado de: Informe de Gestión 2013; [http://www.girardot-](http://www.girardot-cundinamarca.gov.co/Transparencia/Informes/Informe%20de%20Gesti%C3%B3n%202013.pdf)

[cundinamarca.gov.co/Transparencia/Informes/Informe%20de%20Gesti%C3%B3n%202013.pdf](http://www.girardot-cundinamarca.gov.co/Transparencia/Informes/Informe%20de%20Gesti%C3%B3n%202013.pdf)

Tabla 4.

*Características Estructurales – Modelo VIP No. 1 – Villa Carolina*

Características Estructurales- Modelo VIP No.1 – Villa Carolina	
No. de Viviendas	233
No. de Niveles	1
Sistema Constructivo y Estructural	Bloque de perforación vertical (acero PDR60000 y grouting de grava fina de 3000PSI), con terminado limpio en caras a la vista. Mampostería en bloque N°4 (e=.10) para cerramiento de patios).
Cimentación	Viga de Cimentación
Vigas, columnas y losas	Vigas área
Viga Cinta	Remates de mampostería de cuchillas en concreto reforzado de 3000 PSI
Cubierta	Teja ondulada de fibrocemento apoyada sobre correa metálica en -C- 12X06 calibre 1.5mm
Muros	Muro a la vista

Tomado de:

[https://www.enterritorio.gov.co/geotec/proyectos/main/home.php?show\\_report\\_xls\\_w=Y&ubicacion\\_w=Girardot-Cundinamarca&nombre\\_w=URBANIZACION%20VILLA%20CAROLINA%20ETAPAS%20I%20Y%20II%20-%20\(AFN\)&id\\_proyecto\\_w=F25-0000333](https://www.enterritorio.gov.co/geotec/proyectos/main/home.php?show_report_xls_w=Y&ubicacion_w=Girardot-Cundinamarca&nombre_w=URBANIZACION%20VILLA%20CAROLINA%20ETAPAS%20I%20Y%20II%20-%20(AFN)&id_proyecto_w=F25-0000333)

**3.2.1 Valoración económica levantamiento de muros en material convencional**

Tabla 5.

*Costos Levantamiento Muros Material convencional – Modelo VIP No.1*

Capitulo	Item	Actividades	U	Cant.	V/ unitario	Total
1 Estructura	1.1	Grouting relleno de mampostería	M3	119	\$13.832	\$1.646.036,74
2 Muros	2.1	Suministro y Construcción de Muros y Culatas en Mampostería Bloque N° 5 a la vista	M2	112.5	\$42.597	\$4.792.085,64
	2.2	Suministro y Construcción de Muros en Mampostería Bloque N° 4 a la vista	M2	25.39	\$39.471	\$1.002.176.73
<b>Total Costos Directos</b>						<b>\$7.440.299.11</b>

Tomado de: Fuente propia

**3.2.2 Construcción de muros en poliestireno expandido - Modelo VIP No.1**

Tabla 6.

*Costo Poliestireno Expandido (EPS) para muros –Modelo No.1-Villa Carolina*

Capitulo	Item	Actividades	U	Cant.	Valor/ unitario	Total
2. Muros	2.1	*Muro poliestireno expandido doble cara, con revoque afinado, tipo PSME 70 espesor 7cm, con espesor final de 12cm, incluye anclaje estructural, malla plana para conexiones entre paneles y vértices RG2, malla RG1 para conexión de muro y RGU70 remate de filos.	M <sup>2</sup>	137.84	\$65.652	\$9.052.845
<b>Total Costos Directos</b>						<b>\$9.355.992</b>

Tomado de: Fuente Propia

\*Los muros que se proponen para este proyecto de vivienda es un panel de muro estructural diseñado para zonas sísmicas y con un soporte de 4 hasta 6 pisos con luces de 5m (hay que tener

en cuenta que aunque se entregan de 1 piso, las familias beneficiadas pueden incrementar el área construida), el sistema constructivo es de tipo monolítico, compuesto por una lámina de poliestireno expandido (EPS), integrado con (02) mallas de acero galvanizado, adheridas a la lámina por medio de conectores de acero, permitiendo la transferencia de esfuerzos en ambas caras del panel, lo cual origina propiedades estructurales, la dosificación del mortero es 1:4 para una resistencia de 2000 PSI y se proyecta en formar horizontal (Durapanel, 2019).

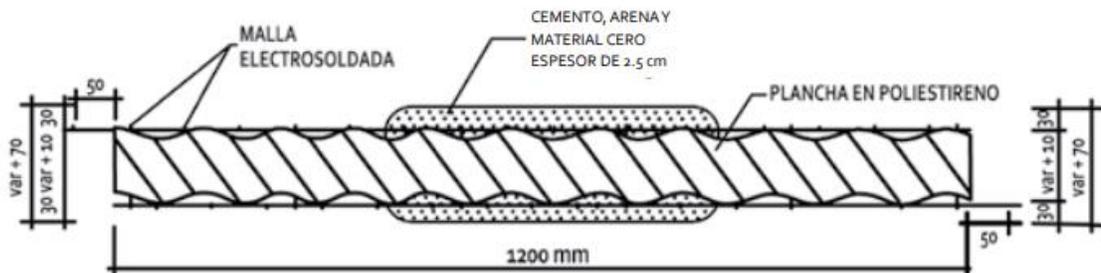


Figura 29. Sección Típica Panel para Muro Estructural  
 Tomado de: <http://www.norte.uni.edu.ni/doc/noticias/Manual-Tecnico-EMMEDUE-M2-RFinal.pdf>

**3.2.2.1 Características Panel Superior para Muro Estructura (PSME)**

<b>Malla de Acero Galvanizado</b>	
Acero longitudinal	Φ 2.40mm cada 80mm
Acero transversal	Φ 2.40mm cada 80mm
Acero de Conexión	Φ 3.00mm (60 unidades por m <sup>2</sup> )
Tensión característica de fluencia	Fy > 6120 kgf/cm <sup>2</sup>
Tensión Característica de rotura	Fu > 6935 kgf/cm <sup>2</sup>
<b>Características del EPS</b>	
Densidad de la plancha de poliestireno	13 Kg/cm <sup>3</sup>
Espesor de la plancha de poliestireno	Variable (de 40 a 400 mm)
Espesor de la pared terminada	Variable (Espesor poliestireno + 70mm)

En Colombia, la marca líder de este sistema constructivo es conocida como Durapanel y esta a su vez es una marca registrada por la Industrial Concreto, quien tiene los derechos para construir por parte del fabricante a nivel mundial M2 Emmedue, sosteniendo este sistema a través de los siguientes ensayos mecánicos, los más representativos:

## Compresión Centrada y Excéntrica

Tabla 7. *Resultados Ensayo Compresión Centrada y Excéntrica*

Espesor panel (cm)	Altura panel (cm)	Carga lineal Máxima (Kgf/m)	
		Compresión Centrada	Compresión Excéntrica (con excentricidad 1/3 espesor total)
4	240	77,472	57,696
6	400	60,143	36,697
6	300	115,189	72,069
8	270	136,595	69,317

Tomado de: <http://www.norte.uni.edu.ni/doc/noticias/Manual-Tecnico-EMMEDUE-M2-RFinal.pdf>

Tabla 8. *Flexión Simple*

Espesor panel Poliestireno (cm)	Capa Compresión (cm)	Momento último (Kgf* m/m)
4	3	826
7	3	1,244
7	3	1,386 (con registro del esfuerzo último corte)
8	3	115,189

Tomado de: <http://www.norte.uni.edu.ni/doc/noticias/Manual-Tecnico-EMMEDUE-M2-RFinal.pdf>

Los ensayos han sido elaborados por el fabricante y también por los siguientes laboratorios

- España – Instituto De Ciencias De La Construcción Eduardo Torroja
- España – Centro De Ensayos E Investigación Del Fuego
- México – Instituto Mexicano Del Cemento Y Del Mortero De Cemento
- Chile – Instituto De Investigaciones Y Ensayos De Materiales
- Australia – Deakin University
- Australia – Connel Wagner Institute
- Italia – Universita Di Perugia – Facolta Di Ingegneria
- Italia – Universita Di Perugia – Facolta Di Ingegneria
- Italia – Instituto Giordano

Registro Fotográfico del proceso de construcción en el modelo VIP No.1 – Villa Carolina



Figura 30. Modelo 1. Proceso de Cimentación

Tomado de: [http://www.fonade.gov.co/geotec/proyectos/informes/reporte\\_completo.php?id\\_proyecto\\_w=F25-0000333&correlativo\\_w=5](http://www.fonade.gov.co/geotec/proyectos/informes/reporte_completo.php?id_proyecto_w=F25-0000333&correlativo_w=5)



Figura 31. Modelo 1. Viga cinta

Tomado de: [http://www.fonade.gov.co/geotec/proyectos/informes/reporte\\_completo.php?id\\_proyecto\\_w=F25-0000333&correlativo\\_w=4](http://www.fonade.gov.co/geotec/proyectos/informes/reporte_completo.php?id_proyecto_w=F25-0000333&correlativo_w=4)



Figura 32. Modelo 1. Confinamiento de Muros Mampostería

Tomado de: [http://www.fonade.gov.co/geotec/proyectos/informes/reporte\\_completo.php?id\\_proyecto\\_w=F25-0000333&correlativo\\_w=5](http://www.fonade.gov.co/geotec/proyectos/informes/reporte_completo.php?id_proyecto_w=F25-0000333&correlativo_w=5)



Figura 33. Modelo 1. Muros patio

Tomado de: [http://www.fonade.gov.co/geotec/proyectos/informes/reporte\\_completo.php?id\\_proyecto\\_w=F25-0000333&correlativo\\_w=4](http://www.fonade.gov.co/geotec/proyectos/informes/reporte_completo.php?id_proyecto_w=F25-0000333&correlativo_w=4)

### 3.3 Modelo 2 - Vivienda de Interés prioritario (VIP) – Valle del Sol

Tabla 9.

*Características Arquitectónicas- Modelo VIP No.2- Valle del Sol*

<b>Características Arquitectónicas – Modelo VIP No. 2-Valle del Sol</b>		
Modelo	<b>Modelo 2</b>	
Vivienda Interés Social VIP	Multifamiliar	
No. de Viviendas	608	
Lote	Área Vivienda 50 m <sup>2</sup> Balcón: 1,3 m <sup>2</sup>	
No. de niveles	Edificio 4 pisos : 16 unidades	
Área construida	Área construida en vivienda por Edificio: 800 m <sup>2</sup>	
Distribución de los Espacios Vivienda VIP	Espacio Múltiple social – sala / comedor	10,86 m <sup>2</sup>
	Cocina	3,46 m <sup>2</sup>
	Baño	2,43 m <sup>2</sup>
	Alcoba 1	8 m <sup>2</sup>
	Alcoba 2	8,64 m <sup>2</sup>
	Alcoba 3 (Estudio)	5,58 m <sup>2</sup>
	Patio de ropas	1,85 m <sup>2</sup>
Altura piso	2.50 m	
Valor de la vivienda	\$25.089.000	
Liquidación SMLV Año	2004	

Tomado de: Fuente propia.

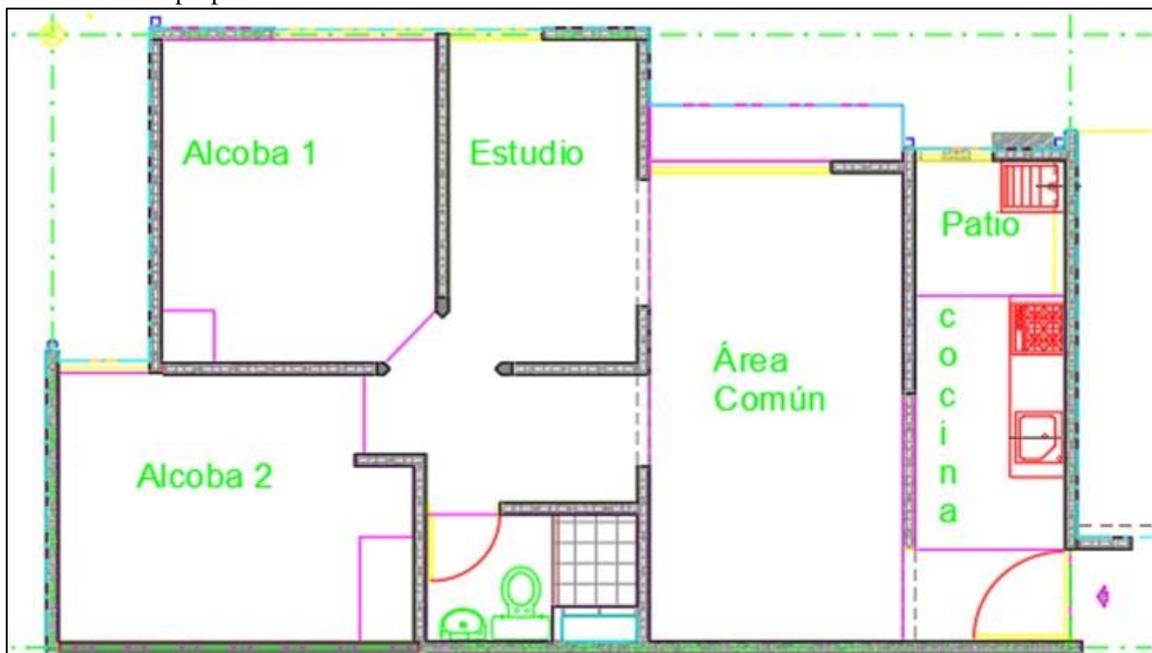


Figura 34. Plano Arquitectónico VIP - Modelo 2 – Valle del Sol

Tomado de: Archivo Alcaldía de Girardot, Elaborado por Fundación Compartir.

Tabla 10.

*Características Estructurales – Modelo VIP No. 2 – Valle del Sol*

<b>Características Estructurales- Modelo VIP No.2 – Valle del Sol</b>	
<b>Modelo</b>	<b>Modelo 2</b>
No. de Viviendas	608
No. de Niveles	4
Sistema Constructivo y Estructural	Bloque no. 5 vertical medidas: 33 x23 x12; Escalera de refuerzo pre-soldada de 2 varillas de 4.2 mm corrugadas y varillas vertical de 1 #3. Parcialmente reforzada. Con terminado limpio a la vista.
Cimentación	Placa flotante
Vigas, columnas y losas	Concreto
Viga Cinta	No aplica. Edificio
Cubierta	Placa de concreto
Muros	Muro pantalla: internos (Punto medio de torres)

Tomado de: Fuente propia

### 3.3.1 Valoración económica levantamiento de muros en material convencional

Tabla 11.

*Costo levantamiento de muros – Material convencional – Modelo VIP No.2*

Capitulo	Item	Actividades	U	Cant.	V/ unitario	Total
1 Estructura	1.2	Grouting relleno de mampostería	M3	100.19	\$13.832	\$1.385.852
2 Muros	2.1	Suministro y Construcción Muros Mampostería Bloque N° 5 a la vista, incluye escalera refuerzo pre soldada	Mt <sup>2</sup>	100.19	\$90.946	\$9.111.930
<b>Total Costos Directos</b>						<b>\$10.497.782</b>

Tomado de: Fuente propia

### 3.3.2 Construcción de muros en poliestireno expandido - Modelo VIP No.2

Tabla 12.

*Costo Poliestireno Expandido (EPS) para muros VIP–Modelo No.2-Valle del Sol*

Capitulo	Item	Actividades	U	Cant. Mts <sup>2</sup>	V/ unitario	Total
2. Muros	2.1	**Muro poliestireno expandido doble cara, con revoque afinado, tipo PSME 70 espesor 7cm, con espesor final de 12cm, incluye anclaje estructural, malla plana para conexiones entre paneles y vértices RG2, malla RG1 para conexión de muro y RGU70 remate de filos.	M2	100,19	\$65.652	\$6.577.740
Total Costos Directos						<b>\$6.577.740</b>

Tomado de: Fuente propia

\*\* Las características de este muro estructural son las mismas propuestas para el modelo 1 descritas en el numeral 3.2.2, teniendo en cuenta que el PSME de espesor de 7cm incluye construcciones de 4 a 6 pisos.

Registro Fotográfico del proceso de construcción en el modelo VIP No.2 – Valle del Sol



Figura 35. Modelación Edificio

Tomado de: Archivo Alcaldía de Girardot, Elaborado por Fundación Compartir

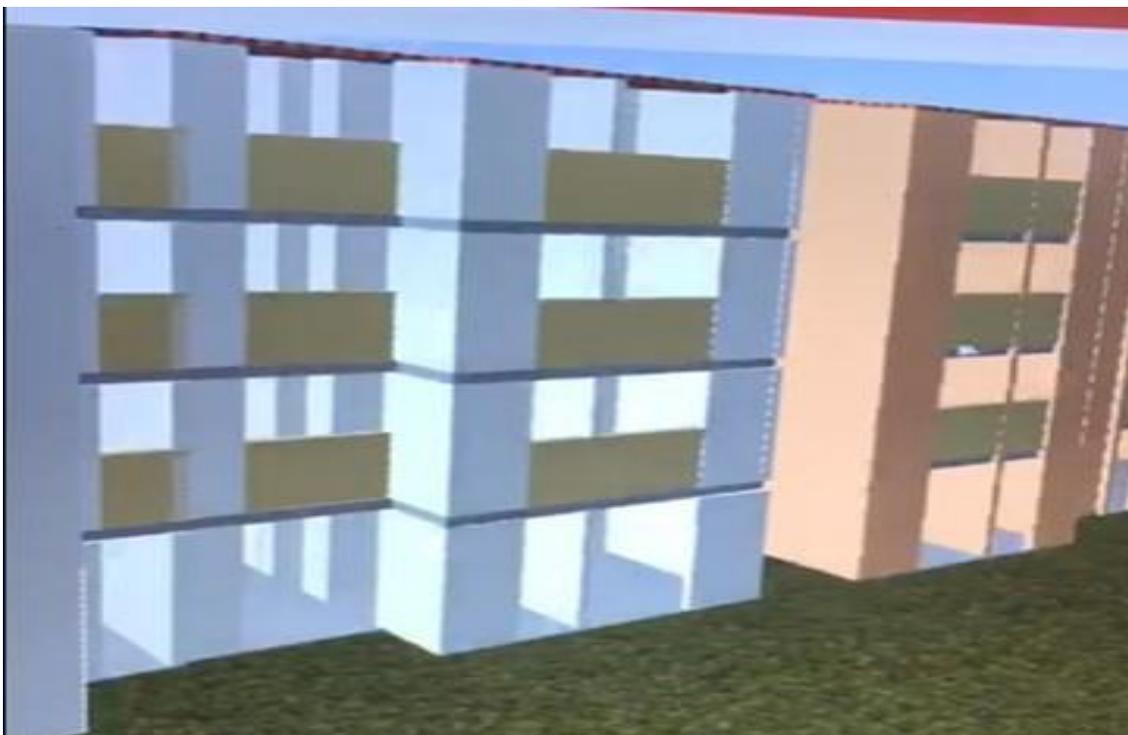


Figura 36. Modelación Poliestireno Expandido - muros Modelo 2.  
Tomado de: Fuente Propia

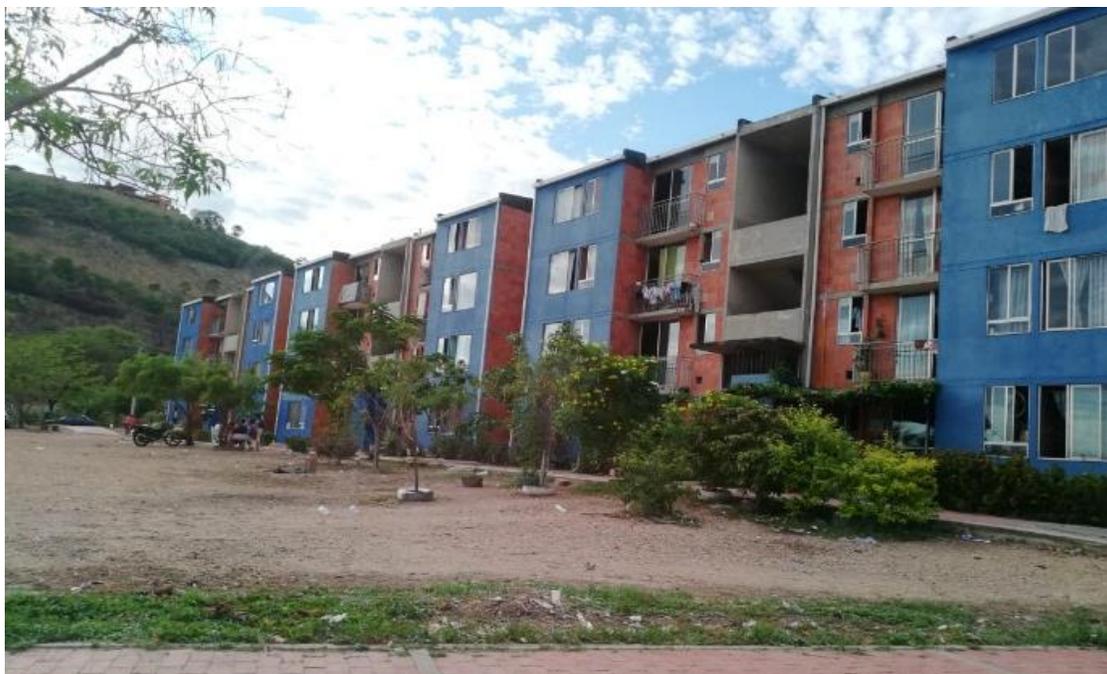


Figura 37. Modelo 2. Fachada Torres.  
Tomado de: Fuente Propia



Figura 38. Modelo 2, Ubicación Torres  
Tomado de: Fuente Propia



Figura 39. Modelo 2. Sistema Constructivo Mampostería vertical reforzado  
Tomado de: Fuente propia



Figura 40. Modelo 2, Entrepiso  
Tomado de: (Miranda & Buitrago Daza, 2018)



Figura 41. Modelo 2, Mampostería ladrillo a la vista  
Tomado de: (Miranda & Buitrago Daza, 2018)



Figura 42. Modelo 2, Parte de atrás Torres  
Tomado de: (Miranda & Buitrago Daza, 2018)

## CAPITULO IV

### 4. Estudio Económico – Impacto

Los valores que se presentan, hacen referencia exclusivamente al costo final de construcción que tendrían los muros usando poliestireno expandido (EPS), frente al valor del mismo proceso, con material convencional para los dos modelos VIP escogidos para la investigación.

Cada variable analizada arroja un índice de favorabilidad que demostrará la viabilidad del material propuesto para el proceso constructivo en cada modelo VIP.

Los costos y tiempos se definen con respecto a los datos registrados en CONSTRUDATA y fuentes de información secundaria que hacen relación a proyectos construidos con este tipo de material. De la misma manera el análisis presentado esta dado con respecto a los resultados del APU para cada tipo de proceso.

#### 4.1 Índices de Favorabilidad y Análisis

Tabla 13. *Tiempos de construcción muros X unidad de vivienda*

<b>Tiempos de construcción muros X unidad de vivienda</b>							
Modelo VIP	Área muros mts <sup>2</sup>	Mts <sup>2</sup> X día. Mat. Convenc.	Mts <sup>2</sup> X día. EPS (sin revoques)	Días material convenc.	Días EPS con revoques	Diferencia días	Índice %
No.1	137,84	16	70	8,67	7,17	1,5	17,03
No.2	100,19	16	70	6,2	5,1	1,1	17,7
Cuadrilla	01 oficial / 01 auxiliar de construcción						
No. 1	Villa Carolina – Vivienda de independiente de una sola planta						
No. 2	Valle del Sol – Construcción Vertical – Torres de Apartamentos						

Tomado de: Fuente propia

En la tabla No. 11, el índice muestra que al construir los muros con material EPS se logra aproximadamente un ahorro de 1 a 2 días por unidad de vivienda. La maximización de este factor está ligado a las estrategias que cada constructora defina para agilizar los tiempos de entrega.

Tabla 14. Costo mano de Obra x Cuadrilla en Unidad de Vivienda

<b>Costo mano de Obra x Cuadrilla en Unidad de Vivienda</b>							
Modelo VIP	Mts <sup>2</sup> X día. Mat. Convenc.	Mts <sup>2</sup> X día. EPS	Costo día cuadrilla (\$)	Costo total M/O (\$) m/convenc.	Costo total M/O EPS (\$)	Difer. M/Conven – EPS (\$)	Índice %
No.1 (137,84 mts <sup>2</sup> )	16	70	120.463,9	1.035.989,71	863.726,30	172.263,4	16,6
No. 2 (101,9 mts <sup>2</sup> )	16	70	120.463,92	754330	614.365,9	139.964,1	18,5
No. 1	Villa Carolina – Vivienda de independiente de una sola planta						
No. 2	Valle del Sol – Estilo Vertical – Torres de Apartamentos						

Tomado de: Fuente propia

Los datos de la tabla No. 12 demuestran que construir los muros con material EPS para cualquiera de los dos modelos, no solo permite reducir tiempos de construcción sino también costos en mano de obra, lo cual impactará positivamente el costo final por unidad de vivienda y proyecto finalizado. La maximización de este factor también está ligado a las estrategias de construcción que determine cada constructora.

Tabla 15. Costo metro cuadrado total construido por Unidad de Vivienda

<b>Costo metro cuadrado total construido por Unidad de Vivienda</b>							
Modelo VIP	Costo (\$) mt <sup>2</sup> . Material convenc.	Costo (\$) mt <sup>2</sup> EPS	Costo total (\$) unidad material convenc.	Costo (\$) total unidad EPS	Difer. en pesos por mt <sup>2</sup>	Difer. en pesos total	Índice %
No. 1 (137,84 mts <sup>2</sup> )	95.899,8	71.465	13.218.839,4	9.850.735,6	24.434,8	3.368.103,8	25,47
No. 2 (100,19 mts <sup>2</sup> )	104.178,5	71.465	10.497.758,9	7.160.078,3	32.713,5	3.337.608,5	31,79
No. 1	Villa Carolina – Vivienda de independiente de una sola planta						
No. 2	Valle del Sol – Estilo Vertical – Torres de Apartamentos						

Tomado de: Fuente propia

El índice de favorabilidad de la tabla No.13, indica que en cualquiera de los dos modelos VIP, es factible utilizar el EPS para el levantamiento de los muros. LA diferencia se da inicialmente

por el total de área construida para una sola unidad de vivienda. La viabilidad es representativa para el modelo No. 2 por característica constructiva (torre de apartamentos), permite en menor área construir más unidades de vivienda, mientras el modelo No 1 (vivienda independiente de una sola planta) es necesaria un área más extensa.

Tabla 16.

*Punto de equilibrio para muros X unidad de vivienda VIP*

<b>Punto de equilibrio para muros X unidad de vivienda VIP</b>					
Modelo VIP	Costo total (\$) unidad material convenc.	Costo (\$) total unidad EPS	Difer. en pesos por mt <sup>2</sup>	Difer. en pesos total	Punto de Equilibrio para 01 unidad de vivienda
No. 1	13.218.839,4	9.850.735,6	24.434,8	3.368.103,8	3.9 (3:4)
No. 2	10.497.758,9	7.160.078,3	32.713,5	3.337.608,5	3.1 (3:4)
No. 1	Villa Carolina – Vivienda de independiente de una sola planta				
No. 2	Valle del Sol – Estilo Vertical – Torres de Apartamentos				

Tomado de: Fuente propia

En la tabla No. 14 se demuestra que construir los muros en material EPS en los dos modelos, no sólo permite ahorros importantes en tiempo y dinero, adicional a ello, si se proyecta el ahorro por vivienda construida, se puede determinar que, por cada 03 viviendas construidas en material convencional, el ahorro de las mismas permite la construcción de 01 adicional en material EPS.

Tabla 17.

*Punto de equilibrio para muros x 100 unidades VIP*

<b>Punto de equilibrio para muros x 100 unidades VIP</b>						
Modelo VIP	Costo total (\$) unidad material convenc.	Costo (\$) total unidad EPS	Costo total (\$) 100 unidades VIP material convencional	Costo total (\$) 100 unidades VIP EPS	Índice ahorro %	Punto de Equilibrio en unidades EPS
No. 1	13.218.839,4	9.850.735,6	1.321.883.940	985.073.560	25,4	134
No. 2	10.497.758,9	7.160.078,3	1.049.775.890	716.007.830	31,7	146
No. 1	Villa Carolina – Vivienda de independiente de una sola planta					
No. 2	Valle del Sol – Estilo Vertical – Torres de Apartamentos					

Tomado de: Fuente propia

El índice de ahorro al proyectar la construcción de 100 unidades VIP, en cualquiera de los dos modelos, consolida nuevamente la favorabilidad económica de levantar muros en material EPS, demostrando que con el costo de 100 unidades con material convencional, la constructora puede construir 34 unidades adicionales del modelo 1 y 46 del modelo 2 respectivamente.

Tabla 18.

*Aprovechamiento espacio X 100 Unidades VIP*

<b>Aprovechamiento espacio X 100 Unidades VIP</b>							
Modelo VIP	Área unidad mts <sup>2</sup>	Área primera planta mts <sup>2</sup> – 04 unidad	Área 16 unidades (01 torre) mts <sup>2</sup>	Área 100 unidades (07) torres mts <sup>2</sup>	Índice de utilización X 100 unidades Mod 1 v/s mod 2	Índice de utilización X 100 unidades Mod 2 v/s mod 1	Índice 100 unidades misma área Mod.1
No. 1	72	288	1152	7200			
No. 2	56.4	225.8	225.8	1580.6	21.92 %	78.04%	71.9 %
No. 1	Villa Carolina – Vivienda de independiente de una sola planta						
No.2	Valle del Sol – Estilo Vertical – Torres de Apartamentos						

Tomado de: Fuente propia

Otro factor de impacto que se debe tener en cuenta es el relacionado con el aprovechamiento del espacio, de esta manera se puede determinar, que es muy importante mantener la tendencia a seguir construyendo VIP en torres de apartamentos y de esta manera lograr mayor cobertura y reducción del déficit de vivienda en la población. Tabla No. 16 y 17.

Tabla 19.

*Aprovechamiento espacio X 100 Unidades VIP según Modelo No.2*

<b>Aprovechamiento espacio X 100 Unidades VIP Modelo No.2</b>							
Modelo VIP	Área unidad mts <sup>2</sup>	Área primera planta mts <sup>2</sup> – 04 unidad	Área 16 unidades (01 torre) mts <sup>2</sup>	Área 100 unidades (07) torres mts <sup>2</sup>	Área 100 unidades estilo indep mts <sup>2</sup>	Índice de utilización X 100 unidades Mod 1	Índice ahorro espacio Mod.1
No. 2	56.4	225.8	225.8	1580.6	5640	28.10 %	71.9 %
No. 2	Valle del Sol – Estilo Vertical – Torres de Apartamentos						

Tomado de: Fuente propia

## CAPITULO V

### 5. Conclusiones

Las características arquitectónicas y estructurales de proyectos de vivienda VIP construidas en el municipio de Girardot, se ajustan al marco jurídico y la normatividad establecidas por el gobierno y las entidades reguladoras que garantizan que este tipo de construcciones puedan ser consideradas como vivienda digna. Esto quiere decir que no se encuentren en zonas de riesgo, que deben ser construidas sobre suelo urbano de uso residencial y deben contar con infraestructura vial, redes primarias de energía, acueducto, alcantarillado y recolección adecuada de basuras para que sus moradores gocen de las condiciones de salubridad y confort para su salud y seguridad, aspecto que se cumplen en los modelos VIP que se presentan en esta investigación.

Los modelos típicos de vivienda VIP en el municipio de Girardot, corresponden a los construidos en torre de apartamentos. Cada unidad de vivienda consta de 2 y 3 habitaciones respectivamente, 01 baño, 01 cocina, sala-comedor y un área libre, con un promedio de área construida de 56,4 mts<sup>2</sup>, cuentan con los servicios básicos (energía, acueducto, alcantarillado, recolección de basura), áreas comunales, vías de acceso, y servicio de transporte.

La valoración económica de cada unidad de vivienda del modelo VIP del municipio de Girardot, mantiene el tope de los 70 SMLV establecido por el gobierno nacional. Valores que para el año 2005 eran aproximados a \$25.089.000 y al 2019 \$57.908.120. Siendo el factor costo de material, la variable que más impacta el costo final de la vivienda. En valoración económica de los modelos VIP que se proyectó con material alternativo como el poliestireno expandido EPS, se pudo evidenciar reducciones importantes no solo en el costo por metro cuadrado de

material, sino también reducciones en el costo de mano de obra y tiempos de construcción de los muros.

Los índices de favorabilidad desarrollados en la investigación representan ahorros de tiempo, costo y espacio, tales como: 17 % en tiempos de construcción, 16 y 18% en costos de mano de obra por unidad de vivienda construida y 25,4 y 31,79% en el valor final por metro cuadrado construido, de los modelos VIP seleccionados determinan de manera concluyente que, el poliestireno expandido (EPS), es un material alternativo económico, seguro, práctico y limpio, que ofrece al sector de la construcción la posibilidad de reducir costos operacionales, mejorar tiempos de entrega y, al gobierno y administración local, ampliar la cobertura de vivienda a la población necesitada, reduciendo el déficit que se presenta en esta variable.

### Bibliografía

Alcaldía de Girardot. (2016). Plan de Desarrollo 2016 -20 19. En C. F. Villalba Acevedo, *Girardot Para Seguir Avanzado* (pág. 144). Girardot.

Arquigráfico. (2019). *Poliestireno Expandido – Ventajas de su uso en la Construcción*. Obtenido de <https://arquigrafico.com/poliestireno-expandido-ventajas-de-su-uso-en-la-construccion/>

Caracol Radio. (Octubre de 2012). *Evolución SMLV Colombia*. Obtenido de [https://caracol.com.co/radio/2012/12/28/economia/1356704700\\_817236.html](https://caracol.com.co/radio/2012/12/28/economia/1356704700_817236.html)

Comision Nal. Permanente para el regimen de construcciones sismo resistentes. (31 de enero de 2012). Obtenido de <https://www.asosismica.org.co/wp-content/uploads/2016/04/ACTA-101-31-enero-2012.pdf>

Congreso de Colombia. (1997). Ley 388 de 1997 de Desarrollo Territorial . *Gaceta Nacional*.

Congreso de la República. (20 de Julio de 1991). Constitución Política de Colombia. *Gaceta Constitucional*. Obtenido de Constitución Política de Colombia:

[http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/constitucion\\_politica\\_1991.html](http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/constitucion_politica_1991.html)

Congreso de la República de Colombia. (2007). Ley 1151 de 2007 - Plan Nacional . *Gaceta Nacional*.

Congreso de la República de Colombia. (2011). Ley 1469 de 2011. *Gaceta Nacional No. 48116*.

Córdova Recinos, O. G. (Enero de 2015). *Evaluación de Alternativas de Reciclaje de Poliestereno Expandido*. Obtenido de <https://digi.usac.edu.gt/bvirtual/informes/puidi/INF-2014-44.pdf>

Departamento Nacional De Planeacion - DANE. (2005). *Deficit de vivienda - DANE*. Obtenido de <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/pobreza-y-condiciones-de-vida/deficit-de-vivienda>

DNP. (2018). *Terridata - Orarbo*. Bogotá D.C.

Durapanel. (2019). Obtenido de

<https://drive.google.com/file/d/1KHRcQ6L8GrY1nYhb1aVgnVch6NykDkqh/view>

Durapanel. (2019). *Ficha Técnica Panel Simple Modular Estructural*. Obtenido de

[https://drive.google.com/file/d/1a7ALDtCkCaXa0V0CEw\\_0A1WFqpQ-LFvx/view](https://drive.google.com/file/d/1a7ALDtCkCaXa0V0CEw_0A1WFqpQ-LFvx/view)

Escuela Politécnica Nacional. (23 de Noviembre de 2010). *Laboratorio de Análisis de esfuerzos y vibraciones*. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/43700551/Ensayo-de-Compresion>

EXTRA. (04 de Diciembre de 2018). *En Valle del Sol, Girardot: Se caen a pedazos las habitaciones*. Obtenido de <https://girardot.extra.com.co/noticias/judicial/en-valle-del-sol-girardot-se-caen-pedazos-las-habitaciones-485793>

Ferreira, Hortal, Cordero, & Candela. (23 de Julio de 2008). *Situación De La Gestión De Residuos De Envases*. Obtenido de

<http://www.redisa.net/doc/artSim2008/gestion/A11.pdf>

Industrial Concreto. (2017). *Guia de Instalación Paneles*. Obtenido de

<https://docplayer.es/25021820-Guia-de-instalacion-de-paneles.html>

Knauf Miret. (03 de Mayo de 2005). *Características del Poliestireno Expandido*. Obtenido de

<http://www.davsa.com/infoWeb/Grup/Subgrups/caracteristiques/040101D-20.pdf>

Lacayo, G. (Mayo de 2014). *Sistema Constructivo Emmedue M2*. Obtenido de Manual Técnico:

<http://www.norte.uni.edu.ni/doc/noticias/Manual-Tecnico-EMMEDUE-M2-RFinal.pdf>

M2 Emmedue. (Mayo de 2014). *Manual Técnico*. Obtenido de

<http://www.norte.uni.edu.ni/doc/noticias/Manual-Tecnico-EMMEDUE-M2-RFinal.pdf>

Maltez, J. (Mayo de 2014). *Sistema Constructivo Emmedue M2*. Obtenido de Manual Técnico:

<http://www.norte.uni.edu.ni/doc/noticias/Manual-Tecnico-EMMEDUE-M2-RFinal.pdf>

Ministerio de Hacienda. (2013). Obtenido de <http://www.minvivienda.gov.co/sala-de->

[prensa/noticias/2013/julio/467-familias-de-girardot-ganan-en-sorteo-p%C3%BAblico-su-casa-gratis](http://www.minvivienda.gov.co/sala-de-prensa/noticias/2013/julio/467-familias-de-girardot-ganan-en-sorteo-p%C3%BAblico-su-casa-gratis)

Minvivienda. (30 de diciembre de 2014). *Anexo Técnico*. Obtenido de

<http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioVivienda/141127%20ANEXO%20TECNICO%20PVG%202.pdf#search=vivienda%20de%20interes%20prioritario%20anexo>

Miranda , D., & Buitrago Daza, J. (2018). *Propuesta De Intervención Y Rehabilitación De La Torre N° 4 De La Manzana 2ª Urbanización Valle Del Sol Girardot - Cundinamarca. Girardot.*

Naciones Unidas. (10 de Diciembre de 1948). *Declaración Universal de los Derechos Humanos.*

Obtenido de [https://www.ohchr.org/EN/UDHR/Documents/UDHR\\_Translations/spn.pdf](https://www.ohchr.org/EN/UDHR/Documents/UDHR_Translations/spn.pdf)

Orjuela Martinez, G. (2014). *Marco normativo para la vivienda de interés*. Bogotá D.C.

ORJUELA, martinez, G. (2014). *Marco Normativo para la Viivenda de Interes Prioritario - Alternativas para la Política de Vivienda*. Bogotá. Obtenido de

<http://bdigital.unal.edu.co/39893/1/6700490.2014.pdf>

Quintero Peña, C. H. (2013). *Reciclaje - termodinámico del Poliestireno Expandido*. Obtenido de

<http://ridum.umanizales.edu.co:8080/jspui/bitstream/6789/762/1/TESIS%20CARLOS%20QUINTERO.pdf>

RCN Radio. (27 de Septiembre de 2018). *Fallas estructurales dejan sin vivienda a miles de personas en el país*. Obtenido de <https://www.rcnradio.com/colombia/fallas-estructurales-dejan-sin-vivienda-miles-de-personas-en-el-pais>

Red Unidos. (2013).

Sociedad Colombiana de Arquitectos. (s.f.). *Durapanel*. Obtenido de

<http://sociedadcolombianadearquitectos.org/memorias/FNV/Durapanel.pdf>.

Textos Científicos. (22 de Octubre de 2005). *Poliestireno Expandido*. Obtenido de <https://www.textoscientificos.com/polimeros/poliestireno-expandido>