

**Escuela Superior Politécnica del Litoral**

**Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra**

Diseño de vivienda de 2 pisos con Hormigón Ligeró Autocompactante, ubicada  
en Portoviejo, Manabí

INGE-2909

**Proyecto Integrador**

Previo la obtención del Título de:

**Ingeniero Civil**

Presentado por:

Héctor Safian Herrera Bustos

Guayaquil - Ecuador

Año: 2025

## Dedicatoria

---

A mi ItaGladis, el pilar de mi vida y a  
quien debo todo lo que soy.

## Agradecimientos

---

A mis abuelos, mi madre, mis tías, mi tío, mis hermanas y mis primos; por arroparme con su cariño, y ser la luz y el motor que guía e impulsa mi camino.

A Sammy y Nadia, en quienes encontré la mejor de las compañías y amabilidad en esta etapa lejos de casa.

A mi tutor, el Ing. Muñoz, por despejar mis dudas y dirigirme correctamente durante el desarrollo de este proyecto. A Erwin, el Ing. Dávila, el Ing. Valverde y todo aquel docente que con su pasión y sabiduría hicieron enamorarme de esta noble profesión.

A Alan y Jeison, por el sinfín de aventuras, risas, viajes, conversaciones y anécdotas que hemos compartido; guardo con mucho cariño estos años viviendo juntos. Finalmente, a aquellos con quienes tuve el honor de recorrer este camino de aprendizaje: Eduardo, Ana, Andrés, Daniela, Isabel, Joel, Sebastián y Sofía; gracias por llenar mi corazón de alegría y recuerdos, los quiero.

## Declaración Expresa

---

Yo Héctor Safian Herrera Bustos acuerdo y reconozco que:

La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá al autor o autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores.

La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por mí durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que me corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de mi innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique al autor que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, 9 de septiembre del 2025.



---

Héctor Safian Herrera Bustos



## Evaluadores

---



---

**M. Sc. Lenin Dender Aguilar**

Profesor de Materia



---

**M. Sc. Guillermo Muñoz Villa**

Tutor de proyecto

## Resumen

En la ciudad de Portoviejo, donde el costo de construcción alcanza una mediana de \$765/m<sup>2</sup>, se evaluó el uso de Hormigón Ligero Autocompactante (HLAC) como alternativa para reducir gastos sin comprometer el desempeño estructural. La investigación buscó establecer si la disminución de la densidad y el comportamiento autocompactantes del material garantiza un desempeño adecuado en edificaciones de baja altura ubicadas en áreas sísmicas. Se desarrollaron diversas mezclas utilizando perlita expandida como reemplazo parcial del árido fino natural. Entre ellas, H-4 y HF-3 fueron seleccionadas para el diseño estructural y analizadas conforme a las normativas NEC15 y ACI318-19. Las pruebas incluyeron la caracterización en estado fresco y endurecido, con énfasis en densidad, resistencia a la compresión y trabajabilidad. Los resultados indicaron densidades próximas a 1960 kg/m<sup>3</sup> y resistencias de 35 MPa y 30 MPa, con un diámetro de escurrimiento de 720mm. La aplicación de HLAC permitió reducir en un 16 % el peso estructural y alcanzar un costo de \$233.71/m<sup>2</sup>, equivalente a un 65 % menos que la mediana local. Concluyendo que el HLAC cumple con los requisitos normativos y presenta propiedades mecánicas adecuadas, constituyéndose en una alternativa técnica y económicamente viable para edificaciones sismorresistentes de baja altura.

**Palabras Clave:** Hormigón Ligero Autocompactante, Estructuras Sismorresistentes, Costos de Construcción, Perlita Expandida.

### **Abstract**

In the city of Portoviejo, where the median construction cost reaches \$765/m<sup>2</sup>, the use of Self-Compacting Lightweight Concrete (SCLC) was evaluated as an alternative to reduce expenses without compromising structural performance. The study aimed to find whether the reduction in density and the self-compacting behavior of the material ensure adequate performance in low-rise buildings found in seismic areas. Several mixtures were developed using expanded perlite as a partial replacement for natural fine aggregate. Among them, H-4 and HF-3 were selected for structural design and analyzed following NEC15 and ACI318-19 standards. The tests included characterization in both fresh and hardened states, with emphasis on density, compressive strength, and workability. Results showed densities close to 1960 kg/m<sup>3</sup> and strengths of 35 MPa and 30 MPa, with a flow diameter of 720 mm. The application of SCLC allowed a 16% reduction in structural weight and achieved a cost of \$233.71/m<sup>2</sup>, equivalent to 65% less than the local median. It is concluded that SCLC meets regulatory requirements and shows adequate mechanical properties, constituting a technically and economically practical alternative for low-rise seismic-resistant buildings.

**Keywords:** Self-Compacting Lightweight Concrete, Seismic-Resistant Structures, Construction Costs, Expanded Perlite.

## Índice general

|                                                               |      |
|---------------------------------------------------------------|------|
| Resumen.....                                                  | I    |
| Abstract.....                                                 | II   |
| Índice general.....                                           | III  |
| Abreviaturas.....                                             | VII  |
| Simbología.....                                               | VIII |
| Índice de figuras.....                                        | IX   |
| Índice de tablas .....                                        | XII  |
| ÍNDICE DE PLANOS .....                                        | XVI  |
| Capítulo 1.....                                               | 1    |
| 1.    Introducción .....                                      | 2    |
| 1.1    Antecedentes .....                                     | 3    |
| 1.2    Descripción del Problema .....                         | 5    |
| 1.3    Justificación del Problema .....                       | 6    |
| 1.4    Objetivos .....                                        | 8    |
| 1.4.1    Objetivo general.....                                | 8    |
| 1.4.2    Objetivos específicos .....                          | 8    |
| Capítulo 2.....                                               | 2    |
| 2.    MATERIALES Y MÉTODOS .....                              | 11   |
| 2.1.1    Revisión de literatura .....                         | 11   |
| 2.1.2    Vivienda informal y su impacto en la población ..... | 11   |

|                 |                                                                            |    |
|-----------------|----------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.1.3           | Soluciones sostenibles con Hormigón .....                                  | 12 |
| 2.1.4           | Importancia del diseño sismorresistente de estructuras residenciales ..... | 13 |
| 2.2             | Área de estudio.....                                                       | 14 |
| 2.3             | Trabajo de campo y laboratorio .....                                       | 18 |
| 2.3.1           | Diseño de Mezcla.....                                                      | 18 |
| 2.3.2           | Ensayos en estado fresco .....                                             | 20 |
| 2.3.3           | Ensayos en estado endurecido .....                                         | 21 |
| 2.4             | Análisis de datos.....                                                     | 21 |
| 2.5             | Caracterización del hormigón .....                                         | 24 |
| 2.6             | Análisis de alternativas.....                                              | 29 |
| 2.6.1           | Análisis de ponderación para las alternativas propuestas .....             | 32 |
| 2.7             | Elección de Alternativa .....                                              | 34 |
| Capítulo 3..... |                                                                            | 11 |
| 3.              | DISEÑOS Y ESPECIFICACIONES .....                                           | 36 |
| 3.1             | Cargas.....                                                                | 36 |
| 3.1.1           | Carga Variable .....                                                       | 36 |
| 3.1.2           | Carga Permanente .....                                                     | 36 |
| 3.1.3           | Carga Sísmica .....                                                        | 40 |
| 3.2             | Predimensionamiento de elementos estructurales.....                        | 49 |
| 3.2.1           | Columnas .....                                                             | 49 |
| 3.2.2           | Losa.....                                                                  | 51 |

|                 |                                                                   |     |
|-----------------|-------------------------------------------------------------------|-----|
| 3.2.3           | Ábacos.....                                                       | 52  |
| 3.3             | Análisis Estructural .....                                        | 52  |
| 3.3.1           | Materiales.....                                                   | 53  |
| 3.3.2           | Periodo de vibración .....                                        | 55  |
| 3.3.3           | Irregularidades y coeficientes de configuración estructural ..... | 57  |
| 3.3.4           | Derivas .....                                                     | 62  |
| 3.4             | Diseño de elementos estructurales .....                           | 63  |
| 3.4.1           | Vigas .....                                                       | 63  |
| 3.4.2           | Columnas .....                                                    | 74  |
| 3.4.3           | Losa.....                                                         | 82  |
| 3.4.4           | Cimentación .....                                                 | 97  |
| 3.5             | Diseño de Instalaciones Hidrosanitarias .....                     | 114 |
| 3.5.1           | Agua Potable.....                                                 | 115 |
| 3.5.2           | Aguas Servidas.....                                               | 129 |
| 3.6             | Análisis HLAC vs Hormigón Convencional.....                       | 135 |
| 3.7             | Especificaciones Técnicas.....                                    | 139 |
| Capítulo 4..... |                                                                   | 36  |
| 4.              | ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL .....                               | 150 |
| 4.1             | Descripción del proyecto.....                                     | 150 |
| 4.2             | Línea base ambiental.....                                         | 150 |
| 4.2.1           | Medio biofisico .....                                             | 151 |

|                      |                                              |     |
|----------------------|----------------------------------------------|-----|
| 4.2.2                | Medio humano .....                           | 154 |
| 4.3                  | Actividades del proyecto .....               | 157 |
| 4.4                  | Identificación de impactos ambientales ..... | 158 |
| 4.5                  | Valoración de impactos ambientales .....     | 161 |
| 4.6                  | Medidas de prevención/mitigación .....       | 163 |
| Capítulo 5.....      |                                              | 168 |
| 5.                   | PRESUPUESTO .....                            | 169 |
| 5.1                  | Estructura Desglosada de Trabajo .....       | 169 |
| 5.2                  | Especificaciones Técnicas .....              | 169 |
| 5.3                  | Rubros y análisis de precios unitarios ..... | 169 |
| 5.4                  | Cantidades de obra .....                     | 171 |
| 5.5                  | Costo del proyecto.....                      | 173 |
| 5.6                  | Cronograma de obra .....                     | 175 |
| Capítulo 6.....      |                                              | 177 |
| 6.                   | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....         | 178 |
| 6.1                  | Conclusiones .....                           | 178 |
| 6.2                  | Recomendaciones.....                         | 180 |
| 7.                   | References.....                              | 181 |
| PLANOS Y ANEXOS..... |                                              | 189 |

## **Abreviaturas**

|        |                                             |
|--------|---------------------------------------------|
| ACI    | American Concrete Institute                 |
| AA.PP. | Agua Potable                                |
| AA.SS. | Aguas Sanitarias                            |
| APU    | Análisis de Precios Unitarios               |
| BIM    | Building Information Modeling               |
| EIA    | Estudio de Impacto Ambiental                |
| GEHA   | Guía Europea de Hormigones Autocompactantes |
| GAD    | Gobierno Autónomo Descentralizado           |
| HAC    | Hormigón Autocompactante                    |
| HLAC   | Hormigón Ligero Autocompactante             |
| NEC    | Normativa Ecuatoriana de la Construcción    |
| ODS    | Objetivo de Desarrollo Sostenible           |
| UPC    | Universitat Politècnica de Catalunya        |



**Simbología**

|                 |                               |
|-----------------|-------------------------------|
| cm              | Centímetro                    |
| CV              | Caballo de Vapor              |
| GPa             | Gigapascal                    |
| HP              | Caballo de Fuerza             |
| kN              | Kilonewton                    |
| kN-m            | Kilonewton metro              |
| kg              | Kilogramo                     |
| L               | Litro                         |
| m <sup>2</sup>  | Metro cuadrado                |
| m <sup>3</sup>  | Metro cúbico                  |
| mm <sup>2</sup> | Milímetro cuadrado            |
| MPa             | Megapascuales                 |
| m.s.n.m         | Metros sobre el nivel del mar |
| s               | Segundos                      |
| ton             | Toneladas                     |

## Índice de figuras

|                                                                                                                      |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1</b> <i>Ensayos en estado fresco</i> .....                                                                | 6  |
| <b>Figura 2</b> Asentamientos irregulares en ciudades latinoamericanas .....                                         | 12 |
| <b>Figura 3</b> Vista aérea del terreno del proyecto .....                                                           | 15 |
| <b>Figura 4</b> <i>Vista en planta del primer y segundo piso</i> .....                                               | 15 |
| <b>Figura 5</b> <i>Corte transversal</i> .....                                                                       | 16 |
| <b>Figura 6</b> <i>Litología Parroquia Crucita</i> .....                                                             | 17 |
| <b>Figura 7</b> <i>Relieve parroquia Crucita</i> .....                                                               | 18 |
| <b>Figura 8</b> <i>Ensayos en estado endurecidos</i> .....                                                           | 21 |
| <b>Figura 9</b> <i>Comparativa de densidades entre mezclas</i> .....                                                 | 23 |
| <b>Figura 10</b> <i>Propiedades de HAC para diferentes aplicaciones</i> .....                                        | 26 |
| <b>Figura 11</b> <i>Detalle de viga armada dentro de ábaco</i> .....                                                 | 38 |
| <b>Figura 12</b> <i>Ejemplo de construcción de losa nervada en dos direcciones con relleno de poliestireno</i> ..... | 39 |
| <b>Figura 13</b> <i>Espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño</i> ....            | 43 |
| <b>Figura 14</b> <i>Espectro sísmico elástico e inelástico para la zona de diseño</i> .....                          | 43 |
| <b>Figura 15</b> <i>Vista en planta de ejes estructurales</i> .....                                                  | 48 |
| <b>Figura 16</b> <i>Vista 3D del modelado estructural</i> .....                                                      | 53 |
| <b>Figura 17</b> <i>Espectro de vibración elástico e inelástico según NEC-SE-DS</i> .....                            | 56 |
| <b>Figura 18</b> <i>Tipos de irregularidade en planta</i> .....                                                      | 59 |
| <b>Figura 19</b> <i>Tipos de irregularidad en elevación</i> .....                                                    | 61 |
| <b>Figura 20</b> <i>Diseño de Strips Layers</i> .....                                                                | 64 |
| <b>Figura 21</b> <i>Selección de viga de análisis</i> .....                                                          | 65 |

|                                                                                                        |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 22</b> <i>Momento Flector Positivo y Envolvente de Cortante para viga de análisis</i> .....  | 65 |
| <b>Figura 23</b> <i>Consideraciones para momento mínimo de diseño</i> .....                            | 66 |
| <b>Figura 24</b> <i>Demanda de Cortante y bajo carga muerta en la viga de análisis</i> .....           | 71 |
| <b>Figura 25</b> <i>Envolvente de Cortante a una distancia d</i> .....                                 | 72 |
| <b>Figura 26</b> <i>Modelado estructural de columnas en software</i> .....                             | 74 |
| <b>Figura 27</b> <i>Coeficientes de capacidad de carga</i> .....                                       | 75 |
| <b>Figura 28</b> <i>Selección de columna a analizar</i> .....                                          | 76 |
| <b>Figura 29</b> <i>Esquema de fuerzas en Nudo Viga-Columna</i> .....                                  | 77 |
| <b>Figura 30.</b> <i>Envolvente de cortante en columna de análisis</i> .....                           | 78 |
| <b>Figura 31</b> <i>Ecuaciones para el cálculo de la resistencia nominal a cortante del nudo</i> ..... | 79 |
| <b>Figura 32</b> <i>Criterio para gancho estándar en barras corrugadas</i> .....                       | 82 |
| <b>Figura 33</b> <i>Esquema de sección crítica</i> .....                                               | 83 |
| <b>Figura 34</b> <i>Diagrama de sección crítica</i> .....                                              | 83 |
| <b>Figura 35</b> <i>Secciones críticas susceptibles a cortante</i> .....                               | 88 |
| <b>Figura 36</b> <i>Ratios de capacidad para losa de Planta Alta</i> .....                             | 90 |
| <b>Figura 37</b> <i>Ratios de capacidad para losa de Cubierta</i> .....                                | 90 |
| <b>Figura 38</b> <i>Momento negativo de diseño en ábaco Eje X</i> .....                                | 91 |
| <b>Figura 39</b> <i>Momento negativo de diseño en ábaco Eje Y</i> .....                                | 93 |
| <b>Figura 40</b> <i>Configuración de comprobación de acero</i> .....                                   | 94 |
| <b>Figura 41</b> <i>Resultado de comprobación en cubierta</i> .....                                    | 95 |
| <b>Figura 42</b> <i>Resultado de comprobación a flexión para primer piso</i> .....                     | 96 |
| <b>Figura 43</b> <i>Catalogo de mallas electrosoldadas Novacero</i> .....                              | 97 |
| <b>Figura 44</b> <i>Vista en planta de cimentación</i> .....                                           | 98 |

|                                                                                                           |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Figura 45</b> <i>Esquema de Zona Crítica para cortante bidireccional</i> .....                         | 102 |
| <b>Figura 46</b> <i>Esquema gráfico de acciones sobre plinto aislado</i> .....                            | 104 |
| <b>Figura 47</b> <i>Esquema del sistema Viga de Cimentación - Plinto Aislado</i> .....                    | 108 |
| <b>Figura 48</b> <i>Corte imaginario para cálculo de momentos máximos</i> .....                           | 109 |
| <b>Figura 49</b> <i>Modelado del material en software</i> .....                                           | 111 |
| <b>Figura 50</b> <i>Modelado de viga de cimentación en software</i> .....                                 | 112 |
| <b>Figura 51</b> <i>Modelado de plinto aislado en software</i> .....                                      | 112 |
| <b>Figura 52</b> <i>Resultados de esfuerzos de contacto según software</i> .....                          | 113 |
| <b>Figura 53</b> <i>Configuración de herramienta Show Rebar Above Specified Value</i> .....               | 114 |
| <b>Figura 54</b> <i>Comprobación de suficiencia de acero longitudinal</i> .....                           | 114 |
| <b>Figura 55</b> <i>Distribución de zonas para suministro de AA.PP.</i> .....                             | 117 |
| <b>Figura 56</b> <i>Identificación de nodos para suministro de AA.PP.</i> .....                           | 118 |
| <b>Figura 57</b> <i>Caudales, Presiones y Diámetros mínimos para diferentes aparatos sanitarios</i> ..... | 119 |
| <b>Figura 58</b> <i>Valores de Caudal, Velocidad y Pérdidas para tuberías de 3/4"</i> .....               | 120 |
| <b>Figura 59</b> <i>Diseño de red de AA.PP. en planta alta</i> .....                                      | 122 |
| <b>Figura 60</b> <i>Diseño de red de AA.PP. en planta baja</i> .....                                      | 122 |
| <b>Figura 61</b> <i>Tabla de Flamant para Diámetro 1 1/4"</i> .....                                       | 123 |
| <b>Figura 62</b> <i>Factores longitudes equivalentes</i> .....                                            | 124 |
| <b>Figura 63</b> <i>Bomba comercial de 0.75HP</i> .....                                                   | 129 |
| <b>Figura 64</b> <i>Distribución de zonas para AA.SS - Planta Alta</i> .....                              | 130 |
| <b>Figura 65</b> <i>Diámetros mínimos y unidades de descarga</i> .....                                    | 130 |
| <b>Figura 66</b> <i>Caudales para diferentes UDD</i> .....                                                | 132 |
| <b>Figura 67</b> <i>Propiedades de tubería llena para 3"</i> .....                                        | 132 |

|                                                                                                                        |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Figura 68</b> <i>Relaciones hidráulicas en tubería</i> .....                                                        | 133 |
| <b>Figura 69</b> <i>Máximo número de unidades por bajante</i> .....                                                    | 134 |
| <b>Figura 70</b> <i>Longitudes máxima de ventilación</i> .....                                                         | 135 |
| <b>Figura 71</b> <i>Propiedades del hormigón convencional</i> .....                                                    | 136 |
| <b>Figura 72</b> <i>Ratios de capacidad de carga en Primer Piso - Hormigón Convencional vs HLAC</i><br>.....           | 137 |
| <b>Figura 73</b> <i>Ratios de resistencia a punzonamiento en Primer Piso - HLAC vs Hormigón<br/>Convencional</i> ..... | 138 |
| <b>Figura 74.</b> <i>Ubicación del proyecto</i> .....                                                                  | 152 |
| <b>Figura 75.</b> <i>Mapa de estrés hídrico</i> .....                                                                  | 152 |
| <b>Figura 76.</b> <i>Mapa de susceptibilidad por incendios</i> .....                                                   | 153 |
| <b>Figura 77.</b> <i>Mapa de ecosistemas frágiles</i> .....                                                            | 153 |
| <b>Figura 78.</b> <i>Clasificación de asentamientos humanos</i> .....                                                  | 154 |
| <b>Figura 79.</b> <i>Cobertura red de AA.PP.</i> .....                                                                 | 156 |
| <b>Figura 80.</b> <i>Cobertura red de AA.SS.</i> .....                                                                 | 156 |
| <b>Figura 81.</b> <i>Cobertura red de AA.LL.</i> .....                                                                 | 156 |
| <b>Figura 82.</b> <i>Estación de lavado móvil</i> .....                                                                | 165 |
| <b>Figura 83.</b> <i>Curado con láminas de plástico</i> .....                                                          | 165 |
| <b>Figura 84.</b> <i>Ejemplo de huerto casero</i> .....                                                                | 166 |
| <b>Figura 85.</b> <i>Ejemplo de árboles en patio</i> .....                                                             | 166 |
| <b>Figura 86.</b> <i>Fundición de losa con hormigón autocompactante</i> .....                                          | 167 |
| <b>Figura 87</b> <i>Estructura Desglosada de Trabajo</i> .....                                                         | 169 |
| <b>Figura 88</b> <i>Cronograma estimado de actividades</i> .....                                                       | 176 |

## Índice de tablas

|                                                                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabla 2.1</b> <i>Parámetros objetivos de HLAC</i> .....                                                         | 19 |
| <b>Tabla 2.2</b> <i>Dosificaciones realizadas</i> .....                                                            | 20 |
| <b>Tabla 2.3</b> <i>Resultados de ensayos iniciales en estado fresco</i> .....                                     | 22 |
| <b>Tabla 2.4</b> <i>Resultados de ensayos iniciales en estado endurecido</i> .....                                 | 22 |
| <b>Tabla 2.5</b> <i>Resultados de ensayos finales en estado fresco</i> .....                                       | 24 |
| <b>Tabla 2.6</b> <i>Resultados de ensayos finales en estado endurecido</i> .....                                   | 24 |
| <b>Tabla 2.7</b> <i>Especificaciones técnicas de autocompactación H-4</i> .....                                    | 25 |
| <b>Tabla 2.8</b> <i>Especificaciones técnicas de autocompactación HF-3</i> .....                                   | 25 |
| <b>Tabla 2.9</b> <i>Clases de densidad para hormigón ligero</i> .....                                              | 26 |
| <b>Tabla 2.10</b> <i>Resistencia característica en cubos de mezclas seleccionadas</i> .....                        | 27 |
| <b>Tabla 2.11</b> <i>Resistencia característica en cilindros de mezclas seleccionadas</i> .....                    | 27 |
| <b>Tabla 2.12</b> <i>Clases de resistencia a la compresión para hormigones ligeros</i> .....                       | 28 |
| <b>Tabla 2.13</b> <i>Clase de resistencia a la compresión de mezclas seleccionadas</i> .....                       | 28 |
| <b>Tabla 2.14</b> <i>Resistencia a la tracción directa de mezclas seleccionadas</i> .....                          | 29 |
| <b>Tabla 2.15</b> <i>Propiedades cuantitativas de alternativas</i> .....                                           | 30 |
| <b>Tabla 2.16</b> <i>Criterios y ponderación para análisis de alternativas</i> .....                               | 30 |
| <b>Tabla 2.17</b> <i>Análisis de ponderación para la Alternativa 1</i> .....                                       | 32 |
| <b>Tabla 2.18</b> <i>Análisis de ponderación para la Alternativa 2</i> .....                                       | 33 |
| <b>Tabla 2.19</b> <i>Análisis de ponderación para la Alternativa 3</i> .....                                       | 33 |
| <b>Tabla 2.20</b> <i>Resumen de ponderación de alternativas</i> .....                                              | 34 |
| <b>Tabla 3.1</b> <i>Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de periodo corto <math>F_a</math></i> .....   | 41 |
| <b>Tabla 3.2</b> <i>Coeficiente de amplificación de las ordenadas del espectro elástico <math>F_d</math></i> ..... | 41 |

|                                                                                                                       |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Tabla 3.3</b> <i>Coefficiente de ampliación de suelo considerando el comportamiento no lineal <math>F_s</math></i> | 42  |
| <b>Tabla 3.4</b> <i>Coefficiente de tipo de estructura</i>                                                            | 44  |
| <b>Tabla 3.5</b> <i>Sistemas estructurales dúctiles y su factor de reducción de fuerza sísmica</i>                    | 46  |
| <b>Tabla 3.6</b> <i>Categorías de edificio y coeficiente de importancia <math>I</math></i>                            | 47  |
| <b>Tabla 3.7</b> <i>Factor <math>K</math> según tipo de columna</i>                                                   | 49  |
| <b>Tabla 3.8</b> <i>Dimensiones iniciales de columna</i>                                                              | 51  |
| <b>Tabla 3.9</b> <i>Valores de <math>\lambda</math> para concreto liviano con base en la densidad de equilibrio</i>   | 54  |
| <b>Tabla 3.10</b> <i>Valores de <math>\lambda</math> para los hormigones utilizados</i>                               | 54  |
| <b>Tabla 3.11</b> <i>Periodos de vibración de la edificación</i>                                                      | 55  |
| <b>Tabla 3.12</b> <i>Cortantes basales obtenidos en software</i>                                                      | 57  |
| <b>Tabla 3.13</b> <i>Verificación de irregularidad en planta Tipo 1</i>                                               | 60  |
| <b>Tabla 3.14</b> <i>Verificación de irregularidad en elevación Tipo 1</i>                                            | 62  |
| <b>Tabla 3.15</b> <i>Verificación de derivas máximas</i>                                                              | 63  |
| <b>Tabla 3.16</b> <i>Distribución de Momento Flector en viga de análisis</i>                                          | 65  |
| <b>Tabla 3.17</b> <i>Momentos de diseño para viga de análisis</i>                                                     | 66  |
| <b>Tabla 3.18</b> <i>Distribución de acero requerido para viga de análisis</i>                                        | 68  |
| <b>Tabla 3.19</b> <i>Diseño de acero longitudinal para viga de análisis</i>                                           | 68  |
| <b>Tabla 3.20</b> <i>Momentos probables producidos por el acero longitudinal</i>                                      | 70  |
| <b>Tabla 3.21</b> <i>Cálculo de cortante de columna</i>                                                               | 78  |
| <b>Tabla 3.22</b> <i>Fuerzas de diseño a punzonamiento</i>                                                            | 85  |
| <b>Tabla 3.23</b> <i>Solicitaciones de Carga Axial y Momento Flector</i>                                              | 99  |
| <b>Tabla 3.24</b> <i>Cargas en Estado de Servicio y Estado Último</i>                                                 | 100 |

|                                                                                              |                                     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| <b>Tabla 3.25</b> <i>Verificación de Esfuerzo de Contacto</i> .....                          | 101                                 |
| <b>Tabla 3.26.</b> <i>Verificación de Cortante Unidireccional</i> .....                      | 102                                 |
| <b>Tabla 3.27</b> <i>Verificación de Cortante Bidireccional</i> .....                        | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| <b>Tabla 3.28</b> <i>Análisis a Flexión</i> .....                                            | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| <b>Tabla 3.29</b> <i>Información de columnas para el diseño de viga de cimentación</i> ..... | 107                                 |
| <b>Tabla 3.30</b> <i>Longitudes equivalentes - Línea de Succión</i> .....                    | 125                                 |
| <b>Tabla 3.31</b> <i>Longitudes equivalentes - Línea de Impulsión</i> .....                  | 126                                 |
| <b>Tabla 3.32</b> <i>Pérdidas de Impulsión</i> .....                                         | 127                                 |
| <b>Tabla 3.33</b> <i>Comparativa HLAC vs Hormigón Convencional</i> .....                     | 136                                 |
| <b>Tabla 4.1.</b> <i>Variables de impacto ambiental</i> .....                                | 158                                 |
| <b>Tabla 4.2.</b> <i>Matriz de ponderación de impacto ambiental</i> .....                    | 160                                 |
| <b>Tabla 4.3.</b> <i>Categorías de impacto</i> .....                                         | 162                                 |
| <b>Tabla 4.4.</b> <i>Medidas de mitigación y prevención de impactos ambiental</i> .....      | 164                                 |
| <b>Tabla 5.1</b> <i>Descripción de rubros para el APU</i> .....                              | 170                                 |
| <b>Tabla 5.2</b> <i>Cantidades por rubro</i> .....                                           | 172                                 |
| <b>Tabla 5.3</b> <i>Desglose del coste del proyecto por rubor</i> .....                      | 173                                 |
| <b>Tabla 5.4</b> <i>Desglose del costo del proyecto por categoría</i> .....                  | 175                                 |



**ÍNDICE DE PLANOS**

PLANO 1 Alzado de columnas

PLANO 2 Cimentación - Zapatas Aisladas

PLANO 3 Cimentación - Viga de cimentación

PLANO 4 Losa de Planta Alta

PLANO 5 Losa de Planta Baja

PLANO 6 Sistema de Agua Potable – Primera Planta

PLANO 7 Sistema de Agua Potable – Primera Baja

PLANO 8 Sistema de Aguas Residuales – Vista en Planta

PLANO 9 Sistema de Aguas Residuales – Vista de Secciones

# Capítulo 1

## 1. INTRODUCCIÓN

En Portoviejo, capital de la provincia de Manabí, el elevado costo de construcción por metro cuadrado —el más alto del país— dista de la realidad económica de gran parte de sus habitantes, muchos de los cuales viven en condiciones de subempleo o con ingresos insuficientes para acceder a una vivienda digna y segura (INEC, 2024; Ugalde, 2025)

La alta amenaza sísmica de la región, evidenciada por el alto impacto humano y económico del terremoto del 16 de abril de 2016 (Sánchez-Cortez & Simbaña-Tasiguano, 2024), exige que las viviendas cumplan con criterios técnicos propios de un diseño sismorresistente, al tiempo que se promuevan soluciones alineadas con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

En este contexto surge el presente estudio, cuyo objetivo es explorar la viabilidad técnica y económica del Hormigón Liger Autocompactante (HLAC) para el diseño estructural de una vivienda de dos plantas, de forma que se obtenga un proyecto de edificación asequible, estructuralmente seguro y resiliente a los efectos del cambio climático.

El trabajo se desarrolla en cuatro etapas: primero, un proceso experimental para obtener dosificaciones de HLAC que cumplan con los requisitos de autocompactabilidad y logren resistencias propias de hormigones estructurales; segundo, el diseño estructural de la vivienda mediante software de cálculo y análisis estructural; tercero, el diseño hidrosanitario pertinente, con base en la Norma Ecuatoriana de la Construcción vigente (NEC-2015); cuarto, la estimación de costos, considerando ahorros en el transporte de agregados, eliminación del vibrado en obra y reducción del peso estructural. Para finalizar, se anexan los presentables necesarios para el desarrollo del proyecto en campo: planos estructurales, planos hidrosanitarios, presupuesto y cronograma.

## 1.1 Antecedentes

La invención y rápida adopción del hormigón armado a finales del siglo XIX marcaron el inicio de una nueva era en la construcción. Su amplia aceptación estableció un método industrializado que permitió erigir edificaciones de múltiples pisos con mayor rapidez y seguridad, impulsando la creación de normativas urbanas y técnicas, la formación de especialistas y la estandarización de procesos constructivos en la región (Compte, 2022).

Dentro del contexto ecuatoriano, el terremoto de Ambato, ocurrido el 5 de agosto de 1949, puso en evidencia la necesidad de normativas de diseño sismo-resistente. Como respuesta, en 1951 se promulgó de manera urgente el primer Código Nacional de la Construcción (Aguiar, 2010), el cual introdujo el uso de hormigón armado en viviendas. Posteriores actualizaciones normativas —como la NEC-2011 y NEC-2015— optimizaron la caracterización sísmica (Quinotoa, 2022). Estas disposiciones han incrementado el nivel de seguridad estructural, aunque el desafío de reducir la masa de las edificaciones para mejorar su desempeño frente a eventos sísmicos aún persiste.

En consonancia con la transición hacia materiales más sostenibles y alineados con los ODS, la industria ha explorado el uso de Hormigones Ligeros elaborados con el reemplazo total o parcial del árido natural por áridos de baja densidad (Ibrahim et al., 2020) como la perlita expandida (Bakhshi, Dalalbashi, et al., 2023), el vidrio celular (Osfouri et al., 2025) o las escorias industriales (Kumar et al., 2023). Estas mezclas permiten reducir el peso propio de la estructura al alcanzar densidades aparentes por debajo  $2000 \text{ kg/m}^3$  sin comprometer significativamente su capacidad resistente (Ibrahim et al., 2020; Osfouri et al., 2025). Diversos estudios han demostrado que estos hormigones alcanzan prestaciones mecánicas de entre 20MPa y 40MPa (Bakhshi, Dalalbashi, et al., 2023), comparables a las ofrecidas por el hormigón convencional, además de reducir las cargas sísmicas debido a una menor masa

estructural al mismo tiempo que minimizan la huella de carbono vinculada al transporte y la extracción de agregados (Navarrete & Vargas, 2024).

Aunado a esto, el Hormigón Autocompactante, definido por el ACI Committee 237 (2007) como aquel hormigón altamente fluido, capaz de ser vertido en obra, llenar un encofrado y encapsular correctamente el acero de refuerzo sin recurrir en esfuerzos mecánicos de compactación, permite eliminar la necesidad de vibrado durante el vertido, siendo posible una reducción significativa del costo de mano de obra y los tiempos de construcción (Sonebi & Yahia, 2020). El cumplimiento de estos requisitos se verifica mediante ensayos en estado fresco que midan la capacidad de llenado, capacidad de paso, fluidez y resistencia a la segregación (Rasekh et al., 2020; Ting et al., 2019).

Así, el HLAC combina las bondades mecánicas del Hormigón Ligero, y las facilidades de aplicación en obra del Hormigón Autocompactante. No obstante, a pesar de sus beneficios técnicos y ambientales, la aplicación práctica de soluciones sostenibles, como el HLAC, sigue siendo escasa en Ecuador (Mendoza & Vanga, 2020). De acuerdo con el Boletín Técnico de Estadística de Edificaciones, INEC (2024): el 67,2 % de las nuevas construcciones corresponden a vivienda unifamiliares donde en el hormigón armado continúa siendo el principal material estructural. Este tipo de edificación representan un sector con alto potencial para beneficiarse de materiales más ligeros y eficientes. Resultando imperativo impulsar estudios experimentales que validen su desempeño estructural a largo plazo y sirvan como base para su eventual incorporación en los códigos técnicos locales, logrando reducir el retraso de las normativas con respecto al uso de nuevos materiales en la construcción (Navarrete & Vargas, 2024; Ting et al., 2019).

## 1.2 Descripción del Problema

Portoviejo, capital manabita y una de las ciudades más afectadas durante el sismo de 2016, enfrenta actualmente una problemática estructural y económica compleja: es la urbe con el costo de construcción por metro cuadrado más alto del país, con una mediana de \$765 y un costo previsto de \$72.000 por vivienda, superando incluso a Quito, la capital del país (INEC, 2024). Esta situación, junto con elevados índices de subempleo y precariedad laboral (Ugalde, 2025), limita el acceso de los sectores populares a soluciones habitacionales seguras. Esto, sumado a la falta de innovación en materiales y métodos constructivos, ha promovido la proliferación de autoconstrucción sin asistencia técnica (Hidalgo-Palacios, 2022).

La construcción de viviendas sismorresistentes exige materiales que ofrezcan una adecuada capacidad estructural, pero que, a su vez, permitan reducir el peso propio de las edificaciones. Esta reducción de masa disminuye las fuerzas inerciales generadas durante un evento sísmico, mejorando el comportamiento estructural frente a eventos sísmicos (Agrawal et al., 2021). Sin embargo, la industria constructiva ecuatoriana mantiene una fuerte dependencia del hormigón convencional, cuya elevada densidad implica mayores exigencias estructurales y un alto impacto ambiental a lo largo de su ciclo de vida (Mendoza & Vanga, 2020).

Aunque el desarrollo de alternativas sostenibles, como el HLAC, ha progresado en los últimos años, su implementación en proyectos reales en la región sigue siendo limitada (Kumar et al., 2023). La falta de experiencias aplicadas, de incentivos económicos y de lineamientos de diseño adaptados a las condiciones locales dificulta su inclusión en reglamentos técnicos locales y su aceptación por parte del mercado, evitando el progreso en la adopción de técnicas de construcción sostenible que reduzcan el impacto ambiental de la industria constructiva (Mendoza & Vanga, 2020).

Por este motivo, surge la necesidad de desarrollar dosificaciones de HLAC que cumplan con los requisitos necesarios para el uso en edificaciones residenciales — autocompactabilidad sin segregación ni necesidad de vibrado [Figura 1] y resistencia estructural superior a 17MPa (ACI Committee 318, 2014) — sin que esto represente un incremento significativo en los costos de construcción.

### Figura 1

*Ensayos en estado fresco*



*Nota:* En orden de aparición: Slump-flow, L-box, J-ring y V-Funnel

## 1.3 Justificación del Problema

Ecuador, se localiza en el borde convergente de las placas tectónicas de Nazca y Sudamérica, dentro del Cinturón de Fuego del Pacífico, convirtiéndolo en un país con alta actividad sísmica (Moncayo Theurer et al., 2017). Esta condición representa una amenaza constante, especialmente en provincias como Manabí, donde el terremoto del 16 de abril de 2016 provocó más de 660 víctimas mortales, la destrucción de aproximadamente 29.000 edificaciones (Hidalgo-Palacios, 2022) y pérdidas económicas que superaron los 3.350 millones de dólares (Sánchez-Cortez & Simbaña-Tasiguano, 2024). A pesar de la magnitud del desastre, la respuesta institucional ha sido predominantemente reactiva, enfocada en la reconstrucción y no en una estrategia preventiva basada en la mejora del entorno construido (Herrera Garibay et al., 2010).

Esta vulnerabilidad sísmica de la región se ve agudizada por la problemática social y económica presente en la provincia de Manabí, donde una cuarta parte de su población presenta ingresos por debajo de sus necesidades (Ugalde, 2025), mientras que el costo de construcción por metro cuadrado de su cabeza provincial, Portoviejo, se coloca como el más alto del Ecuador (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), 2024).

En la actualidad, el uso de hormigones especiales, como los HLAC se perfilan como una alternativa innovadora en la reducción del costo global de proyectos civiles. Pues como reportaron Ramírez Ordóñez & Salazar Narváez (2009), al usar hormigones autocompactantes en losas, el tiempo de aplicación se reduce entre un 30% - 40%, siendo suficiente dos operarios para completar la colocación. Asimismo, Yepez (2024), resalta una reducción del 50% en la mano de obra necesaria para construir con hormigón autocompactante, así como la eliminación de herramientas —palas y rastrillos— para el colado de elementos estructurales, abriendo la posibilidad de realizarlo directamente desde el camión mezclador. Esto, sumados a densidades por debajo de  $2000 \text{ kg/m}^3$  permite construir viviendas de menor peso, reduciendo los efectos de las fuerzas sísmicas (Gatica, 2012).

Así, implementar HLAC en la construcción de estructuras residenciales, permitirá reducir los tiempos y costes de construcción, a la par de brindar viviendas con una mejor respuesta frente a la actividad telúrica constante de la región; haciendo posible el acceso a un techo digno a la clase trabajadora de Manabí, cumpliendo así con los compromisos adoptados en la Agenda 2030.

No atender esta problemática implica perpetuar la exposición de la población a desastres evitables, tanto por sismos como por las consecuencias del cambio climático. En cambio, el desarrollo de hormigones sostenibles como el HLAC permite avanzar hacia un modelo constructivo más eficiente, resiliente y sostenible, que responda tanto a las condiciones sísmicas del territorio como a la necesidad de soluciones habitacionales



económicamente viables, abriendo la posibilidad de construir viviendas seguras y sostenibles para los sectores más vulnerables de Portoviejo y del país.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo general**

Evaluar el comportamiento estructural y la viabilidad económica del Hormigón Ligero Autocompactante en edificaciones sismorresistentes de baja altura mediante dosificación, ensayos y modelado computacional, verificando los requisitos normativos y constructivos para su incorporación en proyectos residenciales.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

- 1.** Desarrollar una mezcla estructural de Hormigón Ligero Autocompactante (HLAC) mediante la selección y dosificación de materiales adecuados y la realización de ensayos de laboratorio de fluidez y resistencia, de tal forma que se demuestre su aplicabilidad en edificaciones residenciales de baja altura conforme a normativas nacionales e internacionales.
- 2.** Evaluar el comportamiento mecánico y la resiliencia estructural de la vivienda diseñada con HLAC, a través de simulaciones computacionales del modelado estructural y comparaciones con materiales tradicionales, así como su impacto en la eficiencia estructural, en el costo de construcción por metro cuadrado y en el aprovechamiento eficiente de recursos naturales en línea con el ODS 12.
- 3.** Desarrollar un diseño estructural optimizado de la vivienda unifamiliar, aplicando criterios normativos de diseño sismorresistente con base en las solicitaciones sísmicas de la zona, asegurando la estabilidad estructural y el cumplimiento los requisitos establecidos por la normativa local vigente.

4. Elaborar el diseño hidrosanitario de agua potable (AA.PP.) y aguas servidas (AA.SS.) para la vivienda estudiada, utilizando herramientas de dimensionamiento y considerando los caudales de diseño establecidos en la normativa local, proporcionando funcionalidad, salubridad y sostenibilidad en el sistema de abastecimiento y evacuación.

## **Capítulo 2**

## **2. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **2.1.1 Revisión de literatura**

El rápido crecimiento urbano es una realidad cada vez más evidente. Actualmente, más del 50% de la población mundial reside en zonas urbanas, y se proyecta que para 2050 esta cifra alcance el 70% (United Nations Department of Economic and Social Affairs, 2024).

En el contexto latinoamericano, Barragán & De Andrés (2016) identificaron un ritmo de crecimiento y expansión urbana superior al promedio global, especialmente concentrado en ciudades ubicadas en zonas litorales, cuya población se ha multiplicado por diez en los últimos 70 años.

Esta dinámica ha convertido a la región en la más urbanizada del mundo desarrollado, con un 80% de su población viviendo en grandes centros urbanos (Jaitman, 2015). Esto, junto a la marcada desigualdad socioeconómica, ha propiciado la proliferación de asentamientos informales, intensificando la presión sobre los ecosistemas que rodean los centros urbanos y obligando a la población de bajos recursos a establecerse en zonas de alta vulnerabilidad (United Nations Department of Economic and Social Affairs, 2024).

### **2.1.2 Vivienda informal y su impacto en la población**

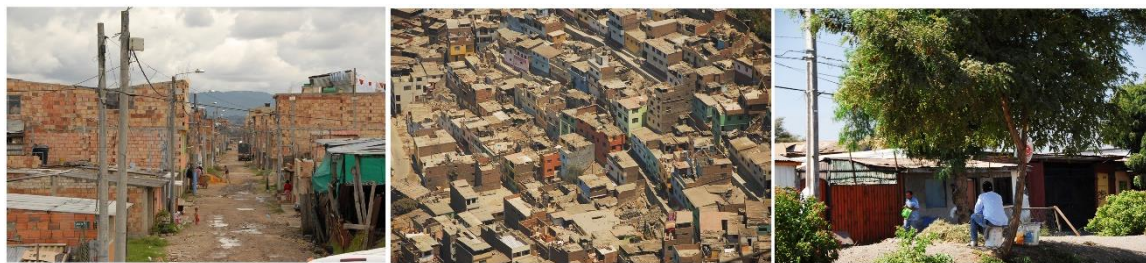
El informe más reciente sobre los ODS advierte que más de una cuarta parte de la población mundial habita en asentamientos informales, siendo este uno de grupos más expuestos a los efectos adversos del cambio climático (Mashi et al., 2025; United Nations Department of Economic and Social Affairs, 2024).

Esta situación se evidencia claramente en las ciudades latinoamericanas, donde las condiciones socioeconómicas desiguales y la rápida expansión limítrofe han consolidado a los barrios marginales como un desafío crítico para la planeación urbana y un rasgo característico de la región (Acevedo-De-los-Ríos et al., 2025; Jaitman, 2015; United Nations

Department of Economic and Social Affairs, 2024); convirtiéndose en zonas donde la autoconstrucción sin supervisión técnica, la falta de instalaciones eléctricas y sanitarias, y la prevalencia de viviendas inacabadas son el estándar de las edificaciones residenciales (Inostroza, 2017); resultando en un incremento del déficit habitacional, como en el caso ecuatoriano, donde este indicador alcanzó el 56.71% en 2023, frente al 46% de 2018 (Secretaría Nacional de Planificación, n.d.).

## Figura 2

Asentamientos irregulares en ciudades latinoamericanas



Nota: Ciudades en orden de aparición: Bogotá, Lima y Santiago de Chile.

Fuente: Inostroza (2017)

Ante este panorama, los organismos internacionales han remarcado la necesidad de diseñar estrategias orientadas a mejorar infraestructura urbana y garantizar el acceso universal a instalaciones sanitarias adecuadas, con el fin de asegurar viviendas seguras y asequible para las poblaciones más vulnerables (Mashi et al., 2025; United Nations Department of Economic and Social Affairs, 2024).

### 2.1.3 Soluciones sostenibles con Hormigón

En la búsqueda por alcanzar los ODS, la academia ha promovido activamente el desarrollo de soluciones innovadoras que reduzcan el alto impacto ambiental de la industria de la construcción, fomentando la adopción de hormigones sostenibles (Ibrahim et al., 2020).

Esto, ha llevado a la experimentación en el reemplazo de áridos naturales por nuevas materias primas alternativas y la integración de materiales no convencionales que resulten en

mezclas con mayores beneficios que el hormigón tradicional. Entre estas mejoras se destacan: densidades reducidas (Mousa et al., 2018), propiedades acústicas (Kim et al., 2018; Ramzi Hannan et al., 2020), aislamiento térmico (Zhang et al., 2015) y autocompactabilidad (Kumar et al., 2023).

Diversas investigaciones han incorporado materiales de distintas fuentes: Alabdulkarim et al. (2024) utilizaron fibras de neumáticos reciclados; Bahmani & Mostofinejad (2025), escoria y residuos calizos de industrias azucareras; y Kumar et al. (2023) revisaron estudios sobre el uso de ceniza de cáscara de arroz, cáscara de nuez y arcilla expandida, orientados a producir hormigones de baja densidad.

En esta misma línea, la utilización de áridos ligeros ha tomado relevancia como alternativa sostenible a los áridos convencionales. Estos pueden obtenerse tanto a partir de fuentes naturales como industriales, y han demostrado ser viables como reemplazo de árido fino y grueso sin comprometer las propiedades mecánicas del hormigón (Ibrahim et al., 2020; Kumar et al., 2023).

Ting et al. (2019) destacan la necesidad de ampliar la investigación sobre áridos ligeros. Así, estudios recientes (Bahmani & Mostofinejad, 2025; Bakhshi, Dalalbashi, et al., 2023; Bakhshi, Soheili, et al., 2023; Osfouri et al., 2025), han confirmado la viabilidad de usar agregados ligeros a partir de vidrio celular y perlita expandida para elaborar hormigones con propiedades mecánicas adecuadas para uso estructural.

#### **2.1.4 Importancia del diseño sismorresistente de estructuras residenciales**

América Latina es reconocida por su elevada actividad sísmica. La implementación de reglamentos de diseño estructural ha permitido mejorar significativamente el comportamiento sísmico de las edificaciones (Julián et al., 2014).

Sin embargo, muchas viviendas siguen siendo construidas técnicas obsoletas y sin supervisión técnica, lo que incrementa su vulnerabilidad ante eventos telúricos debido a la ausencia de cálculos adecuados de resistencias y diseños no ajustados con los códigos vigentes (Shahzada et al., 2025).

Aung et al. (2025) evidencian que la falta de diseño sismorresistente es la principal causa de los daños observados en terremotos recientes. Siendo los mecanismos de falla más comunes aquellos relacionados con fuerzas de corte como piso blando, columnas cortas, y fractura en nodos viga-columna, en lugar de mecanismos dúctiles que garanticen una mayor seguridad estructural y precautele la vida de los habitantes. Asimismo, las deficiencias más comunes incluyen una inadecuada distribución de rigideces, traslapes insuficientes en el refuerzo de columnas y la falta de ductilidad adecuada en los nodos de la edificación.

Bajo esta combinación de circunstancia, Shahzada et al. (2025) reportaron que un 70% de estructuras residenciales presenta un riesgo significativo de colapso durante eventos sísmicos. Este riesgo se concentra especialmente en las poblaciones de medios y bajos recursos, quienes concentran el 50% de pérdidas económicas y 80% de pérdidas humanas derivadas de estos fenómenos (Yepes-Estrada et al., 2025).

## **2.2 Área de estudio**

El proyecto se desarrollará en el Sector Los Arenales, perteneciente a la Parroquia Crucita del cantón Portoviejo, provincia de Manabí. El sitio se encuentra en las coordenadas UTM (551952.92, 9905527.81), según el sistema WGS84 / Zona 17S.

El predio tiene una superficie total de  $245.61\text{m}^2$  dentro del cerramiento, de los que  $119.7\text{m}^2$  corresponden al área de implantación de la vivienda. La construcción contempla un área total edificada de  $270.00\text{m}^2$ , distribuida en dos niveles.

**Figura 3**

Vista aérea del terreno del proyecto

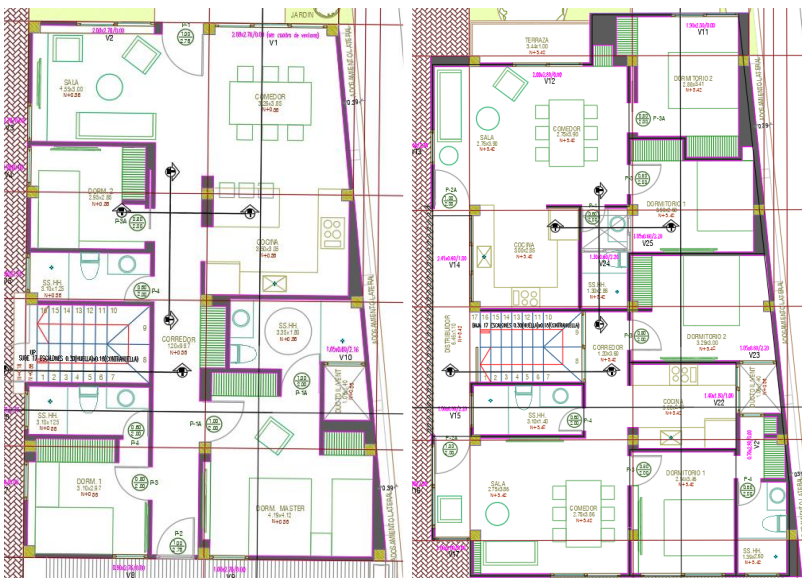


La estructura de la vivienda corresponde a una tipología porticada, compuesta de cinco ejes de columnas en sentido horizontal y tres en sentido vertical, uno de los cuales presenta una inclinación con el fin de ajustarse a los límites irregulares del terreno.

La planta alta ocupa una superficie de  $150.3\text{m}^2$ , e incorpora elementos arquitectónicos como voladizos laterales y frontales, además de un balcón posterior.

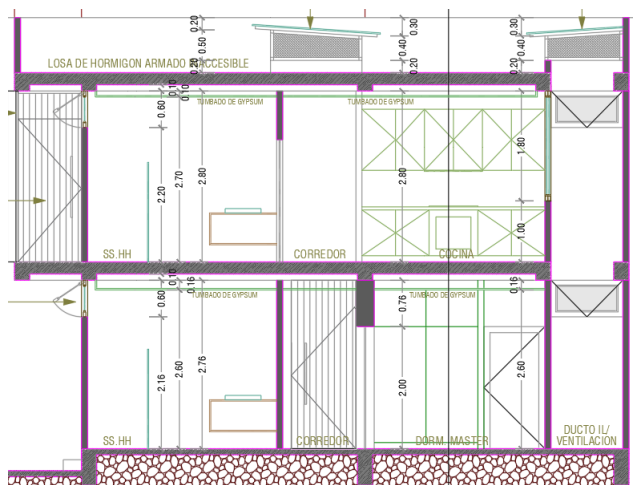
**Figura 4**

Vista en planta del primer y segundo piso

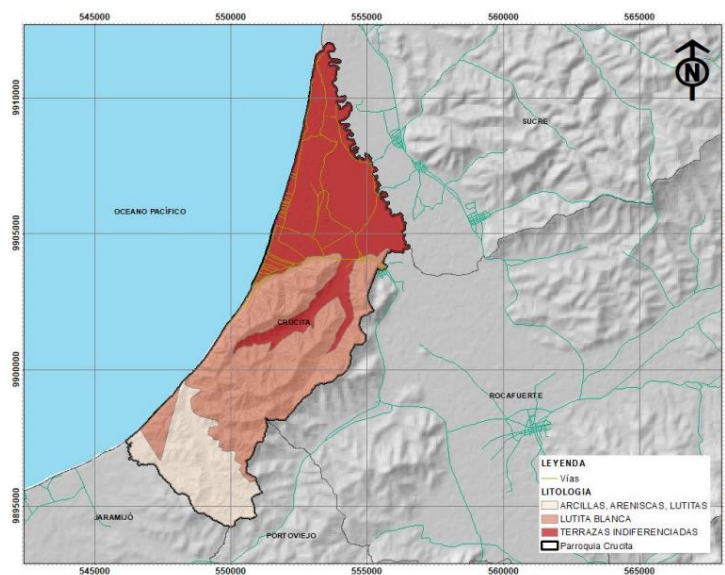


La cubierta es inaccesible y está delimitada perimetralmente por un pretil de noventa centímetros de altura que forma parte del diseño estético de la fachada de la vivienda.



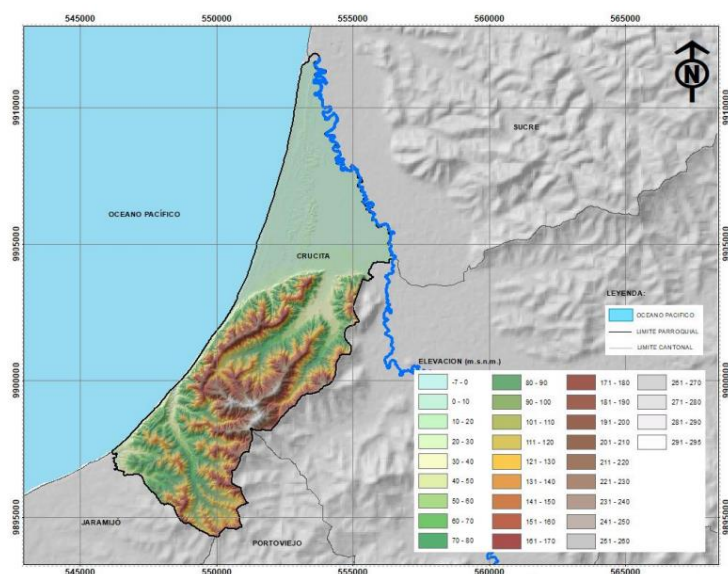
**Figura 5***Corte transversal*

Desde el punto de vista geográfico, la parroquia Crucita se encuentra en la franja costera del litoral manabita, limitando directamente con el Océano Pacífico. Su casco urbano se asienta sobre una litología de “Terrazas indiferenciadas”, caracterizada por su alta permeabilidad y predominante presencia de suelos granulares (GAD Parroquial Crucita, 2024). Esta condición se confirma con los resultados del Estudio de Suelo, el cual identifica una estratigrafía conformada por Arenas mal graduada (SP) y Arena mal graduada con limo (SP-SM), sin presencia de Nivel Freático.

**Figura 6***Litología Parroquia Crucita*

*Nota:* Obtenido de: Crucita 2030: Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial, GAD Parroquial Crucita

El relieve del sector urbano se ubica entre 0 – 10 m.s.n.m., con pendientes que oscilan entre Plano o Casi Plano (0m – 5m), siendo adecuado para uso residencial (GAD Parroquial Crucita, 2024).

**Figura 7***Relieve parroquia Crucita*

*Nota:* Obtenido de: Crucita 2030: Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial, GAD Parroquial Crucita

## 2.3 Trabajo de campo y laboratorio

Las campañas experimentales de elaboración de HLAC y sus posteriores ensayos en estado fresco y endurecido se realizaron en las instalaciones del Laboratori de Tecnologia d'Estructures i Materials "Lluís Aguiló" de la Escola Tècnica Superior d' Enginyeria de Camins, Canals i Ports de Barcelona (ETSECCPB), perteneciente a la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC), siguiendo los lineamientos de los estándares europeos.

### 2.3.1 Diseño de Mezcla

Para el desarrollo de la mezcla se utilizó cemento Portland calizo (CEM II/A-L 42.5 R) como principal aglutinante, conforme con la EN 197-2. Se incorporó superplastificante reductor de agua, MasterEase 3850 (EN 934-2), para lograr la fluidez característica del hormigón autocompactante. Los áridos naturales se dividieron en dos categorías: finos, con

tamaño de partícula 0 – 4 mm y densidad aparente de 2590 kg/m<sup>3</sup>; y gruesos con 4 – 10 mm y 2640 kg/m<sup>3</sup>, definidos por la EN 12620.

Como reemplazo parcial del árido fino natural, se utilizó perlita expandida, un árido ligero con tamaño máximo de partícula de 300 µm y una densidad aparente de 300 kg/m<sup>3</sup>. Además, se incorporaron fibras de polipropileno MasterFiber 249, en mezclas seleccionadas para hormigón destinado a elementos sometidos a flexión. Estas fibras poseen una longitud nominal de 12 mm y su dosificación se estableció en 4.0 kg/m<sup>3</sup>.

Se elaboraron distintas mezclas con el objetivo de equilibrar propiedades autocompactantes y una densidad reducida. Se establecieron parámetros de control para guiar el diseño hacia los objetivos deseados.

**Tabla 2.1**

*Parámetros objetivos de HLAC*

| Parámetro                   | Valor Objetivo           |
|-----------------------------|--------------------------|
| Relación Agua/Cemento (a/c) | 0.40 – 0.50              |
| Diámetro de escurrimiento   | 600 mm – 750 mm          |
| Densidad Fresca             | < 2000 kg/m <sup>3</sup> |
| Resistencia a la compresión | >20 MPa                  |

A continuación, se presenta una tabla resumen de las mezclas elaboradas, con las proporciones de áridos respecto al volumen de cemento, y de agua y superplastificante respecto a su masa:

**Tabla 2.2***Dosificaciones realizadas*

| Material                                      | H-1  | H-2   | H-3   | H-4   | HF-1 | HF-2  | HF-3  |
|-----------------------------------------------|------|-------|-------|-------|------|-------|-------|
| Cemento                                       | 1    | 1     | 1     | 1     | 1    | 1     | 1     |
| Agua<br>[relación con masa de cemento]        | 0,45 | 0,45  | 0,47  | 0,47  | 0,45 | 0,46  | 0,45  |
| Árifo Fino. (0/4)                             | 2.62 | 2.64  | 2.64  | 2.64  | 2.89 | 2.53  | 2.53  |
| Árido Grueso. (4/10)                          | 0.68 | 0.68  | 0.68  | 0.68  | 0.85 | 0.64  | 0.64  |
| Árido Ligero                                  | 1.71 | 1.56  | 1.56  | 1.50  | 1.37 | 1.43  | 1.43  |
| Fibra [kg/m <sup>3</sup> ]                    | -    | -     | -     | -     | 4,3  | 4,3   | 4,3   |
| Superplastificante<br>[% por masa de cemento] | 1,8% | 1,60% | 1,59% | 1,65% | 2%   | 1,76% | 1,75% |

Nota: La nomenclatura HF representa “Hormigón con Fibra”

### 2.3.2 Ensayos en estado fresco

Las propiedades en estado fresco del HLAC son de gran importancia para verificar los requerimientos de ligereza y autocompatibilidad. Se evaluó la fluidez, la capacidad de sortear obstáculos y la adecuada envoltura del refuerzo. Estos parámetros garantizan su viabilidad en la fabricación de elementos estructurales.

Se utilizaron las directrices de la Guía Europea de Hormigones Autocompactantes (GEHA). Se aplicó el ensayo de escurrimiento (EN 12350-8), para determinar la fluidez; el ensayo Embudo en V (EN 12350-9) para evaluar la viscosidad; la Caja L (EN 12350-10), analizar la capacidad de paso entre armaduras; y el Anillo J (EN 12350-12) para determinar interferencias del refuerzo en el diámetro de escurrimiento. Por último, utilizando probetas

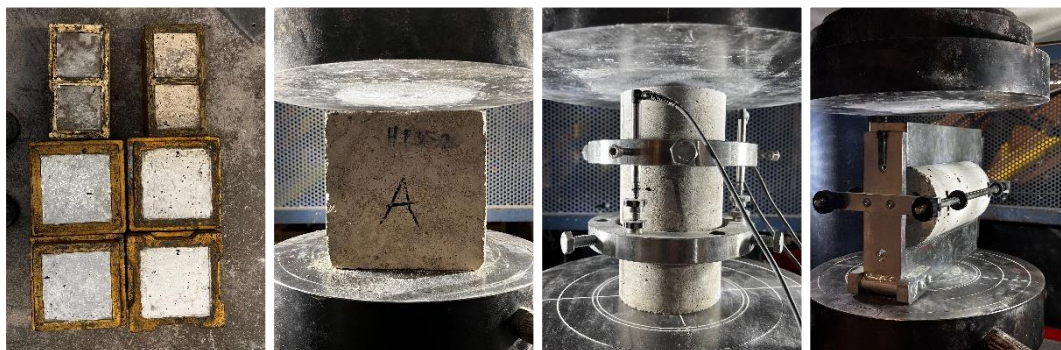
cúbicas de 100mm, se obtuvo la densidad fresca, de acuerdo con la EN 12350-6, para corroborar que el hormigón obtenido sea ligero [Figura 1].

### 2.3.3 Ensayos en estado endurecido

Tras 7 y 28 días de curado en cámara climática, se evaluaron las propiedades mecánicas mediante una máquina universal de ensayos Instron de 3000kN. La resistencia a compresión uniaxial (EN 12350-1) se determinó en probetas cúbicas de 150mm a una velocidad de  $0.6 \pm 0.2$  MPa/s. El módulo secante de elasticidad se obtuvo con el Método B de la EN 12390-13, en probetas cilíndricas de 100x200 mm. La resistencia a flexión del hormigón se evaluó mediante tracción por hendimiento (EN 12390-6) en probetas cilíndricas de 100x200 mm a una velocidad de 3.5 kN/s. La densidad en estado endurecido (EN 12390-7) se analizó para contrastarla con la densidad fresca, evaluar cambios por retracción y verificar que permanezca por debajo de  $2000 \text{ kg/m}^3$ .

#### Figura 8

*Ensayos en estado endurecidos*



Nota: En orden de aparición: Probetas para densidad, Compresión Simple, Módulo Secante de Elasticidad y Tracción por Hendimiento

### 2.4 Análisis de datos

El análisis preliminar del carácter autocompactante y ligero de las mezclas se centró en dos parámetros: diámetro de escurrimiento y densidad en estado fresco

**Tabla 2.3***Resultados de ensayos iniciales en estado fresco*

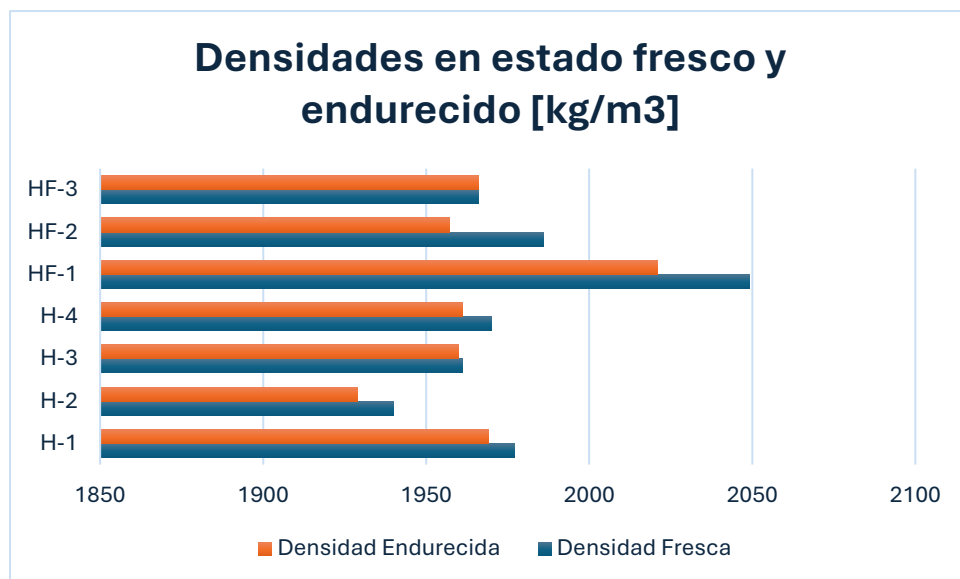
| Identificación                   | H-1  | H-2  | H-3  | H-4  | HF-1 | HF-2 | HF-3 |
|----------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Escurrimiento<br>[mm]            | 805  | 665  | 570  | 720  | 725  | 765  | 720  |
| $\rho_f$<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | 1977 | 1940 | 1961 | 1970 | 2049 | 1986 | 1966 |

Las mezclas sin fibras mostraron densidades por debajo del límite de 2000 kg/m<sup>3</sup>, pero variaciones en fluidez, obteniendo valores fuera del intervalo objetivo con H-1 y H3. Las mezclas con fibra fueron más estables en fluidez, con valores de escurrimiento de entre 720 – 765 mm, aunque HF-1 superó la densidad límite con 2049 kg/m<sup>3</sup>.

Una vez estudiado el comportamiento en estado fresco, se complementó la información con las propiedades mecánicas en estado endurecido:

**Tabla 2.4***Resultados de ensayos iniciales en estado endurecido*

| Identificación                   | H-1  | H-2  | H-3  | H-4  | HF-1 | HF-2 | HF-3 |
|----------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| $\rho_h$<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | 1969 | 1929 | 1960 | 1961 | 2021 | 1957 | 1966 |
| $f_{ck,cube,7d}$<br>[MPa]        | 31.0 | 30,6 | 37,7 | 36,4 | 36.0 | 40,7 | 37,6 |

**Figura 9***Comparativa de densidades entre mezclas*

En estados endurecido, las mezclas sin fibras fueron más homogéneas, con el 75% de las muestras en el rango de 1960 – 1970 kg/m<sup>3</sup>. En su contraparte, se observó una mayor resistencia a la compresión en las mezclas con añadido de fibra, demostrando los beneficios de su inclusión y abarcando resistencias de entre 35 – 40 MPa.

Con base en la información previamente analizada, se seleccionaron las mezclas H-4 y HF-3 para un estudio detallado de sus propiedades reológicas y su desempeño mecánico.

El par de mezclas H-4 y HF-3 muestran características similares tanto en estado fresco como endurecidas. Poseen un diámetro de escurrimiento de 720 mm y densidades por debajo de los 2000 kg/m<sup>3</sup>. Siendo HF-3, apenas un 0.25% más denso que H-4, en estado endurecido. Además, la resistencia a la compresión luego de siete días de curado muestra valores superiores a los 35MPa, cumpliendo con los parámetros objetivo.

Una vez seleccionadas las mezclas finales, se llevaron a cabo ensayos complementarios en estado fresco y endurecido para completar la caracterización de del comportamiento reológico y mecánico:



**Tabla 2.5***Resultados de ensayos finales en estado fresco*

| Identificación | $\rho_f$<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | Escurrecimiento<br>$D_f$<br>[mm] | Anillo J<br>$D_{JR}$<br>[mm] | Anillo J<br>$\Delta H$<br>[mm] | Caja L<br>$H_2/H_1$ | V-Funnel<br>$t_{VF}$<br>[s] |
|----------------|----------------------------------|----------------------------------|------------------------------|--------------------------------|---------------------|-----------------------------|
| H-4            | 1970                             | 720                              | 740                          | 3                              | 0.88                | 22                          |
| HF-3           | 1966                             | 720                              | 687                          | 10                             | 1                   | 17                          |

**Tabla 2.6***Resultados de ensayos finales en estado endurecido*

| Identificación | $\rho_h$<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | $f_{cm,cube,7d}$<br>[MPa] | $f_{cm,cube,28d}$<br>[MPa] | $E_{sec}$<br>[GPa] | Tracción por Hendimiento<br>$f_{ct,sp}$<br>[MPa] |
|----------------|----------------------------------|---------------------------|----------------------------|--------------------|--------------------------------------------------|
| H-4            | 1961                             | 36.4                      | 39.2                       | 31.5               | 3.2                                              |
| HF-3           | 1966                             | 37.6                      | 42.0                       | 29.1               | 3.1                                              |

## 2.5 Caracterización del hormigón

A partir de los resultados de la Tabla 2.5 y con base en las directrices de la Guía para las especificaciones técnicas del hormigón (Dirección General de Carreteras, 2023) y la norma EN 206:2013+A2 se clasificaron las propiedades autocompactantes en las siguientes categorías:

**Tabla 2.7***Especificaciones técnicas de autocompactación H-4*

| Propiedad                     | Valor Obtenido | Clase | Límite de Clase     |
|-------------------------------|----------------|-------|---------------------|
| Escurecimiento                | 720            | SF2   | 660 – 750           |
| Viscosidad<br>V-Funnel        | 22             | VF2   | 9.0 – 25.0          |
| Capacidad de Paso<br>Caja L   | 0.88           | PL1   | > 0.80 con 2 barras |
| Capacidad de Paso<br>Anillo J | 3              | PJ1   | < 10 con 12 barras  |

**Tabla 2.8***Especificaciones técnicas de autocompactación HF-3*

| Propiedad                     | Valor Obtenido | Clase | Límite de Clase     |
|-------------------------------|----------------|-------|---------------------|
| Escurecimiento                | 720            | SF2   | 660 – 750           |
| Viscosidad<br>V-Funnel        | 17             | VF2   | 9.0 – 25.0          |
| Capacidad de Paso<br>Caja L   | 1              | PL1   | ≥ 0.80 con 2 barras |
| Capacidad de Paso<br>Anillo J | 10             | PJ1   | ≤ 10 con 12 barras  |

La GEHA (SCCEPG, 2005), en su Capítulo 6.5, brinda una relación entre los parámetros en estado fresco y el tipo de elemento estructural donde se recomienda aplicar dicho hormigón,

**Figura 10**

*Propiedades de HAC para diferentes aplicaciones*

| Viscosity                                    |                                       |      |      | Segregation resistance/<br>passing ability |
|----------------------------------------------|---------------------------------------|------|------|--------------------------------------------|
| VS 2<br>VF 2                                 | Ramps                                 |      |      | Specify passing ability for SF1& 2         |
| VS 1 or 2<br>VF 1 or 2<br>or a target value. | Walls and piles      Tall and slender |      |      | Specify SR for SF 3                        |
| VS 1<br>VF 1                                 | Floors and slabs                      |      |      | Specify SR for SF 2 & 3                    |
|                                              | SF 1                                  | SF 2 | SF 3 |                                            |
|                                              | Slump-flow                            |      |      |                                            |

Nota: Extraído del Capítulo 6.5 de la Guía Europea para Hormigones Autocompactantes

Como se observa, hormigones especificados como SF2 y VF2 pueden ser aplicados en elementos tipo Slabs (Losas) y Piles (Columnas), comprobando que tanto H-4 como HF-3 son adecuados para el uso planeado.

Asimismo, se realizó la caracterización del hormigón con base en su densidad [Tabla 2.9], determinándose que ambas mezclas son de clase D2,0.

**Tabla 2.9**

*Clases de densidad para hormigón ligero*

| Clases de densidad  | D1,0                       | D1,2                       | D1,4                       | D1,6                       | D1,8                       | D2,0                       |
|---------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Rango de densidades | $\geq 800$ y $\leq 1\ 000$ | $> 1\ 000$ y $\leq 1\ 200$ | $> 1\ 200$ y $\leq 1\ 400$ | $> 1\ 400$ y $\leq 1\ 600$ | $> 1\ 600$ y $\leq 1\ 800$ | $> 1\ 800$ y $\leq 2\ 000$ |

Nota: Obtenida de EN 206:2013+A2:2021

Para determinar la Clase de resistencia a la compresión es necesario determinar la resistencia característica. Este valor hace referencia a la resistencia mínima que será alcanzada por el 95% de las probetas de hormigón, en otras palabras, el corresponde al cuantil del 5% de la distribución de resistencia del hormigón suministrado en obra.

Para el cálculo de la resistencia característica se usó el inverso de las ecuaciones presentes en la Tabla 4.2.2.3.a del ACI 301S-10 (ACI Committee 301, 2010):

**Tabla 2.10**

*Resistencia característica en cubos de mezclas seleccionadas*

| Identificación | Desviación Estándar<br>$\sigma$<br>MPa | Resistencia característica en cubos<br>$f_{ck,cube}$<br>MPa |
|----------------|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| H-4            | 1.1                                    | 37.7                                                        |
| HF-3           | 0.2                                    | 41.7                                                        |

Como el valor obtenido representa la resistencia característica del hormigón en probetas cúbicas, se utilizó el coeficiente de conversión estipulado en la EN 206:2013 + A2:2021/1M:2022 para resistencias menores a 60MPa (0.90), al haber realizado el cálculo de la resistencia promedio con base a probetas cúbicas.

**Tabla 2.11**

*Resistencia característica en cilindros de mezclas seleccionadas*

| Identificación | Resistencia característica en cilindros<br>$f_{ck,cyl}$<br>MPa |
|----------------|----------------------------------------------------------------|
| H-4            | 33.9                                                           |
| HF-3           | 37.5                                                           |

Ya definidos las resistencias características en probetas cilíndricas se categorizó los hormigones con base a la EN 206:2013. Para esto, se usaron los valores de la Tabla 2.12 utilizando el inferior inmediato más cercano al valor de  $f_{ck,cyl}$  obtenido.

**Tabla 2.12***Clases de resistencia a la compresión para hormigones ligeros*

| Clase de resistencia a la compresión | Resistencia característica<br>mínima en cilindros | Resistencia característica<br>mínima en cubos |
|--------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
|                                      | $f_{ck,cyl}$<br>MPa                               | $f_{ck,cube}$<br>MPa                          |
| LC25/28                              | 25                                                | 28                                            |
| LC30/33                              | 30                                                | 33                                            |
| LC35/38                              | 35                                                | 38                                            |
| LC40/44                              | 40                                                | 44                                            |

*Nota:* Extracto de la Tabla 13, obtenido de: EN 206:2013**Tabla 2.13***Clase de resistencia a la compresión de mezclas seleccionadas*

| Identificación | Clase de resistencia a la compresión |
|----------------|--------------------------------------|
| H-4            | LC30/33                              |
| HF-3           | LC35/38                              |

Para finalizar, la obtención de la resistencia a la tracción se aproximó con la expresión presente en la cláusula 3.1.2 (8) del EN1992-1-1, que permite estimarla con base a la resistencia a la tracción por hendimiento, presente en la Tabla 2.6.

$$f_{ct} = 0.9 * f_{ct,sp} \quad (2.1)$$

**Tabla 2.14***Resistencia a la tracción directa de mezclas seleccionadas*

| Resistencia a la tracción directa |                 |
|-----------------------------------|-----------------|
| Identificación                    | $f_{ct}$<br>MPa |
| H-4                               | 2.8             |
| HF-3                              | 2.8             |

## 2.6 Análisis de alternativas

Se evaluaron tres alternativas con diferentes ventajas individuales. El objetivo es ponderar e identificar la alternativa con mayores beneficios dentro de la industria local. Por este motivo, se consideraron parámetros de impacto como: el comportamiento mecánico, representado por su densidad y resistencia a la compresión; la capacidad autocompactante, determinado por su diámetro de escurrimiento; así como aspectos cualitativos referentes a disponibilidad de los materiales y facilidad de implementación en obra, considerando maquinaria y mano de obra calificada.

**Tabla 2.15***Propiedades cuantitativas de alternativas*

| Propiedades                    | Hormigón Ligero<br>Vidrio Celular | Hormigón<br>Autocompactante con<br>Escoria Activada | HLAC<br>Perlita Expandida |
|--------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------|
| Densidad Endurecida            | 1860                              | 2385                                                | 1960                      |
| Resistencia a la<br>Compresión | 20                                | 42                                                  | 42                        |
| Diámetro de Flujo              | -                                 | 680                                                 | 720                       |

Los diferentes criterios de selección fueron ponderados en función de su impacto en el del proyecto habitacional y de las consecuencias que acarrea un bajo rendimiento en dicho criterio:

**Tabla 2.16***Criterios y ponderación para análisis de alternativas*

| Criterio                    | Ponderación | Alternativas de Diseño |   |   |
|-----------------------------|-------------|------------------------|---|---|
|                             |             | 1                      | 2 | 3 |
| Resistencia a la Compresión | 25%         |                        |   |   |
| Densidad                    | 25%         |                        |   |   |
| Autocompatibilidad          | 20%         |                        |   |   |
| Implementación en Obra      | 15%         |                        |   |   |
| Adquisición del Material    | 15%         |                        |   |   |
| Total                       |             |                        |   |   |

Se asignaron mayores ponderaciones a las propiedades mecánicas por su incidencia en el tamaño de elementos estructurales. Un hormigón con bajas prestaciones mecánicas se traduce en elementos de mayor tamaño, mayor cantidad de material y por ende un elevado costo de construcción.

La autocompactabilidad, a pesar de no influir en el comportamiento estructural de la vivienda, sí repercute en la agilización del proceso constructivo. Utilizar hormigones autocompactantes elimina la necesidad de vibrado en obra, permitiendo descargar volúmenes de hormigón considerables sin detener el colado y con menor cantidad de personal, mejorando así la eficiencia constructiva (ACI Committee 237, 2007).

El parámetro de Adquisición del Material cuantifica la disponibilidad de opciones en el mercado. Áridos hechos a partir de Vidrio Celular y Perlita Expandida poseen una alta presencia y accesibilidad en el mercado actual. En contraste, materiales como escorias derivadas de residuo de cal aún no llegan a la estandarización y demanda necesaria para convertirse en materiales de venta común. Esta diferencia fue analizada y ponderada.

Para finalizar el criterio de Implementación en Obra hace referencia a la necesidad de procesos y maquinaria adicional para el desarrollo de los hormigones propuestos. Agregados fabricados con base en vidrio reciclado exigen estabilización química que garanticen su estabilidad dentro de la mezcla, además de para alcanzar prestaciones elevadas (Osfour et al., 2025). El árido hecho de perlita expandida es químicamente inerte y hermético, no intercede en el funcionamiento del hormigón ni requiere elementos externos para su correcta incorporación en la mezcla.



## 2.6.1 Análisis de ponderación para las alternativas propuestas

### 2.6.1.1 Alternativa 1: Hormigón Ligero con vidrio celular a partir de vidrio reciclado

**Tabla 2.17**

*Análisis de ponderación para la Alternativa 1*

| Criterio                    | Ponderación | Escala |   |   |   |   |
|-----------------------------|-------------|--------|---|---|---|---|
|                             |             | 1      | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Resistencia a la Compresión | 25%         |        | x |   |   |   |
| Densidad                    | 25%         |        |   |   |   | x |
| Autocompatibilidad          | 20%         | x      |   |   |   |   |
| Implementación en Obra      | 15%         |        |   | x |   |   |
| Adquisición del Material    | 15%         |        |   |   | x |   |

**2.6.1.2 Alternativa 2: Hormigón Autocompactante con añadido de escoria a partir de residuos de fábricas de azúcar**

**Tabla 2.18**

*Análisis de ponderación para la Alternativa 2*

| Criterio                    | Ponderación | Escala |   |   |   |   |
|-----------------------------|-------------|--------|---|---|---|---|
|                             |             | 1      | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Resistencia a la Compresión | 25%         |        |   |   |   | x |
| Densidad                    | 25%         |        | x |   |   |   |
| Autocompatibilidad          | 20%         |        |   | x |   |   |
| Implementación en Obra      | 15%         |        |   |   | x |   |
| Adquisición del Material    | 15%         |        | x |   |   |   |

**2.6.1.3 Alternativa 3: Hormigón Ligero Autocompactante con Perlita Expandida**

**Tabla 2.19**

*Análisis de ponderación para la Alternativa 3*

| Criterio                    | Ponderación | Escala |   |   |   |   |
|-----------------------------|-------------|--------|---|---|---|---|
|                             |             | 1      | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Resistencia a la Compresión | 25%         |        |   |   |   | x |
| Densidad                    | 25%         |        |   | x |   |   |
| Autocompatibilidad          | 20%         |        |   |   |   | x |
| Implementación en Obra      | 15%         |        |   |   | x |   |
| Adquisición del Material    | 15%         |        |   |   | x |   |

## 2.7 Elección de Alternativa

Considerando los criterios establecidos y las ponderaciones asignadas a cada alternativa, se calcula un índice numérico para determinar de manera cuantitativa la propuesta más adecuada para implementarse en el presente proyecto:

**Tabla 2.20**

*Resumen de ponderación de alternativas*

| Criterio                    | Ponderación | Alternativas de Diseño |      |      |      |      |      |
|-----------------------------|-------------|------------------------|------|------|------|------|------|
|                             |             | 1                      |      | 2    |      | 3    |      |
| Resistencia a la Compresión | 25%         | 2                      | 0.5  | 5    | 1.25 | 5    | 1.25 |
| Densidad                    | 25%         | 5                      | 1.25 | 2    | 0.5  | 3    | 0.75 |
| Autocompatibilidad          | 20%         | 1                      | 0.2  | 3    | 0.6  | 5    | 1    |
| Implementación en Obra      | 15%         | 3                      | 0.45 | 4    | 0.6  | 4    | 0.6  |
| Adquisición del Material    | 15%         | 4                      | 0.6  | 2    | 0.3  | 4    | 0.6  |
| Total                       |             | 3                      |      | 2.25 |      | 4.20 |      |

Con base en el análisis ponderado, se eligió la Alternativa 3: Hormigón Ligeró Autocompactante con Perlita Expandida, debido a su balance entre propiedades mecánicas, autocompactabilidad y viabilidad técnica en obra.

## Capítulo 3

### 3. DISEÑOS Y ESPECIFICACIONES

#### 3.1 Cargas

Las cargas establecidas para el presente proyecto fueron determinadas con base en la normativa ecuatoriana vigente (MIDUVI, 2014), haciendo uso del código NEC-SE-CG para cargas gravitacionales no sísmicas y los códigos NEC-SE-HM y NEC-SE-DS para lo concerniente al diseño de hormigón armado y sus consideraciones bajo condiciones sísmicas.

Para el análisis de las cargas presentes en la estructura se utilizaron materiales y procedimientos constructivos comunes en la construcción ecuatoriana.

##### 3.1.1 Carga Variable

Las cargas variables se definieron con base en los lineamientos de la Tabla 9 del apéndice 4.2 de la NEC-SE-CG: Carga viva: sobrecargas mínimas

Carga de Entrepiso:

$$Q_{entrepiso} = 2.0 \frac{kN}{m^2}$$

Carga de Balcones:

$$Q_{balcones} = 4.8 \frac{kN}{m^2}$$

Carga de Cubierta no Accesible:

$$Q_{cubierta} = 0.7 \frac{kN}{m^2}$$

##### 3.1.2 Carga Permanente

Para el cálculo del peso de cada material involucrado se utilizó el Apéndice 4.1 de la NEC-SE-CG: Carga muerta: Peso de los materiales.

### 3.1.2.1 Carga Sobreimpuesta

La carga sobreimpuesta hace referencia a el peso generado por elementos permanentes que no forman parte del sistema estructural ni brindan resistencia sísmica.

Carga por Paredes

$$G_{paredes} = 2.54 \frac{kN}{m^2}$$

Carga por Enlucido de Paredes

$$G_{enlucido} = 1.28 \frac{kN}{m^2}$$

Carga por Cielo Raso

$$G_{CR} = 0.2 \frac{kN}{m^2}$$

Carga por Cerámicas en piso

$$G_{ceramicos} = 0.3 \frac{kN}{m^2}$$

Carga Sobreimpuesta total

Se calculó la carga sobreimpuesta total con base a las cargas permanentes previamente mencionadas:

$$G_{sobreimpuesta} = 4.26 \frac{kN}{m^2}$$

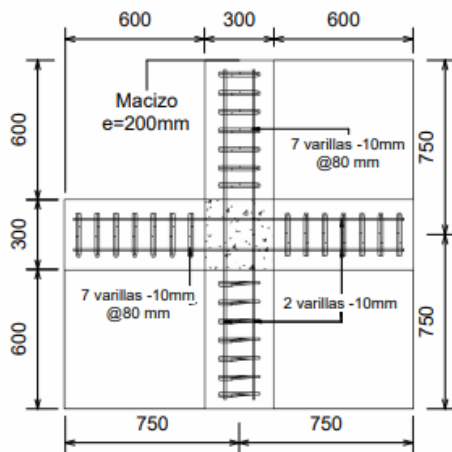
### 3.1.2.2 Carga por Elementos Estructurales

Para el presente proyecto se adoptó un sistema estructural de losa nervada en dos direcciones con ábacos apoyada sobre columnas, sin la presencia de vigas de borde.

Cabe destacar que, a pesar de no contar con una distribución de vigas entre columnas, los ábacos contarán con secciones de viga armadas con acero longitudinal y transversal encargadas de absorber los esfuerzos cortantes, torsionales y momentos positivos.

**Figura 11**

*Detalle de viga armada dentro de ábaco*



De esta manera, se busca minimizar el uso de acero y hormigón sin afectar en la seguridad estructural de la vivienda.

Para la determinación del peso aportado por las columnas se asumieron dimensiones comunes para edificaciones residenciales: 30x30 cm, y se utilizó el hormigón H-4 con un peso unitario de  $19.2 \frac{kN}{m^3}$ .

Carga de Columnas:

$$G_{columnas} = 0.48 \frac{kN}{m^2}$$

### 3.1.2.3 Carga de Losa

Para el presente proyecto se estipuló una losa nervada en dos direcciones, aligerada con bloques de poliestireno expandido. La losa tendrá una altura total de 20cm, compuesta de 5cm de loseta de compresión y 15cm de nervio. La separación entre centros de nervios será de 50cm en ambos sentidos.

**Figura 12**

*Ejemplo de construcción de losa nervada en dos direcciones con relleno de poliestireno*



Nota: Extraído de: <https://www.arqhys.com/construccion/losas-dos-direcciones.html>

El cálculo del peso de la losa se realiza con base en el volumen de una losa maciza a la que se le sustrae el volumen ocupado por el relleno de poliestireno:

$$V_{LN2D} = h_{LN2D} * 1m * 1m - h_{nervio} * (4 * 0.40m * 0.40m)$$

$$V_{LN1D} = 0.104 \frac{m^3}{m^2}$$

Considerando la utilización del hormigón HF-3, el peso de la LN1D resulta:

$$G_{LN1D} = 0.104 \frac{m^3}{m^2} * 19.3 \frac{kN}{m^3}$$

$$G_{LN1D} = 2.01 \frac{kN}{m^2}$$

Posteriormente, la carga extra aportada por el relleno de poliestireno expandido se computa con base en el peso propio del mismo, estimado en  $0.1 \frac{kN}{m^3}$ .

$$V_{bloques} = 0.096 \frac{m^3}{m^2}$$

$$G_{bloques} = 0.096 \frac{m^3}{m^2} * 0.1 \frac{kN}{m^3}$$

$$G_{bloques} = 0.01 \frac{kN}{m^2}$$



Para la determinación de las cargas gravitacionales preliminares no se consideró el peso independiente de los ábacos ya que se asumen que están incluidos dentro del peso de la losa.

### **3.1.3 Carga Sísmica**

Debido a la alta sismicidad del país, es pertinente que el diseño estructural de una edificación considere los efectos de un posible evento telúrico en la zona. De esta manera se obtiene un diseño con garantías en la integridad física de la estructura y sus habitantes.

Para la caracterización del comportamiento sísmico de la estructura, la determinación del periodo máximo de vibración permitido, y la verificación de irregularidades, se siguieron las indicaciones de la NEC-SE-DS.

La normativa estipula que la ciudad de Portoviejo se encuentra dentro de una Zona Sísmica VI, con un Factor  $Z$  de 0.5, indicando un Peligro Sísmico Muy Elevado con un periodo de retorno de 475 años. Con base en el Estudio de Suelos, se determinó que el área de proyecto reposa sobre un suelo tipo D.

A partir de esta caracterización del sector, se determinaron los Coeficientes de Perfil de Suelo para un Factor  $Z$  de 0.5 en suelo Tipo D:

### 3.1.3.1 Coeficientes de Perfil de Suelo

**Tabla 3.1**

*Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de periodo corto  $F_a$*

| Tipo de perfil del subsuelo | I (0.15)                                                                         | II (0.25) | III (0.30) | IV (0.35) | V (0.40) | VI ( $\geq 0.5$ ) |
|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|-----------|------------|-----------|----------|-------------------|
| A                           | 0.9                                                                              | 0.9       | 0.9        | 0.9       | 0.9      | 0.9               |
| B                           | 1.0                                                                              | 1.0       | 1.0        | 1.0       | 1.0      | 1.0               |
| C                           | 1.4                                                                              | 1.3       | 1.25       | 1.23      | 1.2      | 1.18              |
| D                           | 1.6                                                                              | 1.4       | 1.3        | 1.25      | 1.2      | 1.12              |
| E                           | 1.8                                                                              | 1.4       | 1.25       | 1.1       | 1.0      | 0.85              |
| F                           | <i>Véase Tabla 2: Clasificación de los perfiles de suelo y la sección 10.5.4</i> |           |            |           |          |                   |

Nota: Extraído del Capítulo 3.2.2.a. de la NEC-SE-DS

$$F_a = 1.12$$

**Tabla 3.2**

*Coeficiente de amplificación de las ordenadas del espectro elástico  $F_d$*

| Tipo de perfil del subsuelo | I (0.15)                                                              | II (0.25) | III (0.30) | IV (0.35) | V (0.40) | VI ( $\geq 0.5$ ) |
|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------------|-----------|------------|-----------|----------|-------------------|
| A                           | 0.9                                                                   | 0.9       | 0.9        | 0.9       | 0.9      | 0.9               |
| B                           | 1                                                                     | 1         | 1          | 1         | 1        | 1                 |
| C                           | 1.36                                                                  | 1.28      | 1.19       | 1.15      | 1.11     | 1.06              |
| D                           | 1.62                                                                  | 1.45      | 1.36       | 1.28      | 1.19     | 1.11              |
| E                           | 2.1                                                                   | 1.75      | 1.7        | 1.65      | 1.6      | 1.5               |
| F                           | <i>Véase Tabla 2: Clasificación de los perfiles de suelo y 10.6.4</i> |           |            |           |          |                   |

Nota: Extraído del Capítulo 3.2.2.b. de la NEC-SE-DS

$$F_d = 1.11$$

**Tabla 3.3***Coefficiente de ampliación de suelo considerando el comportamiento no lineal  $F_s$* 

| Tipo de perfil del subsuelo | I (0.15)                                                       | II (0.25) | III (0.30) | IV (0.35) | V (0.40) | VI ( $\geq 0.5$ ) |
|-----------------------------|----------------------------------------------------------------|-----------|------------|-----------|----------|-------------------|
| A                           | 0.75                                                           | 0.75      | 0.75       | 0.75      | 0.75     | 0.75              |
| B                           | 0.75                                                           | 0.75      | 0.75       | 0.75      | 0.75     | 0.75              |
| C                           | 0.85                                                           | 0.94      | 1.02       | 1.06      | 1.11     | 1.23              |
| D                           | 1.02                                                           | 1.06      | 1.11       | 1.19      | 1.28     | 1.40              |
| E                           | 1.5                                                            | 1.6       | 1.7        | 1.8       | 1.9      | 2                 |
| F                           | Véase Tabla 2: Clasificación de los perfiles de suelo y 10.6.4 |           |            |           |          |                   |

Nota: Extraído del Capítulo 3.2.2.c de la NEC-SE-DS

$$F_s = 1.40$$

**3.1.3.2 Espectro Elástico de Aceleraciones**

Mediante el espectro de respuesta elástica es posible expresar las aceleraciones horizontales, ocurridas durante un evento sísmico, en fracción de la aceleración gravitacional.

Dicho espectro se realiza a partir de la caracterización del suelo y el periodo crítico del suelo.

**Periodo crítico de vibración:**

$$T_C = 0.55 * F_s * \frac{F_d}{F_a}$$

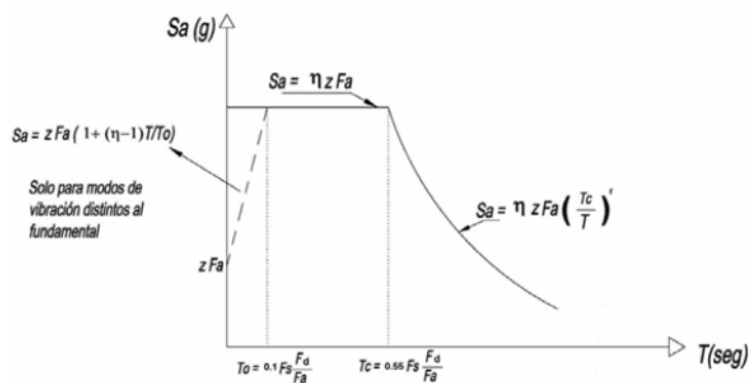
$$T_C = 0.14$$

**Espectro de Aceleraciones:**

Se construyó para el modo de vibración fundamental, siguiendo las indicaciones del Capítulo 3.3 de la NEC-SE-DS:

**Figura 13**

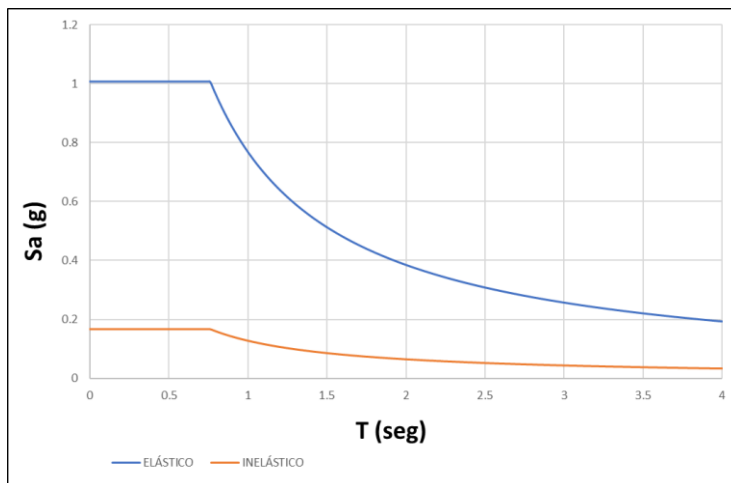
*Espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño*



Nota: Extraído de la NEC-SE-DS, Capítulo 3.3.

**Figura 14**

*Espectro sísmico elástico e inelástico para la zona de diseño*



### 3.1.3.3 Periodo fundamental de la estructura

Este valor representa el tiempo que le toma a la estructura completar una oscilación completa debido a un empuje horizontal. La NEC-SE-DS, en su cláusula 6.3.3, lo determina con base en la altura de la edificación y su tipología estructural.

$$T = C_t * h_n^\alpha \quad (3.1)$$

Donde

- $C_t$ : Coeficiente de tipo de estructura

- $h_n$  : Altura máxima de la edificación medida desde la base de la estructura y expresada en metros
- $\alpha$ : Exponente de tipo de estructura

**Tabla 3.4***Coficiente de tipo de estructura*

| Tipo de estructura                                                                                                                   | $C_t$ | $\alpha$ |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|----------|
| Estructuras de acero                                                                                                                 |       |          |
| Sin arriostramientos                                                                                                                 | 0.072 | 0.8      |
| Con arriostramientos                                                                                                                 | 0.073 | 0.75     |
| Pórticos especiales de hormigón armado                                                                                               |       |          |
| Sin muros estructurales ni diagonales rigidizadoras                                                                                  | 0.055 | 0.9      |
| Con muros estructurales o diagonales rigidizadoras y para otras estructuras basadas en muros estructurales y mampostería estructural | 0.055 | 0.75     |

Nota: Extraído de la NEC-SE-DS Capítulo 6.3.3.

El tipo de estructura utilizado para el presente proyecto se encuentra dentro de la categoría de Pórtico especial de hormigón armado sin muros estructurales ni diagonales rigidizadoras. Reemplazando los coeficientes correspondientes en la Ecuación 3.1 el periodo fundamental de la estructura resulta:

$$T = 0.055 * 6.15^{0.9}$$

$$T = 0.282 \text{ s}$$

### 3.1.3.4 Cortante basal de diseño

La NEC-SE-DS define, en su cláusula 6.3.2., el cortante de diseño en función de parámetros relacionados con la tipología de la edificación y la caracterización sísmica de la zona donde se efectuará el proyecto:

$$V_{base} = \frac{I * S_a(T)}{R * \emptyset_P \emptyset_E} * W \quad (3.2)$$

Donde

- $I$ : Coeficiente de importancia
- $S_a(T)$ : Espectro de diseño en aceleración
- $R$ : Factor de reducción de respuesta sísmica
- $\emptyset_P \emptyset_E$ : Coeficientes de configuración en planta y elevación
- $W$ : Peso sísmico de la estructura
- $\frac{I * S_a(T)}{R * \emptyset_P \emptyset_E}$ : Coeficiente sísmico

Se prevé que la edificación sea capaz de resistir las demandas con elementos estructurales de secciones mínimas, de acuerdo con la NEC-SE-HM. Además, las vigas dentro de los ábacos se consideran vigas banda al tener una altura igual o inferior a su ancho. Por estos motivos, se determina que el factor de reducción de respuesta sísmica es igual a 5, correspondiente a un sistema de Pórticos Especiales Sismo Resistentes de Hormigón Armado con Vigas Bandas, estipulado en la **Tabla 3.5**.

**Tabla 3.5***Sistemas estructurales dúctiles y su factor de reducción de fuerza sísmica*

| <b>Sistema estructural</b>                                                                              | <b>Factor de reducción</b> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| <b>Pórticos resistentes a momentos</b>                                                                  |                            |
| Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas.                        | 8                          |
| Pórticos especiales sismo resistentes, de acero laminado en caliente o con elementos armados de placas. | 8                          |
| Pórticos con columnas de hormigón armado y vigas de acero laminado en caliente.                         | 8                          |
| <b>Otros sistemas estructurales para edificaciones</b>                                                  |                            |
| Sistemas de muros estructurales dúctiles de hormigón armado.                                            | 5                          |
| Pórticos especiales sismo resistentes de hormigón armado con vigas banda.                               | 5                          |

Nota: Extracto de la Tabla 15 obtenido de la NEC-SE-DS

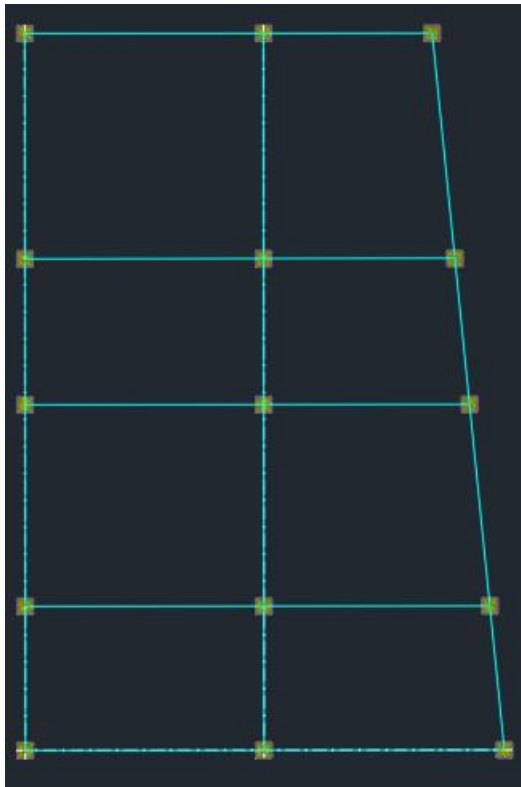
El factor de importancia se define con base a las categorías presentes en la **Tabla 3.6**, siendo 1.0 para edificaciones residenciales:

**Tabla 3.6***Categorías de edificio y coeficiente de importancia I*

| Categoría                               | Tipo de uso, destino e importancia                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Coeficiente<br>I |
|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| Edificaciones<br>esenciales             | Hospitales, clínicas, Centros de salud o de emergencia sanitaria. Instalaciones militares, de policía, bomberos, defensa civil. Garajes o estacionamientos para vehículos y aviones que atienden emergencias. Torres de control aéreo. Estructuras de centros de telecomunicaciones u otros centros de atención de emergencias. Estructuras que albergan equipos de generación y distribución eléctrica. Tanques u otras estructuras utilizadas para depósito de agua u otras sustancias anti-incendio. Estructuras que albergan depósitos tóxicos, explosivos, químicos u otras sustancias peligrosas. | 1.5              |
| Estructuras de<br>ocupación<br>especial | Museos, iglesias, escuelas y centros de educación o deportivos que albergan más de trescientas personas. Todas las estructuras que albergan más de cinco mil personas. Edificios públicos que requieren operar continuamente.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 1.3              |
| Otras<br>estructuras                    | Todas las estructuras de edificación y otras que no clasifican dentro de las categorías anteriores.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 1.0              |

Los factores de planta y elevación se asumen inicialmente 1.0. No obstante, la distribución de columnas en planta, en sentido vertical, presenta un eje no paralelo a los demás [Figura 15], por lo cual, se utilizó un factor de planta de 0.9 para el cálculo del cortante basal actuando en el Eje Y.



**Figura 15***Vista en planta de ejes estructurales*

De esta manera, reemplazando en la Ecuación 3.2 se obtiene:

$$V_{base} = \frac{1.0 * 1.008}{5.0 * 1.0 * 0.9} * W$$

$$V_{base} = 0.224 * W$$

Esto significa que la fuerza sísmica corresponde al 22.4% del peso sísmico de la estructura. Este valor está definido por la NEC-SE-DS como el 100% de la carga muerta de la estructura. Asumiendo elementos estructurales con secciones homogéneas y con base en las cargas permanentes definidas en la Sección 3.1.2, se establece el peso sísmico en  $W = 1183.8 \text{ kN}$ .

Siendo el cortante basal de diseño:

$$V_{base} = 265.2 \text{ kN}$$

Se realiza un proceso análogo respecto al Eje X, considerando un Coeficiente de configuración en planta de 1.0, obteniendo así los siguientes valores:

$$V_{base} = 0.2016 * W$$

$$V_{base} = 238.7 \text{ kN}$$

### 3.2 Predimensionamiento de elementos estructurales

Para el dimensionamiento inicial se siguieron las directrices de la Cláusula 6.3.5 de la NEC-SE-DS.

#### 3.2.1 Columnas

Se desarrolla el predimensionamiento de una columna central de primer piso, al ser las de mayor demanda, con un área de aportación es de  $13.75m^2$ .

La NEC-SE-CG permite reducir la carga viva siguiendo la Cláusula 3.2.2. en caso se cumpla la siguiente condición:

$$K_{LL} * A_T > 35m^2$$

Los factores  $K_{LL}$  se definen con base en la ubicación de la columna:

**Tabla 3.7**

*Factor K según tipo de columna*

| Elemento                                | $K_{LL}^a$ |
|-----------------------------------------|------------|
| Columnas interiores                     | 4          |
| Columnas exteriores sin losas en volado | 4          |
| Columnas de borde con losas en volado   | 3          |
| Columnas esquineras con losas en volado | 2          |

Al ser una columna interior su coeficiente es 4, llegando a la siguiente condición

$$4 * 13.75m^2 > 35m^2$$

$$55m^2 > 35m^2$$

Al cumplirse, es posible reducir la carga viva.

Siendo,

$$Q = Q_0 \left( 0.25 + \frac{4.57}{\sqrt{K_{LL} * A_T}} \right)$$

De esta manera, se obtiene una reducción de carga viva, pasando de  $2 \frac{kN}{m^2}$  a  $1.73 \frac{kN}{m^2}$

Para determinar la carga axial actuando sobre la columna, se multiplica el área tributaria por las cargas actuantes.

$$P_i = A_T * (G_{sobrecarga} + Q + G_{strc})$$

$$P_i = 168.13 \text{ kN}$$

Se obtiene el área transversal necesaria para sostener dicha carga axial.

$$A_c = \frac{P_i}{\alpha * f'_c}$$

El factor Alpha se define en función de la ubicación de la columna, siendo su valor 0.25 para columnas interiores.

$$A_c = 0.022m^2$$

Asumiendo una columna cuadrada, la longitud mínima necesaria por demanda es:

$$L = \sqrt{A_c} = 0.15m = 15cm$$

No obstante, la NEC-SE-HM, establece una dimensión mínima de 30cm por lado.

Siendo que, las dimensiones de columnas están definidas por las restricciones normativas:

**Tabla 3.8***Dimensiones iniciales de columna*

| Piso | Columna Central | Columna Perimetral | Columna Esquinera |
|------|-----------------|--------------------|-------------------|
| 2    | 30              | 30                 | 30                |
| 1    | 30              | 30                 | 30                |

**3.2.2 Losa**

Para definir las dimensiones iniciales de la losa aligerada se utilizaron las recomendaciones estipuladas en el ACI318-19, que en su Cláusula 8.3.1. indica que, para losas no preesforzadas en dos direcciones sin vigas interiores, el espesor mínimo cuando se usa ábacos en paneles interiores está determinado por:

$$e_{min} = \frac{l_n}{36}$$

Sabiendo que la máxima luz libre es de 4500 milímetros, el espesor mínimo de losa queda en,

$$e_{min} = \frac{4500mm}{36}$$

$$e_{min} = 125mm$$

Asimismo, se calculó el espesor mínimo en condiciones de voladizo,

$$e_{min} = \frac{l_n}{33}$$

$$e_{min} = \frac{1500mm}{10}$$

$$e_{min} = 150mm$$

Para garantizar un correcto control de fisuraciones y poder construir el ábaco sin la necesidad de armar encofrados colgados, se usará un espesor de losa de 200mm, de esta manera es posible utilizar bloques de poliestireno de dimensiones comerciales.

Bajo el mismo criterio, se estipuló el espesor de los nervios en 100mm y la separación de centro a centro en 500mm.

### **3.2.3 Ábacos**

Las dimensiones iniciales de los ábacos están relacionadas con la geometría de la distribución en planta. Así, el ACI318-19 define los valores mínimos en su Cláusula 8.2.4, estipulando que la extensión en cada dirección tiene que ser de al menos un sexto de la longitud del vano medido desde el centro de los apoyos.

Conociendo que la mayor luz de la edificación es de 4500mm, las dimensiones de los ábacos quedan estipuladas como:

$$L = \frac{4500mm}{6}$$

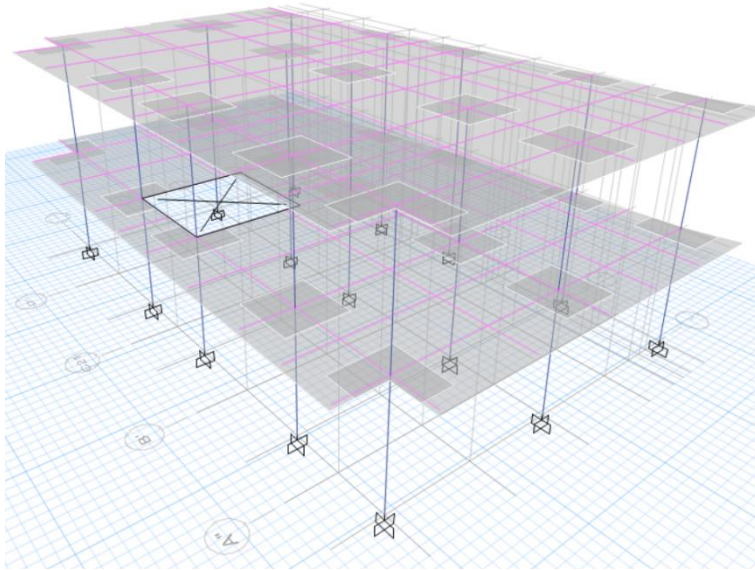
$$L = 750mm$$

El espesor del ábaco queda restringido por el espesor de la losa, que son 200mm. Lo cual, si bien va en contra de las recomendaciones del ACI, se compensa al usar vigas embebidas con armado transversal.

De esta manera se obtiene un encofrado uniforme sin variaciones en el espesor.

## **3.3 Análisis Estructural**

Concluido el predimensionamiento de los elementos estructurales, se realiza un modelado tridimensional mediante elementos finitos, considerando las condiciones sísmicas y las cargas gravitacionales definidas anteriormente.

**Figura 16***Vista 3D del modelado estructural*

### 3.3.1 Materiales

Mediante la herramienta “Define Material” se crearon dos categorías de hormigón a las que se asignó las propiedades mecánicas obtenidas experimentalmente en el Capítulo 2. Además, debido a tratarse de Hormigones Ligeros, el ACI318 indica que es necesario asignar un Factor de Reducción de la Resistencia al Corte ( $\lambda$ ).

La Tabla 19.2.4.1 (a) del código ACI 318-19 permite calcular dicho factor a partir de la densidad de equilibrio.

**Tabla 3.9***Valores de  $\lambda$  para concreto liviano con base en la densidad de equilibrio*

| $w_c$ (kg/m <sup>3</sup> ) | $\lambda$              |
|----------------------------|------------------------|
| $\leq 1600$                | 0.75                   |
| $1600 < w_c \leq 2160$     | $0.00047 w_c \leq 1.0$ |
| $> 2160$                   | 1.0                    |

Nota: Extraído del Capítulo 19.2.4.1 del ACI 318-19

Tanto el hormigón HF-3 como el H-4 poseen densidades alrededor de los  $1960 \frac{kg}{m^3}$ , por lo cual el cálculo de  $\lambda$  se realiza mediante la siguiente ecuación:

$$0.00047 w_c \leq 1.0$$

Estableciendo así los siguientes factores de reducción:

**Tabla 3.10***Valores de  $\lambda$  para los hormigones utilizados*

| Tipo de Hormigón | Densidad<br>$\left[\frac{kg}{m^3}\right]$ | $\lambda$ |
|------------------|-------------------------------------------|-----------|
| H-4              | 1961                                      | 0.92167   |
| Hf-3             | 1966                                      | 0.92402   |

Para el acero de refuerzo, se utilizó un Acero Grado 60 con un esfuerzo de fluencia de 420 MPa.

Una vez asignada la información en el modelado estructural, se realiza una serie de comprobaciones sobre el comportamiento sísmico y estructural de acuerdo con las indicaciones de la NEC-SE-DS.

### 3.3.2 Periodo de vibración

En primer lugar, se verifica que los periodos de vibración de la estructura se asemejen al calculado manualmente:

**Tabla 3.11**

*Periodos de vibración de la edificación*

| Case  | Mode | Period<br>[sec] |
|-------|------|-----------------|
| Modal | 1    | 0.311           |
| Modal | 2    | 0.301           |
| Modal | 3    | 0.279           |
| Modal | 4    | 0.113           |
| Modal | 5    | 0.112           |
| Modal | 6    | 0.103           |

El periodo obtenido con base a las ecuaciones de la NEC fue de 0.282s, la normativa indica que el periodo obtenido en programas de análisis estructural no puede diferir en más de un 30% con el periodo calculado manualmente.

$$T_{software} \leq 1.30 T_{NEC}$$

Realizando la comparación con el primer modo de vibración, se obtiene la siguiente condición:

$$0.311 \leq 1.30 * 0.282$$

$$0.311 \leq 0.367$$



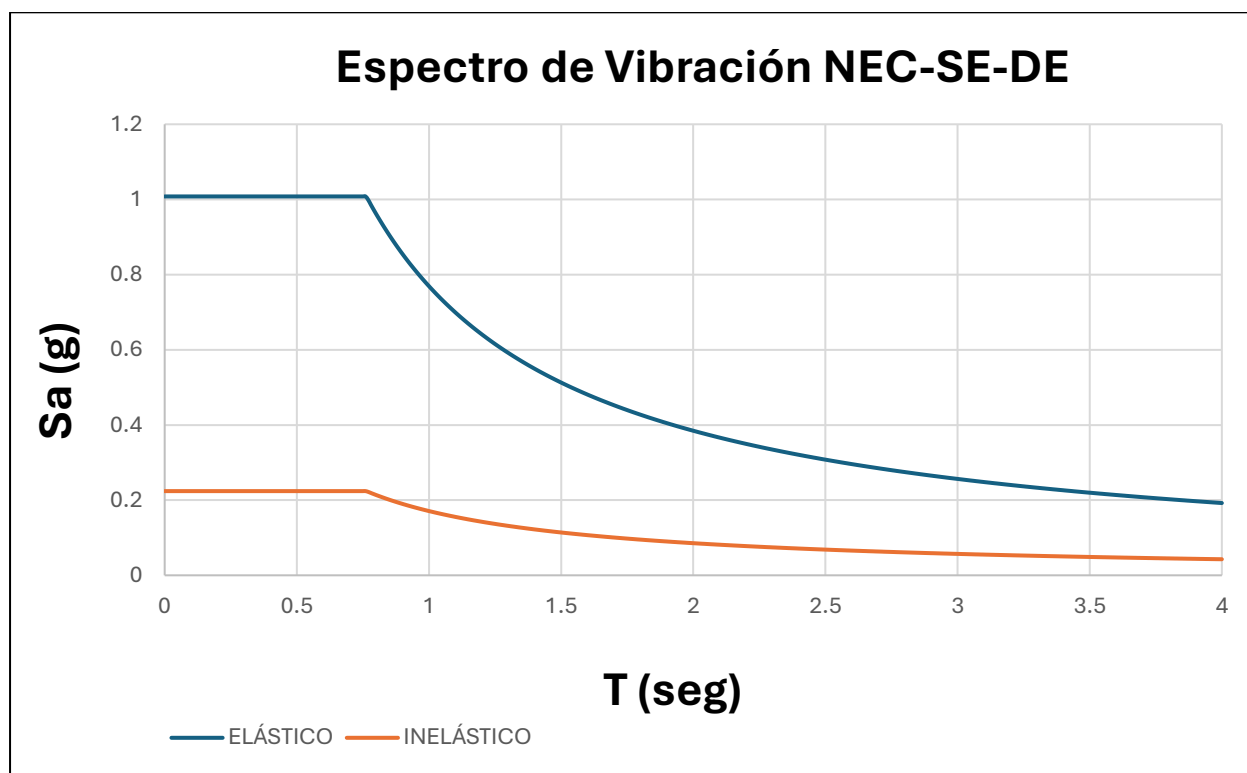
Se comprueba que el modelado matemático cumple con la condición de periodo de vibración, de tal manera que no es necesario modificar la distribución de elementos estructurales ni incrementar la rigidez de la estructura.

A continuación, se verifica si con el periodo de vibración del modelado estructural existe una variación en la aceleración espectral que implique un incremento del coeficiente sísmico usado en el cálculo del cortante basal de diseño.

Puesto que el periodo límite de vibración alcanza los 0.76s, todo valor inferior a este tendrá el mismo resultado de aceleración espectral, por lo tanto, no existirá modificación en el coeficiente sísmico al usar el periodo de vibración obtenido en el software.

**Figura 17**

*Espectro de vibración elástico e inelástico según NEC-SE-DS*



Una vez corroborado el periodo de vibración, se comprueba que el cortante basal calculado por el programa de análisis estructural sea igual o superior al calculado con base en las indicaciones de la normativa.

$$V_{NEC} = C_S * W_{software}$$

Para realizar un cálculo lo más fiel con las condiciones reales, se utiliza el peso sísmico determinado por el modelado:

$$V_{NEC-X} = 0.2016 * 1290.2 \text{ kN}$$

$$V_{NEC-X} = 260.1 \text{ kN}$$

$$V_{NEC-Y} = 0.2240 * 1290.2 \text{ kN}$$

$$V_{NEC-Y} = 289.0 \text{ kN}$$

Los cortantes basales calculados por el programa de análisis estructural se visualizan en la tabla “Base Reactions” en los casos de carga sísmicas en ambas direcciones:

**Tabla 3.12**

*Cortantes basales obtenidos en software*

| Output | FX     | FY     |
|--------|--------|--------|
| Case   | kN     | kN     |
| Sx     | -259.3 | 0      |
| Sy     | 0      | -280.1 |

Se observa que la componente de sismo en Y refleja un cortante basal menor a lo calculado, siendo necesario corregir el coeficiente sísmico.

$$C_{S-Y} = \frac{289.0}{280.1} * 0.2240$$

$$C_{S-Y} = 0.2311$$

### 3.3.3 Irregularidades y coeficientes de configuración estructural

La NEC contempla una serie de posibles irregularidades en la distribución de elementos, masas e inercias, en planta como en elevación; en función del cumplimiento de los

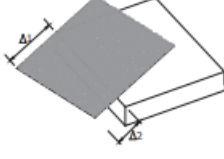
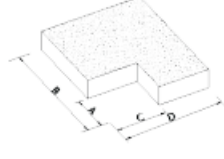
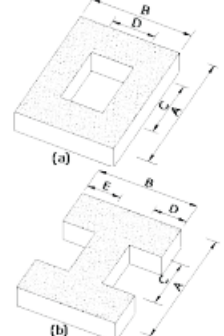
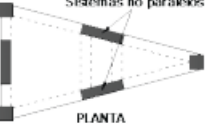
criterios, se considera si la estructura es regular o se ve penalizada mediante coeficientes de configuración.

A continuación, se presentan los criterios establecidos por la NEC-SE-DS para la consideración de irregularidades:

#### ***3.3.3.1 Irregularidad en planta***

La NEC establece cuatro tipos de irregularidades en planta, enfocándose en los efectos torsionales y la correcta configuración estructural de los ejes y espacios:

**Figura 18***Tipos de irregularidade en planta*

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Tipo 1 - Irregularidad torsional</b><br/> <math>\phi_{pt}=0.9</math><br/> <math>\Delta &gt; 1.2 \frac{(\Delta 1 + \Delta 2)}{2}</math><br/>         Existe irregularidad por torsión, cuando la máxima deriva de piso de un extremo de la estructura calculada incluyendo la torsión accidental y medida perpendicularmente a un eje determinado, es mayor que 1,2 veces la deriva promedio de los extremos de la estructura con respecto al mismo eje de referencia. La torsión accidental se define en el numeral 6.4.2 del presente código.</p>                                            |    |
| <p><b>Tipo 2 - Retrocesos excesivos en las esquinas</b> <math>\phi_{pt}=0.9</math><br/> <math>A &gt; 0.15B</math> y <math>C &gt; 0.15D</math><br/>         La configuración de una estructura se considera irregular cuando presenta entrantes excesivos en sus esquinas. Un entrante en una esquina se considera excesivo cuando las proyecciones de la estructura, a ambos lados del entrante, son mayores que el 15% de la dimensión de la planta de la estructura en la dirección del entrante.</p>                                                                                             |    |
| <p><b>Tipo 3 - Discontinuidades en el sistema de piso</b><br/> <math>\phi_{pt}=0.9</math><br/>         a) <math>CxD &gt; 0.5Ax B</math><br/>         b) <math>[CxD + CxE] &gt; 0.5Ax B</math><br/>         La configuración de la estructura se considera irregular cuando el sistema de piso tiene discontinuidades apreciables o variaciones significativas en su rigidez, incluyendo las causadas por aberturas, entrantes o huecos, con áreas mayores al 50% del área total del piso o con cambios en la rigidez en el plano del sistema de piso de más del 50% entre niveles consecutivos.</p> |   |
| <p><b>Tipo 4 - Ejes estructurales no paralelos</b><br/> <math>\phi_{pt}=0.9</math><br/>         La estructura se considera irregular cuando los ejes estructurales no son paralelos o simétricos con respecto a los ejes ortogonales principales de la estructura.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |
| <p><b>Nota:</b> La descripción de estas irregularidades no faculta al calculista o diseñador a considerarlas como normales, por lo tanto la presencia de estas irregularidades requiere revisiones estructurales adicionales que garanticen el buen comportamiento local y global de la edificación.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                      |

Se descartan inicialmente las irregularidades Tipo 2 y Tipo 3, la estructura no cuenta con discontinuidades interiores, a excepción de la escalera, y los voladizos no representan más del 15% de la dimensión de la planta en dirección entrante. Además, la irregularidad en planta de Tipo 4 ya fue considerada en la etapa de predimensionamiento.

Por lo tanto, hace falta corroborar el criterio de irregularidad Tipo 1, para esto, se analizan las derivas de la estructura, con base en la tabla “Story Max Over Avg Displacement”

**Tabla 3.13***Verificación de irregularidad en planta Tipo 1*

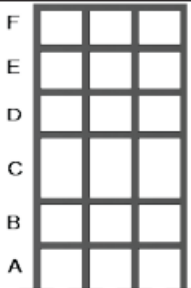
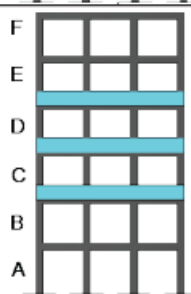
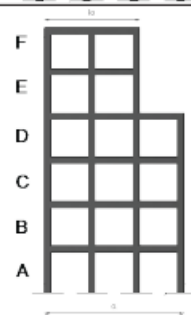
| Story  | Output Case | Case Type | Direction | Max Drift<br>[mm] | Avg Drift<br>[mm] | Ratio |
|--------|-------------|-----------|-----------|-------------------|-------------------|-------|
| Story2 | Sx          | LinStatic | X         | 8.123             | 7.051             | 1.152 |
| Story1 | Sx          | LinStatic | X         | 4.377             | 3.788             | 1.155 |
| Story2 | Sy          | LinStatic | Y         | 7.104             | 6.889             | 1.031 |
| Story1 | Sy          | LinStatic | Y         | 3.876             | 3.788             | 1.023 |

Se confirma que la deriva máxima no supera en más de 20% a la deriva promedio del piso, en consecuencia, la estructura no se ve penalizada por los efectos torsionales.

### ***3.3.3.2 Irregularidad en elevación***

Estas irregularidades se definen a partir de la distribución de masa y rigidez entre las diferentes plantas de la estructura. Mantener una distribución homogénea es ideal para evitar fallas de columna débil o de piso blando.

**Figura 19***Tipos de irregularidad en elevación*

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Tipo 1 - Piso flexible</b><br/> <math>\phi_{Et}=0.9</math><br/> Rigidez <math>K_c &lt; 0.70</math> Rigidez <math>K_D</math><br/> <math>Rigidez &lt; 0.80 \frac{(K_D + K_E + K_F)}{3}</math></p> <p>La estructura se considera irregular cuando la rigidez lateral de un piso es menor que el 70% de la rigidez lateral del piso superior o menor que el 80 % del promedio de la rigidez lateral de los tres pisos superiores.</p> |   |
| <p><b>Tipo 2 - Distribución de masa</b><br/> <math>\phi_{Et}=0.9</math><br/> <math>m_D &gt; 1.50 m_E</math> ó<br/> <math>m_D &gt; 1.50 m_C</math></p> <p>La estructura se considera irregular cuando la masa de cualquier piso es mayor que 1,5 veces la masa de uno de los pisos adyacentes, con excepción del piso de cubierta que sea más liviano que el piso inferior.</p>                                                          |   |
| <p><b>Tipo 3 - Irregularidad geométrica</b><br/> <math>\phi_{Et}=0.9</math><br/> <math>a &gt; 1.3 b</math></p> <p>La estructura se considera irregular cuando la dimensión en planta del sistema resistente en cualquier piso es mayor que 1,3 veces la misma dimensión en un piso adyacente, exceptuando el caso de los altillos de un solo piso.</p>                                                                                  |  |
| <p><b>Nota:</b> La descripción de estas irregularidades no faculta al calculista o diseñador a considerarlas como normales, por lo tanto la presencia de estas irregularidades requiere revisiones estructurales adicionales que garanticen el buen comportamiento local y global de la edificación.</p>                                                                                                                                |                                                                                     |

Se descarta de inicio la irregularidad geométrica (Tipo 3), pues ambas plantas comparten dimensiones.

Para verificar el criterio de Piso Flexible (Tipo 1), se utiliza la tabla “Story Stiffness” del programa de modelado estructural:

**Tabla 3.14***Verificación de irregularidad en elevación Tipo 1*

| Story  | Output Case | Step Number | Stiff X [kN/m] | Stiff Y [kN/m] | $K_i > 0.7 * K_{i+1}$ |
|--------|-------------|-------------|----------------|----------------|-----------------------|
| Story2 | Sx          | 1           | 41718.3        | 0              |                       |
| Story1 | Sx          | 1           | 71296.5        | 0              | No es irregular       |
| Story2 | Sy          | 1           | 0              | 46579.1        |                       |
| Story1 | Sy          | 1           | 0              | 77026.4        | No es irregular       |

Se verifica que, en ambos ejes, la rigidez del piso inferior supera al 70% de la del piso superior. Al ser una edificación de únicamente dos plantas, no es posible aplicar el criterio del promedio entre los tres pisos superiores. Entonces, se concluye que la estructura no sufre de irregularidad por piso blando.

El criterio de Distribución de masa (Tipo 2) no entra en la verificación ya que la normativa lo omite cuando el piso superior corresponde a cubierta, como es el caso de la presente edificación.

Con base a lo antes mencionado, se concluye que el coeficiente de configuración en elevación se mantiene inalterado, por ende, no se realizan modificaciones a los cálculos sísmicos realizados en las etapas iniciales.

### 3.3.4 Derivas

El análisis de derivas es de gran importancia para el control de deformaciones; el apartado 6.3.9. de la NEC-SE-DS establece que la deriva máxima inelástica se calculará mediante la siguiente expresión:

$$\Delta_M = 0.75 * R * \Delta_E$$

Asimismo, en el Capítulo 4.2.2. se establece que el límite de deriva para estructuras de hormigón armado en 0.02.

**Tabla 3.15**

*Verificación de derivas máximas*

| Story  | Output Case | Direction | Drift    | $\Delta_M$ | Comprobación |
|--------|-------------|-----------|----------|------------|--------------|
| Story2 | Sx          | X         | 0.001242 | 0.0047     | Cumple       |
| Story2 | Sy          | Y         | 0.001045 | 0.0039     | Cumple       |
| Story1 | Sx          | X         | 0.00143  | 0.0054     | Cumple       |
| Story1 | Sy          | Y         | 0.001267 | 0.0048     | Cumple       |

Corroboradas las derivas inelásticas máximas se concluye satisfactoriamente el análisis estructural de la edificación y se da paso al diseño de acero de los elementos estructurales.

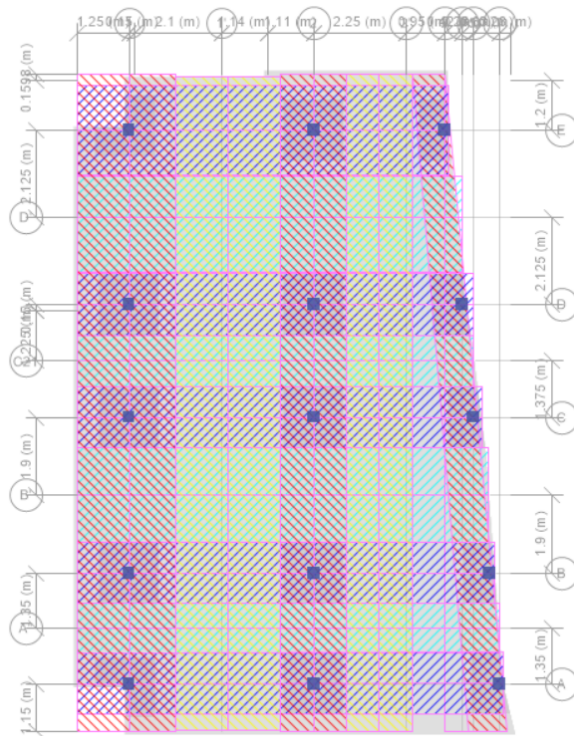
### **3.4 Diseño de elementos estructurales**

#### **3.4.1 Vigas**

En el presente capítulo se diseñan las vigas armadas que se encuentran embebidas en los ábacos. Como la función de estas es resistir momentos positivos, momentos torsionales y esfuerzos cortantes, su diseño se orientará a dichos fenómenos.

Para el análisis de las fuerzas actuantes se hizo un análisis mediante Strips Layers, mismas que se definieron a partir de la Cláusula 8.4.1.5 y 8.4.1.6 del ACI318-19.



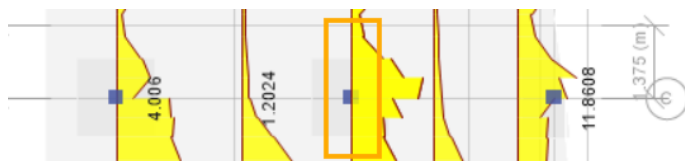
**Figura 20***Diseño de Strips Layers*

Como la viga está contenida por el ábaco, la altura estará limitada por el espesor de este. Siendo la losa de 200mm de espesor, se tiene que la viga adoptará dicha altura, manteniendo el recubrimiento en 40mm.

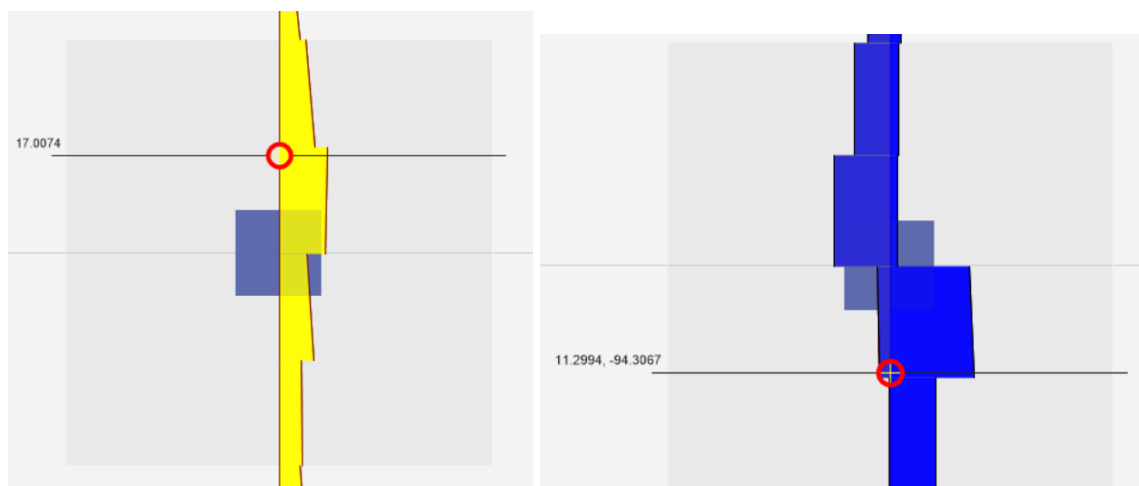
Por otra parte, el ancho del elemento se estableció en 300mm, siguiendo las dimensiones de las columnas, de manera que se maximice el área en el nodo viga-columna,

### **3.4.1.1 Diseño de acero longitudinal**

Para la ejemplificación del proceso realizado en el diseño estructural se utilizará como ejemplo la viga central del ábaco que resiste mayores luces libres. Esta se encuentra en el Eje C, contigua a la zona de escaleras.

**Figura 21***Selección de viga de análisis*

Las solicitaciones de momento flector y cortante en sentido gravitacional se obtuvieron a partir de una combinación de tipo envolvente; esta combinación agrupa los diferentes casos de cargas estipulados en la NEC-SE-CG y permite obtener los valores máximos y mínimos absolutos.

**Figura 22***Momento Flector Positivo y Envolvente de Cortante para viga de análisis*

Con base a los valores obtenidos en el programa de análisis estructural se tiene la siguiente distribución de momentos:

**Tabla 3.16***Distribución de Momento Flector en viga de análisis*

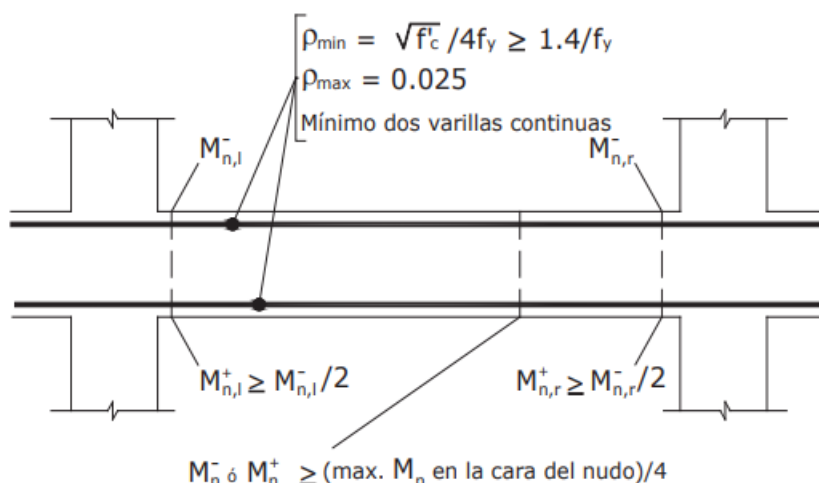
|          | Momento Flector [kN - m] |       |       |
|----------|--------------------------|-------|-------|
| Superior | 0.00                     | 0.00  | 0.00  |
| Inferior | 8.00                     | 17.00 | 10.00 |

La NEC-SE-HM establece, en su capítulo 4.2.6. una serie de criterios para determinar los momentos mínimos de diseño a partir de las demandas de momento flector:

- La capacidad de momento positivo, en cada uno de los extremos del elemento, no debe ser inferior a la mitad del momento negativo en ese extremo.
- Las capacidades de momentos positivos o negativos, en cualquier sección del elemento, no serán inferiores a un 25% de la capacidad de momento del elemento en la cara de cualquiera de sus nudos.

**Figura 23**

*Consideraciones para momento mínimo de diseño*



Nota: Extraído del Capítulo 4.2.6. de la NEC-SE-HM

Aplicando los criterios de momento mínimo de diseño, se consigue un nuevo grupo de valores de momento:

**Tabla 3.17**

*Momentos de diseño para viga de análisis*

|          | Momento Corregido [kN - m] |       |       |
|----------|----------------------------|-------|-------|
| Superior | 0.00                       | 2.50  | 0.00  |
| Inferior | 8.00                       | 17.00 | 10.00 |

Asimismo, la NEC-SE-HM, en su apartado 4.2.5. establece el acero mínimo que debe tener la sección con base a sus dimensiones:

$$A_{s,min} = \max \left\{ \begin{array}{l} \frac{1.4}{f_y} b_w d \\ \frac{\sqrt{f_c'}}{4f_y} b_w d \end{array} \right.$$

Donde;

$b_w$ : Ancho del elemento

$d$ : Peralte del elemento definido como la distancia desde la fibra extrema en compresión hasta el centroide del refuerzo longitudinal.

$$A_{s,min} = \max \{153 \text{ mm}^2 ; 145 \text{ mm}^2\}$$

$$A_{s,min} = 145 \text{ mm}^2$$

Una vez conocido el valor mínimo de acero requerido por normativa, se calcula el área de acero necesaria para satisfacer las solicitaciones de carga. En el caso que el valor de acero necesario por demanda sea inferior al límite mínimo, se colocará el acero indicado por normativa.

El acero requerido por demanda se calcula con base en la siguiente ecuación:

$$A_s = k \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 * M_u}{\phi * k * d * f_y}} \right)$$

Siendo;

$$k = \frac{0.85 * f_c' * b_w * d}{f_y}$$

Adoptando un factor de reducción de resistencia  $\phi$  de 0.90, en consonancia con la cláusula 3.3.4. de la NEC-SE-HM, se obtienen las siguientes áreas de acero longitudinal, cumpliendo los requisitos mínimos y satisfaciendo las demandas de momento flector:

**Tabla 3.18***Distribución de acero requerido para viga de análisis*

| Acero Requerido [mm <sup>2</sup> ] |     |     |     |
|------------------------------------|-----|-----|-----|
| Superior                           | 153 | 153 | 153 |
| Inferior                           | 153 | 328 | 188 |

Como la viga se diseña para resistir momentos positivos, la cara superior llevará acero mínimo por normativa, mientras que en la cara inferior estará controlada por las demandas de momento flector.

A partir de estos valores, se propone una configuración de armado longitudinal, tal que, se obtenga un mínimo de dos varillas continuas a lo largo del elemento:

**Tabla 3.19***Diseño de acero longitudinal para viga de análisis*

| Varillas Colocado                  |      |      |      |
|------------------------------------|------|------|------|
| Superior                           | 2D10 | 2D10 | 2D10 |
| Inferior                           | 2D14 | 2D14 | 2D14 |
| Acero Colocado [mm <sup>2</sup> ]  |      |      |      |
| Superior                           | 157  | 157  | 157  |
| Inferior                           | 308  | 308  | 308  |
| Acero Colocado/Acero Requerido [%] |      |      |      |
| Superior                           | 102% | 102% | 102% |
| Inferior                           | 201% | 94%  | 164% |

### 3.4.1.2 Diseño de acero transversal

**Diseño a Cortante:** Las demandas de acero transversal están controladas por la combinación de fuerzas cortantes y momentos torsionales, brindar un confinamiento adecuado a las vigas es fundamental para prevenir el agrietamiento excesivo y evitar el desarrollo de fallas frágiles.

El diseño de acero por demanda de cortante se realiza con base en los criterios LRFD:

$$\frac{A_v}{s} = \frac{\frac{V_u}{\phi} - V_c}{f_y * d} \quad (3.3)$$

Para determinar la fuerza cortante última  $V_u$  se comienza por considerar los momentos probables generados por la presencia de acero longitudinal.

El momento probable se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$M_p = A_s \alpha f_y \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

Donde:

$A_s$ : Área de acero longitudinal colocado

$\alpha$ : 1.25

Además, se calcula el valor de  $a$ .

$$a = \frac{A_s \alpha f_y}{0.85 f'_c b}$$

Así, con base al acero colocado [Tabla 3.20], se obtienen los valores de momento probable para cada extremo de la viga, tanto en la parte superior como inferior:

**Tabla 3.20***Momentos probables producidos por el acero longitudinal*

| <b>a [mm]</b>                  |       |       |
|--------------------------------|-------|-------|
| Superior                       | 9.24  | 9.24  |
| Inferior                       | 18.12 | 18.12 |
| <b>Momento Probable [kN-m]</b> |       |       |
| Superior                       | 11.57 | 11.57 |
| Inferior                       | 21.98 | 21.98 |

Una vez obtenido el momento probable, se utiliza la Ecuación (3.?) para determinar el cortante probable.

$$V_p = \max \left\{ \frac{M_{i-} + M_{j+}}{L} ; \frac{M_{i+} + M_{j-}}{L} \right\} \quad (3.4)$$

Donde;

$M_{i-}$  y  $M_{j-}$ : Momentos probables superiores en los extremos izquierdo y derecho.

$M_{i+}$  y  $M_{j+}$ : Momentos probables inferiores en los extremos izquierdo y derecho.

$L$ : Luz libre del elemento.

Obteniendo:

$$V_p = \max \left\{ \frac{11.57 + 21.98}{1.5} ; \frac{21.98 + 11.57}{1.5} \right\}$$

$$V_p = \max \{ 22.37 \text{ kN} ; 22.37 \text{ kN} \}$$

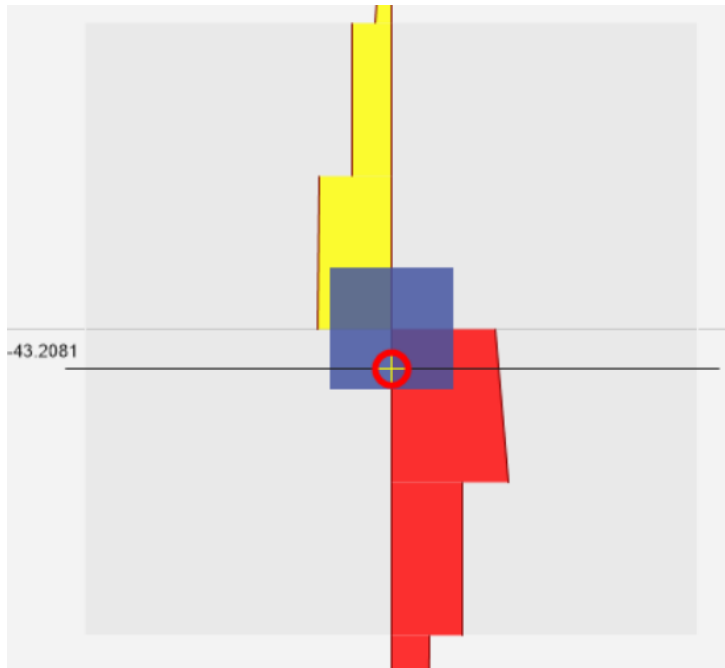
$$V_p = 22.37 \text{ kN}$$

Una vez determinado el cortante probable, se obtiene el cortante gravitacional a una distancia de  $\frac{d}{2}$  desde el extremo del elemento, según lo indicado en la Cláusula 5.2.1. de la

NEC-SE-HM. Este cortante se obtiene a partir de las cargas muertas no mayoradas y con ayuda de un software de análisis estructural:

**Figura 24**

*Demanda de Cortante y bajo carga muerta en la viga de análisis*



Siendo,

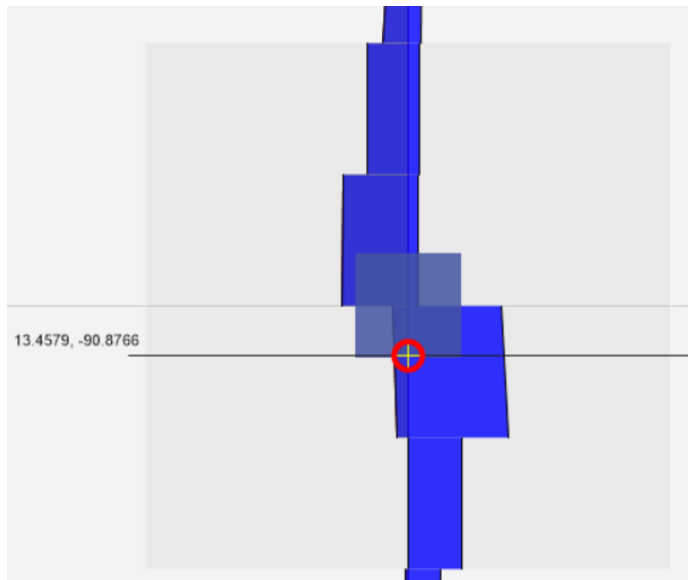
$$V_{ug} = 43.21 \text{ kN}$$

Así, la fuerza cortante de diseño utilizada se compone de la suma del cortante ocasionado por los momentos probables y el cortante gravitacional.

$$V_{u-excel} = 22.37 + 43.21 = 65.58 \text{ kN}$$

Este valor de cortante se lo compara con el obtenido a partir de una envolvente de combinaciones últimas, medido a una distancia  $d$  desde la cara extrema.



**Figura 25***Envolvente de Cortante a una distancia d*

$$V_{u-\text{software}} = 90.87 \text{ kN}$$

Se realiza una comparativa entre el valor obtenido mediante software y el calculado de manera analógica; siendo el cortante del software mayor, se lo designa para el diseño del refuerzo transversal.

$$V_u = 90.87 \text{ kN}$$

En caso de que el cortante probable sea mayor al 50% del cortante de diseño, la normativa indica que no se debe considerar la resistencia a cortante del hormigón para el diseño;

$$V_p = 43.21 \text{ kN} \geq 0.5 * (V_u = 90.87 \text{ kN})$$

$$43.21 \text{ kN} \geq 45.44 \text{ kN} \rightarrow \text{No}$$

Es posible considerar el aporte del hormigón.

El ACI 318-19 define la resistencia al cortante proporcionada por el hormigón mediante la siguiente ecuación:

$$V_c = 0.17\lambda \sqrt{f'_c} bd$$

Lo cual, considerando el aporte de una franja equivalente a la mitad del ancho del ábaco, se obtiene:

$$V_c = 101.06 \text{ kN}$$

Reemplazando el valor de  $V_u$  y  $V_c$  en la Ecuación (3.3) se obtiene:

$$\frac{A_v}{S} = \frac{\frac{90.87}{\phi} - 101.06}{420 * d}$$

Siendo  $\phi$  el coeficiente LRFD asociado al diseño de cortante igual a 0.75 y  $d = 143 \text{ mm}$ .

$$\frac{A_v}{S} = 358 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

Una determinado el acero transversal necesario por demanda, se calcula la separación asociada. La NEC estipula que el acero de refuerzo transversal debe tener un diámetro mínimo de 10mm. Para un estribo de 10mm la separación necesaria es:

$$A_{estribo} = 2\pi \left( \frac{10\text{mm}}{2} \right)^2 = 157.08 \text{ mm}^2$$

$$s = \frac{A_{estribo}}{\frac{A_v}{S}} = \frac{157.08 \text{ mm}^2}{358 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}}$$

$$s = 0.44 \text{ m} = 44 \text{ cm}$$

Luego, se calculan las separaciones máximas recomendadas por la NEC-SE-HM en su Capítulo 4.2.8:

Al tratarse de una zona maciza de hormigón, se considera que ese tendrá un efecto de beneficio en la resistencia a cortante y punzonamiento, por lo consiguiente, se permite adoptar una separación cercana a  $\frac{d}{2}$ .

$$s = \min \left\{ s ; \frac{d}{2} \right\}$$

$$s = \min \{ 440mm ; 71mm \}$$

Como el límite impuesto por normativa es más estricto que la separación necesaria por demanda, se adopta una separación de 7.5cm para la región media.

**Diseño a Torsión:** Al no ser una viga de un sistema de pórticos convencional, la torsión no es un efecto independiente que ocurre al existir cargas excéntricas respecto a la viga. Así que, el análisis a torsión se realiza al diseñar el ábaco a punzonamiento.

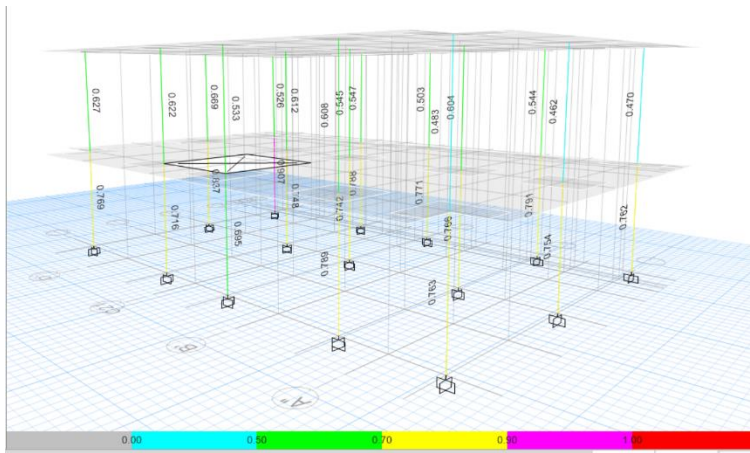
### 3.4.2 Columnas

El diseño de columnas se realizó con base en los criterios mínimos de cuantía permitido por la NEC y ACI 318. Se analizó una sección compuesta de tres varillas de 12mm en cada eje, resultando en una cuantía de 1.01% respecto al área bruta de la sección de hormigón.

**Figura 26**

*Modelado estructural de columnas en software*

Con base en este diseño, se obtuvieron los siguientes coeficientes de capacidad:

**Figura 27***Coeficientes de capacidad de carga*

Como se observa, la gran mayoría de columnas de la planta baja están por debajo del 90% de capacidad, habiendo únicamente una con alta demanda. En el segundo piso, la situación es aún más favorable, la totalidad de columnas se encuentran con porcentajes de utilización por debajo del 70%.

Uno de los criterios más demandantes para las columnas en edificaciones con el sistema estructural de este proyecto, es la resistencia del nudo viga-columna. Garantizar que el nudo es capaz de resistir las fuerzas cortantes generadas en la conexión entre elementos es fundamental para garantizar que la edificación no colapsará durante un evento sísmico.

A continuación, se detalla el proceso realizado en la comprobación manual con base en las indicaciones del ACI 318-19:

El capítulo 15 indica como primer requerimiento que el ancho de la viga sea al menos igual al 75% del ancho de la columna donde se conecta. Siendo las columnas de 300mm de ancho, se tiene un valor mínimo de:

$$b_{min} = 0.75 * b_{col}$$

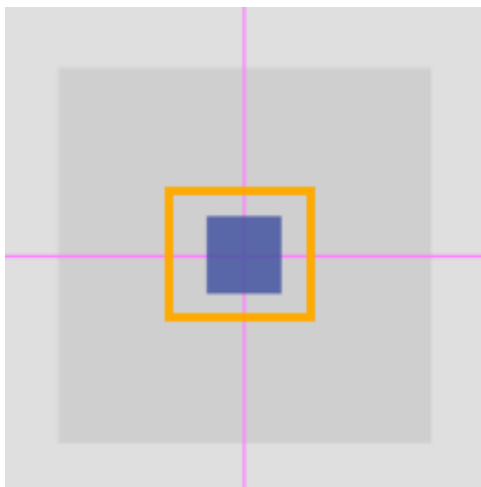
$$b_{min} = 0.75 * 300mm = 225mm$$

Como las vigas perdidas en ambos pisos tienen 300mm de base se da por cumplido el primer requisito.

Las solicitaciones de cortante se determinan a partir del cortante probable ocasionado por el refuerzo longitudinal colocado. El presente análisis se realiza para una columna interna, conectada por vigas en sus cuatro caras:

**Figura 28**

*Selección de columna a analizar*



El acero longitudinal se obtiene a partir del análisis a flexión, utilizando como referencia la viga con mayor demanda de acero en el eje de análisis.

$$A_{sup} = 157mm^2$$

$$A_{inf} = 308mm^2$$

Una vez conocidos los aceros, se obtiene la fuerza de tensión máxima posible que ocasionan:

$$T_{pr} = 1.25 * A_s * f_y$$

Ya obtenida la tensión en la cara superior e inferior, se calculan los momentos equivalentes asociados a dicha fuerza:

$$M_{pr} = T_{pr} * \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

Donde  $a$  hace referencia al espesor del bloque de compresión de la viga bajo dicha carga, definido como:

$$a = \frac{T_{pr}}{0.85 * f'_c * b_{viga}}$$

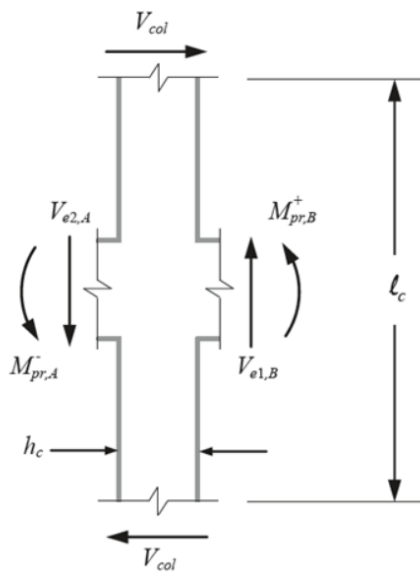
Así, el cortante equivalente que resiste la sección de columna se expresa como:

$$V_{col} = \frac{M_{pr,sup} + M_{pr,inf}}{L}$$

Donde  $L$  es la distancia entre el punto medio de las dos luces libres que forman la columna:

**Figura 29**

*Esquema de fuerzas en Nudo Viga-Columna*

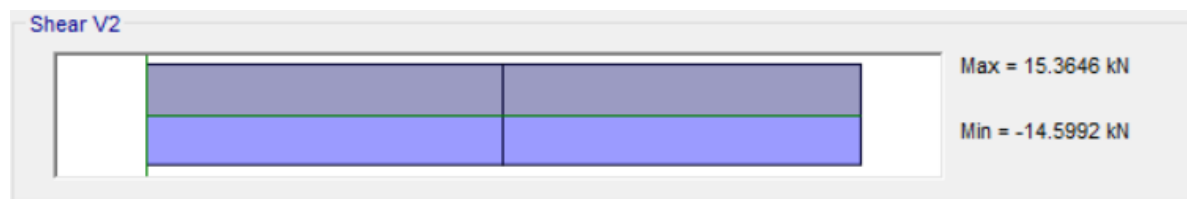


A continuación, se muestra una tabla resumen con los valores obtenidos:

**Tabla 3.21***Cálculo de cortante de columna*

|          | $T_{pr}$ [kN] | $a$ [mm] | $M_{pr}$ [kN – m] | $V_{col}$ [kN] |
|----------|---------------|----------|-------------------|----------------|
| Superior | 82.43         | 9.24     | 11.41             | 22.04          |
| Inferior | 161.7         | 18.12    | 21.66             |                |

Luego, el valor de  $V_{col}$  se compara con la demanda de cortante que refleja el programa de análisis estructural y se mantiene el mayor de ambos.

**Figura 30.***Envolvente de cortante en columna de análisis*

Al ser 24.6 mayor a 22.34, se mantiene el valor del software.

Luego, se determina el cortante de demanda mediante la siguiente expresión:

$$V_u = T_{pr,1} + T_{pr,2} - V_{col}$$

$$V_u = 222.08 \text{ kN}$$

Ahora, se calcula la resistencia nominal del nudo a cortante. Para esto, se determina área efectiva del nudo que aportará en la resistencia. El ACI indica que está se define mediante el producto  $b_j * h_j$ .

Donde  $h_j$  es la dimensión de columna perpendicular al eje de análisis, y  $b_j$  se restringe por el menor de los siguientes valores:

- $b_{viga} + h_j$
- $b_{viga} + 2x$

- $b_{columna}$

Así,

$$b_j = \min\{ 300mm + 300mm ; 300mm + 2 * 50mm ; 300mm \}$$

$$b_j = \min\{ 600mm ; 400mm ; 300mm \} = 300mm$$

Y;

$$A_j = b_j * h_j$$

$$A_j = 300mm \times 300mm$$

Conociendo el área efectiva, se obtiene la resistencia nominal:

$$V_n = \gamma * \lambda \sqrt{f'_c} * A_j$$

Donde  $\gamma$  es un factor que depende de la condición de continuidad (15.2.6 – 15.2.7) y confinamiento (15.2.8) y toman los siguientes valores:

**Figura 31**

*Ecuaciones para el cálculo de la resistencia nominal a cortante del nudo*

| Columna                      | Viga en la dirección de $V_n$ | Confinado por vigas transversales de acuerdo con 15.2.8 | $V_n$ , N <sup>[+]</sup>   |
|------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------------------------|----------------------------|
| Continua o cumple con 15.2.6 | Continua o cumple con 15.2.7  | Confinada                                               | $2.0\lambda\sqrt{f'_c}A_j$ |
|                              |                               | No confinada                                            | $1.7\lambda\sqrt{f'_c}A_j$ |
|                              | Otras                         | Confinada                                               | $1.7\lambda\sqrt{f'_c}A_j$ |
|                              |                               | No confinada                                            | $1.3\lambda\sqrt{f'_c}A_j$ |
| Otras                        | Continua o cumple con 15.2.7  | Confinada                                               | $1.7\lambda\sqrt{f'_c}A_j$ |
|                              |                               | No confinada                                            | $1.3\lambda\sqrt{f'_c}A_j$ |
|                              | Otras                         | Confinada                                               | $1.3\lambda\sqrt{f'_c}A_j$ |
|                              |                               | No confinada                                            | $1.0\lambda\sqrt{f'_c}A_j$ |

Nota: Extraído del Capítulo 15.4.2.3. del ACI 318-19

En el caso de análisis, el nudo cumple tanto los criterios de continuidad como de confinamiento, adoptando un valor de 2.0 y resultando en la siguiente expresión:



$$V_n = 2.0 * \lambda \sqrt{f'_c} * A_j$$

$$V_n = 2.0 * 0.9216 \sqrt{35 MPa} * 900 mm^2$$

$$V_n = 981.48 kN$$

El coeficiente LRFD para cortante en nudos es 0.85:

$$\phi V_n = 834.26$$

Verificando la relación  $\frac{V_u}{\phi V_n}$ , se obtiene un valor de 0.27, confirmando que el nodo tiene la suficiente resistencia al cortante.

Una vez verificados los criterios de diseño, se calcula la longitud que deben tener las varillas para garantizar una correcta transmisión de esfuerzos tensionales entre elementos y un correcto anclaje.

**Longitud de desarrollo:** Hace referencia a la longitud mínima que deben tener las varillas de refuerzo para aportar significativamente a la resistencia del elemento. Su dimensión está definida por la siguiente ecuación:

$$l_d = \frac{f_y \lambda}{1.4 \sqrt{f'_c}} d_b$$

Donde;

$d_b$ : Diámetro de varilla

Como se definió una armadura con varillas de 12mm se obtuvo la siguiente longitud de desarrollo:

$$l_{d-12} = 659 mm = 66 cm$$

**Longitud de Adherencia:** El ACI 318 establece una longitud mínima que debe estar adherida al nudo formado con el elemento donde se conecta la viga. Esta longitud permite

anclar correctamente el refuerzo longitudinal y desarrollar el comportamiento monolítico de la estructura.

Los requerimientos sismo resistentes del ACI 318-19 establecen esta longitud como el máximo entre:

$$l_{dh} = \max \left\{ \begin{array}{l} 8d_b \\ 150mm \\ \frac{f_y * d_b}{5.4\lambda\sqrt{f'_c}} \end{array} \right.$$

Aplicando dichas expresiones para las varillas principales de 12mm, se obtiene la siguiente longitud de adherencia

$$l_{dh} = \max \left\{ \begin{array}{l} 8 * 12mm \\ 150mm \\ \frac{420MPa * 12mm}{5.4 * 0.924 * \sqrt{35MPa}} \end{array} \right.$$

$$l_{dh} = \max \left\{ \begin{array}{l} 96mm \\ 150mm \\ 70mm \end{array} \right.$$

$$l_{dh} = 170mm = 17cm$$

**Longitud de Extensión recta de gancho:** Para finalizar, se determina la longitud de extensión recta de gancho requerida para el correcto detalle de los nudos viga-columna. La ACI 318-19 establece el siguiente criterio para barras corrugadas a tracción:

## Figura 32

### Criterio para gancho estándar en barras corrugadas

Tabla 25.3.1 — Geometría del gancho estándar para el desarrollo de barras corrugadas en tracción

| Tipo de gancho estándar | Diámetro de la barra | Diámetro interior mínimo de doblado, mm | Extensión recta <sup>11</sup><br>$\ell_{ext}$ , mm | Tipo de gancho estándar                                                            |
|-------------------------|----------------------|-----------------------------------------|----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| Gancho de 90 grados     | No. 10 a No. 25      | $6d_b$                                  | $12d_b$                                            |  |
|                         | No. 29 a No. 36      | $8d_b$                                  |                                                    |                                                                                    |
|                         | No. 43 y No. 57      | $10d_b$                                 |                                                    |                                                                                    |

Nota: Extraído del Capítulo 25.3.1. del ACI 318-19

Así, se determina  $\ell_{ext}$  mediante la siguiente expresión:

$$\ell_{ext} = 12d_b$$

Lo cual, para una varilla de 12mm de diámetro, resulta en

$$\ell_{ext} = 12 * 12mm$$

$$\ell_{ext} = 144mm = 15cm$$

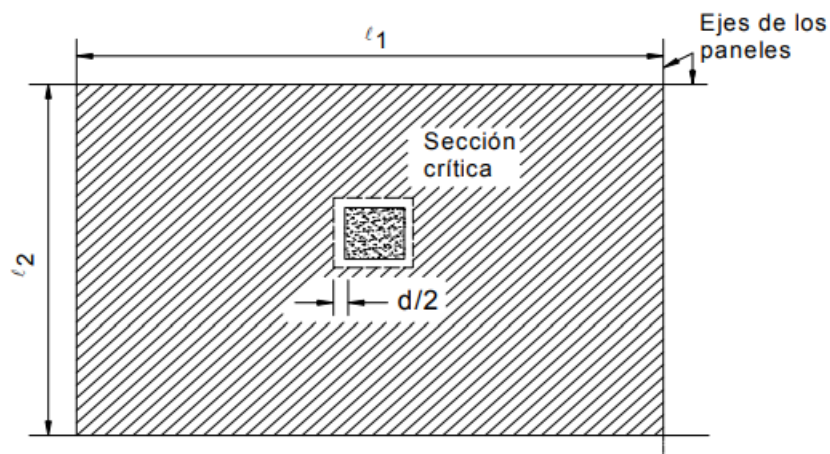
### 3.4.3 Losa

#### 3.4.3.1 Diseño por Punzonamiento

Con base en las dimensiones establecidas en el dimensionamiento inicial de los ábacos y la losa, se verifica que estos tengan la suficiente resistencia al cortante bidireccional y, además, se determina la cantidad de acero necesario para resistir las demandas de momento flector.

La resistencia a cortante en dos direcciones está determinada por el perímetro de la sección crítica y el peralte del ábaco.

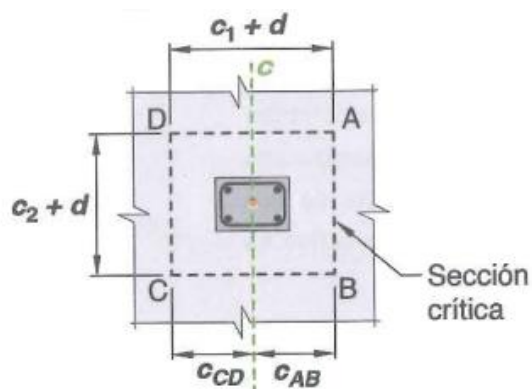
El ACI 318-19 indica que el perímetro crítico se establece a una distancia  $d/2$  de las caras de la columna,

**Figura 33***Esquema de sección crítica*

Se expresa el perímetro crítico mediante la siguiente ecuación,

$$b_0 = 2 * (c_1 + c_2)$$

Donde  $c_1$  y  $c_2$  están definidos como la dimensión del elemento en un eje más el peralte del ábaco cuyo valor es 174mm considerando un recubrimiento de 20mm y refuerzo longitudinal de 12mm.

**Figura 34***Diagrama de sección crítica*

Nota: extraído del Comentario R8.4.4.2.3 del ACI318-19

$$b_0 = 2 * (474mm + 474mm)$$

$$b_0 = 1896mm$$

Además, la normativa establece un factor de modificación por efecto del tamaño del ábaco,

$$\lambda_s = \sqrt{\frac{2}{(1 + 0.004d)}} \leq 1$$

Para la altura efectiva del ábaco, el factor de modificación resulta,

$$\lambda_s = 1.09 \leq 1$$

$$\lambda_s = 1$$

En la Cláusula 22.6.5.2 se detalla que la tensión de resistencia para miembros en dos direcciones sin la adición de refuerzo para cortante se calcula mediante la siguiente expresión,

$$v_c = \min \left\{ \begin{array}{l} 0.33\lambda_s\lambda\sqrt{f'_c} \\ 0.17\left(1 + \frac{2}{\beta}\right)\lambda_s\lambda\sqrt{f'_c} \\ 0.083\left(2 + \frac{\alpha d}{b_0}\right)\lambda_s\lambda\sqrt{f'_c} \end{array} \right.$$

Donde,

- $\beta$ : Relación del lado mayor al lado corto de la columna; 1 en columnas cuadradas
- $\alpha$ : Coeficiente según la ubicación de la columna; 40 para interiores

Reemplazando los valores, se obtiene que la tensión de resistencia es,

$$v_c = 1.80MPa$$

Luego, se determina la tensión actuante y se verifica si es menor que la resistencia reducida por el factor LRFD.

La tensión de demanda se calcula al dividir la fuerza cortante mayorada que llega a la columna, entre el área de corte formada por el perímetro crítico y la altura efectiva del ábaco:

$$v_u = \frac{V_u}{b_0 d}$$

A partir de la información obtenida en la tabla Concrete Slab Design – Punching Shear Data, presente en la **Tabla 3.22**, se determina que la fuerza cortante de diseño es 122.54 kN, lo cual deriva en una tensión de diseño de,

$$v_u = \frac{122544 \text{ N}}{1896 \text{ mm} * 174 \text{ mm}}$$

$$v_u = 0.37 \text{ MPa}$$

**Tabla 3.22**

*Fuerzas de diseño a punzonamiento*

| $M_{u2}$    | $M_{u3}$   | $V_u$     |
|-------------|------------|-----------|
| -14.78 kN-m | 62.02 kN-m | 122.54 kN |

Además del esfuerzo ocasionado por la carga axial, el ACI318 establece que deben considerarse los efectos del cortante producto a los momentos ocurridos en la conexión losa-columna.

En su Capítulo 8.4.4.2. establece que la fracción del momento que se transmite por excentricidad de cortante está definida por:

$$\gamma_v = 1 - \frac{1}{1 + \frac{2}{3} \left( \frac{b_1}{b_2} \right)}$$

Donde  $b_i$  corresponde a las dimensiones de cada lado de la sección crítica.

Siendo,

$$\gamma_v = 0.40$$

De la **Tabla 3.22** se obtienen los momentos últimos para el diseño.

De esta manera, los momentos remanentes o momentos no-balanceados corresponde a la multiplicación  $\gamma_v * M$

$$M2_{unb} = 0.4 * (-14.75)kN - m$$

$$M2_{unb} = -5.86kN - m$$

$$M3_{unb} = 0.4 * 62.05kN - m$$

$$M3_{unb} = 24.67kN - m$$

Ya calculados los momentos remanentes, su aporte a la tensión de diseño está definida por la siguiente ecuación:

$$v_M = \frac{M_{unb} * c}{J} \quad (3.5)$$

Donde,

$c$ : Distancia entre el baricentro de la sección crítica y la cara de la sección donde se calcula la tensión

$J$ : Inercia Polar de la sección

La distancia  $c$  representa la mitad de las dimensiones utilizadas para el cálculo del perímetro efectivo.

La inercia polar se obtiene a partir de la suma de las inercias respecto a cada eje:

$$J = I_{22} + I_{33}$$

$$J = \frac{d * c_1^3}{12} + \frac{d * c_2^3}{12}$$

$$J = \frac{174 * 474^3}{12} + \frac{174 * 474^3}{12} = 3.09 \times 10^9 mm^4$$

Luego, reemplazando en la Ecuación (3.5) se obtiene:

$$v_{M2} = \frac{-5.86kN - m * \frac{474mm}{2}}{3.09 \times 10^9 mm^4} = -0.225 MPa$$

$$v_{M3} = \frac{24.67kN - m * \frac{474mm}{2}}{3.09 \times 10^9 mm^4} = 0.947 MPa$$

Para concluir, la tensión de diseño última se forma con la suma de la tensión ocasionada por la fuerza axial y las tensiones producto de los momentos no-balanceados:

$$v_u = 0.37 MPa - 0.23 MPa + 0.95 MPa$$

$$v_u = 1.09 MPa$$

Comprobando por criterio LRFD,

$$v_u \leq \phi v_c; \phi = 0.80$$

$$1.09 \leq 0.80 * 1.80$$

$$1.09 \leq 1.44 ; \text{Sí}$$

Además, se calcula la ratio:

$$Ratio = \frac{1.09}{1.44} = 0.76$$

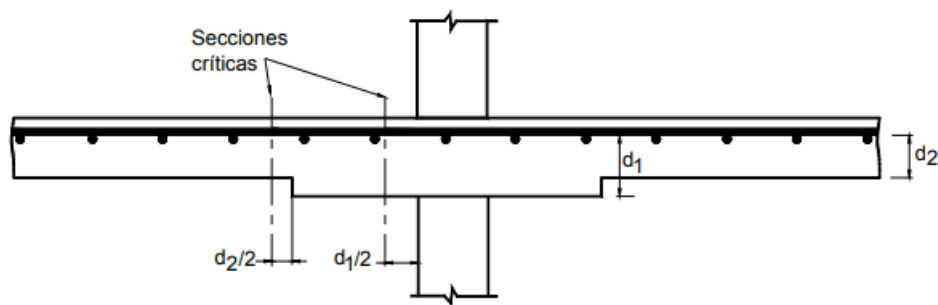
Se concluye que siguiendo las directrices mínimas para el dimensionamiento de ábacos es posible resistir satisfactoriamente las demandas por cortante en dos direcciones en la zona crítica cercana a la columna.

Esta comprobación también se realiza para la sección crítica que bordea el perímetro del ábaco para así determinar si la transición del ábaco a las nervaduras es susceptible a fallas por cortante.



**Figura 35**

*Secciones críticas susceptibles a cortante*



Nota: Extraído del Capítulo 18 de libro Notas Sobre ACI318-02 de la Portland Cement Association

La metodología es análoga a la realizada para la zona crítica en columnas, variando las dimensiones utilizadas.

$$b_0 = 2 * (c_1 + c_2)$$

$$c_1 = 1500mm + d$$

$$c_2 = 1500mm + d$$

$$b_0 = 2 * (1674mm + 1674mm)$$

$$b_0 = 6696mm$$

El valor de  $v_c$  se obtiene a partir de las ecuaciones utilizadas previamente, utilizando el valor de  $b_0$  actual;

$$v_c = 1.38MPa$$

$$\phi v_c = 1.10MPa$$

Las cargas actuantes son las utilizadas previamente.

$$v_u = 0.37 MPa$$

$$M2_{unb} = -5.86kN - m$$

$$M3_{unb} = 24.67kN - m$$

En cambio, al ser una sección de mayor tamaño, las inercias variarán;

$$J = \frac{d * 1674^3}{12} + \frac{d * 1674^3}{12}$$

$$J = 1.36 \times 10^{11} \text{mm}^4$$

Luego, calculando las tensiones de cortante con las dimensiones correspondientes se obtiene,

$$v_{M2} = \frac{-5.86 \text{kN} - m * \frac{474 \text{mm}}{2}}{1.36 \times 10^{11} \text{mm}^4} = -0.018 \text{MPa}$$

$$v_{M3} = \frac{24.67 \text{kN} - m * \frac{474 \text{mm}}{2}}{1.36 \times 10^{11} \text{mm}^4} = 0.008 \text{MPa}$$

Se computa la tensión cortante última y se calcula la ratio de capacidad.

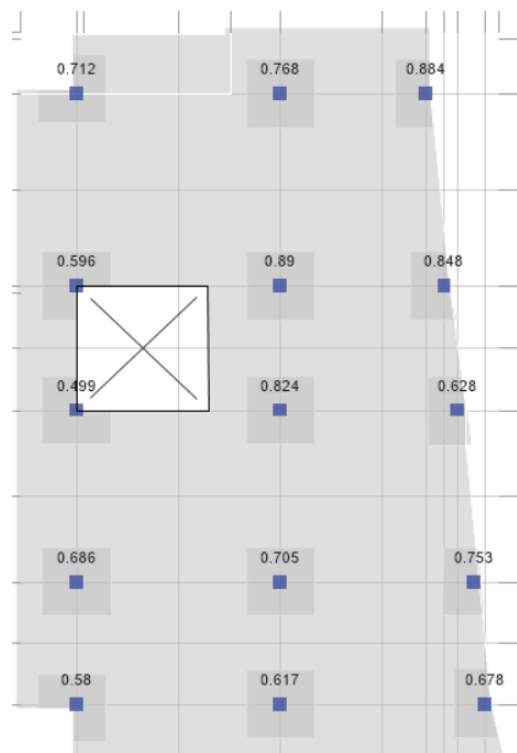
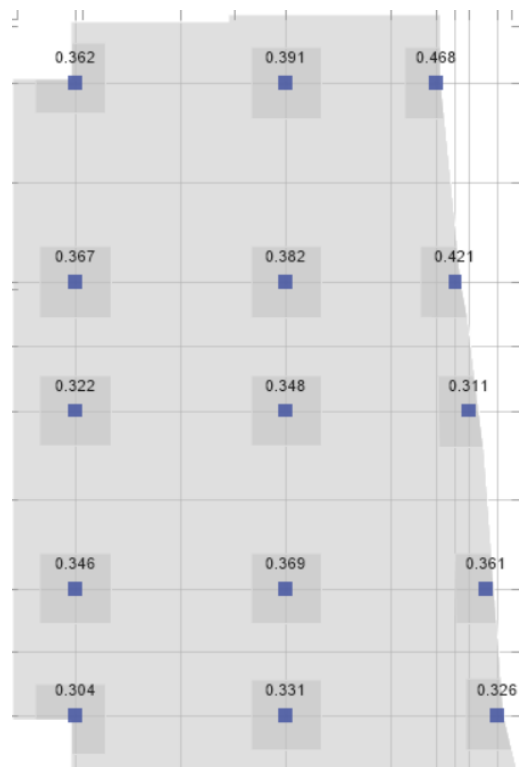
$$v_u = 0.37 \text{MPa} - 0.018 + 0.008$$

$$v_u = 0.36 \text{MPa}$$

$$\text{Ratio} = \frac{0.36}{1.10} = 0.32$$

De tal manera, que queda comprobada la resistencia a punzonamiento de los nodos losa-columna y la transición ábaco-loza nervada.

Asimismo, el programa de diseño estructural nos permite visualizar las ratios para los diferentes nodos:

**Figura 36***Ratios de capacidad para losa de Planta Alta***Figura 37***Ratios de capacidad para losa de Cubierta*

Al cumplir todas las ratios, se da paso al diseño a flexión de los ábacos y nervios.

### 3.4.3.2 Diseño por Flexión

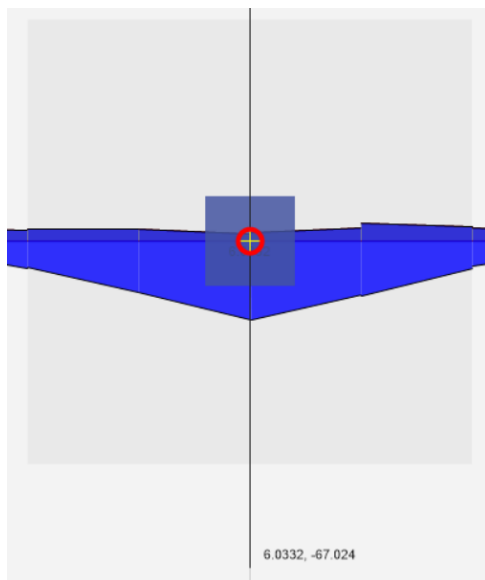
Para el diseño de acero longitudinal se analizan dos componentes, el acero requerido para la concentración de momentos negativos en los ábacos, y el acero que se colocará en las nervaduras.

Partiendo por el diseño de acero negativo en ábacos, se acude a los momentos en las Strip Layers, y a partir de las ecuaciones utilizadas en el diseño de vigas se obtiene la cantidad de acero necesario, tomando en cuenta que el momento que refleja las Strip Layers es el momento total para el ancho de Strip.

Continuando con el ábaco estudiado en el diseño de vigas, se tiene el siguiente momento:

**Figura 38**

*Momento negativo de diseño en ábaco Eje X*



El acero requerido por demanda se calcula con base en la siguiente ecuación:

$$A_s = k \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 * M_u}{\phi * k * d * f_y}} \right)$$

Siendo;

$$k = \frac{0.85 * f'_c * b_w * d}{f_y}$$

Al tratarse de un ábaco, el recubrimiento se toma como el valor mínimo recomendado para losas, siendo este  $20mm$ . Asimismo, el valor de base a utilizarse en los cálculos corresponderá al ancho del ábaco, siendo este  $1500mm$ .

Considerando el recubrimiento para losas, la altura efectiva queda en,

$$d = 200mm - 20mm - \frac{12mm}{2}$$

$$d = 174mm$$

Para el momento de diseño  $M_u = 67.024kN - m$ , se necesitará,

$$A_{s,req} = 1048mm^2$$

Usando varillas de 14 milímetro de diámetro, se tiene que el número de varillas es,

$$\#Varillas = \frac{1048mm^2}{154mm^2} = 6.80 \text{ Varillas}$$

Colocando 7 varillas de 14 milímetro se alcanzan,

$$A_{col} = 8 * 154mm^2 = 1078mm^2$$

Lo cual, considerando que también se cuenta con una viga escondida que posee dos varillas de 10 milímetro en su cara superior, se considera suficiente para resistir los momentos positivos.

Para determinar la separación entre varillas, se divide el espacio disponible entre la cantidad de barras menos uno,

$$\frac{1500 - 40}{(7 - 1)} = 243mm$$

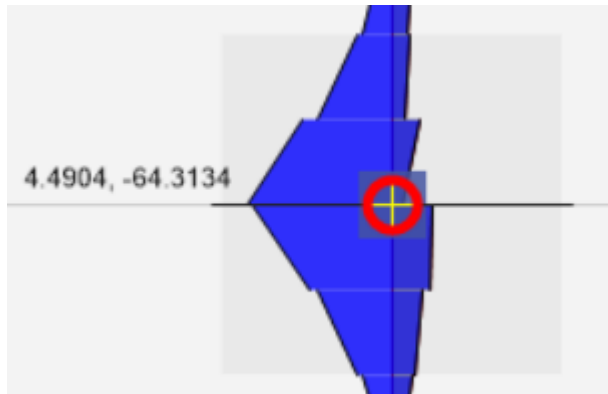
Adoptando una separación de  $200mm$  entre varillas

1Ø14mm@200mm

Se repite el proceso para el momento en el sentido contrario, dando como resultado un momento  $M_u = 64.32kN - m$

**Figura 39**

*Momento negativo de diseño en ábaco Eje Y*



Para este momento se necesitan  $1005mm^2$ , lo cual puede ser satisfecho con 7 varillas de 14 milímetros, similar al Eje X.

Para determinar el acero necesario en los nervios y en la loseta de compresión se utilizaron los criterios de acero mínimo establecido por la NEC y el ACI,

En los nervios se calculó la altura efectiva a considerando un recubrimiento de 2.5cm y refuerzo de 10mm de diámetro,

$$d = 200mm - 25mm - \frac{10mm}{2}$$

$$d = 165mm$$

Entonces,

$$A_{smin} = \frac{1.4}{f_y} * bd$$

$$A_{smin} = \frac{1.4}{420MPa} * 100mm * 165mm$$

$$A_{smin} = 55mm^2$$

Dicho requerimiento de acero se cumple con una varilla de 10mm en cada nervadura,

$1\emptyset 10\text{mm} @ 50\text{cm}$

Haciendo uso de la herramienta Display Flexural Design, se comprueba que con dicha cantidad de acero se satisfagan las demandas de momento, asignando la varilla seleccionada y el espaciamiento establecido.

**Figura 40**

*Configuración de comprobación de acero*

Show Rebar Above Specified Value

☐ None

☒ Typical Uniform Reinforcing Specified Below

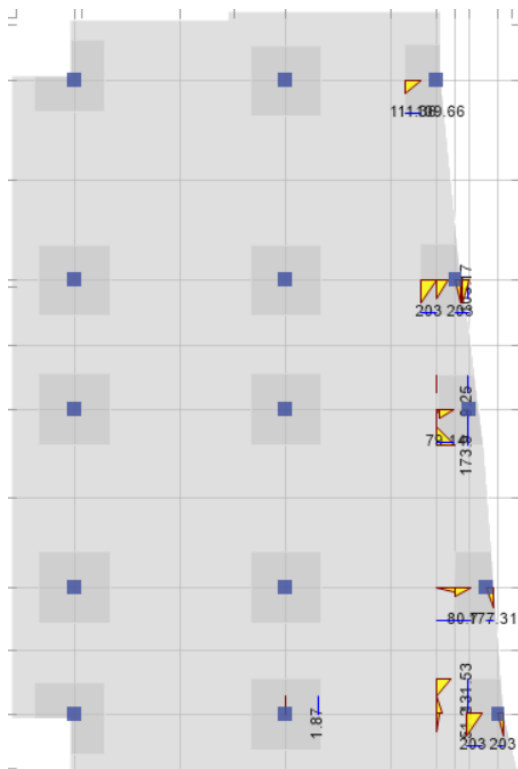
☐ Reinforcing Specified in Slab Rebar Objects

Typical Uniform Reinforcing

☒ Define by Bar Size and Bar Spacing

☐ Define by Bar Area and Bar Spacing

|        | Bar Size | Spacing (mm) |
|--------|----------|--------------|
| Top    | 6        | 150          |
| Bottom | 10       | 500          |

**Figura 41***Resultado de comprobación en cubierta*

Como se aprecia, en la cubierta, el acero asignado satisface casi en su totalidad las demandas, quedando únicamente las zonas de ábacos, mismas que al contar con vigas propias no es de interés de esta comprobación.

Se repite el proceso para la losa del primer piso, asignando varillas de 12 milímetro:





**Figura 43***Catalogo de mallas electrosoldadas Novacero*

| Descripción | Diámetro de varilla | Apertura | Peso<br>kg/unidad | Peso<br>kg/m <sup>2</sup> |
|-------------|---------------------|----------|-------------------|---------------------------|
| R - 64      | 3.5                 | 15 x 15  | 15.17             | 1.01                      |
| R - 126     | 4                   | 10 x 10  | 29.48             | 1.97                      |
| R - 84      | 4                   | 15 x 15  | 19.81             | 1.32                      |
| R - 106     | 4.5                 | 15 x 15  | 25.07             | 1.67                      |
| R - 196     | 5                   | 10 x 10  | 46.06             | 3.07                      |
| R - 131     | 5                   | 15 x 15  | 30.99             | 2.07                      |
| R - 238     | 5.5                 | 10 x 10  | 55.80             | 3.72                      |
| R - 158     | 5.5                 | 15 x 15  | 37.45             | 2.50                      |
| R - 283     | 6                   | 10 x 10  | 66.32             | 4.42                      |
| R - 188     | 6                   | 15 x 15  | 44.62             | 2.97                      |
| R - 257     | 7                   | 15 x 15  | 60.74             | 4.05                      |
| R - 500     | 8                   | 10 x 10  | 117.9             | 7.86                      |
| R - 335     | 8                   | 15 x 15  | 79.34             | 5.29                      |

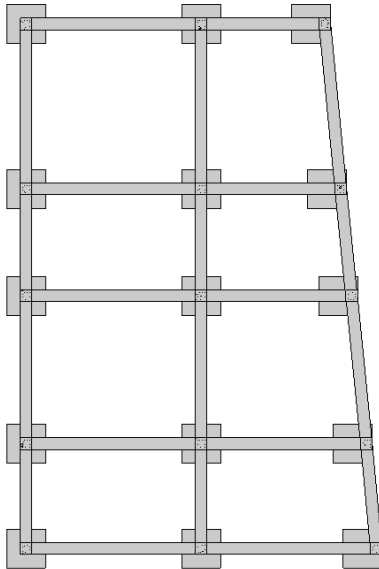
### 3.4.4 Cimentación

A partir de la información propiciada en el estudio de mecánica de suelos se determinan las propiedades del estrato donde se apoyará la cimentación, así como su capacidad portante admisible.

El estudio recomienda realizar un mejoramiento del terreno natural, indicando que un espesor de 40cm permite elevar la capacidad de carga admisible mínima de 15.07 a 19.37

$T/m^2$ .

Asimismo, se determinó el uso de zapatas aisladas, que, al estar sobre zona sísmica, se recomienda acompañar con vigas de cimentación, de tal manera que los momentos flectores sean absorbidos por esta y el diseño de los plintos esté controlado por las cargas axiales transmitidas de las columnas. Se considera el uso de vigas de cimentación también por la irregularidad en planta que posee la edificación, la incidencia de momentos torsionales y la excentricidad presente en el eje derecho, que está limitado por el cerramiento y el terreno colindante.

**Figura 44***Vista en planta de cimentación*

Así, se desarrolla el diseño con base en la siguiente información:

- $\sigma_{adm} = 197.53 \text{ kN}$
- $\gamma_{suelo} = 16 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$
- $K_{balasto} = 3886.30 \frac{\text{T}}{\text{m}^2}$

Se analizó la cimentación debajo de la columna diseñada anteriormente, puesto que aquí se desarrollan las mayores cargas axiales.

**Tabla 3.23***Solicitaciones de Carga Axial y Momento Flector*

| Load Case | Fz [kN]  | Mx [kN-m] | My [kN-m] |
|-----------|----------|-----------|-----------|
| Dead      | 131.9057 | -1.6209   | 1.2221    |
| Live      | 41.7628  | -0.5871   | 0.4746    |
| Sx        | 0.5304   | 0.0093    | -33.5408  |
| Sy        | 19.9775  | 37.3752   | -0.8081   |

**3.4.4.1 Zapata Aislada**

Para el diseño del plinto se considera únicamente las cargas axiales. Los momentos serán usados en el diseño de la viga de cimentación.

Se obtiene el área preliminar dividiendo la máxima fuerza axial por la capacidad portante admisible.

$$A_{inicial} = \frac{F}{\sigma_{adm}}$$

$$A_{inicial} = \frac{131.90}{193.53} = 0.93m^2$$

Asumiendo zapatas cuadradas con dimensiones  $B = L$ , se propone un tamaño de  $1 \times 1 m^2$ .

Luego, se detalla el espesor mínimo del plinto:

$$h_{min} = \frac{L}{5} = \frac{1000mm}{5}$$

$$h_{min} = 200mm$$

Para evitar futuras fallas por cortante y/o punzonamiento, se toma un espesor de zapata de 350mm.

Una vez conociendo las dimensiones preliminares de la cimentación, se calcula el esfuerzo real, considerando el peso del suelo, de la cimentación y la carga axial.

Para determinar el peso del suelo, se asume una profundidad de desplante de 1m.

$$\sigma = \frac{F + B * L * h * \gamma_{HF-3} + B * L * 1m * \gamma_{suelo}}{\sigma_{adm}}$$

$$\sigma = 138.66 \frac{kN}{m^2}$$

Como el esfuerzo de contacto es inferior a la capacidad portante admisible, el predimensionamiento es correcto y se procede a verificar los esfuerzos bajo cargas de servicio y últimas.

Se establecieron dos combinaciones de estado límite de servicio y dos de estado último:

**Tabla 3.24**

*Cargas en Estado de Servicio y Estado Último*

| Estado Límite de Servicio |        | Estado Límite Último |              |
|---------------------------|--------|----------------------|--------------|
| D+L                       | D+L+S  | 1.2D + 1.6L          | 1.2D + L + S |
| 173.67                    | 193.65 | 225.11               | 220.03       |

La verificación de esfuerzos se realiza bajo cargas de servicio. Como se considera una carga axial centrada, se desprecia los efectos de la excentricidad y el esfuerzo de contacto se calcula dividiendo la carga entre el área del plinto.

**Tabla 3.25***Verificación de Esfuerzo de Contacto*

| Esfuerzos de Contacto $\left[ \frac{kN}{m^2} \right]$ |        |
|-------------------------------------------------------|--------|
| D+L                                                   | D+L+S  |
| 173.67                                                | 193.65 |

Como ambos valores se encuentran por debajo de 197.53, correspondiente a la capacidad portante, se corrobora que la cimentación tiene un área adecuada para transmitir correctamente las cargas sin provocar una falla en el suelo.

A continuación, se comprueba la resistencia a cortante unidireccional. El cálculo de la resistencia a corte del plinto se realiza con la Cláusula 22.5.5.1 del ACI 318:

$$V_c = 0.17\lambda\sqrt{f'_c}bd$$

$$V_c = 90.1 \text{ kN}$$

Para determinar la demanda de cortante, se calcula la fuerza a una distancia  $d$  de la cara de la columna, usando la siguiente ecuación:

$$V_u = \frac{F}{B * L} * B * \left( \frac{L - b_{col}}{2} - d \right)$$

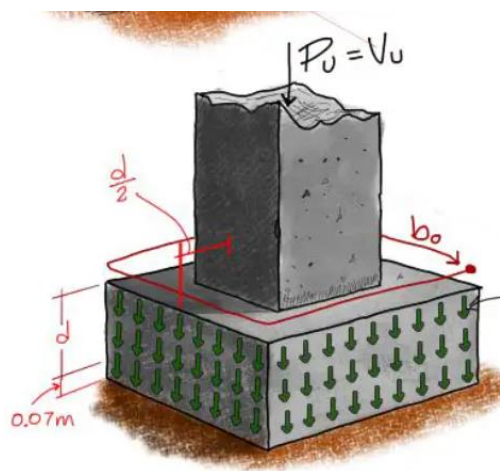
$$V_u = \frac{F}{1m * 1m} * B1m * \left( \frac{1m - 0.35m}{2} - 0.298m \right)$$

Reemplazando  $F$  con las fuerzas de ELU, se obtienen los siguientes valores:

**Tabla 3.26.***Verificación de Cortante Unidireccional*

|          | 1.2D + 1.6L | 1.2D + 1L + 1S |
|----------|-------------|----------------|
| $V_{uc}$ | 11.59       | 11.33          |
| $V_{nc}$ | 90.1        | 90.1           |
| ¿Cumple? | Cumple      | Cumple         |

Luego, es necesario verificar el punzonamiento, o cortante bidireccional. Para esto, se realiza un corte imaginario a  $\frac{d}{2}$  de distancia de la columna, en ambos sentidos.

**Figura 45***Esquema de Zona Crítica para cortante bidireccional*

Nota: Extraído de <https://marcelopardo.com/diseño-de-zapatas-de-hormigón-armado>

Así, el esfuerzo de punzonamiento se calcula mediante la siguiente ecuación

$$v_u = \frac{F}{d * b_0}$$

Donde,

$$b_0: b_{col} + \frac{d}{2}$$

En la otra mano, la resistencia a cortante bidireccional del hormigón viene determinada por la siguiente ecuación;

$$v_c = 0.33\sqrt{f'_c}$$

Usando unidades del SI, se obtienen los esfuerzos cortantes en MPa, siendo estos los resultados:

| Comprobación  |             |                |
|---------------|-------------|----------------|
| Cortante      |             |                |
| Bidireccional |             |                |
|               | 1.2D + 1.6L | 1.2D + 1L + 1S |
| Vub [MPa]     | 1.2         | 1.2            |
| Vnc [MPa]     | 1.95        | 1.95           |
| Cumple        | Cumple      | Cumple         |

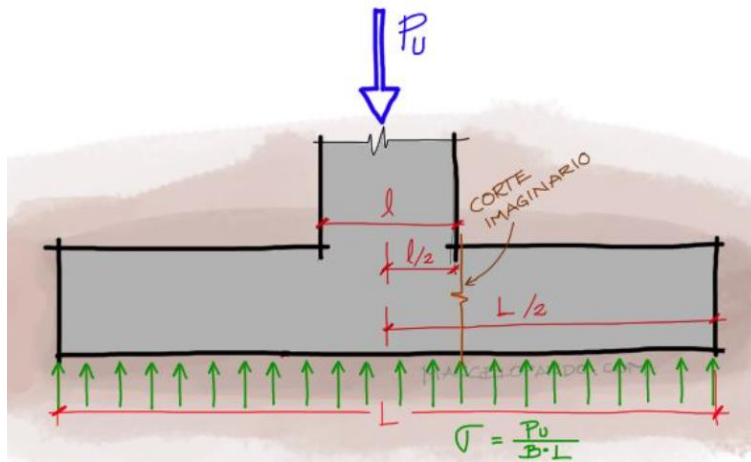
Comprobado la resistencia de la sección ante esfuerzos cortantes en una y dos direcciones, se procede a verificar la capacidad del plinto a flexión, así como el acero necesario y sus dimensiones.

El momento de demanda usado en el diseño, se calcula realizando un corte en la interfase entre la columna y el plinto,



**Figura 46**

Esquema gráfico de acciones sobre plinto aislado



Nota: Extraído de <https://marcelopardo.com/disenio-de-zapatas-de-hormigon-armado>

Aplicando las ecuaciones de la estática, se obtiene la siguiente expresión:

$$M_u = \frac{F}{2L} \left( \frac{L}{2} - \frac{b_{col}}{2} \right)^2$$

Luego, usando la ecuación general para el cálculo de acero longitudinal se calcula la cantidad de acero necesaria por flexión. Este valor se contrasta con el acero mínimo por normativa.

---

#### Análisis a Flexión

---

|              | 1.2D + 1.6L | 1.2D + 1L + 1S |
|--------------|-------------|----------------|
| Muc [kN-m]   | 13.79       | 13.48          |
| As [m2]      | 0.0001      | 0.0001         |
| As [mm2/m]   | 137.06      | 133.95         |
| As min       | 0.00054     | 0.00054        |
| As min [mm2] | 540.90      | 540.90         |

---

Como se observa, nuevamente el criterio dominante es la consideración mínima que impone la normativa.

Usando varillas de  $12mm$  de diámetro, se calcula el número necesario para cumplir con la cantidad de acero requerida.

$$\#Varillas = \frac{537.30mm^2}{\pi \frac{12mm^2}{2}}$$

$$\#Varillas = 4.75$$

Se utilizarán 5 varillas  $\Phi 12mm$ . Como la cimentación tiene lados de 1m, es posible colocarlas cada 20cm

$$1\Phi 12mm @ 20cm$$

Para finalizar, se determina la longitud de desarrollo necesaria para que la varilla aporte correctamente resistencia a flexión.

$$l_d = \frac{d_b * f_y}{1.4\lambda\sqrt{f'_c}}$$

Para varillas de 12mn, la longitud de desarrollo es  $66cm$ .

Ahora, se comprueba si es posible encajar 66cm en el plinto, o, debido a sus dimensiones, es necesario usar pata de hierro.

La longitud libre de la zapata se calcula mediante la siguiente expresión:

$$l_{d,max} = L - b_{col} - 2 * rec$$

Al ser un elemento en contacto directo con material orgánico del suelo se adquiere un recubrimiento de 7.5cm por lado.

$$l_{d,max} = 100cm - 30cm - 2 * 7.5cm = 55cm$$

Como la longitud de desarrollo máxima es menor que la necesaria, es necesario usar patas de hierro.

Al usar patas de hierro, es necesario determinar la longitud de adherencia necesaria.

Con base a la Cláusula 18.8.5.1 del ACI 318, se obtiene la siguiente expresión:

$$l_{dh} = \frac{d_b * f_y}{5.4\lambda\sqrt{f'_c}}$$

El valor calculado debe ser igual o mayor al máximo entre  $10d_b$  y 100mm.

Obteniendo así los siguientes resultados:

$$l_{dh} = \max\{190mm, 120mm, 100mm\} = 190mm$$

#### 3.4.4.2 Viga de Cimentación

Para el predimensionamiento del espesor de viga se utiliza la expresión,

$$h_{min} = \frac{L_n}{8}$$

Conociendo que la máxima luz libre entre columnas es de 4500mm, se obtiene un espesor mínimo de

$$h_{min} = \frac{4500mm}{8} = 562.5mm$$

Por aspectos constructivos se adopta un espesor de viga de 575mm y un ancho de viga de igual dimensión que las columnas: 300mm.

$$h = 575mm$$

$$b = 300mm$$

Se comprueba que la relación espesor – ancho sea inferior a 2 para evitar problemas de agrietamiento temprano.

$$\frac{h}{b} = \frac{575mm}{300mm}$$

$$\frac{h}{b} = 1.92 < 2$$

Ya establecidas las dimensiones del elemento, se calcula la carga línea que produce su peso propio:

$$q_{viga} = \gamma_{HF-3} * b * h$$

$$q_{viga} = 4.66 \frac{kN}{m}$$

A continuación, con base en las cargas actuante en las columnas que delimitan el segmento de la viga de estudio se realiza un equilibrio estático para determinar las fuerzas de reacción que ejerce el suelo en cada plinto.

**Tabla 3.27**

*Información de columnas para el diseño de viga de cimentación*

| Columna Izquierda [1] |        |      | Columna Derecha [2]  |        |      |
|-----------------------|--------|------|----------------------|--------|------|
| <b>B<sub>i</sub></b>  | 300    | mm   | <b>B<sub>d</sub></b> | 300    | mm   |
| <b>H<sub>i</sub></b>  | 300    | mm   | <b>H<sub>d</sub></b> | 300    | mm   |
| <b>C<sub>G</sub></b>  | 122.45 | kN   | <b>C<sub>G</sub></b> | 131.91 | kN   |
| <b>C<sub>Q</sub></b>  | 37.11  | kN   | <b>C<sub>Q</sub></b> | 41.76  | kN   |
| <b>C<sub>U</sub></b>  | 206.32 | kN   | <b>C<sub>U</sub></b> | 225.11 | kN   |
| <b>Mu</b>             | 36.90  | kN-m | <b>Mu</b>            | 37.37  | kN-m |

**Figura 47**

*Esquema del sistema Viga de Cimentación - Plinto Aislado*



Haciendo equilibrio de momentos respecto a la zapata derecha, se llega a la siguiente expresión para la reacción izquierda:

$$R_1 = \frac{q_{viga} \left( L_n - \left( \frac{b_{col,1} + b_{col,2}}{2} \right) \right)^2}{2} + C_{u,1} * L_n$$

Reemplazando los valores,

$$R_1 = 215.45 \text{ kN}$$

Luego, se realiza un equilibrio de fuerzas estáticas en sentido vertical y se obtiene la reacción bajo el plinto derecho,

$$R_2 = C_{u,1} + C_{u,2} + q_{viga} * \left( L_n - \left( \frac{b_{col,1} + b_{col,2}}{2} \right) \right) - R_1$$

$$R_2 = 235.55 \text{ kN}$$

A continuación, se convierte esta carga puntual en una distribuida al dividirlo por la longitud de cada zapata.

$$q_1 = \frac{R_1}{L} = \frac{215.45 \text{ kN}}{1 \text{ m}}$$

$$q_1 = 215.45 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

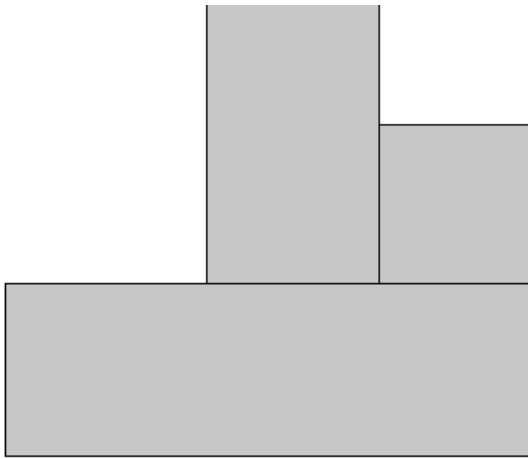
$$q_2 = \frac{R_2}{L} = \frac{235.55 \text{ kN}}{1 \text{ m}}$$

$$q_2 = 235.55 \frac{kN}{m}$$

Una vez conocidas las fuerzas distribuidas que actúan por debajo de cada plinto, se calcula el momento flector que afecta a la viga en diferentes puntos.

**Figura 48**

*Corte imaginario para cálculo de momentos máximos*



Al ser cimentaciones concéntricas, los valores máximos de momento se generarán en la unión con la columna, o sea, en la parte inicial de la viga de cimentación.

Reemplazando en la ecuación para equilibrio por momento,

$$M(x) = q_1 * \frac{x^2}{2} - \frac{q_{viga}}{2} * \left( x - \left( \frac{L_n + b_{col,1}}{2} \right) \right)^2 - C_{u,1} \left( x - \frac{L_n}{2} \right)$$

Calculando el momento para  $x = 0.65m$ , se obtiene el siguiente valor.

$$M(0.65m) = 14.57 \text{ kN}$$

A este momento se le suma el momento transmitido por la columna, conformando así el momento de diseño.

$$M_{diseño} = 14.57 \text{ kN} + 36.90 \text{ kN} = 61.47 \text{ kN}$$

A partir de este momento, se calcula el espesor del bloque a compresión  $a$ , y se determina el área de acero longitudinal requerido.

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2M_{diseño}}{0.9 * 0.85bf'c}}$$

$$a_1 = 13.42mm$$

$$A_s = \frac{M_{diseño}}{0.9f_y \left(d - \frac{a}{2}\right)}$$

$$A_{s,1} = 285.26 \text{ mm}^2$$

Se realiza el proceso análogo para la zapata derecha, obteniendo,

$$a_2 = 13.93mm$$

$$A_{s,2} = 295.93 \text{ mm}^2$$

Para finalizar, se compara el acero por demanda con las cuantías mínimas que indica la NEC:

$$A_{smin} = \min \left\{ \frac{1.4}{f_y} ; \frac{\sqrt{f'_c}}{4f_y} \right\} * bd$$

$$A_{smin} = 0.0033 * 300mm * 482mm$$

$$A_{smin} = 482mm^2$$

Como se observa, el diseño vuelve a estar controlado por las condiciones mínimas de normativa.

Se colocan tres varillas de 16 milímetros en ambas caras, alcanzando un área de acero de,

$$A_s = 603mm^2$$

Para finalizar, se determina el espaciamiento de estribos a colocar. Este se realiza con base a lo estipulado en el ACI 318.

$$s \leq \min \left\{ \frac{b}{2} ; 300mm \right\}$$

$$s \leq \min\{150mm ; 300mm\}$$

Se adopta una separación entre estribos de 15cm.

Una vez diseñado los elementos, se realiza el modelado estructural en software para confirmar que toda la cimentación tenga demandas de esfuerzos por debajo de la capacidad portante admisible.

Se comienza modelando los materiales y las secciones a utilizar.

Como el programa permite introducir información sobre el Módulo de Flexión del Hormigón y el Coeficiente de Balasto del suelo, los resultados se acercan más a la realidad que lo calculado manualmente, sirviendo de comprobación para las asunciones tomadas.

**Figura 49**

*Modelado del material en software*

Material Property Data

**General Data**

Material Name: HF-3

Material Type: Concrete

Material Display Color: [Color Swatch] Change...

Material Notes: Modify/Show Notes...

**Material Weight**

Weight per Unit Volume: 1.228E+01 kN/m3

**Isotropic Property Data**

Modulus of Elasticity, E: 29100 N/mm2

Poisson's Ratio, U: 0.2

Coefficient of Thermal Expansion, A: 9.9E-06 1/C

Shear Modulus, G: 12125 N/mm2

**Other Properties for Concrete Materials**

Specified Concrete Compressive Strength, f'c: 35 N/mm2

☒ Lightweight Concrete

Shear Strength Reduction Factor: 0.9242

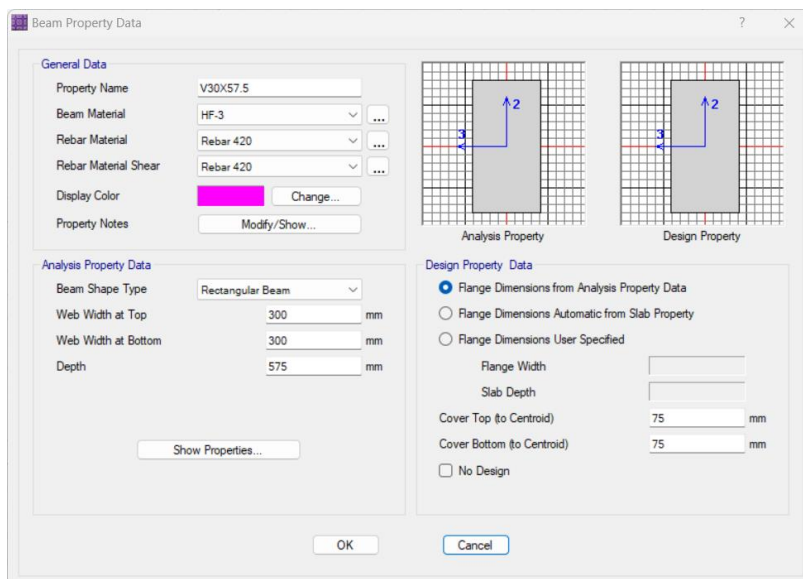
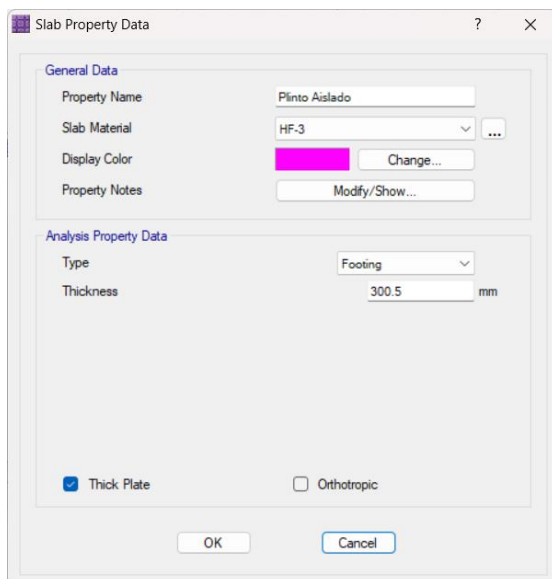
**Modulus of Rupture for Cracked Deflections**

☐ Program Default (Based on Concrete Slab Design Code)

☒ User Specified: 2.8 N/mm2

OK Cancel

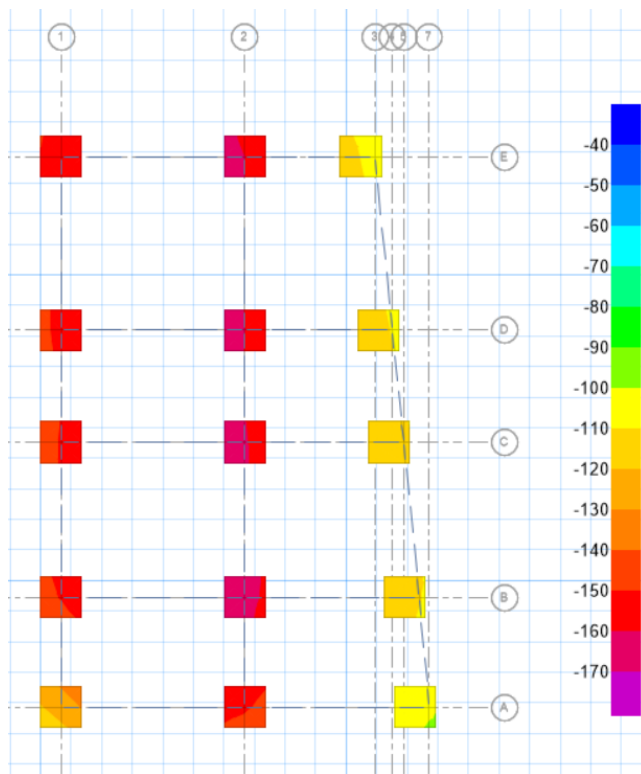


**Figura 50***Modelado de viga de cimentación en software***Figura 51***Modelado de plinto aislado en software*

Nota: Se ubica el peralte como espesor para mayor precisión en los resultados

**Figura 52**

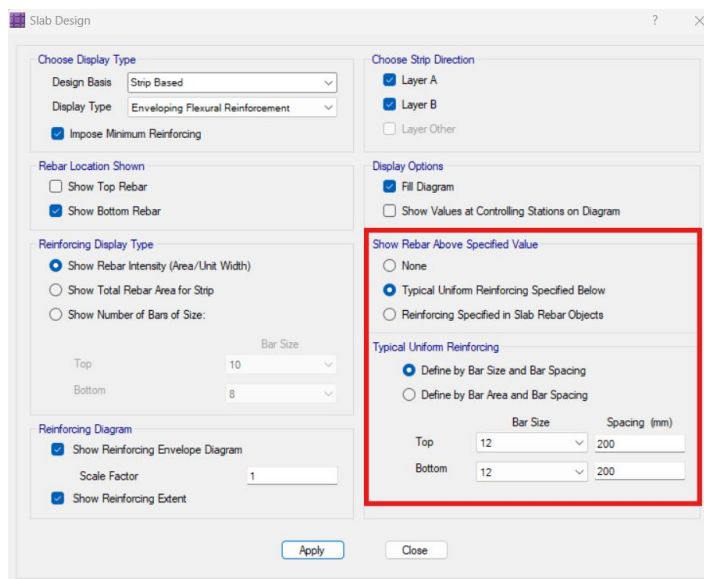
*Resultados de esfuerzos de contacto según software*



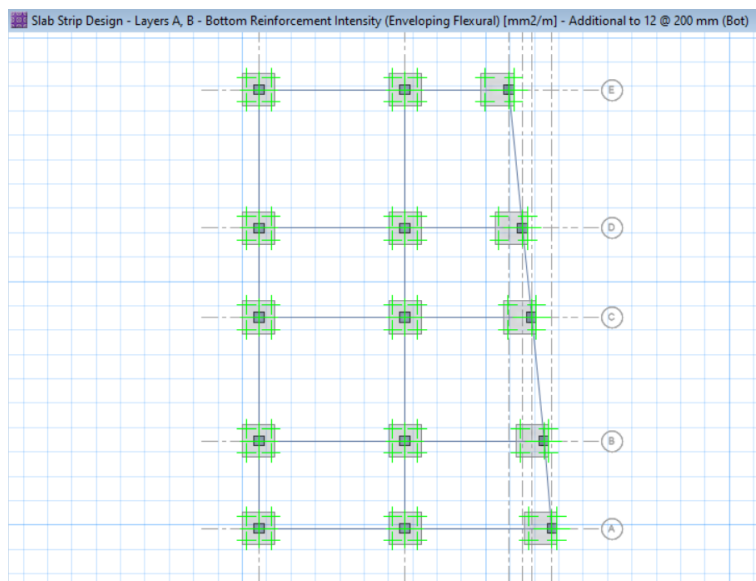
Para comprobar que el acero longitudinal colocado satisfaga las demandas de la cimentación se utiliza la opción “Show Rebar Above Specified Value”. Esta opción permite ingresar un diámetro de varilla y separación, y mostrará si es necesario colocar acero adicional al ya definido.

**Figura 53**

*Configuración de herramienta Show Rebar Above Specified Value*

**Figura 54**

*Comprobación de suficiencia de acero longitudinal*



Como no se muestra ningún valor en las cimentaciones, se concluye que  $1\phi 12\text{mm} @ 20\text{cm}$  satisface las demandas de momento.

### 3.5 Diseño de Instalaciones Hidrosanitarias

Este diseño se realizó con pase en la Norma Hidrosanitaria NHE de Aguas de la NEC11.

### 3.5.1 Agua Potable

Para una edificación residencial el diseño de agua potable se realiza a partir del número de personas que conforman el núcleo familiar. El Plan Territorial Crucita 2024 (GAD Parroquial Crucita, 2024) indica que la mayoría de hogares están compuestas de cinco personas.

Asignando una dotación de  $200 \frac{L}{hab-día}$  se determina que, en promedio, la vivienda demandará diariamente  $1000 \frac{L}{día}$ , equivalente a un caudal promedio de  $0.0116 \frac{L}{s}$ .

Para determinar los caudales de diseño, se multiplica el caudal promedio por los coeficientes de Máximo Uso Diario (Kd) y Máximo Uso Horario (Kh), estipulados como 1.5 y 2.3 respectivamente.

$$Q_{MUD} = 1.5 * 0.0116 \frac{L}{s}$$

$$Q_{MUD} = 0.0175 \frac{L}{s}$$

$$Q_{MUH} = 2.3 * 0.0116 \frac{L}{s}$$

$$Q_{MUH} = 0.0266 \frac{L}{s}$$

Se utiliza el Caudal Máximo Horario para determinar el diámetro mínimo requerido en la acometida.

Convirtiendo de litros a metros cúbicos, el caudal queda en,

$$Q_{MUH} = 0.000027 \frac{m^3}{s}$$

Buscando una velocidad promedio de  $1.2 \frac{m}{s}$ , el área de sección transversal es,

$$A = \frac{Q}{v} = \frac{0.000027 \frac{m^3}{s}}{1.2 \frac{m}{s}}$$

$$A = 14.50 \text{ mm}^2$$

Esa área equivale a un diámetro mínimo de  $4.29\text{mm}$  o  $0.17\text{in.}$

La normativa indica que el diámetro mínimo para acometida es de  $\frac{1}{2}"$ , así que se adopta dicho valor.

$$\phi_{\text{acometida}} = \frac{1}{2} "$$

Debido a estar en una zona con urbanismo en desarrollo, el suministro de agua potable no está garantizado todos los días del año, siendo necesario el diseño de una cisterna que sirva en caso se interrumpa el servicio.

La norma indica que los repositorios cisternas deberán almacenar un volumen de agua equivalente al consumo promedio de un día completo; siendo  $1000 \frac{L}{d}$  el caudal promedio, el volumen de agua necesario es,

$$V = 1000 \frac{L}{d\acute{a}a} * 1d\acute{a}a$$

$$V = 1000L = 1m^3$$

Estipulando una columna de agua de  $1.5m$ , y dimensiones de  $0.7 \times 1.05m$  se genera un volumen de agua de  $1.10m^3$ .

A la altura del agua se le suman  $30cm$  de borde libre, siendo las dimensiones finales del tanque cisterna:

$$0.70 \times 1.05 \times 1.80m$$

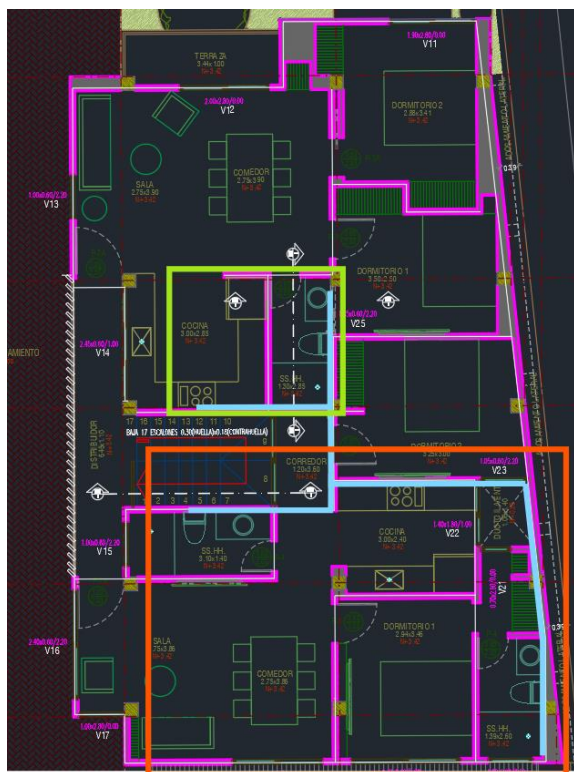
Una vez determinado los componentes externos del sistema de AA.PP., se dimensiona las tuberías que alimentarán los aparatos sanitarios.

Se identifican las diferentes zonas donde hay dispositivos y se agrupan de forma que se genere un trazo con una tubería principal que abastece a las tuberías propias del aparato.

Se presenta un ejemplo de diseño para la planta alta,

**Figura 55**

*Distribución de zonas para suministro de AA.PP.*

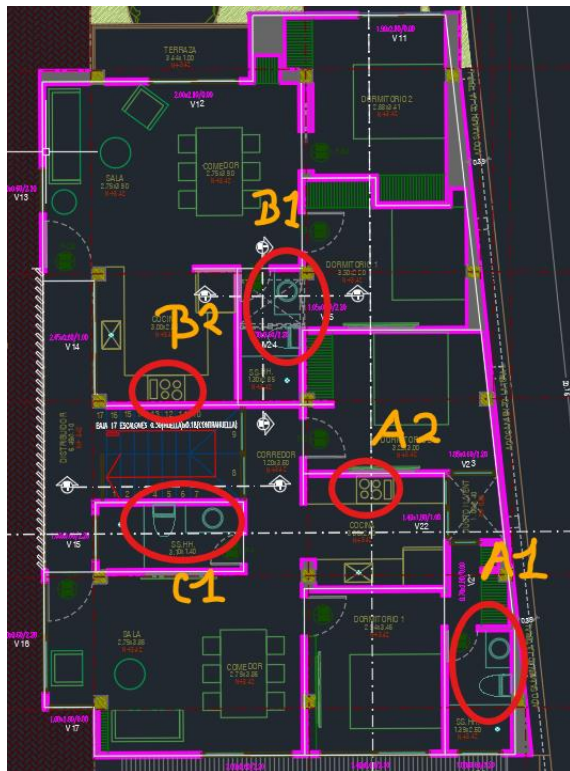


Se identifican dos zonas, siendo que la mayor aglomeración de dispositivos está en la zona naranja, misma que está compuesta de dos ramales que se conectan a la tubería central.

Para mayor claridad con el proceso, se etiquetan los nodos en función del ramal que lo alimenta:

**Figura 56**

*Identificación de nodos para suministro de AA.PP.*



Para el diseño, se parte desde el nodo más lejano del ramal y se va acumulando los caudales hacia la tubería principal que alimenta toda la planta.

Se detalla el diseño de la Zona Naranja, partiendo desde el Nodo A1,

Primero, se identifican los dispositivos que componen el nodo y sus caudales instantáneos con base en lo estipulado por la normativa:

**Figura 57**

*Caudales, Presiones y Diámetros mínimos para diferentes aparatos sanitarios*

| Aparato sanitario                      | Caudal instantáneo mínimo (L/s) | Presión              |                 | Diámetro según NTE INEN 1369 (mm) |
|----------------------------------------|---------------------------------|----------------------|-----------------|-----------------------------------|
|                                        |                                 | recomendada (m c.a.) | mínima (m c.a.) |                                   |
| Bañera / tina                          | 0.30                            | 7.0                  | 3.0             | 20                                |
| Bidet                                  | 0.10                            | 7.0                  | 3.0             | 16                                |
| Calentadores / calderas                | 0.30                            | 15.0                 | 10.0            | 20                                |
| Ducha                                  | 0.20                            | 10.0                 | 3.0             | 16                                |
| Fregadero cocina                       | 0.20                            | 5.0                  | 2.0             | 16                                |
| Fuentes para beber                     | 0.10                            | 3.0                  | 2.0             | 16                                |
| Grifo para manguera                    | 0.20                            | 7.0                  | 3.0             | 16                                |
| Inodoro con depósito                   | 0.10                            | 7.0                  | 3.0             | 16                                |
| Inodoro con fluxor                     | 1.25                            | 15.0                 | 10.0            | 25                                |
| Lavabo                                 | 0.10                            | 5.0                  | 2.0             | 16                                |
| Máquina de lavar ropa                  | 0.20                            | 7.0                  | 3.0             | 16                                |
| Máquina lava vajilla                   | 0.20                            | 7.0                  | 3.0             | 16                                |
| Urinario con fluxor                    | 0.50                            | 15.0                 | 10.0            | 20                                |
| Urinario con llave                     | 0.15                            | 7.0                  | 3.0             | 16                                |
| Sauna, turco, ó hidromasaje domésticos | 1.00                            | 15.0                 | 10.0            | 25                                |

Nota: Extraído de la NEC 11 NHE

- Inodoro con reservorio:  $0.1 \frac{L}{s}$
- Lavamanos:  $0.1 \frac{L}{s}$
- Ducha:  $0.2 \frac{L}{s}$

La suma de los caudales es el Caudal Máximo Posible de dicho nodo. En la práctica, es inusual que todos los dispositivos estén consumiendo agua al mismo momento. Para esto, se determina el Factor de Simultaneidad ( $k_s$ ), definido como:

$$k_s = \frac{1}{\sqrt{n-1}} + F(0.04 + 0.04 \log(\log(n)))$$

Donde,

$n$ : Número de aparatos conectados

$F$ : Factor de tipo de edificación; 2 para edificios residenciales

Remplazando los valores en la Ecuación () se obtiene,

$$k_s = 0.76$$



Es decir, para un nodo que alimenta tres aparatos, el Caudal Máximo Probable es el 76% del caudal total posible.

$$Q_{MProbable} = k_s * Q_{MPossible}$$

$$Q_{MProbable-NA1} = 0.76 * 0.4 \frac{L}{s}$$

$$Q_{MProbable-NA1} = 0.30 \frac{L}{s}$$

Como por normativa, el diámetro mínimo para aparatos sanitarios es de 16mm, se utilizarán tuberías con un diámetro igual o superior a  $\frac{3}{4}$ ", que equivale a 19.1mm.

Acudiendo a las Tablas de Flamant, buscamos los parámetros para una tubería de  $\frac{3}{4}$ " con un caudal igual o superior al  $Q_{MProbable}$ .

**Figura 58**

*Valores de Caudal, Velocidad y Pérdidas para tuberías de  $\frac{3}{4}$ "*

**$\frac{3}{4}$ "**       $j = 4C (V^{1.75} / D^{1.25})$        $Q = AV$        $j = 6.1C (Q^{1.75} / D^{4.75})$

| Unidades | Caudal Q |       |      | V    | h <sub>v</sub> | Pérdidas por fricción en m/m |                             |                  |                  |                   |
|----------|----------|-------|------|------|----------------|------------------------------|-----------------------------|------------------|------------------|-------------------|
|          |          |       |      |      |                | Coeficiente de fricción C    |                             |                  |                  |                   |
|          | gal/min  | l/min | l/s  | m/s  | m              | Fundido<br>0,00031           | Galva-<br>nizado<br>0,00023 | Acero<br>0,00018 | Cobre<br>0,00012 | P.V.C.<br>0,00010 |
| 2        | 2        | 7,57  | 0,13 | 0,46 | 0,01           | 0,044                        | 0,033                       | 0,026            | 0,017            | 0,014             |
| 3        | 3        | 11,35 | 0,19 | 0,67 | 0,02           | 0,086                        | 0,064                       | 0,050            | 0,033            | 0,028             |
| 5        | 4        | 15,14 | 0,25 | 0,88 | 0,04           | 0,139                        | 0,103                       | 0,081            | 0,054            | 0,045             |
| 6        | 5        | 18,92 | 0,32 | 1,12 | 0,06           | 0,215                        | 0,159                       | 0,125            | 0,083            | 0,069             |
| 7        | 6        | 22,71 | 0,38 | 1,33 | 0,09           | 0,290                        | 0,215                       | 0,168            | 0,112            | 0,093             |
| 8        | 7        | 26,46 | 0,44 | 1,54 | 0,12           | 0,375                        | 0,278                       | 0,218            | 0,145            | 0,121             |
| 10       | 8        | 30,24 | 0,50 | 1,75 | 0,16           | 0,469                        | 0,348                       | 0,272            | 0,181            | 0,151             |
| 12       | 9        | 34,07 | 0,57 | 1,99 | 0,20           | 0,585                        | 0,434                       | 0,340            | 0,227            | 0,189             |
| 14       | 10       | 37,80 | 0,63 | 2,21 | 0,25           | 0,702                        | 0,521                       | 0,408            | 0,272            | 0,226             |
| 16       | 12       | 45,36 | 0,76 | 2,67 | 0,36           | 0,975                        | 0,723                       | 0,566            | 0,377            | 0,314             |
| 20       | 14       | 52,92 | 0,88 | 3,09 | 0,49           | 1,260                        | 0,935                       | 0,732            | 0,488            | 0,406             |
| 23       | 16       | 60,48 | 1,01 | 3,54 | 0,64           | 1,604                        | 1,190                       | 0,931            | 0,621            | 0,517             |
| 27       | 18       | 68,04 | 1,13 | 3,96 | 0,80           | 1,952                        | 1,448                       | 1,133            | 0,755            | 0,630             |

Verificamos que la velocidad esté dentro del rango  $0.6 \frac{m}{s}$ ;  $2.5 \frac{m}{s}$ , y se anota la pérdida de carga y las pérdidas por fricción; como se usarán tuberías de PVC el Coeficiente de Fricción es de 0.00010.

Ya diseñado el Nodo A1, se retrocede hacia el Nodo A2. La tubería que alimente al Nodo A2 se diseñará con el caudal acumulado de ambos nodos. No obstante, el Coeficiente de Simultaneidad no es la suma de los coeficientes, se calcula nuevamente considerando el número total de elementos a abastecer.

El Nodo A2 posee únicamente un Fregadero que aporta con  $0.2 \frac{L}{s}$  de caudal.

Recalculando  $k_s$  para cuatro dispositivos, resulta,

$$k_s = 0.64$$

Por lo que el tramo de tubería que abastece al Nodo A2 se diseña con,

$$Q_{MProbable-NA2} = 0.64 * 0.6 \frac{L}{s}$$

$$Q_{MProbable-NA2} = 0.38 \frac{L}{s}$$

Se repite el proceso realizado con el tramo anterior, determinando que para un caudal de  $0.38 \frac{L}{s}$  en tubería de  $\frac{3}{4}$ " el flujo alcanzará una velocidad de  $1.33 \frac{m}{s}$ , entrando en el rango admisible.

Se continúa repitiendo el proceso para cada nodo, acumulando el caudal que aportan los aparatos sanitarios.

**Figura 59***Diseño de red de AA.PP. en planta alta*

|                                   |      |                        |    |             |                |                         |      |                 |           |                |         |          |        |        |           |  |  |  |
|-----------------------------------|------|------------------------|----|-------------|----------------|-------------------------|------|-----------------|-----------|----------------|---------|----------|--------|--------|-----------|--|--|--|
|                                   |      |                        |    |             |                |                         |      |                 |           | Restricciones: |         |          | 3/4"   | Q>Q0   | 0.6 a 2.5 |  |  |  |
| Ground Floor Flow Calculation     |      |                        |    |             |                |                         |      |                 |           |                |         |          |        |        |           |  |  |  |
| Planta Alta                       |      |                        |    |             |                |                         |      |                 |           |                |         |          |        |        |           |  |  |  |
| ZONE A + C                        |      |                        |    |             |                |                         |      |                 | PIPE DATA |                |         |          |        |        |           |  |  |  |
| Node                              | Area | Elements               | #  | qi<br>[L/s] | QMPos<br>[L/s] | Building<br>Type Factor | ks   | QMProb<br>[L/s] | Ø         | Q [l/s]        | v [m/s] | material | C      | hf [m] |           |  |  |  |
| A1                                |      | Inodoro con reservorio | 1  | 0.1         | 0.1            |                         |      |                 |           |                |         |          |        |        |           |  |  |  |
|                                   |      | Lavamanos              | 1  | 0.1         | 0.1            |                         |      |                 |           |                |         |          |        |        |           |  |  |  |
|                                   |      | Ducha                  | 1  | 0.2         | 0.2            |                         |      |                 |           |                |         |          |        |        |           |  |  |  |
| Total Node A1                     |      |                        | 3  | 0.4         |                | 2                       | 0.76 | 0.30            | 3/4"      | 0.32           | 1.12    | PVC      | 0.0001 | 0.069  |           |  |  |  |
| A2                                |      | Fregadero de cocina    | 1  | 0.2         | 0.2            |                         |      |                 | 3/4"      | 0.32           | 1.12    | PVC      | 0.0001 | 0.069  |           |  |  |  |
| Total Node A2                     |      |                        | 1  | 0.2         |                | 2                       | 1.00 | 0.20            |           |                |         |          |        |        |           |  |  |  |
| Total Node A1 + Node A2           |      |                        | 4  | 0.6         |                | 2                       | 0.64 | 0.38            |           |                |         |          |        |        |           |  |  |  |
| C1                                |      | Inodoro con reservorio | 1  | 0.1         | 0.1            |                         |      |                 | 3/4"      | 0.38           | 1.33    | PVC      | 0.0001 | 0.093  |           |  |  |  |
|                                   |      | Lavamanos              | 1  | 0.1         | 0.1            |                         |      |                 |           |                |         |          |        |        |           |  |  |  |
|                                   |      | Ducha                  | 1  | 0.2         | 0.2            |                         |      |                 |           |                |         |          |        |        |           |  |  |  |
| Total Node C1                     |      |                        | 3  | 0.4         |                | 2                       | 0.76 | 0.30            | 3/4"      | 0.32           | 1.12    | PVC      | 0.0001 | 0.069  |           |  |  |  |
| Total Node A1 + Node A2 + Node C1 |      |                        | 7  | 1           |                | 2                       | 0.48 | 0.48            | 3/4"      | 0.57           | 1.75    | PVC      | 0.0001 | 0.151  |           |  |  |  |
|                                   |      |                        |    |             |                |                         |      |                 |           |                |         |          |        |        |           |  |  |  |
|                                   |      |                        |    |             |                |                         |      |                 |           |                |         |          |        |        |           |  |  |  |
|                                   |      |                        |    |             |                |                         |      |                 |           |                |         |          |        |        |           |  |  |  |
| ZONE B                            |      |                        |    |             |                |                         |      |                 |           |                |         |          |        |        |           |  |  |  |
| Node                              | Area | Elements               | #  | qi<br>[L/s] | QMPos<br>[L/s] | Building<br>Type Factor | ks   | QMProb<br>[L/s] |           |                |         |          |        |        |           |  |  |  |
| B1                                |      | Inodoro con reservorio | 1  | 0.1         | 0.1            |                         |      |                 |           |                |         |          |        |        |           |  |  |  |
|                                   |      | Lavamanos              | 1  | 0.1         | 0.1            |                         |      |                 |           |                |         |          |        |        |           |  |  |  |
|                                   |      | Ducha                  | 1  | 0.2         | 0.2            |                         |      |                 |           |                |         |          |        |        |           |  |  |  |
| Total Node B.1                    |      |                        | 3  | 0.4         |                | 2                       | 0.76 | 0.30            | 3/4"      | 0.32           | 1.12    | PVC      | 0.0001 | 0.069  |           |  |  |  |
| B2                                |      | Fregadero de cocina    | 1  | 0.2         | 0.2            |                         |      |                 | 3/4"      | 0.25           | 0.88    | PVC      | 0.0001 | 0.045  |           |  |  |  |
| Total Node 2.2                    |      |                        | 1  | 0.2         |                | 2                       | 1.00 | 0.20            |           |                |         |          |        |        |           |  |  |  |
| Total Node 2.1 + Node 2.2         |      |                        | 4  | 0.6         |                | 2                       | 0.64 | 0.38            |           |                |         |          |        |        |           |  |  |  |
| Total Planta Alta                 |      |                        | 11 | 1.6         |                | 2                       | 0.40 | 0.64            | 1         | 0.76           | 1.49    | PVC      | 0.0001 | 0.08   |           |  |  |  |

**Figura 60***Diseño de red de AA.PP. en planta baja*

| Planta Baja |      |                                       |    |             |                |                         |      |                 |  |      |      |      |     |        |       |  |  |
|-------------|------|---------------------------------------|----|-------------|----------------|-------------------------|------|-----------------|--|------|------|------|-----|--------|-------|--|--|
| ZONE D      |      |                                       |    |             |                |                         |      |                 |  |      |      |      |     |        |       |  |  |
| Node        | Area | Elements                              | #  | qi<br>[L/s] | QMPos<br>[L/s] | Building<br>Type Factor | ks   | QMProb<br>[L/s] |  |      |      |      |     |        |       |  |  |
| D1          |      | Fregadero de cocina                   | 1  | 0.2         | 0.2            |                         |      |                 |  |      |      |      |     |        |       |  |  |
|             |      | Total Node D1                         | 1  |             | 0.2            | 2                       | 1.00 | 0.20            |  | 3/4" | 0.25 | 0.88 | PVC | 0.0001 | 0.045 |  |  |
| D2          |      | Inodoro con reservorio                | 1  | 0.1         | 0.1            |                         |      |                 |  |      |      |      |     |        |       |  |  |
|             |      | Lavamanos                             | 1  | 0.1         | 0.1            |                         |      |                 |  |      |      |      |     |        |       |  |  |
|             |      | Ducha                                 | 1  | 0.2         | 0.2            |                         |      |                 |  |      |      |      |     |        |       |  |  |
|             |      | Total Node D2                         | 3  |             | 0.4            | 2                       | 0.75 | 0.30            |  | 3/4" | 0.32 | 1.12 | PVC | 0.0001 | 0.069 |  |  |
|             |      | Total Node Planta Alta + D1 + Node D2 | 15 |             | 2.2            | 2                       | 0.35 | 0.78            |  | 1"   | 0.95 | 1.87 | PVC | 0.0001 | 0.118 |  |  |
| ZONE E      |      |                                       |    |             |                |                         |      |                 |  |      |      |      |     |        |       |  |  |
| Node        | Area | Elements                              | #  | qi<br>[L/s] | QMPos<br>[L/s] | Building<br>Type Factor | ks   | QMProb<br>[L/s] |  |      |      |      |     |        |       |  |  |
| E1          |      | Inodoro con reservorio                | 1  | 0.1         | 0.1            |                         |      |                 |  |      |      |      |     |        |       |  |  |
|             |      | Lavamanos                             | 1  | 0.1         | 0.1            |                         |      |                 |  |      |      |      |     |        |       |  |  |
|             |      | Ducha                                 | 1  | 0.2         | 0.2            |                         |      |                 |  |      |      |      |     |        |       |  |  |
|             |      | Total Node 4.1                        | 3  |             | 0.4            | 2                       | 0.75 | 0.30            |  | 3/4" | 0.32 | 1.12 | PVC | 0.0001 | 0.069 |  |  |
|             |      | Total Zona D + Node E1                | 18 |             | 2.6            | 2                       | 0.33 | 0.86            |  | 1"   | 0.95 | 1.87 | PVC | 0.0001 | 0.118 |  |  |
| ZONE F      |      |                                       |    |             |                |                         |      |                 |  |      |      |      |     |        |       |  |  |
| Node        | Area | Elements                              | #  | qi<br>[L/s] | QMPos<br>[L/s] | Building<br>Type Factor | ks   | QMProb<br>[L/s] |  |      |      |      |     |        |       |  |  |
| F1          |      | Grifo con manguera                    | 1  | 0.2         | 0.2            |                         |      |                 |  |      |      |      |     |        |       |  |  |
|             |      | Total Node 4.1                        | 1  |             | 0.2            | 2                       | 1.00 | 0.20            |  | 3/4" | 0.25 | 0.88 | PVC | 0.0001 | 0.045 |  |  |
|             |      | Total Toda la red                     | 19 |             | 2.8            | 2                       | 0.32 | 0.91            |  | 1"   | 0.95 | 1.87 | PVC | 0.0001 | 0.118 |  |  |

Como cierre, se llega al nodo inicial, que recibe el suministro directamente del tanque cisterna.

### 3.5.1.1 Línea de Succión

Para diseñar la Línea de Succión, la tubería que extraerá agua de la cisterna, se utiliza acero galvanizado y un diámetro superior al máximo de la red de distribución. Esto se realiza para evitar que la tubería sufra por las altas presiones provocadas por mover un caudal elevado.

Usando como caudal de diseño  $Q_{MProbable-Red} = 0.91 \frac{L}{s}$ , y un diámetro de 1 1/4", se acude a las Tablas de Flamant para determinar la velocidad y la pérdida de carga.

**Figura 61**

Tabla de Flamant para Diámetro 1 1/4"

**1 1/4"**       $j = 4C (V^{1.75} / D^{1.25})$        $Q = AV$        $j = 6.1C (Q^{1.75} / D^{4.75})$

| Unidades | Caudal Q |        |      | V    | h <sub>v</sub> | Pérdidas por fricción en m/m |                            |                  |                  |                   |
|----------|----------|--------|------|------|----------------|------------------------------|----------------------------|------------------|------------------|-------------------|
|          | gal/min  | l/min  | l/s  | m/s  | m              | Coeficiente de fricción C    |                            |                  |                  |                   |
|          |          |        |      |      |                | Fundido<br>0,00031           | Galva<br>nizado<br>0,00023 | Acero<br>0,00018 | Cobre<br>0,00012 | P.V.C.<br>0,00010 |
| 8        | 7        | 26,50  | 0,44 | 0,56 | 0,02           | 0,033                        | 0,025                      | 0,019            | 0,013            | 0,011             |
| 10       | 8        | 30,28  | 0,50 | 0,64 | 0,02           | 0,042                        | 0,031                      | 0,024            | 0,016            | 0,014             |
| 12       | 9        | 34,07  | 0,57 | 0,72 | 0,03           | 0,052                        | 0,038                      | 0,030            | 0,020            | 0,017             |
| 16       | 12       | 45,42  | 0,76 | 0,96 | 0,05           | 0,086                        | 0,063                      | 0,050            | 0,033            | 0,028             |
| 22       | 15       | 56,78  | 0,95 | 1,20 | 0,07           | 0,126                        | 0,094                      | 0,073            | 0,049            | 0,041             |
| 27       | 18       | 66,13  | 1,14 | 1,43 | 0,10           | 0,174                        | 0,129                      | 0,101            | 0,067            | 0,056             |
| 30       | 20       | 75,70  | 1,26 | 1,59 | 0,13           | 0,209                        | 0,155                      | 0,121            | 0,081            | 0,067             |
| 32       | 21       | 79,49  | 1,32 | 1,67 | 0,14           | 0,228                        | 0,169                      | 0,132            | 0,088            | 0,073             |
| 45       | 27       | 102,20 | 1,70 | 2,15 | 0,24           | 0,354                        | 0,262                      | 0,205            | 0,137            | 0,114             |
| 46       | 28       | 105,98 | 1,77 | 2,23 | 0,25           | 0,377                        | 0,280                      | 0,219            | 0,146            | 0,122             |
| 60       | 32       | 121,12 | 2,02 | 2,55 | 0,33           | 0,476                        | 0,353                      | 0,276            | 0,184            | 0,154             |
| 70       | 35       | 132,48 | 2,21 | 2,79 | 0,40           | 0,557                        | 0,413                      | 0,323            | 0,216            | 0,180             |
| 75       | 36       | 136,26 | 2,27 | 2,87 | 0,42           | 0,585                        | 0,434                      | 0,340            | 0,226            | 0,189             |

Así, se determina que el flujo irá con una velocidad aproximada de  $1.20 \frac{m}{s}$ , cumpliendo con los requerimientos establecidos por normativa.

Una vez seleccionado el diámetro para la línea de succión, se determina la Altura Dinámica del sistema, es decir, la presión que se debe ejercer para movilizar agua desde la cisterna hacia la bomba que impulsará el agua a través de la edificación.

Para esto, es necesario calcular las longitudes equivalentes asociadas a los accesorios que componen la línea de succión.

La Cláusula 16.5.3.4. de la NEC11 NHE establece la siguiente expresión para el cálculo de longitudes equivalentes de accesorios:

$$L_e = \left( A * \left( \frac{d}{25.4} \right) + B \right) * \left( \frac{120}{C} \right)^{1.8519}$$

Donde A y B son coeficientes que depende del accesorio, y C del material, siendo 130 para cobre, 120 para acero galvanizado y 150 para PVC.

## Figura 62

*Factores longitudes equivalentes*

| Accesorio                               | Factor A | Factor B |
|-----------------------------------------|----------|----------|
| Codo de 45°                             | 0.38     | + 0.02   |
| Codo radio largo 90°                    | 0.52     | + 0.04   |
| Entrada normal                          | 0.46     | - 0.08   |
| Reducción                               | 0.15     | + 0.01   |
| Salida de tubería                       | 0.77     | + 0.04   |
| Tee paso directo                        | 0.53     | + 0.04   |
| Tee paso de lado y tee salida bilateral | 1.56     | + 0.37   |
| Tee con reducción                       | 0.56     | + 0.33   |
| Válvula de compuerta abierta            | 0.17     | + 0.03   |
| Válvula de globo abierta                | 8.44     | + 0.50   |
| Válvula de pie con criba                | 6.38     | + 0.40   |

**Tabla 3.28***Longitudes equivalentes - Línea de Succión*

| Accessories                             | Quantity | A    | B    | C   | d [mm] | Le [m] |
|-----------------------------------------|----------|------|------|-----|--------|--------|
| Válvula de pie con criba Ø 1 1/4 Cu     | 1        | 6.38 | 0.4  | 130 | 31.8   | 7.23   |
| Codo 90° r.m. Ø 1 1/4 AG                | 1        | 0.52 | 0.04 | 120 | 31.8   | 0.69   |
| Salida de tubería Ø 1 1/4 AG            | 1        | 0.77 | 0.04 | 120 | 31.8   | 1.00   |
| Válvula de compuerta abierta Ø 1 1/4 AG | 1        | 0.17 | 0.03 | 120 | 31.8   | 0.24   |
| Total                                   |          |      |      |     |        | 9.17   |

A esta longitud se le suma el desnivel entre la cisterna y la superficie. Como buena práctica, se deja un espacio de 30 centímetros entre la base de la cisterna y la línea de succión, resultando 1.45 metros de altura. Además, se añade la distancia horizontal que recorre antes de llegar a la bomba de impulsión.

$$LT = 9.17m + 1.45m + 0.35m$$

$$LT = 10.97m$$

Multiplicando la longitud total por el coeficiente de pérdidas obtenido de la Tabla de Flamant para Diámetro 1 1/4", se obtiene la pérdida total por succión.

$$h_f = 0.094 \frac{m}{m} * 10.97m$$

$$h_f = 1.031m$$

Luego, añadiendo la altura por pérdida al desnivel de altura entre la boca de la tubería y la bomba se obtiene la Altura Dinámica de Succión (ADS)

$$ADS = h_f + 1.45m$$

$$ADS = 2.50 \text{ m. c. a}$$

### 3.5.1.2 Línea de Impulsión

El proceso es análogo al realizado con la Línea de Succión, con la diferencia de que se sigue el trayecto desde la salida de bombeo hasta el dispositivo más alejado; en el camino, se contabilizan los accesorios y se calculan sus longitudes equivalentes, se toman en cuenta las distancias horizontales y verticales recorridas y, con base al total, se calcula la pérdida de impulsión.

**Tabla 3.29**

*Longitudes equivalentes - Línea de Impulsión*

| Accessories           | Quantity | A    | B    | C   | d [mm] | Le [m] |
|-----------------------|----------|------|------|-----|--------|--------|
| Tee PVC 3/4"          | 1        | 0.53 | 0.04 | 150 | 18.75  | 0.29   |
| Tee PVC 1"            | 1        | 0.53 | 0.04 | 150 | 25     | 0.37   |
| Codo PVC 3/4"         | 1        | 0.52 | 0.04 | 150 | 18.75  | 0.28   |
| Codo Cu 1/2"          | 1        | 0.52 | 0.03 | 130 | 12.5   | 0.25   |
| Reductor Cu 1/2"      | 1        | 0.15 | 0.01 | 130 | 12.5   | 0.07   |
| Open gate valve 1" Cu | 1        | 0.17 | 0.03 | 130 | 25     | 0.17   |
| Codo PVC 1"           | 1        | 0.52 | 0.04 | 150 | 25     | 0.37   |
| Reductor PVC 1"       | 1        | 0.15 | 0.01 | 150 | 25     | 0.10   |

Se determinó que el dispositivo crítico se encuentra en el Nodo A1 de la Planta Alta, siendo la Ducha el más alejado del inicio del sistema.

**Tabla 3.30***Pérdidas de Impulsión*

| Critical Feature          |       |                                  | Ducha Nodo A1            |                         |                          |                       |
|---------------------------|-------|----------------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|-----------------------|
|                           |       | Critical Device<br>to<br>Node A1 | Node A1<br>to<br>Node A2 | NodeA2<br>to<br>Node E1 | Node E1<br>to<br>Node F1 | Node F1<br>to<br>Pump |
| Qo                        | [l/s] | 0.1                              | 0.3                      | 0.81                    | 0.89                     | 0.91                  |
| Q                         | [l/s] | 0.32                             | 0.32                     | 0.95                    | 0.95                     | 0.95                  |
| Ø                         |       | 3/4"                             | 3/4"                     | 1"                      | 1"                       | 1"                    |
| v                         | [m/s] | 1.12                             | 1.12                     | 1.87                    | 1.87                     | 1.87                  |
| j                         | [m/m] | 0.069                            | 0.069                    | 0.118                   | 0.118                    | 0.118                 |
| Coeficiente C             |       | 0.0001                           | 0.0001                   | 0.0001                  | 0.0001                   | 0.0001                |
| Longitud H                | [m]   | 2.25                             | 8                        | 0                       | 10.15                    | 1                     |
| Longitud V (y)            | [m]   | 0.5                              | 0                        | 3.05                    | 0                        | 0                     |
| Le (Tee PVC 3/4")         | [u]   | 0                                | 1                        | 2                       | 0                        | 0                     |
| Le (Tee PVC 1")           | [u]   | 0                                | 0                        | 1                       | 0                        | 0                     |
| Le (Codo PVC 3/4")        | [u]   | 2                                | 2                        | 0                       | 0                        | 0                     |
| Le (Codo Cu 3/4")         | [u]   | 0                                | 0                        | 0                       | 0                        | 0                     |
| Le (Reductor Cu PVC 3/4") | [u]   | 0                                | 0                        | 0                       | 0                        | 0                     |
| Le (VCA PVC 1" Cu)        | [u]   | 0                                | 0                        | 0                       | 0                        | 0                     |
| Codo PVC 1"               | [u]   | 0                                | 0                        | 0                       | 2                        | 0                     |
| Reductor PVC 1"           | [u]   | 0                                | 0                        | 1                       | 0                        | 0                     |
| Le                        | [m]   | 0.56                             | 0.85                     | 1.05                    | 0.87                     | 0.00                  |
| Loss of Impulsion (hf)    | [m]   | 0.19                             | 0.55                     | 0.36                    | 1.20                     | 0.12                  |



Sumando las pérdidas de impulsión más la distancia vertical entre la bomba y el dispositivo crítico, se obtiene la Altura Dinámica de Impulsión (ADI).

$$ADI = \sum h_f + \sum y$$

$$ADI = 6.0 \text{ m. c. a.}$$

### 3.5.1.3 Bomba

Una vez determinadas ambas alturas dinámicas, se determina la potencia necesaria para proveer de una presión adecuada a todos los dispositivos de la vivienda.

Se considera una presión diferencial de arranque de 14m.c.a. Además, la NEC NHE indica que para duchas se recomienda un cabezal de 10m.c.a., resultando en una presión total de:

$$\frac{ADT}{HDT} = ADS + ADI + 14 \text{ m. c. a.} + 10 \text{ m. c. a.}$$

$$\frac{ADT}{HDT} = 32.45 \text{ m. c. a.}$$

Esta es la diferencia de presión mínima que debe proporcionar la bomba.

Tomando un Factor de Seguridad de 1.15, se obtiene el diferencial de presión de diseño.

$$HDT = 1.15 * 32.45 \text{ m. c. a.}$$

$$HDT = 37.32 \text{ m. c. a.}$$

Sabiendo que el caudal máximo probable de toda la vivienda es  $0.91 \frac{L}{s}$  y asumiendo una eficiencia de bomba del 65%, se calcula la potencia teórica necesaria.

$$P = \frac{HDT * Q_{MProbable-red} * \gamma_{Agua}}{76\eta} [HP]$$

Donde  $\eta$  es la eficiencia de bomba,

$$P = 0.69HP$$

Convirtiéndolo a un valor comercial, se tiene que la potencia requerida es de 0.75 caballos de fuerza.

**Figura 63**

*Bomba comercial de 0.75HP*



Nota: Extraído de [www.promart.ec/bomba-agua-pkm65-0-75hp-pedrollo/p](http://www.promart.ec/bomba-agua-pkm65-0-75hp-pedrollo/p)

### 3.5.2 Aguas Servidas

Para la recolección de aguas servidas se diseñó un sistema de colección externa, compuesta de cajas de inspección interconectadas que conducen las aguas residuales hacia el alcantarillado central.

De manera análoga a lo realizado con el diseño de agua potable, se definieron diferentes zonas, cada una abastecerá su caja de inspección propia.

**Figura 64***Distribución de zonas para AA.SS - Planta Alta*

Se usará como ejemplo lo desarrollado en el diseño de la zona naranja.

El diseño de aguas servidas se hace en función de las Unidades de Descarga que aporta cada aparato al nodo. La NEC NHE estipula los valores para diferentes aparatos sanitarios.

**Figura 65***Diámetros mínimos y unidades de descarga*

| Aparato                   | Diámetro en pulgadas | Unidades de descarga |
|---------------------------|----------------------|----------------------|
| Bañera o tina             | 1 1/2 - 2            | 2 - 3                |
| Bidé                      | 1 1/2                | 2                    |
| Ducha privada             | 3 "                  | 2                    |
| Ducha pública             | 3                    | 4                    |
| Fregaderos                | 1 1/2                | 2                    |
| Inodoro                   | 3 - 4                | 1 - 3                |
| Inodoro fluxómetro        | 4                    | 6                    |
| Lavaplatos                | 2                    | 2                    |
| Lavadora                  | 2                    | 2                    |
| Lavaplatos con triturador | 2                    | 3                    |
| Fuente de agua potable    | 1                    | 1-2                  |
| Lavamanos                 | 1 1/2 - 2 1/2        | 1 - 2                |
| Orinal                    | 1 1/2                | 2                    |
| Orinal fluxómetro         | 3                    | 10                   |
| Orinal de pared           | 2                    | 5                    |
| Baño completo             | 4                    | 3                    |
| Baño con fluxómetro       | 4                    | 6                    |

El sector analizado abarca un cuarto baño completo, compuesto de ducha, inodoro y lavamanos; con 2, 3, y 2 unidades de descarga respectivamente. En total, el nodo abarcará 7 UDD, con base en la

**Figura 66**, se determina que el caudal asociado es,

$$Q = 1.69 \frac{L}{s}.$$

Al estar conectado a un inodoro, el diámetro mínimo de la tubería está limitado a las 3", con la finalidad de evitar retención de sólidos. Además, se utilizó la pendiente mínima permitida por normativa: 1%. Con base en esta información y las tablas de Rafael Pérez Cardona, se determinan las propiedades a tubo lleno.

- $Q_0 = 3.61 \frac{L}{s}$
- $v_0 = 0.79 \frac{m}{s}$
- $F_s = 0.19 \frac{kg}{m^2}$

Luego, se determina la relación  $\frac{Q}{Q_0}$ , para obtener las demás relaciones hidráulicas.

$$\frac{Q}{Q_0} = 0.47$$

**Figura 66***Caudales para diferentes UDD*

| UDD<br>Unidades<br>DFU | Caudal  |       |      | Unidades | Caudal  |         |       |
|------------------------|---------|-------|------|----------|---------|---------|-------|
|                        | gal/min | l/min | l/s  |          | gal/min | l/min   | l/s   |
| 10                     | 27,0    | 102,0 | 1,69 | 500      | 140,29  | 531,0   | 8,85  |
| 12                     | 28,6    | 108,3 | 1,81 | 600      | 154,08  | 583,2   | 9,72  |
| 14                     | 30,5    | 114,3 | 1,91 | 700      | 167,24  | 633,0   | 10,55 |
| 16                     | 31,8    | 120,4 | 1,99 | 800      | 182,30  | 690,0   | 11,50 |
| 18                     | 33,4    | 126,0 | 2,09 | 900      | 194,98  | 738,0   | 12,30 |
| 20                     | 35,0    | 132,5 | 2,19 | 1.000    | 207,66  | 786,0   | 13,10 |
| 25                     | 38,0    | 143,8 | 2,38 | 1.100    | 220,34  | 834,0   | 13,90 |
| 30                     | 41,0    | 155,2 | 2,56 | 1.200    | 235,40  | 891,0   | 14,85 |
| 35                     | 43,8    | 165,8 | 2,74 | 1.300    | 245,71  | 930,0   | 15,50 |
| 40                     | 46,5    | 176,0 | 2,91 | 1.400    | 256,80  | 972,0   | 16,20 |
| 45                     | 49,0    | 185,5 | 3,06 | 1.500    | 269,48  | 1.020,0 | 17,00 |
| 50                     | 51,5    | 195,0 | 3,22 | 1.600    | 280,58  | 1.062,0 | 17,70 |
| 60                     | 55,0    | 208,2 | 3,44 | 1.700    | 293,26  | 1.100,0 | 18,50 |
| 70                     | 58,5    | 221,4 | 3,66 | 1.800    | 304,36  | 1.152,0 | 19,20 |
| 80                     | 62,0    | 234,7 | 3,88 | 1.900    | 315,45  | 1.194,0 | 19,90 |
| 90                     | 64,8    | 245,3 | 4,05 | 2.000    | 323,38  | 1.224,0 | 20,40 |
| 100                    | 67,5    | 255,5 | 4,22 | 2.100    | 336,06  | 1.272,0 | 21,20 |

**Figura 67***Propiedades de tubería llena para 3"*

| Tabla 5.5 |        |         |                   |           |        |         |                   |
|-----------|--------|---------|-------------------|-----------|--------|---------|-------------------|
| 3"        |        |         |                   | n = 0.009 |        |         |                   |
| S %       | 7,93√s | 36,14√s | 250φS             | S %       | 7,93√s | 36,14√s | 250φS             |
|           | V      | Q       | F <sub>t</sub>    |           | V      | Q       | F <sub>t</sub>    |
|           | m/s    | l/s     | kg/m <sup>2</sup> |           | m/s    | l/s     | kg/m <sup>2</sup> |
| 0,6       | 0,61   | 2,80    | 0,11              | 5,6       | 1,88   | 8,55    | 1,07              |
| 0,7       | 0,66   | 3,02    | 0,13              | 5,8       | 1,91   | 8,70    | 1,10              |
| 0,8       | 0,71   | 3,23    | 0,15              | 6,0       | 1,94   | 8,85    | 1,14              |
| 0,9       | 0,75   | 3,43    | 0,17              | 6,2       | 1,97   | 9,00    | 1,18              |
| 1,0       | 0,79   | 3,61    | 0,19              | 6,4       | 2,01   | 9,14    | 1,22              |
| 1,1       | 0,83   | 3,79    | 0,21              | 6,6       | 2,04   | 9,28    | 1,26              |
| 1,2       | 0,87   | 3,96    | 0,23              | 6,8       | 2,07   | 9,42    | 1,30              |
| 1,3       | 0,90   | 4,12    | 0,25              | 7,0       | 2,10   | 9,56    | 1,33              |
| 1,4       | 0,94   | 4,28    | 0,27              | 7,2       | 2,13   | 9,70    | 1,37              |

## Figura 68

### Relaciones hidráulicas en tubería

Q<sub>o</sub> = Caudal a tubo lleno  
 Q = Caudal de diseño  
 Y = Profundidad de lámina  
 ϕ = Diámetro de la tubería  
 D = Profundidad hidráulica

**Tabla 5.43**  
 Relaciones hidráulicas en tubería  
 n/N ≠ 1

V<sub>o</sub> = Velocidad a tubo lleno  
 V = Velocidad real  
 A<sub>o</sub> = Área a tubo lleno  
 A = Área del agua

| Q/Q <sub>o</sub> | Y/ϕ  | V/V <sub>o</sub> | D/ϕ  | A/A <sub>o</sub> | Q/Q <sub>o</sub> | Y/ϕ  | V/V <sub>o</sub> | D/ϕ   | A/A <sub>o</sub> |
|------------------|------|------------------|------|------------------|------------------|------|------------------|-------|------------------|
| .010             | .061 | .272             | .041 | .025             | .540             | .587 | .881             | .487  | .610             |
| .020             | .099 | .327             | .067 | .051             | .550             | .594 | .886             | .494  | .618             |
| .030             | .126 | .366             | .086 | .073             | .560             | .600 | .891             | .502  | .626             |
| .040             | .148 | .398             | .102 | .092             | .570             | .600 | .891             | .502  | .626             |
| .050             | .168 | .426             | .116 | .110             | .580             | .613 | .901             | .518  | .642             |
| .060             | .185 | .450             | .128 | .127             | .590             | .619 | .905             | .526  | .650             |
| .070             | .200 | .473             | .140 | .143             | .600             | .625 | .910             | .534  | .658             |
| .080             | .215 | .495             | .151 | .157             | .610             | .632 | .915             | .542  | .666             |
| .090             | .228 | .515             | .161 | .172             | .620             | .638 | .919             | .550  | .674             |
| .100             | .241 | .534             | .170 | .185             | .630             | .644 | .924             | .559  | .681             |
| .110             | .253 | .553             | .179 | .199             | .640             | .651 | .928             | .561  | .689             |
| .120             | .264 | .564             | .180 | .211             | .650             | .657 | .933             | .575  | .697             |
| .130             | .275 | .575             | .197 | .224             | .660             | .663 | .937             | .585  | .704             |
| .140             | .286 | .586             | .205 | .236             | .670             | .670 | .942             | .595  | .712             |
| .150             | .296 | .596             | .213 | .248             | .680             | .676 | .946             | .604  | .720             |
| .160             | .306 | .606             | .221 | .259             | .690             | .683 | .950             | .614  | .727             |
| .170             | .316 | .616             | .229 | .271             | .700             | .689 | .954             | .623  | .735             |
| .180             | .325 | .626             | .236 | .282             | .710             | .695 | .959             | .633  | .742             |
| .190             | .334 | .636             | .244 | .293             | .720             | .702 | .963             | .644  | .750             |
| .200             | .343 | .645             | .251 | .304             | .730             | .709 | .967             | .654  | .757             |
| .210             | .352 | .655             | .258 | .314             | .740             | .715 | .971             | .665  | .765             |
| .220             | .361 | .664             | .266 | .325             | .750             | .721 | .975             | .677  | .772             |
| .230             | .369 | .673             | .273 | .335             | .760             | .728 | .978             | .688  | .780             |
| .240             | .377 | .681             | .280 | .345             | .770             | .735 | .982             | .700  | .787             |
| .250             | .385 | .690             | .287 | .355             | .780             | .741 | .986             | .713  | .795             |
| .260             | .393 | .699             | .294 | .365             | .790             | .748 | .990             | .725  | .802             |
| .270             | .401 | .707             | .300 | .375             | .800             | .755 | .993             | .739  | .810             |
| .280             | .409 | .715             | .307 | .385             | .810             | .761 | .997             | .753  | .817             |
| .290             | .417 | .724             | .314 | .394             | .820             | .768 | 1.000            | .767  | .824             |
| .300             | .424 | .732             | .321 | .404             | .830             | .775 | 1.003            | .783  | .832             |
| .310             | .432 | .740             | .328 | .413             | .840             | .782 | 1.007            | .798  | .839             |
| .320             | .439 | .747             | .334 | .422             | .850             | .789 | 1.010            | .815  | .847             |
| .330             | .446 | .755             | .341 | .432             | .860             | .796 | 1.013            | .833  | .854             |
| .340             | .453 | .763             | .348 | .441             | .870             | .804 | 1.016            | .852  | .861             |
| .350             | .460 | .770             | .354 | .450             | .880             | .811 | 1.019            | .871  | .869             |
| .360             | .468 | .778             | .361 | .459             | .890             | .818 | 1.022            | .892  | .876             |
| .370             | .475 | .785             | .368 | .468             | .900             | .826 | 1.024            | .915  | .883             |
| .380             | .482 | .792             | .374 | .476             | .910             | .834 | 1.027            | .940  | .891             |
| .390             | .488 | .799             | .381 | .485             | .920             | .842 | 1.029            | .966  | .896             |
| .400             | .495 | .806             | .388 | .494             | .930             | .850 | 1.032            | .995  | .906             |
| .410             | .502 | .813             | .395 | .503             | .940             | .858 | 1.034            | 1.027 | .913             |
| .420             | .509 | .820             | .402 | .511             | .950             | .867 | 1.036            | 1.063 | .921             |
| .430             | .516 | .827             | .408 | .520             | .960             | .875 | 1.037            | 1.103 | .928             |
| .440             | .522 | .833             | .415 | .528             | .970             | .884 | 1.039            | 1.149 | .936             |
| .450             | .529 | .840             | .422 | .537             | .980             | .894 | 1.040            | 1.202 | .943             |
| .460             | .535 | .846             | .429 | .545             | .990             | .904 | 1.047            | 1.265 | .951             |
| .470             | .542 | .853             | .436 | .553             | 1.000            | .914 | 1.047            | 1.344 | .958             |
| .480             | .549 | .859             | .443 | .562             | 1.010            | .925 | 1.047            | 1.445 | .966             |
| .490             | .555 | .865             | .450 | .570             | 1.020            | .938 | 1.046            | 1.584 | .974             |
| .500             | .561 | .861             | .458 | .578             | 1.030            | .952 | 1.044            | 1.803 | .982             |
| .510             | .568 | .866             | .465 | .586             | 1.040            | .969 | 1.040            | 2.242 | .991             |
| .520             | .574 | .871             | .472 | .594             |                  |      |                  |       |                  |
| .530             | .581 | .876             | .479 | .602             |                  |      |                  |       |                  |

Para 0.47, la

**Figura 68** refleja los siguientes valores:

- $\frac{y}{\phi} = 0.542$

- $\frac{v}{v_0} = 0.853$

La normativa indica que las tuberías deben tener menos del 75% de su diámetro lleno, es decir,  $\frac{y}{\phi} < 0.75$ , lo cual se cumple en este caso. Además, la relación de velocidades debe ser mayor a 0.60, parámetro que se cumple también.

Para el diseño de la bajante se utiliza el mismo diámetro de tubería y se corrobora si es capaz de transportar el número de UDD asociado.

Para un diámetro de 3" en edificaciones menores a 3 pisos, la bajante puede transportar hasta 30 UDD según lo expuesto en la **Figura 69**; implicando que la bajante es adecuada.

**Figura 69**

*Máximo número de unidades por bajante*

| Bajante |               | Más de 3 pisos    |                |
|---------|---------------|-------------------|----------------|
| $\phi$  | Hasta 3 pisos | Total por bajante | Total por piso |
| 3       | 30            | 60                | 16             |
| 4       | 240           | 500               | 90             |
| 6       | 960           | 1900              | 350            |
| 8       | 2200          | 3600              | 600            |
| 10      | 3800          | 5600              | 1000           |
| 12      | 6000          | 8400              | 1500           |

Para finalizar, se diseña las tuberías de ventilación que permitirán eliminar la acumulación de gases y olores en el sistema sanitario. La normativa indica que el diámetro mínimo permitido son 2".

Con base en el tamaño de la tubería a ventilar y el número total de UDD del tramo, se determina la longitud máxima de ventilación vertical que proporciona la tubería de 2", si esta es menor a la altura de la vivienda, se concluye que el diseño es válido.

El tramo de sistema sanitario de estudio abarca 7 UDD, según la **Figura 70**, la longitud máxima de ventilación para una tubería de 2" conectada a una de 3" que transporta un máximo de 10UDD, es de 150 pies, 45m.

Conociendo que la altura de entrepiso es de 3.05m y la altura total de la vivienda 6.10m, se concluye que la tubería de 2m es viable para cumplir adecuadamente la función de ventilación en el tramo analizado.

**Figura 70**

*Longitudes máxima de ventilación*

| DIAMETER OF SOIL<br>OR WASTE STACK<br>(inches) | TOTAL FIXTURE UNITS<br>BEING VENTED (dfu) | MAXIMUM DEVELOPED LENGTH OF VENT (feet) <sup>a</sup> |     |     |     |       |     |     |   |   |    |    |
|------------------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------------------|-----|-----|-----|-------|-----|-----|---|---|----|----|
|                                                |                                           | DIAMETER OF VENT (inches)                            |     |     |     |       |     |     |   |   |    |    |
|                                                |                                           | 1¼                                                   | 1½  | 2   | 2½  | 3     | 4   | 5   | 6 | 8 | 10 | 12 |
| 1¼                                             | 2                                         | 30                                                   | 150 | —   | —   | —     | —   | —   | — | — | —  | —  |
| 1½                                             | 8                                         | 50                                                   | 100 | —   | —   | —     | —   | —   | — | — | —  | —  |
| 1½                                             | 10                                        | 30                                                   |     |     |     |       |     |     |   |   |    |    |
| 2                                              | 12                                        |                                                      | 75  | 200 |     |       |     |     |   |   |    |    |
| 2                                              | 20                                        | 30                                                   | 50  | 150 | 300 | —     | —   | —   | — | — | —  | —  |
| 2½                                             | 42                                        | 25                                                   | 30  | 100 |     |       |     |     |   |   |    |    |
| 3                                              | 10                                        |                                                      | 42  | 150 | 360 | 1,040 |     |     |   |   |    |    |
| 3                                              | 21                                        | —                                                    | 32  | 110 | 270 | 810   | —   | —   | — | — | —  | —  |
| 3                                              | 53                                        |                                                      | 27  | 94  | 230 | 680   |     |     |   |   |    |    |
| 3                                              | 102                                       |                                                      |     | 86  | 210 | 620   | 980 |     |   |   |    |    |
| 4                                              | 43                                        | —                                                    | 25  | 35  | 85  | 250   | 750 | —   | — | — | —  | —  |
| 4                                              | 140                                       |                                                      |     | 27  | 65  | 200   |     |     |   |   |    |    |
| 4                                              | 320                                       |                                                      |     | 23  | 55  | 170   | 640 |     |   |   |    |    |
| 4                                              | 540                                       | —                                                    | —   | 21  | 50  | 150   | 580 | 990 | — | — | —  | —  |
| 5                                              | 190                                       |                                                      |     |     | 28  | 82    | 320 |     |   |   |    |    |

Finalmente, se añadió un Biodigestor Plastigama de 1200L como punto final del sistema de AA.SS. de forma que se evita la implementación de posas sépticas, obteniendo un mejor tratamiento de los residuos sanitarios y mayor facilidad de limpieza.

### 3.6 Análisis HLAC vs Hormigón Convencional

Para finalizar, se realiza un análisis comparativo del peso de la estructura y su comportamiento mecánico utilizando los HLACs desarrollados en el presente proyecto y el hormigón convencional de  $2400 \frac{kg}{m^3}$ .

Para realizar una comparativa justa, se definió un hormigón de 35MPa de resistencia a la compresión, equiparando la resistencia del hormigón usado en el diseño.



**Figura 71***Propiedades del hormigón convencional*

The screenshot shows the 'Material Property Data' dialog box with the following settings:

- General Data:**
  - Material Name: C35/45
  - Material Type: Concrete
  - Directional Symmetry Type: Isotropic
  - Material Display Color: (Color swatch) Change...
  - Material Notes: Modify/Show Notes...
- Material Weight and Mass:**
  - ☒ Specify Weight Density ☐ Specify Mass Density
  - Weight per Unit Volume: 24.9926 kN/m³
  - Mass per Unit Volume: 2548.538 kg/m³
- Mechanical Property Data:**
  - Modulus of Elasticity, E: 34000 MPa
  - Poisson's Ratio, U: 0.2
  - Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.00001 1/C
  - Shear Modulus, G: 14166.67 MPa

Reemplazando el material para los elementos del modelado se obtienen los siguientes valores en las propiedades de interés,

**Tabla 3.31***Comparativa HLAC vs Hormigón Convencional*

|                             | HLAC      | Hormigón Convencional |
|-----------------------------|-----------|-----------------------|
| <b>Peso de Estructura</b>   | 1291.21kN | 1547.94kN             |
| <b>Cortante Basal X</b>     | 260.1kN   | 310.3kN               |
| <b>Cortante Basal Y</b>     | 289.0kN   | 355.18kN              |
| <b>Periodo de Vibración</b> | 0.311s    | 0.341s                |

Como se observa, el uso de HLAC, además de ocasionar una reducción en el peso de la estructura y las fuerzas sísmicas, disminuye el periodo fundamental de vibración de la edificación, lo cual, si bien es cierto no representa un beneficio o problema en sí, da un mayor margen de variación en el diseño las dimensiones de los elementos estructurales al tener un periodo más alejado del límite impuesto por normativa, indicando que el material aporta la suficiente rigidez para optar por menores dimensiones.

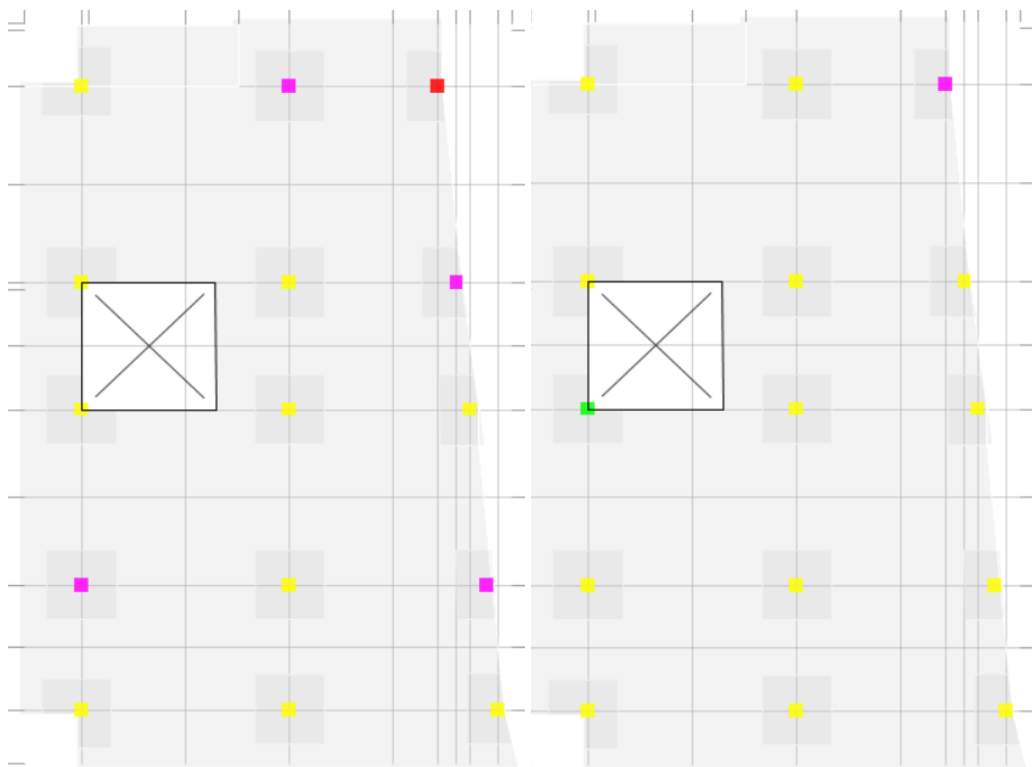
En el caso del peso estructural, su impacto es notorio. El uso de HLAC, permite reducir el peso estructural en un 16%, lo cual, en términos absolutos, implica sustraer 257kN de carga gravitacional, que equivalen a más de 26 toneladas.

Esta reducción de carga también beneficia al diseño sísmico, al depender los cortantes basales del peso de la edificación. Las reducciones que se obtienen son del 16% en sentido X y 18% en sentido Y.

Además, se comparó las ratios de capacidad que sufren las columnas bajo los diferentes pesos:

**Figura 72**

*Ratios de capacidad de carga en Primer Piso - Hormigón Convencional vs HLAC*



Para la estructura con Hormigón Convencional las columnas perimetrales derechas presentan mayor cantidad de columnas con porcentaje de utilización cercano al 90%, y, además, una de estas columnas está en condición de falla, a pesar de que el Hormigón

Convencional definido para columnas es de mayor resistencia a la compresión que el H-4 usado en este proyecto.

Esto indica que, de usarse Hormigón Convencional en este proyecto, los requerimientos mínimos de dimensiones y cantidad de acero establecidos por la NEC no son suficientes para satisfacer las demandas.

Asimismo, se comparan las Ratios de resistencia a punzonamiento en los ábacos:

**Figura 73**

*Ratios de resistencia a punzonamiento en Primer Piso - HLAC vs Hormigón Convencional*



Gracias a la reducción de carga que conlleva la ligereza del HLAC se aprecia que las Ratios en los ábacos son menores que bajo Hormigón Convencional, especialmente en las columnas del eje central y en aquella que están sobre el eje perimetral irregular. Este beneficio es notable, ya que son estos ábacos aquellos que, debido a su mayor área tributaria o geometría irregular, presentan mayor susceptibilidad a los esfuerzos cortantes bidireccionales.

Muestra de esto, es el ábaco de la esquina superior derecha, cuyo Ratio de capacidad con Hormigón Convencional es 0.997, indicando que se encuentra próximo a la falla. Caso similar nos encontramos en el eje central, donde dos ábacos poseen Ratios mayores o iguales a 0.90.

En contraste las Ratios con HLAC son en su totalidad menores a 0.90, siendo que la gran mayoría se encuentra en el rango 0.6-0.8, lo que, además de brindar seguridad estructural bajo condiciones extraordinarias, da lugar a reducir las dimensiones de estos elementos y, por ende, minimizar el costo de la estructura.

### **3.7 Especificaciones Técnicas**

Se plantean las especificaciones en cumplimiento de las normativas utilizadas durante el diseño estructural e hidrosanitario:

#### **Rubro 1.11: Limpieza y desbroce de terreno**

##### **Descripción y procedimiento:**

Limpieza del terreno manteniendo un desnivel controlado. La limpieza incluye la remoción de maleza, arbustos, escombros y otros elementos superficiales que interrumpen la libre realización del proyecto.

Se realizará de manera manual, solo usando maquinaria si los objetos a retirar poseen dimensiones o peso superior a lo recomendado para trabajo humano. Al finalizar, los desechos serán retirados en volqueta.

##### **Equipo:**

Herramientas menores, Volqueta 8 metros cúbicos

##### **Mano de obra:**

Albañil, Peón, Operador Maquinista

##### **Medición y forma de pago:**

La medición y forma de pago se realiza a partir del área de trabajo, según lo especificado en el APU.

### **Rubro 1.12: Trazado y replanteo**

#### **Descripción y procedimiento:**

Levantamiento de información del campo, indicando las distancias y lugares del terreno donde se realizarán excavaciones y construirán los elementos estructurales.

Realizado a partir de los datos de planos arquitectónicos, estructurales e hidrosanitarios.

#### **Equipo:**

Herramientas menores

#### **Mano de obra:**

Albañil

Peón

#### **Medición y forma de pago:**

La medición y forma de pago se realiza a partir del área levantada, según lo especificado en el APU.

### **Rubro 1.13: Relleno con material mejorado**

#### **Descripción y procedimiento:**

Relleno con material de mejoramiento orientado a incrementar las prestaciones mecánicas del suelo bajo el área de cimentación.

El material es transportado a sitio mediante volqueta y colocado con ayuda de maquinaria pesada, garantizando se cumpla el espesor indicado en la memoria de cálculo.

#### **Equipo:**

Herramientas menores, Volqueta 8 metros cúbicos, Retroexcavadora de 75 caballos de fuerza

**Mano de obra:**

Albañil, Peón, Operadores Maquinistas

**Medición y forma de pago:**

La medición y forma de pago se realiza a partir del volumen utilizado, según lo especificado en el APU.

**Rubro 1.14: Excavación de cimentación**

**Descripción y procedimiento:**

Excavación y desalojo del volumen de material que ocupará la cimentación proyectada. La profundidad de desplante será no mayor a 1.30 metros y además se considerarán 40 centímetros para la capa de mejoramiento.

El procedimiento que seguir queda a disposición de la empresa que presta sus servicios.

**Equipo:**

Herramientas menores, Volqueta 8 metros cúbicos, Retroexcavadora 75 caballos de fuerza, Cargadora Frontal 140 caballos de fuerza.

**Mano de obra:**

Maestro de Obra, Peón, Operadores Maquinista

**Medición y forma de pago:**

La medición y forma de pago se realiza a partir del volumen extraído, según lo especificado en el APU.

**Rubro 1.15: Desalojo con maquinaria pesada**

**Descripción y procedimiento:**

Recolectar, transportar y deponer el sobrante del material excavado para el colado de cimentación.

El procedimiento que seguir queda a disposición de la empresa que presta sus servicios.

**Equipo:**

Herramientas menores, Volqueta 8 metros cúbicos, Cargadora Frontal 140 caballos de fuerza.

**Mano de obra:**

Maestro de Obra, Peón, Operadores Maquinistas

**Medición y forma de pago:**

La medición y forma de pago se realiza a partir del volumen movilizado, según lo especificado en el APU.

**Rubro 1.21: Plinto aislado Hormigón  $e=300\text{mm}$ , incluye acero de refuerzo**

**Descripción y procedimiento:**

Armado y colado de plintos aislados hechos de Hormigón Ligero Autocompactante con resistencia de diseño de 35MPa. El hormigón es premezclado en planta debiendo poseer un diámetro de escurrimiento Clase SF2 con valor objetivo de 720mm y densidad Clase 2.0 con valor objetivo de  $1966 \text{ kg/m}^3$  en estado fresco, a partir de los ensayos definidos por la EN206:2013. El acero de refuerzo cumplirá con las dimensiones de sección estipulada en los planos estructurales siendo este de Grado 60, con resistencia a la tensión de 420MPa.

Para el levantamiento de los plintos, se iniciará colocando la armadura a partir de las dimensiones expuestas en los planos estructurales, se levantará el encofrado que albergue el elemento, para luego vaciar el hormigón desde el camión mezclador o con ayuda de cubilote.

**Equipo:**

Herramientas menores, Tablas para encofrado, Acero de refuerzo, Alambre de amarre, HLAC HF-3

**Mano de obra:**

Maestro de obra, Albañiles

**Medición y forma de pago:**

La medición y forma de pago se realiza a partir del volumen construido, según lo especificado en el APU.

**Rubro 1.22: Viga de cimentación 300x575mm, incluye acero de refuerzo**

**Descripción y procedimiento:**

Armado y colado de viga de cimentación con dimensiones 300x575mm hecha de Hormigón Ligero Autocompactante con resistencia de diseño de 35MPa. El hormigón es premezclado en planta debiendo poseer un diámetro de escurrimiento Clase SF2 con valor objetivo de 720mm y densidad Clase 2.0 con valor objetivo de 1966 kg/m<sup>3</sup> en estado fresco, a partir de los ensayos definidos por la EN206:2013. El acero de refuerzo cumplirá con las dimensiones de sección estipulada en los planos estructurales siendo este de Grado 60, con resistencia a la tensión de 420MPa.

Para la construcción de viga, se iniciará colocando la armadura a partir de las dimensiones expuestas en los planos estructurales, se levantará el encofrado que albergue el elemento, para luego vaciar el hormigón desde el camión mezclador o con ayuda de cubilote.

**Equipo:**

Herramientas menores, Tablas para encofrado, Acero de refuerzo, Alambre de amarre, HLAC HF-3

**Mano de obra:**

Maestro de obra, Albañiles



**Medición y forma de pago:**

La medición y forma de pago se realiza a partir del metro lineal de viga construido, según lo especificado en el APU.

**Rubro 1.23: Columnas 300x300mm, incluye acero de refuerzo****Descripción y procedimiento:**

Armado y colado de columna de dimensiones 300x300mm, hecha de Hormigón Ligero Autocompactante con resistencia de diseño de 30MPa. El hormigón es premezclado en planta debiendo poseer un diámetro de escurrimiento Clase SF2 con valor objetivo de 720mm y densidad Clase 2.0 con valor objetivo de 1966 kg/m<sup>3</sup> en estado fresco, a partir de los ensayos definidos por la EN206:2013. El acero de refuerzo cumplirá con las dimensiones de sección estipulada en los planos estructurales siendo este de Grado 60, con resistencia a la tensión de 420MPa.

Para la construcción de columna, se iniciará colocando la armadura a partir de las dimensiones expuestas en los planos estructurales, se levantará el encofrado que albergue el elemento, para luego vaciar el hormigón desde el camión mezclador o con ayuda de cubilote.

**Equipo:**

Herramientas menores, Tablas para encofrado, Acero de refuerzo, Alambre de amarre, HLAC H-4

**Mano de obra:**

Maestro de obra, Albañiles

**Medición y forma de pago:**

La medición y forma de pago se realiza a partir del metro lineal de viga construido, según lo especificado en el APU.

**Rubro 1.24: Losa nervada en dos direcciones e=200mm, incluye acero de refuerzo**

**Descripción y procedimiento:**

Armado y colado de losa aligerada en dos direcciones, hecha de Hormigón Ligero Autocompactante con resistencia de diseño de 35MPa. El hormigón es premezclado en planta debiendo poseer un diámetro de escurrimiento Clase SF2 con valor objetivo de 720mm y densidad Clase 2.0 con valor objetivo de 1966 kg/m<sup>3</sup> en estado fresco, a partir de los ensayos definidos por la EN206:2013. El acero de refuerzo cumplirá con las dimensiones de sección estipulada en los planos estructurales siendo este de Grado 60, con resistencia a la tensión de 420MPa.

Para la construcción de losa, se iniciará colocando la armadura a partir de las dimensiones expuestas en los planos estructurales, añadiendo bloques aligerantes de poliestireno de 400x400mm de área en los espacios formado por las intersecciones de los nervios; se levantará el encofrado que albergue el elemento, para luego vaciar el hormigón desde el camión mezclador o con ayuda de cubilote.

**Equipo:**

Herramientas menores, Tablas para encofrado, Acero de refuerzo, Alambre de amarre, HLAC HF-3, Cajetones aligerados 400x400x150mm

**Mano de obra:**

Maestro de obra, Albañiles

**Medición y forma de pago:**

La medición y forma de pago se realiza a partir del metro cuadrado de losa construido, según lo especificado en el APU.

**Rubro 1.25: Ábacos 1500x1500mm, e=200m, incluye acero de refuerzo****Descripción y procedimiento:**

Armado y colado de ábacos estructurales de 1500x1500mm de área y 200mm de espesor, hechos de Hormigón Ligero Autocompactante con resistencia de diseño de 35MPa. El hormigón es premezclado en planta debiendo poseer un diámetro de escurrimiento Clase SF2 con valor objetivo de 720mm y densidad Clase 2.0 con valor objetivo de 1966 kg/m<sup>3</sup> en estado fresco, a partir de los ensayos definidos por la EN206:2013. El acero de refuerzo cumplirá con las dimensiones de sección estipulada en los planos estructurales siendo este de Grado 60, con resistencia a la tensión de 420MPa.

Para la construcción de ábacos, se iniciará colocando la armadura a partir de las dimensiones expuestas en los planos estructurales, se levantará el encofrado que albergue el elemento, para luego vaciar el hormigón desde el camión mezclador o con ayuda de cubilote.

**Equipo:**

Herramientas menores, Tablas para encofrado, Acero de refuerzo, Alambre de amarre, HLAC HF-3

**Mano de obra:**

Maestro de obra, Albañiles, Fierro

**Medición y forma de pago:**

La medición y forma de pago se realiza a partir del metro cuadrado de ábaco construido, según lo especificado en el APU.

**Rubro 1.32: Mampostería de bloque 9x19x39cm**

**Descripción y procedimiento:**

Transporte, colocación y pegado de bloques huecos de hormigón, recubiertos con mezcla de pasta. Se colocan los bloques de forma intercalada, asegurando que la pared forme un ángulo de 90° con respecto a la losa, comprobándolo mediante plomada.

**Equipo:**

Herramientas menores, Bloque hueco de hormigón de 9x19x39cm, Pasta de cemento.

**Mano de obra:**

Maestro de obra, Albañil, Peones

**Medición y forma de pago:**

La medición y forma de pago se realiza a partir del metro cuadrado de pared construida, según lo especificado en el APU.

**Rubro 2.1: Instalaciones Hidrosanitarias**

**Descripción y procedimiento:**

Se realiza el trazado, picado, colocado y empastado de todas las tuberías del sistema de agua potable, partiendo desde la cisterna hasta los puntos de distribución de cada instalación. Asimismo, se instalan las tuberías de recolección de aguas residuales para todos los puntos de descarga, conectando la red que culmina en el biodigestor.

El procedimiento se realizará de forma simultánea a la construcción de los muros de mampostería.

**Equipo:**

Tuberías PVC Roscables AA.PP, Tuberías PVC Sanitarias, Tuberías PVC Ventilación, Equipos sanitarios, Cajas de inspección, Accesorios AA.PP  $\frac{3}{4}$ " – 1", Accesorios AA.SS. 50mm-110mm, Bomba de agua Pedrollo, Tanque Biodigestor 1200L.

**Mano de obra:**

Maestro de obra, Albañiles, Plomeros, Peones

**Medición y forma de pago:**

La medición y forma de pago se realiza a partir del metro lineal de red instalada, según lo especificado en el APU.

**Rubro 4.01: Limpieza final de obra**

**Descripción y procedimiento:**

Recolección y disposición de residuos generados por la construcción del proyecto.

Incluye restos de hormigón, sobrantes de acero de refuerzo, madera de encofrado fuera de condiciones de reutilización, envoltorios de cemento, y todo elemento que no forme parte del entorno final de la vivienda y sus alrededores.

La recolección se realizará de forma manual siempre que se pudiere y la disposición se hará usando volqueta.

**Equipo:**

Herramientas menores, Volqueta de 8 metros cúbicos.

**Mano de obra:**

Maestro de obra, Peones, Operador maquinista

**Medición y forma de pago:**

La medición y forma de pago se realiza a partir del metro cuadrado de superficie limpiada, según lo especificado en el APU.

## Capítulo 4

## **4. ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL**

### **4.1 Descripción del proyecto**

El presente estudio se enfoca en la construcción de una vivienda de dos plantas utilizando Hormigón Ligero Autocompactante (HLAC), evaluando tanto su desempeño estructural como su impacto ambiental durante la fase constructiva. El proyecto busca ofrecer viviendas seguras, duraderas y de bajo costo, orientadas a mejorar las condiciones de habitabilidad de familias de sectores de bajos recursos, contribuyendo así a la reducción de asentamientos informales y al acceso a entornos habitables más saludables.

Mediante un Estudio de Impacto Ambiental (EIA), es posible identificar las actividades del que componen el proyecto y cuantificar sus impactos hacia el ecosistema natural de la parroquia Crucita, que, al estar en proceso de expansión urbanística, cuenta con áreas prístinas que deben seguir un manejo adecuado durante las diferentes etapas: extracción de materiales naturales, preparación del terreno, construcción de obra gris y fabricación de hormigón.

La investigación se alinea con los ODS 11: Ciudades y comunidades sostenibles, al promover viviendas asequibles con seguridad estructural adecuada frente a riesgos sísmicos, y ODS 12: Producción y consumo responsables, al optimizar el uso de hormigón mediante la incorporación de áridos ligeros como la perlita expandida. Esta medida reduce la presión sobre los recursos naturales y disminuye la huella ambiental asociada a la construcción.

### **4.2 Línea base ambiental**

Para determinar el impacto ambiental que conlleva el desarrollo del proyecto, se presentan las condiciones actuales del entorno circundante al predio donde se construirá la vivienda.

Se describen aquellos factores y elementos afectados por el proyecto, con base en la información del Plan de Ordenamiento Territorial Crucita 2024 (GAD Parroquial Crucita, 2024).

#### **4.2.1 Medio biofísico**

##### **4.2.1.1 Suelo**

El suelo donde se desarrollará el terreno se encuentra catalogado como terrazas indiferenciadas pertenecientes a rellenos antrópicos, con una topografía plana a casi plana y una altitud menor a 10 m.s.n.m. La zona colinda con la cuenca del río Portoviejo, que ocupa cerca del 45% del territorio de la parroquia y tiene su desembocadura hacia el Océano Pacífico en el norte de Crucita.

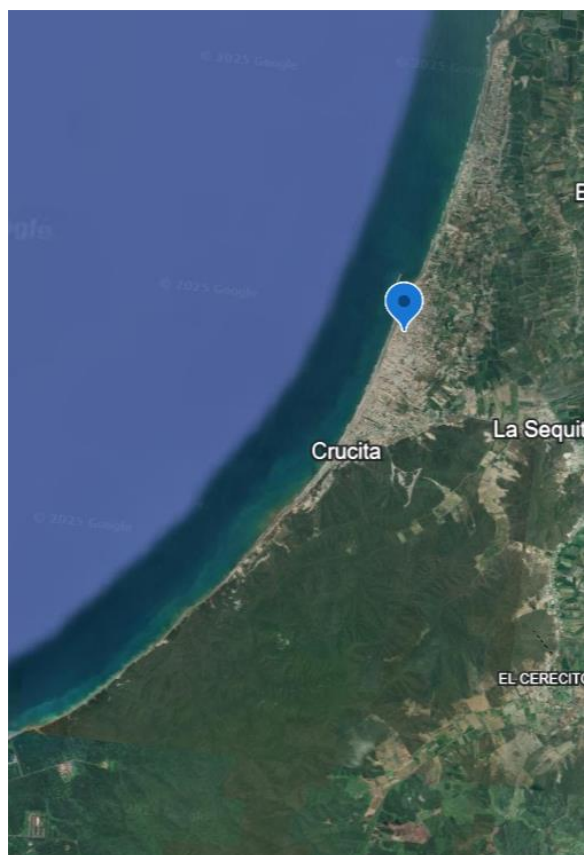
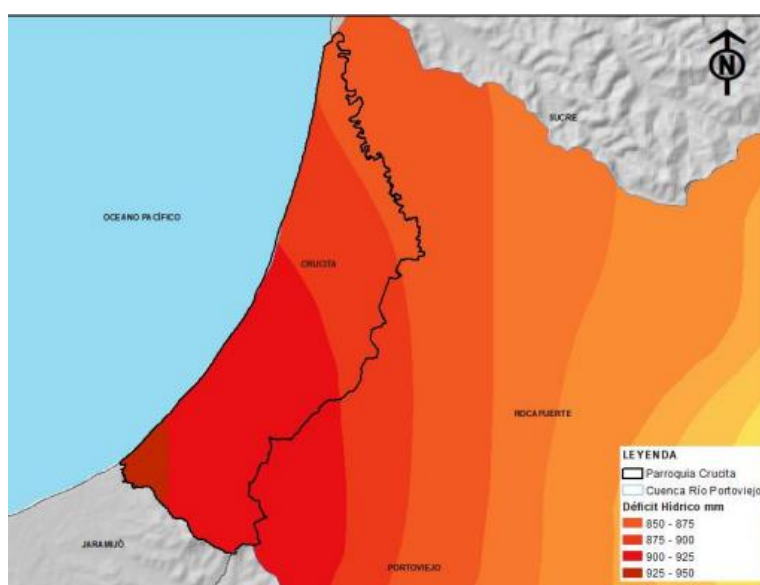
##### **4.2.1.2 Clima**

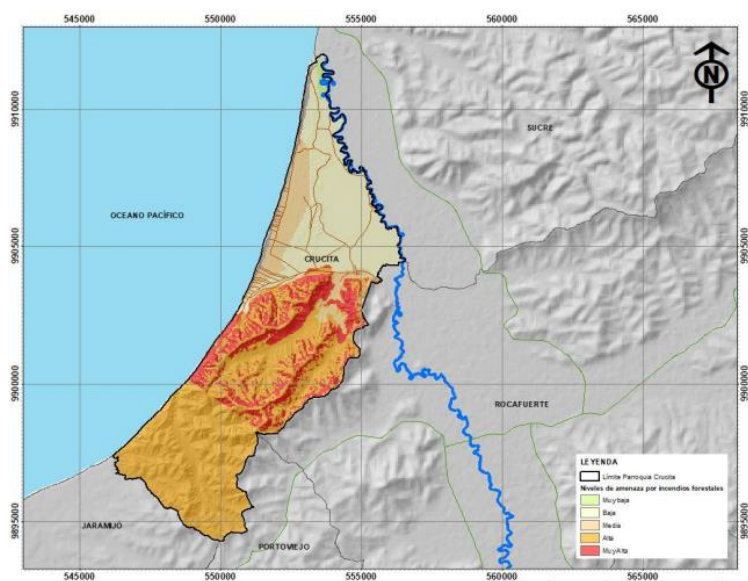
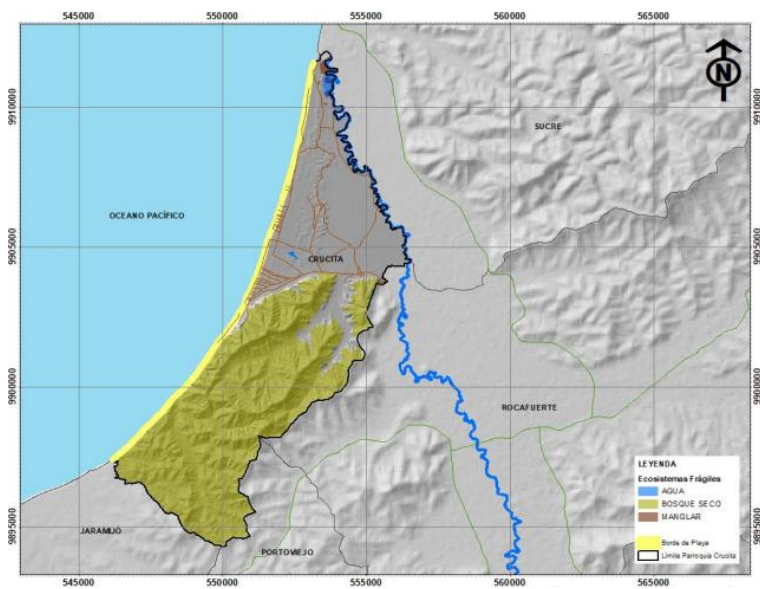
Los reportes indican que, durante la temporada invernal, el sector Los Arenales enfrenta déficits hídricos de entre 875 y 900mm [**Figura 75**], ocasionados por la turbidez del agua disponible.

En cuanto a amenazas naturales, el riesgo de inundación por lluvia es bajo; no obstante, la vulnerabilidad frente a inundaciones por tsunamis es de carácter medio-alto. La temperatura media anual oscila entre 24.1°C y 26°C, con susceptibilidad media a incendios forestales [**Figura 76**].

El entorno cercano no contiene extensiones de patrimonio forestal [**Figura 77**], aunque se evidencia presencia de aves marinas provenientes de la franja costera adyacente.



**Figura 74.***Ubicación del proyecto***Figura 75.***Mapa de estrés hídrico*

**Figura 76.***Mapa de susceptibilidad por incendios***Figura 77.***Mapa de ecosistemas frágiles*

## 4.2.2 Medio humano

### 4.2.2.1 Población

El uso de suelo del sector Los Arenales es índole rural y limita con las zonas cercanas a la costa, que forman parte de la cabecera parroquial [**Figura 78**]. Está subclasificado como suelo urbano no consolidado, haciéndolo apto para proyectos de desarrollo urbanístico.

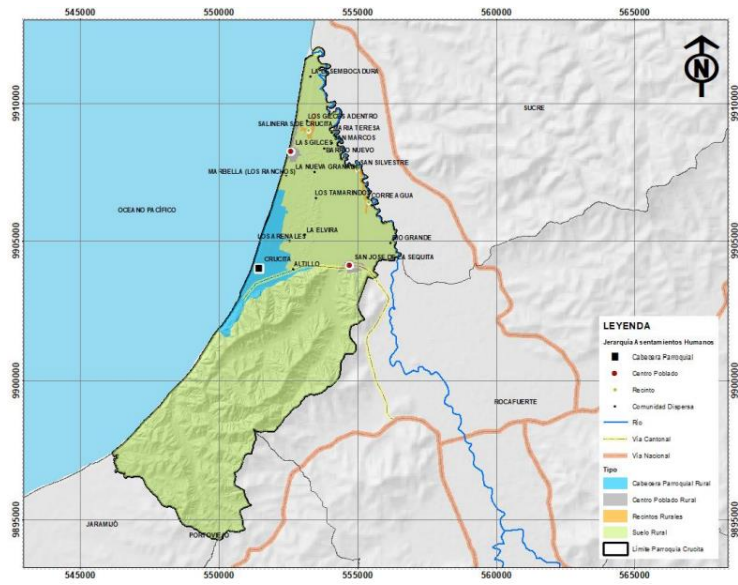
Según los datos del último censo de población y vivienda, realizado en 2022, solo el 26% de la población tiene acceso a infraestructura de alcantarillado sanitario, siendo que su cobertura se concentra cabecera parroquial [**Figura 79**], donde, además, existen usuarios desconectados del sistema público, que realizan sus descargas mediante pozos sépticos o directamente a cuerpos de agua. El suministro de agua potable está a cargo de la Empresa Pública de Aguas de Manta y abastece a un 29% de la parroquia, siendo inexistente en zonas rurales [**Figura 80**]. Por su parte, el servicio de aguas lluvias está focalizado en las avenidas principales del malecón de Crucita [**Figura 81**].

### 4.2.2.2 Socioeconómico

En términos socioeconómicos, el 49.41% de los hogares se encuentran en situación de pobreza y el 10.71% cruzan el umbral de extrema pobreza, reflejando la vulnerabilidad social del sector y la necesidad de proyectos habitacionales que garanticen seguridad estructural y acceso a condiciones de vida más digna.

#### **Figura 78.**

*Clasificación de asentamientos humanos*



**Figura 79.***Cobertura red de AA.PP.***Figura 80.***Cobertura red de AA.SS.***Figura 81.***Cobertura red de AA.LL.*

### 4.3 Actividades del proyecto

Se identificaron una serie de actividades que son susceptibles de ocasionar impactos ambientales, clasificándolas en función de la fase del proyecto donde tienen lugar:

- **Adquisición y Fabricación de Materiales**

1. **Explotación de canteras:** Extracción de áridos y componentes del cemento, generando alteración del suelo y paisaje.
2. **Ruidos en producción:** Uso de maquinarias pesadas en el transporte y desalojo de material, así como golpeteo de herramientas durante la construcción de la vivienda.
3. **Emisión de polvos y partículas:** Desprendimiento de partículas finas de cemento, arena y material de sitio durante la excavación con maquinaria pesada, y la fabricación de hormigón en concreteira.
4. **Consumo intensivo de agua:** Uso elevado de agua para la elaboración del hormigón.

- **Adecuación del terreno del proyecto**

1. **Desbroce y limpieza del terreno:** Retiro de vegetación natural y pérdida de cobertura vegetal.
2. **Excavación con maquinaria:** Generación de vibraciones
3. **Transporte y disposición de material:** Utilización de maquinaria pesada para la recolección y desalojo de material.

- **Construcción de Obra Gris:**

1. **Hormigonado de elementos estructurales:** Incremento de superficies impermeables y formación de islas de calor
2. **Desechos de encofrado:** Generación de residuos de madera por moldes temporales.

3. **Corte y doblado de acero:** Generación de residuos metálicos durante la elaboración de estribos.
4. **Curado de hormigón:** Elevado consumo de agua para el curado de elementos estructurales
5. **Limpieza de equipo y herramientas:** Vertido de aguas contaminadas con hormigón al suelo.

#### 4.4 Identificación de impactos ambientales

Se cuantificará el impacto ambiental a partir de un conjunto de variables asociadas a las repercusiones de las actividades expuestas previamente, con base a lo realizado por (Quimi & Sánchez, 2025):

**Tabla 4.1.**

*Variables de impacto ambiental*

| Variable       | Resultado    | Valor |
|----------------|--------------|-------|
| Efecto         | Indirecto    | 1     |
|                | Directo      | 2     |
| Presencia      | Mínima       | 1     |
|                | Notable      | 3     |
| Frecuencia     | Única        | 1     |
|                | Periódica    | 3     |
| Reversibilidad | Reversible   | 1     |
|                | Irreversible | 2     |
| Acumulación    | Simple       | 1     |
|                | Acumulativo  | 2     |

Con base en los valores estipulados, se desarrolló una matriz donde se ponderó y cuantificó el impacto ambiental de cada una:



**Tabla 4.2.***Matriz de ponderación de impacto ambiental*

| <b>Categoría</b>                        | <b>Actividad</b>                       | <b>Efecto</b> | <b>Presencia</b> | <b>Frecuencia</b> | <b>Reversibilidad</b> | <b>Acumulación</b> | <b>Puntaje</b> | <b>Impacto</b> |
|-----------------------------------------|----------------------------------------|---------------|------------------|-------------------|-----------------------|--------------------|----------------|----------------|
| Adquisición y fabricación de materiales | Explotación de canteras                | Indirecto     | Notable          | Única             | Irreversible          | Acumulativo        | 9              | Sensible       |
|                                         | Ruidos en producción                   | Directo       | Mínima           | Periódica         | Reversible            | Simple             | 8              | Controlado     |
|                                         | Emisión de polvos y partículas         | Directo       | Mínima           | Periódica         | Reversible            | Simple             | 8              | Controlado     |
|                                         | Consumo intensivo de agua              | Indirecto     | Notable          | Periódica         | Irreversible          | Acumulativo        | 11             | Restictivo     |
| Adecuación de terreno                   | Desbroce y limpieza de terreno         | Directo       | Notable          | Única             | Irreversible          | Simple             | 9              | Sensible       |
|                                         | Excavación con maquinaria              | Directo       | Notable          | Única             | Irreversible          | Simple             | 9              | Sensible       |
|                                         | Transporte y disposición de material   | Indirecto     | Mínima           | Única             | Reversible            | Simple             | 5              | Asimilable     |
| Construcción de obra gris               | Hormigonado de elementos estructurales | Directo       | Notable          | Única             | Irreversible          | Simple             | 9              | Sensible       |
|                                         | Desechos de encofrado                  | Indirecto     | Mínima           | Única             | Irreversible          | Simple             | 6              | Asimilable     |
|                                         | Corte y doblado de acero               | Indirecto     | Mínima           | Única             | Irreversible          | Simple             | 6              | Asimilable     |
|                                         | Curado de hormigón                     | Directo       | Mínima           | Única             | Irreversible          | Simple             | 7              | Controlado     |
|                                         | Limpieza de equipos y herramientas     | Directo       | Mínima           | Periódica         | Irreversible          | Acumulativo        | 11             | Restictivo     |

La matriz de ponderación es una herramienta fundamental en la cuantificación de la magnitud de los efectos generados por las diferentes actividades que componen el proyecto. Mediante ella, se diferencian las actividades que no representan un perjuicio significativo al estado actual del área, de aquellas que requieren un paquete de medidas de prevención y mitigación, enfocados en precautelar la estabilidad ambiental.

El análisis global determinó que el proyecto obtuvo una calificación de 8 puntos, clasificándolo como un proyecto de impacto ambiental Controlado. Esta categoría indica que su ejecución es viable, siempre que esté sujeta a la implementación de medidas preventivas y de gestión.

Se identificaron tres actividades con impacto Asimilable: Transporte y disposición de material, Desechos de encofrado y Corte y doblado de hormigón. Sus efectos son de carácter indirecto y presentan un alto grado de reversibilidad una vez concluida la fase constructiva.

De igual forma, las actividades generadoras de partículas en el ambiente y emisoras de ruidos fueron clasificadas bajo un impacto Controlado. Siendo un foco de interés para el desarrollo de estrategias de mitigación, mas no esperando que marquen permanentemente el estado ambiental del sector.

#### **4.5 Valoración de impactos ambientales**

A partir de las ponderaciones establecidas en la **Tabla 4.2**, calculadas mediante la suma aritmética del valor asociado a cada variable, se definieron cuatro categorías de impacto ambiental, que permitieron clasificar cada actividad del proyecto según su relevancia y necesidad de medidas de mitigación.

Esta categorización facilita identificar las actividades que requieren mayor atención y la implementación de planes de prevención, mitigación o restauración ambiental.

**Tabla 4.3.***Categorías de impacto*

| <b>Categoría de Impacto</b> | <b>Rango de Valor</b> | <b>Criterios</b>                                                                                                     |
|-----------------------------|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Asimilable                  | 5-6                   | No se presentan efectos negativos importantes.<br>Condiciones seguras.<br>Impacto positivo o muy bajo.               |
| Controlado                  | 7-8                   | Correcciones preventivas de bajo costo y dificultad<br>Impacto bajo control.                                         |
| Sensible                    | 9-10                  | Requiere planes de mitigación con monitoreo periódico.<br>Probabilidad de daño acumulativo o irreversible.           |
| Restictivo                  | 11-12                 | Impacto generalizado, persistente o muy grave.<br>Implica riesgos significativos para la salud o el entorno natural. |

Los resultados obtenidos indican que el mayor impacto ambiental, Restrictivo, proviene del consumo de agua, principalmente durante la fabricación de hormigón y el curado de elementos estructurales. Este aspecto es especialmente relevante debido a los déficits hídricos recurrentes en el sector y la proximidad del río Portoviejo, siendo un punto crítico de la gestión ambiental.

En segundo nivel de impacto, Sensible, se encuentran las actividades las actividades de extracción de recursos minerales y la limpieza y adecuación, junto con la generación y disposición de residuos asociados.

Como elemento favorable, el uso de HLAC permite disminuir la demanda de recursos naturales, al reducir el volumen de hormigón y acero necesarios y facilitar el uso de áridos

alternativos. Esto no elimina por completo las actividades extractivas, pero sí modera su intensidad y demanda de recursos.

#### **4.6 Medidas de prevención/mitigación**

En función de las actividades del proyecto identificadas con mayor impacto, se desarrollan estrategias orientadas a mitigar sus efectos y reducir las consecuencias ambientales. Las medidas propuestas se distribuyen según la fase del proyecto en que se implementan, principalmente en las etapas de diseño y construcción.

Debido a que los impactos más críticos están vinculados al proceso constructivo, gran parte de las estrategias requieren de la adquisición de servicios o insumos adicionales para su aplicación en obra.

**Tabla 4.4.***Medidas de mitigación y prevención de impactos ambiental*

| <b>Impacto ambiental</b>                            | <b>Medidas de mitigación/prevenición</b>                                                                  | <b>Fase de implementación</b> |
|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| Contaminación de agua por lavado de herramientas    | Instalación de estaciones portátiles de lavado para evitar infiltración de aguas contaminadas.            | Construcción                  |
| Consumo de agua en fabricación y curado de hormigón | Uso de aditivos reductores de agua y láminas impermeable para minimizar la evaporación durante el curado. | Diseño, Construcción          |
| Desbroce y extracción de material del terreno       | Reutilización del material para la creación de terrazas que permitan la restauración vegetal.             | Construcción                  |
| Formación de isla de calor                          | Plantación de árboles nativos alrededor del perímetro del terreno.                                        | Construcción                  |
| Explotación de canteras, ruidos y polvos            | Adquisición de hormigón a plantas especializadas y colado mediante camión mixer.                          | Diseño, Construcción          |

Gestionar adecuadamente el consumo de agua resulta esencial debido a la escasez del recurso en el sector. La instalación de estaciones portátiles para lavado de herramientas aísla la generación de aguas contaminadas en puntos controlados, facilitando su almacenamiento y tratamiento adecuado, evitando su infiltración en el suelo.

**Figura 82.***Estación de lavado móvil*

Nota: Extraído de [www.csrbuilding.com/es-de/products/tapetech-mws01-tt-mobile-wash-station-110v](http://www.csrbuilding.com/es-de/products/tapetech-mws01-tt-mobile-wash-station-110v)

El uso de láminas impermeables durante el curado de los elementos estructurales elimina la necesidad de riego constante, ya que crean una barrera que retiene la humedad necesaria para la hidratación del hormigón, reduciendo así el uso de agua adicional.

**Figura 83.***Curado con láminas de plástico*

Nota: Extraído de <https://www.cementosinka.com.pe/blog/fraguado-secado-y-curado-del-concreto>

Para minimizar los impactos asociados al desalojo y transporte de material, se propone reutilizar los residuos en la elaboración de terrazas o huertos caseros que permitan reintroducir vegetación endémica, mejorando la oxigenación el suelo y la absorción de aguas

lluvias, lo cual reduce la vulnerabilidad ante inundaciones. Esto, junto a la plantación de árboles nativos contribuye además a mitigar el efecto de isla de calor generado por la retención térmica del hormigón.

Figura 84.

*Ejemplo de huerto casero*



Nota: Extraído de [www.youtube.com/watch?v=9Jd104HnlGg](http://www.youtube.com/watch?v=9Jd104HnlGg)

**Figura 85.**

*Ejemplo de árboles en patio*



Nota: Extraído de <https://baumbad.es>

La adquisición de hormigón premezclado directamente de plantas industriales elimina los impactos generados por la fabricación en obra, tales como ruido, polvo y residuos. Este método asegura un control más riguroso de las propiedades del hormigón, crucial en hormigones especiales como el HLAC, donde pequeñas variaciones en la dosificación pueden dar lugar a cambios considerables en el producto final. Además, el colado mediante camión

mixer es la forma más eficiente de aplicar hormigones autocompactantes, pues el volumen de hormigón se vierte a un ritmo constante, sin la necesidad de rondas de fabricación y colocación, permitiendo una distribución homogénea del material.

**Figura 86.**

*Fundición de losa con hormigón autocompactante*



Nota: Extraído de <https://dehormigon.com.ar/hormigon-autocompactante>



## Capítulo 5

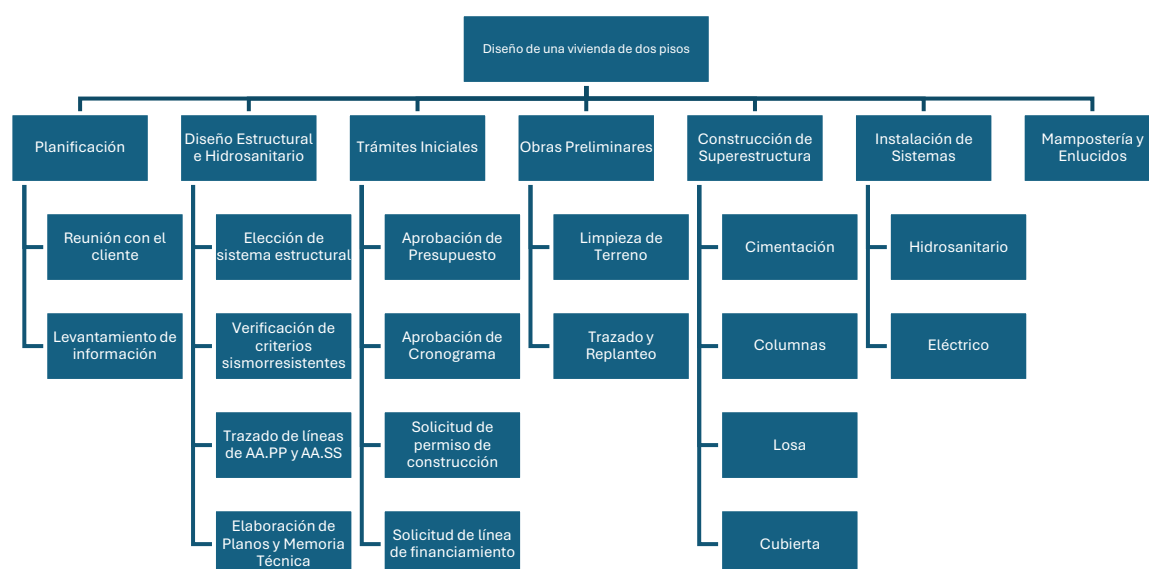
## 5. PRESUPUESTO

### 5.1 Estructura Desglosada de Trabajo

El desarrollo de un proyecto inmobiliario cuenta con una estructura de trabajo compuesta de actividades burocráticas y actividades en campo. Para mayor claridad, se presenta una distribución ordenada de la estructura de trabajo a seguir:

**Figura 87**

*Estructura Desglosada de Trabajo*



### 5.2 Especificaciones Técnicas

Se adjuntan las especificaciones técnicas de cada rubro en los Anexos, junto al Análisis de Precios Unitario (APU) correspondiente.

### 5.3 Rubros y análisis de precios unitarios

Se identificaron un total de treinta y dos rubros que conforman la limpieza previa del terreno, la construcción de obra gris, la instalación de redes de AA.PP, AA.SS y la limpieza final del terreno. El APU de cada rubro se realizó con base al precio actual de materiales de

construcción, herramientas y suplementos disponibles en proveedores locales como: Disensa, Diverzu, Kiwi y Metalhierro. Asimismo, se utilizaron marcas locales ampliamente aceptadas en la industria de la construcción.

La remuneración por hora de la Mano de Obra se obtuvo a partir de los Salarios Mínimos Sectoriales establecidos por la Cámara de la Industria de la Construcción (CAMICON, 2025) y se consideró el rendimiento con base a lo desarrollado por (Cedeño & Alcívar, 2023; Lascano, 2015; Quimi & Sánchez, 2025).

Cabe mencionar que, gracias a las propiedades autocompactantes del hormigón utilizado, se duplicó el rendimiento de la mano de obra en los rubros de elaboración de elementos estructurales, y también se disminuyó a la mitad el número de Peones necesarios, siguiendo las declaraciones del ACI PRC 237-07 (ACI Committee 237, 2007), de tal manera que su incorporación se vea reflejada en el costo final del proyecto.

**Tabla 5.1**

*Descripción de rubros para el APU*

| ITEM       | RUBRO                                                              | UNIDAD         |
|------------|--------------------------------------------------------------------|----------------|
| <b>1</b>   | <b>OBRAS CIVILES</b>                                               |                |
| <b>1.1</b> | <b>PRELIMINARES</b>                                                |                |
| 1.11       | Limpieza y desbroce del terreno                                    | m <sup>2</sup> |
| 1.12       | Trazado y replanteo                                                | m <sup>2</sup> |
| 1.13       | Relleno con material mejorado                                      | m <sup>3</sup> |
| 1.14       | Excavación de cimentación                                          | m <sup>3</sup> |
| 1.15       | Desalojo con maquinaria pesada                                     | m <sup>3</sup> |
| <b>1.2</b> | <b>ESTRUCTURA DE HORMIGÓN ARMADO</b>                               |                |
| 1.21       | Plinto aislado Hormigón e=300mm, incluye acero de refuerzo         | m <sup>3</sup> |
| 1.22       | Viga de cimentación 300x575mm, incluye acero de refuerzo           | ml             |
| 1.23       | Columnas 300x300mm, incluye acero de refuerzo                      | ml             |
| 1.24       | Losa nervada en dos direcciones e=200mm, incluye acero de refuerzo | m <sup>2</sup> |
| 1.25       | Ábacos 1500x1500mm, e=200m, incluye acero de refuerzo              | m <sup>2</sup> |
| <b>1.3</b> | <b>ALBAÑILERÍA</b>                                                 |                |
| 1.31       | Replanto/Contrapiso de hormigón e=80mm f'c=10MPa                   | m <sup>2</sup> |
| 1.32       | Mampostería de bloque 9x19x39cm                                    | m <sup>2</sup> |

|            |                                                                                                                     |                |
|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| 1.33       | Enlucido vertical y horizontal (Interior y Exterior)                                                                | m <sup>2</sup> |
| 1.34       | Masillado de losa de cubierta                                                                                       | m <sup>2</sup> |
| <b>2</b>   | <b>INSTALACIONES HIDROSANITARIAS</b>                                                                                |                |
| <b>2.1</b> | <b>AGUA POTABLE</b>                                                                                                 |                |
| 2.11       | Suministro e instalación de tuberías y accesorios de PVC, d = 3/4"                                                  | m              |
| 2.12       | Suministro e instalación de tuberías y accesorios de PVC, d = 1"                                                    | m              |
| 2.13       | Suministro e instalación de equipo de bomba PK65 (0.70CV); incluye accesorios y tanque hidroneumático de 40 Galones | u              |
| 2.14       | Inodoro y accesorios                                                                                                | u              |
| 2.15       | Ducha y accesorios                                                                                                  | u              |
| 2.16       | Lavamanos y accesorios                                                                                              | u              |
| 2.17       | Fregadero y accesorios                                                                                              | u              |
| 2.18       | Lavadero                                                                                                            | u              |
| 2.19       | Punto de AA.PP de 3/4"                                                                                              | u              |
| <b>2.2</b> | <b>AGUAS SERVIDAS</b>                                                                                               |                |
| 2.21       | Suministro e instalación de tubería PVC y accesorios, d=50mm                                                        | m              |
| 2.22       | Suministro e instalación de tubería PVC y accesorios, d=75mm                                                        | m              |
| 2.23       | Suministro e instalación de tubería PVC y accesorios, d=110mm                                                       | m              |
| 2.24       | Caja de inspección 40x40x40cm                                                                                       | u              |
| 2.25       | Adecuación e instalación de biotanco séptico 1200L para AA.SS                                                       | u              |
| 2.26       | Punto de AA.SS de 50mm                                                                                              | u              |
| 2.27       | Punto de AA.SS de 75mm                                                                                              | u              |
| 2.28       | Suministro e instalación de tubería de ventilación y accesorios, d=50mm                                             | m              |
| <b>4</b>   | <b>ADICIONALES/OBRAS EXTERIORES</b>                                                                                 |                |
| 4.01       | Limpieza final de obra                                                                                              | m <sup>2</sup> |

## 5.4 Cantidades de obra

Para la cuantificación de los materiales estructurales y del sistema hidrosanitario, se realizaron modelos usando software BIM. Estos modelos permiten calcular y tabular las longitudes, áreas, volúmenes y cantidades de los diferentes elementos estructurales, las líneas de AA.SS y AA.PP, así como los accesorios y los volúmenes de excavación.

En el apartado de Anexos se adjuntan las tablas utilizadas para el cálculo del costo total del proyecto.

**Tabla 5.2***Cantidades por rubro*

| ITEM     | RUBRO                                                                                                               | UNIDAD         | CANTIDAD |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|----------|
| <b>1</b> | <b>OBRAS CIVILES</b>                                                                                                |                |          |
| 1.1      | PRELIMINARES                                                                                                        |                |          |
| 1.11     | Limpieza y desbroce del terreno                                                                                     | m <sup>2</sup> | 245.61   |
| 1.12     | Trazado y replanteo                                                                                                 | m <sup>2</sup> | 119.70   |
| 1.13     | Relleno con material mejorado                                                                                       | m <sup>3</sup> | 47.88    |
| 1.14     | Excavación de cimentación                                                                                           | m <sup>3</sup> | 119.70   |
| 1.15     | Desalojo con maquinaria pesada                                                                                      | m <sup>3</sup> | 42.25    |
| 1.2      | ESTRUCTURA DE HORMIGÓN ARMADO                                                                                       |                |          |
| 1.21     | Plinto aislado Hormigón e=300mm, incluye acero de refuerzo                                                          | m <sup>3</sup> | 4.50     |
| 1.22     | Viga de cimentación 300x575mm, incluye acero de refuerzo                                                            | ml             | 82.01    |
| 1.23     | Columnas 300x300mm, incluye acero de refuerzo                                                                       | ml             | 107.40   |
| 1.24     | Losa nervada en dos direcciones e=200mm, incluye acero de refuerzo                                                  | m <sup>2</sup> | 93.90    |
| 1.25     | Ábacos 1500x1500mm, e=200m, incluye acero de refuerzo                                                               | m <sup>2</sup> | 59.95    |
| 1.3      | ALBAÑILERÍA                                                                                                         |                |          |
| 1.31     | Replanto/Contrapiso de hormigón e=80mm f'c=10MPa                                                                    | m <sup>2</sup> | 239.40   |
| 1.32     | Mampostería de bloque 9x19x39cm                                                                                     | m <sup>2</sup> | 594.40   |
| 1.33     | Enlucido vertical y horizontal (Interior y Exterior)                                                                | m <sup>2</sup> | 594.40   |
| 1.34     | Masillado de losa de cubierta                                                                                       | m <sup>2</sup> | 155.61   |
| <b>2</b> | <b>INSTALACIONES HIDROSANITARIAS</b>                                                                                |                |          |
| 2.1      | AGUA POTABLE                                                                                                        |                |          |
| 2.11     | Suministro e instalación de tuberías y accesorios de PVC, d = 3/4"                                                  | m              | 42.25    |
| 2.12     | Suministro e instalación de tuberías y accesorios de PVC, d = 1"                                                    | m              | 51.10    |
| 2.13     | Suministro e instalación de equipo de bomba PK65 (0.70CV); incluye accesorios y tanque hidroneumático de 40 Galones | u              | 1.00     |
| 2.14     | Inodoro y accesorios                                                                                                | u              | 6.00     |
| 2.15     | Ducha y accesorios                                                                                                  | u              | 6.00     |
| 2.16     | Lavamanos y accesorios                                                                                              | u              | 6.00     |
| 2.17     | Fregadero y accesorios                                                                                              | u              | 3.00     |
| 2.18     | Lavadero                                                                                                            | u              | 1.00     |
| 2.19     | Punto de AA.PP de 3/4"                                                                                              | u              | 22.00    |
| 2.2      | AGUAS SERVIDAS                                                                                                      |                |          |
| 2.21     | Suministro e instalación de tubería PVC y accesorios, d=50mm                                                        | m              | 11.18    |
| 2.22     | Suministro e instalación de tubería PVC y accesorios, d=75mm                                                        | m              | 39.19    |
| 2.23     | Suministro e instalación de tubería PVC y accesorios, d=110mm                                                       | m              | 27.10    |
| 2.24     | Caja de inspección 40x40x40cm                                                                                       | u              | 4.00     |

|          |                                                                         |                |        |
|----------|-------------------------------------------------------------------------|----------------|--------|
| 2.25     | Adecuación e instalación de biotank séptico 1200L para AA.SS            | u              | 1.00   |
| 2.26     | Punto de AA.SS de 50mm                                                  | u              | 6.00   |
| 2.27     | Punto de AA.SS de 75mm                                                  | u              | 16.00  |
| 2.28     | Suministro e instalación de tubería de ventilación y accesorios, d=50mm | m              | 11.50  |
| <b>4</b> | <b>ADICIONALES/OBRAS EXTERIORES</b>                                     |                |        |
| 4.01     | Limpieza final de obra                                                  | m <sup>2</sup> | 119.70 |

## 5.5 Costo del proyecto

Con el objetivo de obtener un costo lo más representativo a un proyecto completo de edificación residencial, se estimó el precio de los rubros que están fuera del alcance, a partir de proyectos con características similares. De esta manera, es posible realizar una comparativa en igualdad de condiciones.

**Tabla 5.3**

*Desglose del coste del proyecto por rubro*

| ITEM       | RUBRO                                                              | UNIDAD         | P.<br>UNITARIO | CANTIDAD | COSTO<br>TOTAL     |
|------------|--------------------------------------------------------------------|----------------|----------------|----------|--------------------|
| <b>1</b>   | <b>OBRAS CIVILES</b>                                               |                |                |          | <b>\$51,929.58</b> |
| <b>1.1</b> | <b>PRELIMINARES</b>                                                |                |                |          | <b>\$2,171.62</b>  |
| 1.11       | Limpieza y desbroce del terreno                                    | m <sup>2</sup> | \$1.58         | 245.61   | \$388.82           |
| 1.12       | Trazado y replanteo                                                | m <sup>2</sup> | \$0.63         | 119.70   | \$74.95            |
| 1.13       | Relleno con material mejorado                                      | m <sup>3</sup> | \$15.45        | 47.88    | \$739.64           |
| 1.14       | Excavación de cimentación                                          | m <sup>3</sup> | \$6.25         | 119.70   | \$747.54           |
| 1.15       | Desalojo con maquinaria pesada                                     | m <sup>3</sup> | \$5.22         | 42.25    | \$220.67           |
| <b>1.2</b> | <b>ESTRUCTURA DE HORMIGÓN ARMADO</b>                               |                |                |          | <b>\$29,127.70</b> |
| 1.21       | Plinto aislado Hormigón e=300mm, incluye acero de refuerzo         | m <sup>3</sup> | \$227.28       | 4.50     | \$1,022.77         |
| 1.22       | Viga de cimentación 300x575mm, incluye acero de refuerzo           | ml             | \$110.55       | 82.01    | \$9,066.61         |
| 1.23       | Columnas 300x300mm, incluye acero de refuerzo                      | ml             | \$65.73        | 107.40   | \$7,059.64         |
| 1.24       | Losa nervada en dos direcciones e=200mm, incluye acero de refuerzo | m <sup>2</sup> | \$77.15        | 93.90    | \$7,244.33         |
| 1.25       | Ábacos 1500x1500mm, e=200m, incluye acero de refuerzo              | m <sup>2</sup> | \$78.97        | 59.95    | \$4,734.36         |
| <b>1.3</b> | <b>ALBAÑILERÍA</b>                                                 |                |                |          | <b>\$20,630.26</b> |

|                          |                                                                                                                     |                |          |             |                   |
|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|----------|-------------|-------------------|
| 1.31                     | Replanto/Contrapiso de hormigón e=80mm<br>f <sub>c</sub> =10MPa                                                     | m <sup>2</sup> | \$13.76  | 239.40      | \$3,295.04        |
| 1.32                     | Mampostería de bloque 9x19x39cm                                                                                     | m <sup>2</sup> | \$16.83  | 594.40      | \$10,004.87       |
| 1.33                     | Enlucido vertical y horizontal (Interior y Exterior)                                                                | m <sup>2</sup> | \$9.40   | 594.40      | \$5,587.93        |
| 1.34                     | Masillado de losa de cubierta                                                                                       | m <sup>2</sup> | \$11.20  | 155.61      | \$1,742.42        |
| <b>2</b>                 | <b>INSTALACIONES HIDROSANITARIAS</b>                                                                                |                |          |             | <b>\$5,048.91</b> |
| <b>2.1</b>               | <b>AGUA POTABLE</b>                                                                                                 |                |          |             | <b>\$2,135.62</b> |
| 2.11                     | Suministro e instalación de tuberías y accesorios de PVC, d = 3/4"                                                  | m              | \$5.82   | 42.25       | \$245.84          |
| 2.12                     | Suministro e instalación de tuberías y accesorios de PVC, d = 1"                                                    | m              | \$7.03   | 51.10       | \$359.18          |
| 2.13                     | Suministro e instalación de equipo de bomba PK65 (0.70CV); incluye accesorios y tanque hidroneumático de 40 Galones | u              | \$351.56 | 1.00        | \$351.56          |
| 2.14                     | Inodoro y accesorios                                                                                                | u              | \$75.08  | 6.00        | \$450.49          |
| 2.15                     | Ducha y accesorios                                                                                                  | u              | \$19.51  | 6.00        | \$117.08          |
| 2.16                     | Lavamanos y accesorios                                                                                              | u              | \$34.56  | 6.00        | \$207.35          |
| 2.17                     | Fregadero y accesorios                                                                                              | u              | \$25.70  | 3.00        | \$77.09           |
| 2.18                     | Lavadero                                                                                                            | u              | \$19.51  | 1.00        | \$19.51           |
| 2.19                     | Punto de AA.PP de 3/4"                                                                                              | u              | \$13.98  | 22.00       | \$307.51          |
| 2.2                      | AGUAS SERVIDAS                                                                                                      |                |          |             | \$1,962.02        |
| 2.21                     | Suministro e instalación de tubería PVC y accesorios, d=50mm                                                        | m              | \$6.32   | 11.18       | \$70.68           |
| 2.22                     | Suministro e instalación de tubería PVC y accesorios, d=75mm                                                        | m              | \$11.43  | 39.19       | \$447.97          |
| 2.23                     | Suministro e instalación de tubería PVC y accesorios, d=110mm                                                       | m              | \$16.72  | 27.10       | \$453.24          |
| 2.24                     | Caja de inspección 40x40x40cm                                                                                       | u              | \$32.37  | 4.00        | \$129.47          |
| 2.25                     | Adecuación e instalación de biotanco séptico 1200L para AA.SS                                                       | u              | \$586.04 | 1.00        | \$586.04          |
| 2.26                     | Punto de AA.SS de 50mm                                                                                              | u              | \$7.29   | 6.00        | \$43.72           |
| 2.27                     | Punto de AA.SS de 75mm                                                                                              | u              | \$9.82   | 16.00       | \$157.05          |
| 2.28                     | Suministro e instalación de tubería de ventilación y accesorios, d=50mm                                             | m              | \$6.42   | 11.50       | \$73.87           |
| <b>2.3</b>               | <b>AGUAS LLUVIAS</b>                                                                                                |                |          |             | <b>\$951.27</b>   |
| <b>3</b>                 | <b>INSTALACIONES ELÉCTRICAS</b>                                                                                     |                |          |             | <b>\$5,287.15</b> |
| <b>4</b>                 | <b>ADICIONALES/OBRAS EXTERIORES</b>                                                                                 |                |          |             | <b>\$2,076.34</b> |
| 4.01                     | Limpieza final de obra                                                                                              | m <sup>2</sup> | \$17.35  | 119.70      | \$2,076.34        |
| TOTAL                    |                                                                                                                     |                |          | \$64,341.98 |                   |
| COSTO POR METRO CUADRADO |                                                                                                                     |                |          | \$233.71    |                   |

Asimismo, se presenta una tabla resumen de los costos por categoría:

**Tabla 5.4**

*Desglose del costo del proyecto por categoría*

| ITEM | RUBRO                         | COSTO TOTAL | COSTO<br>POR M2 |
|------|-------------------------------|-------------|-----------------|
| 1    | OBRAS CIVILES                 | \$61,405.14 | \$188.62        |
| 2    | INSTALACIONES HIDROSANITARIAS | \$5,048.91  | \$18.34         |
| 3    | INSTALACIONES ELÉCTRICAS      | \$5,287.15  | \$19.20         |
| 4    | ADICIONALES/OBRAS EXTERIORES  | \$2,076.34  | \$7.54          |
|      | TOTAL                         | \$64,341.98 |                 |
|      | COSTO POR METRO CUADRADO      | \$233.71    |                 |

Para poner en perspectiva el costo obtenido, se tiene que, los proyectos de edificaciones residenciales de dos plantas por (Alemán & Santana, 2024; Cedeño & Alcívar, 2023) tienen un precio de 512.92 y 553.62 dólares por metro cuadro, respectivamente; considerando las mismas categorías de la **Tabla 5.4**.

Estos proyectos son, en promedio, más del doble de costosos que el presente, a pesar de tener lugar bajo condiciones similares.

## 5.6 Cronograma de obra

Se presenta el Diagrama de Gantt detallando las diferentes actividades, su duración estimada y la secuencia que siguen:



Figura 88

Cronograma estimado de actividades



## **Capítulo 6**

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 Conclusiones

Con base en el proceso analizado y los resultados del presente proyecto, se llega a las siguientes conclusiones:

- Las mezclas de hormigón H-4 y HF-3, con un porcentaje de reemplazo de árido fino del 32% y 36%, utilizadas para el análisis, cumplieron satisfactoriamente los criterios para ser catalogadas como hormigones estructurales autocompactantes de peso ligero, al poseer resistencias a la compresión mayores a 17MPa luego de 28 días, diámetros de escurrimiento entre 660-750mm y densidades cercanas a  $1960 \frac{kg}{m^3}$ . Siendo, además, adecuado su uso en columnas y losas según los criterios de la GEHA (SCCEPG, 2005).
- El análisis mediante software de modelado estructural indicó que la incorporación de HLAC en el proyecto reduce en un 16% las demandas sísmicas y gravitacionales respecto al uso de Hormigón Convencional, permitiendo que la edificación cumpla los requerimientos de resistencia mecánica y comportamiento estructural de la NEC15 y ACI318-19, decantando en elementos con secciones homogéneas y de dimensiones cercanas o iguales a las mínimas reglamentarias.
- La elección del sistema estructural de losa nervada en dos direcciones sin vigas de borde, apoyada sobre columnas con ábacos, optimizó el uso de acero de refuerzo, concentrándolo en zonas donde las demandas estructurales lo requieren; lo cual, en conjunto con una sección de espesor constante generan un escenario donde la propiedad autocompactante del HLAC resulta en la disminución de la mano de obra y el tiempo de colado.

- El uso de HLAC en concordancia con un sistema estructural adecuado permitió obtener un costo de obra gris (estructura, instalaciones hidrosanitarias e instalaciones eléctricas) de \$233.71 por metro cuadrado, reduciendo los costos en un 65% con respecto a la mediana portovejense de \$765/m<sup>2</sup>.
- Se diseñó una red de instalaciones sanitarias y de agua potable que cumple con los requerimientos establecidos por la NEC11-NHE, garantizando el abastecimiento y salubridad a los habitantes. Dado el bajo alcance de la red de alcantarillado local se incorporó un biotanco séptico de 1200L, sirviendo como una alternativa a las fosas sépticas.

## 6.2 Recomendaciones

Con la finalidad de profundizar en el estudio del HLAC se recomienda:

- Realizar un análisis mecánico y estructural para estructuras superiores a tres plantas, de manera que se estudien los efectos de este hormigón en edificaciones con diferente tipología (muros portantes, vigas peraltadas, losas macizas, etc.) cuantificando la reducción de carga resultante y sus implicaciones en el diseño estructural de elementos.
- Incorporar análisis de durabilidad y ciclo de vida en estructuras que utilicen HLAC de manera que se investigue su comportamiento a largo plazo y se analice el desarrollo de los efectos de carbonatación y des-pasivación del acero producto de la porosidad intrínseca en hormigones ligeros, determinando la viabilidad de su uso en estructuras con elevada vida útil.
- Incorporar la toma de datos en campo sobre la eficiencia real obtenida con el uso de HLAC y la cantidad de mano de obra necesaria para el fundido de elementos estructurales, comparándolos con la información existente y generando tablas de rendimiento adecuadas a las condiciones de construcción local.
- Optimizar las mezclas de HLAC con el objetivo de desarrollar dosificaciones con diferentes resistencias a la compresión, manteniendo constante la baja densidad y la capacidad autocompactante.

## 7. REFERENCES

- Acevedo-De-los-Ríos, A., Chumpitaz-Requena, F. R., Rondinel-Oviedo, D. R., Cárdenas-Mamani, Ú., & Redondo, J. M. (2025). Exploring the urban systemic scenarios of improving socioecological conditions in an informal settlement of a developing country with a system dynamics model. *Environmental Science & Policy*, 169, 104079. <https://doi.org/10.1016/J.ENVSCI.2025.104079>
- ACI Committee 237. (2007). *ACI PRC-237-07 Self-Consolidating Concrete*. [https://www.concrete.org/store/productdetail.aspx?ItemID=23707&Format=DOWNLOAD&Language=English&Units=US\\_AND\\_METRIC](https://www.concrete.org/store/productdetail.aspx?ItemID=23707&Format=DOWNLOAD&Language=English&Units=US_AND_METRIC)
- ACI Committee 301. (2010). 301S-10: Specifications for Structural Concrete (Spanish). In *Technical Documents*.
- ACI Committee 318. (2014). *ACI CODE-318-14: Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary*.
- Agrawal, Y., Gupta, T., Sharma, R., Panwar, N. L., & Siddique, S. (2021). A Comprehensive Review on the Performance of Structural Lightweight Aggregate Concrete for Sustainable Construction. *Construction Materials 2021, Vol. 1, Pages 39-62, 1(1)*, 39–62. <https://doi.org/10.3390/CONSTRMATER1010003>
- Aguiar, R. (2010). Peligrosidad sísmica del Ecuador y descripción de los puentes contruidos sobre el estuario del río Esmeraldas, con aisladores de base FPS. *Revista Internacional de Ingeniería de Estructuras*, 15(1), 85–118.
- Alabdulkarim, A., El-Sayed, A. K., Alsaif, A. S., Fares, G., & Alhozaimy, A. M. (2024). Behavior of Lightweight Self-Compacting Concrete with Recycled Tire Steel Fibers. *Buildings*, 14(8). <https://doi.org/10.3390/buildings14082463>

- Alemán, J., & Santana, M. (2024). *Diseño de Vivienda de Dos Pisos en San Pablo: Implementación de BIM* [Proyecto Integrador]. Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- Aung, W. Y., Gautam, S., & Gautam, D. (2025). Damage mechanisms and seismic vulnerability of building structures following the 2025 M 7.7 Mandalay earthquake sequence, Myanmar. *Engineering Failure Analysis*, 180, 109849.  
<https://doi.org/10.1016/J.ENGFAILANAL.2025.109849>
- Bahmani, H., & Mostofinejad, D. (2025). Innovative fiber-reinforced self-compacting concrete using activated slag from sugar factory lime waste. *Case Studies in Construction Materials*, 22, e04752. <https://doi.org/10.1016/J.CSCM.2025.E04752>
- Bakhshi, M., Dalalbashi, A., & Soheili, H. (2023). Energy dissipation capacity of an optimized structural lightweight perlite concrete. *Construction and Building Materials*, 389, 131765.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.131765>
- Bakhshi, M., Soheili, H., & Dalalbashi, A. (2023). Optimization of a structural lightweight fiber-reinforced concrete for best performance under impact loading. *Cement and Concrete Composites*, 136, 104875.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2022.104875>
- Barragán, J. M., & De Andrés, M. (2016). Expansión urbana en las áreas litorales de América Latina y Caribe. *Revista de Geografía Norte Grande*, 64, 129–149.
- CAMICON. (2025). *Salarios Mínimos Sectoriales 2025*. Cámara de la Industria de la Construcción. <https://camicon.ec/web/download/salarios-minimos-sectoriales-camicon-2025>

- Cedeño, A., & Alcívar, J. (2023). *Diseño estructural sismorresistente e instalaciones hidrosanitarias y eléctricas de una vivienda en San Clemente-Manabí* [Proyecto Integrador]. Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- Compte, F. (2022). Inicios de la industria cementera en Ecuador. *Actas Del Duodécimo Congreso Nacional y Cuarto Congreso Internacional Hispanoamericano de Historia de La Construcción*, 259–267.  
<https://sedhc.es/biblioteca/actas/Compte.Florencio.pdf>
- GAD Parroquial Crucita. (2024). *Crucita 2030: Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial*. [https://gadcrucita.gob.ec/wp-content/uploads/2025/03/Version\\_Ultima\\_PDOT\\_Crucita\\_2030-ANO-2024-fusionado-1-signed-signed-2.pdf](https://gadcrucita.gob.ec/wp-content/uploads/2025/03/Version_Ultima_PDOT_Crucita_2030-ANO-2024-fusionado-1-signed-signed-2.pdf)
- Gatica, V. (2012). *Respuesta sísmica de un edificio de estructura metálica con aisladores. Alternativas de diseño* [Universidad Politécnica de Madrid].  
[https://oa.upm.es/13787/1/Tesis\\_master\\_Victor\\_Gatica\\_Lagos.pdf](https://oa.upm.es/13787/1/Tesis_master_Victor_Gatica_Lagos.pdf)
- Guía Para Las Especificaciones Técnicas Del Hormigón -Serie Guías Eurocódigos (2023). <https://cvp.mitma.gob.es>
- Herrera Garibay, A., de Wit, P., Eleazar, L., Jordán Bucheli, F., Norfolk, S., Sánchez Mena, R., Shafi, S. A., & Energy and Tenure Division. (2010). *Land tenure and natural disasters Addressing land tenure in countries prone to natural disasters* (1st ed.). Food and Agriculture Organization of the United Nations.  
<https://openknowledge.fao.org/items/f6abc811-d4d9-471c-a6f5-96208eae5c1d>
- Hidalgo-Palacios, B. (2022). Terremoto del 16 de abril de 2016 en Ecuador:calidad de la construcción y reforzamiento en Portoviejo cinco años después. *Dominio de Las Ciencias*, 8(2), 961–990.  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8638031>



Ibrahim, M., Ahmad, A., Barry, M. S., Alhems, L. M., & Mohamed Suhoothi, A. C.

(2020). Durability of Structural Lightweight Concrete Containing Expanded Perlite Aggregate. *International Journal of Concrete Structures and Materials*, 14(1), 50.

<https://doi.org/10.1186/s40069-020-00425-w>

Inostroza, L. (2017). Informal urban development in Latin American urban peripheries.

Spatial assessment in Bogotá, Lima and Santiago de Chile. *Landscape and Urban Planning*, 165, 267–279. <https://doi.org/10.1016/J.LANDURBPLAN.2016.03.021>

Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC). (2024). *Boletín Técnico N°2-2024-ESED: Estadística de Edificaciones (ESED) 2023*.

<https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web->

[inec/Estadisticas\\_Economicas/Encuesta\\_Edificaciones/2023/anual/2.2023\\_ESED\\_Principales\\_resultados.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Economicas/Encuesta_Edificaciones/2023/anual/2.2023_ESED_Principales_resultados.pdf)

Jaitman, L. (2015). Urban infrastructure in Latin America and the Caribbean: public policy priorities. *Latin American Economic Review*, 24(1), 13.

<https://doi.org/10.1007/s40503-015-0027-5>

Julián, C., Hugo, H.-B., & Astrid, R.-F. (2014). Analysis of the Earthquake-Resistant Design Approach for Buildings in Mexico. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, 15(1), 151–162. [https://doi.org/10.1016/S1405-7743\(15\)30013-5](https://doi.org/10.1016/S1405-7743(15)30013-5)

Kim, H., Hong, J., & Pyo, S. (2018). Acoustic characteristics of sound absorbable high performance concrete. *Applied Acoustics*, 138, 171–178.

<https://doi.org/10.1016/J.APACOUST.2018.04.002>

Kumar, P., Pasla, D., & Jothi Saravanan, T. (2023). Self-compacting lightweight aggregate concrete and its properties: A review. *Construction and Building Materials*, 375, 130861.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.130861>

- Lascano, M. (2015). *Rendimiento de mano de obra de los principales rubros: comprobación real en el sitio de obra*. [Trabajo de Titulación]. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.
- Mashi, S. A., Inkani, A. I., Jenkwe, E. D., & Momoh, M. (2025). Managing climate change risks in urban areas: determinants of climate change responses by informal settlement dwellers. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 104004. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.pce.2025.104004>
- Mendoza, J. G., & Vanga, M. G. (2020). Realidad y expectativa sobre la construcción sostenible en Ecuador. *Revista San Gregorio*, 197–209. <https://doi.org/https://doi.org/10.36097/rsan.v1i43.1116>
- MIDUVI. (2014). Norma Ecuatoriana de la Construcción: Hormigón Armado. In *Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivenda*. <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/documentos-normativos-nec-norma-ecuatoriana-de-la-construccion>.
- Moncayo Theurer, M., Velasco, G., Mora, C., Montenegro, M., & Cordova, J. (2017). Terremotos mayores a 6.5 en escala Richter ocurridos en Ecuador desde 1900 hasta 1970. *Ingeniería*, 21(2), 55–64. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46753192005>
- Mousa, A., Mahgoub, M., & Hussein, M. (2018). Lightweight concrete in America: presence and challenges. *Sustainable Production and Consumption*, 15, 131–144. <https://doi.org/10.1016/J.SPC.2018.06.007>
- Navarrete, I., & Vargas, F. (2024). *Nuevos áridos para la construcción: hacia una economía circular para una industria más sustentable y una infraestructura más resiliente*. <https://politicaspUBLICAS.uc.cl/publicacion/nuevos-aridos-para-la->

construccion-hacia-una-economia-circular-para-una-industria-mas-sustentable-y-una-infraestructura-mas-resiliente/

- Osfouri, M., Ibrahim, J.-E. F. M., Sambucci, M., Valente, M., Tirillò, J., & Andrea, S. (2025). Sustainable structural lightweight concrete containing foam glass aggregates. *Journal of Building Engineering*, 104, 112270. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2025.112270>
- Quimi, S., & Sánchez, J. (2025). *Diseño de una vivienda de uso residencial de 2 pisos con miras a ampliación vertical de un piso más. Estructura mixta de hormigón armado y acero estructural*. [Proyecto Integrador]. Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- Quinotoa, J. (2022). *Evolución histórica de las normativas de diseño sismo resistente en América Latina. Casos de estudio: Colombia, Ecuador, Perú y Chile* [Proyecto de investigación previo a la obtención del título de Ingeniero Civil]. Universidad Nacional de Chimborazo.
- Ramírez Ordóñez, G. A., & Salazar Narváez, Lady V. (2009, October 5). *Hormigones de alto desempeño, caso de estudio: hormigón autocompactante*. <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/7618>
- Ramzi Hannan, N. I. R., Shahidan, S., Ali, N., Bunnori, N. M., Mohd Zuki, S. S., & Wan Ibrahim, M. H. (2020). Acoustic and non-acoustic performance of coal bottom ash concrete as sound absorber for wall concrete. *Case Studies in Construction Materials*, 13, e00399. <https://doi.org/10.1016/J.CSCM.2020.E00399>
- Rasekh, H., Joshaghani, A., Jahandari, S., Aslani, F., & Ghodrat, M. (2020). 2 - Rheology and workability of SCC. In R. Siddique (Ed.), *Self-Compacting Concrete: Materials, Properties and Applications* (pp. 31–63). Woodhead Publishing. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817369-5.00002-7>

- Sánchez-Cortez, J. L., & Simbaña-Tasiguano, M. (2024). Terremoto del 16 de abril de 2016 en Ecuador: Una visión general de los acontecimientos y lecciones aprendidas. *Revista de Estudios Latinoamericanos Sobre Reduccion Del Riesgo de Desastres*, 8(2), 83 – 98. <https://doi.org/10.55467/reder.v8i2.159>
- SCCEPG. (2005). *The European Guideline for Self-Compacting Concrete*. <https://www.efca.info/download/european-guidelines-for-self-compacting-concrete-scc>.
- Secretaría Nacional de Planificación. (n.d.). *Objetivos de Desarrollo Sostenible en Ecuador*. Retrieved June 19, 2025, from <https://www.odsecuador.ec/?p=819>
- Shahzada, K., Haq, I. U., Noor, U. A., & Xu, Z.-D. (2025). Seismic vulnerability assessment of buildings in high-risk areas: A modified rapid visual screening approach in Pakistan. *Journal of Dynamic Disasters*, 1(3), 100018. <https://doi.org/10.1016/J.JDD.2025.100018>
- Sonebi, M., & Yahia, A. (2020). 1 - Mix design procedure, tests, and standards. In R. Siddique (Ed.), *Self-Compacting Concrete: Materials, Properties and Applications* (pp. 1–30). Woodhead Publishing. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817369-5.00001-5>
- Ting, T. Z. H., Rahman, M. E., Lau, H. H., & Ting, M. Z. Y. (2019). Recent development and perspective of lightweight aggregates based self-compacting concrete. *Construction and Building Materials*, 201, 763–777. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.12.128>
- Ugalde, J. (2025, May 6). *Manabí tiene la segunda tasa de subempleo más alta de Ecuador tras Santa Elena*. El Diario. <https://www.eldiario.ec/manabi-tiene-la-segunda-tasa-de-subempleo-mas-alta-de-ecuador-20250506/>

United Nations Department of Economic and Social Affairs. (2024). *The Sustainable Development Goals Report 2024*. United Nations.

<https://doi.org/10.18356/9789213589755>

Yepes-Estrada, C., Acevedo, A. B., Pérez, H., García, N., Prieto, A., & Calderón, A.

(2025). Understanding seismic risk in Santiago de Cali (Colombia) for its application in risk management. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 123, 105485. <https://doi.org/10.1016/J.IJDRR.2025.105485>

Yepez, V. (2024, July 25). *Fabricación y puesta en obra del hormigón*

*autocompactante*. <https://Victoryepes.Blogs.Upv.Es>.

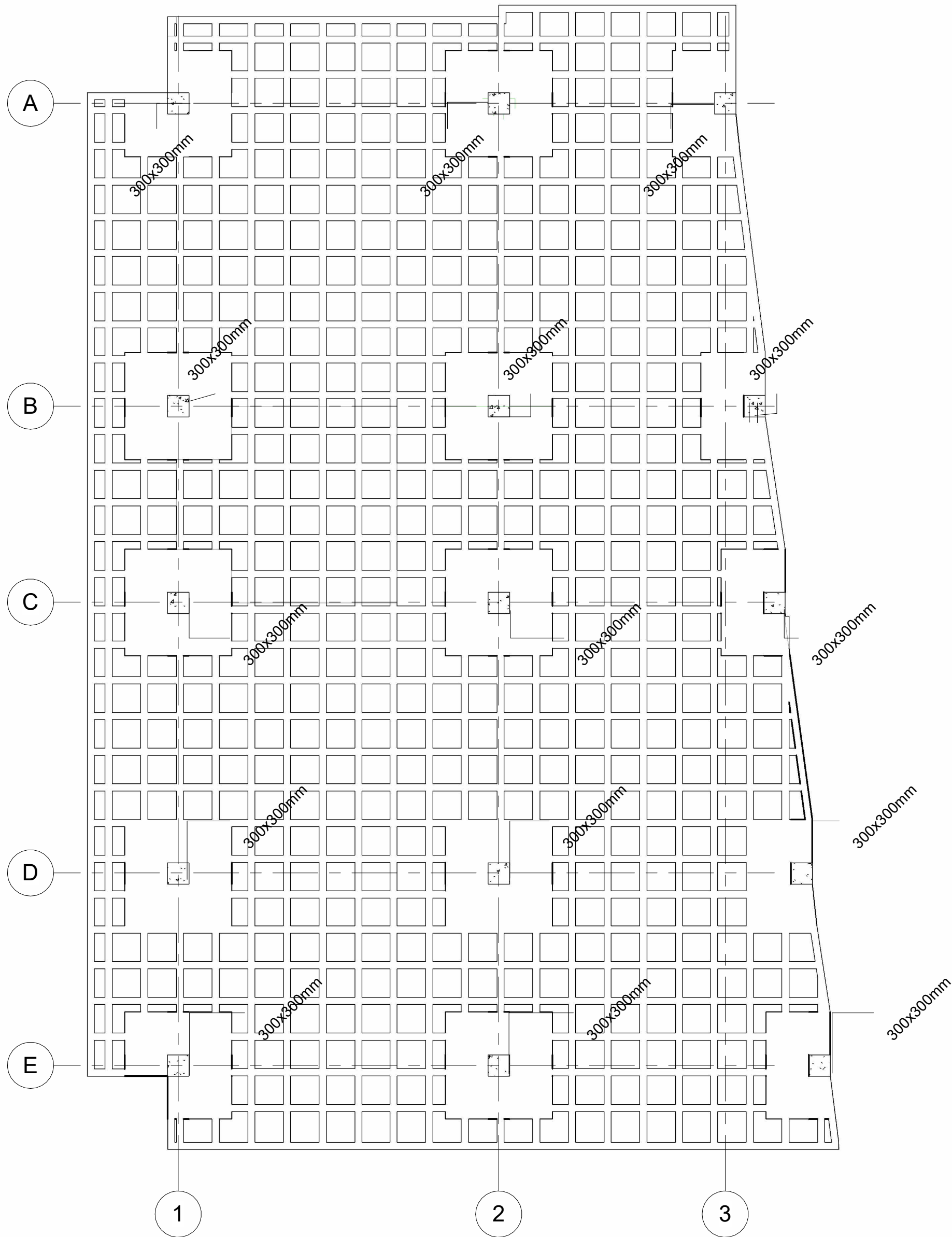
<https://victoryepes.blogs.upv.es/2024/07/25/fabricacion-y-puesta-en-obra-del-hormigon-autocompactante/>

Zhang, Z., Provis, J. L., Reid, A., & Wang, H. (2015). Mechanical, thermal insulation, thermal resistance and acoustic absorption properties of geopolymer foam concrete. *Cement and Concrete Composites*, 62, 97–105.

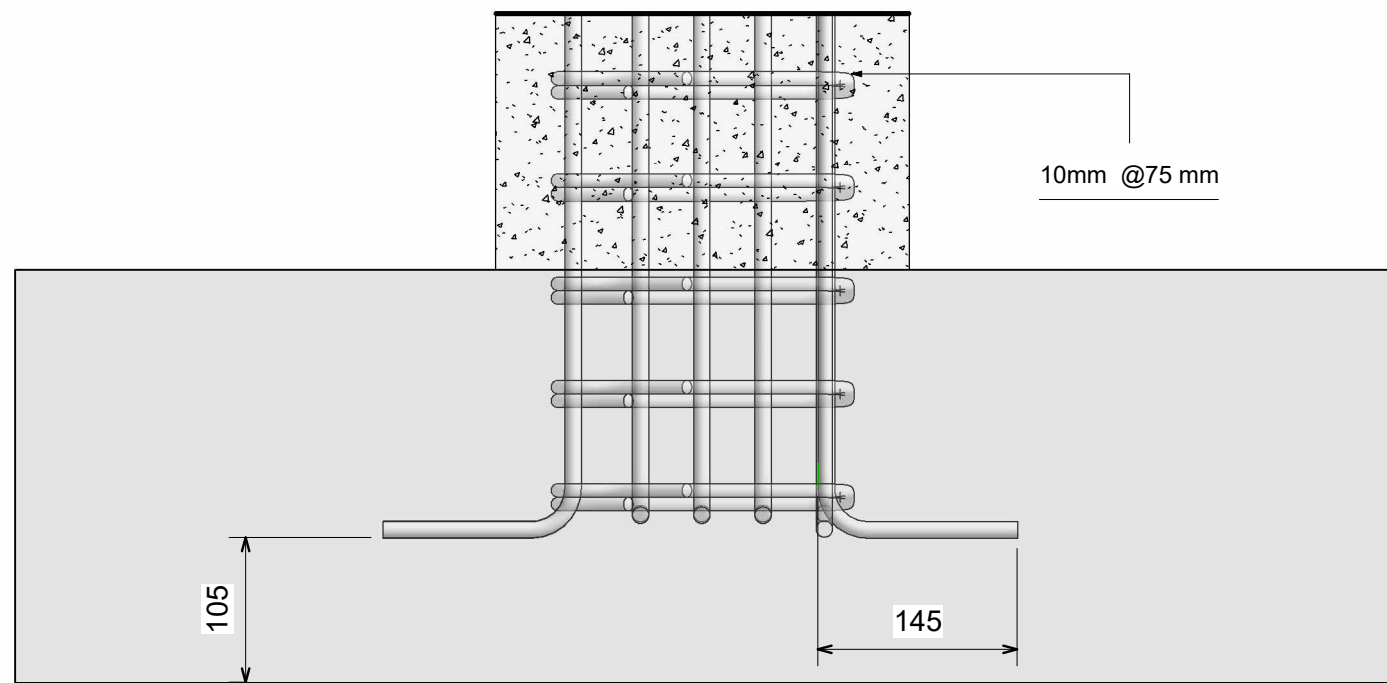
<https://doi.org/10.1016/J.CEMCONCOMP.2015.03.013>

# **PLANOS Y ANEXOS**

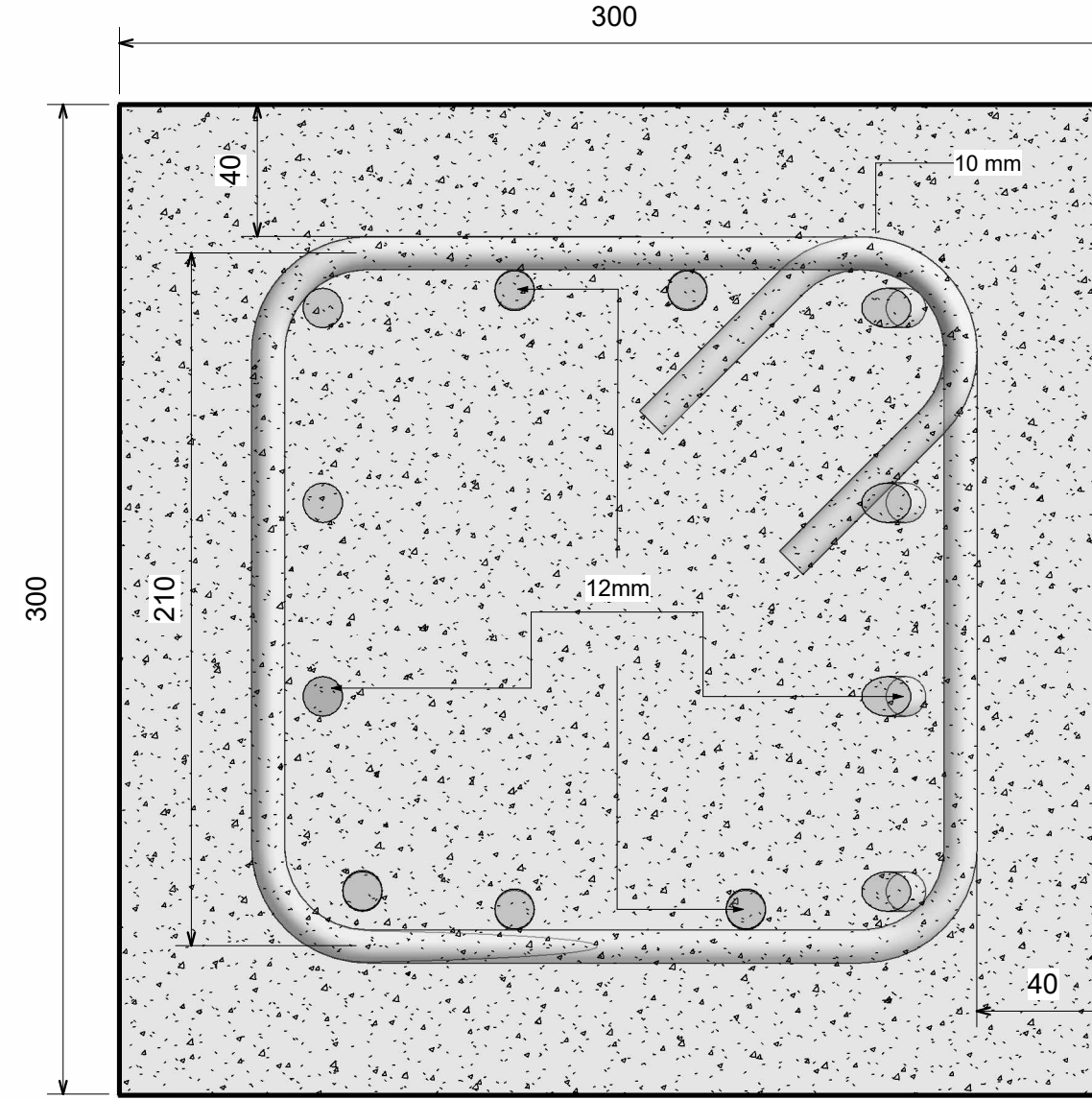




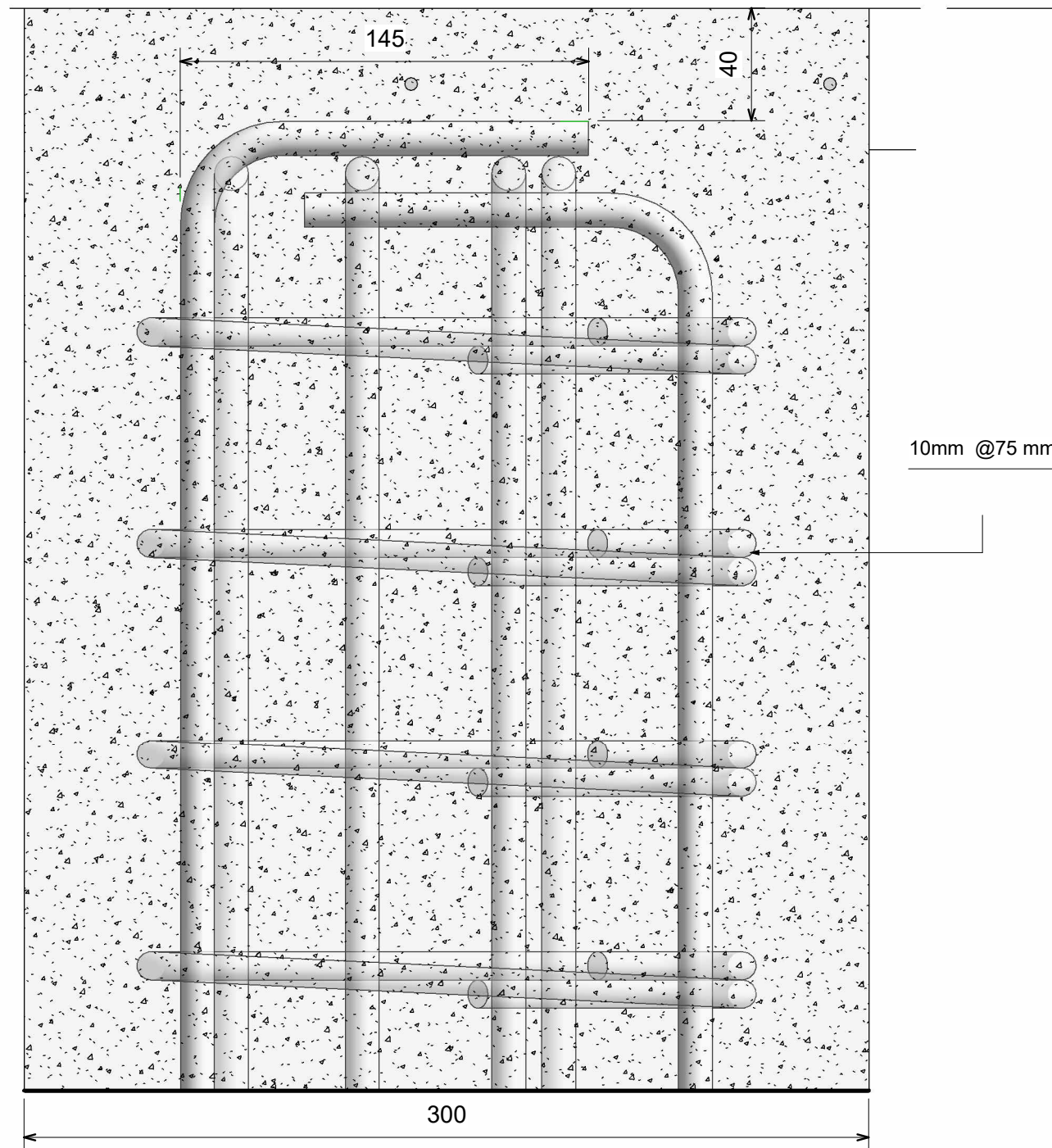
1 01. Vista Planta Columnas  
1 : 50



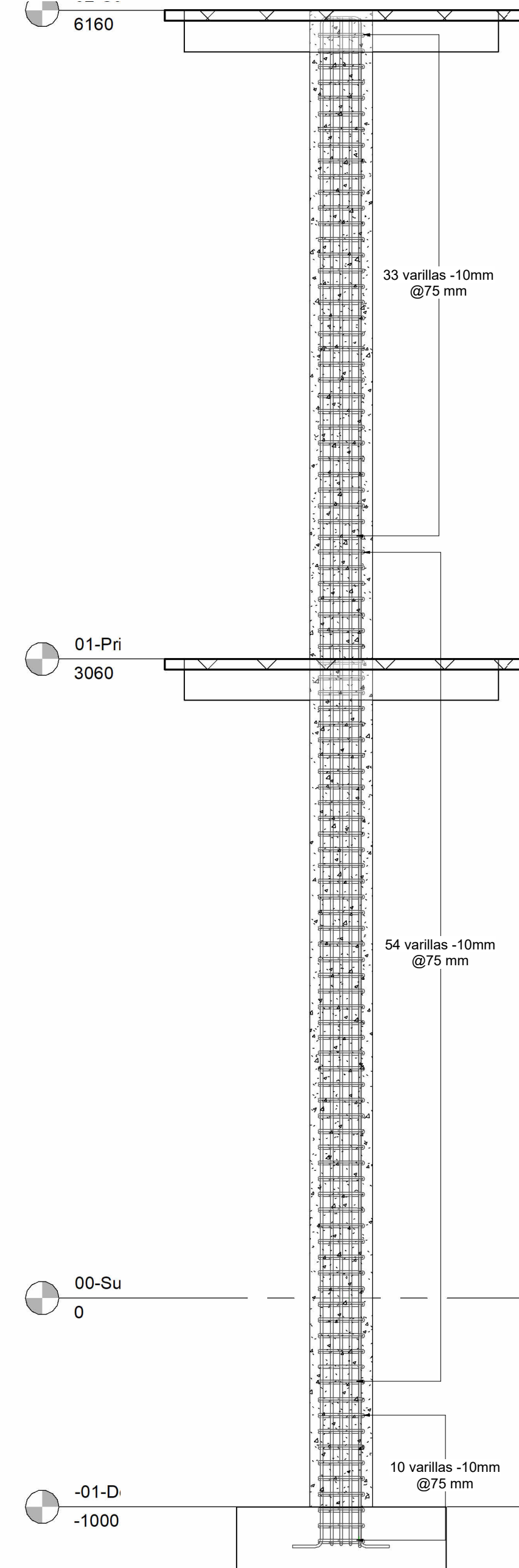
4 01. Datalle Base  
1 : 2



2 01. Sección Transversal  
1 : 2



3 01. Datalle Cubierta  
1 : 2

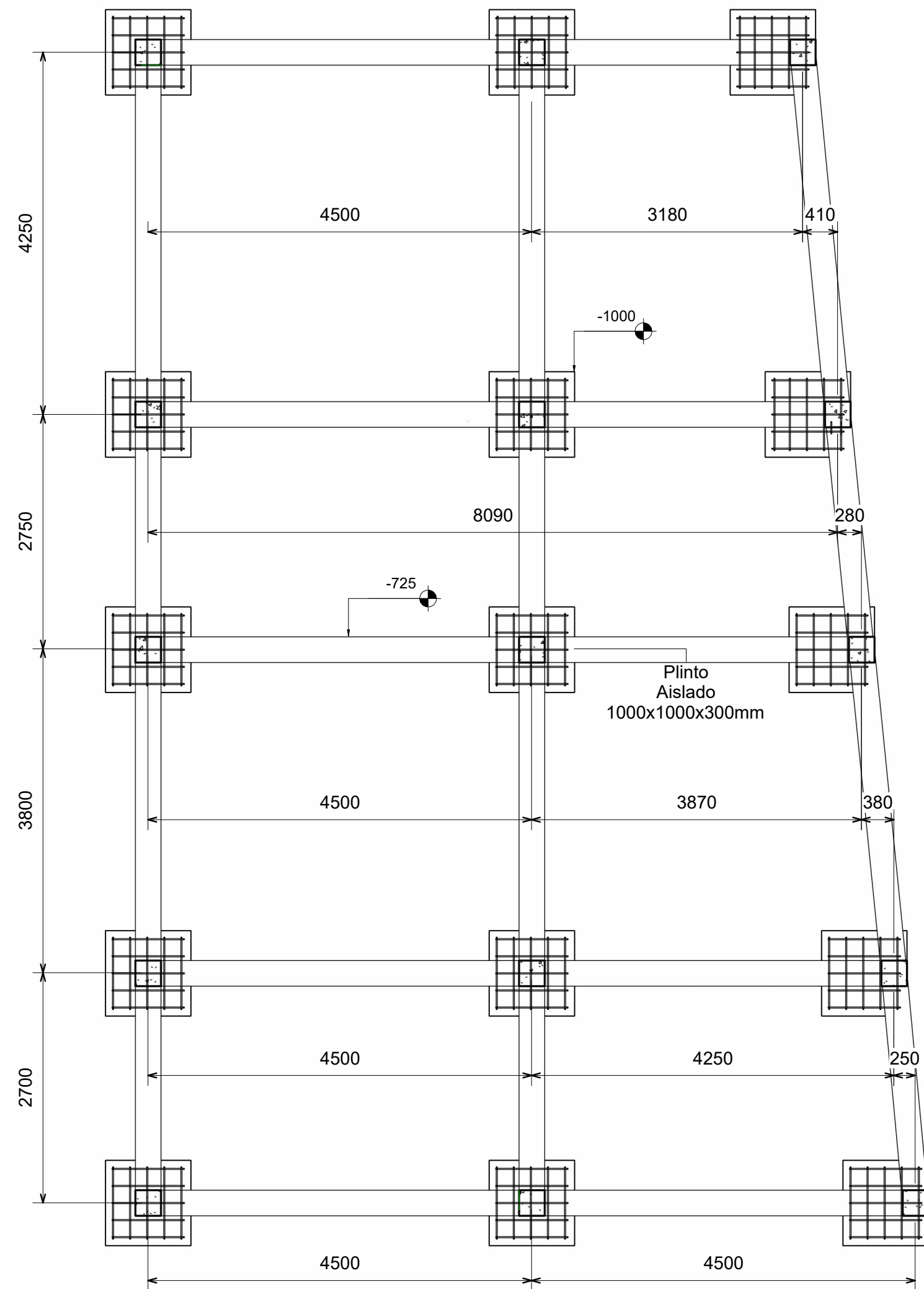


5 01. Alzado Típico  
1 : 2

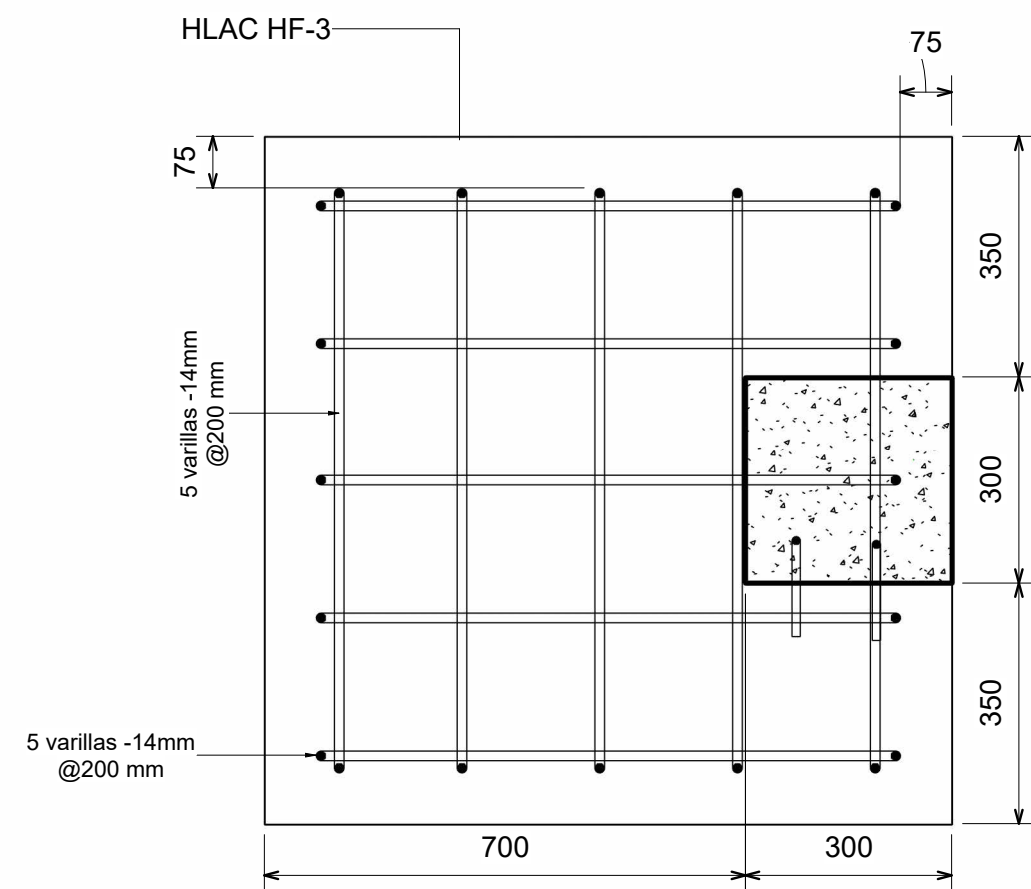
| ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA ELEMENTOS DE HORMIGÓN ARMADO                              |  |
|------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| NORMAS UTILIZADAS: ACI 318-19, EUROCÓDIGO 206:2013 Y NEC2015                             |  |
| HORMIGÓN A UTILIZAR SEGÚN EL ELEMENTO ESTRUCTURAL:                                       |  |
| - COLUMNAS: H-4                                                                          |  |
| - LOSA, VIGAS Y CIMENTACIÓN: HF-3                                                        |  |
| CLASE Y VALORES DE DISEÑO PARA DE DENSIDAD, RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y ESCURRIMIENTO: |  |
| - H-4 : D2.0 (1961 KG/M3), LC30/33 (30MPa), SF2 (660-750mm)                              |  |
| - HF-3 : D2.0 (1966 KG/M3), LC35/38 (35MPa), SF2 (660-750mm)                             |  |
| RESISTENCIA DEL ACERO DE REFUERZO: fy = 420MPa                                           |  |
| RECUBRIMIENTOS SEGÚN ELEMENTO ESTRUCTURAL:                                               |  |
| - COLUMNAS Y VIGAS : 4.0cm                                                               |  |
| - CIMENTACIÓN : 7.5cm                                                                    |  |
| - LOSA Y NERVIOS : 2.0cm                                                                 |  |
| TODAS LAS MEDIDAS ESTÁN EN MILÍMETROS A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO                |  |

| ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL                                                           |                              |                   |         |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|-------------------|---------|
| FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA                                                    |                              |                   |         |
| PROYECTO:                                                                                          |                              |                   |         |
| Diseño de vivienda de dos pisos con Hormigón Ligero Autocompactante, ubicada en Portoviejo, Manabí |                              |                   |         |
| CONTENIDO:                                                                                         |                              |                   |         |
| Alzado de Columnas                                                                                 |                              |                   |         |
| Tutor de Materia Integradora:                                                                      | Estudiante:                  | Fecha de Entrega: |         |
| MSc. Guillermo Muñoz                                                                               |                              | 08/10/25          |         |
| Profesor de Materia Integradora:                                                                   | Héctor Safian Herrera Bustos |                   | Lámina: |
| MSc. Lenin Dender                                                                                  |                              |                   | S.1     |
|                                                                                                    |                              | Escala:           |         |
|                                                                                                    |                              | 1 : 50            |         |

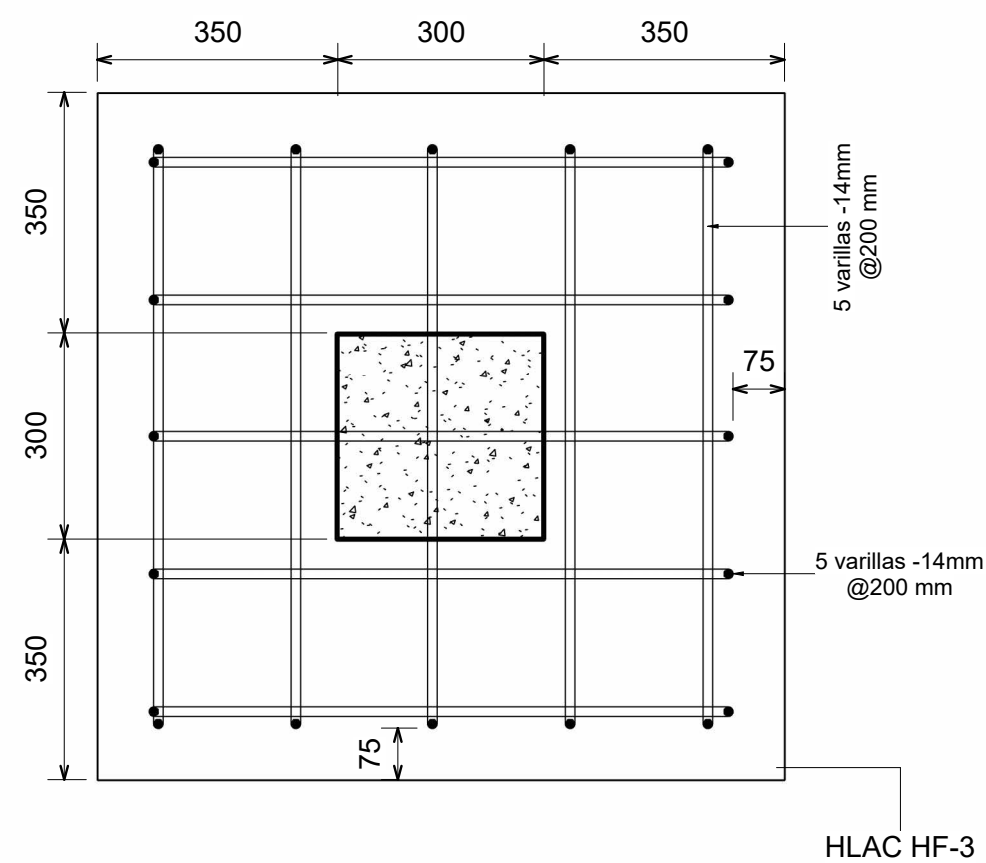




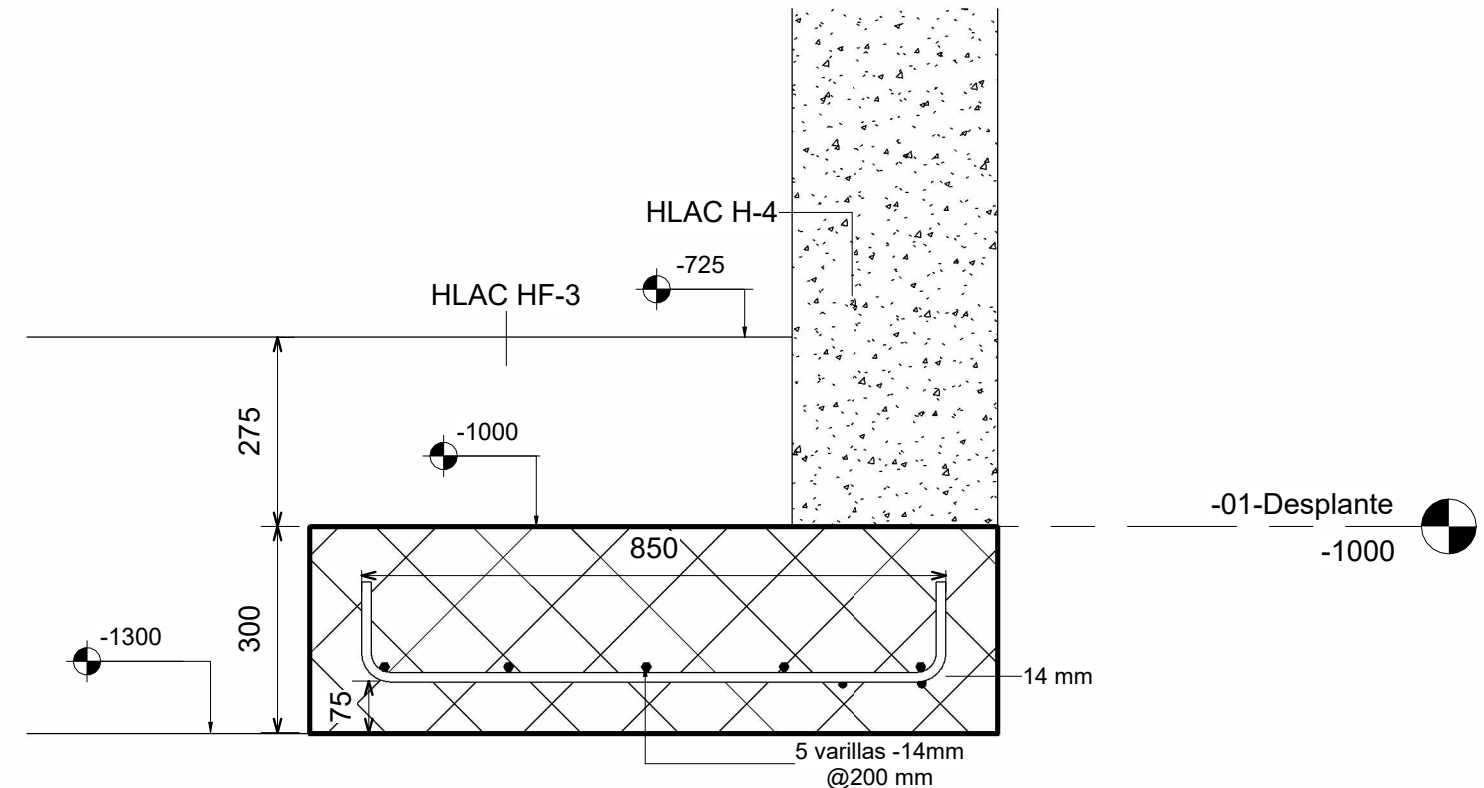
1 02. Medidas Zapatas Planta  
1 : 50



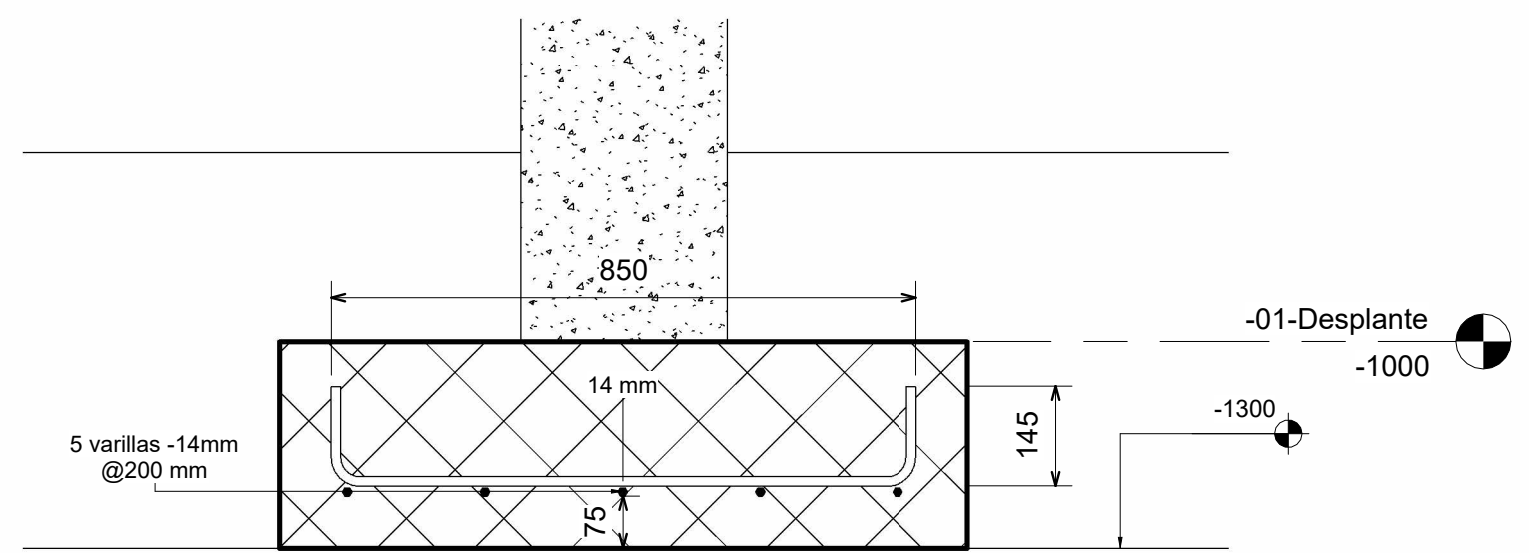
2 02. Zapatas Excéntricas  
1 : 10



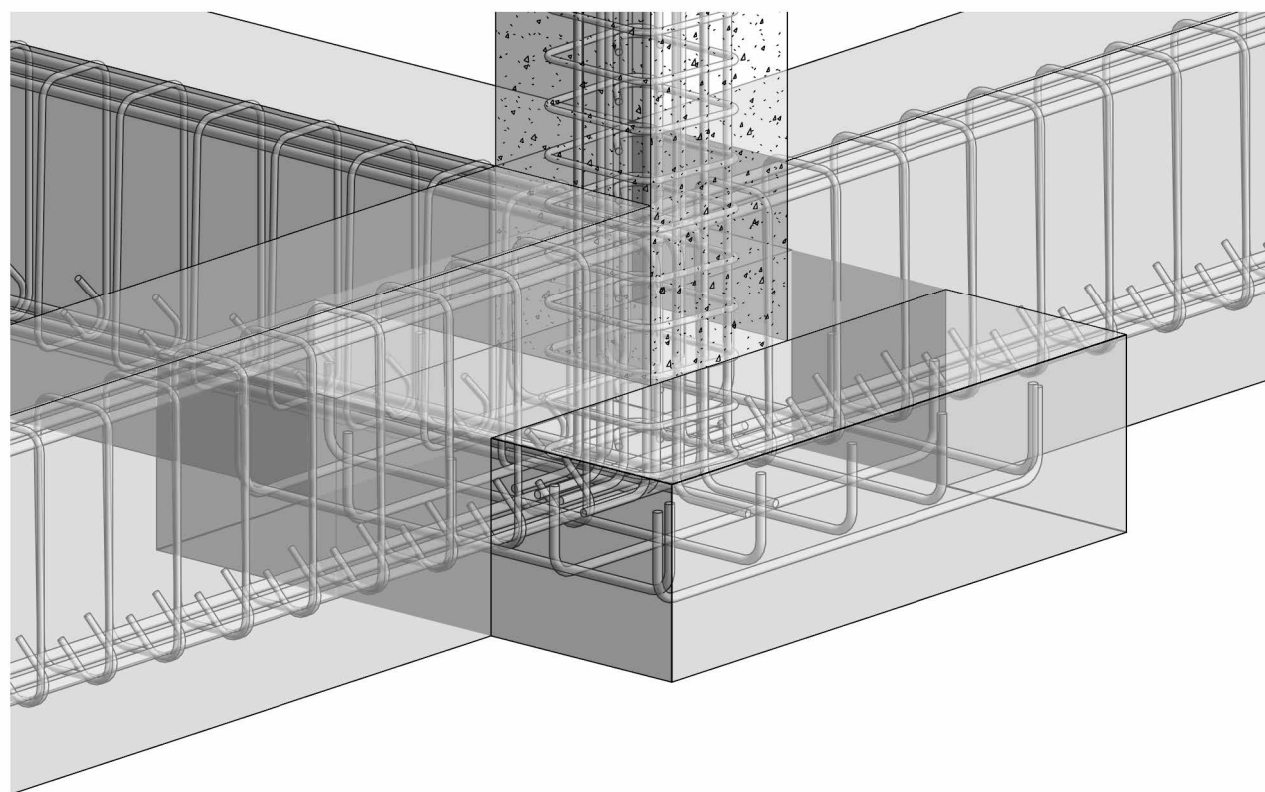
3 02. Zapatas Centradas  
1 : 10



4 02. Corte Zapata Excéntrica  
1 : 10



5 02. Corte Zapata Centrada  
1 : 10

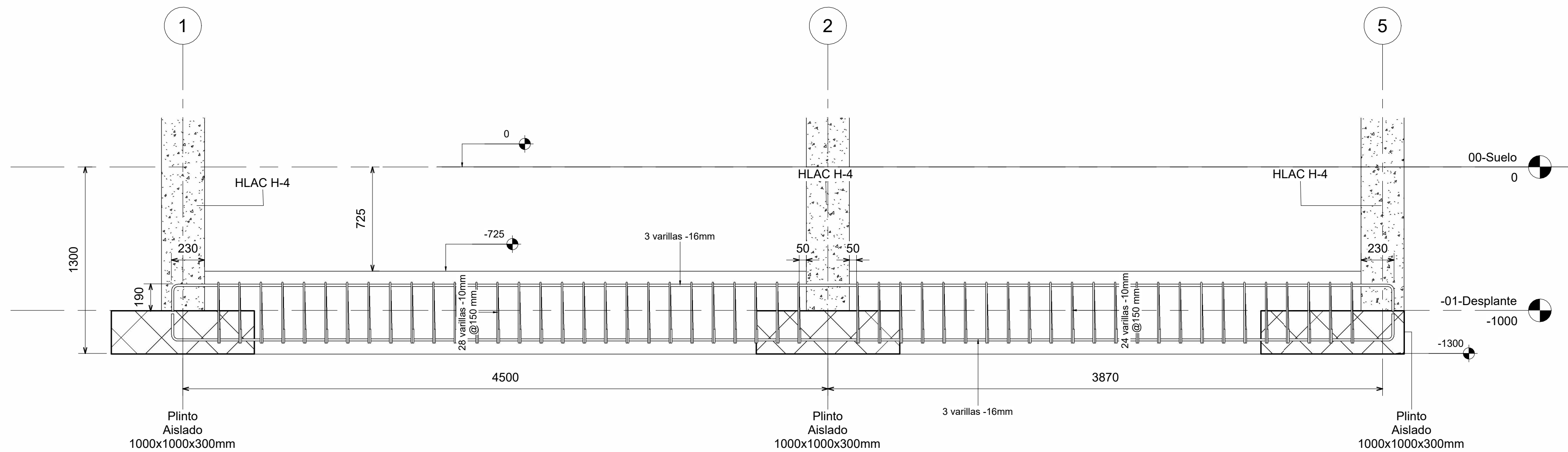


6 02. Isométrico Zapata

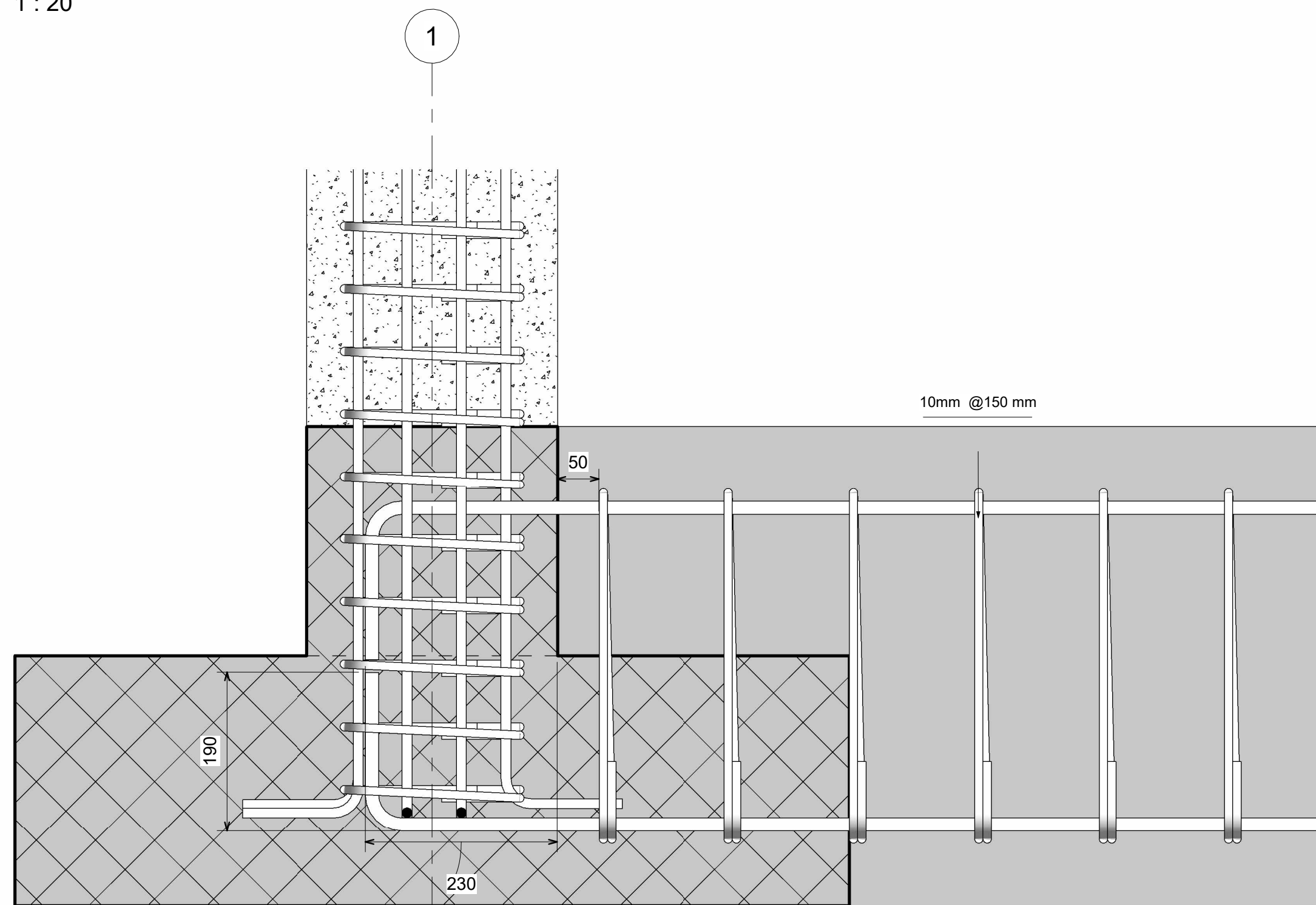
| ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA ELEMENTOS DE HORMIGÓN ARMADO                              |  |
|------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| NORMAS UTILIZADAS: ACI 318-19, EUROCÓDIGO 206:2013 Y NEC2015                             |  |
| HORMIGÓN A UTILIZAR SEGÚN EL ELEMENTO ESTRUCTURAL:                                       |  |
| - COLUMNAS: H-4                                                                          |  |
| - LOSA, VIGAS Y CIMENTACIÓN: HF-3                                                        |  |
| CLASE Y VALORES DE DISEÑO PARA DE DENSIDAD, RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y ESCURRIMIENTO: |  |
| - H-4 : D2.0 (1961 KG/M3), LC30/33 (30MPa), SF2 (660-750mm)                              |  |
| - HF-3 : D2.0 (1966 KG/M3), LC35/38 (35MPa), SF2 (660-750mm)                             |  |
| RESISTENCIA DEL ACERO DE REFUERZO: $f_y = 420\text{MPa}$                                 |  |
| RECUBRIMIENTOS SEGÚN ELEMENTO ESTRUCTURAL:                                               |  |
| - COLUMNAS Y VIGAS : 4.0cm                                                               |  |
| - CIMENTACIÓN : 7.5cm                                                                    |  |
| - LOSA Y NERVIOS : 2.0cm                                                                 |  |
| TODAS LAS MEDIDAS ESTÁN EN MILÍMETROS A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO                |  |

| ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL                                                                        |                                             |                         |                               |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------|-------------------------------|
| FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA                                                                 |                                             |                         |                               |
| PROYECTO:<br>Diseño de vivienda de dos pisos con Hormigón Ligero Autocompactante, ubicada en Portoviejo, Manabí |                                             |                         |                               |
| CONTENIDO:<br><b>Cimentación - Zapatas Aisladas</b>                                                             |                                             |                         |                               |
| Tutor de Materia Integradora:<br>MSc. Guillermo Muñoz                                                           | Estudiante:<br>Héctor Safian Herrera Bustos |                         | Fecha de Entrega:<br>08/10/25 |
| Profesor de Materia Integradora:<br>Approver                                                                    |                                             |                         | Lámina:<br>S.3                |
|                                                                                                                 |                                             | Escala:<br>As indicated |                               |

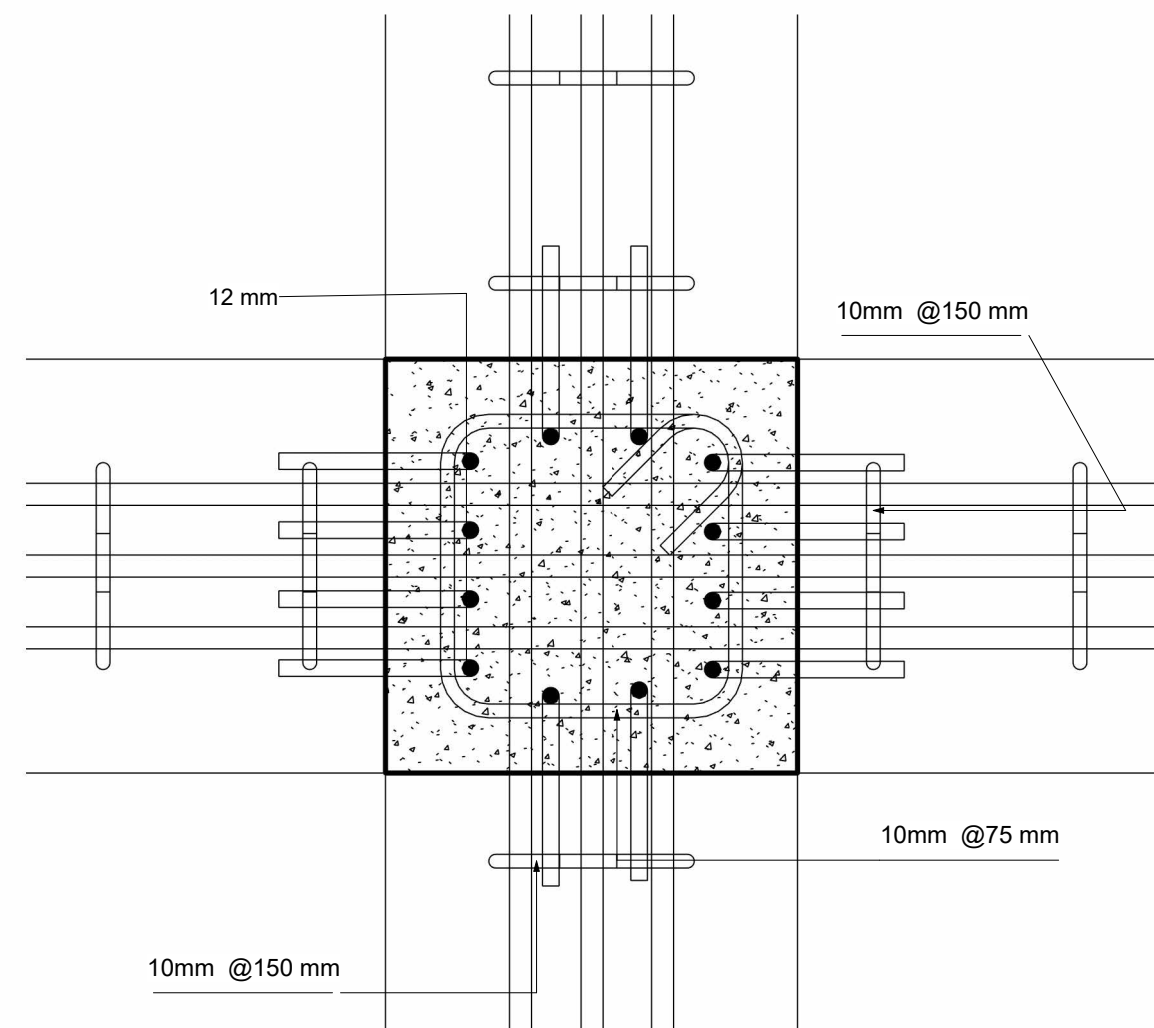




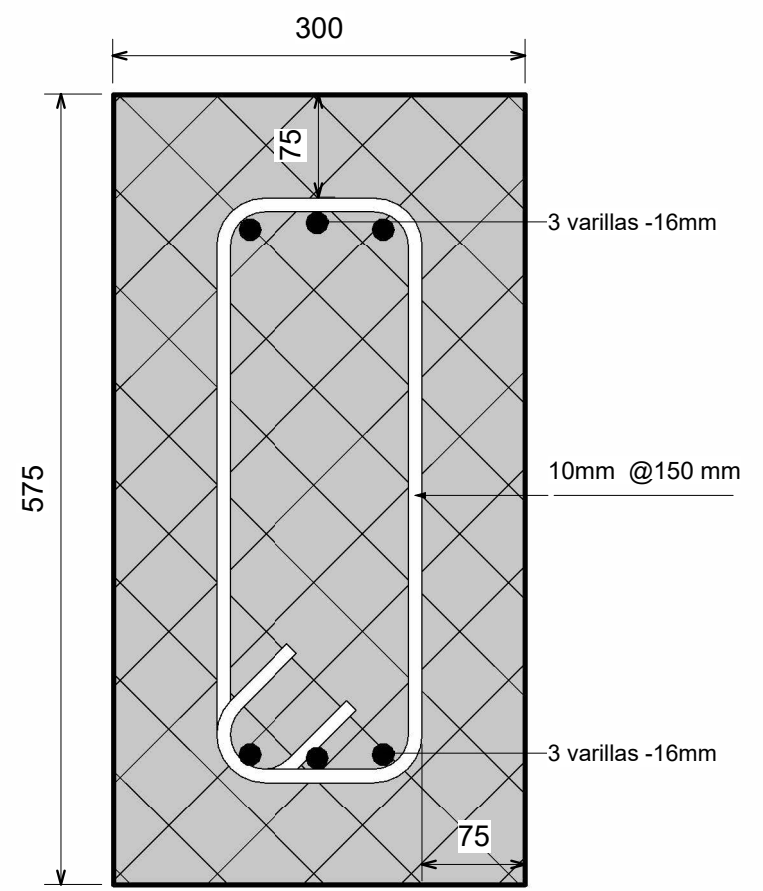
4 03. VC - Eje C  
1 : 20



2 03. Unión VC - Columna  
1 : 5



3 03. Nodo VC - Zapata  
1 : 5

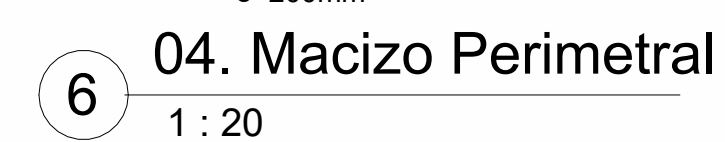
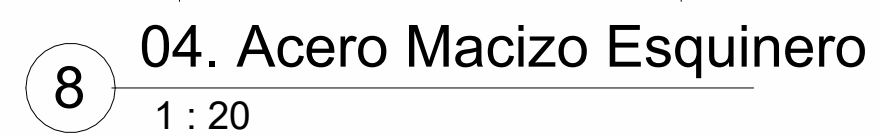


1 03. Sección Transversal VC  
1 : 5

| ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA ELEMENTOS DE HORMIGÓN ARMADO                              |  |
|------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| NORMAS UTILIZADAS: ACI 318-19, EUROCÓDIGO 206:2013 Y NEC2015                             |  |
| HORMIGÓN A UTILIZAR SEGÚN EL ELEMENTO ESTRUCTURAL:                                       |  |
| - COLUMNAS: H-4                                                                          |  |
| - LOSA, VIGAS Y CIMENTACIÓN: HF-3                                                        |  |
| CLASE Y VALORES DE DISEÑO PARA DE DENSIDAD, RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y ESCURRIMIENTO: |  |
| - H-4 : D2.0 (1961 KG/M3), LC30/33 (30MPa), SF2 (660-750mm)                              |  |
| - HF-3 : D2.0 (1966 KG/M3), LC35/38 (35MPa), SF2 (660-750mm)                             |  |
| RESISTENCIA DEL ACERO DE REFUERZO: $f_y = 420\text{MPa}$                                 |  |
| RECUBRIMIENTOS SEGÚN ELEMENTO ESTRUCTURAL:                                               |  |
| - COLUMNAS Y VIGAS : 4.0cm                                                               |  |
| - CIMENTACIÓN : 7.5cm                                                                    |  |
| - LOSA Y NERVIOS : 2.0cm                                                                 |  |
| TODAS LAS MEDIDAS ESTÁN EN MILÍMETROS A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO                |  |

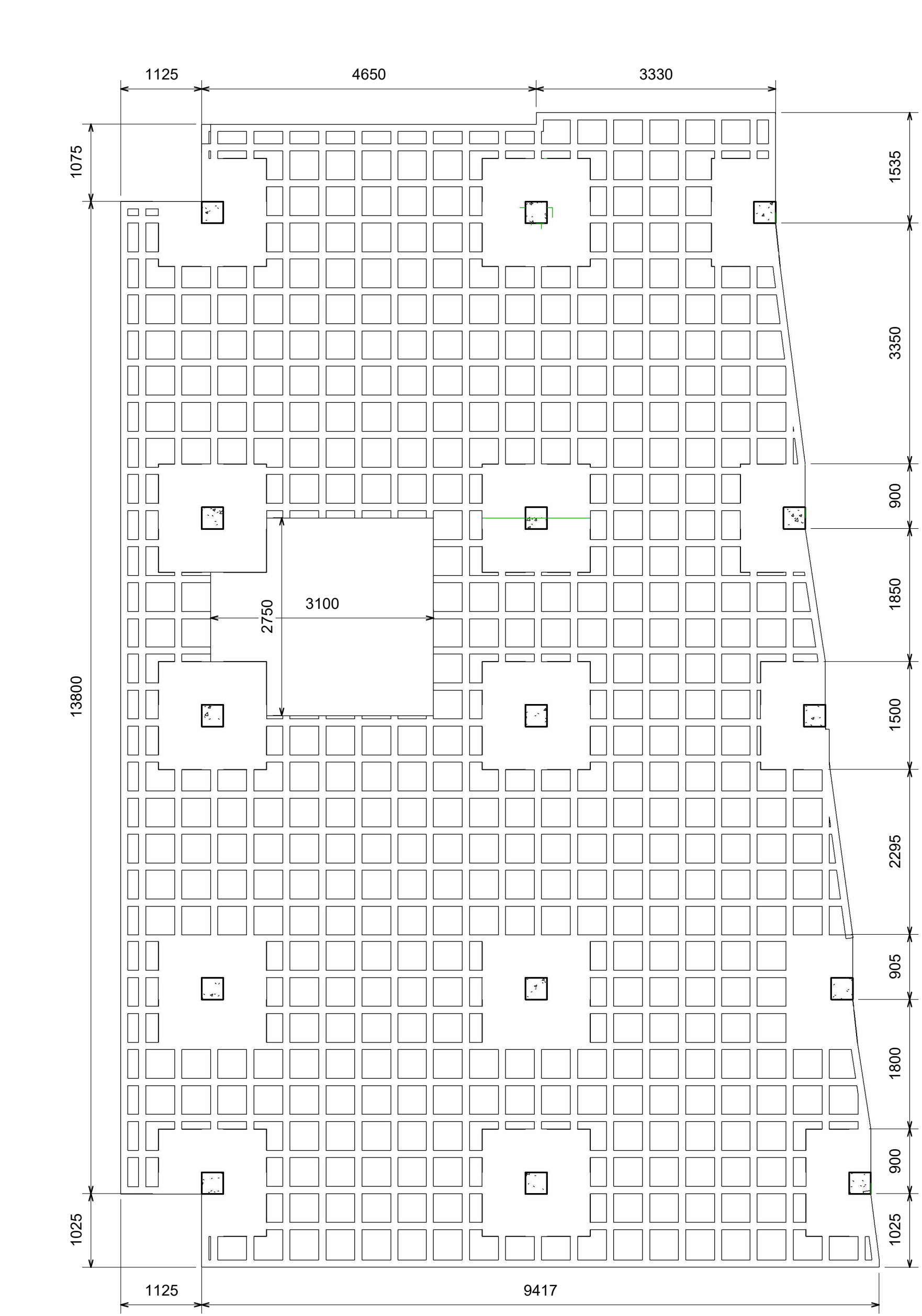
| ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL                                                                        |                                                 |                               |                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------|-------------------------|
| FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA                                                                 |                                                 |                               |                         |
| PROYECTO:<br>Diseño de vivienda de dos pisos con Hormigón Ligero Autocompactante, ubicada en Portoviejo, Manabí |                                                 |                               |                         |
| CONTENIDO:<br><b>Viga de Cimentación</b>                                                                        |                                                 |                               |                         |
| Tutor de Materia Integradora:<br>MSc. Guillermo Muñoz                                                           | Estudiante:<br><br>Héctor Safian Herrera Bustos | Fecha de Entrega:<br>08/16/25 |                         |
| Profesor de Materia Integradora:<br>MSc. Lenin Dender                                                           |                                                 | Lámina:<br>S.4                | Escala:<br>As indicated |



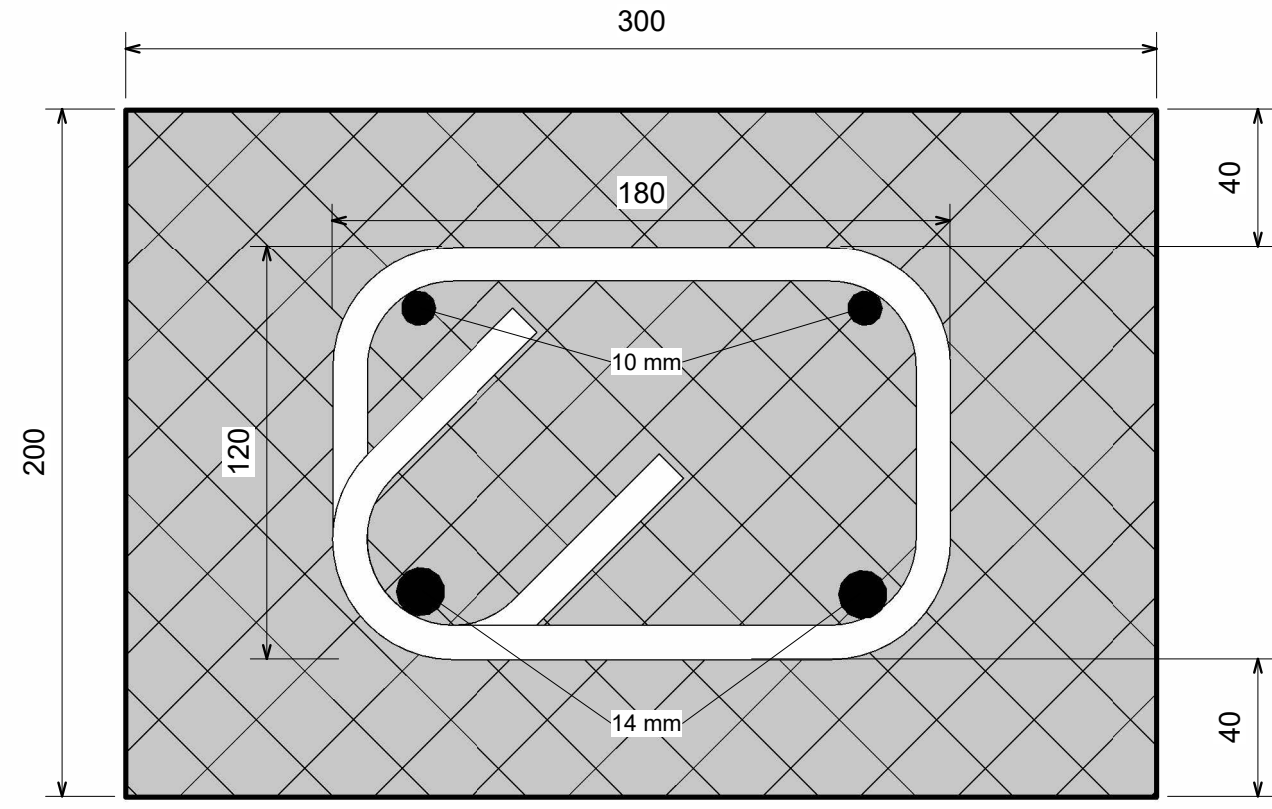


|                                                                                                                                |                                                        |                                          |                                    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------|
| <h1>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL</h1> <h2>FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA</h2>                     |                                                        |                                          |                                    |
| <p>PROYECTO:</p> <p>Diseño de vivienda de dos pisos con Hormigón Ligeró Autocompactante,<br/>ubicada en Portoviejo, Manabí</p> |                                                        |                                          |                                    |
| <p>CONTENIDO:</p>                                                                                                              |                                                        |                                          |                                    |
| <h3>Losa de Cubierta</h3>                                                                                                      |                                                        |                                          |                                    |
| <p>Tutor de Materia Integradora:</p> <p>MSc. Guillermo Muñoz</p>                                                               | <p>Estudiante:</p> <p>Héctor Safian Herrera Bustos</p> | <p>Fecha de Entrega:</p> <p>08/18/25</p> |                                    |
| <p>Profesor de Materia Integradora:</p> <p>MSc. Lenin Dender</p>                                                               |                                                        | <p>Lámina:</p> <p>S.5</p>                | <p>Escala:</p> <p>As indicated</p> |

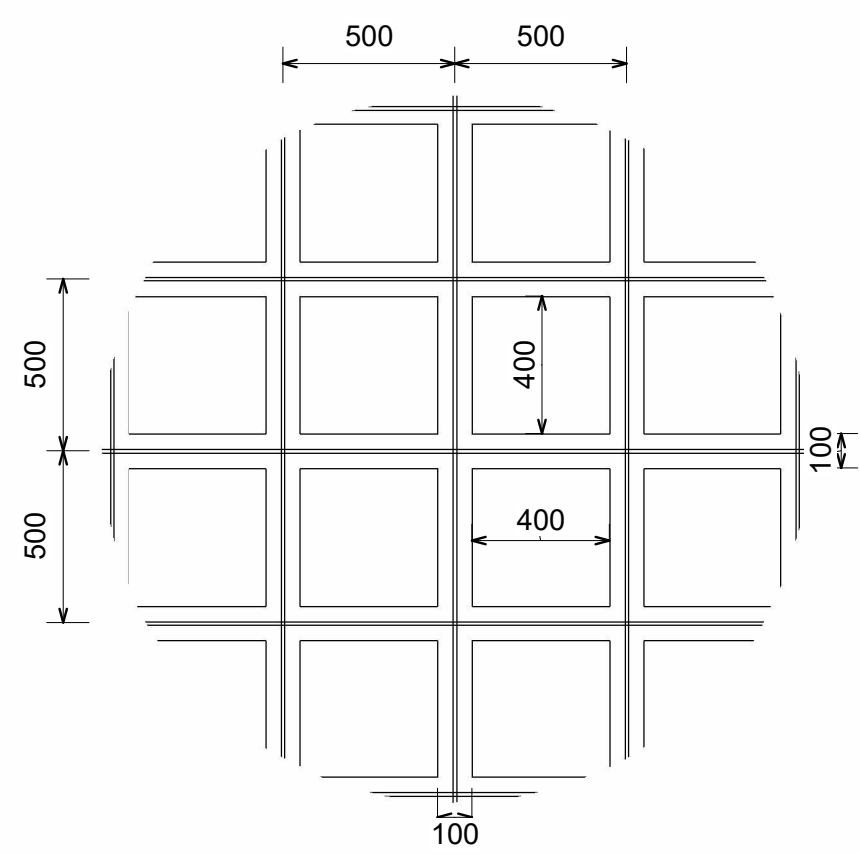




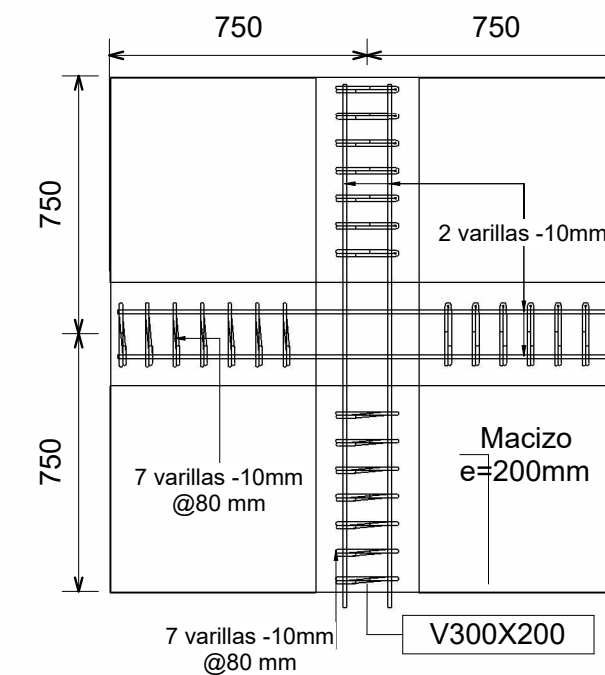
1 05-Vista en Planta  
1 : 50



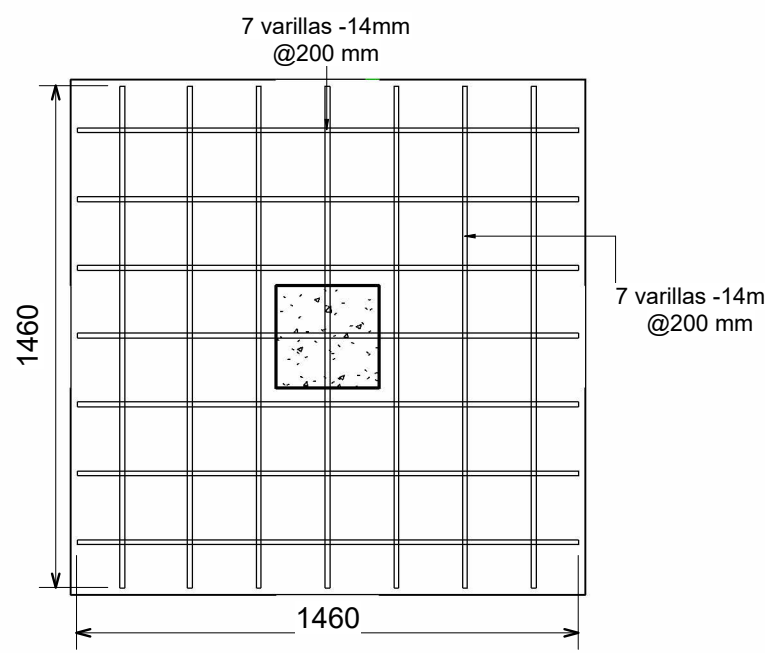
11 05. Viga Escondida  
1 : 2



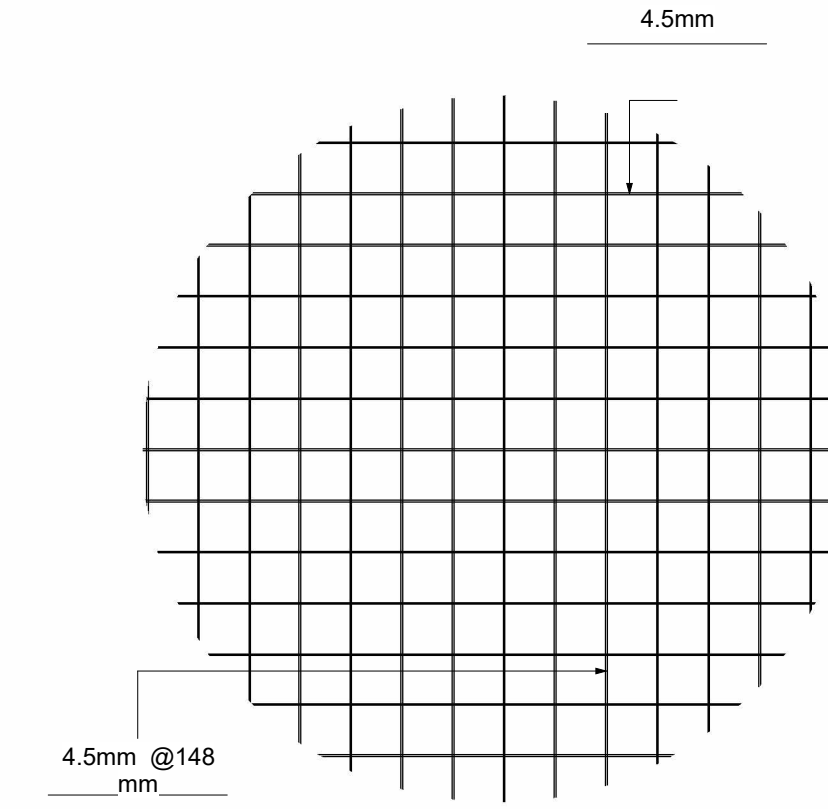
2 05. Dimensiones Nervios  
1 : 20



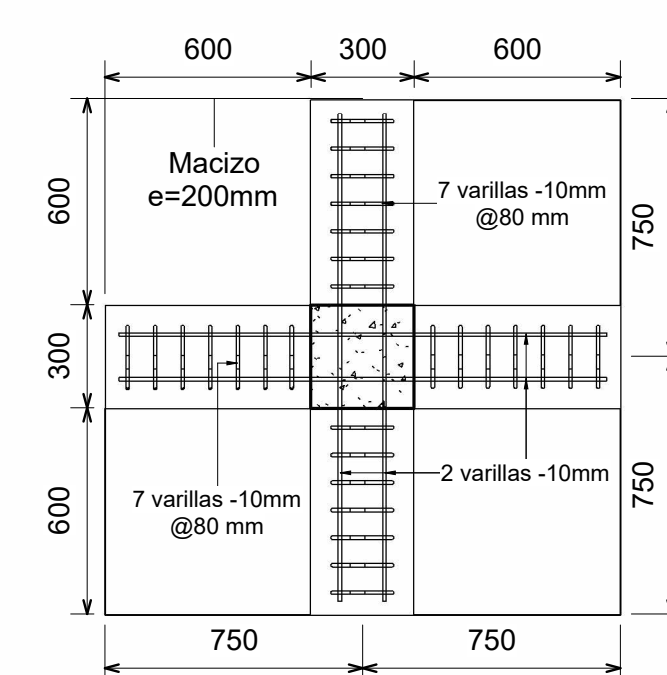
5 05. Macizo Central  
1 : 20



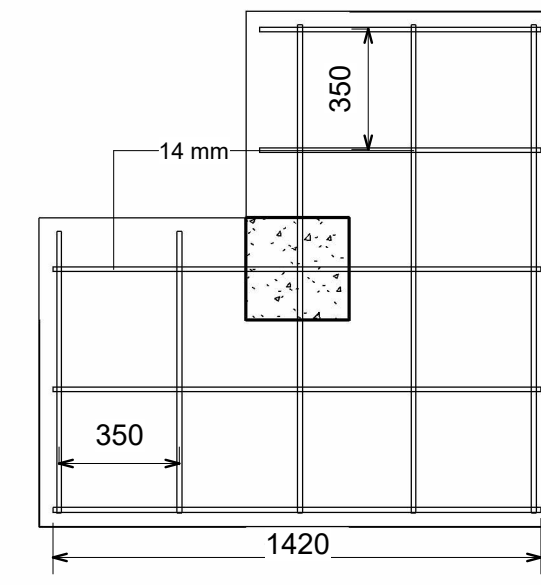
8 05. Acero Macizo Central  
1 : 20



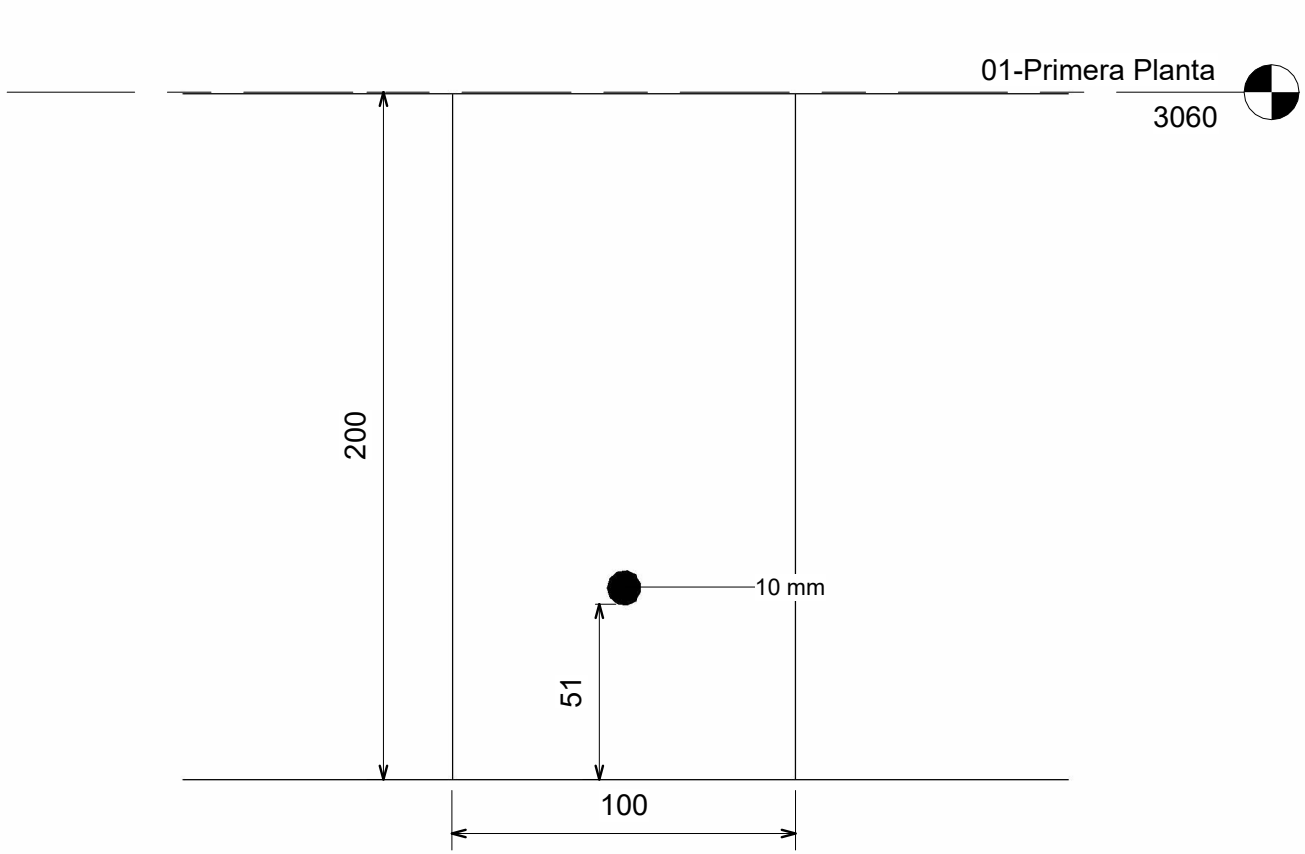
3 05. Dimensiones Malla  
1 : 20



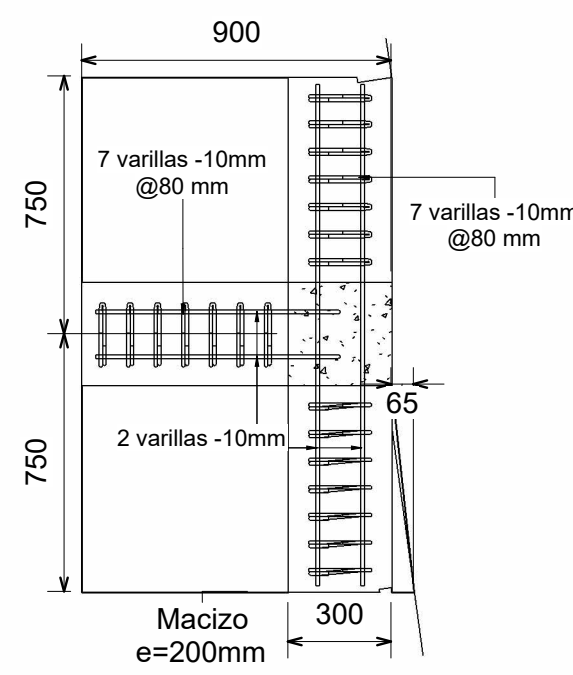
6 05. Macizo Esquinero  
1 : 20



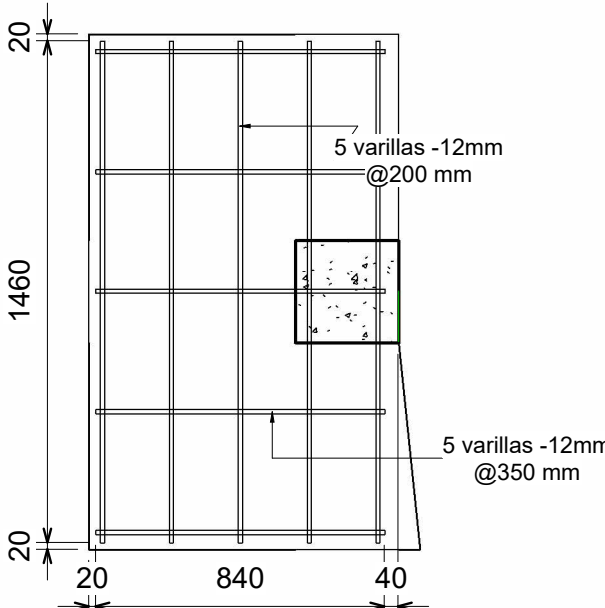
9 05. Acero Macizo Esquinero  
1 : 20



4 05. Vista Transversal Nervio  
1 : 2



7 05. Macizo Perimetral  
1 : 20

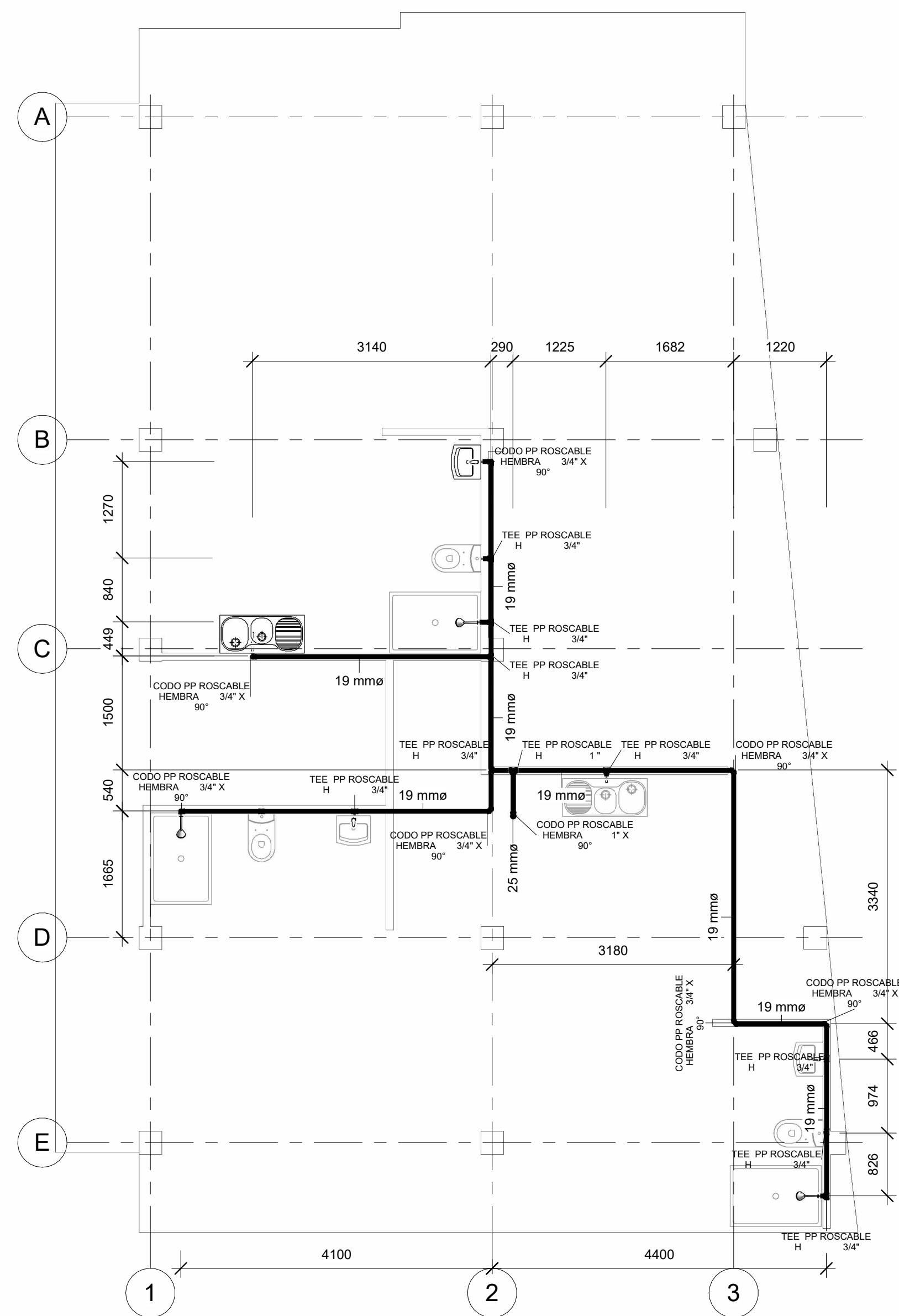


10 05. Acero Macizo Perimetral  
1 : 20

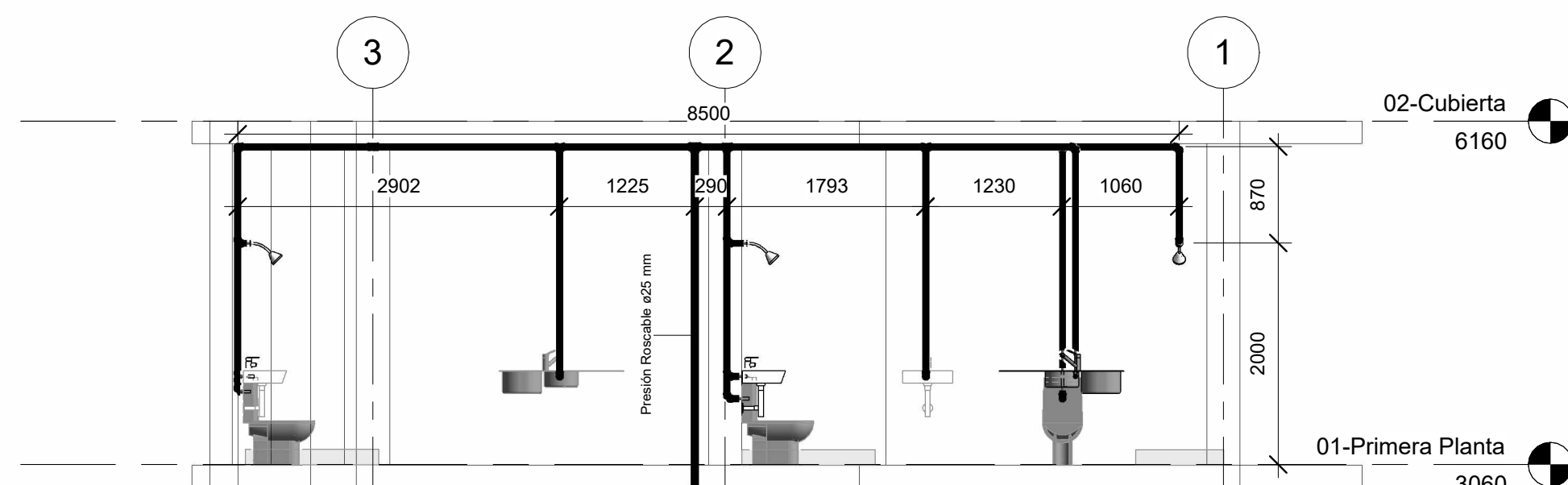
| ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA ELEMENTOS DE HORMIGÓN ARMADO                                |  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| NORMAS UTILIZADAS: ACI 318-19, EUROCÓDIGO 206:2013 Y NEC2015                               |  |
| HORMIGÓN A UTILIZAR SEGÚN EL ELEMENTO ESTRUCTURAL:                                         |  |
| - COLUMNAS: H-4                                                                            |  |
| - LOSA, VIGAS Y CIMENTACIÓN: HF-3                                                          |  |
| CLASE Y VALORES DE DISEÑO PARA DE DENSIDAD, RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y ESQUEMATIZACIÓN: |  |
| - H-4 : D2.0 (1961 KG/M3), LC30/33 (30MPa), SF2 (660-750mm)                                |  |
| - HF-3 : D2.0 (1966 KG/M3), LC35/38 (35MPa), SF2 (660-750mm)                               |  |
| RESISTENCIA DEL ACERO DE REFUERZO: fy = 420MPa                                             |  |
| RECUBRIMIENTOS SEGÚN ELEMENTO ESTRUCTURAL:                                                 |  |
| - COLUMNAS Y VIGAS : 4.0cm                                                                 |  |
| - CIMENTACIÓN : 7.5cm                                                                      |  |
| - LOSA Y NERVIOS : 2.0cm                                                                   |  |
| TODAS LAS MEDIDAS ESTÁN EN MILÍMETROS A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO                  |  |

| ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL                                                           |                              |         |                   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|---------|-------------------|
| FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA                                                    |                              |         |                   |
| PROYECTO:                                                                                          |                              |         |                   |
| Diseño de vivienda de dos pisos con Hormigón Ligero Autocompactante, ubicada en Portoviejo, Manabí |                              |         |                   |
| CONTENIDO:                                                                                         |                              |         |                   |
| Losa de Planta Alta                                                                                |                              |         |                   |
| Tutor de Materia Integradora:                                                                      | Estudiante:                  |         | Fecha de Entrega: |
| MSc. Guillermo Muñoz                                                                               | Héctor Safian Herrera Bustos |         | 08/18/25          |
| Profesor de Materia Integradora:                                                                   |                              |         | Lámina:           |
| MSc. Lenin Dender                                                                                  |                              |         | S.6               |
|                                                                                                    |                              | Escala: | As indicated      |

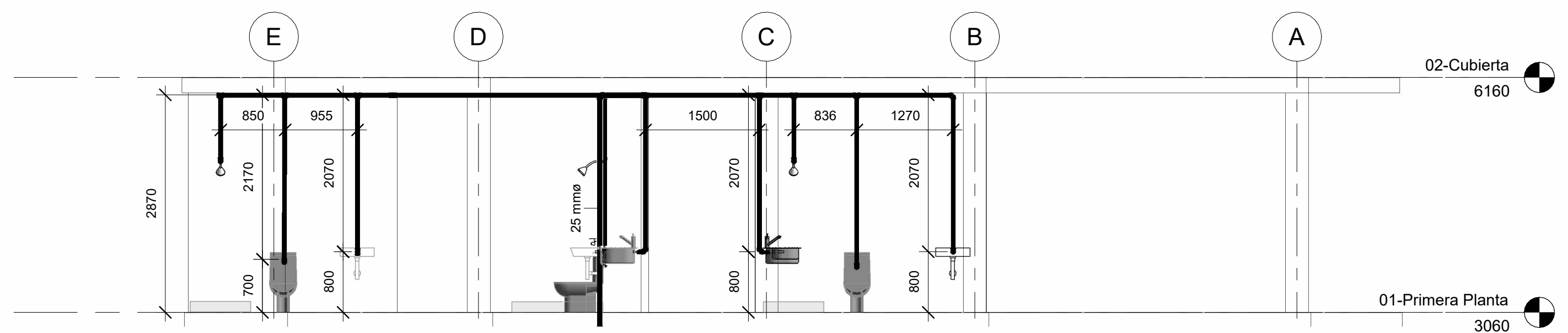




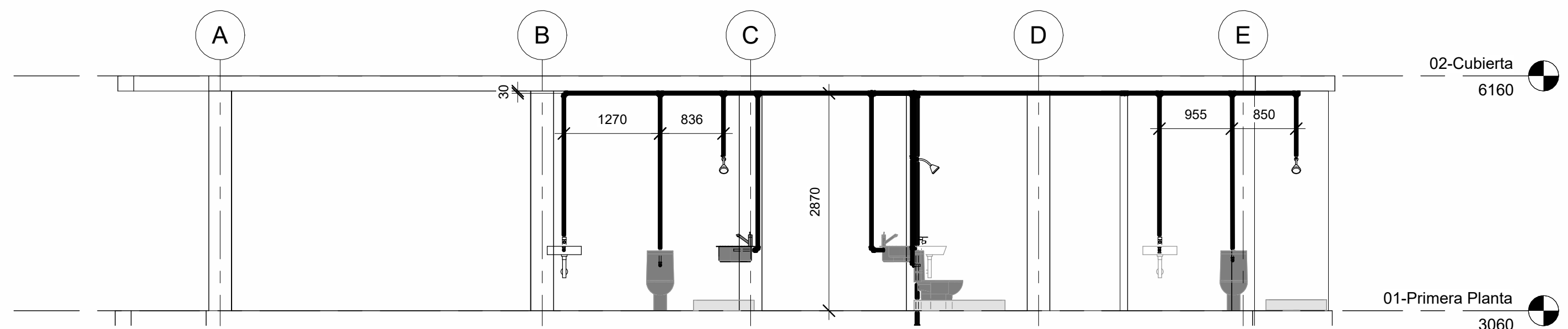
1 00. Vista en Planta  
1 : 50



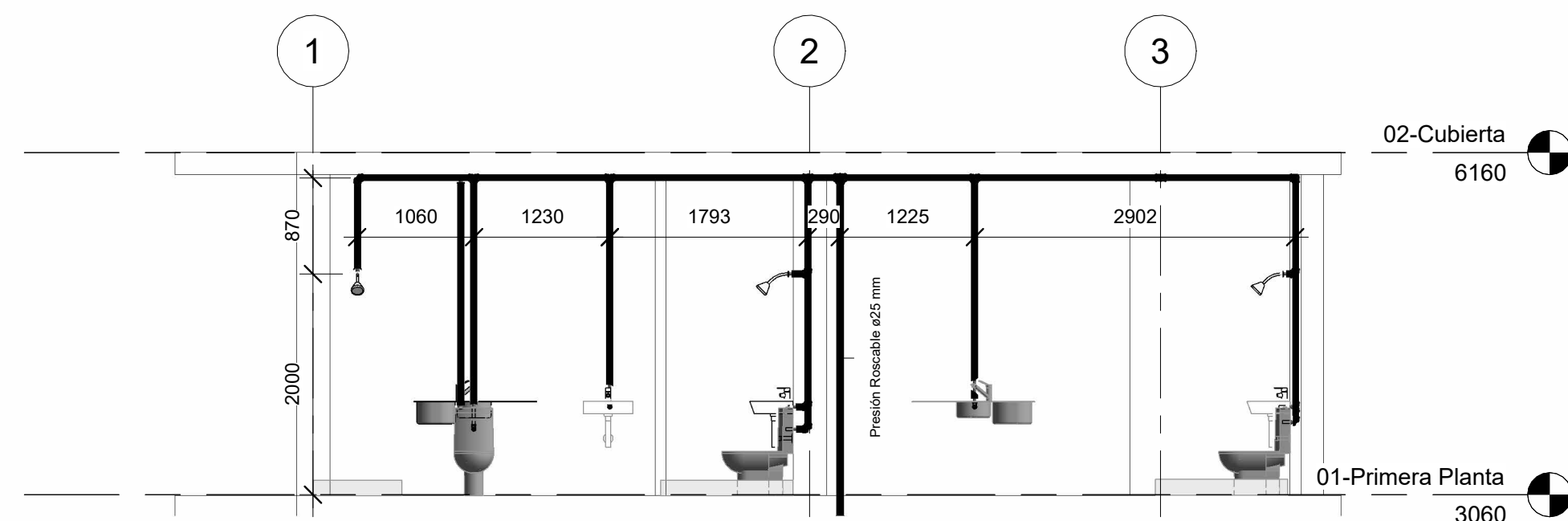
4 00. Vista Norte  
1 : 50



2 00. Vista Este  
1 : 50



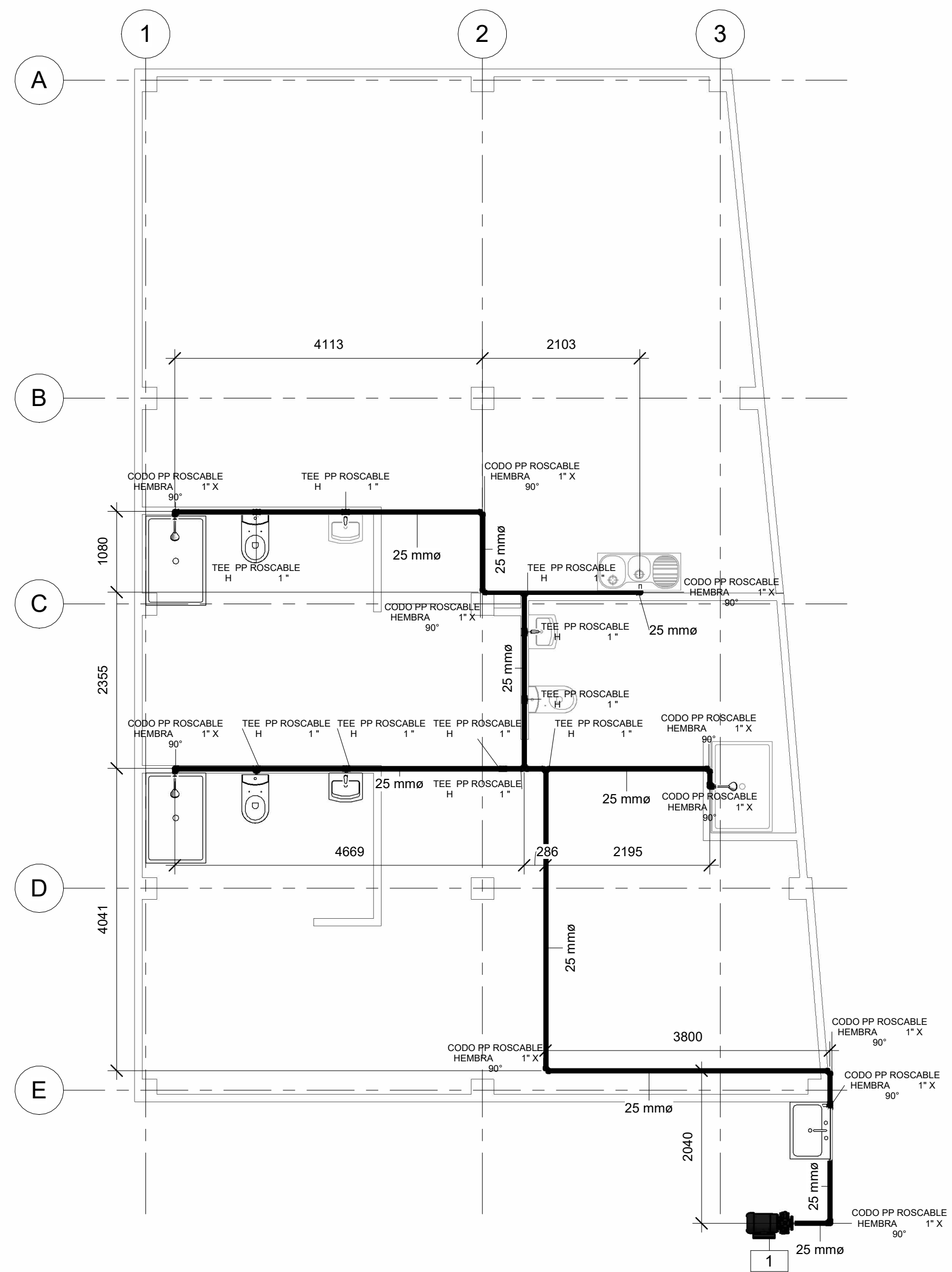
3 00. Vista Oeste  
1 : 50



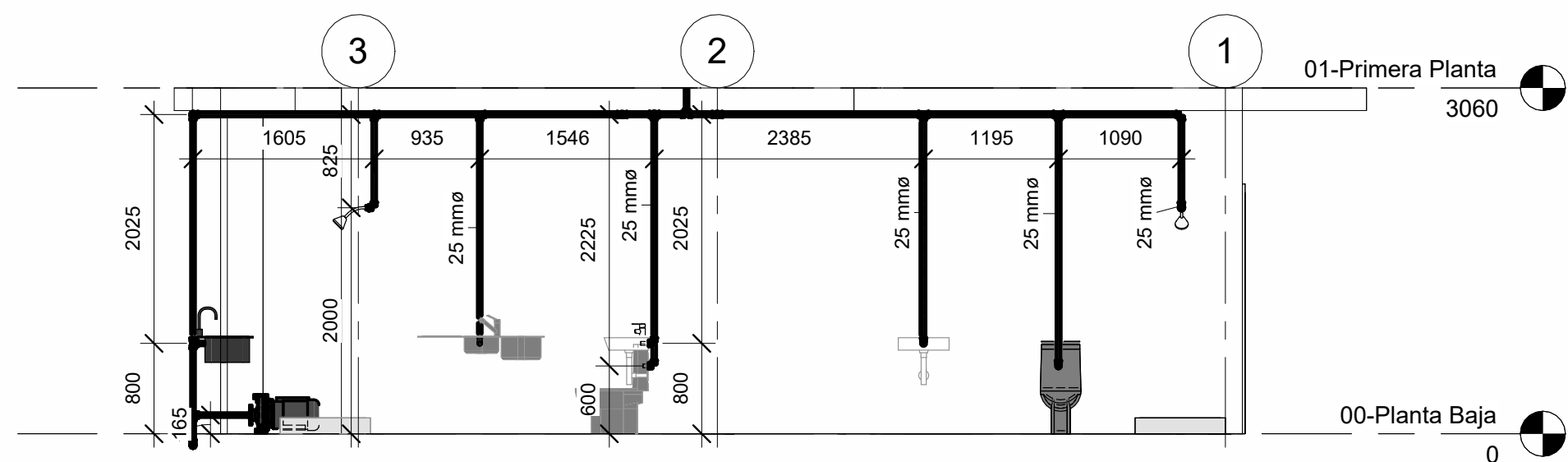
5 00. Vista Sur  
1 : 50

|                                                                      |  |                              |                   |
|----------------------------------------------------------------------|--|------------------------------|-------------------|
| <b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL</b>                      |  |                              |                   |
| FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA                      |  |                              |                   |
| PROYECTO:                                                            |  |                              |                   |
| Diseño de vivienda de dos pisos con Hormigón Ligero Autocompactante, |  |                              |                   |
| CONTENIDO:                                                           |  |                              |                   |
| <b>Sistema de Agua Potable - Primera Planta</b>                      |  |                              |                   |
| Tutor de Materia Integradora:                                        |  | Estudiante:                  | Fecha de Entrega: |
| MSc. Guillermo Muñoz                                                 |  |                              | 08/13/25          |
| Profesor de Materia Integradora:                                     |  | Héctor Safian Herrera Bustos | Lámina:           |
| MSc. Lenin Dender                                                    |  |                              | A101              |
|                                                                      |  |                              | Escala:           |
|                                                                      |  |                              | 1 : 50            |

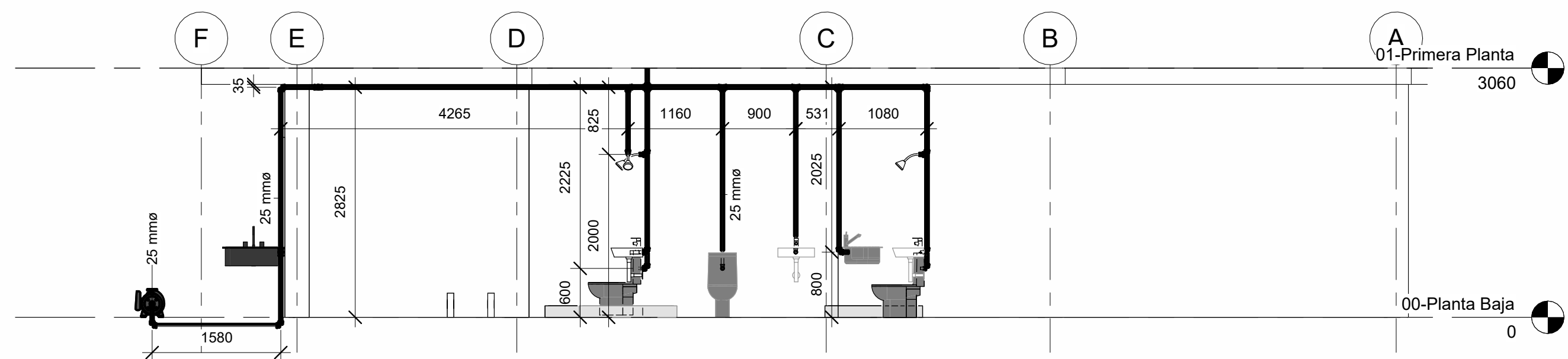




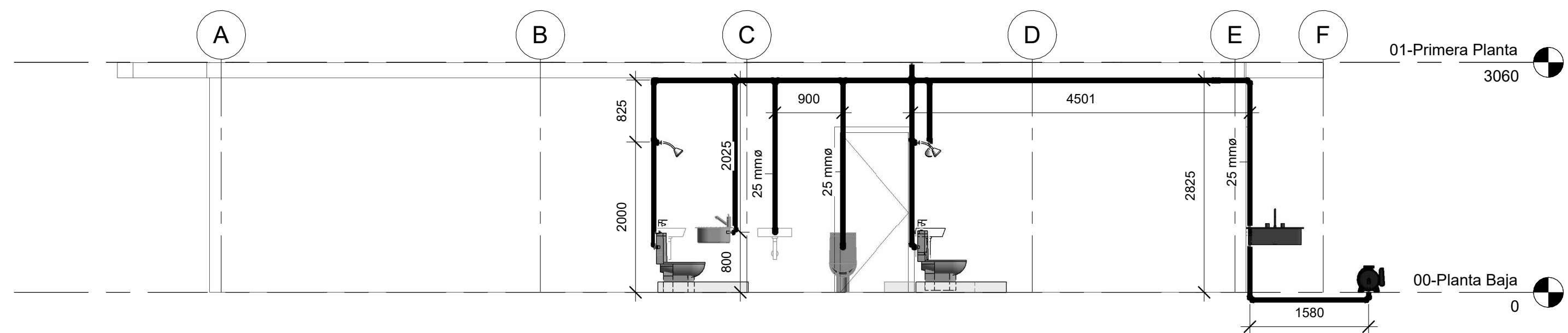
1 01-Planta Baja Sanitario  
1 : 50



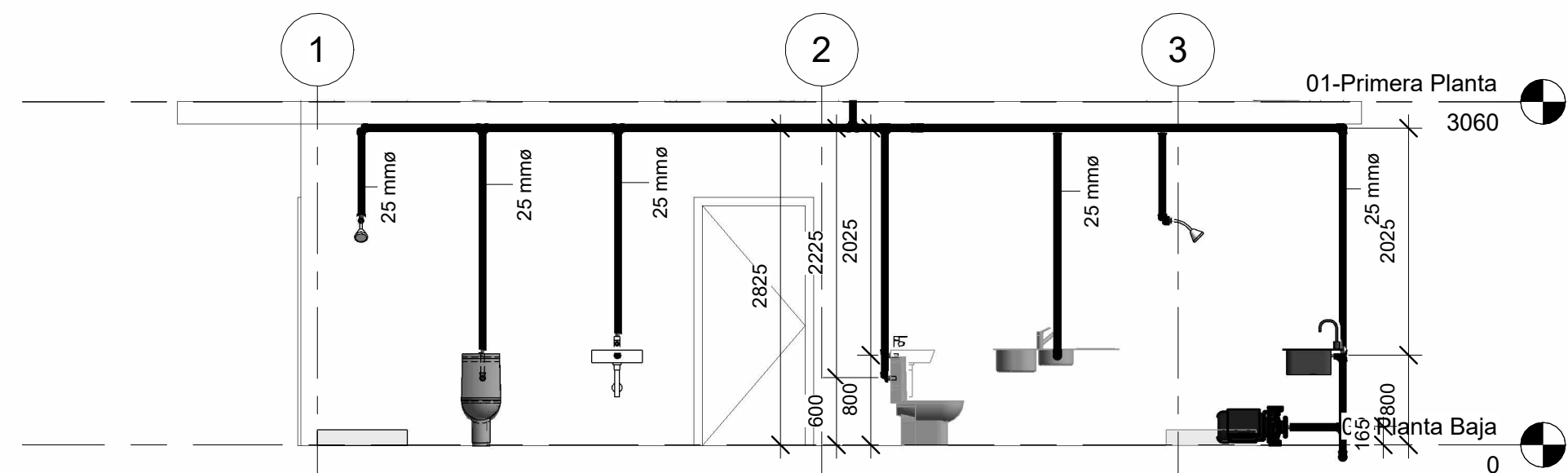
4 01. Vista Norte  
1 : 50



2 01. Vista Este  
1 : 50



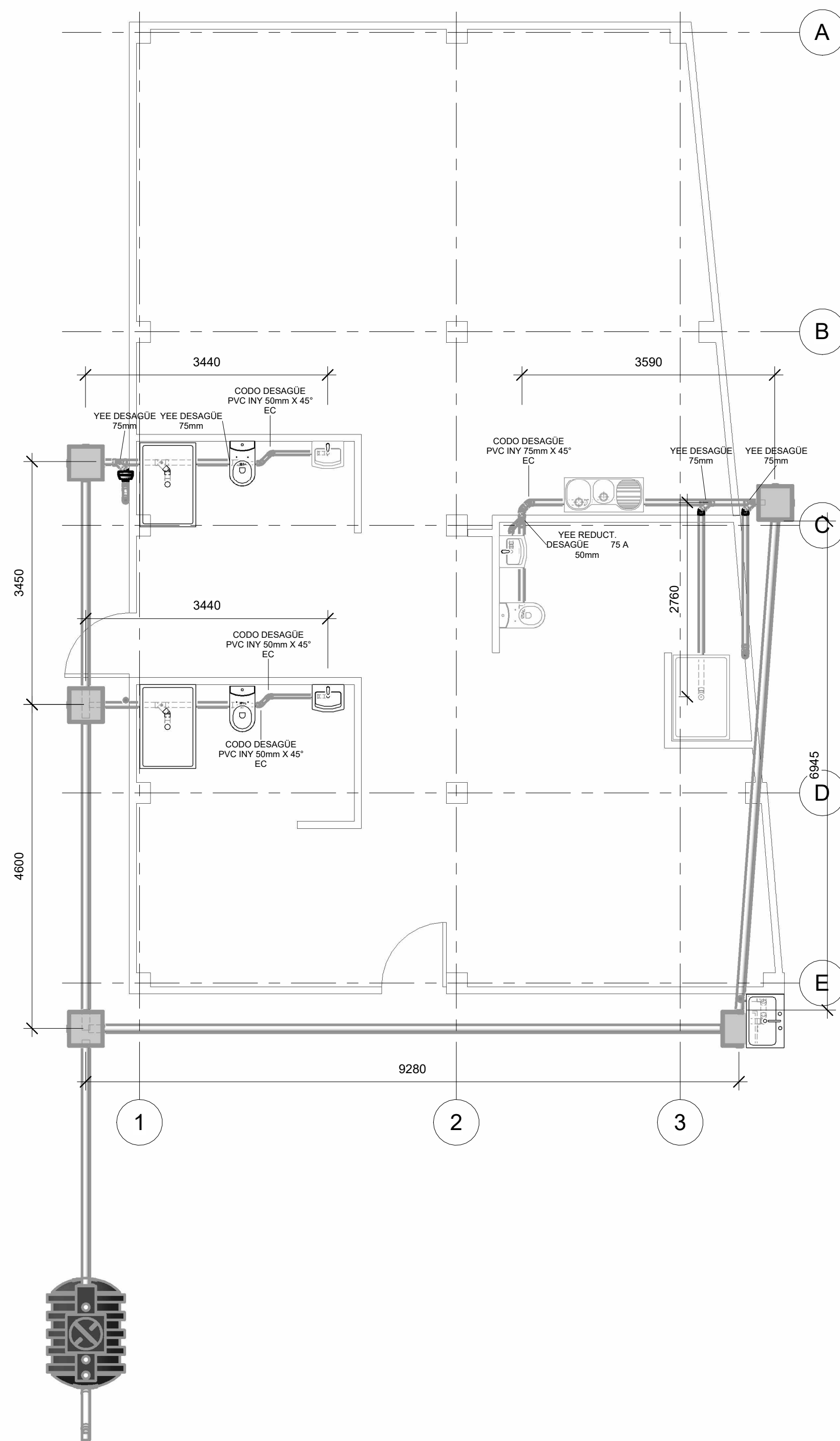
3 01. Vista Oeste  
1 : 50



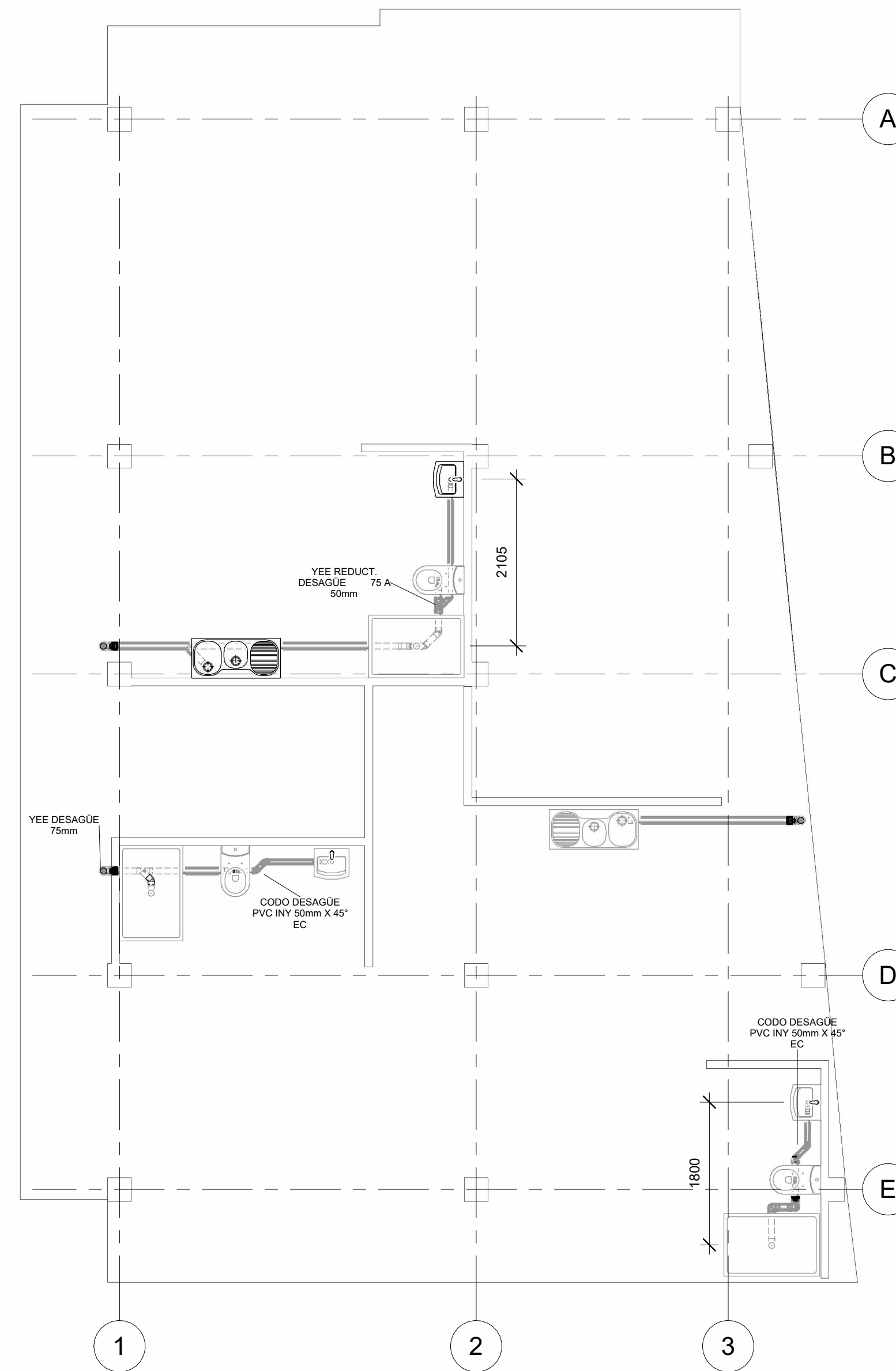
5 01. Vista Sur  
1 : 50

| ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL                             |  |                              |  |
|----------------------------------------------------------------------|--|------------------------------|--|
| FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA                      |  |                              |  |
| PROYECTO:                                                            |  |                              |  |
| Diseño de vivienda de dos pisos con Hormigón Ligero Autocompactante, |  |                              |  |
| CONTENIDO:                                                           |  |                              |  |
| Sistema de Agua Potable - Planta Baja                                |  |                              |  |
| Tutor de Materia Integradora:                                        |  | Estudiante:                  |  |
| MSc. Guillermo Muñoz                                                 |  | Héctor Safian Herrera Bustos |  |
| Fecha de Entrega:                                                    |  | 08/14/25                     |  |
| Profesor de Materia Integradora:                                     |  | Lámina:                      |  |
| MSc. Lenin Dender                                                    |  | A102                         |  |
|                                                                      |  | Escala:                      |  |
|                                                                      |  | 1 : 50                       |  |





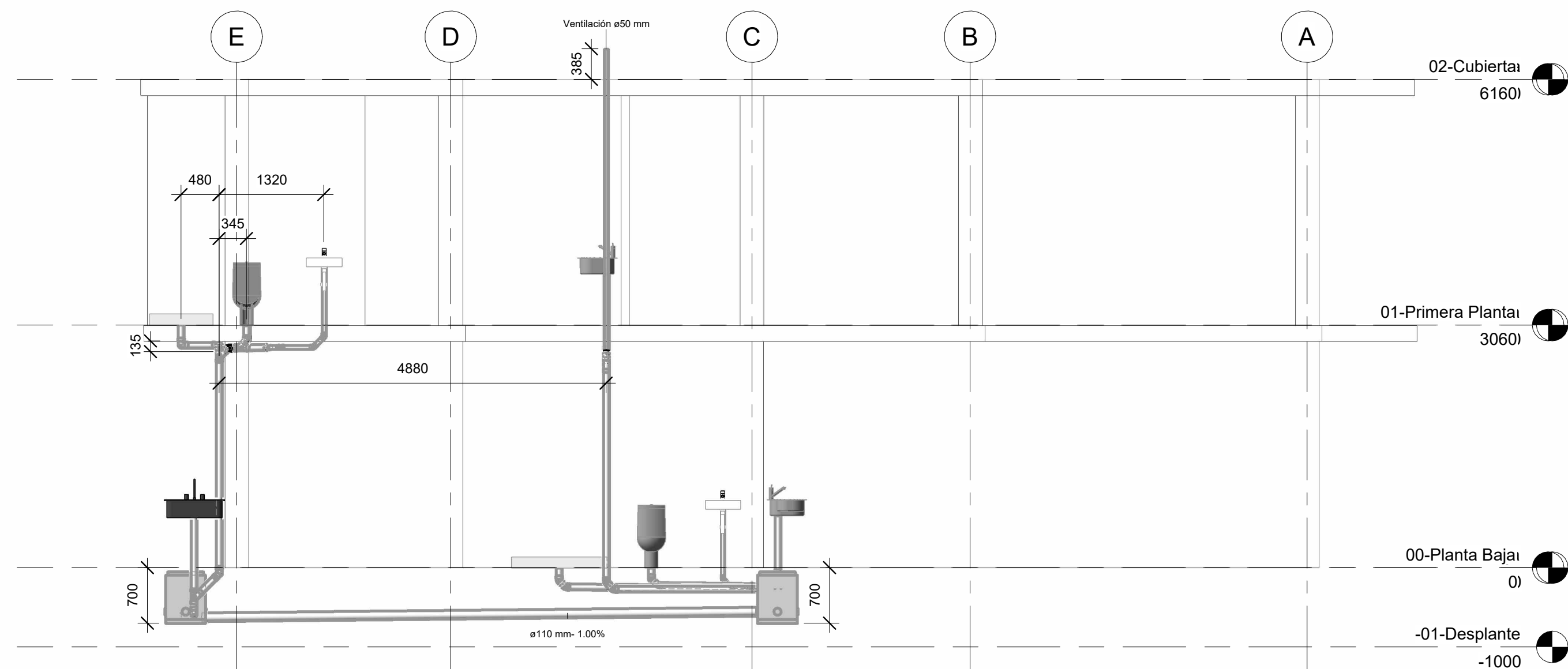
1 AASS-Planta Baja  
1 : 50



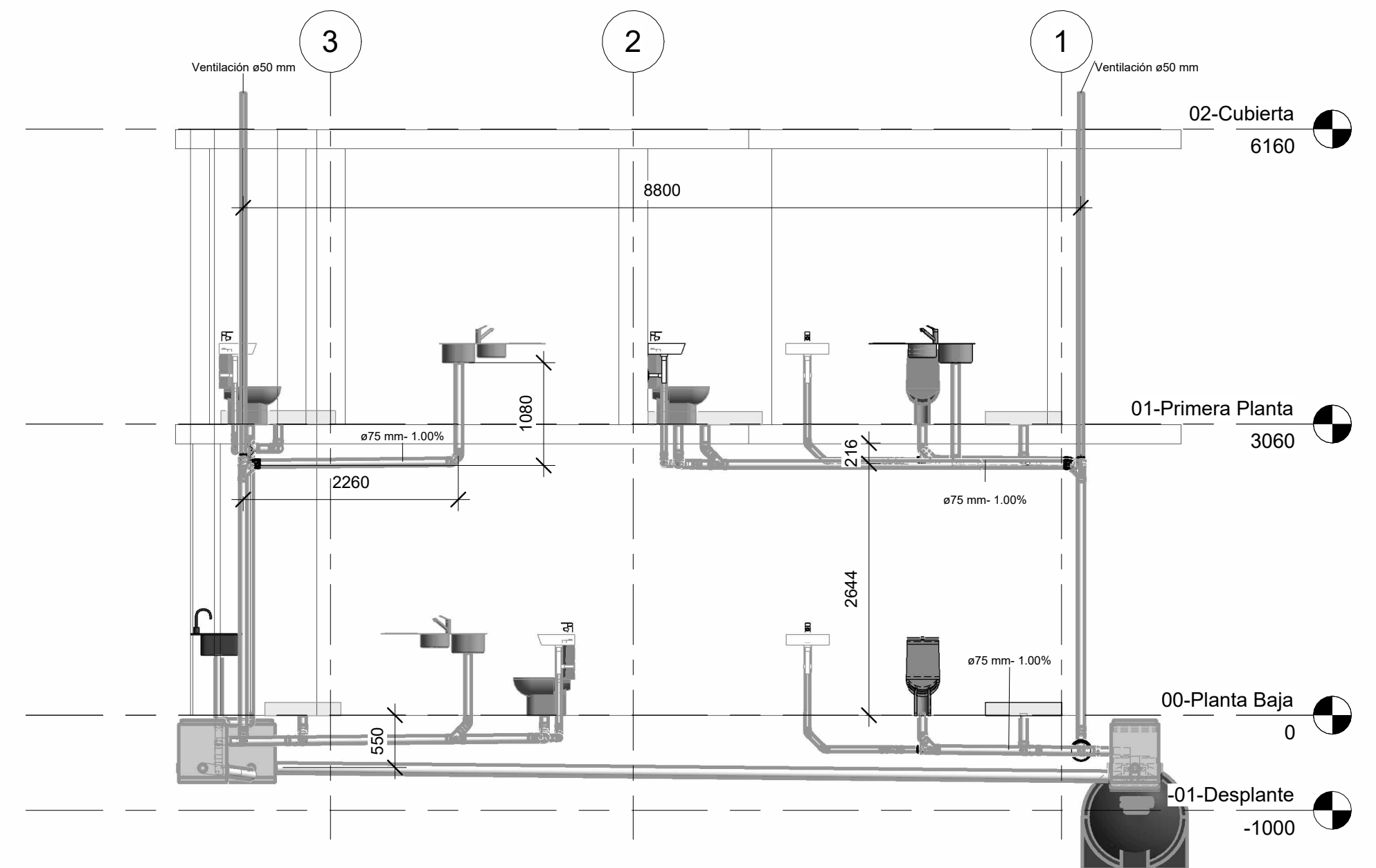
2 AASS-Primera Planta  
1 : 50

| <b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL</b><br>FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA |                                             |                               |                   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------|-------------------|
| PROYECTO:<br>Diseño de vivienda de dos pisos con Hormigón Ligero Autocompactante,                  |                                             |                               |                   |
| CONTENIDO:<br><b>Sistema de Aguas Residuales - Vistas en Planta</b>                                |                                             |                               |                   |
| Tutor de Materia Integradora:<br>MSc. Guillermo Muñoz                                              | Estudiante:<br>Héctor Safian Herrera Bustos | Fecha de Entrega:<br>08/14/25 |                   |
| Profesor de Materia Integradora:<br>MSc. Lenin Dender                                              |                                             | Lámina:<br>A103               | Escala:<br>1 : 50 |

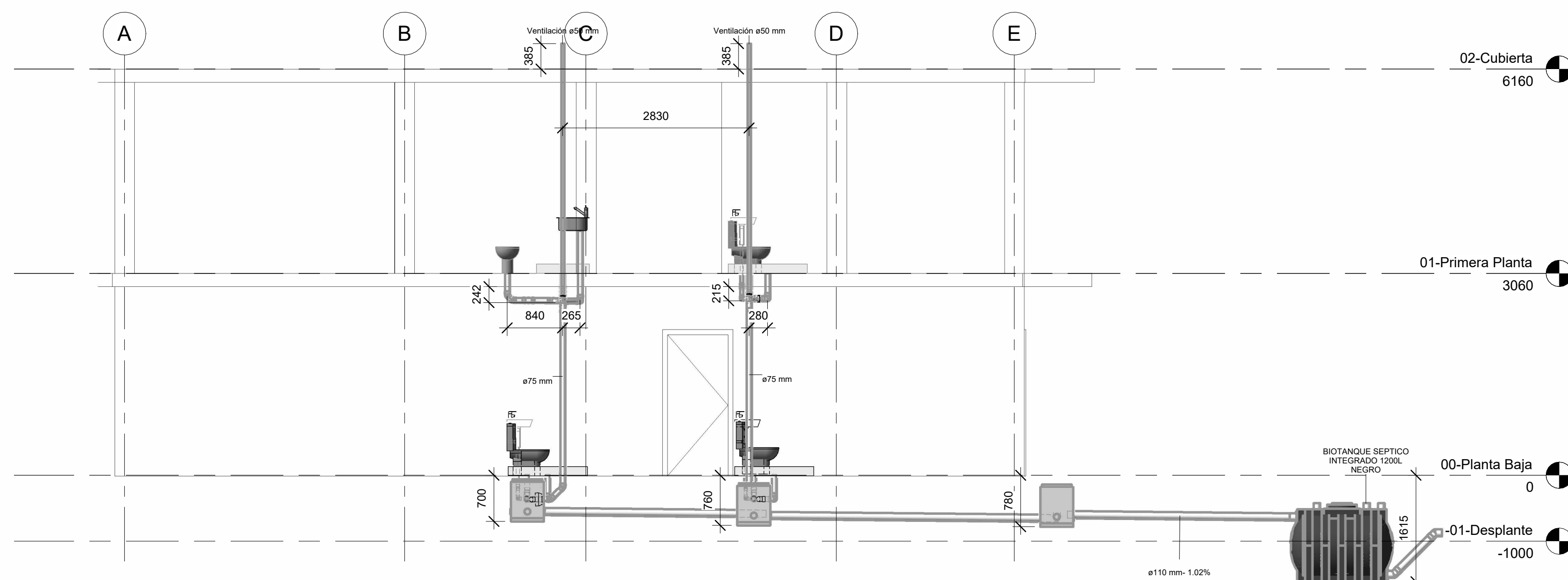




1 AASS-Este  
1 : 50



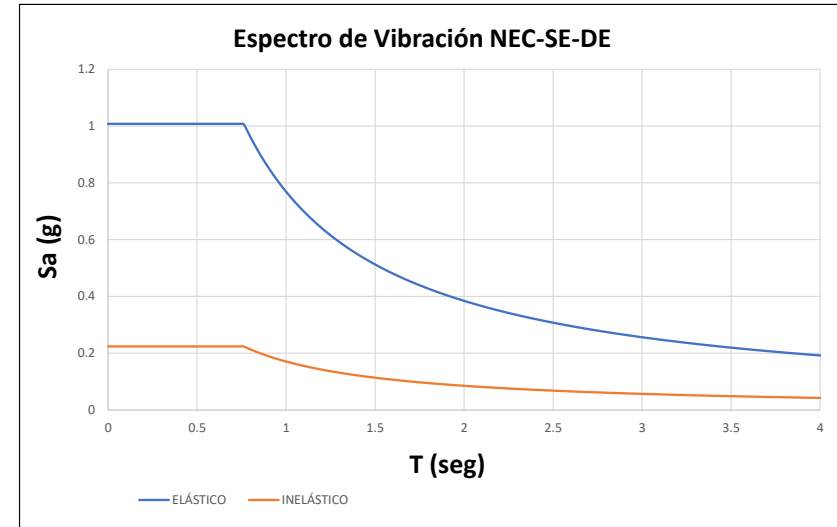
3 AASS-Norte  
1 : 50



2 AASS-Oeste  
1 : 50

| <b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL</b><br>FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA |                                             |                               |                   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------|-------------------|
| PROYECTO:<br>Diseño de vivienda de dos pisos con Hormigón Ligero Autocompactante,                  |                                             |                               |                   |
| CONTENIDO:<br><b>Sistema de Aguas Residuales - Vistas de Secciones</b>                             |                                             |                               |                   |
| Tutor de Materia Integradora:<br>MSc. Guillermo Muñoz                                              | Estudiante:<br>Héctor Safian Herrera Bustos | Fecha de Entrega:<br>08/14/25 |                   |
| Profesor de Materia Integradora:<br>MSc. Lenin Dender                                              |                                             | Lámina:<br>A104               | Escala:<br>1 : 50 |

| Parámetros                                         | Valores                              | Referencia NEC-SE-DS  |
|----------------------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------|
| Factor de Importancia (I)                          | 1                                    | Tabla 6, Sec. 4.1     |
| Factor de reducción de respuesta (R)               | 5                                    | Tabla 16, Sec. 6.3.4  |
| Relación de amplificación espectral ( $\eta$ )     | 1.80                                 | Sec. 3.3.1            |
| Zona sísmica                                       | VI                                   | Fig. 1, Sec. 3.1.1    |
| Tipo de Suelo                                      | D                                    | Tabla 2, Sec 3.2.1    |
| Factor de zona (Z)                                 | 0.5                                  | Tabla 1, Sec. 3.3.1   |
| Factor de sitio (Fa)                               | 1.12                                 | Tabla 3, Sec. 3.2.2.a |
| Factor de sitio (Fd)                               | 1.11                                 | Tabla 4, Sec. 3.2.2.a |
| Factor de comportamiento inelástico del suelo (Fs) | 1.40                                 | Tabla 5, Sec. 3.2.2.a |
| Periodo crítico (Tc)                               | 0.14                                 | Sec. 3.3.1            |
| Factor en el espectro para diseño elástico (r)     | 1.5                                  | Sec. 3.3.1            |
| Aceleración espectral (Sa)                         | 1.008                                | Sec. 3.3.1            |
| Factor de irregularidad en planta ( $\Phi_P$ )     | 1                                    | Tabla 13, Sec. 5.2.3  |
| Factor de irregularidad en elevación ( $\Phi_E$ )  | 0.9                                  | Tabla 14, Sec. 5.2.3  |
| Tipo de estructura                                 | Pórtico H.A. Sin muros ni diagonales | Planos                |
| Coefficiente Ct                                    | 0.055                                | Sec. 6.3.3.a          |
| Coefficiente para cálculo del período ( $\alpha$ ) | 0.90                                 | Sec. 6.3.3.a          |
| Altura total del edificio (Hn)                     | 6.15 m                               | Planos                |
| Periodo natural de vibración (T)                   | 0.282 seg                            | Sec.6.3.3.a           |
| Porcentaje de carga muerta para sismo (C)          | 0.2240                               | Sec. 6.3.2            |





|           |         |
|-----------|---------|
| N° pisos= | 2 pisos |
|-----------|---------|

|               |           |
|---------------|-----------|
| T (metodo 1)= | 0.282 seg |
|---------------|-----------|

|               |           |
|---------------|-----------|
| T permisible= | 0.338 seg |
|---------------|-----------|

|               |           |
|---------------|-----------|
| T (metodo 2)= | 0.311 seg |
|---------------|-----------|

|               |      |
|---------------|------|
| FACTOR<br>k = | 1.00 |
|---------------|------|

| Valores de T (s)   | k               |
|--------------------|-----------------|
| $\leq 0.5$         | 1               |
| $0.5 < T \leq 2.5$ | $0.75 + 0.50 T$ |
| $> 2.5$            | 2               |

|                        |           |
|------------------------|-----------|
| $1.30 * T$ (metodo 1)= | 0.367 seg |
| T (metodo 2)=          | 0.311 seg |

|                    |
|--------------------|
| $T_2 < 1.30 * T_1$ |
| CUMPLE             |

|        | RX     | RY          | RZ     | $\sum R$ | $RZ/\sum R$ | CONDICION DE MODO |              |
|--------|--------|-------------|--------|----------|-------------|-------------------|--------------|
| Modo 1 | 0.0007 | 0.139       | 0.0025 | 0.1422   | 0.018       | < 0.25            | TRASLACIONAL |
| Modo 2 | 0.1117 | 0.0007      | 0.1424 | 0.2548   | 0.559       | > 0.25            | ROTACIONAL   |
| Modo 3 | 0.0175 | 0.000006301 | 0.7707 | 0.7882   | 0.978       | > 0.25            | ROTACIONAL   |

| TABLE: Modal Participating Mass Ratios |      |        |          |          |    |        |        |       |        |          |        |        |        |        |
|----------------------------------------|------|--------|----------|----------|----|--------|--------|-------|--------|----------|--------|--------|--------|--------|
| Case                                   | Mode | Period | UX       | UY       | UZ | SumUX  | SumUY  | SumUZ | RX     | RY       | RZ     | SumRX  | SumRY  | SumRZ  |
|                                        |      | sec    |          |          |    |        |        |       |        |          |        |        |        |        |
| Modal                                  | 1    | 0.311  | 0.9059   | 0.0047   | 0  | 0.9059 | 0.0047 | 0     | 0.0007 | 0.139    | 0.0025 | 0.0007 | 0.139  | 0.0025 |
| Modal                                  | 2    | 0.301  | 6.70E-03 | 0.7744   | 0  | 0.9126 | 0.7791 | 0     | 0.1117 | 7.00E-04 | 0.1424 | 0.1125 | 0.1397 | 0.1448 |
| Modal                                  | 3    | 0.279  | 3.00E-04 | 0.1417   | 0  | 0.9129 | 0.9208 | 0     | 0.0175 | 6.30E-06 | 0.7707 | 0.13   | 0.1397 | 0.9155 |
| Modal                                  | 4    | 0.113  | 8.31E-02 | 0.0033   | 0  | 0.996  | 0.9241 | 0     | 0.0363 | 0.8202   | 0.0003 | 0.1663 | 0.9599 | 0.9158 |
| Modal                                  | 5    | 0.112  | 0.004    | 6.43E-02 | 0  | 1      | 0.9885 | 0     | 0.7176 | 0.0399   | 0.0103 | 0.8839 | 0.9999 | 0.9261 |
| Modal                                  | 6    | 0.103  | 3.65E-06 | 0.0115   | 0  | 1      | 1      | 0     | 0.1161 | 1.00E-04 | 0.0739 | 1      | 1      | 1      |

|                   |      |
|-------------------|------|
| R=                | 5    |
| $\Delta_{\max}$ = | 0.02 |

| TABLE: Story Drifts |             |           |           |             |           |          |            |              |
|---------------------|-------------|-----------|-----------|-------------|-----------|----------|------------|--------------|
| Story               | Output Case | Case Type | Step Type | Step Number | Direction | Drift    | $\Delta_M$ | Comprobación |
| Story2              | Sx          | LinStatic |           |             | X         | 0.001242 | 0.0047     | Cumple       |
| Story2              | Sy          | LinStatic |           |             | Y         | 0.001045 | 0.0039     | Cumple       |
| Story1              | Sx          | LinStatic |           |             | X         | 0.00143  | 0.0054     | Cumple       |
| Story1              | Sy          | LinStatic |           |             | Y         | 0.001267 | 0.0048     | Cumple       |

|          |              |        |
|----------|--------------|--------|
| CRITERIO | RATIO < 1.20 | CUMPLE |
|----------|--------------|--------|

| TABLE: Story Max Over Avg Drifts |             |           |           |             |           |           |           |       |
|----------------------------------|-------------|-----------|-----------|-------------|-----------|-----------|-----------|-------|
| Story                            | Output Case | Case Type | Step Type | Step Number | Direction | Max Drift | Avg Drift | Ratio |
|                                  |             |           |           |             |           | mm        | mm        |       |
| Story2                           | Sx          | LinStatic |           |             | X         | 8.123     | 7.051     | 1.152 |
| Story1                           | Sx          | LinStatic |           |             | X         | 4.377     | 3.788     | 1.155 |
| Story2                           | Sy          | LinStatic |           |             | Y         | 7.104     | 6.889     | 1.031 |
| Story1                           | Sy          | LinStatic |           |             | Y         | 3.876     | 3.788     | 1.023 |

|        |
|--------|
| CUMPLE |
| CUMPLE |
| CUMPLE |
| CUMPLE |

**Tipo 1 - Piso flexible**  
 $\delta_{pi} < 0.9$   
Rigidez  $K_i < 0.70$  Rigidez  $K_{i+1}$   
 $Rigidez < 0.80 \frac{(K_{i-1} + K_i + K_{i+1})}{3}$

La estructura se considera irregular cuando la rigidez lateral de un piso es menor que el 70% de la rigidez lateral del piso superior o menor que el 80 % del promedio de la rigidez lateral de los tres pisos superiores.

F  
E  
D  
C  
B  
A

| TABLE: Story Stiffness |        |           |              |             |          |         |           |          |         |           | Comprobación          |                                         |
|------------------------|--------|-----------|--------------|-------------|----------|---------|-----------|----------|---------|-----------|-----------------------|-----------------------------------------|
| Story                  | Output | Case Type | Step Type    | Step Number | Shear X  | Drift X | Stiff X   | Shear Y  | Drift Y | Stiff Y   | $K_i > 0.7 * K_{i+1}$ | $K_i > (K_{i+1} + K_{i+2} + K_{i+3})/3$ |
|                        |        |           |              |             | kN       | mm      | kN/m      | kN       | mm      | kN/m      |                       |                                         |
| Story2                 | Sx     | LinStatic | Step By Step | 1           | 152.882  | 3.665   | 41718.363 | 0        | 0.358   | 0         |                       |                                         |
| Story1                 | Sx     | LinStatic | Step By Step | 1           | 270.1059 | 3.788   | 71296.58  | 0        | 0.219   | 0         | No es irregular       |                                         |
| Story2                 | Sy     | LinStatic | Step By Step | 1           | 0        | 0.118   | 0         | 165.1344 | 3.545   | 46579.177 |                       |                                         |
| Story1                 | Sy     | LinStatic | Step By Step | 1           | 0        | 0.073   | 0         | 291.7529 | 3.788   | 77026.442 | No es irregular       |                                         |

|    |         |
|----|---------|
| Lx | 10.55 m |
| Ly | 16.10 m |

| TABLE: Centers Of Mass And Rigidity |           |          |          |         |         |            |            |         |         |         |         |
|-------------------------------------|-----------|----------|----------|---------|---------|------------|------------|---------|---------|---------|---------|
| Story                               | Diaphragm | Mass X   | Mass Y   | XCM     | YCM     | Cum Mass X | Cum Mass Y | XCCM    | YCCM    | XCR     | YCR     |
|                                     |           | kg       | kg       | m       | m       | kg         | kg         | m       | m       | m       | m       |
| Story1                              | D1        | 76408.93 | 76408.93 | 12.6189 | 13.7901 | 76408.93   | 76408.93   | 12.6189 | 13.7901 | 12.9557 | 13.8138 |
| Story2                              | D2        | 52216.45 | 52216.45 | 12.4888 | 13.9271 | 52216.45   | 52216.45   | 12.4888 | 13.9271 | 12.8183 | 13.8738 |

| N°     | ex     | %ex   | CONDICION |
|--------|--------|-------|-----------|
| PISO 1 | 0.3368 | 3.19% | CUMPLE    |
| PISO 2 | 0.3295 | 3.12% | CUMPLE    |

| N°     | ey     | %exy  | CONDICION |
|--------|--------|-------|-----------|
| PISO 1 | 0.0237 | 0.15% | CUMPLE    |
| PISO 2 | 0.0533 | 0.33% | CUMPLE    |

## Cargas Gravitacionales

### Carga Permanentes

#### Resumen de Cargas Permanentes

|                 |                         |        |                 |
|-----------------|-------------------------|--------|-----------------|
| Paredes         | $G_{\text{paredes}}$    | 1.10   | $\text{kN/m}^2$ |
| Pretil          | $G_{\text{pretil}}$     | 0.17   | $\text{kN/m}^2$ |
| Enlucido        | $G_{\text{enlucido}}$   | 0.87   | $\text{kN/m}^2$ |
| Enlucido Pretil | $G_{\text{enlucido,p}}$ | 0.14   | $\text{kN/m}^2$ |
| Cerámicos       | $G_{\text{ceramicos}}$  | 0.2    | $\text{kN/m}^2$ |
| Cielo Raso      | $G_{\text{CR}}$         | 0.2    | $\text{kN/m}^2$ |
| Bloques LN1D    | $G_{\text{bloques}}$    | 0.0096 | $\text{kN/m}^2$ |
| Columnas        | $G_{\text{columnas}}$   | 0.48   | $\text{kN/m}^2$ |
| LN2D            | $G_{\text{LN2D}}$       | 2.01   | $\text{kN/m}^2$ |

#### Carga por Paredes de Entrepiso

|                               |                               |                           |                     |    |        |              |
|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------|---------------------|----|--------|--------------|
| Tipo de Bloque                | Bloque de Hormigón Alivianado |                           |                     |    |        |              |
| Dimensiones                   | 7                             | cm                        | 20                  | cm | 40     | cm           |
| Peso Unitario                 | 0.048                         | kN                        | Longitud de Paredes |    | 106.4  | m            |
| Área de Bloque                | 0.086                         | $\text{m}^2$              | Altura de Pared     |    | 2.8    | m            |
| Área de Losa                  | 150.3                         | $\text{m}^2$              | Área de Paredes     |    | 297.92 | $\text{m}^2$ |
| #Bloques/m <sup>2</sup> Pared | 12                            | $\text{u/m}^2$            | Ratio Pared/Losa    |    | 1.98   | -            |
| Peso Enlucido                 | 0.22                          | $\text{kN/m}^2/\text{cm}$ | Espesor de Enlucido |    | 1      | cm           |

#### Carga por Pretil de Cubierta

|                               |                               |                           |                     |    |      |              |
|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------|---------------------|----|------|--------------|
| Tipo de Bloque                | Bloque de Hormigón Alivianado |                           |                     |    |      |              |
| Dimensiones                   | 7                             | cm                        | 20                  | cm | 40   | cm           |
| Peso Unitario                 | 0.048                         | kN                        | Longitud de Paredes |    | 52   | m            |
| Área de Bloque                | 0.086                         | $\text{m}^2$              | Altura de Pared     |    | 0.9  | m            |
| Área de Losa                  | 150.3                         | $\text{m}^2$              | Área de Paredes     |    | 46.8 | $\text{m}^2$ |
| #Bloques/m <sup>2</sup> Pared | 12                            | $\text{u/m}^2$            | Ratio Pared/Losa    |    | 0.31 | -            |
| Peso Enlucido                 | 0.22                          | $\text{kN/m}^2/\text{cm}$ | Espesor de Enlucido |    | 1    | cm           |

#### Carga por Recubrimiento de Piso

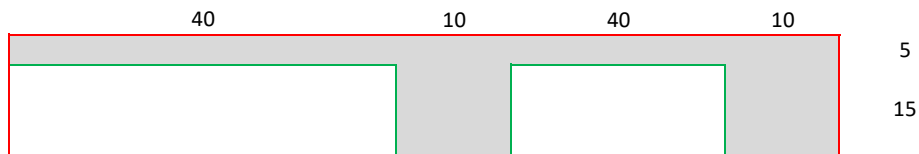
|                       |                                             |                           |                    |  |   |    |
|-----------------------|---------------------------------------------|---------------------------|--------------------|--|---|----|
| Tipo de Recubrimiento | Baldosa de Cerámica, con mortero de cemento |                           |                    |  |   |    |
| Peso Unitario         | 0.2                                         | $\text{kN/m}^2/\text{cm}$ | Espesor de Mortero |  | 1 | cm |

#### Carga por Cielo Raso

|                    |                                                     |     |                 |  |  |  |
|--------------------|-----------------------------------------------------|-----|-----------------|--|--|--|
| Tipo de Cielo Raso | Plancha de Gypsum de 12.7mm sobre listones de acero |     |                 |  |  |  |
| Peso Unitario      | $\gamma_{\text{CR}}$                                | 0.2 | $\text{kN/m}^2$ |  |  |  |

### Carga por Losa Nervada en 2D

| Tipo de Losa:        |              | LN2D |    |
|----------------------|--------------|------|----|
| Espesores            |              |      |    |
| Losa                 | $h_{LN1D}$   | 20   | cm |
| Loseta de Compresión | $h_{lc}$     | 5    | cm |
| Nervio               | $h_{nervio}$ | 15   | cm |



|                    |               |       |                                |
|--------------------|---------------|-------|--------------------------------|
| Volúmenes          |               |       |                                |
| Losa Maciza        | $V_{LMCZ}$    | 0.2   | m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> |
| Bloques Aligerados | $V_{bloques}$ | 0.096 | m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> |
| Volumen LN2D       | $V_{LN2D}$    | 0.104 | m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> |

|                         |                    |      |                   |
|-------------------------|--------------------|------|-------------------|
| Pesos Unitarios         |                    |      |                   |
| Hormigón Ligero HF-3    | $\gamma_{HF-3}$    | 19.3 | kN/m <sup>3</sup> |
| Bloque Poliestireno Exp | $\gamma_{bloques}$ | 0.1  | kN/m <sup>3</sup> |
| Peso LN2D               | $G_{LN1D}$         | 2.01 | kN/m <sup>2</sup> |

### Carga por Elementos Estructurales

#### Columnas

|                     |                 |      |                   |
|---------------------|-----------------|------|-------------------|
| Dimensiones         |                 |      |                   |
| Base                | $b_c$           | 30   | cm                |
| Altura              | $h_c$           | 30   | cm                |
| Altura de Entrepiso | $h_{entrepiso}$ | 2.8  | m                 |
| # de Columnas       | #C              | 15   | -                 |
| Pesos Unitarios     |                 |      |                   |
| Hormigón Ligero H-4 | $\gamma_{H-4}$  | 19.2 | Kn/m <sup>3</sup> |
| Peso de Columnas    | $G_{columnas}$  | 0.48 | kN/m <sup>2</sup> |

#### Peso Sísmico

|                 |    |        |    |
|-----------------|----|--------|----|
| Número de Pisos | #P | 2      | u  |
| Carga Sísmica   | W  | 1183.8 | kN |

### Cargas Variables

#### Carga Viva

|                            |                 |     |                   |
|----------------------------|-----------------|-----|-------------------|
| Balcones                   | $Q_{balcones}$  | 4.8 | kN/m <sup>2</sup> |
| Entrepiso                  | $Q_{entrepiso}$ | 2   | kN/m <sup>2</sup> |
| Cubierta Plana Inaccesible | $Q_{cubierta}$  | 0.7 | kN/m <sup>2</sup> |

NEC-SE-CG

4.2.1 Tabla 9



## Distribución de Carga Sísmica por Piso

### Piso #2

|                  |                            |      |                 |
|------------------|----------------------------|------|-----------------|
| Pretel           | $G_{\text{paredes}}$       | 0.17 | $\text{kN/m}^2$ |
| Enlucidos Petril | $G_{\text{enlucido}}$      | 0.14 | $\text{kN/m}^2$ |
| Cielo Raso       | $G_{\text{CR}}$            | 0.2  | $\text{kN/m}^2$ |
| Bloques LN2D     | $G_{\text{bloques}}$       | 0.01 | $\text{kN/m}^2$ |
| Total            | $G_{\text{sobreimpuesta}}$ | 0.52 | $\text{kN/m}^2$ |

|                  |                       |      |                 |
|------------------|-----------------------|------|-----------------|
| Columnas         | $G_{\text{columnas}}$ | 0.48 | $\text{kN/m}^2$ |
| LN2D             | $G_{\text{LN1D}}$     | 2.01 | $\text{kN/m}^2$ |
| Peso Estructural | $G_{\text{strc}}$     | 2.49 | $\text{kN/m}^2$ |

|              |          |       |              |
|--------------|----------|-------|--------------|
| Área de Piso | $A_{p1}$ | 150.3 | $\text{m}^2$ |
| Peso de Piso | $W_{p1}$ | 452.2 | kN           |

### Piso #1

|              |                            |        |                 |
|--------------|----------------------------|--------|-----------------|
| Paredes      | $G_{\text{paredes}}$       | 1.10   | $\text{kN/m}^2$ |
| Enlucidos    | $G_{\text{enlucido}}$      | 0.87   | $\text{kN/m}^2$ |
| Cerámicos    | $G_{\text{ceramicos}}$     | 0.2    | $\text{kN/m}^2$ |
| Cielo Raso   | $G_{\text{CR}}$            | 0.2    | $\text{kN/m}^2$ |
| Bloques LN2D | $G_{\text{bloques}}$       | 0.0096 | $\text{kN/m}^2$ |
| Total        | $G_{\text{sobreimpuesta}}$ | 2.38   | $\text{kN/m}^2$ |

|                  |                       |      |                 |
|------------------|-----------------------|------|-----------------|
| Columnas         | $G_{\text{columnas}}$ | 0.48 | $\text{kN/m}^2$ |
| LN2D             | $G_{\text{LN1D}}$     | 2.01 | $\text{kN/m}^2$ |
| Peso Estructural | $G_{\text{strc}}$     | 2.49 | $\text{kN/m}^2$ |

|              |          |       |              |
|--------------|----------|-------|--------------|
| Área de Piso | $A_{p2}$ | 150.3 | $\text{m}^2$ |
| Peso de Piso | $W_{p2}$ | 731.6 | kN           |

|                     |        |    |
|---------------------|--------|----|
| <b>Peso Sísmico</b> | 1183.8 | kN |
| <b>Cs</b>           | 20.16% |    |
| <b>V</b>            | 238.7  | kN |

| PREDIMENSIONAMIENTO DE COLUMNAS |        |                       |     |                                     |                       |        |  |                                      |  |  |  |
|---------------------------------|--------|-----------------------|-----|-------------------------------------|-----------------------|--------|--|--------------------------------------|--|--|--|
| f'c                             |        | 30 Mpa                |     |                                     |                       |        |  |                                      |  |  |  |
| Primer Piso                     |        |                       |     |                                     |                       |        |  |                                      |  |  |  |
| Tipo de Columna Interior        |        |                       |     | Tipo de Columna Exterior con volado |                       |        |  | Tipo de Columna Esquinera con volado |  |  |  |
| x <sub>1</sub>                  | 4.5    | x <sub>1</sub>        |     | 4.5                                 | x <sub>1</sub>        | 3.15   |  |                                      |  |  |  |
| x <sub>2</sub>                  | 3.9    | x <sub>2</sub>        |     | 4.5                                 | x <sub>2</sub>        | 0      |  |                                      |  |  |  |
| y <sub>1</sub>                  | 2.75   | y <sub>1</sub>        |     | 2.7                                 | y <sub>1</sub>        | 4.25   |  |                                      |  |  |  |
| y <sub>2</sub>                  | 3.8    | y <sub>voladizo</sub> |     | 1.2                                 | y <sub>voladizo</sub> | 1.4    |  |                                      |  |  |  |
| A <sub>i</sub>                  | 13.76  | A <sub>i</sub>        |     | 11.48                               | A <sub>i</sub>        | 5.55   |  |                                      |  |  |  |
| K <sub>LL</sub>                 | 4      | K <sub>LL</sub>       |     | 3                                   | K <sub>LL</sub>       | 2      |  |                                      |  |  |  |
| α                               | 0.25   | α                     |     | 0.2                                 | α                     | 0.17   |  |                                      |  |  |  |
| Se reduce?                      | Sí     | Se reduce?            |     | No                                  | Se reduce?            | No     |  |                                      |  |  |  |
| Q <sub>0</sub>                  | 2      | Q <sub>0</sub>        |     | 2                                   | Q <sub>0</sub>        | 2      |  |                                      |  |  |  |
| Q                               | 1.73   | Q                     |     | 2.00                                | Q                     | 2.00   |  |                                      |  |  |  |
| G                               | 7.88   | G                     |     | 7.88                                | G                     | 7.88   |  |                                      |  |  |  |
| Pi                              | 168.13 | Pi                    |     | 145.18                              | Pi                    | 70.24  |  |                                      |  |  |  |
| Ac                              | 0.022  | Ac                    |     | 0.0242                              | Ac                    | 0.0138 |  |                                      |  |  |  |
| L                               | 0.15   | L                     |     | 0.16                                | L                     | 0.12   |  |                                      |  |  |  |
| Ld                              | 0.3    | Ld                    | 0.3 | Ld                                  | 0.3                   |        |  |                                      |  |  |  |
| Segundo Piso                    |        |                       |     |                                     |                       |        |  |                                      |  |  |  |
| Tipo de Columna Interior        |        |                       |     | Tipo de Columna Exterior con volado |                       |        |  | Tipo de Columna Esquinera con volado |  |  |  |
| x <sub>1</sub>                  | 4.5    | x <sub>1</sub>        |     | 4.5                                 | x <sub>1</sub>        | 3.15   |  |                                      |  |  |  |
| x <sub>2</sub>                  | 3.9    | x <sub>2</sub>        |     | 4.5                                 | x <sub>2</sub>        | 0      |  |                                      |  |  |  |
| y <sub>1</sub>                  | 2.75   | y <sub>1</sub>        |     | 2.7                                 | y <sub>1</sub>        | 4.25   |  |                                      |  |  |  |
| y <sub>2</sub>                  | 3.8    | y <sub>voladizo</sub> |     | 1.2                                 | y <sub>voladizo</sub> | 1.4    |  |                                      |  |  |  |
| A <sub>i</sub>                  | 13.76  | A <sub>i</sub>        |     | 11.48                               | A <sub>i</sub>        | 5.55   |  |                                      |  |  |  |
| α                               | 0.25   | α                     |     | 0.2                                 | α                     | 0.17   |  |                                      |  |  |  |
| Q                               | 0.7    | Q                     |     | 0.7                                 | Q                     | 0.7    |  |                                      |  |  |  |
| G                               | 3.01   | G                     |     | 3.01                                | G                     | 3.01   |  |                                      |  |  |  |
| Pi                              | 21.29  | Pi                    |     | 21.29                               | Pi                    | 14.90  |  |                                      |  |  |  |
| Ac                              | 0.000  | Ac                    |     | 0.0006                              | Ac                    | 0.0004 |  |                                      |  |  |  |
| L                               | 0.02   | L                     |     | 0.03                                | L                     | 0.02   |  |                                      |  |  |  |
| Ld                              | 0.3    | Ld                    |     | 0.3                                 | Ld                    | 0.3    |  |                                      |  |  |  |

$$S = K_{LL} A_f (25 \text{ m}^2 \cdot 1 + L_c \left( 0.25 + \frac{4.57}{\sqrt{K_{LL}}} \right))$$
  
 Donde:  
 L: Sobrecarga distribuida en kN/m<sup>2</sup>, aplicada sobre el área tributaria del elemento de soporte.  
 L<sub>c</sub>: Sobrecarga distribuida sin reducir, aplicada sobre el área tributaria del elemento de soporte, según la [Tabla 9](#) del apéndice [4.2](#).  
 K<sub>LL</sub>: Factor de sobrecarga según el elemento de soporte, ver la [Tabla 2](#).  
 A<sub>f</sub>: Área tributaria en metros cuadrados.

| Elemento                                | K <sub>LL</sub> * |
|-----------------------------------------|-------------------|
| Columnas                                |                   |
| Columnas interiores                     | 4                 |
| Columnas exteriores sin tocas en volado | 4                 |
| Columnas de borde con tocas en volado   | 3                 |
| Columnas esquineras con tocas en volado | 2                 |

DISEÑO DE VIGAS PERDIDAS DE PLANTA BAJA - EJE C

| Dimensiones de Viga, Columna y Datos |         |                 |
|--------------------------------------|---------|-----------------|
| B <sub>viga</sub>                    | 300     | mm              |
| H <sub>viga</sub>                    | 200     | mm              |
| B <sub>columna</sub>                 | 300     | mm              |
| H <sub>columna</sub>                 | 300     | mm              |
| f'c                                  | 35      | MPa             |
| fy                                   | 420     | MPa             |
| Recubrimiento                        | 40      | mm              |
| Ø estribo                            | 10      | mm              |
| Ø varilla                            | 14      | mm              |
| d                                    | 143     | mm              |
| K                                    | 3038.75 | mm <sup>2</sup> |

|                |         |
|----------------|---------|
| Ecu            | 0.003   |
| Ey             | 0.00207 |
| Ø - flexión    | 0.9     |
| Ø - cortante   | 0.75    |
| β <sub>1</sub> | 0.8     |

|                    |      |                 |
|--------------------|------|-----------------|
| Acero Mínimo       | 151  | mm <sup>2</sup> |
| Acero Balance      | 912  | mm <sup>2</sup> |
| Acero Máximo Sismo | 456  | mm <sup>2</sup> |
| Acero Máximo       | 1073 | mm <sup>2</sup> |

$$k = \frac{0.85 * f'c * b * d}{fy}$$

$$As = k \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 * Mu}{\phi * k * d * fy}} \right)$$

$$As \geq \max \left[ \frac{1.4}{fy} b_w d ; A_{s,min} = \frac{\sqrt{f'_c}}{4fy} b_w d \right]$$

$$A_{sb} = \frac{0.85 * f'c * b_w * d * \beta_1 * \epsilon_{cu}}{fy * \epsilon_{cu} * \epsilon_y}$$

| Diámetro nominal (mm) | Sección nominal (mm <sup>2</sup> ) |
|-----------------------|------------------------------------|
| 6                     | 28.3                               |
| 8                     | 50.3                               |
| 10                    | 78.5                               |
| 12                    | 113                                |
| 14                    | 154                                |
| 16                    | 201                                |
| 18                    | 254                                |
| 20                    | 314                                |
| 25                    | 491                                |
| 32                    | 804                                |
| 40                    | 1260                               |



143

NEC-SE-HE (4.2.5)

NEC-SE-HE (4.2.5)

143

Tabla 19.2.4.1(a) — Valores de  $\lambda$  para concreto liviano con base en la densidad de equilibrio

| $w_c$ (kg/m <sup>3</sup> ) | $\lambda$              |     |
|----------------------------|------------------------|-----|
| $\leq 1600$                | 0.75                   | (a) |
| $1600 < w_c \leq 2160$     | $0.80047 w_c \leq 1.0$ | (b) |
| $> 2160$                   | 1.0                    | (c) |

ACI 318-19 (19.2.4.1)

ACI 318-19 (25.4.2)

ACI 318-19 (25.3.1)

ACI 318-19 (18.8.5.1)

| Comprobación de Dimensiones |         |      |           |       |
|-----------------------------|---------|------|-----------|-------|
| B                           | 300     | mm   | ln        | 1500  |
| H                           | 200     | mm   | ln min a) | 633.2 |
| Mu                          | 17.000  | kN-m | Cumple a) |       |
| d                           | 105.669 | mm   | bw min b) | 60    |
| H mín                       | 147     | mm   | Cumple b) |       |
| H real                      | 200     | mm   | Ancho c)  | 450   |
| d real                      | 158.3   | mm   | Cumple c) |       |
| Pu                          |         |      |           | 0     |
| Despreciable?               |         |      |           | Sí    |

Viga B38: Voladizo

|                                                    | Izquierda | Centro | Derecha |
|----------------------------------------------------|-----------|--------|---------|
| Momento [kN - m]                                   |           |        |         |
| Superior                                           | 0.00      | 0.00   | 0.00    |
| Inferior                                           | 8.00      | 17.00  | 10.00   |
| Momento Corregido [kN - m]                         |           |        |         |
| Superior                                           | 0.00      | 2.50   | 0.00    |
| Inferior                                           | 8.00      | 17.00  | 10.00   |
| Acero Requerido [mm <sup>2</sup> ]                 |           |        |         |
| Superior                                           | 0         | 47     | 0       |
| Inferior                                           | 152       | 333    | 191     |
| Acero Requerido Mínimo [mm <sup>2</sup> ]          |           |        |         |
| Superior                                           | 151       | 151    | 151     |
| Inferior                                           | 152       | 333    | 191     |
| Varillas Colocado                                  |           |        |         |
| Superior                                           | 2D10      | 2D10   | 2D10    |
| Inferior                                           | 2D12      | 2D14   | 2D12    |
| Acero Colocado [mm <sup>2</sup> ]                  |           |        |         |
| Superior                                           | 157       | 157    | 157     |
| Inferior                                           | 308       | 308    | 308     |
| Acero Colocado/Acero Requerido [%]                 |           |        |         |
| Superior                                           | 104%      | 104%   | 104%    |
| Inferior                                           | 203%      | 93%    | 161%    |
| ØMn [kN - m]                                       |           |        |         |
| Superior                                           | 8.3       | 8.3    | 8.3     |
| Inferior                                           | 15.8      | 15.8   | 15.8    |
| Comprobación LRFD ØM <sub>n</sub> > M <sub>u</sub> |           |        |         |
| Superior                                           | Cumple    | Cumple | Cumple  |
| Inferior                                           | Cumple    | Cumple | Cumple  |

| Longitudes de Refuerzo Longitudinal |         |                   |
|-------------------------------------|---------|-------------------|
| Tipo de Hormigón                    | Ligero  |                   |
| Densidad del Hormigón               | 1966    | kN/m <sup>3</sup> |
| λ                                   | 0.92402 | -                 |
| db                                  | 12      | mm                |
| ld                                  | 659     | mm                |
| Longitud de Desarrollo              | 66      | cm                |
| l <sub>ext</sub>                    | 145     | mm                |
| Longitud de Gancho                  | 14.5    | cm                |
| ld <sub>h</sub>                     | 170.73  | mm                |
| Longitud de Adherencia              | 17      | cm                |

**Tabla 25.3.1 — Geometría del gancho estándar para el desarrollo de barras corrugadas en tracción**

| Tipo de gancho estándar | Díámetro de la barra | Díámetro interior mínimo de doblado, mm | Extensión recta <sup>(1)</sup><br>$l_{ext}$ , mm | Tipo de gancho estándar |
|-------------------------|----------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------|
| Gancho de 90 grados     | No. 10 a No. 25      | $6d_b$                                  | 12d_b                                            |                         |
|                         | No. 29 a No. 36      | $8d_b$                                  |                                                  |                         |
|                         | No. 43 y No. 57      | $10d_b$                                 |                                                  |                         |

NEC-SE-HM (5.2.1)

22.5.1.2 Las dimensiones de la sección transversal deben seleccionarse para cumplir con la ecuación (22.5.1.2).

$$V_u \leq \phi \left( V_c + 0.66 \sqrt{f'_c} b_w d \right) \quad (22.5.1.2)$$

ACI 318-19 (22.5.1.2)

**Tabla 9.6.3.3 —  $A_{v,min}$  requerido**

| Tipo de viga                                                                        | $A_{v,min} / s$ |                                            |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|--------------------------------------------|
| No preesforzadas y preesforzadas con $A_{ps} f_{se} < 0.4(A_{ps} f_{pu} + A_s f_y)$ | El mayor de:    | $0.062 \sqrt{f'_c} \frac{b_w}{f_{yt}}$ (a) |
|                                                                                     |                 | $0.35 \frac{b_w}{f_{yt}}$ (b)              |

### Diseño por Cortante

|                                                                  | Inicio | Centro | Fin    |
|------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|
| <b>Acero Colocado</b>                                            |        |        |        |
| Superior                                                         | 2D10   | 2D10   | 2D10   |
| Inferior                                                         | 2D12   | 2D14   | 2D12   |
| <b>Acero Colocado [mm<sup>2</sup>]</b>                           |        |        |        |
| Superior                                                         | 157    | 157    | 157    |
| Inferior                                                         | 308    | 308    | 308    |
| <b>a [mm]</b>                                                    |        |        |        |
| Superior                                                         | 9.24   |        | 9.24   |
| Inferior                                                         | 18.12  |        | 18.12  |
| <b>Momento Probable [kN-m]</b>                                   |        |        |        |
| Superior                                                         | 11.41  |        | 11.41  |
| Inferior                                                         | 21.66  |        | 21.66  |
| <b>Cortante Probable [kN]</b>                                    |        |        |        |
| Vpr 1                                                            |        | 22.04  |        |
| Vpr 2                                                            |        | 22.04  |        |
| Vpr Max                                                          |        | 22.04  |        |
| <b>Cortante Gravitacional [kN]</b>                               |        |        |        |
| $V_{ug}$ a d/2                                                   |        | 43.21  |        |
| <b><math>V_u</math> (Excel) vs <math>V_u</math> (ETABS) [kN]</b> |        |        |        |
| Excel                                                            | 65.25  |        | kN     |
| ETABS a d                                                        | 90.87  |        | kN     |
| $V_u$                                                            | 90.87  |        | kN     |
| <b>¿Es <math>V_{pr} &gt; 0.5V_u</math>?</b>                      |        |        |        |
| No                                                               |        |        |        |
| Vc                                                               | 99.67  |        | kN     |
| Vs                                                               | 21.49  |        | kN     |
| Vcu                                                              | 77.39  |        | kN     |
| <b>¿La sección es válida?</b>                                    |        |        | Válida |

### Cálculo de Acero Transversal

|                                                          |     |                    |
|----------------------------------------------------------|-----|--------------------|
| $\frac{A_v}{s} = \frac{(V_u - \phi V_c)}{\phi f_{yt} d}$ |     |                    |
| <b>Av/S</b>                                              | 358 | mm <sup>2</sup> /m |

### Diseño Final de Refuerzo Transversal

|                                |      |                    |
|--------------------------------|------|--------------------|
| <b>Ø varilla</b>               | 12   | mm                 |
| <b># de ramales</b>            | 2    | -                  |
| <b>Ø estribo</b>               | 10   | mm                 |
| <b>Separación por Demanda</b>  |      |                    |
|                                | 44   | cm                 |
| <b>Separación Mínima</b>       |      |                    |
| Zona 2H                        | 4    | cm                 |
| Centro                         | 7    | cm                 |
| <b>Separación Construcción</b> |      |                    |
| Zona 2H                        | 5    | cm                 |
| Centro                         | 10   | cm                 |
| <b>Acero Colocado</b>          |      |                    |
| Zona 2H                        | 3142 | mm <sup>2</sup> /m |
| Centro                         | 1571 | mm <sup>2</sup> /m |

## DISEÑO DE VIGAS PERDIDAS DE PLANTA ALTA - EJE C

| Dimensiones de Viga, Columna y Datos |         |                 |
|--------------------------------------|---------|-----------------|
| B <sub>viga</sub>                    | 300     | mm              |
| H <sub>viga</sub>                    | 200     | mm              |
| B <sub>columna</sub>                 | 300     | mm              |
| H <sub>columna</sub>                 | 300     | mm              |
| f'c                                  | 35      | MPa             |
| f <sub>y</sub>                       | 420     | MPa             |
| Recubrimiento                        | 40      | mm              |
| Ø estribo                            | 10      | mm              |
| Ø varilla                            | 14      | mm              |
| d                                    | 143     | mm              |
| K                                    | 3038.75 | mm <sup>2</sup> |

|                |         |
|----------------|---------|
| Ecu            | 0.003   |
| E <sub>y</sub> | 0.00207 |
| Ø - flexión    | 0.9     |
| Ø - cortante   | 0.75    |
| β <sub>1</sub> | 0.8     |

|                    |      |                 |
|--------------------|------|-----------------|
| Acero Mínimo       | 151  | mm <sup>2</sup> |
| Acero Balance      | 912  | mm <sup>2</sup> |
| Acero Máximo Sismo | 456  | mm <sup>2</sup> |
| Acero Máximo       | 1073 | mm <sup>2</sup> |

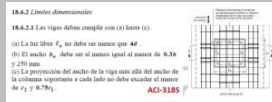
$$k = \frac{0.85 * f'c * b * d}{f_y}$$

$$A_s = k \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 * Mu}{\phi * k * d * f_y}} \right)$$

$$A_s \geq \max \left[ \frac{1.4}{f_y} b_w d ; A_{s,min} = \frac{\sqrt{f'_c}}{4 f_y} b_w d \right]$$

$$A_{sb} = \frac{0.85 * f'c * b_w * d * \beta_1 * \epsilon_{cu}}{f_y * \epsilon_{cu} * \epsilon_y}$$

| Diámetro nominal (mm) | Sección nominal (mm <sup>2</sup> ) |
|-----------------------|------------------------------------|
| 6                     | 28.3                               |
| 8                     | 50.3                               |
| 10                    | 78.5                               |
| 12                    | 113                                |
| 14                    | 154                                |
| 16                    | 201                                |
| 18                    | 254                                |
| 20                    | 314                                |
| 25                    | 491                                |
| 32                    | 804                                |
| 40                    | 1260                               |



ACI 318S

19.4.2.1 Las vigas deben cumplir con (a) hasta (c).

(a) La luz libre  $L_n$  no debe ser menor que 4d.  
(b) El ancho  $b_w$  debe ser el mismo igual al menor de 0.8h y 24 in.  
(c) La proyección del ancho de la viga más allá del ancho de la columna repetida a cada lado no debe exceder el menor de  $l_d$  y 6 in.

19.4.2.2 Las vigas deben cumplir con (a) hasta (c).

(a) La luz libre  $L_n$  no debe ser menor que 4d.  
(b) El ancho  $b_w$  debe ser el mismo igual al menor de 0.8h y 24 in.  
(c) La proyección del ancho de la viga más allá del ancho de la columna repetida a cada lado no debe exceder el menor de  $l_d$  y 6 in.

19.4.2.3 Las vigas deben cumplir con (a) hasta (c).

(a) La luz libre  $L_n$  no debe ser menor que 4d.  
(b) El ancho  $b_w$  debe ser el mismo igual al menor de 0.8h y 24 in.  
(c) La proyección del ancho de la viga más allá del ancho de la columna repetida a cada lado no debe exceder el menor de  $l_d$  y 6 in.

19.4.2.4 Las vigas deben cumplir con (a) hasta (c).

(a) La luz libre  $L_n$  no debe ser menor que 4d.  
(b) El ancho  $b_w$  debe ser el mismo igual al menor de 0.8h y 24 in.  
(c) La proyección del ancho de la viga más allá del ancho de la columna repetida a cada lado no debe exceder el menor de  $l_d$  y 6 in.

19.4.2.5 Las vigas deben cumplir con (a) hasta (c).

(a) La luz libre  $L_n$  no debe ser menor que 4d.  
(b) El ancho  $b_w$  debe ser el mismo igual al menor de 0.8h y 24 in.  
(c) La proyección del ancho de la viga más allá del ancho de la columna repetida a cada lado no debe exceder el menor de  $l_d$  y 6 in.

19.4.2.6 Las vigas deben cumplir con (a) hasta (c).

(a) La luz libre  $L_n$  no debe ser menor que 4d.  
(b) El ancho  $b_w$  debe ser el mismo igual al menor de 0.8h y 24 in.  
(c) La proyección del ancho de la viga más allá del ancho de la columna repetida a cada lado no debe exceder el menor de  $l_d$  y 6 in.

19.4.2.7 Las vigas deben cumplir con (a) hasta (c).

(a) La luz libre  $L_n$  no debe ser menor que 4d.  
(b) El ancho  $b_w$  debe ser el mismo igual al menor de 0.8h y 24 in.  
(c) La proyección del ancho de la viga más allá del ancho de la columna repetida a cada lado no debe exceder el menor de  $l_d$  y 6 in.

19.4.2.8 Las vigas deben cumplir con (a) hasta (c).

(a) La luz libre  $L_n$  no debe ser menor que 4d.  
(b) El ancho  $b_w$  debe ser el mismo igual al menor de 0.8h y 24 in.  
(c) La proyección del ancho de la viga más allá del ancho de la columna repetida a cada lado no debe exceder el menor de  $l_d$  y 6 in.

19.4.2.9 Las vigas deben cumplir con (a) hasta (c).

(a) La luz libre  $L_n$  no debe ser menor que 4d.  
(b) El ancho  $b_w$  debe ser el mismo igual al menor de 0.8h y 24 in.  
(c) La proyección del ancho de la viga más allá del ancho de la columna repetida a cada lado no debe exceder el menor de  $l_d$  y 6 in.

19.4.2.10 Las vigas deben cumplir con (a) hasta (c).

(a) La luz libre  $L_n$  no debe ser menor que 4d.  
(b) El ancho  $b_w$  debe ser el mismo igual al menor de 0.8h y 24 in.  
(c) La proyección del ancho de la viga más allá del ancho de la columna repetida a cada lado no debe exceder el menor de  $l_d$  y 6 in.

19.4.2.11 Las vigas deben cumplir con (a) hasta (c).

(a) La luz libre  $L_n$  no debe ser menor que 4d.  
(b) El ancho  $b_w$  debe ser el mismo igual al menor de 0.8h y 24 in.  
(c) La proyección del ancho de la viga más allá del ancho de la columna repetida a cada lado no debe exceder el menor de  $l_d$  y 6 in.

19.4.2.12 Las vigas deben cumplir con (a) hasta (c).

(a) La luz libre  $L_n$  no debe ser menor que 4d.  
(b) El ancho  $b_w$  debe ser el mismo igual al menor de 0.8h y 24 in.  
(c) La proyección del ancho de la viga más allá del ancho de la columna repetida a cada lado no debe exceder el menor de  $l_d$  y 6 in.

19.4.2.13 Las vigas deben cumplir con (a) hasta (c).

(a) La luz libre  $L_n$  no debe ser menor que 4d.  
(b) El ancho  $b_w$  debe ser el mismo igual al menor de 0.8h y 24 in.  
(c) La proyección del ancho de la viga más allá del ancho de la columna repetida a cada lado no debe exceder el menor de  $l_d$  y 6 in.

19.4.2.14 Las vigas deben cumplir con (a) hasta (c).

(a) La luz libre  $L_n$  no debe ser menor que 4d.  
(b) El ancho  $b_w$  debe ser el mismo igual al menor de 0.8h y 24 in.  
(c) La proyección del ancho de la viga más allá del ancho de la columna repetida a cada lado no debe exceder el menor de  $l_d$  y 6 in.

19.4.2.15 Las vigas deben cumplir con (a) hasta (c).

(a) La luz libre  $L_n$  no debe ser menor que 4d.  
(b) El ancho  $b_w$  debe ser el mismo igual al menor de 0.8h y 24 in.  
(c) La proyección del ancho de la viga más allá del ancho de la columna repetida a cada lado no debe exceder el menor de  $l_d$  y 6 in.

19.4.2.16 Las vigas deben cumplir con (a) hasta (c).

(a) La luz libre  $L_n$  no debe ser menor que 4d.  
(b) El ancho  $b_w$  debe ser el mismo igual al menor de 0.8h y 24 in.  
(c) La proyección del ancho de la viga más allá del ancho de la columna repetida a cada lado no debe exceder el menor de  $l_d$  y 6 in.

19.4.2.17 Las vigas deben cumplir con (a) hasta (c).

(a) La luz libre  $L_n$  no debe ser menor que 4d.  
(b) El ancho  $b_w$  debe ser el mismo igual al menor de 0.8h y 24 in.  
(c) La proyección del ancho de la viga más allá del ancho de la columna repetida a cada lado no debe exceder el menor de  $l_d$  y 6 in.

19.4.2.18 Las vigas deben cumplir con (a) hasta (c).

(a) La luz libre  $L_n$  no debe ser menor que 4d.  
(b) El ancho  $b_w$  debe ser el mismo igual al menor de 0.8h y 24 in.  
(c) La proyección del ancho de la viga más allá del ancho de la columna repetida a cada lado no debe exceder el menor de  $l_d$  y 6 in.

19.4.2.19 Las vigas deben cumplir con (a) hasta (c).

(a) La luz libre  $L_n$  no debe ser menor que 4d.  
(b) El ancho  $b_w$  debe ser el mismo igual al menor de 0.8h y 24 in.  
(c) La proyección del ancho de la viga más allá del ancho de la columna repetida a cada lado no debe exceder el menor de  $l_d$  y 6 in.

19.4.2.20 Las vigas deben cumplir con (a) hasta (c).

(a) La luz libre  $L_n$  no debe ser menor que 4d.  
(b) El ancho  $b_w$  debe ser el mismo igual al menor de 0.8h y 24 in.  
(c) La proyección del ancho de la viga más allá del ancho de la columna repetida a cada lado no debe exceder el menor de  $l_d$  y 6 in.

19.4.2.21 Las vigas deben cumplir con (a) hasta (c).

(a) La luz libre  $L_n$  no debe ser menor que 4d.  
(b) El ancho  $b_w$  debe ser el mismo igual al menor de 0.8h y 24 in.  
(c) La proyección del ancho de la viga más allá del ancho de la columna repetida a cada lado no debe exceder el menor de  $l_d$  y 6 in.

| Comprobación de Dimensiones |        |      |           |       |
|-----------------------------|--------|------|-----------|-------|
| B                           | 300    | mm   | In        | 1500  |
| H                           | 200    | mm   | In min a) | 633.2 |
| Mu                          | 10.730 | kN-m | Cumple a) |       |
| d                           | 83.950 | mm   | bw min b) | 60    |
| H mín                       | 126    | mm   | Cumple b) |       |
| H real                      | 200    | mm   | Ancho c)  | 450   |
| d real                      | 158.3  | mm   | Cumple c) |       |
| Pu                          |        |      |           | 0     |
| Despreciable?               |        |      |           | Sí    |

### Viga B38: Voladizo

|                                                    | Izquierda | Centro | Derecha |
|----------------------------------------------------|-----------|--------|---------|
| Momento [kN - m]                                   |           |        |         |
| Superior                                           | 0.00      | 0.00   | 0.00    |
| Inferior                                           | 8.00      | 10.73  | 10.00   |
| Momento Corregido [kN - m]                         |           |        |         |
| Superior                                           | 0.00      | 2.50   | 0.00    |
| Inferior                                           | 8.00      | 10.73  | 10.00   |
| Acero Requerido [mm <sup>2</sup> ]                 |           |        |         |
| Superior                                           | 0         | 47     | 0       |
| Inferior                                           | 152       | 205    | 191     |
| Acero Requerido Mínimo [mm <sup>2</sup> ]          |           |        |         |
| Superior                                           | 151       | 151    | 151     |
| Inferior                                           | 152       | 205    | 191     |
| Varillas Colocado                                  |           |        |         |
| Superior                                           | 2D10      | 2D10   | 2D10    |
| Inferior                                           | 2D12      | 2D12   | 2D12    |
| Acero Colocado [mm <sup>2</sup> ]                  |           |        |         |
| Superior                                           | 157       | 157    | 157     |
| Inferior                                           | 226       | 226    | 226     |
| Acero Colocado/Acero Requerido [%]                 |           |        |         |
| Superior                                           | 104%      | 104%   | 104%    |
| Inferior                                           | 149%      | 110%   | 118%    |
| ØMn [kN - m]                                       |           |        |         |
| Superior                                           | 8.3       | 8.3    | 8.3     |
| Inferior                                           | 11.8      | 11.8   | 11.8    |
| Comprobación LRFD ØM <sub>n</sub> > M <sub>u</sub> |           |        |         |
| Superior                                           | Cumple    | Cumple | Cumple  |
| Inferior                                           | Cumple    | Cumple | Cumple  |

| Longitudes de Refuerzo Longitudinal |         |                   |
|-------------------------------------|---------|-------------------|
| Tipo de Hormigón                    | Ligero  |                   |
| Densidad del Hormigón               | 1966    | kN/m <sup>3</sup> |
| λ                                   | 0.92402 | -                 |
| db                                  | 12      | mm                |
| ld                                  | 659     | mm                |
| Longitud de Desarrollo              | 66      | cm                |
| l <sub>ext</sub>                    | 145     | mm                |
| Longitud de Gancho                  | 14.5    | cm                |
| ld <sub>h</sub>                     | 170.73  | mm                |
| Longitud de Adherencia              | 17      | cm                |

ACI 318-19 (19.2.4.1) ←

ACI 318-19 (25.4.2) ←

ACI 318-19 (25.3.1) ←

ACI 318-19 (18.8.5.1) ←

**Tabla 25.3.1 — Geometría del gancho estándar para el desarrollo de barras corrugadas en tracción**

| Tipo de gancho estándar | Díámetro de la barra | Díámetro interior mínimo de doblado, mm | Extensión recta <sup>(1)</sup><br>$l_{ext}$ , mm | Tipo de gancho estándar |
|-------------------------|----------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------|
| Gancho de 90 grados     | No. 10 a No. 25      | $6d_b$                                  | 12d_b                                            |                         |
|                         | No. 29 a No. 36      | $8d_b$                                  |                                                  |                         |
|                         | No. 43 y No. 57      | $10d_b$                                 |                                                  |                         |

NEC-SE-HM (5.2.1)

22.5.1.2 Las dimensiones de la sección transversal deben seleccionarse para cumplir con la ecuación (22.5.1.2).

$$V_u \leq \phi \left( V_c + 0.66 \sqrt{f'_c} b_w d \right) \quad (22.5.1.2)$$

ACI 318-19 (22.5.1.2)

**Tabla 9.6.3.3 —  $A_{v,min}$  requerido**

| Tipo de viga                                                                        | $A_{v,min} / s$ |                                            |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|--------------------------------------------|
| No preesforzadas y preesforzadas con $A_{ps} f_{se} < 0.4(A_{ps} f_{pu} + A_s f_y)$ | El mayor de:    | $0.062 \sqrt{f'_c} \frac{b_w}{f_{yt}}$ (a) |
|                                                                                     |                 | $0.35 \frac{b_w}{f_{yt}}$ (b)              |

### Diseño por Cortante

|                                                                  | Inicio | Centro | Fin    |
|------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|
| <b>Acero Colocado</b>                                            |        |        |        |
| Superior                                                         | 2D10   | 2D10   | 2D10   |
| Inferior                                                         | 2D12   | 2D12   | 2D12   |
| <b>Acero Colocado [mm<sup>2</sup>]</b>                           |        |        |        |
| Superior                                                         | 157    | 157    | 157    |
| Inferior                                                         | 226    | 226    | 226    |
| <b>a [mm]</b>                                                    |        |        |        |
| Superior                                                         | 9.24   |        | 9.24   |
| Inferior                                                         | 13.29  |        | 13.29  |
| <b>Momento Probable [kN-m]</b>                                   |        |        |        |
| Superior                                                         | 11.41  |        | 11.41  |
| Inferior                                                         | 16.18  |        | 16.18  |
| <b>Cortante Probable [kN]</b>                                    |        |        |        |
| Vpr 1                                                            |        | 18.39  |        |
| Vpr 2                                                            |        | 18.39  |        |
| Vpr Max                                                          |        | 18.39  |        |
| <b>Cortante Gravitacional [kN]</b>                               |        |        |        |
| $V_{ug}$ a d/2                                                   |        | 43.21  |        |
| <b><math>V_u</math> (Excel) vs <math>V_u</math> (ETABS) [kN]</b> |        |        |        |
| Excel                                                            |        | 61.60  | kN     |
| ETABS a d                                                        |        | 90.87  | kN     |
| $V_u$                                                            |        | 90.87  | kN     |
| <b>¿Es <math>V_{pr} &gt; 0.5V_u</math>?</b>                      |        |        |        |
| No                                                               |        |        |        |
| Vc                                                               |        | 99.67  | kN     |
| Vs                                                               |        | 21.49  | kN     |
| Vcu                                                              |        | 77.39  | kN     |
| <b>¿La sección es válida?</b>                                    |        |        | Válida |

### Cálculo de Acero Transversal

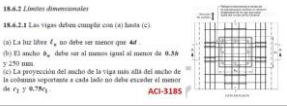
|                                                          |     |                    |
|----------------------------------------------------------|-----|--------------------|
| $\frac{A_v}{s} = \frac{(V_u - \phi V_c)}{\phi f_{yt} d}$ |     |                    |
| $A_v/s$                                                  | 358 | mm <sup>2</sup> /m |

### Diseño Final de Refuerzo Transversal

|                                     |         |                         |
|-------------------------------------|---------|-------------------------|
| Ø varilla                           | 12      | mm                      |
| # de ramales                        | 2       | -                       |
| Ø estribo                           | 10      | mm                      |
| <b>Separación por Demanda</b> 44 cm |         |                         |
| <b>Separación Mínima</b>            | Zona 2H | 4 cm                    |
|                                     | Centro  | 7 cm                    |
| <b>Separación Construcción</b>      | Zona 2H | 5 cm                    |
|                                     | Centro  | 10 cm                   |
| <b>Acero Colocado</b>               | Zona 2H | 3142 mm <sup>2</sup> /m |
|                                     | Centro  | 1571 mm <sup>2</sup> /m |

DISEÑO DE ACERO NEGATIVO EN ÁBACO ESQUINERO DE PLANTA BAJA - EJE 1

| Dimensiones de Viga, Columna y Datos |          |                 |
|--------------------------------------|----------|-----------------|
| B <sub>viga</sub>                    | 1500     | mm              |
| H <sub>viga</sub>                    | 200      | mm              |
| B <sub>columna</sub>                 | 300      | mm              |
| H <sub>columna</sub>                 | 300      | mm              |
| f'c                                  | 35       | MPa             |
| f <sub>y</sub>                       | 420      | MPa             |
| Recubrimiento                        | 20       | mm              |
| Ø estribo                            | 0        | mm              |
| Ø varilla                            | 12       | mm              |
| d                                    | 174      | mm              |
| K                                    | 18487.50 | mm <sup>2</sup> |



|                |         |
|----------------|---------|
| Écu            | 0.003   |
| Éy             | 0.00207 |
| Ø - flexión    | 0.9     |
| Ø - cortante   | 0.75    |
| β <sub>1</sub> | 0.8     |

|                    |      |                 |
|--------------------|------|-----------------|
| Acero Mínimo       |      | mm <sup>2</sup> |
| Acero Balance      | 5546 | mm <sup>2</sup> |
| Acero Máximo Sismo | 2773 | mm <sup>2</sup> |
| Acero Máximo       | 6525 | mm <sup>2</sup> |

NEC-SE-HE (4.2.5)

NEC-SE-HE (4.2.5)

$$k = \frac{0.85 * f'_c * b * d}{f_y}$$

$$As = k \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 * Mu}{\phi * k * d * f_y}} \right)$$

$$A_s \geq \max \left[ \frac{1.4}{f_y} b_w d ; A_{s,min} = \frac{\sqrt{f'_c}}{4f_y} b_w d \right]$$

$$A_{sb} = \frac{0.85 * f'_c * b_w * d * \beta_1 * \frac{e_{cu}}{e_{cu} + e_y}}{f_y}$$

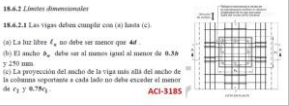
| Diámetro nominal (mm) | Sección nominal (mm <sup>2</sup> ) |
|-----------------------|------------------------------------|
| 6                     | 28.3                               |
| 8                     | 50.3                               |
| 10                    | 78.5                               |
| 12                    | 113                                |
| 14                    | 154                                |
| 16                    | 201                                |
| 18                    | 254                                |
| 20                    | 314                                |
| 25                    | 491                                |
| 32                    | 804                                |
| 40                    | 1260                               |

| Eje X                                              |        |
|----------------------------------------------------|--------|
| Momento [kN - m]                                   |        |
| Superior                                           | 45.63  |
| Inferior                                           | 0.00   |
| Momento Corregido [kN - m]                         |        |
| Superior                                           | 45.63  |
| Inferior                                           |        |
| Acero Requerido [mm <sup>2</sup> ]                 |        |
| Superior                                           | 707    |
| Inferior                                           | 0      |
| Acero Requerido Mínimo [mm <sup>2</sup> ]          |        |
| Superior                                           | 707    |
| Inferior                                           | 0      |
| Varillas Colocado                                  |        |
| Superior                                           | 5D14   |
| Inferior                                           | 0.00   |
| Acero Colocado [mm <sup>2</sup> ]                  |        |
| Superior                                           | 770    |
| Inferior                                           | 308    |
| Acero Colocado/Acero Requerido [%]                 |        |
| Superior                                           | 109%   |
| Inferior                                           |        |
| ØMn [kN - m]                                       |        |
| Superior                                           | 49.6   |
| Inferior                                           | 20.1   |
| Comprobación LRFD ØM <sub>n</sub> > M <sub>u</sub> |        |
| Superior                                           | Cumple |
| Inferior                                           | Cumple |

| Eje Y                                              |        |
|----------------------------------------------------|--------|
| Momento [kN - m]                                   |        |
| Superior                                           | 49.61  |
| Inferior                                           | 0.00   |
| Momento Corregido [kN - m]                         |        |
| Superior                                           | 49.61  |
| Inferior                                           |        |
| Acero Requerido [mm <sup>2</sup> ]                 |        |
| Superior                                           | 770    |
| Inferior                                           | 0      |
| Acero Requerido Mínimo [mm <sup>2</sup> ]          |        |
| Superior                                           | 770    |
| Inferior                                           | 0      |
| Varillas Colocado                                  |        |
| Superior                                           | 5D14   |
| Inferior                                           | 0.00   |
| Acero Colocado [mm <sup>2</sup> ]                  |        |
| Superior                                           | 770    |
| Inferior                                           | 308    |
| Acero Colocado/Acero Requerido [%]                 |        |
| Superior                                           | 100%   |
| Inferior                                           |        |
| ØMn [kN - m]                                       |        |
| Superior                                           | 49.6   |
| Inferior                                           | 20.1   |
| Comprobación LRFD ØM <sub>n</sub> > M <sub>u</sub> |        |
| Superior                                           | Cumple |
| Inferior                                           | Cumple |

DISEÑO DE ACERO NEGATIVO EN ÁBACO CENTRAL DE PLANTA BAJA - EJE 2

| Dimensiones de Viga, Columna y Datos |          |                 |
|--------------------------------------|----------|-----------------|
| B <sub>viga</sub>                    | 1500     | mm              |
| H <sub>viga</sub>                    | 200      | mm              |
| B <sub>columna</sub>                 | 300      | mm              |
| H <sub>columna</sub>                 | 300      | mm              |
| f'c                                  | 35       | MPa             |
| f <sub>y</sub>                       | 420      | MPa             |
| Recubrimiento                        | 20       | mm              |
| Ø estribo                            | 0        | mm              |
| Ø varilla                            | 12       | mm              |
| d                                    | 174      | mm              |
| K                                    | 18487.50 | mm <sup>2</sup> |



|                 |         |
|-----------------|---------|
| ε <sub>cu</sub> | 0.003   |
| ε <sub>y</sub>  | 0.00207 |
| φ - flexión     | 0.9     |
| φ - cortante    | 0.75    |
| β <sub>1</sub>  | 0.8     |

|                    |      |                 |
|--------------------|------|-----------------|
| Acero Mínimo       | 919  | mm <sup>2</sup> |
| Acero Balance      | 5546 | mm <sup>2</sup> |
| Acero Máximo Sismo | 2773 | mm <sup>2</sup> |
| Acero Máximo       | 6525 | mm <sup>2</sup> |

NEC-SE-HE (4.2.5)

NEC-SE-HE (4.2.5)

$$k = \frac{0.85 * f'_c * b * d}{f_y}$$
$$As = k \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 * Mu}{\phi * k * d * f_y}} \right)$$

$$A_s \geq \max \left[ \frac{1.4}{f_y} b_w d ; A_{s,min} = \frac{\sqrt{f'_c}}{4f_y} b_w d \right]$$

$$A_{sb} = \frac{0.85 * f'_c * b_w * d * \beta_1 * \epsilon_{cu}}{f_y * \epsilon_{cu} * \epsilon_y}$$

| Diámetro nominal (mm) | Sección nominal (mm <sup>2</sup> ) |
|-----------------------|------------------------------------|
| 6                     | 28.3                               |
| 8                     | 50.3                               |
| 10                    | 78.5                               |
| 12                    | 113                                |
| 14                    | 154                                |
| 16                    | 201                                |
| 18                    | 254                                |
| 20                    | 314                                |
| 25                    | 491                                |
| 32                    | 804                                |
| 40                    | 1260                               |

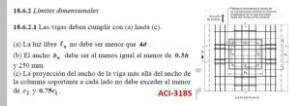
| Eje X                                              |        |
|----------------------------------------------------|--------|
| Momento [kN - m]                                   |        |
| Superior                                           | 67.00  |
| Inferior                                           | 0.00   |
| Momento Corregido [kN - m]                         |        |
| Superior                                           | 67.00  |
| Inferior                                           |        |
| Acero Requerido [mm <sup>2</sup> ]                 |        |
| Superior                                           | 1048   |
| Inferior                                           | 0      |
| Acero Requerido Mínimo [mm <sup>2</sup> ]          |        |
| Superior                                           | 1048   |
| Inferior                                           | 0      |
| Varillas Colocado                                  |        |
| Superior                                           | 7D14   |
| Inferior                                           | 0.00   |
| Acero Colocado [mm <sup>2</sup> ]                  |        |
| Superior                                           | 1078   |
| Inferior                                           | 308    |
| Acero Colocado/Acero Requerido [%]                 |        |
| Superior                                           | 103%   |
| Inferior                                           |        |
| ØMn [kN - m]                                       |        |
| Superior                                           | 68.8   |
| Inferior                                           | 20.1   |
| Comprobación LRFD ØM <sub>n</sub> > M <sub>u</sub> |        |
| Superior                                           | Cumple |
| Inferior                                           | Cumple |

| Eje Y                                              |        |
|----------------------------------------------------|--------|
| Momento [kN - m]                                   |        |
| Superior                                           | 64.32  |
| Inferior                                           | 0.00   |
| Momento Corregido [kN - m]                         |        |
| Superior                                           | 64.32  |
| Inferior                                           |        |
| Acero Requerido [mm <sup>2</sup> ]                 |        |
| Superior                                           | 1005   |
| Inferior                                           | 0      |
| Acero Requerido Mínimo [mm <sup>2</sup> ]          |        |
| Superior                                           | 1005   |
| Inferior                                           | 0      |
| Varillas Colocado                                  |        |
| Superior                                           | 7D14   |
| Inferior                                           | 0.00   |
| Acero Colocado [mm <sup>2</sup> ]                  |        |
| Superior                                           | 1078   |
| Inferior                                           | 308    |
| Acero Colocado/Acero Requerido [%]                 |        |
| Superior                                           | 107%   |
| Inferior                                           |        |
| ØMn [kN - m]                                       |        |
| Superior                                           | 68.8   |
| Inferior                                           | 20.1   |
| Comprobación LRFD ØM <sub>n</sub> > M <sub>u</sub> |        |
| Superior                                           | Cumple |
| Inferior                                           | Cumple |



## DISEÑO DE ACERO NEGATIVO EN ÁBACO PERIMETRAL DE PLANTA BAJA - EJE 3

| Dimensiones de Viga, Columna y Datos |          |                 |
|--------------------------------------|----------|-----------------|
| B <sub>viga</sub>                    | 1500     | mm              |
| H <sub>viga</sub>                    | 200      | mm              |
| B <sub>columna</sub>                 | 300      | mm              |
| H <sub>columna</sub>                 | 300      | mm              |
| f' <sub>c</sub>                      | 35       | MPa             |
| f <sub>y</sub>                       | 420      | MPa             |
| Recubrimiento                        | 20       | mm              |
| Ø estribo                            | 0        | mm              |
| Ø varilla                            | 12       | mm              |
| d                                    | 174      | mm              |
| K                                    | 18487.50 | mm <sup>2</sup> |



|                |         |
|----------------|---------|
| Écu            | 0.003   |
| Éy             | 0.00207 |
| Ø - flexión    | 0.9     |
| Ø - cortante   | 0.75    |
| β <sub>1</sub> | 0.8     |

|                    |      |                 |
|--------------------|------|-----------------|
| Acero Mínimo       |      | mm <sup>2</sup> |
| Acero Balance      | 5546 | mm <sup>2</sup> |
| Acero Máximo Sismo | 2773 | mm <sup>2</sup> |
| Acero Máximo       | 6525 | mm <sup>2</sup> |

NEC-SE-HE (4.2.5)

NEC-SE-HE (4.2.5)

$$k = \frac{0.85 * f'_c * b * d}{f_y}$$

$$As = k \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 * Mu}{\phi * k * d * f_y}} \right)$$

$$A_s \geq \max \left[ \frac{1.4}{f_y} b_w d ; A_{s,min} = \frac{\sqrt{f'_c}}{4f_y} b_w d \right]$$

$$A_{sb} = \frac{0.85 * f'_c * b_w * d * \beta_1 * \epsilon_{cu}}{f_y * \epsilon_{cu} * \epsilon_y}$$

| Diámetro nominal (mm) | Sección nominal (mm <sup>2</sup> ) |
|-----------------------|------------------------------------|
| 6                     | 28.3                               |
| 8                     | 50.3                               |
| 10                    | 78.5                               |
| 12                    | 113                                |
| 14                    | 154                                |
| 16                    | 201                                |
| 18                    | 254                                |
| 20                    | 314                                |
| 25                    | 491                                |
| 32                    | 804                                |
| 40                    | 1260                               |

| Eje X                                              |        |
|----------------------------------------------------|--------|
| Momento [kN - m]                                   |        |
| Superior                                           | 31.97  |
| Inferior                                           | 0.00   |
| Momento Corregido [kN - m]                         |        |
| Superior                                           | 31.97  |
| Inferior                                           |        |
| Acero Requerido [mm <sup>2</sup> ]                 |        |
| Superior                                           | 493    |
| Inferior                                           | 0      |
| Acero Requerido Mínimo [mm <sup>2</sup> ]          |        |
| Superior                                           | 493    |
| Inferior                                           | 0      |
| Varillas Colocado                                  |        |
| Superior                                           | 5D12   |
| Inferior                                           | 0.00   |
| Acero Colocado [mm <sup>2</sup> ]                  |        |
| Superior                                           | 565    |
| Inferior                                           | 308    |
| Acero Colocado/Acero Requerido [%]                 |        |
| Superior                                           | 115%   |
| Inferior                                           |        |
| ØMn [kN - m]                                       |        |
| Superior                                           | 36.6   |
| Inferior                                           | 20.1   |
| Comprobación LRFD ØM <sub>n</sub> > M <sub>u</sub> |        |
| Superior                                           | Cumple |
| Inferior                                           | Cumple |

| Eje Y                                              |        |
|----------------------------------------------------|--------|
| Momento [kN - m]                                   |        |
| Superior                                           | 31.12  |
| Inferior                                           | 0.00   |
| Momento Corregido [kN - m]                         |        |
| Superior                                           | 31.12  |
| Inferior                                           |        |
| Acero Requerido [mm <sup>2</sup> ]                 |        |
| Superior                                           | 479    |
| Inferior                                           | 0      |
| Acero Requerido Mínimo [mm <sup>2</sup> ]          |        |
| Superior                                           | 479    |
| Inferior                                           | 0      |
| Varillas Colocado                                  |        |
| Superior                                           | 5D12   |
| Inferior                                           | 0.00   |
| Acero Colocado [mm <sup>2</sup> ]                  |        |
| Superior                                           | 565    |
| Inferior                                           | 308    |
| Acero Colocado/Acero Requerido [%]                 |        |
| Superior                                           | 118%   |
| Inferior                                           |        |
| ØMn [kN - m]                                       |        |
| Superior                                           | 36.6   |
| Inferior                                           | 20.1   |
| Comprobación LRFD ØM <sub>n</sub> > M <sub>u</sub> |        |
| Superior                                           | Cumple |
| Inferior                                           | Cumple |

# DISEÑO DE ACERO NEGATIVO EN ÁBACO ESQUINERO DE PLANTA ALTA - EJE 1

| Dimensiones de Viga, Columna y Datos |          |                 |
|--------------------------------------|----------|-----------------|
| B <sub>viga</sub>                    | 1500     | mm              |
| H <sub>viga</sub>                    | 200      | mm              |
| B <sub>columna</sub>                 | 300      | mm              |
| H <sub>columna</sub>                 | 300      | mm              |
| f'c                                  | 35       | MPa             |
| f <sub>y</sub>                       | 420      | MPa             |
| Recubrimiento                        | 20       | mm              |
| Ø estribo                            | 0        | mm              |
| Ø varilla                            | 12       | mm              |
| d                                    | 174      | mm              |
| K                                    | 18487.50 | mm <sup>2</sup> |

18A.2 Límites dimensionales

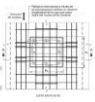
18A.2.1 Las vigas deben cumplir con (a) hasta (c).

(a) La luz libre  $l_n$  no debe ser menor que  $4d$ .

(b) El ancho  $b_w$  debe ser el mismo igual al menor de  $0.3l_n$  y  $250$  mm.

(c) La proyección del ancho de la viga más allá del ancho de la columna superior o a cada lado no debe exceder el menor de  $e_y$  y  $0.7b_1$ .

ACI-318S



|                 |         |
|-----------------|---------|
| ε <sub>cu</sub> | 0.003   |
| ε <sub>y</sub>  | 0.00207 |
| φ - flexión     | 0.9     |
| φ - cortante    | 0.75    |
| β <sub>1</sub>  | 0.8     |

|                    |      |                 |
|--------------------|------|-----------------|
| Acero Mínimo       |      | mm <sup>2</sup> |
| Acero Balance      | 5546 | mm <sup>2</sup> |
| Acero Máximo Sismo | 2773 | mm <sup>2</sup> |
| Acero Máximo       | 6525 | mm <sup>2</sup> |

NEC-SE-HE (4.2.5)

NEC-SE-HE (4.2.5)

$$k = \frac{0.85 * f'_c * b * d}{f_y}$$

$$As = k \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 * Mu}{\phi * k * d * f_y}} \right)$$

$$A_s \geq \max \left[ \frac{1.4}{f_y} b_w d ; A_{s,min} = \frac{\sqrt{f'_c}}{4f_y} b_w d \right]$$

$$A_{sb} = \frac{0.85 * f'_c * b_w * d * \beta_1 * \epsilon_{cu}}{f_y * \epsilon_{cu} * \epsilon_y}$$

| Diámetro nominal (mm) | Sección nominal (mm <sup>2</sup> ) |
|-----------------------|------------------------------------|
| 6                     | 28.3                               |
| 8                     | 50.3                               |
| 10                    | 78.5                               |
| 12                    | 113                                |
| 14                    | 154                                |
| 16                    | 201                                |
| 18                    | 254                                |
| 20                    | 314                                |
| 25                    | 491                                |
| 32                    | 804                                |
| 40                    | 1260                               |

| Eje X                                              |        |
|----------------------------------------------------|--------|
| Momento [kN - m]                                   |        |
| Superior                                           | 29.16  |
| Inferior                                           | 0.00   |
| Momento Corregido [kN - m]                         |        |
| Superior                                           | 29.16  |
| Inferior                                           |        |
| Acero Requerido [mm <sup>2</sup> ]                 |        |
| Superior                                           | 449    |
| Inferior                                           | 0      |
| Acero Requerido Mínimo [mm <sup>2</sup> ]          |        |
| Superior                                           | 449    |
| Inferior                                           | 0      |
| Varillas Colocado                                  |        |
| Superior                                           | 7D10   |
| Inferior                                           | 0.00   |
| Acero Colocado [mm <sup>2</sup> ]                  |        |
| Superior                                           | 550    |
| Inferior                                           | 308    |
| Acero Colocado/Acero Requerido [%]                 |        |
| Superior                                           | 122%   |
| Inferior                                           |        |
| ØMn [kN - m]                                       |        |
| Superior                                           | 35.6   |
| Inferior                                           | 20.1   |
| Comprobación LRFD ØM <sub>n</sub> > M <sub>u</sub> |        |
| Superior                                           | Cumple |
| Inferior                                           | Cumple |

| Eje Y                                              |        |
|----------------------------------------------------|--------|
| Momento [kN - m]                                   |        |
| Superior                                           | 35.50  |
| Inferior                                           | 0.00   |
| Momento Corregido [kN - m]                         |        |
| Superior                                           | 35.50  |
| Inferior                                           |        |
| Acero Requerido [mm <sup>2</sup> ]                 |        |
| Superior                                           | 548    |
| Inferior                                           | 0      |
| Acero Requerido Mínimo [mm <sup>2</sup> ]          |        |
| Superior                                           | 548    |
| Inferior                                           | 0      |
| Varillas Colocado                                  |        |
| Superior                                           | 8D10   |
| Inferior                                           | 0.00   |
| Acero Colocado [mm <sup>2</sup> ]                  |        |
| Superior                                           | 628    |
| Inferior                                           | 308    |
| Acero Colocado/Acero Requerido [%]                 |        |
| Superior                                           | 115%   |
| Inferior                                           |        |
| ØMn [kN - m]                                       |        |
| Superior                                           | 40.6   |
| Inferior                                           | 20.1   |
| Comprobación LRFD ØM <sub>n</sub> > M <sub>u</sub> |        |
| Superior                                           | Cumple |
| Inferior                                           | Cumple |

DISEÑO DE ACERO NEGATIVO EN ÁBACO CENTRAL DE PLANTA ALTA - EJE 2

| Dimensiones de Viga, Columna y Datos |          |                 |
|--------------------------------------|----------|-----------------|
| B <sub>viga</sub>                    | 1500     | mm              |
| H <sub>viga</sub>                    | 200      | mm              |
| B <sub>columna</sub>                 | 300      | mm              |
| H <sub>columna</sub>                 | 300      | mm              |
| f'c                                  | 35       | MPa             |
| f <sub>y</sub>                       | 420      | MPa             |
| Recubrimiento                        | 20       | mm              |
| Ø estribo                            | 0        | mm              |
| Ø varilla                            | 12       | mm              |
| d                                    | 174      | mm              |
| K                                    | 18487.50 | mm <sup>2</sup> |

18A.2 Límites dimensionales

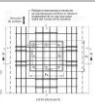
18A.2.1 Las vigas deben cumplir con (a) hasta (c).

(a) La luz libre  $l_n$  no debe ser menor que  $4d$ .

(b) El ancho  $b_w$  debe ser el menor igual al menor de  $0.3l_n$  y  $250$  mm.

(c) La proyección del ancho de la viga más allá del ancho de la columna superior a cada lado no debe exceder el menor de  $e_y$  y  $0.7b_1$ .

ACI-318S



|                 |         |
|-----------------|---------|
| ε <sub>cu</sub> | 0.003   |
| ε <sub>y</sub>  | 0.00207 |
| φ - flexión     | 0.9     |
| φ - cortante    | 0.75    |
| β <sub>1</sub>  | 0.8     |

|                    |      |                 |
|--------------------|------|-----------------|
| Acero Mínimo       |      | mm <sup>2</sup> |
| Acero Balance      | 5546 | mm <sup>2</sup> |
| Acero Máximo Sismo | 2773 | mm <sup>2</sup> |
| Acero Máximo       | 6525 | mm <sup>2</sup> |

NEC-SE-HE (4.2.5)

NEC-SE-HE (4.2.5)

$$k = \frac{0.85 * f'_c * b * d}{f_y}$$

$$As = k \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 * Mu}{\phi * k * d * f_y}} \right)$$

$$A_s \geq \max \left[ \frac{1.4}{f_y} b_w d ; A_{s,min} = \frac{\sqrt{f'_c}}{4f_y} b_w d \right]$$

$$A_{sb} = \frac{0.85 * f'_c * b_w * d * \beta_1 * \epsilon_{cu}}{f_y * \epsilon_{cu} * \epsilon_y}$$

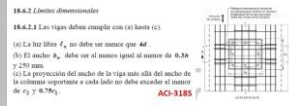
| Diámetro nominal (mm) | Sección nominal (mm <sup>2</sup> ) |
|-----------------------|------------------------------------|
| 6                     | 28.3                               |
| 8                     | 50.3                               |
| 10                    | 78.5                               |
| 12                    | 113                                |
| 14                    | 154                                |
| 16                    | 201                                |
| 18                    | 254                                |
| 20                    | 314                                |
| 25                    | 491                                |
| 32                    | 804                                |
| 40                    | 1260                               |

| Eje X                                              |        |
|----------------------------------------------------|--------|
| Momento [kN - m]                                   |        |
| Superior                                           | 36.20  |
| Inferior                                           | 0.00   |
| Momento Corregido [kN - m]                         |        |
| Superior                                           | 36.20  |
| Inferior                                           |        |
| Acero Requerido [mm <sup>2</sup> ]                 |        |
| Superior                                           | 559    |
| Inferior                                           | 0      |
| Acero Requerido Mínimo [mm <sup>2</sup> ]          |        |
| Superior                                           | 559    |
| Inferior                                           | 0      |
| Varillas Colocado                                  |        |
| Superior                                           | 7D10   |
| Inferior                                           | 0.00   |
| Acero Colocado [mm <sup>2</sup> ]                  |        |
| Superior                                           | 550    |
| Inferior                                           | 308    |
| Acero Colocado/Acero Requerido [%]                 |        |
| Superior                                           | 98%    |
| Inferior                                           |        |
| ØMn [kN - m]                                       |        |
| Superior                                           | 35.6   |
| Inferior                                           | 20.1   |
| Comprobación LRFD ØM <sub>n</sub> > M <sub>u</sub> |        |
| Superior                                           | Cumple |
| Inferior                                           | Cumple |

| Eje Y                                              |        |
|----------------------------------------------------|--------|
| Momento [kN - m]                                   |        |
| Superior                                           | 39.16  |
| Inferior                                           | 0.00   |
| Momento Corregido [kN - m]                         |        |
| Superior                                           | 39.16  |
| Inferior                                           |        |
| Acero Requerido [mm <sup>2</sup> ]                 |        |
| Superior                                           | 605    |
| Inferior                                           | 0      |
| Acero Requerido Mínimo [mm <sup>2</sup> ]          |        |
| Superior                                           | 605    |
| Inferior                                           | 0      |
| Varillas Colocado                                  |        |
| Superior                                           | 8D10   |
| Inferior                                           | 0.00   |
| Acero Colocado [mm <sup>2</sup> ]                  |        |
| Superior                                           | 628    |
| Inferior                                           | 308    |
| Acero Colocado/Acero Requerido [%]                 |        |
| Superior                                           | 104%   |
| Inferior                                           |        |
| ØMn [kN - m]                                       |        |
| Superior                                           | 40.6   |
| Inferior                                           | 20.1   |
| Comprobación LRFD ØM <sub>n</sub> > M <sub>u</sub> |        |
| Superior                                           | Cumple |
| Inferior                                           | Cumple |

## DISEÑO DE ACERO NEGATIVO EN ÁBACO PERIMETRAL DE PLANTA ALTA - EJE 3

| Dimensiones de Viga, Columna y Datos |          |                 |
|--------------------------------------|----------|-----------------|
| B <sub>viga</sub>                    | 1500     | mm              |
| H <sub>viga</sub>                    | 200      | mm              |
| B <sub>columna</sub>                 | 300      | mm              |
| H <sub>columna</sub>                 | 300      | mm              |
| f'c                                  | 35       | MPa             |
| f <sub>y</sub>                       | 420      | MPa             |
| Recubrimiento                        | 20       | mm              |
| Ø estribo                            | 0        | mm              |
| Ø varilla                            | 12       | mm              |
| d                                    | 174      | mm              |
| K                                    | 18487.50 | mm <sup>2</sup> |



|                 |         |
|-----------------|---------|
| ε <sub>cu</sub> | 0.003   |
| ε <sub>y</sub>  | 0.00207 |
| φ - flexión     | 0.9     |
| φ - cortante    | 0.75    |
| β <sub>1</sub>  | 0.8     |

|                    |      |                 |
|--------------------|------|-----------------|
| Acero Mínimo       |      | mm <sup>2</sup> |
| Acero Balance      | 5546 | mm <sup>2</sup> |
| Acero Máximo Sismo | 2773 | mm <sup>2</sup> |
| Acero Máximo       | 6525 | mm <sup>2</sup> |

NEC-SE-HE (4.2.5)

NEC-SE-HE (4.2.5)

$$k = \frac{0.85 * f'_c * b * d}{f_y}$$

$$As = k \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 * Mu}{\phi * k * d * f_y}} \right)$$

$$A_s \geq \max \left[ \frac{1.4}{f_y} b_w d ; A_{s,min} = \frac{\sqrt{f'_c}}{4 f_y} b_w d \right]$$

$$A_{sb} = \frac{0.85 * f'_c * b_w * d * \beta_1 * \epsilon_{cu}}{f_y * \epsilon_{cu} * \epsilon_y}$$

| Diámetro nominal (mm) | Sección nominal (mm <sup>2</sup> ) |
|-----------------------|------------------------------------|
| 6                     | 28.3                               |
| 8                     | 50.3                               |
| 10                    | 78.5                               |
| 12                    | 113                                |
| 14                    | 154                                |
| 16                    | 201                                |
| 18                    | 254                                |
| 20                    | 314                                |
| 25                    | 491                                |
| 32                    | 804                                |
| 40                    | 1260                               |

| Eje X                                              |        |
|----------------------------------------------------|--------|
| Momento [kN - m]                                   |        |
| Superior                                           | 16.05  |
| Inferior                                           | 0.00   |
| Momento Corregido [kN - m]                         |        |
| Superior                                           | 16.05  |
| Inferior                                           |        |
| Acero Requerido [mm <sup>2</sup> ]                 |        |
| Superior                                           | 246    |
| Inferior                                           | 0      |
| Acero Requerido Mínimo [mm <sup>2</sup> ]          |        |
| Superior                                           | 246    |
| Inferior                                           | 0      |
| Varillas Colocado                                  |        |
| Superior                                           | 3D10   |
| Inferior                                           | 0.00   |
| Acero Colocado [mm <sup>2</sup> ]                  |        |
| Superior                                           | 236    |
| Inferior                                           |        |
| Acero Colocado/Acero Requerido [%]                 |        |
| Superior                                           | 96%    |
| Inferior                                           |        |
| ØMn [kN - m]                                       |        |
| Superior                                           | 15.4   |
| Inferior                                           | 0.0    |
| Comprobación LRFD ØM <sub>n</sub> > M <sub>u</sub> |        |
| Superior                                           | Cumple |
| Inferior                                           | Cumple |

| Eje Y                                              |        |
|----------------------------------------------------|--------|
| Momento [kN - m]                                   |        |
| Superior                                           | 15.96  |
| Inferior                                           | 0.00   |
| Momento Corregido [kN - m]                         |        |
| Superior                                           | 15.96  |
| Inferior                                           |        |
| Acero Requerido [mm <sup>2</sup> ]                 |        |
| Superior                                           | 244    |
| Inferior                                           | 0      |
| Acero Requerido Mínimo [mm <sup>2</sup> ]          |        |
| Superior                                           | 244    |
| Inferior                                           | 0      |
| Varillas Colocado                                  |        |
| Superior                                           | 3D10   |
| Inferior                                           | 0.00   |
| Acero Colocado [mm <sup>2</sup> ]                  |        |
| Superior                                           | 236    |
| Inferior                                           |        |
| Acero Colocado/Acero Requerido [%]                 |        |
| Superior                                           | 96%    |
| Inferior                                           |        |
| ØMn [kN - m]                                       |        |
| Superior                                           | 15.4   |
| Inferior                                           | 0.0    |
| Comprobación LRFD ØM <sub>n</sub> > M <sub>u</sub> |        |
| Superior                                           | Cumple |
| Inferior                                           | Cumple |

## Comprobación de resistencia al cortante bidireccional (Punzonamiento) - ACI 318-19

### Datos Iniciales

#### Materiales

|           |       |     |
|-----------|-------|-----|
| $f'_c$    | 35    | MPa |
| $f_y$     | 420   | MPa |
| $\lambda$ | 0.924 | -   |

#### Datos de Losa

|                     |     |    |
|---------------------|-----|----|
| $H_{losa}$          | 200 | mm |
| $H_{loseta}$        | 50  | mm |
| Recubrimiento       | 20  | mm |
| $\emptyset$ varilla | 12  | mm |
| d                   | 174 | mm |

#### Datos de Columnas

|               |      |    |
|---------------|------|----|
| $H_{columna}$ | 300  | mm |
| $B_{columna}$ | 300  | mm |
| Recubrimiento | 40   | mm |
| $L_{nx}$      | 3800 | mm |
| $L_{ny}$      | 4500 | mm |

Tabla 22.6.5.2 —  $v_c$  para miembros en dos direcciones sin refuerzo para cortante

| El menor de (a), (b) y (c): | $v_c$                                                                     |     |
|-----------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-----|
|                             | $0.33\lambda_s\lambda\sqrt{f'_c}$                                         | (a) |
|                             | $0.17\left(1 + \frac{2}{\beta}\right)\lambda_s\lambda\sqrt{f'_c}$         | (b) |
|                             | $0.083\left(2 + \frac{\alpha_s d}{b_o}\right)\lambda_s\lambda\sqrt{f'_c}$ | (c) |

Notas:

(i)  $\lambda_s$  es el factor de efectos de tamaño dado en 22.5.5.1.3.

(ii)  $\beta$  es la relación del lado largo al lado corto de la sección de la columna,

### 1) Dimensiones del ábaco

|           |       |    |
|-----------|-------|----|
| $L_{min}$ | 633.3 | mm |
| $B_{min}$ | 750   | mm |
| $h_{min}$ | 250   | mm |

|    |      |    |
|----|------|----|
| 2L | 1500 | mm |
| 2B | 1500 | mm |
| h  | 200  | mm |
| d  | 174  | mm |

### 2) Factor de modificación por tamaño

|                   |   |
|-------------------|---|
| $\lambda_{abaco}$ | 1 |
|-------------------|---|

### 3) Tensión de resistencia columna

|                |      |     |
|----------------|------|-----|
| $\alpha$       | 40   |     |
| $\beta$        | 1    |     |
| c1             | 474  | mm  |
| c2             | 474  | mm  |
| b0             | 1896 | mm  |
| vc             | 1.80 | Mpa |
| $\emptyset vc$ | 1.44 | MPa |

### 3) Tensión de resistencia ábaco

|                |      |     |
|----------------|------|-----|
| $\alpha$       | 40   |     |
| $\beta$        | 1    |     |
| c1             | 1674 | mm  |
| c2             | 1674 | mm  |
| b0             | 6696 | mm  |
| vc             | 1.38 | Mpa |
| $\emptyset vc$ | 1.10 | MPa |

### 4) Tensión de demanda columna

|            |            |                 |
|------------|------------|-----------------|
| $P_u$      | 122.54     | kN              |
| $v_n$      | 0.37       | MPa             |
| $\gamma_v$ | 0.40       |                 |
| $M_{u2}$   | -14.75     | kn-m            |
| $M_{u3}$   | 62.05      | kn-m            |
| $M_{unb2}$ | -5.86      | kN-m            |
| $M_{unb3}$ | 24.67      | kN-m            |
| I22        | 1544198148 | mm <sup>4</sup> |
| I33        | 1544198148 | mm <sup>4</sup> |
| I23        | 0          | mm <sup>4</sup> |
| J          | 3.09E+09   | mm <sup>4</sup> |
| v1         | -0.225     | Mpa             |
| v2         | 0.947      | Mpa             |
| v          | 1.09       | Mpa             |
| Ratio      | 0.76       |                 |

### 4) Tensión de demanda ábaco

|            |             |                 |
|------------|-------------|-----------------|
| $P_u$      | 114.56      | kN              |
| $v_n$      | 0.10        | MPa             |
| $\gamma_v$ | 0.40        |                 |
| $M_{u2}$   | -14.75      | kn-m            |
| $M_{u3}$   | 62.05       | kn-m            |
| $M_{unb1}$ | -5.86       | kN-m            |
| $M_{unb2}$ | 24.67       | kN-m            |
| I22        | 68019645348 | mm <sup>4</sup> |
| I33        | 68019645348 | mm <sup>4</sup> |
| I23        | 0           | mm <sup>4</sup> |
| J          | 1.36E+11    | mm <sup>4</sup> |
| v1         | -0.018      | Mpa             |
| v2         | 0.008       | Mpa             |
| v          | 0.09        | Mpa             |
| Ratio      | 0.08        |                 |

**22.6.5.3** El valor de  $\alpha_s$  es 40 para columnas interiores, 30 para columnas de borde y 20 para columnas en esquina.

22.5.5.1.3 El factor de modificación por efecto de tamaño,  $\lambda_s$ , debe determinarse por medio de:

$$\lambda_s = \sqrt{\frac{2}{(1 + 0.004d)}} \leq 1.0 \quad (22.5.5.1.3)$$

donde  $d$  está en mm.

# Diseño de Conexión Viga Columna de Hormigón Armado - Según ACI 318-19

## Datos Iniciales

### Materiales

|        |     |     |
|--------|-----|-----|
| $f'_c$ | 35  | MPa |
| $f_y$  | 420 | MPa |

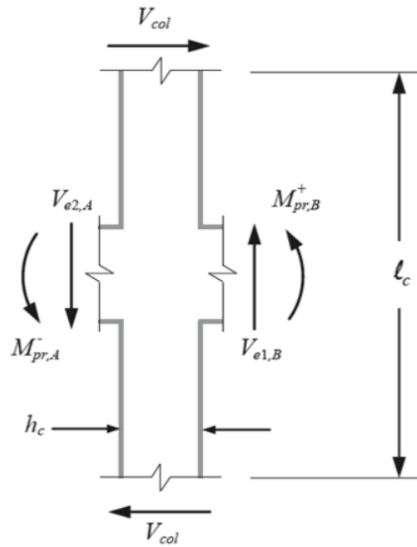
### Datos de Vigas

|                |     |     |
|----------------|-----|-----|
| $H_{viga}$     | 200 | mm  |
| $B_{viga}$     | 300 | mm  |
| Recubrimiento  | 40  | mm  |
| $\phi$ varilla | 14  | mm  |
| $\phi$ estribo | 10  | mm  |
| d              | 143 | mm  |
| Asup           | 157 | mm2 |
| Ainf           | 308 | mm2 |

### Datos de Columnas

|               |      |    |
|---------------|------|----|
| $H_{columna}$ | 300  | mm |
| $B_{columna}$ | 300  | mm |
| Recubrimiento | 40   | mm |
| Ln            | 1500 | mm |

|        |      |   |
|--------|------|---|
| $\phi$ | 0.85 | - |
|--------|------|---|



## Diseño de Conexión Viga Columna

### 1) Verificación de ancho mínimo de viga

|                |     |    |
|----------------|-----|----|
| $bw < 0.75 bc$ | 225 | mm |
| bw             | 300 | mm |

Cumple

### 2) Cálculo de tensiones

|                  |        |    |
|------------------|--------|----|
| $T1 = 1.25As*fy$ | 82.425 | kN |
| $T2 = 1.25As*fy$ | 161.7  | Kn |

### 3) Cálculo de bloque de compresión

|                             |       |    |
|-----------------------------|-------|----|
| $a1 = T1 / 0.85*f'_c*bviga$ | 9.24  | mm |
| $a2 = T2 / 0.85*f'_c*bviga$ | 18.12 | mm |

### 4) Cálculo de Momentos Equivalentes

|                          |       |      |
|--------------------------|-------|------|
| $Mpr1 = T1 * (d - a1/2)$ | 11.41 | kN-m |
| $Mpr2 = T2 * (d - a2/2)$ | 21.66 | kN-m |

### 5) Cortante Equivalente

|                           |        |    |
|---------------------------|--------|----|
| $Vcol = Mpr1 + Mpr2 / Ln$ | 22.04  | kN |
| Vetabs                    | 15.36  | kN |
| Vcol                      | 22.04  |    |
| $Vu = T1 + T2 - Vcol$     | 222.08 | kN |

### 6) Área Nominal del Nudo

|              |       |     |
|--------------|-------|-----|
| $bj$         | 300   | mm  |
| $hj = hcol$  | 300   | mm  |
| $Aj = bj*hj$ | 90000 | mm2 |

### 7) Resistencia Nominal del Nudo

|                                            |        |    |
|--------------------------------------------|--------|----|
| $Vn = \gamma * \lambda * \sqrt{f'_c} * Aj$ | 981.48 | kN |
| $\phi Vc =$                                | 834.26 | kN |
| $\phi Vn \geq Vu$                          | Cumple |    |

|       |      |
|-------|------|
| Ratio | 0.27 |
|-------|------|

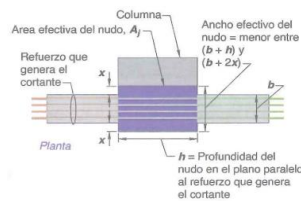
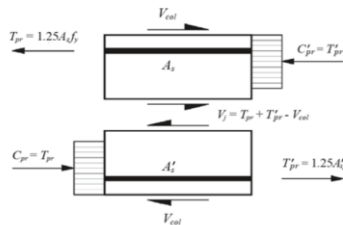


Tabla 15.4.2.3 — Resistencia nominal del nudo a cortante  $V_n$

| Columna                      | Viga en la dirección de $V_n$ | Confinado por vigas transversales de acuerdo con 15.2.8 | $V_n$ , N <sup>(1)</sup>  |
|------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------|
| Continua o cumple con 15.2.6 | Continua o cumple con 15.2.7  | Confinada                                               | $2.0\lambda\sqrt{f'_c}Aj$ |
|                              |                               | No confinada                                            | $1.7\lambda\sqrt{f'_c}Aj$ |
|                              | Otras                         | Confinada                                               | $1.7\lambda\sqrt{f'_c}Aj$ |
|                              |                               | No confinada                                            | $1.3\lambda\sqrt{f'_c}Aj$ |
| Otras                        | Continua o cumple con 15.2.7  | Confinada                                               | $1.7\lambda\sqrt{f'_c}Aj$ |
|                              |                               | No confinada                                            | $1.3\lambda\sqrt{f'_c}Aj$ |
|                              | Otras                         | Confinada                                               | $1.3\lambda\sqrt{f'_c}Aj$ |
|                              |                               | No confinada                                            | $1.0\lambda\sqrt{f'_c}Aj$ |

<sup>(1)</sup>  $\lambda$  debe ser 0.75 para concreto liviano y 1.0 para concreto de peso normal.

| Información Inicial |         |        |
|---------------------|---------|--------|
| $\sigma_{adm}$      | 19.37   | ton/m2 |
| $\sigma_{adm}$      | 189.96  | kN/m2  |
| $D_f$               | 1       | m      |
| $\rho_{Hf-3}$       | 1966.00 | kg/m3  |
| $\gamma_{Hf-3}$     | 19.29   | kN/m3  |
| $\gamma_{soil}$     | 16.00   | kN/m3  |
| $\Delta\sigma$      | 19.51   | kN/m2  |
| $L_{viga}$          | 4500    | mm     |
| $\sigma_{rec}$      | 154.45  | kN/m2  |
| Información de Viga |         |        |
| $\Phi_{varilla}$    | 16      | mm     |
| $\Phi_{est}$        | 10      | mm     |
| $rec$               | 75      | mm     |
| $d$                 | 482     | mm     |

[Estudio de Suelos]

[Estudio de Suelos]

[Peso de Zapatas]

[Planos Arq]

| Dimensiones Columnas |        |      |
|----------------------|--------|------|
| Columna Izquierda    |        |      |
| $B_c$                | 300    | mm   |
| $H_c$                | 300    | mm   |
| $C_G$                | 122.45 | kN   |
| $C_Q$                | 37.11  | kN   |
| $C_U$                | 206.32 | kN   |
| $M_u$                | 36.90  | kN-m |

[ETABS]

[ETABS]

[ETABS]

| Columna Derecha |        |      |
|-----------------|--------|------|
| $B_d$           | 300    | mm   |
| $H_d$           | 300    | mm   |
| $C_G$           | 131.91 | kN   |
| $C_Q$           | 41.76  | kN   |
| $C_U$           | 225.11 | kN   |
| $M_u$           | 37.37  | kN-m |

[ETABS]

[ETABS]

[ETABS]

| Predimensionamiento Zapata |        |    |
|----------------------------|--------|----|
| Columna Izquierda [1]      |        |    |
| Área                       | 1.34   | m2 |
| $L_{min}$                  | 1156   | mm |
| $R[1]$                     | 215.45 | kN |
| Área con Viga              | 1.39   | m2 |
| $L2_{min}$                 | 1181.1 | mm |
| $L_{cuadro}$               | 1000   | mm |

| Predimensionamiento Zapata |        |    |
|----------------------------|--------|----|
| Columna Derecha [2]        |        |    |
| Área                       | 1.46   | m2 |
| $L_{min}$                  | 1207   | mm |
| $R[2]$                     | 235.54 | kN |
| Área con Viga              | 1.46   | m2 |
| $L2_{min}$                 | 1207.3 | mm |
| $L_{cuadro}$               | 1000   | mm |

| Predimensionamiento Viga |       |    |
|--------------------------|-------|----|
| $h_{min}$                | 562.5 | mm |
| $h$                      | 575   | mm |
| $b$                      | 300   | mm |
| $h/b$                    | 1.92  | Ok |

L/8

<2

|     |      |      |
|-----|------|------|
| Pvc | 4.66 | kN/m |
|-----|------|------|

[Peso Viga]

| Diseño de Viga   |  |        |                |
|------------------|--|--------|----------------|
| Zapata Izquierda |  | C9     | Zapata Derecha |
| q1               |  | 215.45 | kN/m           |
| q2               |  | 235.54 | kN/m           |

|         |      |   |         |      |   |
|---------|------|---|---------|------|---|
| x = L/2 | 0.65 | m | x = L/2 | 0.65 | m |
| x [V=0] | 0.96 | m | x [V=0] | 0.96 | m |
| x = L   | 1    | m | x = L   | 1    | m |

|              |       |      |              |       |      |
|--------------|-------|------|--------------|-------|------|
| Mu [x = L/2] | 14.57 | kN-m | Mu [x = L/2] | 15.99 | kN-m |
| Mu[x1]       | 4.146 | kN-m | Mu[x2]       | 4.764 | kN-m |
| Mu[x = L]    | 4.28  | kN-m | Mu[x = L]    | 4.93  | kN-m |

|    |        |     |    |        |     |
|----|--------|-----|----|--------|-----|
| a1 | 13.48  | mm  | a2 | 13.99  | mm  |
| As | 286.48 | mm2 | As | 297.19 | mm2 |

|       |     |     |
|-------|-----|-----|
| Asmin | 482 | mm2 |
|-------|-----|-----|

|    |         |    |         |
|----|---------|----|---------|
| As | 3D16    | As | 3D16    |
| As | 603 mm2 | As | 603 mm2 |

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 * Mu}{0.9 * 0.85 * b * f'c}}$$

| Datos Iniciales |              |
|-----------------|--------------|
| Capacidad Suelo | 19.37 ton/m2 |
| B Columna       | 30 cm        |
| H Columna       | 30 cm        |
| F.S Capacidad   | 1            |
| Capacidad Ad    | 197.53 kN/m2 |
| T min           | 200 mm       |
| T               | 350 mm       |
| db              | 12 mm        |
| d               | 300.5 mm     |
| Ø               | 0.8          |
| f'c             | 35 Mpa       |
| fy              | 420 MPa      |
| recubrimiento   | 75 mm        |
| λ hormigón      | 19.3 kN/m3   |

| Story | Label | Unique Name | Output Case | Case Type | Step Type | Step Number | FX<br>kN | FY<br>kN | FZ<br>kN | MX<br>kN-m | MY<br>kN-m | MZ<br>kN-m |
|-------|-------|-------------|-------------|-----------|-----------|-------------|----------|----------|----------|------------|------------|------------|
| Base  | 9     | 9 Dead      | LinStatic   |           |           |             | 0.6743   | 1.4389   | 131.9057 | -1.6209    | 1.2221     | 0.0018     |
| Base  | 9     | 9 Live      | LinStatic   |           |           |             | 0.2672   | 0.5622   | 41.7628  | -0.5871    | 0.4746     | 0.015      |
| Base  | 9     | 9 Sx        | LinStatic   |           |           |             | -20.0998 | 0.0039   | 0.5304   | 0.0093     | -33.5408   | 0.4588     |
| Base  | 9     | 9 Sy        | LinStatic   |           |           |             | -0.5105  | -22.7493 | 19.9775  | 37.3752    | -0.8081    | -0.0622    |

Se diseñará la cimentación de la zapata en el nodo 9, puesto que tiene la mayor carga axial

| Predimensionamiento |              |  |             |              |  |
|---------------------|--------------|--|-------------|--------------|--|
| Pu                  | 131.91 kN    |  | Peso Zapata | 6.755 B*L    |  |
| A                   | 0.93 m2      |  | ocontacto   | 138.66 kN/m2 |  |
| B min               | 0.97 m       |  | B Final     | 1 m          |  |
| σ real              | 138.66 kN/m2 |  | L Final     | 1 m          |  |
|                     |              |  | Área Final  | 1 m2         |  |

| Cargas        |        |       |        |
|---------------|--------|-------|--------|
| Tipo de Carga | D      | L     | Sx, Sy |
| Axial         | 131.91 | 41.76 | 19.98  |
| Mx            | 0.00   | 0.00  | 0.00   |
| My            | 0.00   | 0.00  | 0.00   |

|               |  | Cargas de Servicio |        | Cargas de Diseño |                |
|---------------|--|--------------------|--------|------------------|----------------|
| Tipo de Carga |  | D+L                | D+L+S  | 1.2D + 1.6L      | 1.2D + 1L + 1S |
| Axial         |  | 173.67             | 193.65 | 225.11           | 220.03         |
| Mx            |  | 0.00               | 0.00   | 0.00             | 0.00           |
| My            |  | 0.00               | 0.00   | 0.00             | 0.00           |

| Verificación de Esfuerzos |        |        |
|---------------------------|--------|--------|
| Dirección del Esf         | D+L    | D+L+S  |
| B (+)                     | 173.67 | 193.65 |
| B (-)                     | 173.67 | 193.65 |
| L (+)                     | 173.67 | 193.65 |
| L (-)                     | 173.67 | 193.65 |

| Comprobación Cortante Unidireccional |             |                |
|--------------------------------------|-------------|----------------|
|                                      | 1.2D + 1.6L | 1.2D + 1L + 1S |
| Vuc                                  | 11.14       | 10.89          |
| Vnc                                  | 90.7        | 90.7           |
| Cumple                               | Cumple      | Cumple         |

| Comprobación Cortante Bidireccional |             |                |
|-------------------------------------|-------------|----------------|
|                                     | 1.2D + 1.6L | 1.2D + 1L + 1S |
| Vub [MPa]                           | 1.2         | 1.2            |
| Vnc [MPa]                           | 1.95        | 1.95           |
| Cumple                              | Cumple      | Cumple         |

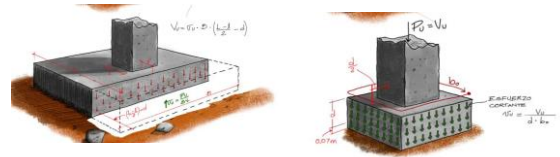
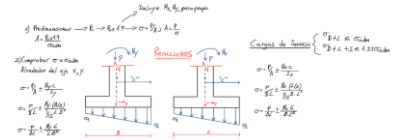
| Análisis a Flexión |             |                |
|--------------------|-------------|----------------|
|                    | 1.2D + 1.6L | 1.2D + 1L + 1S |
| Muc [kN-m]         | 13.79       | 13.48          |
| As [m2]            | 0.0001      | 0.0001         |
| As [mm2/m]         | 137.06      | 133.95         |
| As min             | 0.00054     | 0.00054        |
| As min [mm2]       | 540.90      | 540.90         |

|             |             |             |
|-------------|-------------|-------------|
| As          | 5D12        | 5D12        |
| As colocado | 565         | 565         |
| As          | 1D12 @ 20cm | 1D12 @ 20cm |

| Longitudes              |     |    |
|-------------------------|-----|----|
| ld                      | 661 | mm |
| ld max                  | 550 | m  |
| Requiere Pata de Hierro |     |    |

|     |     |    |
|-----|-----|----|
| ldh | 190 | mm |
|-----|-----|----|

| diámetro nominal (mm) | sección nominal (mm) |
|-----------------------|----------------------|
| 6                     | 28.3                 |
| 8                     | 50.3                 |
| 10                    | 78.5                 |
| 12                    | 113                  |
| 14                    | 154                  |
| 16                    | 201                  |
| 18                    | 254                  |
| 20                    | 314                  |
| 25                    | 491                  |
| 32                    | 804                  |
| 40                    | 1260                 |



22.5.5.1 Para miembros no prefabricados sin fuerza axial,  $V_c$  debe calcularse por medio de:

$$V_c = 0.17\lambda\sqrt{f'_c}b_wd \quad (22.5.5.1)$$

En caso de columnas rectangulares, se escoge como  $V_u$  el esfuerzo de corte bidireccional crítico (el menor valor) de las siguientes expresiones ACI 22.6.5.2

- $0.33\lambda\sqrt{f'_c}$
- $0.17\left(1 + \frac{M_u}{V_u}\right)\lambda\sqrt{f'_c}$   
 $\beta = \frac{\text{lado largo de la columna}}{\text{lado corto de la columna}}$
- $0.083\left(2 + \frac{A_{st}}{b_w}\right)\lambda\sqrt{f'_c}$   
 $b_w = \text{Perímetro de la sección crítica para cortante en losas y zapatas}$   
Columna interior  $\alpha_s = 0.40$   
Columna de borde  $\alpha_s = 0.30$   
Columna de esquina  $\alpha_s = 0.20$   
 $\lambda = \text{Valor de 1 para hormigón normal}$

$$M_{uc} = \frac{(P_u \cdot l^2)}{2B} + \frac{(2M_u \cdot l)}{B}$$

18.8.5.1 Para diámetros de barras No. 10 a No. 36 terminados con gancho estándar  $\ell_{dh}$  se debe determinar mediante la ecuación (18.8.5.1), pero  $\ell_{dh}$  debe ser al menos igual al mayor valor entre  $8d_b$  y 150 mm para concreto de peso normal, y debe ser al menos igual al mayor valor entre  $10d_b$  y 190 mm para concreto liviano.

$$\ell_{dh} = f_y d_b / (5.4\lambda\sqrt{f'_c}) \quad (18.8.5.1)$$

El valor de  $\lambda$  debe ser 0.75 para concreto liviano y 1.0 para concreto de peso normal.



| ITEM                                     | RUBRO                                                                                                               | UNIDAD | P.<br>UNITARIO | CANTIDAD           | COSTO<br>TOTAL     |
|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|----------------|--------------------|--------------------|
| <b>1 OBRAS CIVILES</b>                   |                                                                                                                     |        |                |                    | <b>\$51,929.58</b> |
| <b>1.1 PRELIMINARES</b>                  |                                                                                                                     |        |                |                    | <b>\$2,171.62</b>  |
| 1.11                                     | Limpieza y desbroce del terreno                                                                                     | m2     | \$1.58         | 245.61             | \$388.82           |
| 1.12                                     | Trazado y replanteo                                                                                                 | m2     | \$0.63         | 119.70             | \$74.95            |
| 1.13                                     | Relleno con material mejorado                                                                                       | m3     | \$15.45        | 47.88              | \$739.64           |
| 1.14                                     | Excavación de cimentación                                                                                           | m3     | \$6.25         | 119.70             | \$747.54           |
| 1.15                                     | Desalojo con maquinaria pesada                                                                                      | m3     | \$5.22         | 42.25              | \$220.67           |
| <b>1.2 ESTRUCTURA DE HORMIGÓN ARMADO</b> |                                                                                                                     |        |                |                    | <b>\$29,127.70</b> |
| 1.21                                     | Plinto aislado Hormigón e=300mm, incluye acero de refuerzo                                                          | m3     | \$227.28       | 4.50               | \$1,022.77         |
| 1.22                                     | Viga de cimentación 300x575mm, incluye acero de refuerzo                                                            | ml     | \$110.55       | 82.01              | \$9,066.61         |
| 1.23                                     | Columnas 300x300mm, incluye acero de refuerzo                                                                       | ml     | \$65.73        | 107.40             | \$7,059.64         |
| 1.24                                     | Losa nervada en dos direcciones e=200mm, incluye acero de refuerzo                                                  | m2     | \$77.15        | 93.90              | \$7,244.33         |
| 1.25                                     | Ábacos 1500x1500mm, e=200m, incluye acero de refuerzo                                                               | m2     | \$78.97        | 59.95              | \$4,734.36         |
| <b>1.3 ALBAÑILERÍA</b>                   |                                                                                                                     |        |                |                    | <b>\$20,630.26</b> |
| 1.31                                     | Replanto/Contrapiso de hormigón e=80mm<br>f'c=10MPa                                                                 | m2     | \$13.76        | 239.40             | \$3,295.04         |
| 1.32                                     | Mampostería de bloque 9x19x39cm                                                                                     | m2     | \$16.83        | 594.40             | \$10,004.87        |
| 1.33                                     | Enlucido vertical y horizontal (Interior y Exterior)                                                                | m2     | \$9.40         | 594.40             | \$5,587.93         |
| 1.34                                     | Masillado de losa de cubierta                                                                                       | m2     | \$11.20        | 155.61             | \$1,742.42         |
| <b>2 INSTALACIONES HIDROSANITARIAS</b>   |                                                                                                                     |        |                |                    | <b>\$5,048.91</b>  |
| <b>2.1 AGUA POTABLE</b>                  |                                                                                                                     |        |                |                    | <b>\$2,135.62</b>  |
| 2.11                                     | Suministro e instalación de tuberías y accesorios de PVC, d = 3/4"                                                  | m      | \$5.82         | 42.25              | \$245.84           |
| 2.12                                     | Suministro e instalación de tuberías y accesorios de PVC, d = 1"                                                    | m      | \$7.03         | 51.10              | \$359.18           |
| 2.13                                     | Suministro e instalación de equipo de bomba PK65 (0.70CV); incluye accesorios y tanque hidroneumático de 40 Galones | u      | \$351.56       | 1.00               | \$351.56           |
| 2.14                                     | Inodoro y accesorios                                                                                                | u      | \$75.08        | 6.00               | \$450.49           |
| 2.15                                     | Ducha y accesorios                                                                                                  | u      | \$19.51        | 6.00               | \$117.08           |
| 2.16                                     | Lavamanos y accesorios                                                                                              | u      | \$34.56        | 6.00               | \$207.35           |
| 2.17                                     | Fregadero y accesorios                                                                                              | u      | \$25.70        | 3.00               | \$77.09            |
| 2.18                                     | Lavadero                                                                                                            | u      | \$19.51        | 1.00               | \$19.51            |
| 2.19                                     | Punto de AA.PP de 3/4"                                                                                              | u      | \$13.98        | 22.00              | \$307.51           |
| <b>2.2 AGUAS SERVIDAS</b>                |                                                                                                                     |        |                |                    | <b>\$1,962.02</b>  |
| 2.21                                     | Suministro e instalación de tubería PVC y accesorios, d=50mm                                                        | m      | \$6.32         | 11.18              | \$70.68            |
| 2.22                                     | Suministro e instalación de tubería PVC y accesorios, d=75mm                                                        | m      | \$11.43        | 39.19              | \$447.97           |
| 2.23                                     | Suministro e instalación de tubería PVC y accesorios, d=110mm                                                       | m      | \$16.72        | 27.10              | \$453.24           |
| 2.24                                     | Caja de inspección 40x40x40cm                                                                                       | u      | \$32.37        | 4.00               | \$129.47           |
| 2.25                                     | Adecuación e instalación de biotank séptico 1200L para AA.SS                                                        | u      | \$586.04       | 1.00               | \$586.04           |
| 2.26                                     | Punto de AA.SS de 50mm                                                                                              | u      | \$7.29         | 6.00               | \$43.72            |
| 2.27                                     | Punto de AA.SS de 75mm                                                                                              | u      | \$9.82         | 16.00              | \$157.05           |
| 2.28                                     | Suministro e instalación de tubería de ventilación y accesorios, d=50mm                                             | m      | \$6.42         | 11.50              | \$73.87            |
| <b>2.3 AGUAS LLUVIAS</b>                 |                                                                                                                     |        |                |                    | <b>\$951.27</b>    |
| <b>3 INSTALACIONES ELÉCTRICAS</b>        |                                                                                                                     |        |                |                    | <b>\$5,287.15</b>  |
| <b>4 ADICIONALES/OBRAS EXTERIORES</b>    |                                                                                                                     |        |                |                    | <b>\$2,076.34</b>  |
| 4.01                                     | Limpieza final de obra                                                                                              | m2     | \$17.35        | 119.70             | \$2,076.34         |
| <b>TOTAL</b>                             |                                                                                                                     |        |                | <b>\$64,341.98</b> |                    |
| <b>COSTO POR METRO CUADRADO</b>          |                                                                                                                     |        |                | <b>\$233.71</b>    |                    |

| ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO (APU) |                                |                                |      |
|-----------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|
| PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN          |                                | VIVIENDA LOS ARENALES, CRUCITA |      |
| FECHA DE CREACIÓN                 |                                | 19/08/2025                     |      |
| CAPÍTULO                          | PRELIMINARES                   | RUBRO                          | 1.11 |
| DETALLE                           | Limpieza y desbroce de terreno | UNIDAD                         | m2   |

| 1. EQUIPOS    |              |            |                       |                 |                           |
|---------------|--------------|------------|-----------------------|-----------------|---------------------------|
| DESCRIPCIÓN   | CANTIDAD (A) | TARIFA (B) | COSTO HORA<br>(C=A*B) | RENDIMIENTO (R) | COSTO UNITARIO<br>(D=C*R) |
| VOLQUETA 8M3  | 1            | 33.6       | \$0.00                | 0.03            | 0.00                      |
|               |              |            | \$0.00                |                 | 0.00                      |
|               |              |            | \$33.60               |                 | 1.01                      |
|               |              |            | \$0.00                |                 | 0.00                      |
|               |              |            | \$0.00                |                 | 0.00                      |
| SUB TOTAL (M) |              |            |                       | \$              | 1.01                      |

| 2. MANO DE OBRA            |              |                    |                       |                 |                           |
|----------------------------|--------------|--------------------|-----------------------|-----------------|---------------------------|
| DESCRIPCIÓN (CATEGORÍA)    | CANTIDAD (A) | JORNAL/HORA<br>(B) | COSTO HORA<br>(C=A*B) | RENDIMIENTO (R) | COSTO UNITARIO<br>(D=C*R) |
| ALBAÑIL E.O D2             | 0.5          | 4.28               | \$2.14                | 0.03            | 0.06                      |
| PEÓN E.O E2                | 1            | 4.23               | \$4.23                | 0.03            | 0.13                      |
| OPERADOR MAQUINISTA E.O C1 | 1            | 4.75               | \$4.75                | 0.03            | 0.14                      |
|                            |              |                    | \$0.00                |                 | 0.00                      |
|                            |              |                    | \$0.00                |                 | 0.00                      |
|                            |              |                    | \$0.00                |                 | 0.00                      |
| SUB TOTAL (N)              |              |                    |                       |                 | \$ 0.33                   |

| 3. MATERIALES |        |              |                       |               |
|---------------|--------|--------------|-----------------------|---------------|
| DESCRIPCIÓN   | UNIDAD | CANTIDAD (A) | COSTO UNITARIO<br>(B) | COSTO (C=A*B) |
|               |        |              |                       | 0             |
|               |        |              |                       | 0             |
|               |        |              |                       | 0             |
|               |        |              |                       | 0             |
|               |        |              |                       | 0             |
| SUB TOTAL (O) |        |              |                       |               |

| 4. TRANSPORTE |        |              |                       |               |
|---------------|--------|--------------|-----------------------|---------------|
| DESCRIPCIÓN   | UNIDAD | CANTIDAD (A) | COSTO UNITARIO<br>(B) | COSTO (C=A*B) |
|               |        |              |                       | 0             |
|               |        |              |                       | 0             |
|               |        |              |                       | 0             |
| SUB TOTAL (P) |        |              |                       | 0             |

|                               |        |
|-------------------------------|--------|
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P) | \$1.34 |
| INDIRECTOS Y UTILIDADES 16%   | \$0.21 |
| OTROS INDIRECTOS 2%           | \$0.03 |
| COSTO TOTAL PROPUESTO U.S.\$  | \$1.58 |

CONSULTOR

| ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO (APU) |                     |                    |                                |                 |                           |
|-----------------------------------|---------------------|--------------------|--------------------------------|-----------------|---------------------------|
| PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN          |                     |                    | VIVIENDA LOS ARENALES, CRUCITA |                 |                           |
| FECHA DE CREACIÓN                 |                     |                    | 19/08/2025                     |                 |                           |
| CAPÍTULO                          | PRELIMINARES        |                    | RUBRO                          | 1.12            |                           |
| DETALLE                           | Trazado y replanteo |                    | UNIDAD                         | m2              |                           |
| 1. EQUIPOS                        |                     |                    |                                |                 |                           |
| DESCRIPCIÓN                       | CANTIDAD (A)        | TARIFA (B)         | COSTO HORA<br>(C=A*B)          | RENDIMIENTO (R) | COSTO UNITARIO<br>(D=C*R) |
| HERRAMIENTAS MENORES 5% M.O       |                     |                    | \$0.00                         |                 | 0.00                      |
|                                   |                     |                    | \$0.00                         |                 | 0.00                      |
|                                   |                     |                    | \$0.00                         |                 | 0.01                      |
|                                   |                     |                    | \$0.00                         |                 | 0.00                      |
|                                   |                     |                    | \$0.00                         |                 | 0.00                      |
| SUB TOTAL (M)                     |                     |                    |                                | \$              | 0.01                      |
| 2. MANO DE OBRA                   |                     |                    |                                |                 |                           |
| DESCRIPCIÓN (CATEGORÍA)           | CANTIDAD (A)        | JORNAL/HORA<br>(B) | COSTO HORA<br>(C=A*B)          | RENDIMIENTO (R) | COSTO UNITARIO<br>(D=C*R) |
| ALBAÑIL E.O D2                    | 0.5                 | 4.28               | \$2.14                         | 0.03            | 0.06                      |
| PEÓN E.O E2                       | 1                   | 4.23               | \$4.23                         | 0.03            | 0.13                      |
|                                   |                     |                    | \$0.00                         |                 | 0.00                      |
|                                   |                     |                    | \$0.00                         |                 | 0.00                      |
|                                   |                     |                    | \$0.00                         |                 | 0.00                      |
|                                   |                     |                    | \$0.00                         |                 | 0.00                      |
| SUB TOTAL (N)                     |                     |                    |                                | \$              | 0.19                      |
| 3. MATERIALES                     |                     |                    |                                |                 |                           |
| DESCRIPCIÓN                       | UNIDAD              | CANTIDAD (A)       | COSTO UNITARIO<br>(B)          | COSTO (C=A*B)   |                           |
| TABLA DE ENCOFRADO 20X240CM       | U                   | 0.05               | 3.5                            | 0.175           |                           |
| CUARTONES DE 5V                   | U                   | 0.02               | 2.2                            | 0.044           |                           |
| CLAVOS DE 2 1/2"                  | KG                  | 0.02               | 1.3                            | 0.026           |                           |
| PIOLA                             | ROLLO               | 0.05               | 1.7                            | 0.085           |                           |
| SUB TOTAL (O)                     |                     |                    |                                | 0.33            |                           |
| 4. TRANSPORTE                     |                     |                    |                                |                 |                           |
| DESCRIPCIÓN                       | UNIDAD              | CANTIDAD (A)       | COSTO UNITARIO<br>(B)          | COSTO (C=A*B)   |                           |
|                                   |                     |                    |                                | 0               |                           |
|                                   |                     |                    |                                | 0               |                           |
|                                   |                     |                    |                                | 0               |                           |
| SUB TOTAL (P)                     |                     |                    |                                | 0               |                           |
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)     |                     |                    |                                | \$0.53          |                           |
| INDIRECTOS Y UTILIDADES 16%       |                     |                    |                                | \$0.08          |                           |
| OTROS INDIRECTOS 2%               |                     |                    |                                | \$0.01          |                           |
| COSTO TOTAL PROPUESTO U.S.\$      |                     |                    |                                | \$0.63          |                           |

CONSULTOR \_\_\_\_\_

| ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO (APU) |                              |                                |      |
|-----------------------------------|------------------------------|--------------------------------|------|
| PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN          |                              | VIVIENDA LOS ARENALES, CRUCITA |      |
| FECHA DE CREACIÓN                 |                              | 19/08/2025                     |      |
| CAPÍTULO                          | PRELIMINARES                 | RUBRO                          | 1.13 |
| DETALLE                           | Relleno con matrial mejorado | UNIDAD                         | m3   |

| 1. EQUIPOS               |              |            |                       |                 |                           |
|--------------------------|--------------|------------|-----------------------|-----------------|---------------------------|
| DESCRIPCIÓN              | CANTIDAD (A) | TARIFA (B) | COSTO HORA<br>(C=A*B) | RENDIMIENTO (R) | COSTO UNITARIO<br>(D=C*R) |
|                          |              |            | \$0.00                |                 | 0.00                      |
| VOLQUETA 8M3             | 1            | 33.6       | \$33.60               | 0.15            | 5.04                      |
| RETROEXCAVADORA 75 HP    | 1            | 38         | \$38.00               | 0.15            | 5.70                      |
| HERRAMIENTA MENOR 5% M.O |              |            | \$0.00                |                 | 0.08                      |
|                          |              |            | \$0.00                |                 | 0.00                      |
| SUB TOTAL (M)            |              |            |                       |                 | \$ 10.82                  |

| 2. MANO DE OBRA            |              |                    |                       |                 |                           |
|----------------------------|--------------|--------------------|-----------------------|-----------------|---------------------------|
| DESCRIPCIÓN (CATEGORÍA)    | CANTIDAD (A) | JORNAL/HORA<br>(B) | COSTO HORA<br>(C=A*B) | RENDIMIENTO (R) | COSTO UNITARIO<br>(D=C*R) |
| ALBAÑIL E.O D2             | 0.5          | 4.28               | \$2.14                | 0.15            | 0.32                      |
| PEÓN E.O E2                | 1            | 4.23               | \$4.23                | 0.15            | 0.63                      |
| OPERADOR MAQUINISTA E.O C1 | 1            | 4.75               | \$4.75                | 0.15            | 0.71                      |
| OPERADOR MAQUINISTA E.O C1 | 1            | 4.75               | \$4.75                |                 | 0.00                      |
|                            |              |                    | \$0.00                |                 | 0.00                      |
|                            |              |                    | \$0.00                |                 | 0.00                      |
| SUB TOTAL (N)              |              |                    |                       |                 | \$ 1.67                   |

| 3. MATERIALES            |        |              |                       |               |
|--------------------------|--------|--------------|-----------------------|---------------|
| DESCRIPCIÓN              | UNIDAD | CANTIDAD (A) | COSTO UNITARIO<br>(B) | COSTO (C=A*B) |
| MATERIAL DE MEJORAMIENTO | M3     | 1            | 0.6                   | 0.6           |
|                          |        |              |                       | 0             |
|                          |        |              |                       | 0             |
|                          |        |              |                       | 0             |
|                          |        |              |                       | 0             |
|                          |        |              |                       | 0             |
|                          |        |              |                       | 0             |
|                          |        |              |                       | 0             |
|                          |        |              |                       | 0             |
| SUB TOTAL (O)            |        |              |                       | 0.6           |

| 4. TRANSPORTE |        |              |                       |               |
|---------------|--------|--------------|-----------------------|---------------|
| DESCRIPCIÓN   | UNIDAD | CANTIDAD (A) | COSTO UNITARIO<br>(B) | COSTO (C=A*B) |
|               |        |              |                       | 0             |
|               |        |              |                       | 0             |
|               |        |              |                       | 0             |
| SUB TOTAL (P) |        |              |                       | 0             |

|                               |         |
|-------------------------------|---------|
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P) | \$13.09 |
| INDIRECTOS Y UTILIDADES 16%   | \$2.09  |
| OTROS INDIRECTOS 2%           | \$0.26  |
| COSTO TOTAL PROPUESTO U.S.\$  | \$15.45 |

CONSULTOR

**CONSULTOR**

| ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO (APU) |                                |                                |      |
|-----------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|
| PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN          |                                | VIVIENDA LOS ARENALES, CRUCITA |      |
| FECHA DE CREACIÓN                 |                                | 19/08/2025                     |      |
| CAPÍTULO                          | PRELIMINARES                   | RUBRO                          | 1.14 |
| DETALLE                           | Desalojo con maquinaria pesada | UNIDAD                         | m3   |

## 1. EQUIPOS

| DESCRIPCIÓN              | CANTIDAD (A) | TARIFA (B) | COSTO HORA<br>(C=A*B) | RENDIMIENTO (R) | COSTO UNITARIO<br>(D=C*R) |
|--------------------------|--------------|------------|-----------------------|-----------------|---------------------------|
|                          |              |            | \$0.00                |                 | 0.00                      |
| VOLQUETA 8M3             | 1            | \$ 33.60   | \$33.60               | 0.05            | 1.68                      |
| CARGADORA FRONTAL 140 HP | 1            | \$ 39.06   | \$39.06               | 0.05            | 1.95                      |
| SUB TOTAL (M)            |              |            |                       |                 | \$ 3.63                   |

## 2. MANO DE OBRA

| DESCRIPCIÓN (CATEGORÍA)    | CANTIDAD (A) | JORNAL/HORA (B) | COSTO HORA (C=A*B) | RENDIMIENTO (R) | COSTO UNITARIO (D=C*R) |
|----------------------------|--------------|-----------------|--------------------|-----------------|------------------------|
| MAESTRO DE OBRA E.O D2     | 0.5          | 4.28            | \$2.14             | 0.05            | 0.11                   |
| PEÓN E.O E2                | 1            | 4.23            | \$4.23             | 0.05            | 0.21                   |
| OPERADOR MAQUINISTA E.O C1 | 1            | 4.75            | \$4.75             | 0.05            | 0.24                   |
| OPERADOR MAQUINISTA E.O C1 | 1            | 4.75            | \$4.75             | 0.05            | 0.24                   |
|                            |              |                 |                    |                 | 0.00                   |
| SUB TOTAL (N)              |              |                 |                    | \$              | 0.79                   |

### 3. MATERIALES

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD (A) | COSTO UNITARIO (B) | COSTO (C=A*B) |
|-------------|--------|--------------|--------------------|---------------|
|             |        |              |                    |               |
|             |        |              | SUB TOTAL (C)      |               |

#### 4. TRANSPORTE

| DESCRIPCIÓN   | UNIDAD | CANTIDAD (A) | COSTO UNITARIO (B) | COSTO (C=A*B) |
|---------------|--------|--------------|--------------------|---------------|
|               |        |              |                    |               |
| SUB TOTAL (P) |        |              | 0                  |               |
|               |        |              |                    |               |

|                               |        |
|-------------------------------|--------|
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P) | \$4.43 |
| INDIRECTOS Y UTILIDADES 16%   | \$0.71 |
| OTROS INDIRECTOS 2%           | \$0.09 |
| COSTO TOTAL PROPUESTO U.S.\$  | \$5.22 |

**CONSULTOR**

| ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO (APU) |                                                            |                                |      |
|-----------------------------------|------------------------------------------------------------|--------------------------------|------|
| PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN          |                                                            | VIVIENDA LOS ARENALES, CRUCITA |      |
| FECHA DE CREACIÓN                 |                                                            | 19/08/2025                     |      |
| CAPÍTULO                          | ESTRUCTURA DE HORMIGÓN ARMADO                              | RUBRO                          | 1.21 |
| DETALLE                           | Plinto aislado Hormigón e=300mm, incluye acero de refuerzo | UNIDAD                         | m3   |

| 1. EQUIPOS               |              |            |                    |                 |                        |
|--------------------------|--------------|------------|--------------------|-----------------|------------------------|
| DESCRIPCIÓN              | CANTIDAD (A) | TARIFA (B) | COSTO HORA (C=A*B) | RENDIMIENTO (R) | COSTO UNITARIO (D=C*R) |
| HERRAMIENTA MENOR 5% M.O |              |            |                    |                 | 0.29                   |
| SUB TOTAL (M)            |              |            |                    | \$              | 0.29                   |

| 2. MANO DE OBRA         |              |                 |                    |                 |                        |
|-------------------------|--------------|-----------------|--------------------|-----------------|------------------------|
| DESCRIPCIÓN (CATEGORÍA) | CANTIDAD (A) | JORNAL/HORA (B) | COSTO HORA (C=A*B) | RENDIMIENTO (R) | COSTO UNITARIO (D=C*R) |
| MAESTRO DE OBRA E.O C2  | 1            | 4.52            | \$4.52             | 0.45            | \$2.03                 |
| ALBAÑIL E.O D2          | 2            | 4.28            | \$8.56             | 0.45            | \$3.85                 |
| SUB TOTAL (N)           |              |                 |                    | \$              | 5.89                   |

| 3. MATERIALES                                                                                                                                                                                                  |        |              |                    |               |        |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------------|--------------------|---------------|--------|
| DESCRIPCIÓN                                                                                                                                                                                                    | UNIDAD | CANTIDAD (A) | COSTO UNITARIO (B) | COSTO (C=A*B) |        |
| Hormigón Ligero Autocompactante f'c=35MPa, clase de densidad D2.0, clase de escurrimiento SF2, clase de exposición F0 S2 P0 C0, consistencia fluida premezclado en planta, según NEC-11, ACI 318 y EN 206:2013 | m3     | 1            | \$135.14           | \$135.14      |        |
| TABLA DE ENCOFRADO 20X240CM                                                                                                                                                                                    | u      | 4            | \$5.50             | \$22.00       |        |
| TIRAS DE ENCOFRADO                                                                                                                                                                                             | u      | 0.5          | \$1.88             | \$0.94        |        |
| VARILLA CORRUGADA, INLCUYE DOBLADO Y AMARRE                                                                                                                                                                    | kg     | 2.6          | \$1.79             | \$4.65        |        |
| CLAVOS DE 2 1/2"                                                                                                                                                                                               | kg     | 1            | \$1.03             | \$1.03        |        |
| CUARTONES DE 5V                                                                                                                                                                                                | u      | 2.5          | \$4.00             | \$10.00       |        |
| SUB TOTAL (O)                                                                                                                                                                                                  |        |              |                    | \$            | 173.76 |

| 4. TRANSPORTE                                             |        |              |                    |               |       |
|-----------------------------------------------------------|--------|--------------|--------------------|---------------|-------|
| DESCRIPCIÓN                                               | UNIDAD | CANTIDAD (A) | COSTO UNITARIO (B) | COSTO (C=A*B) |       |
| CAMIÓN BOMBA ESTACIONADO EN OBRA, PARA BOMBEO DE HORMIGÓN | h      | 0.061        | 207.66             | \$12.67       |       |
| SUB TOTAL (P)                                             |        |              |                    | \$            | 12.67 |

|                               |          |
|-------------------------------|----------|
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P) | \$192.61 |
| INDIRECTOS Y UTILIDADES 16%   | \$30.82  |
| OTROS INDIRECTOS 2%           | \$3.85   |
| COSTO TOTAL PROPUESTO U.S.\$  | \$227.28 |

CONSULTOR

| ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO (APU) |                                                          |                                |      |
|-----------------------------------|----------------------------------------------------------|--------------------------------|------|
| PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN          |                                                          | VIVIENDA LOS ARENALES, CRUCITA |      |
| FECHA DE CREACIÓN                 |                                                          | 19/08/2025                     |      |
| CAPÍTULO                          | ESTRUCTURA DE HORMIGÓN ARMADO                            | RUBRO                          | 1.22 |
| DETALLE                           | Viga de cimentación 300x575mm, incluye acero de refuerzo | UNIDAD                         | ml   |

| 1. EQUIPOS               |              |            |                    |                 |                        |
|--------------------------|--------------|------------|--------------------|-----------------|------------------------|
| DESCRIPCIÓN              | CANTIDAD (A) | TARIFA (B) | COSTO HORA (C=A*B) | RENDIMIENTO (R) | COSTO UNITARIO (D=C*R) |
| HERRAMIENTA MENOR 5% M.O |              |            |                    |                 | 0.49                   |
| SUB TOTAL (M)            |              |            |                    |                 | \$ 0.49                |

| 2. MANO DE OBRA         |              |                 |                    |                 |                        |
|-------------------------|--------------|-----------------|--------------------|-----------------|------------------------|
| DESCRIPCIÓN (CATEGORÍA) | CANTIDAD (A) | JORNAL/HORA (B) | COSTO HORA (C=A*B) | RENDIMIENTO (R) | COSTO UNITARIO (D=C*R) |
| MAESTRO DE OBRA E.O C2  | 1            | 4.52            | \$4.52             | 0.75            | \$3.39                 |
| ALBAÑIL E.O D2          | 2            | 4.28            | \$8.56             | 0.75            | \$6.42                 |
| SUB TOTAL (N)           |              |                 |                    |                 | \$ 9.81                |

| 3. MATERIALES                                                                                                                                                                                                  |        |              |                    |               |          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------------|--------------------|---------------|----------|
| DESCRIPCIÓN                                                                                                                                                                                                    | UNIDAD | CANTIDAD (A) | COSTO UNITARIO (B) | COSTO (C=A*B) |          |
| Hormigón Ligero Autocompactante f'c=35MPa, clase de densidad D2.0, clase de escurrimiento SF2, clase de exposición F0 S2 P0 C0, consistencia fluida premezclado en planta, según NEC-11, ACI 318 y EN 206:2013 | m3     | 0.1725       | \$135.14           | \$23.31       |          |
| TABLA DE ENCOFRADO 20X240CM                                                                                                                                                                                    | u      | 3.5          | \$5.50             | \$19.25       |          |
| TIRAS DE ENCOFRADO                                                                                                                                                                                             | u      | 6            | \$1.88             | \$11.28       |          |
| VARILLA CORRUGADA, INLCUYE DOBLADO Y AMARRE                                                                                                                                                                    | kg     | 5.2          | \$1.79             | \$9.31        |          |
| CLAVOS DE 2 1/2"                                                                                                                                                                                               | kg     | 2            | \$1.03             | \$2.06        |          |
| CUARTONES DE 5V                                                                                                                                                                                                | u      | 4            | \$4.00             | \$16.00       |          |
| SUB TOTAL (O)                                                                                                                                                                                                  |        |              |                    |               | \$ 81.21 |

| 4. TRANSPORTE                                             |        |              |                    |               |         |
|-----------------------------------------------------------|--------|--------------|--------------------|---------------|---------|
| DESCRIPCIÓN                                               | UNIDAD | CANTIDAD (A) | COSTO UNITARIO (B) | COSTO (C=A*B) |         |
| CAMIÓN BOMBA ESTACIONADO EN OBRA, PARA BOMBEO DE HORMIGÓN | h      | 0.0105       | 207.66             | 2.18043       |         |
| SUB TOTAL (P)                                             |        |              |                    |               | 2.18043 |

|                               |          |
|-------------------------------|----------|
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P) | \$93.69  |
| INDIRECTOS Y UTILIDADES 16%   | \$14.99  |
| OTROS INDIRECTOS 2%           | \$1.87   |
| COSTO TOTAL PROPUESTO U.S.\$  | \$110.55 |

CONSULTOR



| ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO (APU) |                                               |                                |      |
|-----------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------|------|
| PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN          |                                               | VIVIENDA LOS ARENALES, CRUCITA |      |
| FECHA DE CREACIÓN                 |                                               | 19/08/2025                     |      |
| CAPÍTULO                          | ESTRUCTURA DE HORMIGÓN ARMADO                 | RUBRO                          | 1.23 |
| DETALLE                           | Columnas 300x300mm, incluye acero de refuerzo | UNIDAD                         | ml   |

| 1. EQUIPOS               |              |            |                    |                 |                        |
|--------------------------|--------------|------------|--------------------|-----------------|------------------------|
| DESCRIPCIÓN              | CANTIDAD (A) | TARIFA (B) | COSTO HORA (C=A*B) | RENDIMIENTO (R) | COSTO UNITARIO (D=C*R) |
| HERRAMIENTA MENOR 5% M.O |              |            |                    |                 | 0.43                   |
| SUB TOTAL (M)            |              |            |                    |                 | \$ 0.43                |

| 2. MANO DE OBRA         |              |                 |                    |                 |                        |
|-------------------------|--------------|-----------------|--------------------|-----------------|------------------------|
| DESCRIPCIÓN (CATEGORÍA) | CANTIDAD (A) | JORNAL/HORA (B) | COSTO HORA (C=A*B) | RENDIMIENTO (R) | COSTO UNITARIO (D=C*R) |
| MAESTRO DE OBRA E.O C2  | 1            | 4.52            | \$4.52             | 0.5             | \$2.26                 |
| ALBAÑIL E.O D2          | 3            | 4.28            | \$12.84            | 0.5             | \$6.42                 |
| SUB TOTAL (N)           |              |                 |                    |                 | \$ 8.68                |

| 3. MATERIALES                                                                                                                                                                                                  |        |              |                    |               |          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------------|--------------------|---------------|----------|
| DESCRIPCIÓN                                                                                                                                                                                                    | UNIDAD | CANTIDAD (A) | COSTO UNITARIO (B) | COSTO (C=A*B) |          |
| Hormigón Ligero Autocompactante f'c=30MPa, clase de densidad D2.0, clase de escurrimiento SF2, clase de exposición F0 S0 P0 C0, consistencia fluida premezclado en planta, según NEC-11, ACI 318 y EN 206:2013 | m3     | 0.09         | \$128.41           | \$11.56       |          |
| TABLA DE ENCOFRADO 20X240CM                                                                                                                                                                                    | u      | 3.5          | \$5.50             | \$19.25       |          |
| TIRAS DE ENCOFRADO                                                                                                                                                                                             | u      | 2            | \$1.88             | \$3.76        |          |
| VARILLA CORRUGADA, INLCUYE DOBLADO Y AMARRE                                                                                                                                                                    | kg     | 5.2          | \$1.79             | \$9.31        |          |
| CLAVOS DE 2 1/2"                                                                                                                                                                                               | kg     | 0.27         | \$1.03             | \$0.28        |          |
| CUARTONES DE 5V                                                                                                                                                                                                | u      | 0.35         | \$4.00             | \$1.40        |          |
| SUB TOTAL (O)                                                                                                                                                                                                  |        |              |                    |               | \$ 45.55 |

| 4. TRANSPORTE                                             |        |              |                    |               |        |
|-----------------------------------------------------------|--------|--------------|--------------------|---------------|--------|
| DESCRIPCIÓN                                               | UNIDAD | CANTIDAD (A) | COSTO UNITARIO (B) | COSTO (C=A*B) |        |
| CAMIÓN BOMBA ESTACIONADO EN OBRA, PARA BOMBEO DE HORMIGÓN | h      | 0.005        | 207.66             | 1.0383        |        |
| SUB TOTAL (P)                                             |        |              |                    |               | 1.0383 |

|                               |         |
|-------------------------------|---------|
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P) | \$55.71 |
| INDIRECTOS Y UTILIDADES 16%   | \$8.91  |
| OTROS INDIRECTOS 2%           | \$1.11  |
| COSTO TOTAL PROPUESTO U.S.\$  | \$65.73 |

CONSULTOR

| ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO (APU)                                                                                                                                                                              |                                                                    |                 |                                |                 |                        |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|-----------------|--------------------------------|-----------------|------------------------|
| PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN                                                                                                                                                                                       |                                                                    |                 | VIVIENDA LOS ARENALES, CRUCITA |                 |                        |
| FECHA DE CREACIÓN                                                                                                                                                                                              |                                                                    |                 | 19/08/2025                     |                 |                        |
| CAPÍTULO                                                                                                                                                                                                       | ESTRUCTURA DE HORMIGÓN ARMADO                                      |                 | RUBRO                          | 1.25            |                        |
| DETALLE                                                                                                                                                                                                        | Losa nervada en dos direcciones e=200mm, incluye acero de refuerzo |                 | UNIDAD                         | m2              |                        |
| 1. EQUIPOS                                                                                                                                                                                                     |                                                                    |                 |                                |                 |                        |
| DESCRIPCIÓN                                                                                                                                                                                                    | CANTIDAD (A)                                                       | TARIFA (B)      | COSTO HORA (C=A*B)             | RENDIMIENTO (R) | COSTO UNITARIO (D=C*R) |
| HERRAMIENTA MENOR 5% M.O                                                                                                                                                                                       |                                                                    |                 |                                |                 | 0.56                   |
| SUB TOTAL (M)                                                                                                                                                                                                  |                                                                    |                 |                                | \$              | 0.56                   |
| 2. MANO DE OBRA                                                                                                                                                                                                |                                                                    |                 |                                |                 |                        |
| DESCRIPCIÓN (CATEGORÍA)                                                                                                                                                                                        | CANTIDAD (A)                                                       | JORNAL/HORA (B) | COSTO HORA (C=A*B)             | RENDIMIENTO (R) | COSTO UNITARIO (D=C*R) |
| MAESTRO DE OBRA E.O C2                                                                                                                                                                                         | 1                                                                  | 4.52            | \$4.52                         | 0.65            | \$2.94                 |
| ALBAÑIL E.O D2                                                                                                                                                                                                 | 3                                                                  | 4.28            | \$12.84                        | 0.65            | \$8.35                 |
| SUB TOTAL (N)                                                                                                                                                                                                  |                                                                    |                 |                                | \$              | 11.28                  |
| 3. MATERIALES                                                                                                                                                                                                  |                                                                    |                 |                                |                 |                        |
| DESCRIPCIÓN                                                                                                                                                                                                    | UNIDAD                                                             | CANTIDAD (A)    | COSTO UNITARIO (B)             | COSTO (C=A*B)   |                        |
| Hormigón Ligero Autocompactante f'c=35MPa, clase de densidad D2.0, clase de escurrimiento SF2, clase de exposición F0 S0 P0 C0, consistencia fluida premezclado en planta, según NEC-11, ACI 318 y EN 206:2013 | m3                                                                 | 0.2             | \$135.14                       | \$27.03         |                        |
| TABLA DE ENCOFRADO 20X240CM                                                                                                                                                                                    | u                                                                  | 0.48            | \$5.50                         | \$2.64          |                        |
| TIRAS DE ENCOFRADO                                                                                                                                                                                             | u                                                                  | 2               | \$1.88                         | \$3.76          |                        |
| VARILLA CORRUGADA, INLCUYE DOBLADO Y AMARRE                                                                                                                                                                    | kg                                                                 | 5.2             | \$1.79                         | \$9.31          |                        |
| CLAVOS DE 2 1/2"                                                                                                                                                                                               | kg                                                                 | 0.06            | \$1.03                         | \$0.06          |                        |
| CUARTONES DE 5V                                                                                                                                                                                                | u                                                                  | 0.11            | \$4.00                         | \$0.44          |                        |
| CAJETONES ALIGERADOS 40X40X15CM                                                                                                                                                                                | u                                                                  | 4               | \$1.94                         | \$7.76          |                        |
| SUB TOTAL (O)                                                                                                                                                                                                  |                                                                    |                 |                                | \$              | 51.00                  |
| 4. TRANSPORTE                                                                                                                                                                                                  |                                                                    |                 |                                |                 |                        |
| DESCRIPCIÓN                                                                                                                                                                                                    | UNIDAD                                                             | CANTIDAD (A)    | COSTO UNITARIO (B)             | COSTO (C=A*B)   |                        |
| CAMIÓN BOMBA ESTACIONADO EN OBRA, PARA BOMBEO DE HORMIGÓN                                                                                                                                                      | h                                                                  | 0.0122          | 207.66                         | \$2.53          |                        |
| SUB TOTAL (P)                                                                                                                                                                                                  |                                                                    |                 |                                | \$              | 2.53                   |
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)                                                                                                                                                                                  |                                                                    |                 |                                | \$65.38         |                        |
| INDIRECTOS Y UTILIDADES 16%                                                                                                                                                                                    |                                                                    |                 |                                | \$10.46         |                        |
| OTROS INDIRECTOS 2%                                                                                                                                                                                            |                                                                    |                 |                                | \$1.31          |                        |
| COSTO TOTAL PROPUESTO U.S.\$                                                                                                                                                                                   |                                                                    |                 |                                | \$77.15         |                        |

CONSULTOR

| ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO (APU)                                                                                                                                                                              |                                                       |                 |                                |                 |                        |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-----------------|--------------------------------|-----------------|------------------------|
| PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN                                                                                                                                                                                       |                                                       |                 | VIVIENDA LOS ARENALES, CRUCITA |                 |                        |
| FECHA DE CREACIÓN                                                                                                                                                                                              |                                                       |                 | 19/08/2025                     |                 |                        |
| CAPÍTULO                                                                                                                                                                                                       | ESTRUCTURA DE HORMIGÓN ARMADO                         |                 | RUBRO                          | 1.25            |                        |
| DETALLE                                                                                                                                                                                                        | Ábacos 1500x1500mm, e=200m, incluye acero de refuerzo |                 | UNIDAD                         | m2              |                        |
| 1. EQUIPOS                                                                                                                                                                                                     |                                                       |                 |                                |                 |                        |
| DESCRIPCIÓN                                                                                                                                                                                                    | CANTIDAD (A)                                          | TARIFA (B)      | COSTO HORA (C=A*B)             | RENDIMIENTO (R) | COSTO UNITARIO (D=C*R) |
| HERRAMIENTA MENOR 5% M.O                                                                                                                                                                                       |                                                       |                 |                                |                 | 0.56                   |
| SUB TOTAL (M)                                                                                                                                                                                                  |                                                       |                 |                                | \$              | 0.56                   |
| 2. MANO DE OBRA                                                                                                                                                                                                |                                                       |                 |                                |                 |                        |
| DESCRIPCIÓN (CATEGORÍA)                                                                                                                                                                                        | CANTIDAD (A)                                          | JORNAL/HORA (B) | COSTO HORA (C=A*B)             | RENDIMIENTO (R) | COSTO UNITARIO (D=C*R) |
| MAESTRO DE OBRA E.O C2                                                                                                                                                                                         | 1                                                     | 4.52            | \$4.52                         | 0.65            | \$2.94                 |
| ALBAÑIL E.O D2                                                                                                                                                                                                 | 2                                                     | 4.28            | \$8.56                         | 0.65            | \$5.56                 |
| FIERRERO E.O D2                                                                                                                                                                                                | 1                                                     | 4.28            | \$4.28                         | 0.65            | \$2.78                 |
| SUB TOTAL (N)                                                                                                                                                                                                  |                                                       |                 |                                | \$              | 11.28                  |
| 3. MATERIALES                                                                                                                                                                                                  |                                                       |                 |                                |                 |                        |
| DESCRIPCIÓN                                                                                                                                                                                                    | UNIDAD                                                | CANTIDAD (A)    | COSTO UNITARIO (B)             | COSTO (C=A*B)   |                        |
| Hormigón Ligero Autocompactante f'c=35MPa, clase de densidad D2.0, clase de escurrimiento SF2, clase de exposición F0 S0 P0 C0, consistencia fluida premezclado en planta, según NEC-11, ACI 318 y EN 206:2013 | m3                                                    | 0.2             | \$135.14                       | \$27.03         |                        |
| TABLA DE ENCOFRADO 20X240CM                                                                                                                                                                                    | u                                                     | 0.48            | \$5.50                         | \$2.64          |                        |
| TIRAS DE ENCOFRADO                                                                                                                                                                                             | u                                                     | 2               | \$1.88                         | \$3.76          |                        |
| VARILLA CORRUGADA, INLCUYE DOBLADO Y AMARRE                                                                                                                                                                    | kg                                                    | 10.4            | \$1.79                         | \$18.62         |                        |
| CLAVOS DE 2 1/2"                                                                                                                                                                                               | kg                                                    | 0.06            | \$1.03                         | \$0.06          |                        |
| CUARTONES DE 5V                                                                                                                                                                                                | u                                                     | 0.11            | \$4.00                         | \$0.44          |                        |
| SUB TOTAL (O)                                                                                                                                                                                                  |                                                       |                 |                                | \$              | 52.55                  |
| 4. TRANSPORTE                                                                                                                                                                                                  |                                                       |                 |                                |                 |                        |
| DESCRIPCIÓN                                                                                                                                                                                                    | UNIDAD                                                | CANTIDAD (A)    | COSTO UNITARIO (B)             | COSTO (C=A*B)   |                        |
| CAMIÓN BOMBA ESTACIONADO EN OBRA, PARA BOMBEO DE HORMIGÓN                                                                                                                                                      | h                                                     | 0.0122          | 207.66                         | \$2.53          |                        |
| SUB TOTAL (P)                                                                                                                                                                                                  |                                                       |                 |                                | \$              | 2.53                   |
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)                                                                                                                                                                                  |                                                       |                 |                                | \$66.93         |                        |
| INDIRECTOS Y UTILIDADES 16%                                                                                                                                                                                    |                                                       |                 |                                | \$10.71         |                        |
| OTROS INDIRECTOS 2%                                                                                                                                                                                            |                                                       |                 |                                | \$1.34          |                        |
| COSTO TOTAL PROPUESTO U.S.\$                                                                                                                                                                                   |                                                       |                 |                                | \$78.97         |                        |

CONSULTOR

| ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO (APU) |                                         |                                |      |
|-----------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------|------|
| PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN          |                                         | VIVIENDA LOS ARENALES, CRUCITA |      |
| FECHA DE CREACIÓN                 |                                         | 19/08/2025                     |      |
| CAPÍTULO                          | ALBAÑILERÍA                             | RUBRO                          | 1.31 |
| DETALLE                           | Contrapiso de hormigón e=80mm f'c=10MPa | UNIDAD                         | m2   |

| 1. EQUIPOS               |              |            |                    |                 |                        |
|--------------------------|--------------|------------|--------------------|-----------------|------------------------|
| DESCRIPCIÓN              | CANTIDAD (A) | TARIFA (B) | COSTO HORA (C=A*B) | RENDIMIENTO (R) | COSTO UNITARIO (D=C*R) |
| CONRETERA                | 0.2          | \$ 2.10    | \$0.42             | 1               | 0.42                   |
| VIBRADOR DE MANGUERA     | 0.2          | \$ 1.00    | \$0.20             | 1               | 0.20                   |
| HERRAMIENTA MENOR 5% M.O |              |            | \$0.00             |                 | 0.23                   |
| SUB TOTAL (M)            |              |            |                    |                 | \$ 0.85                |

| 2. MANO DE OBRA         |              |                 |                    |                 |                        |
|-------------------------|--------------|-----------------|--------------------|-----------------|------------------------|
| DESCRIPCIÓN (CATEGORÍA) | CANTIDAD (A) | JORNAL/HORA (B) | COSTO HORA (C=A*B) | RENDIMIENTO (R) | COSTO UNITARIO (D=C*R) |
| ALBAÑIL E.O D2          | 0.2          | 4.28            | \$0.86             | 1               | 0.86                   |
| PEÓN E.O E2             | 0.8          | 4.23            | \$3.38             | 1               | 3.38                   |
| PEÓN E.O E2             | 0.05         | 4.23            | \$0.21             | 1               | 0.21                   |
| MAESTRO DE OBRA E.O C2  | 0.05         | 4.52            | \$0.23             | 1               | \$0.23                 |
|                         |              |                 |                    |                 | 0.00                   |
| SUB TOTAL (N)           |              |                 |                    |                 | \$ 4.68                |

| 3. MATERIALES      |        |              |                    |               |         |
|--------------------|--------|--------------|--------------------|---------------|---------|
| DESCRIPCIÓN        | UNIDAD | CANTIDAD (A) | COSTO UNITARIO (B) | COSTO (C=A*B) |         |
| CEMENTO            | KG     | 0.4          | 8.09               | 3.24          |         |
| ARENA              | M3     | 0.03         | 11                 | 0.33          |         |
| RIPIO              | M3     | 0.06         | 18                 | 1.08          |         |
| AGUA               | M3     | 0.01         | 0.66               | 0.01          |         |
| TIRAS DE ENCOFRADO | U      | 0.2          | \$1.88             | 0.38          |         |
| CLAVOS DE 2 1/2"   | KG     | 0.14         | 1.03               | 0.14          |         |
| CUARTONES DE 5V    | U      | 0.24         | 4                  | 0.96          |         |
| SUB TOTAL (O)      |        |              |                    |               | \$ 6.13 |

| 4. TRANSPORTE |        |              |                    |               |
|---------------|--------|--------------|--------------------|---------------|
| DESCRIPCIÓN   | UNIDAD | CANTIDAD (A) | COSTO UNITARIO (B) | COSTO (C=A*B) |
|               |        |              |                    |               |
| SUB TOTAL (P) |        |              |                    |               |
| 0             |        |              |                    |               |

|                               |         |
|-------------------------------|---------|
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P) | \$11.66 |
| INDIRECTOS Y UTILIDADES 16%   | \$1.87  |
| OTROS INDIRECTOS 2%           | \$0.23  |
| COSTO TOTAL PROPUESTO U.S.\$  | \$13.76 |

CONSULTOR

| ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO (APU) |                               |                                |      |
|-----------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|------|
| PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN          |                               | VIVIENDA LOS ARENALES, CRUCITA |      |
| FECHA DE CREACIÓN                 |                               | 19/08/2025                     |      |
| CAPÍTULO                          | ALBAÑILERÍA                   | RUBRO                          | 1.32 |
| DETALLE                           | Mampostería de bloque 9x19x39 | UNIDAD                         | m2   |

| 1. EQUIPOS               |              |            |                    |                 |                        |
|--------------------------|--------------|------------|--------------------|-----------------|------------------------|
| DESCRIPCIÓN              | CANTIDAD (A) | TARIFA (B) | COSTO HORA (C=A*B) | RENDIMIENTO (R) | COSTO UNITARIO (D=C*R) |
| ANDAMIOS METÁLICOS       | 1            | \$ 0.10    | \$0.00             | 1               | 0.10                   |
| HERRAMIENTA MENOR 5% M.O |              |            | \$0.00             |                 | 0.31                   |
| SUB TOTAL (M)            |              |            |                    |                 | \$ 0.41                |

| 2. MANO DE OBRA         |              |                 |                    |                 |                        |
|-------------------------|--------------|-----------------|--------------------|-----------------|------------------------|
| DESCRIPCIÓN (CATEGORÍA) | CANTIDAD (A) | JORNAL/HORA (B) | COSTO HORA (C=A*B) | RENDIMIENTO (R) | COSTO UNITARIO (D=C*R) |
| ALBAÑIL E.O D2          | 1            | 4.28            | \$4.28             | 0.65            | 2.78                   |
| PEÓN E.O E2             | 1            | 4.23            | \$4.23             | 0.65            | 2.75                   |
| MAESTRO DE OBRA E.O C2  | 0.25         | 4.52            | \$1.13             | 0.65            | \$0.73                 |
| SUB TOTAL (N)           |              |                 |                    |                 | \$ 6.27                |

| 3. MATERIALES                 |        |              |                    |               |         |
|-------------------------------|--------|--------------|--------------------|---------------|---------|
| DESCRIPCIÓN                   | UNIDAD | CANTIDAD (A) | COSTO UNITARIO (B) | COSTO (C=A*B) |         |
| CEMENTO FUERTE TIPO GU        | SACO   | 0.25         | 8                  | \$2.00        |         |
| ARENA                         | M3     | 0.02         | 13.5               | \$0.27        |         |
| AGUA                          | M3     | 0.02         | 2                  | \$0.04        |         |
| CHICOTES DE HIERRO 6mm        | KG     | 0.25         | 1.1                | \$0.28        |         |
| BLOQUES DE CONCRETO 9X19X39cm | U      | 12.5         | 0.4                | \$5.00        |         |
| SUB TOTAL (O)                 |        |              |                    |               | \$ 7.59 |

| 4. TRANSPORTE |        |              |                    |               |
|---------------|--------|--------------|--------------------|---------------|
| DESCRIPCIÓN   | UNIDAD | CANTIDAD (A) | COSTO UNITARIO (B) | COSTO (C=A*B) |
|               |        |              |                    |               |
| SUB TOTAL (P) |        |              |                    | 0             |

|                               |         |
|-------------------------------|---------|
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P) | \$14.26 |
| INDIRECTOS Y UTILIDADES 16%   | \$2.28  |
| OTROS INDIRECTOS 2%           | \$0.29  |
| COSTO TOTAL PROPUESTO U.S.\$  | \$16.83 |

CONSULTOR

| ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO (APU) |                                                      |                                |      |
|-----------------------------------|------------------------------------------------------|--------------------------------|------|
| PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN          |                                                      | VIVIENDA LOS ARENALES, CRUCITA |      |
| FECHA DE CREACIÓN                 |                                                      | 19/08/2025                     |      |
| CAPÍTULO                          | ALBAÑILERÍA                                          | RUBRO                          | 1.33 |
| DETALLE                           | Enlucido vertical y horizontal (Interior y Exterior) | UNIDAD                         | m2   |

| 1. EQUIPOS               |              |            |                       |                 |                           |
|--------------------------|--------------|------------|-----------------------|-----------------|---------------------------|
| DESCRIPCIÓN              | CANTIDAD (A) | TARIFA (B) | COSTO HORA<br>(C=A*B) | RENDIMIENTO (R) | COSTO UNITARIO<br>(D=C*R) |
| ANDAMIOS METÁLICOS       | 1            | \$ 0.10    | \$0.00                | 1               | 0.10                      |
| HERRAMIENTA MENOR 5% M.O |              |            | \$0.00                |                 | 0.26                      |
| SUB TOTAL (M)            |              |            |                       |                 | \$ 0.36                   |

| 2. MANO DE OBRA         |              |                    |                       |                 |                           |
|-------------------------|--------------|--------------------|-----------------------|-----------------|---------------------------|
| DESCRIPCIÓN (CATEGORÍA) | CANTIDAD (A) | JORNAL/HORA<br>(B) | COSTO HORA<br>(C=A*B) | RENDIMIENTO (R) | COSTO UNITARIO<br>(D=C*R) |
| ALBAÑIL E.O D2          | 0.65         | 4.28               | \$2.78                | 0.65            | 1.81                      |
| PEÓN E.O E2             | 1            | 4.23               | \$4.23                | 0.65            | 2.75                      |
| MAESTRO DE OBRA E.O C2  | 0.25         | 4.52               | \$1.13                | 0.65            | \$0.73                    |
| SUB TOTAL (N)           |              |                    |                       |                 | \$ 5.29                   |

| 3. MATERIALES          |        |              |                       |               |         |
|------------------------|--------|--------------|-----------------------|---------------|---------|
| DESCRIPCIÓN            | UNIDAD | CANTIDAD (A) | COSTO UNITARIO<br>(B) | COSTO (C=A*B) |         |
| CEMENTO FUERTE TIPO GU | SACO   | 0.25         | 8                     | \$2.00        |         |
| ARENA                  | M3     | 0.02         | 13.5                  | \$0.27        |         |
| AGUA                   | M3     | 0.02         | 2                     | \$0.04        |         |
| SUB TOTAL (O)          |        |              |                       |               | \$ 2.31 |

| 4. TRANSPORTE |        |              |                    |               |
|---------------|--------|--------------|--------------------|---------------|
| DESCRIPCIÓN   | UNIDAD | CANTIDAD (A) | COSTO UNITARIO (B) | COSTO (C=A*B) |
|               |        |              |                    |               |
| SUB TOTAL (P) |        |              |                    | 0             |
|               |        |              |                    |               |

|                               |        |
|-------------------------------|--------|
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P) | \$7.97 |
| INDIRECTOS Y UTILIDADES 16%   | \$1.27 |
| OTROS INDIRECTOS 2%           | \$0.16 |
| COSTO TOTAL PROPUESTO U.S.\$  | \$9.40 |

CONSULTOR

| ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO (APU) |                               |                                |      |
|-----------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|------|
| PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN          |                               | VIVIENDA LOS ARENALES, CRUCITA |      |
| FECHA DE CREACIÓN                 |                               | 19/08/2025                     |      |
| CAPÍTULO                          | ALBAÑILERÍA                   | RUBRO                          | 1.34 |
| DETALLE                           | Masillado de losa de cubierta | UNIDAD                         | m2   |

| 1. EQUIPOS               |              |            |                       |                 |                           |
|--------------------------|--------------|------------|-----------------------|-----------------|---------------------------|
| DESCRIPCIÓN              | CANTIDAD (A) | TARIFA (B) | COSTO HORA<br>(C=A*B) | RENDIMIENTO (R) | COSTO UNITARIO<br>(D=C*R) |
| ANDAMIOS METÁLICOS       | 1            | \$ 0.10    | \$0.00                | 1               | 0.10                      |
| HERRAMIENTA MENOR 5% M.O |              |            | \$0.00                |                 | 0.31                      |
| SUB TOTAL (M)            |              |            |                       |                 | \$ 0.41                   |

| 2. MANO DE OBRA         |              |                    |                       |                 |                           |
|-------------------------|--------------|--------------------|-----------------------|-----------------|---------------------------|
| DESCRIPCIÓN (CATEGORÍA) | CANTIDAD (A) | JORNAL/HORA<br>(B) | COSTO HORA<br>(C=A*B) | RENDIMIENTO (R) | COSTO UNITARIO<br>(D=C*R) |
| ALBAÑIL E.O D2          | 1            | 4.28               | \$4.28                | 0.65            | 2.78                      |
| PEÓN E.O E2             | 1            | 4.23               | \$4.23                | 0.65            | 2.75                      |
| MAESTRO DE OBRA E.O C2  | 0.25         | 4.52               | \$1.13                | 0.65            | \$0.73                    |
| SUB TOTAL (N)           |              |                    |                       |                 | \$ 6.27                   |

| 3. MATERIALES          |        |              |                       |               |         |
|------------------------|--------|--------------|-----------------------|---------------|---------|
| DESCRIPCIÓN            | UNIDAD | CANTIDAD (A) | COSTO UNITARIO<br>(B) | COSTO (C=A*B) |         |
| CEMENTO FUERTE TIPO GU | SACO   | 0.3          | 8                     | \$2.40        |         |
| ARENA                  | M3     | 0.02         | 13.5                  | \$0.27        |         |
| AGUA                   | M3     | 0.02         | 2                     | \$0.04        |         |
| SUB TOTAL (O)          |        |              |                       |               | \$ 2.71 |

| 4. TRANSPORTE |        |              |                       |               |     |
|---------------|--------|--------------|-----------------------|---------------|-----|
| DESCRIPCIÓN   | UNIDAD | CANTIDAD (A) | COSTO UNITARIO<br>(B) | COSTO (C=A*B) |     |
| ARENA         | M3     | 0.02         | 5                     | 0.1           |     |
| SUB TOTAL (P) |        |              |                       |               | 0.1 |

|                               |         |
|-------------------------------|---------|
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P) | \$9.49  |
| INDIRECTOS Y UTILIDADES 16%   | \$1.52  |
| OTROS INDIRECTOS 2%           | \$0.19  |
| COSTO TOTAL PROPUESTO U.S.\$  | \$11.20 |

CONSULTOR

| ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO (APU) |                                                                    |                 |                                |                 |                        |
|-----------------------------------|--------------------------------------------------------------------|-----------------|--------------------------------|-----------------|------------------------|
| PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN          |                                                                    |                 | VIVIENDA LOS ARENALES, CRUCITA |                 |                        |
| FECHA DE CREACIÓN                 |                                                                    |                 | 19/08/2025                     |                 |                        |
| CAPÍTULO                          | AGUA POTABLE                                                       |                 | RUBRO                          | 2.11            |                        |
| DETALLE                           | Suministro e instalación de tuberías y accesorios de PVC, d = 3/4" |                 | UNIDAD                         | ml              |                        |
| 1. EQUIPOS                        |                                                                    |                 |                                |                 |                        |
| DESCRIPCIÓN                       | CANTIDAD (A)                                                       | TARIFA (B)      | COSTO HORA (C=A*B)             | RENDIMIENTO (R) | COSTO UNITARIO (D=C*R) |
|                                   |                                                                    |                 | \$0.00                         |                 |                        |
| HERRAMIENTA MENOR 5% M.O          |                                                                    |                 | \$0.00                         |                 | 0.08                   |
| SUB TOTAL (M)                     |                                                                    |                 |                                | \$              | 0.08                   |
| 2. MANO DE OBRA                   |                                                                    |                 |                                |                 |                        |
| DESCRIPCIÓN (CATEGORÍA)           | CANTIDAD (A)                                                       | JORNAL/HORA (B) | COSTO HORA (C=A*B)             | RENDIMIENTO (R) | COSTO UNITARIO (D=C*R) |
| PLOMERO E.O D2                    | 0.35                                                               | 4.28            | \$1.50                         | 0.322           | 0.48                   |
| PEÓN E.O E2                       | 0.35                                                               | 4.23            | \$1.48                         | 0.322           | 0.48                   |
| MAESTRO DE OBRA E.O C2            | 0.35                                                               | 4.52            | \$1.58                         | 0.322           | \$0.51                 |
| CHOFER CAMIONETA                  | 0.1                                                                | 4.75            | \$0.48                         | 0.322           | \$0.15                 |
| SUB TOTAL (N)                     |                                                                    |                 |                                | \$              | 1.62                   |
| 3. MATERIALES                     |                                                                    |                 |                                |                 |                        |
| DESCRIPCIÓN                       | UNIDAD                                                             | CANTIDAD (A)    | COSTO UNITARIO (B)             | COSTO (C=A*B)   |                        |
| TUBERÍA PVC ROSBLE RIVAL 3/4"     | M                                                                  | 0.16            | 8.89                           | \$1.42          |                        |
| TEFLÓN                            | ROLLO                                                              | 0.025           | 0.25                           | \$0.01          |                        |
| ACCESORIOS                        | U                                                                  | 4               | 0.45                           | \$1.80          |                        |
| SUB TOTAL (O)                     |                                                                    |                 |                                | \$              | 3.23                   |
| 4. TRANSPORTE                     |                                                                    |                 |                                |                 |                        |
| DESCRIPCIÓN                       | UNIDAD                                                             | CANTIDAD (A)    | COSTO UNITARIO (B)             | COSTO (C=A*B)   |                        |
|                                   |                                                                    |                 |                                |                 |                        |
| SUB TOTAL (P)                     |                                                                    |                 |                                | 0               |                        |
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)     |                                                                    |                 |                                | \$4.93          |                        |
| INDIRECTOS Y UTILIDADES 16%       |                                                                    |                 |                                | \$0.79          |                        |
| OTROS INDIRECTOS 2%               |                                                                    |                 |                                | \$0.10          |                        |
| COSTO TOTAL PROPUESTO U.S.\$      |                                                                    |                 |                                | \$5.82          |                        |

CONSULTOR



| ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO (APU) |                                                                  |                 |                                |                 |                        |
|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------|-----------------|--------------------------------|-----------------|------------------------|
| PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN          |                                                                  |                 | VIVIENDA LOS ARENALES, CRUCITA |                 |                        |
| FECHA DE CREACIÓN                 |                                                                  |                 | 19/08/2025                     |                 |                        |
| CAPÍTULO                          | AGUA POTABLE                                                     |                 | RUBRO                          | 2.12            |                        |
| DETALLE                           | Suministro e instalación de tuberías y accesorios de PVC, d = 1" |                 | UNIDAD                         | ml              |                        |
| 1. EQUIPOS                        |                                                                  |                 |                                |                 |                        |
| DESCRIPCIÓN                       | CANTIDAD (A)                                                     | TARIFA (B)      | COSTO HORA (C=A*B)             | RENDIMIENTO (R) | COSTO UNITARIO (D=C*R) |
|                                   |                                                                  |                 | \$0.00                         |                 |                        |
| HERRAMIENTA MENOR 5% M.O          |                                                                  |                 | \$0.00                         |                 | \$0.08                 |
| SUB TOTAL (M)                     |                                                                  |                 |                                | \$              | 0.08                   |
| 2. MANO DE OBRA                   |                                                                  |                 |                                |                 |                        |
| DESCRIPCIÓN (CATEGORÍA)           | CANTIDAD (A)                                                     | JORNAL/HORA (B) | COSTO HORA (C=A*B)             | RENDIMIENTO (R) | COSTO UNITARIO (D=C*R) |
| PLOMERO E.O D2                    | 0.35                                                             | 4.28            | \$1.50                         | 0.322           | \$0.48                 |
| PEÓN E.O E2                       | 0.35                                                             | 4.23            | \$1.48                         | 0.322           | \$0.48                 |
| MAESTRO DE OBRA E.O C2            | 0.35                                                             | 4.52            | \$1.58                         | 0.322           | \$0.51                 |
| CHOFER CAMIONETA                  | 0.1                                                              | 4.75            | \$0.48                         | 0.322           | \$0.15                 |
| SUB TOTAL (N)                     |                                                                  |                 |                                | \$              | 1.62                   |
| 3. MATERIALES                     |                                                                  |                 |                                |                 |                        |
| DESCRIPCIÓN                       | UNIDAD                                                           | CANTIDAD (A)    | COSTO UNITARIO (B)             | COSTO (C=A*B)   |                        |
| TUBERÍA PVC ROSCABLE RIVAL 1"     | M                                                                | 0.16            | 15.3                           | \$2.45          |                        |
| TEFLÓN                            | ROLLO                                                            | 0.025           | 0.25                           | \$0.01          |                        |
| ACCESORIOS                        | U                                                                | 4               | 0.45                           | \$1.80          |                        |
| SUB TOTAL (O)                     |                                                                  |                 |                                | \$              | 4.25                   |
| 4. TRANSPORTE                     |                                                                  |                 |                                |                 |                        |
| DESCRIPCIÓN                       | UNIDAD                                                           | CANTIDAD (A)    | COSTO UNITARIO (B)             | COSTO (C=A*B)   |                        |
|                                   |                                                                  |                 |                                |                 |                        |
| SUB TOTAL (P)                     |                                                                  |                 |                                | 0               |                        |
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)     |                                                                  |                 |                                | \$5.96          |                        |
| INDIRECTOS Y UTILIDADES 16%       |                                                                  |                 |                                | \$0.95          |                        |
| OTROS INDIRECTOS 2%               |                                                                  |                 |                                | \$0.12          |                        |
| COSTO TOTAL PROPUESTO U.S.\$      |                                                                  |                 |                                | \$7.03          |                        |

CONSULTOR

| ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO (APU) |                                                                                                                     |                                |      |
|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|------|
| PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN          |                                                                                                                     | VIVIENDA LOS ARENALES, CRUCITA |      |
| FECHA DE CREACIÓN                 |                                                                                                                     | 19/08/2025                     |      |
| CAPÍTULO                          | AGUA POTABLE                                                                                                        | RUBRO                          | 2.13 |
| DETALLE                           | Suministro e instalación de equipo de bomba PK65 (0.70CV); incluye accesorios y tanque hidroneumático de 40 Galones | UNIDAD                         | u    |

| 1. EQUIPOS               |              |            |                    |                 |                        |
|--------------------------|--------------|------------|--------------------|-----------------|------------------------|
| DESCRIPCIÓN              | CANTIDAD (A) | TARIFA (B) | COSTO HORA (C=A*B) | RENDIMIENTO (R) | COSTO UNITARIO (D=C*R) |
| HERRAMIENTA MENOR 5% M.O |              |            | \$0.00             |                 |                        |
|                          |              |            | \$0.00             |                 | \$0.66                 |
| SUB TOTAL (M)            |              |            |                    |                 | \$ 0.66                |

| 2. MANO DE OBRA         |              |                 |                    |                 |                        |
|-------------------------|--------------|-----------------|--------------------|-----------------|------------------------|
| DESCRIPCIÓN (CATEGORÍA) | CANTIDAD (A) | JORNAL/HORA (B) | COSTO HORA (C=A*B) | RENDIMIENTO (R) | COSTO UNITARIO (D=C*R) |
| GASFITERO E.O D2        | 1            | 4.28            | \$4.28             | 1               | \$4.28                 |
| PEÓN E.O E2             | 1            | 4.23            | \$4.23             | 1               | \$4.23                 |
| MAESTRO DE OBRA E.O C2  | 0.1          | 4.52            | \$0.45             | 1               | \$0.45                 |
| ELECTRICISTA E.O D2     | 1            | 4.28            | \$4.28             | 1               | \$4.28                 |
| SUB TOTAL (N)           |              |                 |                    |                 | \$ 13.24               |

| 3. MATERIALES                          |        |              |                    |               |           |
|----------------------------------------|--------|--------------|--------------------|---------------|-----------|
| DESCRIPCIÓN                            | UNIDAD | CANTIDAD (A) | COSTO UNITARIO (B) | COSTO (C=A*B) |           |
| RADAR FOSET                            | U      | 1            | 13.99              | \$13.99       |           |
| BOMBA DE AGUA PEDROLLO PK65            | U      | 1            | 164.5              | \$164.50      |           |
| TANQUE DE PRESIÓN 40 GALONES WELL TANK | U      | 1            | 105.54             | \$105.54      |           |
| SUB TOTAL (O)                          |        |              |                    |               | \$ 284.03 |

| 4. TRANSPORTE |        |              |                    |               |
|---------------|--------|--------------|--------------------|---------------|
| DESCRIPCIÓN   | UNIDAD | CANTIDAD (A) | COSTO UNITARIO (B) | COSTO (C=A*B) |
|               |        |              |                    |               |
| SUB TOTAL (P) |        |              |                    | 0             |
|               |        |              |                    |               |

|                               |          |
|-------------------------------|----------|
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P) | \$297.93 |
| INDIRECTOS Y UTILIDADES 16%   | \$47.67  |
| OTROS INDIRECTOS 2%           | \$5.96   |
| COSTO TOTAL PROPUESTO U.S.\$  | \$351.56 |

CONSULTOR

| ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO (APU) |                      |                                |      |
|-----------------------------------|----------------------|--------------------------------|------|
| PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN          |                      | VIVIENDA LOS ARENALES, CRUCITA |      |
| FECHA DE CREACIÓN                 |                      | 19/08/2025                     |      |
| CAPÍTULO                          | AGUA POTABLE         | RUBRO                          | 2.14 |
| DETALLE                           | Inodoro y accesorios | UNIDAD                         | u    |

| 1. EQUIPOS               |              |            |                       |                 |                           |
|--------------------------|--------------|------------|-----------------------|-----------------|---------------------------|
| DESCRIPCIÓN              | CANTIDAD (A) | TARIFA (B) | COSTO HORA<br>(C=A*B) | RENDIMIENTO (R) | COSTO UNITARIO<br>(D=C*R) |
| HERRAMIENTA MENOR 5% M.O |              |            | \$0.00                |                 | \$0.43                    |
| SUB TOTAL (M)            |              |            |                       |                 | \$ 0.43                   |

| 2. MANO DE OBRA         |              |                    |                       |                 |                           |
|-------------------------|--------------|--------------------|-----------------------|-----------------|---------------------------|
| DESCRIPCIÓN (CATEGORÍA) | CANTIDAD (A) | JORNAL/HORA<br>(B) | COSTO HORA<br>(C=A*B) | RENDIMIENTO (R) | COSTO UNITARIO<br>(D=C*R) |
| PLOMERO E.O D2          | 1            | 4.28               | \$4.28                | 1               | \$4.28                    |
| PEÓN E.O E2             | 1            | 4.23               | \$4.23                | 1               | \$4.23                    |
| SUB TOTAL (N)           |              |                    |                       |                 | \$ 8.51                   |

| 3. MATERIALES                              |        |              |                       |               |          |
|--------------------------------------------|--------|--------------|-----------------------|---------------|----------|
| DESCRIPCIÓN                                | UNIDAD | CANTIDAD (A) | COSTO UNITARIO<br>(B) | COSTO (C=A*B) |          |
| INODORO TANQUE BAJO (ACCESORIOS INCLUIDOS) | U      | 1            | \$50.00               | \$50.00       |          |
| TEFLÓN                                     | ROLLO  | 2            | \$0.25                | \$0.50        |          |
| CEMENTO                                    | SACO   | 0.1          | \$6.83                | \$0.68        |          |
| AGUA                                       | M3     | 0.01         | \$1.00                | \$0.01        |          |
| LLAVE ANGULAR                              | U      | 1            | \$3.50                | \$3.50        |          |
| ANILLO DE CERA                             | U      | 1            | \$0.85                | \$0.85        |          |
| SUB TOTAL (O)                              |        |              |                       |               | \$ 54.69 |

| 4. TRANSPORTE |        |              |                       |               |
|---------------|--------|--------------|-----------------------|---------------|
| DESCRIPCIÓN   | UNIDAD | CANTIDAD (A) | COSTO UNITARIO<br>(B) | COSTO (C=A*B) |
|               |        |              |                       |               |
| SUB TOTAL (P) |        |              |                       | 0             |

|                               |         |
|-------------------------------|---------|
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P) | \$63.63 |
| INDIRECTOS Y UTILIDADES 16%   | \$10.18 |
| OTROS INDIRECTOS 2%           | \$1.27  |
| COSTO TOTAL PROPUESTO U.S.\$  | \$75.08 |

CONSULTOR

| ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO (APU) |                    |                    |                                |                 |                           |
|-----------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------------------|-----------------|---------------------------|
| PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN          |                    |                    | VIVIENDA LOS ARENALES, CRUCITA |                 |                           |
| FECHA DE CREACIÓN                 |                    |                    | 19/08/2025                     |                 |                           |
| CAPÍTULO                          | AGUA POTABLE       |                    | RUBRO                          | 2.15            |                           |
| DETALLE                           | Ducha y accesorios |                    | UNIDAD                         | u               |                           |
| 1. EQUIPOS                        |                    |                    |                                |                 |                           |
| DESCRIPCIÓN                       | CANTIDAD (A)       | TARIFA (B)         | COSTO HORA<br>(C=A*B)          | RENDIMIENTO (R) | COSTO UNITARIO<br>(D=C*R) |
| HERRAMIENTA MENOR 5% M.O          |                    |                    | \$0.00                         |                 | \$0.09                    |
| SUB TOTAL (M)                     |                    |                    |                                | \$              | 0.09                      |
| 2. MANO DE OBRA                   |                    |                    |                                |                 |                           |
| DESCRIPCIÓN (CATEGORÍA)           | CANTIDAD (A)       | JORNAL/HORA<br>(B) | COSTO HORA<br>(C=A*B)          | RENDIMIENTO (R) | COSTO UNITARIO<br>(D=C*R) |
| PLOMERO E.O D2                    | 0.2                | 4.28               | \$0.86                         | 1               | \$0.86                    |
| PEÓN E.O E2                       | 0.2                | 4.23               | \$0.85                         | 1               | \$0.85                    |
| SUB TOTAL (N)                     |                    |                    |                                | \$              | 1.70                      |
| 3. MATERIALES                     |                    |                    |                                |                 |                           |
| DESCRIPCIÓN                       | UNIDAD             | CANTIDAD (A)       | COSTO UNITARIO<br>(B)          | COSTO (C=A*B)   |                           |
| DUCHA SENCILLA                    | U                  | 1                  | \$4.50                         | \$4.50          |                           |
| TEFLÓN                            | ROLLO              | 1                  | \$0.25                         | \$0.25          |                           |
| LLAVE DE DUCHA CAMPANOLA          | U                  | 1                  | \$6.50                         | \$6.50          |                           |
| REJILLA DE PISO                   | U                  | 1                  | \$3.50                         | \$3.50          |                           |
| SUB TOTAL (O)                     |                    |                    |                                | \$              | 14.75                     |
| 4. TRANSPORTE                     |                    |                    |                                |                 |                           |
| DESCRIPCIÓN                       | UNIDAD             | CANTIDAD (A)       | COSTO UNITARIO<br>(B)          | COSTO (C=A*B)   |                           |
|                                   |                    |                    |                                |                 |                           |
| SUB TOTAL (P)                     |                    |                    |                                | 0               |                           |
|                                   |                    |                    |                                |                 |                           |
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)     |                    |                    |                                | \$16.54         |                           |
| INDIRECTOS Y UTILIDADES 16%       |                    |                    |                                | \$2.65          |                           |
| OTROS INDIRECTOS 2%               |                    |                    |                                | \$0.33          |                           |
| COSTO TOTAL PROPUESTO U.S.\$      |                    |                    |                                | \$19.51         |                           |

CONSULTOR

| ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO (APU) |                        |                                |      |
|-----------------------------------|------------------------|--------------------------------|------|
| PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN          |                        | VIVIENDA LOS ARENALES, CRUCITA |      |
| FECHA DE CREACIÓN                 |                        | 19/08/2025                     |      |
| CAPÍTULO                          | AGUA POTABLE           | RUBRO                          | 2.16 |
| DETALLE                           | Lavamanos y accesorios | UNIDAD                         | u    |

| 1. EQUIPOS               |              |            |                       |                 |                           |
|--------------------------|--------------|------------|-----------------------|-----------------|---------------------------|
| DESCRIPCIÓN              | CANTIDAD (A) | TARIFA (B) | COSTO HORA<br>(C=A*B) | RENDIMIENTO (R) | COSTO UNITARIO<br>(D=C*R) |
| HERRAMIENTA MENOR 5% M.O |              |            | \$0.00                |                 | \$0.38                    |
| SUB TOTAL (M)            |              |            |                       |                 | \$ 0.38                   |

| 2. MANO DE OBRA         |              |                    |                       |                 |                           |
|-------------------------|--------------|--------------------|-----------------------|-----------------|---------------------------|
| DESCRIPCIÓN (CATEGORÍA) | CANTIDAD (A) | JORNAL/HORA<br>(B) | COSTO HORA<br>(C=A*B) | RENDIMIENTO (R) | COSTO UNITARIO<br>(D=C*R) |
| PLOMERO E.O D2          | 0.8          | 4.28               | \$3.42                | 1               | \$3.42                    |
| PEÓN E.O E2             | 1            | 4.23               | \$4.23                | 1               | \$4.23                    |
| SUB TOTAL (N)           |              |                    |                       |                 | \$ 7.65                   |

| 3. MATERIALES                       |        |              |                       |               |          |
|-------------------------------------|--------|--------------|-----------------------|---------------|----------|
| DESCRIPCIÓN                         | UNIDAD | CANTIDAD (A) | COSTO UNITARIO<br>(B) | COSTO (C=A*B) |          |
| LAVAMANOS BLANCO INCLUYE ACCESORIOS | U      | 1            | \$13.00               | \$13.00       |          |
| TEFLÓN                              | ROLLO  | 1            | \$0.25                | \$0.25        |          |
| LLAVE DE LAVAMANOS                  | U      | 1            | \$4.50                | \$4.50        |          |
| LLAVE ANGULAR                       | U      | 1            | \$3.50                | \$3.50        |          |
| SUB TOTAL (O)                       |        |              |                       |               | \$ 21.25 |

| 4. TRANSPORTE |        |              |                       |               |
|---------------|--------|--------------|-----------------------|---------------|
| DESCRIPCIÓN   | UNIDAD | CANTIDAD (A) | COSTO UNITARIO<br>(B) | COSTO (C=A*B) |
|               |        |              |                       |               |
| SUB TOTAL (P) |        |              |                       | 0             |

|                               |         |
|-------------------------------|---------|
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P) | \$29.29 |
| INDIRECTOS Y UTILIDADES 16%   | \$4.69  |
| OTROS INDIRECTOS 2%           | \$0.59  |
| COSTO TOTAL PROPUESTO U.S.\$  | \$34.56 |

CONSULTOR

| ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO (APU) |                        |                                |      |
|-----------------------------------|------------------------|--------------------------------|------|
| PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN          |                        | VIVIENDA LOS ARENALES, CRUCITA |      |
| FECHA DE CREACIÓN                 |                        | 19/08/2025                     |      |
| CAPÍTULO                          | AGUA POTABLE           | RUBRO                          | 2.17 |
| DETALLE                           | Fregadero y accesorios | UNIDAD                         | u    |

| 1. EQUIPOS               |              |            |                       |                 |                           |
|--------------------------|--------------|------------|-----------------------|-----------------|---------------------------|
| DESCRIPCIÓN              | CANTIDAD (A) | TARIFA (B) | COSTO HORA<br>(C=A*B) | RENDIMIENTO (R) | COSTO UNITARIO<br>(D=C*R) |
| HERRAMIENTA MENOR 5% M.O |              |            | \$0.00                |                 | \$0.13                    |
| SUB TOTAL (M)            |              |            |                       |                 | \$ 0.13                   |

| 2. MANO DE OBRA         |              |                    |                       |                 |                           |
|-------------------------|--------------|--------------------|-----------------------|-----------------|---------------------------|
| DESCRIPCIÓN (CATEGORÍA) | CANTIDAD (A) | JORNAL/HORA<br>(B) | COSTO HORA<br>(C=A*B) | RENDIMIENTO (R) | COSTO UNITARIO<br>(D=C*R) |
| PLOMERO E.O D2          | 0.2          | 4.28               | \$0.86                | 1               | \$0.86                    |
| PEÓN E.O E2             | 0.4          | 4.23               | \$1.69                | 1               | \$1.69                    |
| SUB TOTAL (N)           |              |                    |                       |                 | \$ 2.55                   |

| 3. MATERIALES                      |        |              |                       |               |          |
|------------------------------------|--------|--------------|-----------------------|---------------|----------|
| DESCRIPCIÓN                        | UNIDAD | CANTIDAD (A) | COSTO UNITARIO<br>(B) | COSTO (C=A*B) |          |
| LAVAPLATOS CON ESCURRIDERA, CAUCHO | U      | 1            | \$12.50               | \$12.50       |          |
| TEFLÓN                             | ROLLO  | 1            | \$0.25                | \$0.25        |          |
| LLAVE DE FREGADERO                 | U      | 1            | \$6.00                | \$6.00        |          |
| CEMENTO                            | SACO   | 0.05         | \$6.83                | \$0.34        |          |
| AGUA                               | M3     | 0.01         | \$1.00                | \$0.01        |          |
| SUB TOTAL (O)                      |        |              |                       |               | \$ 19.10 |

| 4. TRANSPORTE |        |              |                       |               |
|---------------|--------|--------------|-----------------------|---------------|
| DESCRIPCIÓN   | UNIDAD | CANTIDAD (A) | COSTO UNITARIO<br>(B) | COSTO (C=A*B) |
|               |        |              |                       |               |
| SUB TOTAL (P) |        |              |                       | 0             |

|                               |         |
|-------------------------------|---------|
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P) | \$21.78 |
| INDIRECTOS Y UTILIDADES 16%   | \$3.48  |
| OTROS INDIRECTOS 2%           | \$0.44  |
| COSTO TOTAL PROPUESTO U.S.\$  | \$25.70 |

CONSULTOR

| ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO (APU) |              |                                |      |
|-----------------------------------|--------------|--------------------------------|------|
| PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN          |              | VIVIENDA LOS ARENALES, CRUCITA |      |
| FECHA DE CREACIÓN                 |              | 19/08/2025                     |      |
| CAPÍTULO                          | AGUA POTABLE | RUBRO                          | 2.18 |
| DETALLE                           | Lavandero    | UNIDAD                         | u    |

| 1. EQUIPOS               |              |            |                       |                 |                           |
|--------------------------|--------------|------------|-----------------------|-----------------|---------------------------|
| DESCRIPCIÓN              | CANTIDAD (A) | TARIFA (B) | COSTO HORA<br>(C=A*B) | RENDIMIENTO (R) | COSTO UNITARIO<br>(D=C*R) |
| HERRAMIENTA MENOR 5% M.O |              |            | \$0.00                |                 | \$0.09                    |
| SUB TOTAL (M)            |              |            |                       |                 | \$ 0.09                   |

| 2. MANO DE OBRA         |              |                    |                       |                 |                           |
|-------------------------|--------------|--------------------|-----------------------|-----------------|---------------------------|
| DESCRIPCIÓN (CATEGORÍA) | CANTIDAD (A) | JORNAL/HORA<br>(B) | COSTO HORA<br>(C=A*B) | RENDIMIENTO (R) | COSTO UNITARIO<br>(D=C*R) |
| PLOMERO E.O D2          | 0.2          | 4.28               | \$0.86                | 1               | \$0.86                    |
| PEÓN E.O E2             | 0.2          | 4.23               | \$0.85                | 1               | \$0.85                    |
| SUB TOTAL (N)           |              |                    |                       |                 | \$ 1.70                   |

| 3. MATERIALES            |        |              |                       |               |          |
|--------------------------|--------|--------------|-----------------------|---------------|----------|
| DESCRIPCIÓN              | UNIDAD | CANTIDAD (A) | COSTO UNITARIO<br>(B) | COSTO (C=A*B) |          |
| DUCHA SENCILLA           | U      | 1            | \$4.50                | \$4.50        |          |
| TEFLÓN                   | ROLLO  | 1            | \$0.25                | \$0.25        |          |
| LLAVE DE DUCHA CAMPANOLA | U      | 1            | \$6.50                | \$6.50        |          |
| REJILLA DE PISO          | U      | 1            | \$3.50                | \$3.50        |          |
| SUB TOTAL (O)            |        |              |                       |               | \$ 14.75 |

| 4. TRANSPORTE |        |              |                       |               |
|---------------|--------|--------------|-----------------------|---------------|
| DESCRIPCIÓN   | UNIDAD | CANTIDAD (A) | COSTO UNITARIO<br>(B) | COSTO (C=A*B) |
|               |        |              |                       |               |
| SUB TOTAL (P) |        |              |                       | 0             |

|                               |         |
|-------------------------------|---------|
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P) | \$16.54 |
| INDIRECTOS Y UTILIDADES 16%   | \$2.65  |
| OTROS INDIRECTOS 2%           | \$0.33  |
| COSTO TOTAL PROPUESTO U.S.\$  | \$19.51 |

CONSULTOR

| ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO (APU) |                        |                 |                                |                 |                        |
|-----------------------------------|------------------------|-----------------|--------------------------------|-----------------|------------------------|
| PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN          |                        |                 | VIVIENDA LOS ARENALES, CRUCITA |                 |                        |
| FECHA DE CREACIÓN                 |                        |                 | 19/08/2025                     |                 |                        |
| CAPÍTULO                          | AGUA POTABLE           |                 | RUBRO                          | 2.15            |                        |
| DETALLE                           | Punto de AA.PP de 3/4" |                 | UNIDAD                         | u               |                        |
|                                   |                        |                 |                                |                 |                        |
| 1. EQUIPOS                        |                        |                 |                                |                 |                        |
| DESCRIPCIÓN                       | CANTIDAD (A)           | TARIFA (B)      | COSTO HORA (C=A*B)             | RENDIMIENTO (R) | COSTO UNITARIO (D=C*R) |
| HERRAMIENTA MENOR 5% M.O          |                        |                 | \$0.00                         |                 | \$0.10                 |
| SUB TOTAL (M)                     |                        |                 |                                | \$              | 0.10                   |
| 2. MANO DE OBRA                   |                        |                 |                                |                 |                        |
| DESCRIPCIÓN (CATEGORÍA)           | CANTIDAD (A)           | JORNAL/HORA (B) | COSTO HORA (C=A*B)             | RENDIMIENTO (R) | COSTO UNITARIO (D=C*R) |
| PLOMERO E.O D2                    | 0.25                   | 4.28            | \$1.07                         | 1               | \$1.07                 |
| PEÓN E.O E2                       | 0.2                    | 4.23            | \$0.85                         | 1               | \$0.85                 |
| SUB TOTAL (N)                     |                        |                 |                                | \$              | 1.92                   |
| 3. MATERIALES                     |                        |                 |                                |                 |                        |
| DESCRIPCIÓN                       | UNIDAD                 | CANTIDAD (A)    | COSTO UNITARIO (B)             | COSTO (C=A*B)   |                        |
| TUBERÍA PVC ROSCABLE 3/4"         | U                      | 0.33            | \$8.89                         | \$2.93          |                        |
| TEFLÓN                            | ROLLO                  | 1               | \$0.25                         | \$0.25          |                        |
| CODO DE 3/4"                      | U                      | 2               | \$0.53                         | \$1.06          |                        |
| TEE DE 3/4"                       | U                      | 1               | \$1.09                         | \$1.09          |                        |
| LLAVE DE CONTROL 3/4" BRONCE      | U                      | 1               | \$4.50                         | \$4.50          |                        |
| SUB TOTAL (O)                     |                        |                 |                                | \$              | 9.83                   |
| 4. TRANSPORTE                     |                        |                 |                                |                 |                        |
| DESCRIPCIÓN                       | UNIDAD                 | CANTIDAD (A)    | COSTO UNITARIO (B)             | COSTO (C=A*B)   |                        |
|                                   |                        |                 |                                |                 |                        |
| SUB TOTAL (P)                     |                        |                 |                                | 0               |                        |
|                                   |                        |                 |                                |                 |                        |
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)     |                        |                 |                                | \$11.85         |                        |
| INDIRECTOS Y UTILIDADES 16%       |                        |                 |                                | \$1.90          |                        |
| OTROS INDIRECTOS 2%               |                        |                 |                                | \$0.24          |                        |
| COSTO TOTAL PROPUESTO U.S.\$      |                        |                 |                                | \$13.98         |                        |

CONSULTOR



| ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO (APU) |                                                              |                 |                                |                 |                        |
|-----------------------------------|--------------------------------------------------------------|-----------------|--------------------------------|-----------------|------------------------|
| PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN          |                                                              |                 | VIVIENDA LOS ARENALES, CRUCITA |                 |                        |
| FECHA DE CREACIÓN                 |                                                              |                 | 19/08/2025                     |                 |                        |
| CAPÍTULO                          | AGUA POTABLE                                                 |                 | RUBRO                          | 2.21            |                        |
| DETALLE                           | Suministro e instalación de tubería PVC y accesorios, d=50mm |                 | UNIDAD                         | ml              |                        |
| 1. EQUIPOS                        |                                                              |                 |                                |                 |                        |
| DESCRIPCIÓN                       | CANTIDAD (A)                                                 | TARIFA (B)      | COSTO HORA (C=A*B)             | RENDIMIENTO (R) | COSTO UNITARIO (D=C*R) |
|                                   |                                                              |                 | \$0.00                         |                 |                        |
| HERRAMIENTA MENOR 5% M.O          |                                                              |                 | \$0.00                         |                 | 0.08                   |
| SUB TOTAL (M)                     |                                                              |                 |                                | \$              | 0.08                   |
| 2. MANO DE OBRA                   |                                                              |                 |                                |                 |                        |
| DESCRIPCIÓN (CATEGORÍA)           | CANTIDAD (A)                                                 | JORNAL/HORA (B) | COSTO HORA (C=A*B)             | RENDIMIENTO (R) | COSTO UNITARIO (D=C*R) |
| PLOMERO E.O D2                    | 0.35                                                         | 4.28            | \$1.50                         | 0.322           | 0.48                   |
| PEÓN E.O E2                       | 0.35                                                         | 4.23            | \$1.48                         | 0.322           | 0.48                   |
| MAESTRO DE OBRA E.O C2            | 0.35                                                         | 4.52            | \$1.58                         | 0.322           | \$0.51                 |
| CHOFER CAMIONETA                  | 0.1                                                          | 4.75            | \$0.48                         | 0.322           | \$0.15                 |
| SUB TOTAL (N)                     |                                                              |                 |                                | \$              | 1.62                   |
| 3. MATERIALES                     |                                                              |                 |                                |                 |                        |
| DESCRIPCIÓN                       | UNIDAD                                                       | CANTIDAD (A)    | COSTO UNITARIO (B)             | COSTO (C=A*B)   |                        |
| TUBERÍA PVC RIVAL 50mmX 3m        | M                                                            | 0.33            | 3.33                           | \$1.10          |                        |
| TEFLÓN                            | ROLLO                                                        | 0.025           | 0.25                           | \$0.01          |                        |
| ACCESORIOS                        | U                                                            | 3               | 0.85                           | \$2.55          |                        |
| SUB TOTAL (O)                     |                                                              |                 |                                | \$              | 3.66                   |
| 4. TRANSPORTE                     |                                                              |                 |                                |                 |                        |
| DESCRIPCIÓN                       | UNIDAD                                                       | CANTIDAD (A)    | COSTO UNITARIO (B)             | COSTO (C=A*B)   |                        |
|                                   |                                                              |                 |                                |                 |                        |
| SUB TOTAL (P)                     |                                                              |                 |                                | 0               |                        |
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)     |                                                              |                 |                                | \$5.36          |                        |
| INDIRECTOS Y UTILIDADES 16%       |                                                              |                 |                                | \$0.86          |                        |
| OTROS INDIRECTOS 2%               |                                                              |                 |                                | \$0.11          |                        |
| COSTO TOTAL PROPUESTO U.S.\$      |                                                              |                 |                                | \$6.32          |                        |

CONSULTOR

| ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO (APU) |                                                              |                 |                                |                 |                        |
|-----------------------------------|--------------------------------------------------------------|-----------------|--------------------------------|-----------------|------------------------|
| PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN          |                                                              |                 | VIVIENDA LOS ARENALES, CRUCITA |                 |                        |
| FECHA DE CREACIÓN                 |                                                              |                 | 19/08/2025                     |                 |                        |
| CAPÍTULO                          | AGUA POTABLE                                                 |                 | RUBRO                          | 2.22            |                        |
| DETALLE                           | Suministro e instalación de tubería PVC y accesorios, d=75mm |                 | UNIDAD                         | ml              |                        |
| 1. EQUIPOS                        |                                                              |                 |                                |                 |                        |
| DESCRIPCIÓN                       | CANTIDAD (A)                                                 | TARIFA (B)      | COSTO HORA (C=A*B)             | RENDIMIENTO (R) | COSTO UNITARIO (D=C*R) |
|                                   |                                                              |                 | \$0.00                         |                 |                        |
| HERRAMIENTA MENOR 5% M.O          |                                                              |                 | \$0.00                         |                 | 0.08                   |
| SUB TOTAL (M)                     |                                                              |                 |                                | \$              | 0.08                   |
| 2. MANO DE OBRA                   |                                                              |                 |                                |                 |                        |
| DESCRIPCIÓN (CATEGORÍA)           | CANTIDAD (A)                                                 | JORNAL/HORA (B) | COSTO HORA (C=A*B)             | RENDIMIENTO (R) | COSTO UNITARIO (D=C*R) |
| PLOMERO E.O D2                    | 0.35                                                         | 4.28            | \$1.50                         | 0.322           | 0.48                   |
| PEÓN E.O E2                       | 0.35                                                         | 4.23            | \$1.48                         | 0.322           | 0.48                   |
| MAESTRO DE OBRA E.O C2            | 0.35                                                         | 4.52            | \$1.58                         | 0.322           | \$0.51                 |
| CHOFER CAMIONETA                  | 0.1                                                          | 4.75            | \$0.48                         | 0.322           | \$0.15                 |
| SUB TOTAL (N)                     |                                                              |                 |                                | \$              | 1.62                   |
| 3. MATERIALES                     |                                                              |                 |                                |                 |                        |
| DESCRIPCIÓN                       | UNIDAD                                                       | CANTIDAD (A)    | COSTO UNITARIO (B)             | COSTO (C=A*B)   |                        |
| TUBERÍA PVC RIVAL 75mmX 3m        | M                                                            | 0.33            | 6.54                           | \$2.16          |                        |
| TEFLÓN                            | ROLLO                                                        | 0.025           | 0.25                           | \$0.01          |                        |
| ACCESORIOS                        | U                                                            | 3               | 1.94                           | \$5.82          |                        |
| SUB TOTAL (O)                     |                                                              |                 |                                | \$              | 7.98                   |
| 4. TRANSPORTE                     |                                                              |                 |                                |                 |                        |
| DESCRIPCIÓN                       | UNIDAD                                                       | CANTIDAD (A)    | COSTO UNITARIO (B)             | COSTO (C=A*B)   |                        |
|                                   |                                                              |                 |                                |                 |                        |
| SUB TOTAL (P)                     |                                                              |                 |                                | 0               |                        |
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)     |                                                              |                 |                                | \$9.69          |                        |
| INDIRECTOS Y UTILIDADES 16%       |                                                              |                 |                                | \$1.55          |                        |
| OTROS INDIRECTOS 2%               |                                                              |                 |                                | \$0.19          |                        |
| COSTO TOTAL PROPUESTO U.S.\$      |                                                              |                 |                                | \$11.43         |                        |

CONSULTOR

| ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO (APU) |                                                               |                 |                                |                 |                        |
|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------|-----------------|--------------------------------|-----------------|------------------------|
| PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN          |                                                               |                 | VIVIENDA LOS ARENALES, CRUCITA |                 |                        |
| FECHA DE CREACIÓN                 |                                                               |                 | 19/08/2025                     |                 |                        |
| CAPÍTULO                          | AGUA POTABLE                                                  |                 |                                | RUBRO           | 2.23                   |
| DETALLE                           | Suministro e instalación de tubería PVC y accesorios, d=110mm |                 |                                | UNIDAD          | ml                     |
| 1. EQUIPOS                        |                                                               |                 |                                |                 |                        |
| DESCRIPCIÓN                       | CANTIDAD (A)                                                  | TARIFA (B)      | COSTO HORA (C=A*B)             | RENDIMIENTO (R) | COSTO UNITARIO (D=C*R) |
|                                   |                                                               |                 | \$0.00                         |                 |                        |
| HERRAMIENTA MENOR 5% M.O          |                                                               |                 | \$0.00                         |                 | 0.08                   |
| SUB TOTAL (M)                     |                                                               |                 |                                | \$              | 0.08                   |
| 2. MANO DE OBRA                   |                                                               |                 |                                |                 |                        |
| DESCRIPCIÓN (CATEGORÍA)           | CANTIDAD (A)                                                  | JORNAL/HORA (B) | COSTO HORA (C=A*B)             | RENDIMIENTO (R) | COSTO UNITARIO (D=C*R) |
| PLOMERO E.O D2                    | 0.35                                                          | 4.28            | \$1.50                         | 0.322           | 0.48                   |
| PEÓN E.O E2                       | 0.35                                                          | 4.23            | \$1.48                         | 0.322           | 0.48                   |
| MAESTRO DE OBRA E.O C2            | 0.35                                                          | 4.52            | \$1.58                         | 0.322           | \$0.51                 |
| CHOFER CAMIONETA                  | 0.1                                                           | 4.75            | \$0.48                         | 0.322           | \$0.15                 |
| SUB TOTAL (N)                     |                                                               |                 |                                | \$              | 1.62                   |
| 3. MATERIALES                     |                                                               |                 |                                |                 |                        |
| DESCRIPCIÓN                       | UNIDAD                                                        | CANTIDAD (A)    | COSTO UNITARIO (B)             | COSTO (C=A*B)   |                        |
| TUBERÍA PVC RIVAL 110mmX 3m       | M                                                             | 0.33            | 8.59                           | \$2.83          |                        |
| TEFLÓN                            | ROLLO                                                         | 0.025           | 0.25                           | \$0.01          |                        |
| ACCESORIOS                        | U                                                             | 3               | 3.21                           | \$9.63          |                        |
| SUB TOTAL (O)                     |                                                               |                 |                                | \$              | 12.47                  |
| 4. TRANSPORTE                     |                                                               |                 |                                |                 |                        |
| DESCRIPCIÓN                       | UNIDAD                                                        | CANTIDAD (A)    | COSTO UNITARIO (B)             | COSTO (C=A*B)   |                        |
|                                   |                                                               |                 |                                |                 |                        |
| SUB TOTAL (P)                     |                                                               |                 |                                | 0               |                        |
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)     |                                                               |                 |                                | \$14.17         |                        |
| INDIRECTOS Y UTILIDADES 16%       |                                                               |                 |                                | \$2.27          |                        |
| OTROS INDIRECTOS 2%               |                                                               |                 |                                | \$0.28          |                        |
| COSTO TOTAL PROPUESTO U.S.\$      |                                                               |                 |                                | \$16.72         |                        |

CONSULTOR

| ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO (APU) |                               |                    |                                |                 |                           |
|-----------------------------------|-------------------------------|--------------------|--------------------------------|-----------------|---------------------------|
| PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN          |                               |                    | VIVIENDA LOS ARENALES, CRUCITA |                 |                           |
| FECHA DE CREACIÓN                 |                               |                    | 19/08/2025                     |                 |                           |
| CAPÍTULO                          | AGUA POTABLE                  |                    | RUBRO                          | 2.24            |                           |
| DETALLE                           | Caja de inspección 40x40x40cm |                    | UNIDAD                         | ml              |                           |
| 1. EQUIPOS                        |                               |                    |                                |                 |                           |
| DESCRIPCIÓN                       | CANTIDAD (A)                  | TARIFA (B)         | COSTO HORA<br>(C=A*B)          | RENDIMIENTO (R) | COSTO UNITARIO<br>(D=C*R) |
| HERRAMIENTA MENOR 5% M.O          |                               |                    | \$0.00                         |                 |                           |
|                                   |                               |                    | \$0.00                         |                 | 0.47                      |
| SUB TOTAL (M)                     |                               |                    |                                | \$              | 0.47                      |
| 2. MANO DE OBRA                   |                               |                    |                                |                 |                           |
| DESCRIPCIÓN (CATEGORÍA)           | CANTIDAD (A)                  | JORNAL/HORA<br>(B) | COSTO HORA<br>(C=A*B)          | RENDIMIENTO (R) | COSTO UNITARIO<br>(D=C*R) |
| ALBAÑIL E.O D2                    | 0.5                           | 4.28               | \$2.14                         | 2               | 4.28                      |
| PEÓN E.O E2                       | 0.5                           | 4.23               | \$2.12                         | 2               | 4.23                      |
| MAESTRO DE OBRA E.O C2            | 0.1                           | 4.52               | \$0.45                         | 2               | \$0.90                    |
| SUB TOTAL (N)                     |                               |                    |                                | \$              | 9.41                      |
| 3. MATERIALES                     |                               |                    |                                |                 |                           |
| DESCRIPCIÓN                       | UNIDAD                        | CANTIDAD (A)       | COSTO UNITARIO<br>(B)          | COSTO (C=A*B)   |                           |
| CEMENTO FUERTE TIPO GU            | SACO                          | 0.7                | \$8.00                         | \$5.60          |                           |
| RIPIO                             | M3                            | 0.03               | \$11.00                        | \$0.33          |                           |
| ARENA                             | M3                            | 0.08               | \$4.00                         | \$0.32          |                           |
| LADRILLO BURRITO                  | U                             | 28                 | \$0.13                         | \$3.64          |                           |
| VARILLA CORRUGADA, INCLUYE AMARRE | KG                            | 4                  | \$1.79                         | \$7.16          |                           |
| AGUA                              | M3                            | 0.03               | \$1.00                         | \$0.03          |                           |
| CLAVOS DE 2 1/2"                  | KG                            | 0.02               | \$1.30                         | \$0.03          |                           |
| SUB TOTAL (O)                     |                               |                    |                                | \$              | 17.05                     |
| 4. TRANSPORTE                     |                               |                    |                                |                 |                           |
| DESCRIPCIÓN                       | UNIDAD                        | CANTIDAD (A)       | COSTO UNITARIO<br>(B)          | COSTO (C=A*B)   |                           |
| RIPIO                             | M3                            | 0.03               | 4.5                            | \$0.14          |                           |
| ARENA                             | M3                            | 0.08               | 4.5                            | \$0.36          |                           |
| SUB TOTAL (P)                     |                               |                    |                                | \$              | 0.50                      |
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)     |                               |                    |                                | \$27.43         |                           |
| INDIRECTOS Y UTILIDADES 16%       |                               |                    |                                | \$4.39          |                           |
| OTROS INDIRECTOS 2%               |                               |                    |                                | \$0.55          |                           |
| COSTO TOTAL PROPUESTO U.S.\$      |                               |                    |                                | \$32.37         |                           |

CONSULTOR

| ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO (APU) |                                                                |                                |      |
|-----------------------------------|----------------------------------------------------------------|--------------------------------|------|
| PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN          |                                                                | VIVIENDA LOS ARENALES, CRUCITA |      |
| FECHA DE CREACIÓN                 |                                                                | 19/08/2025                     |      |
| CAPÍTULO                          | AGUA POTABLE                                                   | RUBRO                          | 2.25 |
| DETALLE                           | Adecuación e instalación de biotankue séptico 1200L para AA.SS | UNIDAD                         | u    |

| 1. EQUIPOS               |              |            |                       |                 |                           |
|--------------------------|--------------|------------|-----------------------|-----------------|---------------------------|
| DESCRIPCIÓN              | CANTIDAD (A) | TARIFA (B) | COSTO HORA<br>(C=A*B) | RENDIMIENTO (R) | COSTO UNITARIO<br>(D=C*R) |
| HERRAMIENTA MENOR 5% M.O |              |            | \$0.00                |                 |                           |
|                          |              |            | \$0.00                |                 | 0.45                      |
| SUB TOTAL (M)            |              |            |                       | \$              | 0.45                      |

| 2. MANO DE OBRA         |              |                 |                    |                 |                        |
|-------------------------|--------------|-----------------|--------------------|-----------------|------------------------|
| DESCRIPCIÓN (CATEGORÍA) | CANTIDAD (A) | JORNAL/HORA (B) | COSTO HORA (C=A*B) | RENDIMIENTO (R) | COSTO UNITARIO (D=C*R) |
| GASFITERO E.O D2        | 1            | 4.28            | \$4.28             | 1               | \$4.28                 |
| PEÓN E.O E2             | 1            | 4.23            | \$4.23             | 1               | 4.23                   |
| MAESTRO DE OBRA E.O C2  | 0.1          | 4.52            | \$0.45             | 1               | \$0.45                 |
| SUB TOTAL (N)           |              |                 |                    |                 | \$ 8.96                |

| 3. MATERIALES           |        |              |                    |               |           |
|-------------------------|--------|--------------|--------------------|---------------|-----------|
| DESCRIPCIÓN             | UNIDAD | CANTIDAD (A) | COSTO UNITARIO (B) | COSTO (C=A*B) |           |
| BIOTANQUE SÉPTICO 1200L | U      | 1            | \$456.23           | \$456.23      |           |
| ARENA                   | M3     | 2            | \$11.00            | \$22.00       |           |
| SUB TOTAL (O)           |        |              |                    |               | \$ 478.23 |

| 4. TRANSPORTE |        |              |                    |               |         |
|---------------|--------|--------------|--------------------|---------------|---------|
| DESCRIPCIÓN   | UNIDAD | CANTIDAD (A) | COSTO UNITARIO (B) | COSTO (C=A*B) |         |
| ARENA         | M3     | 2            | 4.5                | \$9.00        |         |
| SUB TOTAL (P) |        |              |                    |               | \$ 9.00 |

|                               |          |
|-------------------------------|----------|
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P) | \$496.64 |
| INDIRECTOS Y UTILIDADES 16%   | \$79.46  |
| OTROS INDIRECTOS 2%           | \$9.93   |
| COSTO TOTAL PROPUESTO U.S.\$  | \$586.04 |

CONSULTOR

| ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO (APU) |                        |                                |      |
|-----------------------------------|------------------------|--------------------------------|------|
| PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN          |                        | VIVIENDA LOS ARENALES, CRUCITA |      |
| FECHA DE CREACIÓN                 |                        | 19/08/2025                     |      |
| CAPÍTULO                          | AGUA POTABLE           | RUBRO                          | 2.26 |
| DETALLE                           | Punto de AA.SS de 50mm | UNIDAD                         | u    |

| 1. EQUIPOS               |              |            |                       |                 |                           |
|--------------------------|--------------|------------|-----------------------|-----------------|---------------------------|
| DESCRIPCIÓN              | CANTIDAD (A) | TARIFA (B) | COSTO HORA<br>(C=A*B) | RENDIMIENTO (R) | COSTO UNITARIO<br>(D=C*R) |
| HERRAMIENTA MENOR 5% M.O |              |            | \$0.00                |                 | \$0.10                    |
| SUB TOTAL (M)            |              |            |                       |                 | \$ 0.10                   |

| 2. MANO DE OBRA         |              |                    |                       |                 |                           |
|-------------------------|--------------|--------------------|-----------------------|-----------------|---------------------------|
| DESCRIPCIÓN (CATEGORÍA) | CANTIDAD (A) | JORNAL/HORA<br>(B) | COSTO HORA<br>(C=A*B) | RENDIMIENTO (R) | COSTO UNITARIO<br>(D=C*R) |
| PLOMERO E.O D2          | 0.25         | 4.28               | \$1.07                | 1               | \$1.07                    |
| PEÓN E.O E2             | 0.2          | 4.23               | \$0.85                | 1               | \$0.85                    |
| SUB TOTAL (N)           |              |                    |                       |                 | \$ 1.92                   |

| 3. MATERIALES            |        |              |                       |               |         |
|--------------------------|--------|--------------|-----------------------|---------------|---------|
| DESCRIPCIÓN              | UNIDAD | CANTIDAD (A) | COSTO UNITARIO<br>(B) | COSTO (C=A*B) |         |
| TUBERÍA PVC DESAGUE 50mm | U      | 0.16         | 3.33                  | \$0.53        |         |
| TEFLÓN                   | ROLLO  | 1            | \$0.25                | \$0.25        |         |
| CODO DE 50mm             | U      | 2            | \$1.22                | \$2.44        |         |
| TEE DE 50mm              | U      | 1            | \$0.94                | \$0.94        |         |
| SUB TOTAL (O)            |        |              |                       |               | \$ 4.16 |

| 4. TRANSPORTE |        |              |                       |               |
|---------------|--------|--------------|-----------------------|---------------|
| DESCRIPCIÓN   | UNIDAD | CANTIDAD (A) | COSTO UNITARIO<br>(B) | COSTO (C=A*B) |
|               |        |              |                       |               |
| SUB TOTAL (P) |        |              |                       | 0             |

|                               |        |
|-------------------------------|--------|
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P) | \$6.17 |
| INDIRECTOS Y UTILIDADES 16%   | \$0.99 |
| OTROS INDIRECTOS 2%           | \$0.12 |
| COSTO TOTAL PROPUESTO U.S.\$  | \$7.29 |

CONSULTOR

| ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO (APU) |                        |                                |      |
|-----------------------------------|------------------------|--------------------------------|------|
| PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN          |                        | VIVIENDA LOS ARENALES, CRUCITA |      |
| FECHA DE CREACIÓN                 |                        | 19/08/2025                     |      |
| CAPÍTULO                          | AGUA POTABLE           | RUBRO                          | 2.27 |
| DETALLE                           | Punto de AA.SS de 75mm | UNIDAD                         | u    |

| 1. EQUIPOS               |              |            |                       |                 |                           |
|--------------------------|--------------|------------|-----------------------|-----------------|---------------------------|
| DESCRIPCIÓN              | CANTIDAD (A) | TARIFA (B) | COSTO HORA<br>(C=A*B) | RENDIMIENTO (R) | COSTO UNITARIO<br>(D=C*R) |
| HERRAMIENTA MENOR 5% M.O |              |            | \$0.00                |                 | \$0.10                    |
| SUB TOTAL (M)            |              |            |                       |                 | \$ 0.10                   |

| 2. MANO DE OBRA         |              |                    |                       |                 |                           |
|-------------------------|--------------|--------------------|-----------------------|-----------------|---------------------------|
| DESCRIPCIÓN (CATEGORÍA) | CANTIDAD (A) | JORNAL/HORA<br>(B) | COSTO HORA<br>(C=A*B) | RENDIMIENTO (R) | COSTO UNITARIO<br>(D=C*R) |
| PLOMERO E.O D2          | 0.25         | 4.28               | \$1.07                | 1               | \$1.07                    |
| PEÓN E.O E2             | 0.2          | 4.23               | \$0.85                | 1               | \$0.85                    |
| SUB TOTAL (N)           |              |                    |                       |                 | \$ 1.92                   |

| 3. MATERIALES            |        |              |                       |               |         |
|--------------------------|--------|--------------|-----------------------|---------------|---------|
| DESCRIPCIÓN              | UNIDAD | CANTIDAD (A) | COSTO UNITARIO<br>(B) | COSTO (C=A*B) |         |
| TUBERÍA PVC DESAGUE 75mm | U      | 0.16         | \$6.54                | \$1.05        |         |
| TEFLÓN                   | ROLLO  | 1            | \$0.25                | \$0.25        |         |
| CODO DE 75mm             | U      | 2            | \$1.94                | \$3.88        |         |
| TEE DE 75                | U      | 1            | \$1.13                | \$1.13        |         |
| SUB TOTAL (O)            |        |              |                       |               | \$ 6.31 |

| 4. TRANSPORTE |        |              |                       |               |
|---------------|--------|--------------|-----------------------|---------------|
| DESCRIPCIÓN   | UNIDAD | CANTIDAD (A) | COSTO UNITARIO<br>(B) | COSTO (C=A*B) |
|               |        |              |                       |               |
| SUB TOTAL (P) |        |              |                       | 0             |

|                               |        |
|-------------------------------|--------|
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P) | \$8.32 |
| INDIRECTOS Y UTILIDADES 16%   | \$1.33 |
| OTROS INDIRECTOS 2%           | \$0.17 |
| COSTO TOTAL PROPUESTO U.S.\$  | \$9.82 |

CONSULTOR

| ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO (APU) |                                                                         |                 |                                |                 |                        |
|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|-----------------|--------------------------------|-----------------|------------------------|
| PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN          |                                                                         |                 | VIVIENDA LOS ARENALES, CRUCITA |                 |                        |
| FECHA DE CREACIÓN                 |                                                                         |                 | 19/08/2025                     |                 |                        |
| CAPÍTULO                          | AGUA POTABLE                                                            |                 | RUBRO                          | 2.28            |                        |
| DETALLE                           | Suministro e instalación de tubería de ventilación y accesorios, d=50mm |                 | UNIDAD                         | ml              |                        |
| 1. EQUIPOS                        |                                                                         |                 |                                |                 |                        |
| DESCRIPCIÓN                       | CANTIDAD (A)                                                            | TARIFA (B)      | COSTO HORA (C=A*B)             | RENDIMIENTO (R) | COSTO UNITARIO (D=C*R) |
|                                   |                                                                         |                 | \$0.00                         |                 |                        |
| HERRAMIENTA MENOR 5% M.O          |                                                                         |                 | \$0.00                         |                 | 0.08                   |
| SUB TOTAL (M)                     |                                                                         |                 |                                | \$              | 0.08                   |
| 2. MANO DE OBRA                   |                                                                         |                 |                                |                 |                        |
| DESCRIPCIÓN (CATEGORÍA)           | CANTIDAD (A)                                                            | JORNAL/HORA (B) | COSTO HORA (C=A*B)             | RENDIMIENTO (R) | COSTO UNITARIO (D=C*R) |
| PLOMERO E.O D2                    | 0.35                                                                    | 4.28            | \$1.50                         | 0.322           | 0.48                   |
| PEÓN E.O E2                       | 0.35                                                                    | 4.23            | \$1.48                         | 0.322           | 0.48                   |
| MAESTRO DE OBRA E.O C2            | 0.35                                                                    | 4.52            | \$1.58                         | 0.322           | \$0.51                 |
| CHOFER CAMIONETA                  | 0.1                                                                     | 4.75            | \$0.48                         | 0.322           | \$0.15                 |
| SUB TOTAL (N)                     |                                                                         |                 |                                | \$              | 1.62                   |
| 3. MATERIALES                     |                                                                         |                 |                                |                 |                        |
| DESCRIPCIÓN                       | UNIDAD                                                                  | CANTIDAD (A)    | COSTO UNITARIO (B)             | COSTO (C=A*B)   |                        |
| TUBERÍA PVC RIVAL 50mmX 3m        | M                                                                       | 0.33            | 3.59                           | \$1.18          |                        |
| TEFLÓN                            | ROLLO                                                                   | 0.025           | 0.25                           | \$0.01          |                        |
| ACCESORIOS                        | U                                                                       | 3               | 0.85                           | \$2.55          |                        |
| SUB TOTAL (O)                     |                                                                         |                 |                                | \$              | 3.74                   |
| 4. TRANSPORTE                     |                                                                         |                 |                                |                 |                        |
| DESCRIPCIÓN                       | UNIDAD                                                                  | CANTIDAD (A)    | COSTO UNITARIO (B)             | COSTO (C=A*B)   |                        |
|                                   |                                                                         |                 |                                |                 |                        |
| SUB TOTAL (P)                     |                                                                         |                 |                                | 0               |                        |
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)     |                                                                         |                 |                                | \$5.44          |                        |
| INDIRECTOS Y UTILIDADES 16%       |                                                                         |                 |                                | \$0.87          |                        |
| OTROS INDIRECTOS 2%               |                                                                         |                 |                                | \$0.11          |                        |
| COSTO TOTAL PROPUESTO U.S.\$      |                                                                         |                 |                                | \$6.42          |                        |

CONSULTOR



| ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO (APU) |                        |                                |      |
|-----------------------------------|------------------------|--------------------------------|------|
| PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN          |                        | VIVIENDA LOS ARENALES, CRUCITA |      |
| FECHA DE CREACIÓN                 |                        | 19/08/2025                     |      |
| CAPÍTULO                          | AGUA POTABLE           | RUBRO                          | 4.01 |
| DETALLE                           | Limpieza final de obra | UNIDAD                         | u    |

| 1. EQUIPOS               |              |            |                       |                 |                           |
|--------------------------|--------------|------------|-----------------------|-----------------|---------------------------|
| DESCRIPCIÓN              | CANTIDAD (A) | TARIFA (B) | COSTO HORA<br>(C=A*B) | RENDIMIENTO (R) | COSTO UNITARIO<br>(D=C*R) |
| HERRAMIENTA MENOR 5% M.O |              |            |                       |                 | 0.52                      |
| VOLQUETA 8m3             | 0.15         | \$ 25.00   | \$3.75                | 1               | 3.75                      |
| SUB TOTAL (M)            |              |            |                       |                 | \$ 4.27                   |

| 2. MANO DE OBRA            |              |                    |                       |                 |                           |
|----------------------------|--------------|--------------------|-----------------------|-----------------|---------------------------|
| DESCRIPCIÓN (CATEGORÍA)    | CANTIDAD (A) | JORNAL/HORA<br>(B) | COSTO HORA<br>(C=A*B) | RENDIMIENTO (R) | COSTO UNITARIO<br>(D=C*R) |
| OPERADOR MAQUINISTA E.O C1 | 1.5          | 4.75               | \$7.13                | 0.75            | 5.34                      |
| MAESTRO DE OBRA E.O C2     | 1.5          | 4.52               | \$6.78                | 0.75            | \$5.09                    |
| SUB TOTAL (N)              |              |                    |                       |                 | \$ 10.43                  |

| 3. MATERIALES |        |              |                    |               |
|---------------|--------|--------------|--------------------|---------------|
| DESCRIPCIÓN   | UNIDAD | CANTIDAD (A) | COSTO UNITARIO (B) | COSTO (C=A*B) |
|               |        |              |                    |               |
|               |        |              | SUB TOTAL (O)      | \$ -          |

| 4. TRANSPORTE |        |              |                    |               |
|---------------|--------|--------------|--------------------|---------------|
| DESCRIPCIÓN   | UNIDAD | CANTIDAD (A) | COSTO UNITARIO (B) | COSTO (C=A*B) |
|               |        |              |                    |               |
|               |        |              | SUB TOTAL (P)      | \$ -          |

|                               |         |
|-------------------------------|---------|
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P) | \$14.70 |
| INDIRECTOS Y UTILIDADES 16%   | \$2.35  |
| OTROS INDIRECTOS 2%           | \$0.29  |
| COSTO TOTAL PROPUESTO U.S.\$  | \$17.35 |

CONSULTOR \_\_\_\_\_

| Column1                                               | Column2              | Column3             | Column4 | Column5 |
|-------------------------------------------------------|----------------------|---------------------|---------|---------|
| TABLA DE VOLÚMENES DE ZAPATAS AISLADAS                |                      |                     |         |         |
| Family and Type                                       | Foundation Thickness | Material: Name      | Volume  |         |
| M_Footing-Rectangular: Plinto Aislado 1000x1000x300mm | 300                  | Hormigón HF-3 35MPa | 0.30    |         |
| M_Footing-Rectangular: Plinto Aislado 1000x1000x300mm | 300                  | Hormigón HF-3 35MPa | 0.30    |         |
| M_Footing-Rectangular: Plinto Aislado 1000x1000x300mm | 300                  | Hormigón HF-3 35MPa | 0.30    |         |
| M_Footing-Rectangular: Plinto Aislado 1000x1000x300mm | 300                  | Hormigón HF-3 35MPa | 0.30    |         |
| M_Footing-Rectangular: Plinto Aislado 1000x1000x300mm | 300                  | Hormigón HF-3 35MPa | 0.30    |         |
| M_Footing-Rectangular: Plinto Aislado 1000x1000x300mm | 300                  | Hormigón HF-3 35MPa | 0.30    |         |
| M_Footing-Rectangular: Plinto Aislado 1000x1000x300mm | 300                  | Hormigón HF-3 35MPa | 0.30    |         |
| M_Footing-Rectangular: Plinto Aislado 1000x1000x300mm | 300                  | Hormigón HF-3 35MPa | 0.30    |         |
| M_Footing-Rectangular: Plinto Aislado 1000x1000x300mm | 300                  | Hormigón HF-3 35MPa | 0.30    |         |
| M_Footing-Rectangular: Plinto Aislado 1000x1000x300mm | 300                  | Hormigón HF-3 35MPa | 0.30    |         |
| M_Footing-Rectangular: Plinto Aislado 1000x1000x300mm | 300                  | Hormigón HF-3 35MPa | 0.30    |         |
| M_Footing-Rectangular: Plinto Aislado 1000x1000x300mm | 300                  | Hormigón HF-3 35MPa | 0.30    |         |
| M_Footing-Rectangular: Plinto Aislado 1000x1000x300mm | 300                  | Hormigón HF-3 35MPa | 0.30    |         |
| M_Footing-Rectangular: Plinto Aislado 1000x1000x300mm | 300                  | Hormigón HF-3 35MPa | 0.30    |         |
| Grand total: 15                                       |                      |                     | 4.500   |         |

| Column1                                                 | Column2             | Column3 | Column4             |
|---------------------------------------------------------|---------------------|---------|---------------------|
| TABLA DE LONGITUDES Y VOLÚMENES DE VIGAS DE CIMENTACIÓN |                     |         |                     |
| Family and Type                                         | Material: Name      | Length  | Volume              |
| M_Concrete-Rectangular Beam: V300X575                   | Hormigón HF-3 35MPa | 4.50    | 0.66 m <sup>3</sup> |
| M_Concrete-Rectangular Beam: V300X575                   | Hormigón HF-3 35MPa | 4.50    | 0.63 m <sup>3</sup> |
| M_Concrete-Rectangular Beam: V300X575                   | Hormigón HF-3 35MPa | 2.71    | 0.36 m <sup>3</sup> |
| M_Concrete-Rectangular Beam: V300X575                   | Hormigón HF-3 35MPa | 3.82    | 0.55 m <sup>3</sup> |
| M_Concrete-Rectangular Beam: V300X575                   | Hormigón HF-3 35MPa | 4.50    | 0.66 m <sup>3</sup> |
| M_Concrete-Rectangular Beam: V300X575                   | Hormigón HF-3 35MPa | 3.04    | 0.40 m <sup>3</sup> |
| M_Concrete-Rectangular Beam: V300X575                   | Hormigón HF-3 35MPa | 4.27    | 0.62 m <sup>3</sup> |
| M_Concrete-Rectangular Beam: V300X575                   | Hormigón HF-3 35MPa | 2.76    | 0.37 m <sup>3</sup> |
| M_Concrete-Rectangular Beam: V300X575                   | Hormigón HF-3 35MPa | 4.25    | 0.62 m <sup>3</sup> |
| M_Concrete-Rectangular Beam: V300X575                   | Hormigón HF-3 35MPa | 2.75    | 0.36 m <sup>3</sup> |
| M_Concrete-Rectangular Beam: V300X575                   | Hormigón HF-3 35MPa | 3.80    | 0.54 m <sup>3</sup> |
| M_Concrete-Rectangular Beam: V300X575                   | Hormigón HF-3 35MPa | 2.70    | 0.35 m <sup>3</sup> |
| M_Concrete-Rectangular Beam: V300X575                   | Hormigón HF-3 35MPa | 2.70    | 0.35 m <sup>3</sup> |
| M_Concrete-Rectangular Beam: V300X575                   | Hormigón HF-3 35MPa | 3.80    | 0.54 m <sup>3</sup> |
| M_Concrete-Rectangular Beam: V300X575                   | Hormigón HF-3 35MPa | 2.75    | 0.36 m <sup>3</sup> |
| M_Concrete-Rectangular Beam: V300X575                   | Hormigón HF-3 35MPa | 4.50    | 0.66 m <sup>3</sup> |
| M_Concrete-Rectangular Beam: V300X575                   | Hormigón HF-3 35MPa | 3.59    | 0.47 m <sup>3</sup> |
| M_Concrete-Rectangular Beam: V300X575                   | Hormigón HF-3 35MPa | 4.50    | 0.66 m <sup>3</sup> |
| M_Concrete-Rectangular Beam: V300X575                   | Hormigón HF-3 35MPa | 3.87    | 0.52 m <sup>3</sup> |
| M_Concrete-Rectangular Beam: V300X575                   | Hormigón HF-3 35MPa | 4.50    | 0.66 m <sup>3</sup> |
| M_Concrete-Rectangular Beam: V300X575                   | Hormigón HF-3 35MPa | 4.25    | 0.59 m <sup>3</sup> |
| M_Concrete-Rectangular Beam: V300X575                   | Hormigón HF-3 35MPa | 3.95    | 0.62 m <sup>3</sup> |
| M_Concrete-Rectangular Beam: V300X575: 22               |                     | 82.01   | m                   |

| Column1                         | Column2               | Column3 |
|---------------------------------|-----------------------|---------|
| TABLA DE LONGITUDES DE COLUMNAS |                       |         |
| Column Location Mark            | Material: Description | Length  |
|                                 |                       |         |
| A-1                             | HLAC H-4              | 7.16    |
| B-1                             | HLAC H-4              | 7.16    |
| C-1                             | HLAC H-4              | 7.16    |
| D-1                             | HLAC H-4              | 7.16    |
| E-1                             | HLAC H-4              | 7.16    |
| A-2                             | HLAC H-4              | 7.16    |
| B-2                             | HLAC H-4              | 7.16    |
| C-2                             | HLAC H-4              | 7.16    |
| D-2                             | HLAC H-4              | 7.16    |
| E-2                             | HLAC H-4              | 7.16    |
| A-3                             | HLAC H-4              | 7.16    |
| B-4                             | HLAC H-4              | 7.16    |
| C-5                             | HLAC H-4              | 7.16    |
| D-5(380)                        | HLAC H-4              | 7.16    |
| E-5(630)                        | HLAC H-4              | 7.16    |
| Grand total: 15                 |                       | 107.4   |

**TABLA DE ÁREA DE ÁBACOS ESTRUCTURALES**

| <b>Family and Type</b>          | <b>Foundation Thickness</b> | <b>Material: Name</b> | <b>Area m2</b> | <b>Column1</b> |
|---------------------------------|-----------------------------|-----------------------|----------------|----------------|
| Foundation Slab: Macizo e=200mm | 200                         | Hormigón HF-3 35MPa   | 1.08           |                |
| Foundation Slab: Macizo e=200mm | 200                         | Hormigón HF-3 35MPa   | 1.44           |                |
| Foundation Slab: Macizo e=200mm | 200                         | Hormigón HF-3 35MPa   | 1.44           |                |
| Foundation Slab: Macizo e=200mm | 200                         | Hormigón HF-3 35MPa   | 1.44           |                |
| Foundation Slab: Macizo e=200mm | 200                         | Hormigón HF-3 35MPa   | 1.44           |                |
| Foundation Slab: Macizo e=200mm | 200                         | Hormigón HF-3 35MPa   | 1.44           |                |
| Foundation Slab: Macizo e=200mm | 200                         | Hormigón HF-3 35MPa   | 1.44           |                |
| Foundation Slab: Macizo e=200mm | 200                         | Hormigón HF-3 35MPa   | 1.44           |                |
| Foundation Slab: Macizo e=200mm | 200                         | Hormigón HF-3 35MPa   | 1.08           |                |
| Foundation Slab: Macizo e=200mm | 200                         | Hormigón HF-3 35MPa   | 0.74           |                |
| Foundation Slab: Macizo e=200mm | 200                         | Hormigón HF-3 35MPa   | 0.74           |                |
| Foundation Slab: Macizo e=200mm | 200                         | Hormigón HF-3 35MPa   | 0.74           |                |
| Foundation Slab: Macizo e=200mm | 200                         | Hormigón HF-3 35MPa   | 0.74           |                |
| Foundation Slab: Macizo e=200mm | 200                         | Hormigón HF-3 35MPa   | 0.74           |                |
| Foundation Slab: Macizo e=200mm | 200                         | Hormigón HF-3 35MPa   | 1.08           |                |
| Foundation Slab: Macizo e=200mm | 200                         | Hormigón HF-3 35MPa   | 1.44           |                |
| Foundation Slab: Macizo e=200mm | 200                         | Hormigón HF-3 35MPa   | 1.44           |                |
| Foundation Slab: Macizo e=200mm | 200                         | Hormigón HF-3 35MPa   | 1.44           |                |
| Foundation Slab: Macizo e=200mm | 200                         | Hormigón HF-3 35MPa   | 1.44           |                |
| Foundation Slab: Macizo e=200mm | 200                         | Hormigón HF-3 35MPa   | 1.44           |                |
| Foundation Slab: Macizo e=200mm | 200                         | Hormigón HF-3 35MPa   | 1.44           |                |
| Foundation Slab: Macizo e=200mm | 200                         | Hormigón HF-3 35MPa   | 1.44           |                |
| Foundation Slab: Macizo e=200mm | 200                         | Hormigón HF-3 35MPa   | 1.08           |                |
| Foundation Slab: Macizo e=200mm | 200                         | Hormigón HF-3 35MPa   | 0.74           |                |
| Foundation Slab: Macizo e=200mm | 200                         | Hormigón HF-3 35MPa   | 0.74           |                |
| Foundation Slab: Macizo e=200mm | 200                         | Hormigón HF-3 35MPa   | 0.74           |                |
| Foundation Slab: Macizo e=200mm | 200                         | Hormigón HF-3 35MPa   | 0.74           |                |
| Foundation Slab: Macizo e=200mm | 200                         | Hormigón HF-3 35MPa   | 0.74           |                |
| Grand total: 30                 |                             |                       | 34.76 m2       |                |

[illegible]

**TABLA DE LONGITUD DE TUBERÍAS DE AA.PP**

| <b>Family and Type</b>                         | <b>System Type</b> | <b>Diameter</b> | <b>Length [m]</b> | <b>Column1</b> |
|------------------------------------------------|--------------------|-----------------|-------------------|----------------|
| Pipe Types: Plastigama PVC Presión AF Roscable | Hydronic Supply    | 19 mm           | 0.15              |                |
| Pipe Types: Plastigama PVC Presión AF Roscable | Hydronic Supply    | 19 mm           | 3.31              |                |
| Pipe Types: Plastigama PVC Presión AF Roscable | Hydronic Supply    | 19 mm           | 1.19              |                |
| Pipe Types: Plastigama PVC Presión AF Roscable | Hydronic Supply    | 19 mm           | 0.02              |                |
| Pipe Types: Plastigama PVC Presión AF Roscable | Hydronic Supply    | 19 mm           | 0.1               |                |
| Pipe Types: Plastigama PVC Presión AF Roscable | Hydronic Supply    | 19 mm           | 0.84              |                |
| Pipe Types: Plastigama PVC Presión AF Roscable | Hydronic Supply    | 19 mm           | 0.1               |                |
| Pipe Types: Plastigama PVC Presión AF Roscable | Hydronic Supply    | 19 mm           | 2.18              |                |
| Pipe Types: Plastigama PVC Presión AF Roscable | Hydronic Supply    | 19 mm           | 0.82              |                |
| Pipe Types: Plastigama PVC Presión AF Roscable | Hydronic Supply    | 19 mm           | 0.93              |                |
| Pipe Types: Plastigama PVC Presión AF Roscable | Hydronic Supply    | 19 mm           | 0.15              |                |
| Pipe Types: Plastigama PVC Presión AF Roscable | Hydronic Supply    | 19 mm           | 0.51              |                |
| Pipe Types: Plastigama PVC Presión AF Roscable | Hydronic Supply    | 19 mm           | 0.1               |                |
| Pipe Types: Plastigama PVC Presión AF Roscable | Hydronic Supply    | 19 mm           | 0.09              |                |
| Pipe Types: Plastigama PVC Presión AF Roscable | Hydronic Supply    | 19 mm           | 0.05              |                |
| Pipe Types: Plastigama PVC Presión AF Roscable | Hydronic Supply    | 19 mm           | 0.84              |                |
| Pipe Types: Plastigama PVC Presión AF Roscable | Hydronic Supply    | 19 mm           | 3.11              |                |
| Pipe Types: Plastigama PVC Presión AF Roscable | Hydronic Supply    | 19 mm           | 0.3               |                |
| Pipe Types: Plastigama PVC Presión AF Roscable | Hydronic Supply    | 19 mm           | 0.16              |                |
| Pipe Types: Plastigama PVC Presión AF Roscable | Hydronic Supply    | 19 mm           | 0.18              |                |
| Pipe Types: Plastigama PVC Presión AF Roscable | Hydronic Supply    | 19 mm           | 1.24              |                |
| Pipe Types: Plastigama PVC Presión AF Roscable | Hydronic Supply    | 19 mm           | 0.16              |                |
| Pipe Types: Plastigama PVC Presión AF Roscable | Hydronic Supply    | 19 mm           | 0.84              |                |
| Pipe Types: Plastigama PVC Presión AF Roscable | Hydronic Supply    | 19 mm           | 0.42              |                |
| Pipe Types: Plastigama PVC Presión AF Roscable | Hydronic Supply    | 19 mm           | 1.47              |                |
| Pipe Types: Plastigama PVC Presión AF Roscable | Hydronic Supply    | 19 mm           | 0.81              |                |
| Pipe Types: Plastigama PVC Presión AF Roscable | Hydronic Supply    | 19 mm           | 2.04              |                |
| Pipe Types: Plastigama PVC Presión AF Roscable | Hydronic Supply    | 19 mm           | 2.24              |                |
| Pipe Types: Plastigama PVC Presión AF Roscable | Hydronic Supply    | 19 mm           | 1.03              |                |
| Pipe Types: Plastigama PVC Presión AF Roscable | Hydronic Supply    | 19 mm           | 1.76              |                |
| Pipe Types: Plastigama PVC Presión AF Roscable | Hydronic Supply    | 19 mm           | 0.43              |                |
| Pipe Types: Plastigama PVC Presión AF Roscable | Hydronic Supply    | 19 mm           | 2.04              |                |
| Pipe Types: Plastigama PVC Presión AF Roscable | Hydronic Supply    | 19 mm           | 1.65              |                |
| Pipe Types: Plastigama PVC Presión AF Roscable | Hydronic Supply    | 19 mm           | 2.04              |                |
| Pipe Types: Plastigama PVC Presión AF Roscable | Hydronic Supply    | 19 mm           | 1.2               |                |
| Pipe Types: Plastigama PVC Presión AF Roscable | Hydronic Supply    | 19 mm           | 2.24              |                |
| Pipe Types: Plastigama PVC Presión AF Roscable | Hydronic Supply    | 19 mm           | 2.04              |                |
| Pipe Types: Plastigama PVC Presión AF Roscable | Hydronic Supply    | 19 mm           | 2.04              |                |
| Pipe Types: Plastigama PVC Presión AF Roscable | Hydronic Supply    | 19 mm           | 0.25              |                |
| Pipe Types: Plastigama PVC Presión AF Roscable | Hydronic Supply    | 19 mm           | 1.18              | 42.25          |
| Pipe Types: Plastigama PVC Presión AF Roscable | Hydronic Supply    | 25 mm           | 1.04              |                |
| Pipe Types: Plastigama PVC Presión AF Roscable | Hydronic Supply    | 25 mm           | 0.1               |                |
| Pipe Types: Plastigama PVC Presión AF Roscable | Hydronic Supply    | 25 mm           | 1.99              |                |
| Pipe Types: Plastigama PVC Presión AF Roscable | Hydronic Supply    | 25 mm           | 1.51              |                |
| Pipe Types: Plastigama PVC Presión AF Roscable | Hydronic Supply    | 25 mm           | 0.06              |                |

[illegible]

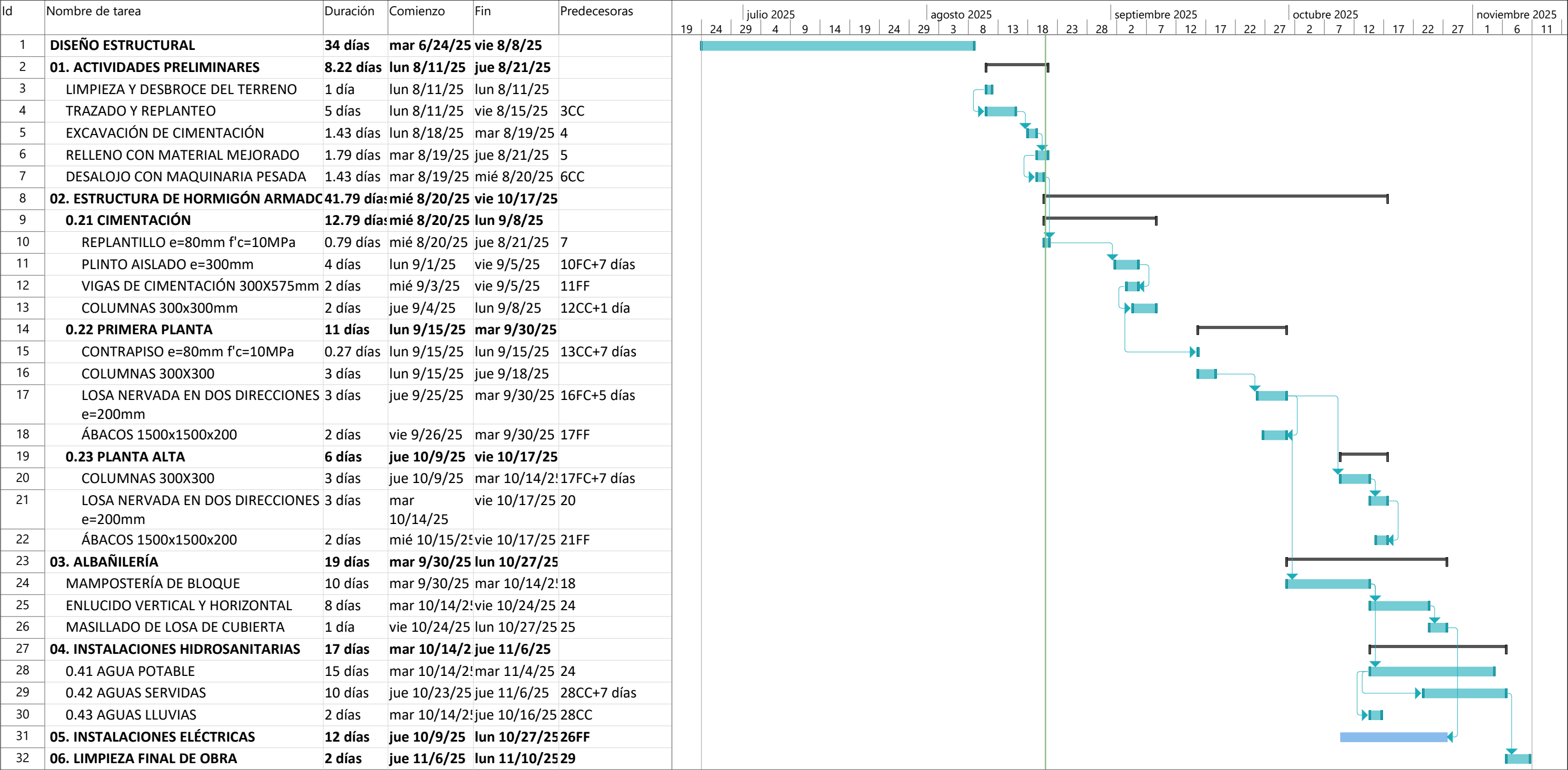


TABLA DE LONGITUD DE TUBERÍAS DE AA.SS

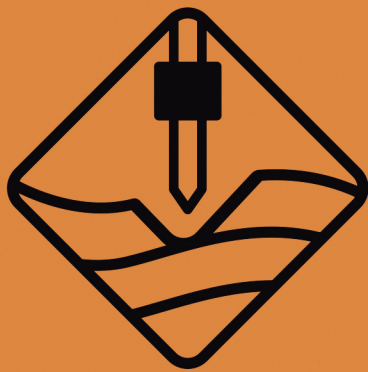
| Family and Type                              | System Type | Diameter | Length [m] | Column1 |
|----------------------------------------------|-------------|----------|------------|---------|
| Pipe Types: PLASTIGAMA Sanitaria PVC Desagüe | Sanitary    | 50 mm    | 0.89       |         |
| Pipe Types: PLASTIGAMA Sanitaria PVC Desagüe | Sanitary    | 50 mm    | 0.23       |         |
| Pipe Types: PLASTIGAMA Sanitaria PVC Desagüe | Sanitary    | 50 mm    | 0.57       |         |
| Pipe Types: PLASTIGAMA Sanitaria PVC Desagüe | Sanitary    | 50 mm    | 0.13       |         |
| Pipe Types: PLASTIGAMA Sanitaria PVC Desagüe | Sanitary    | 50 mm    | 0.19       |         |
| Pipe Types: PLASTIGAMA Sanitaria PVC Desagüe | Sanitary    | 50 mm    | 1.03       |         |
| Pipe Types: PLASTIGAMA Sanitaria PVC Desagüe | Sanitary    | 50 mm    | 0.01       |         |
| Pipe Types: PLASTIGAMA Sanitaria PVC Desagüe | Sanitary    | 50 mm    | 1.39       |         |
| Pipe Types: PLASTIGAMA Sanitaria PVC Desagüe | Sanitary    | 50 mm    | 0.08       |         |
| Pipe Types: PLASTIGAMA Sanitaria PVC Desagüe | Sanitary    | 50 mm    | 0.89       |         |
| Pipe Types: PLASTIGAMA Sanitaria PVC Desagüe | Sanitary    | 50 mm    | 0.22       |         |
| Pipe Types: PLASTIGAMA Sanitaria PVC Desagüe | Sanitary    | 50 mm    | 0.57       |         |
| Pipe Types: PLASTIGAMA Sanitaria PVC Desagüe | Sanitary    | 50 mm    | 0.14       |         |
| Pipe Types: PLASTIGAMA Sanitaria PVC Desagüe | Sanitary    | 50 mm    | 0.19       |         |
| Pipe Types: PLASTIGAMA Sanitaria PVC Desagüe | Sanitary    | 50 mm    | 0.9        |         |
| Pipe Types: PLASTIGAMA Sanitaria PVC Desagüe | Sanitary    | 50 mm    | 0.19       |         |
| Pipe Types: PLASTIGAMA Sanitaria PVC Desagüe | Sanitary    | 50 mm    | 0.54       |         |
| Pipe Types: PLASTIGAMA Sanitaria PVC Desagüe | Sanitary    | 50 mm    | 0.17       |         |
| Pipe Types: PLASTIGAMA Sanitaria PVC Desagüe | Sanitary    | 50 mm    | 0.21       |         |
| Pipe Types: PLASTIGAMA Sanitaria PVC Desagüe | Sanitary    | 50 mm    | 0.83       |         |
| Pipe Types: PLASTIGAMA Sanitaria PVC Desagüe | Sanitary    | 50 mm    | 0.38       |         |
| Pipe Types: PLASTIGAMA Sanitaria PVC Desagüe | Sanitary    | 50 mm    | 0.12       |         |
| Pipe Types: PLASTIGAMA Sanitaria PVC Desagüe | Sanitary    | 50 mm    | 0.83       |         |
| Pipe Types: PLASTIGAMA Sanitaria PVC Desagüe | Sanitary    | 50 mm    | 0.06       |         |
| Pipe Types: PLASTIGAMA Sanitaria PVC Desagüe | Sanitary    | 50 mm    | 0.2        |         |
| Pipe Types: PLASTIGAMA Sanitaria PVC Desagüe | Sanitary    | 50 mm    | 0.09       |         |
| Pipe Types: PLASTIGAMA Sanitaria PVC Desagüe | Sanitary    | 50 mm    | 0.13       | 11.18   |
| Pipe Types: PLASTIGAMA Sanitaria PVC Desagüe | Sanitary    | 75 mm    | 0.34       |         |
| Pipe Types: PLASTIGAMA Sanitaria PVC Desagüe | Sanitary    | 75 mm    | 0.24       |         |
| Pipe Types: PLASTIGAMA Sanitaria PVC Desagüe | Sanitary    | 75 mm    | 0.29       |         |
| Pipe Types: PLASTIGAMA Sanitaria PVC Desagüe | Sanitary    | 75 mm    | 0.06       |         |
| Pipe Types: PLASTIGAMA Sanitaria PVC Desagüe | Sanitary    | 75 mm    | 0.91       |         |
| Pipe Types: PLASTIGAMA Sanitaria PVC Desagüe | Sanitary    | 75 mm    | 0.27       |         |
| Pipe Types: PLASTIGAMA Sanitaria PVC Desagüe | Sanitary    | 75 mm    | 0.02       |         |
| Pipe Types: PLASTIGAMA Sanitaria PVC Desagüe | Sanitary    | 75 mm    | 0.19       |         |
| Pipe Types: PLASTIGAMA Sanitaria PVC Desagüe | Sanitary    | 75 mm    | 0.12       |         |
| Pipe Types: PLASTIGAMA Sanitaria PVC Desagüe | Sanitary    | 75 mm    | 0.97       |         |
| Pipe Types: PLASTIGAMA Sanitaria PVC Desagüe | Sanitary    | 75 mm    | 0.32       |         |
| Pipe Types: PLASTIGAMA Sanitaria PVC Desagüe | Sanitary    | 75 mm    | 0.24       |         |
| Pipe Types: PLASTIGAMA Sanitaria PVC Desagüe | Sanitary    | 75 mm    | 0.18       |         |
| Pipe Types: PLASTIGAMA Sanitaria PVC Desagüe | Sanitary    | 75 mm    | 0.12       |         |
| Pipe Types: PLASTIGAMA Sanitaria PVC Desagüe | Sanitary    | 75 mm    | 0.17       |         |
| Pipe Types: PLASTIGAMA Sanitaria PVC Desagüe | Sanitary    | 75 mm    | 0.34       |         |
| Pipe Types: PLASTIGAMA Sanitaria PVC Desagüe | Sanitary    | 75 mm    | 0.24       |         |
| Pipe Types: PLASTIGAMA Sanitaria PVC Desagüe | Sanitary    | 75 mm    | 0.94       |         |

[illegible]

|                                              |          |        |      |       |
|----------------------------------------------|----------|--------|------|-------|
| Pipe Types: PLASTIGAMA Sanitaria PVC Desagüe | Sanitary | 75 mm  | 2.58 |       |
| Pipe Types: PLASTIGAMA Sanitaria PVC Desagüe | Sanitary | 75 mm  | 3.59 |       |
| Pipe Types: PLASTIGAMA Sanitaria PVC Desagüe | Sanitary | 75 mm  | 0.03 | 39.19 |
| Pipe Types: PLASTIGAMA Sanitaria PVC Desagüe | Sanitary | 110 mm | 3.36 |       |
| Pipe Types: PLASTIGAMA Sanitaria PVC Desagüe | Sanitary | 110 mm | 4.36 |       |
| Pipe Types: PLASTIGAMA Sanitaria PVC Desagüe | Sanitary | 110 mm | 7.02 |       |
| Pipe Types: PLASTIGAMA Sanitaria PVC Desagüe | Sanitary | 110 mm | 8.98 |       |
| Pipe Types: PLASTIGAMA Sanitaria PVC Desagüe | Sanitary | 110 mm | 3.38 | 27.1  |







# **GEOSTUDIOS**

**ESTUDIO DE SUELOS**



**GEOSTUDIOS**  
ESTUDIO DE SUELOS

# **ESTUDIO PRELIMINAR DE MECÁNICA DE SUELOS**

PROYECTO:

**Proyecto Vivienda Residencial Catalina García**

UBICACIÓN:

**Parroquia Crucita, sector Los Arenales - Portoviejo**

PROPIETARIO:

**Catalina Elizabeth García Cerón**

CLAVE CATASTRAL DEL PREDIO:

**1005031016000000**

REALIZADO POR:

**Ing. Michael Sam Giler Sánchez**

REVISADO POR:

**Ing. José Martín Véliz Rivadeneira**

**Portoviejo, 22 de noviembre de 2024**



# ÍNDICE DE SÍMBOLOS

|                                           |   |                                                        |
|-------------------------------------------|---|--------------------------------------------------------|
| <b>CI</b>                                 | : | Cota inicial                                           |
| <b>CF</b>                                 | : | Cota final                                             |
| <b>SUCS</b>                               | : | Sistema Unificado de Clasificación de Suelos           |
| <b>ID</b>                                 | : | Identificación del suelo                               |
| <b>NF</b>                                 | : | Nivel Freático                                         |
| <b>NSPT</b>                               | : | Número de golpes SPT tomados en campo                  |
| <b>Grava</b>                              | : | Porcentaje de gravas que tiene el suelo                |
| <b>Arena</b>                              | : | Porcentaje de arenas que tiene el suelo                |
| <b>Fino</b>                               | : | Porcentaje de finos que tiene el suelo                 |
| <b>LL</b>                                 | : | Límite Líquido del suelo                               |
| <b>LP</b>                                 | : | Límite Plástico del suelo                              |
| <b>IP</b>                                 | : | Índice Plástico del suelo                              |
| <b>W</b>                                  | : | Humedad del suelo                                      |
| <b><math>\gamma_{\text{suelo}}</math></b> | : | Peso específico del suelo                              |
| <b><math>\sigma</math></b>                | : | Esfuerzo total del suelo                               |
| <b><math>\mu</math></b>                   | : | Presión de poros                                       |
| <b><math>\sigma_{\text{ef}}</math></b>    | : | Esfuerzo efectivo del suelo                            |
| <b>C</b>                                  | : | Factor de corrección para golpes SPT                   |
| <b>C<sub>N</sub></b>                      | : | Factor de corrección para suelos granulares            |
| <b>N<sub>60</sub></b>                     | : | Número de golpes SPT corregidos                        |
| <b>(N<sub>1</sub>)<sub>60</sub></b>       | : | Número de golpes SPT corregidos para suelos granulares |
| <b>C<sub>u</sub></b>                      | : | Cohesión no drenada del suelo                          |
| <b>S<sub>u</sub></b>                      | : | Resistencia al corte no drenado del suelo              |
| <b>C<sub>ef</sub></b>                     | : | Cohesión efectiva del suelo                            |
| <b><math>\Phi_{\text{ef}}</math></b>      | : | Ángulo de fricción efectiva del suelo                  |
| <b>B</b>                                  | : | Base de la zapata                                      |
| <b>L</b>                                  | : | Largo de la zapata                                     |
| <b>h</b>                                  | : | Espesor de zapata                                      |
| <b>D<sub>f</sub></b>                      | : | Desplante hasta la base de la zapata                   |
| <b>e</b>                                  | : | Espesor de mejoramiento del suelo                      |
| <b>P</b>                                  | : | Carga Puntual de diseño para el análisis geotécnico    |
| <b>q<sub>u</sub></b>                      | : | Capacidad portante última del suelo                    |
| <b>FS</b>                                 | : | Factor de seguridad                                    |
| <b>q<sub>adm</sub></b>                    | : | Capacidad portante admisible del suelo                 |
| <b>K</b>                                  | : | Módulo de reacción del suelo o Módulo de Balasto       |

# CONTENIDO

## 1.0 INTRODUCCIÓN

## 2.0 OBJETIVOS

- 2.1 OBJETIVO GENERAL
- 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

## 3.0 INVESTIGACIÓN INICIAL

- 3.1 DENSIDAD DE INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA
- 3.2 CARACTERÍSTICAS DEL PREDIO
- 3.3 CARACTERÍSTICAS DE LA ESTRUCTURA
- 3.4 UBICACIÓN DEL PROYECTO
- 3.5 METODOLOGÍA UTILIZADA
- 3.6 UBICACIÓN DEL PREDIO Y COORDENADAS

## 4.0 ESTANDARIZACIÓN DE EQUIPO SPT

## 5.0 CÁLCULOS Y RESULTADOS

- 5.1 PERFIL ESTRATIGRÁFICO SPT 1
- 5.2 PARÁMETROS MECÁNICOS DEL SUELO SPT 1
- 5.3 PERFIL ESTRATIGRÁFICO SPT 2
- 5.4 PARÁMETROS MECÁNICOS DEL SUELO SPT 2
- 5.5 ALTERNATIVAS DE ESTABILIZACIÓN DEL SUELO
- 5.6 DIMENSIONAMIENTO DE LA CIMENTACIÓN
- 5.7 CAPACIDADES ADMISIBLES DEL SUELO EN CADA SONDEO
- 5.8 TIPO DE CIMENTACIÓN RECOMENDADA

## 6.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- 6.1 ESTRATIGRAFÍA
- 6.2 NIVEL FREÁTICO Y N° SPT POR METRO
- 6.3 RECOMENDACIONES PARA EL INGENIERO ESTRUCTURAL
- 6.4 RECOMENDACIONES PARA ESTABILIZACIÓN DEL SUELO
- 6.5 POSIBILIDAD DE LICUEFACCIÓN
- 6.6 RECOMENDACIONES GENERALES

## 7.0 ANEXOS

- 7.1 ANEXOS 1. CRITERIOS DE LICUEFACCIÓN
- 7.2 ANEXOS 2. FOTOGRAFÍAS DEL TRABAJO EN CAMPO
- 7.3 ANEXOS 3. ENSAYOS DE LABORATORIO
- 7.4 ANEXOS 4. MEMORIA DE CÁLCULO DEL SOFTWARE GEO5
- 7.5 ANEXOS 5. FÓRMULAS UTILIZADAS PARA PARÁMETROS DE SUELOS



## 1.0 INTRODUCCIÓN

En el presente informe preliminar se presentan los resultados, conclusiones y recomendaciones obtenidas a partir del análisis geotécnico. En el documento se relaciona toda la información previa obtenida, las características del sitio y del entorno en general, así como la investigación de campo realizada con los respectivos ensayos de laboratorio. Luego se desarrolla el análisis de los datos obtenidos, tanto en campo como en laboratorio, para determinar las características del subsuelo, su estratigrafía y llevar a cabo una interpretación geotécnica. Finalmente, se presentan las conclusiones.

## 2.0 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GENERAL

El objetivo principal de esta investigación consiste en determinar las características geotécnicas del suelo donde se implantará el proyecto.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1 Determinar las propiedades físicas de los suelos
- 2 Determinar las propiedades mecánicas de los suelos, mediante correlaciones
- 3 Establecer la profundidad del nivel freático
- 4 Calcular la capacidad admisible y capacidad última
- 5 Determinar clasificación sísmica
- 6 Recomendar al diseñador y constructor del proyecto la estabilización de suelos

## 3.0 INVESTIGACIÓN INICIAL

Se recopiló la información general del proyecto, la misma que fue facilitada por el solicitante del proyecto, se realizó una inspección de campo para determinar las condiciones generales del terreno.

### 3.1 DENSIDAD DE INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA

El nivel de investigación geotécnica está relacionado con el nivel del diseño, el tamaño y tipo de estructura, el tamaño del sitio, además de otros factores que dependen del sitio (como la geometría de la estructura) y del alcance del trabajo según lo establecido en el informe geotécnico. Para determinar la densidad de esta investigación, se analizaron tablas basadas en experiencias empíricas, las cuales deben considerarse como "guías" y no como reglas inviolables. Lo único que debe cumplirse es que la investigación proporcione la información requerida según el alcance del informe geotécnico.

El presente estudio de mecánica de suelos se considera "Preliminar" debido a que no se han proporcionado las áreas cooperantes ni cargas de servicio provenientes de las columnas para el dimensionamiento de la cimentación, además no se han llevado a cabo ensayos ni cálculos para la estimación de asentamientos.

Se realizaron DOS (2) exploraciones geotécnicas en un lugar específico, con el objetivo de cubrir toda el área de implantación de la futura edificación. A continuación se presentan las coordenadas de las exploraciones geotécnicas en el sistema UTM WGS84 / Zona 17 S:

#### Coordenadas de puntos de exploración:

- |   |                   |              |
|---|-------------------|--------------|
| 1 | Coordenadas en X: | 551952.92 m  |
|   | Coordenadas en Y: | 9905527.81 m |
| 2 | Coordenadas en X: | 551954.53 m  |
|   | Coordenadas en Y: | 9905535.33 m |

### 3.2 CARACTERÍSTICAS DEL PREDIO

El lote destinado para la ejecución del proyecto posee las siguientes características:

|   |                                             |   |                               |
|---|---------------------------------------------|---|-------------------------------|
| 1 | Área total                                  | : | 260.00 m <sup>2</sup>         |
| 2 | Acera                                       | : | NO                            |
| 3 | Obras de drenaje                            | : | SI                            |
| 4 | Fecha del estudio (SPT)                     | : | martes, 22 de octubre de 2024 |
| 5 | Clave catastral                             | : | 10050310160000000             |
| 6 | Elemento de Referencia                      | : | CALLE PRINCIPAL               |
| 7 | Cota de suelo respecto a referencia (SPT 1) | : | -0.63 m                       |
| 8 | Cota de suelo respecto a referencia (SPT 2) | : | -0.35 m                       |

### 3.3 CARACTERÍSTICAS DE LA ESTRUCTURA

La estructura del proyecto en mención, posee las siguientes características:

|   |                            |   |                       |
|---|----------------------------|---|-----------------------|
| 1 | Área de construcción total | : | 270.00 m <sup>2</sup> |
| 2 | Área de implantación       | : | 119.76 m <sup>2</sup> |
| 3 | Número de plantas          | : | 2                     |
| 4 | Tipo de estructura         | : | HORMIGÓN ARMADO       |
| 5 | Tipo de cubierta           | : | HORMIGÓN ARMADO       |

### 3.4 UBICACIÓN DEL PROYECTO

|   |                  |   |                                                     |
|---|------------------|---|-----------------------------------------------------|
| 1 | Dirección        | : | Parroquia Crucita, sector Los Arenales - Portoviejo |
| 2 | Coordenadas en X | : | 551952.92 m                                         |
| 3 | Coordenadas en Y | : | 9905527.81 m                                        |

### 3.5 METODOLOGÍA UTILIZADA

Para la ejecución de este estudio preliminar, se realizaron varios procedimientos tecnológicos, los mismos, que se describen a continuación:

**Ensayo de SPT:** Consistió en la visita al sitio y la ejecución de dos sondeos exploratorios de seis metros de profundidad, con un equipo de perforación dinámica, (ver gráfico de ubicación de la perforación). La metodología utilizada para la realización de la investigación es la normalizada como ASTM D 1586, conocida como Ensayo de Penetración Estándar (Standard Penetration Test). El ensayo consiste en contar el número de golpes necesarios para hacer penetrar un elemento normalizado (cuchara partida) a una distancia de 0.45 m. en el suelo.

**Caracterización en laboratorio:** Al ejecutar las perforaciones se tomaron muestras de naturaleza alterada, consideradas representativas del perfil natural del terreno. Las muestras recuperadas se clasificaron en forma visual y en laboratorio mediante los respectivos ensayos de caracterización.

**Toma de coordenadas y niveles:** Mediante la técnica de posicionamiento RTK y el nivel de precisión obtuvimos las coordenadas y niveles del terreno.

**Trabajo de gabinete:** Una vez recibida toda la información, del ensayo de SPT, información de los equipos de topográficos, se procede a realizar el análisis, elaboración y redacción del presente estudio.

### 3.6 UBICACIÓN DEL PREDIO Y COORDENADAS



 = PUNTOS DE EXPLORACIÓN

 = ELEMENTO DE REFERENCIA



#### 4.0 ESTANDARIZACIÓN DE EQUIPO SPT

La estandarización de nuestro equipo de SPT está calculada mediante el método de pérdida energética propuesto por Seed y colaboradores (1985) y Skempton (1986). Las ecuaciones y variables han sido obtenidas a partir del libro "Fundamentos de Ingeniería de cimentaciones. Séptima Edición" de Braja M. Das.

$$N_{60} = \frac{N_{SPT} (\eta_H * \eta_B * \eta_S * \eta_R)}{60}$$

Donde:

**N<sub>60</sub>**= Número de penetración estándar, corregido por las condiciones en el campo.

**N<sub>SPT</sub>**= Número de penetración medido en campo.

**η<sub>H</sub>**= Eficiencia del martillo (%).

**η<sub>B</sub>**= Corrección para el diámetro de la perforación.

**η<sub>S</sub>**= Corrección del muestreador.

**η<sub>R</sub>**= Corrección para la longitud de la varilla.

##### Determinación del coeficiente η<sub>H</sub>

| Variación de n <sub>H</sub> |                  |                         |                    |
|-----------------------------|------------------|-------------------------|--------------------|
| País                        | Tipo de martillo | Liberación del martillo | n <sub>H</sub> (%) |
| Japón                       | Anillos          | Caída libre             | 78                 |
|                             | Anillos          | Cuerda y polea          | 67                 |
| Estados Unidos              | Seguridad        | Cuerda y polea          | 60                 |
|                             | Anillos          | Cuerda y polea          | 45                 |
| Argentina                   | Anillos          | Cuerda y polea          | 45                 |
| China                       | Anillos          | Caída libre             | 60                 |
|                             | Anillos          | Cuerda y polea          | 50                 |

Nuestro equipo SPT es de procedencia de Estados Unidos de Cuerda y Polea, con un martillo tipo Seguridad, por lo tanto, el valor de η<sub>H</sub> es igual a 60

##### Determinación del coeficiente η<sub>B</sub>

| Variación de n <sub>B</sub> |                |
|-----------------------------|----------------|
| Diámetro (mm)               | n <sub>B</sub> |
| 60-120                      | 1              |
| 150                         | 1.05           |
| 200                         | 1.15           |

Debido a que en el proceso de perforación no realizamos un barrenado a partir del segundo metro de perforación, el valor de η<sub>B</sub> es igual a 0.90

##### Determinación del coeficiente η<sub>S</sub>

| Variación de n <sub>S</sub>                  |                |
|----------------------------------------------|----------------|
| Variable                                     | n <sub>S</sub> |
| Muestreador estándar                         | 1              |
| Con recubrimiento para arena densa y arcilla | 0.8            |
| Con recubrimiento para arena suelta          | 0.9            |

Nuestro equipo posee un muestreador estándar, por lo tanto, el valor de η<sub>S</sub> es igual a 1

### Determinación de coeficiente $\eta_R$

| Variación de $n_R$         |       |
|----------------------------|-------|
| Longitud de la varilla (m) | $n_R$ |
| > 10                       | 1     |
| 6 – 10                     | 0.95  |
| 4 – 6                      | 0.85  |
| 0 - 4                      | 0.75  |

Para las profundidades de 0 metros a 4 metros usaremos un valor de  $\eta_R$  igual a 0.75 y para las profundidades de 5 metros a 6 metros usaremos un valor de  $\eta_R$  igual a 0.85

### Factor de corrección por eficiencia energética

Hay un consenso mundial en que los valores  $N_{SPT}$  deben ser normalizados (o referidos) a una Energía Estándar de entrada del 60% respecto a la energía teórica por caída libre, debe ser considerada como referencia ( $N_{60}$ ).

$$N_{60} = N_{SPT} * C$$

Por lo tanto, el factor (C) por el cual deberían ser afectados los valores  $N_{SPT}$  de campo obtenidos para referirlos a energía incidente del 60% será igual a la siguiente ecuación:

$$C = \frac{(\eta_H * \eta_B * \eta_S * \eta_R)}{60}$$

Obteniendo los siguientes resultados:

| Determinación del Factor (C) |          |          |          |          |      |
|------------------------------|----------|----------|----------|----------|------|
| Profundidad                  | $\eta_H$ | $\eta_B$ | $\eta_S$ | $\eta_R$ | C    |
| 1 m                          | 60       | 0.90     | 1.00     | 0.75     | 0.68 |
| 2 m                          | 60       | 0.90     | 1.00     | 0.75     | 0.68 |
| 3 m                          | 60       | 0.90     | 1.00     | 0.75     | 0.68 |
| 4 m                          | 60       | 0.90     | 1.00     | 0.75     | 0.68 |
| 5 m                          | 60       | 0.90     | 1.00     | 0.85     | 0.77 |
| 6 m                          | 60       | 0.90     | 1.00     | 0.85     | 0.77 |

$$C_{(1\ m)} = 0.68$$

$$C_{(4\ m)} = 0.68$$

$$C_{(2\ m)} = 0.68$$

$$C_{(5\ m)} = 0.77$$

$$C_{(3\ m)} = 0.68$$

$$C_{(6\ m)} = 0.77$$

# CÁLCULOS Y RESULTADOS

## 5.0 CÁLCULOS Y RESULTADOS

### 5.1 PERFIL ESTRATIGRÁFICO SPT 1

|       | Cotas |       | Caracterización |                                   |    |        | SPT      | Granulometría |       |       | Límites de Consistencia |       |      |       | Estado      |
|-------|-------|-------|-----------------|-----------------------------------|----|--------|----------|---------------|-------|-------|-------------------------|-------|------|-------|-------------|
|       | CI    | CF    | SUCS            | DESCRIPCIÓN                       | ID | NF     | NsPT     | Grava         | Arena | Fino  | LL                      | LP    | IP   | W     |             |
|       | (m)   | (m)   |                 |                                   |    |        | (GOLPES) | (%)           | (%)   | (%)   | (%)                     | (%)   | (%)  | (%)   |             |
| -0.63 | -1.18 | -1.63 | ML              | Limo baja plasticidad arenoso ML  |    |        | 6        | 0.00          | 40.86 | 59.14 | 36.98                   | 27.90 | 9.08 | 19.38 | SEMI SÓLIDO |
| -1.63 | -2.18 | -2.63 | SP              | Arena mal graduada SP             |    |        | 19       | 0.00          | 95.78 | 4.22  | -                       | -     | -    | 1.83  | SEMI SÓLIDO |
| -2.63 | -3.18 | -3.63 | SP              | Arena mal graduada SP             |    | SIN NF | 43       | 0.00          | 95.78 | 4.22  | -                       | -     | -    | 1.83  | SEMI SÓLIDO |
| -3.63 | -4.18 | -4.63 | SP-SM           | Arena mal graduada con limo SP-SM |    |        | 50       | 0.24          | 88.13 | 11.63 | -                       | -     | -    | 1.93  | SEMI SÓLIDO |
| -4.63 | -5.18 | -5.63 | SP-SM           | Arena mal graduada con limo SP-SM |    |        | 50       | 0.24          | 88.13 | 11.63 | -                       | -     | -    | 1.93  | SÓLIDO      |
| -5.63 | -6.18 | -6.63 | R               | Rechazo por dureza                |    |        | 50       | -             | -     | -     | -                       | -     | -    | -     | SÓLIDO      |
| -6.63 |       |       |                 |                                   |    |        |          |               |       |       |                         |       |      |       |             |

#### SIMBOLOGÍA

|                                                                                     |                |                                                                                     |          |                                                                                     |                |                                                                                       |        |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------|--------|
|  | LIMOS          |  | ARCILLAS |  | ARENAS         |  | GRAVAS |
|  | NIVEL FREÁTICO |  | RECHAZO  |  | NO CLASIFICADO |                                                                                       |        |

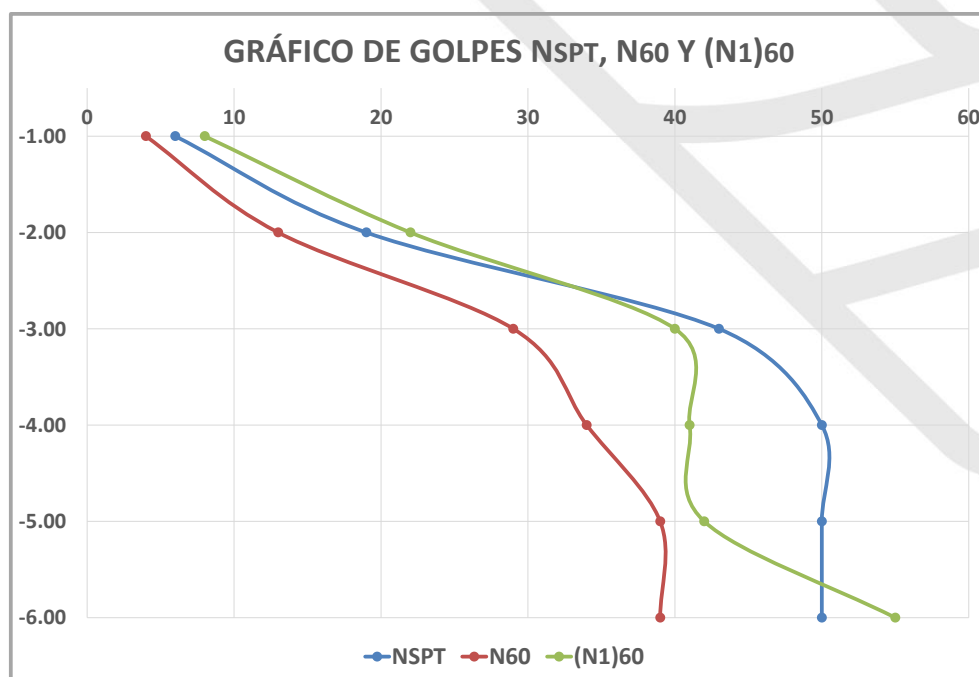
**Nota 1:** Las muestras de suelo extraídas a una profundidad de 0.00 - 1.00 metros fueron visualmente identificadas como un material No Clasificado de tipo Relleno con lutita (cascajo). Previo a la construcción, el relleno se debe remover y reemplazar por un material de mejoramiento.

**Nota 2:** Los suelos granulares, como arenas o gravas, tienen una plasticidad extremadamente baja o prácticamente nula. Debido a esta característica, no es posible llevar a cabo los ensayos de Límite Líquido y Límite Plástico.

**Nota 3:** A una profundidad de -4.50 metros, se encontró un rechazo durante el sondeo geotécnico. Debido a la alta resistencia del suelo, al intentar perforar un estrato de 15 cm, se obtuvieron más de 50 golpes SPT y se finalizó el sondeo a esa profundidad. Como resultado, todos los estratos subsiguientes se consideran también como "rechazo", lo que impide la obtención de muestras de suelo para ensayos de laboratorio y golpes SPT en los siguientes estratos.

## 5.2 PARÁMETROS MECÁNICOS DEL SUELO SPT 1

| SUCS           | Esfuerzos               |                      |                      |                      | Factor |       | N corregido |              | Resistencia  | No drenado |       | Drenado  |             |
|----------------|-------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|--------|-------|-------------|--------------|--------------|------------|-------|----------|-------------|
|                | $\gamma_{\text{suelo}}$ | $\sigma_T$           | $\mu$                | $\sigma_{ef}$        | C      | $C_N$ | $N_{60}$    | $(N_1)_{60}$ | Compacidad   | $C_u$      | $S_u$ | $C_{ef}$ | $\Phi_{ef}$ |
|                | (kN/m <sup>3</sup> )    | (kN/m <sup>2</sup> ) | (kN/m <sup>2</sup> ) | (kN/m <sup>2</sup> ) |        |       | (Golpes)    | (Golpes)     |              | (kPa)      | (kPa) | (kPa)    | (°)         |
| -0.63<br>ML    | 16.00                   | 16.00                | 0.00                 | 16.00                | 0.68   | 2.00  | 4           | 8            | Blanda       | 17.60      | 35.20 | 14.08    | 5.00        |
| -1.63<br>SP    | 18.00                   | 34.00                | 0.00                 | 34.00                | 0.68   | 1.71  | 13          | 22           | Media        | -          | -     | 0.00     | 30.91       |
| -2.63<br>SP    | 18.00                   | 52.00                | 0.00                 | 52.00                | 0.68   | 1.39  | 29          | 40           | Compacta     | -          | -     | 0.00     | 35.35       |
| -3.63<br>SP-SM | 18.00                   | 70.00                | 0.00                 | 70.00                | 0.68   | 1.20  | 34          | 41           | Compacta     | -          | -     | 0.00     | 36.68       |
| -4.63<br>SP-SM | 18.00                   | 88.00                | 0.00                 | 88.00                | 0.77   | 1.07  | 39          | 42           | Compacta     | -          | -     | 0.00     | 37.98       |
| -5.63<br>R     | -                       | -                    | -                    | -                    | 0.77   | -     | 39          | 55           | Muy Compacta | -          | -     | -        | -           |
| -6.63          |                         |                      |                      |                      |        |       |             |              |              |            |       |          |             |



**Nota:** Los parámetros mecánicos del suelo como: Peso específico ( $\gamma_{\text{suelo}}$ ), Cohesión ( $C_{ef}$ ) y Ángulo de fricción ( $\Phi_{ef}$ ); fueron obtenidos mediante correlaciones empíricas, estos valores deben ser verificados mediante un ensayo Triaxial CU.



### 5.3 PERFIL ESTRATIGRÁFICO SPT 2

|       | Cotas |       | Caracterización |                                   |    |        | SPT      | Granulometría |       |       | Límites de Consistencia |       |       |       | Estado      |
|-------|-------|-------|-----------------|-----------------------------------|----|--------|----------|---------------|-------|-------|-------------------------|-------|-------|-------|-------------|
|       | CI    | CF    | SUCS            | DESCRIPCIÓN                       | ID | NF     | NSPT     | Grava         | Arena | Fino  | LL                      | LP    | IP    | W     |             |
|       | (m)   | (m)   |                 |                                   |    |        | (GOLPES) | (%)           | (%)   | (%)   | (%)                     | (%)   | (%)   | (%)   |             |
| -0.35 | -0.90 | -1.35 | MH              | Limo alta plasticidad MH          |    |        | 8        | 0.00          | 7.45  | 92.55 | 51.28                   | 33.34 | 17.94 | 20.35 | SEMI SÓLIDO |
| -1.35 | -1.90 | -2.35 | SP-SM           | Arena mal graduada con limo SP-SM |    |        | 25       | 0.00          | 93.80 | 6.20  | -                       | -     | -     | 2.46  | SEMI SÓLIDO |
| -2.35 | -2.90 | -3.35 | SP-SM           | Arena mal graduada con limo SP-SM |    | SIN NF | 43       | 0.00          | 93.80 | 6.20  | -                       | -     | -     | 2.46  | SEMI SÓLIDO |
| -3.35 | -3.90 | -4.35 | SP-SM           | Arena mal graduada con limo SP-SM |    |        | 50       | 0.03          | 88.06 | 11.91 | -                       | -     | -     | 2.79  | SEMI SÓLIDO |
| -4.35 | -4.90 | -5.35 | SP-SM           | Arena mal graduada con limo SP-SM |    |        | 50       | 0.03          | 88.06 | 11.91 | -                       | -     | -     | 2.79  | SÓLIDO      |
| -5.35 | -5.90 | -6.35 | R               | Rechazo por dureza                |    |        | 50       | -             | -     | -     | -                       | -     | -     | -     | SÓLIDO      |
| -6.35 |       |       |                 |                                   |    |        |          |               |       |       |                         |       |       |       |             |

#### SIMBOLOGÍA

|                                                                                     |                |                                                                                     |          |                                                                                     |                |                                                                                       |        |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------|--------|
|  | LIMOS          |  | ARCILLAS |  | ARENAS         |  | GRAVAS |
|  | NIVEL FREÁTICO |  | RECHAZO  |  | NO CLASIFICADO |                                                                                       |        |

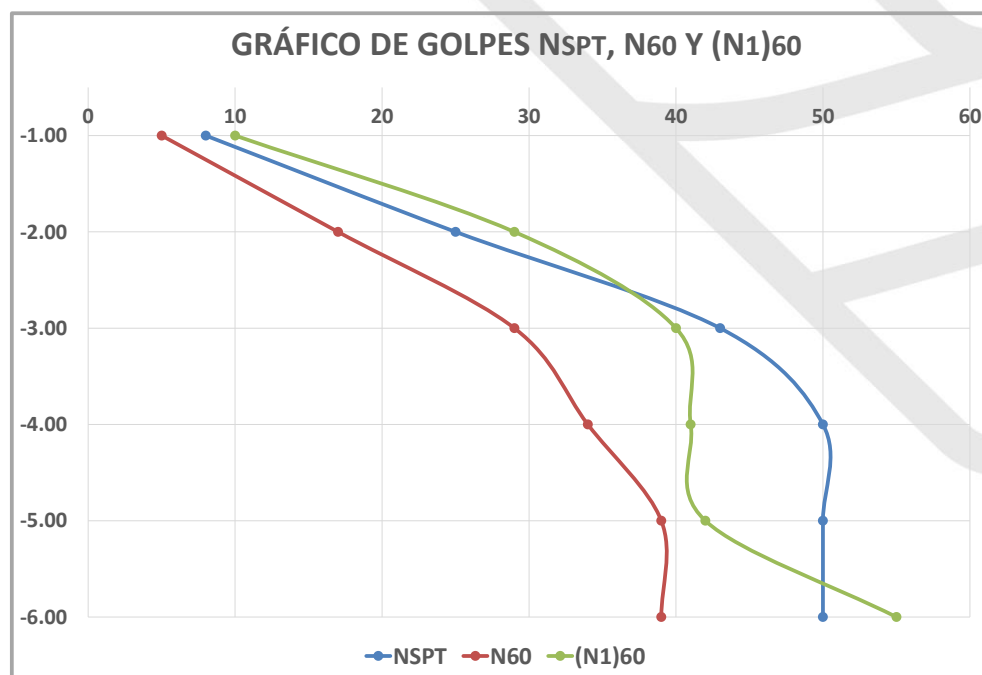
**Nota 1:** Las muestras de suelo extraídas a una profundidad de 0.00 - 1.00 metros fueron visualmente identificadas como un material No Clasificado de tipo Relleno con lutita (cascajo). Previo a la construcción, el relleno se debe remover y reemplazar por un material de mejoramiento.

**Nota 2:** Los suelos granulares, como arenas o gravas, tienen una plasticidad extremadamente baja o prácticamente nula. Debido a esta característica, no es posible llevar a cabo los ensayos de Límite Líquido y Límite Plástico.

**Nota 3:** A una profundidad de -4.50 metros, se encontró un rechazo durante el sondeo geotécnico. Debido a la alta resistencia del suelo, al intentar perforar un estrato de 15 cm, se obtuvieron más de 50 golpes SPT y se finalizó el sondeo a esa profundidad. Como resultado, todos los estratos subsiguientes se consideran también como "rechazo", lo que impide la obtención de muestras de suelo para ensayos de laboratorio y golpes SPT en los siguientes estratos.

#### 5.4 PARÁMETROS MECÁNICOS DEL SUELO SPT 2

| SUCS           | Esfuerzos               |                      |                      |                      | Factor |       | N corregido |              | Resistencia  | No drenado |       | Drenado  |             |
|----------------|-------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|--------|-------|-------------|--------------|--------------|------------|-------|----------|-------------|
|                | $\gamma_{\text{suelo}}$ | $\sigma_T$           | $\mu$                | $\sigma_{ef}$        | C      | $C_N$ | $N_{60}$    | $(N_1)_{60}$ | Compacidad   | $C_u$      | $S_u$ | $C_{ef}$ | $\Phi_{ef}$ |
|                | (kN/m <sup>3</sup> )    | (kN/m <sup>2</sup> ) | (kN/m <sup>2</sup> ) | (kN/m <sup>2</sup> ) |        |       | (Golpes)    | (Golpes)     |              | (kPa)      | (kPa) | (kPa)    | (°)         |
| -0.35<br>MH    | 16.00                   | 16.00                | 0.00                 | 16.00                | 0.68   | 2.00  | 5           | 10           | Blanda       | 22.00      | 44.00 | 17.60    | 7.00        |
| -1.35<br>SP-SM | 18.00                   | 34.00                | 0.00                 | 34.00                | 0.68   | 1.71  | 17          | 29           | Media        | -          | -     | 0.00     | 32.04       |
| -2.35<br>SP-SM | 18.00                   | 52.00                | 0.00                 | 52.00                | 0.68   | 1.39  | 29          | 40           | Compacta     | -          | -     | 0.00     | 35.35       |
| -3.35<br>SP-SM | 18.00                   | 70.00                | 0.00                 | 70.00                | 0.68   | 1.20  | 34          | 41           | Compacta     | -          | -     | 0.00     | 36.68       |
| -4.35<br>SP-SM | 18.00                   | 88.00                | 0.00                 | 88.00                | 0.77   | 1.07  | 39          | 42           | Compacta     | -          | -     | 0.00     | 37.98       |
| -5.35<br>R     | -                       | -                    | -                    | -                    | 0.77   | -     | 39          | 55           | Muy Compacta | -          | -     | -        | -           |
| -6.35          |                         |                      |                      |                      |        |       |             |              |              |            |       |          |             |

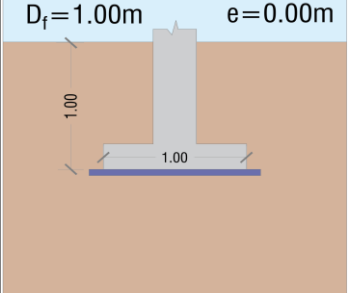


**Nota:** Los parámetros mecánicos del suelo como: Peso específico ( $\gamma_{\text{suelo}}$ ), Cohesión ( $C_{ef}$ ) y Ángulo de fricción ( $\Phi_{ef}$ ); fueron obtenidos mediante correlaciones empíricas, estos valores deben ser verificados mediante un ensayo Triaxial CU.

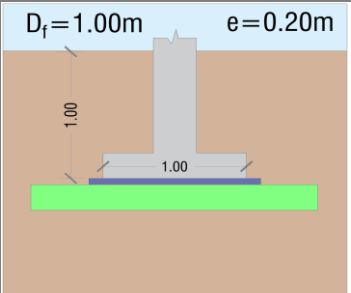
## 5.5 ALTERNATIVAS DE ESTABILIZACIÓN DEL SUELO

Para el diseño estructural de la cimentación recomendamos tres alternativas con diferentes parámetros de estabilización del suelo. Los resultados de capacidad de carga bajo la cimentación para fueron obtenidos modelando el sondeo más desfavorable y aplicando la fórmula de capacidad portante de J. Brinch-Hansen (1970) mediante el software GEO5.

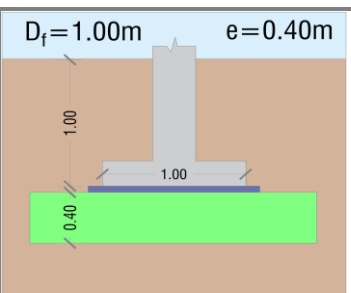
### ALTERNATIVA 1

|  | DATOS GEOTÉCNICOS                                                                                                                                                                                                        | DATOS DE CORTE Y RELLENO                                                                                                                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                   | <b>Base (B)</b> : 1.00 m<br><b>Largo (L)</b> : 1.00 m<br><b>qu</b> : 442.86 kPa<br><b>FS</b> : 3.00<br><b>qadm</b> : 147.62 kPa<br><b>qadm</b> : 15.05 T/m <sup>2</sup><br><b>K balasto</b> : 3108.62 T/m/m <sup>2</sup> | <b>Cota de corte</b> : -1.05 m<br><b>Cota de cimentación</b> : -1.00 m<br><b>Esp. Replanteo</b> : 0.05 m<br><b>Esp. Mejoramiento</b> : 0.00 m |

### ALTERNATIVA 2

|  | DATOS GEOTÉCNICOS                                                                                                                                                                                                        | DATOS DE CORTE Y RELLENO                                                                                                                                                       |
|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                    | <b>Base (B)</b> : 1.00 m<br><b>Largo (L)</b> : 1.00 m<br><b>qu</b> : 505.61 kPa<br><b>FS</b> : 3.00<br><b>qadm</b> : 168.54 kPa<br><b>qadm</b> : 17.18 T/m <sup>2</sup><br><b>K balasto</b> : 3492.42 T/m/m <sup>2</sup> | <b>Cota de corte</b> : -1.25 m<br><b>Cota de cimentación</b> : -1.00 m<br><b>Esp. Replanteo</b> : 0.05 m<br><b>Esp. Sub Base</b> : 0.20 m<br><b>Esp. Mejoramiento</b> : 0.20 m |

### ALTERNATIVA 3

|  | DATOS GEOTÉCNICOS                                                                                                                                                                                                        | DATOS DE CORTE Y RELLENO                                                                                                                                                          |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                     | <b>Base (B)</b> : 1.00 m<br><b>Largo (L)</b> : 1.00 m<br><b>qu</b> : 570.01 kPa<br><b>FS</b> : 3.00<br><b>qadm</b> : 190.00 kPa<br><b>qadm</b> : 19.37 T/m <sup>2</sup><br><b>K balasto</b> : 3886.30 T/m/m <sup>2</sup> | <b>Cota de corte</b> : -1.45 m<br><b>Cota de cimentación</b> : -1.00 m<br><b>Esp. Replanteo</b> : 0.05 m<br><b>Esp. Sub Base</b> : 0.40 m<br><b>Esp. de Mejoramiento</b> : 0.40 m |

**Nota:** En el contexto geotécnico, se considera una condición "No Drenada" cuando el agua en el suelo no puede filtrarse durante la aplicación de carga, generando presiones intersticiales al no permitir el drenaje libre del agua. Por otro lado, una condición "Drenada" se presenta cuando el suelo facilita el flujo libre de agua bajo carga, evitando la acumulación significativa de presiones intersticiales al permitir el movimiento libre del agua.

Se realizaron los cálculos con un método de análisis en condiciones "Drenadas"

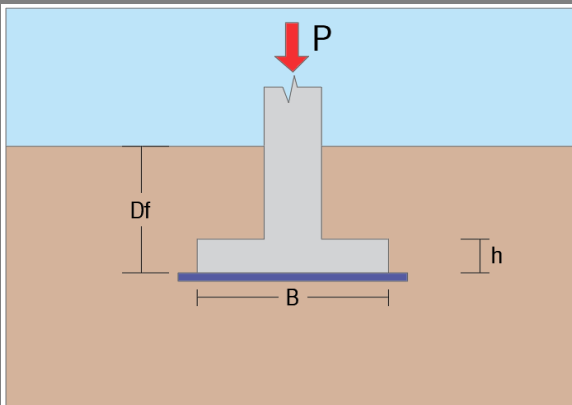
## 5.6 DIMENSIONAMIENTO DE LA CIMENTACIÓN

Para el diseño de la cimentación, se procederá a modelar un Plinto Aislado céntrico utilizando el software GEO5 (de igual forma que se realizó con las alternativas) con base en las cargas estructurales, la estratigrafía del terreno y los parámetros mecánicos del suelo obtenidos, garantizando una adecuada distribución de esfuerzos hacia el suelo, estabilidad y resistencia estructural. En el apartado Anexos 7.4 se muestra la memoria de cálculo del software GEO5 el análisis con suelo mejorado.

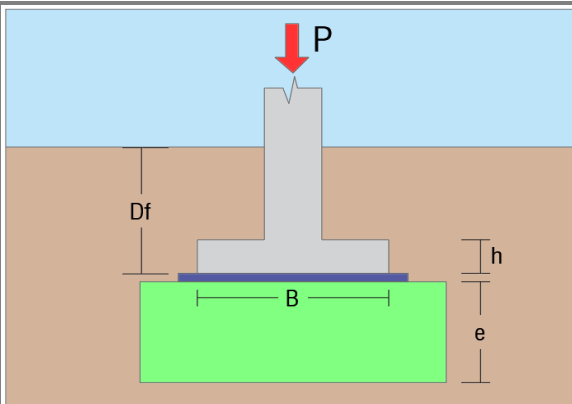
En el momento de elaborar el presente informe, no se dispuso de las cargas de servicio que serán transmitidas a la cimentación desde las columnas. Por lo tanto, se estimó una carga de diseño que pueda representar una situación crítica, teniendo en cuenta las características de la estructura y cantidad de plantas.

**1** Carga de diseño (P): 300.00 kN

### SUELO NATURAL

|  | DIMENSIONES DEL PLINTO AISLADO         |                              |
|------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|------------------------------|
|                                                                                    | Ancho de zapata (B)                    | : 1.40 m                     |
|                                                                                    | Largo de zapata (L)                    | : 1.40 m                     |
|                                                                                    | Espesor de zapata (h)                  | : 0.30 m                     |
|                                                                                    | Desplante (Df)                         | : 1.00 m                     |
|                                                                                    | Esp. de mejoramiento (e)               | : 0.00 m                     |
|                                                                                    | DATOS GEOTÉNICOS DEL SUELO EN CONTACTO |                              |
|                                                                                    | Cap. Última ( $q_u$ )                  | : 540.57 kPa                 |
|                                                                                    | Factor de Seguridad (FS)               | : 3.00                       |
|                                                                                    | Cap. Admisible ( $q_{adm}$ )           | : 180.19 kPa                 |
|                                                                                    | Cap. Admisible ( $q_{adm}$ )           | : 18.37 T/m <sup>2</sup>     |
|                                                                                    | Módulo de Balasto (K)                  | : 3706.24 T/m/m <sup>2</sup> |

### SUELO MEJORADO

|  | DIMENSIONES DEL PLINTO AISLADO         |                              |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|------------------------------|
|                                                                                     | Ancho de zapata (B)                    | : 1.30 m                     |
|                                                                                     | Largo de zapata (L)                    | : 1.30 m                     |
|                                                                                     | Espesor de zapata (h)                  | : 0.30 m                     |
|                                                                                     | Desplante (Df)                         | : 1.00 m                     |
|                                                                                     | Esp. de mejoramiento (e)               | : 0.40 m                     |
|                                                                                     | DATOS GEOTÉNICOS DEL SUELO EN CONTACTO |                              |
|                                                                                     | Cap. Última ( $q_u$ )                  | : 626.90 kPa                 |
|                                                                                     | Factor de Seguridad (FS)               | : 3.00                       |
|                                                                                     | Cap. Admisible ( $q_{adm}$ )           | : 208.97 kPa                 |
|                                                                                     | Cap. Admisible ( $q_{adm}$ )           | : 21.30 T/m <sup>2</sup>     |
|                                                                                     | Módulo de Balasto (K)                  | : 4260.28 T/m/m <sup>2</sup> |

**Nota 1:** Si durante el análisis estructural es necesario modificar las dimensiones o el tipo de cimentación, los resultados de la capacidad admisible y módulo de reacción del suelo deben ser recalculados en consecuencia.

**Nota 2:** El diseño para el armado de la cimentación queda únicamente a criterio del Ingeniero Estructural, cumpliendo con los requerimientos de flexión, cortante y momentos correspondientes.

### 5.7 CAPACIDADES ADMISIBLES DEL SUELO EN CADA SONDEO

Con base en el perfil estratigráfico y el número de golpes SPT, se empleó el software GEO5 para calcular la capacidad admisible del suelo en cada sondeo. Se realizó considerando tanto la capacidad del suelo natural como la capacidad del suelo con un estrato de mejoramiento con los siguientes datos geotécnicos:

|   |                          |   |        |
|---|--------------------------|---|--------|
| 1 | Ancho de zapata (B)      | : | 1.00 m |
| 2 | Largo de zapata (L)      | : | 1.00 m |
| 3 | Desplante (Df)           | : | 1.00 m |
| 4 | Esp. de mejoramiento (e) | : | 0.40 m |

|                                         | SPT 1                  | SPT 2                  |
|-----------------------------------------|------------------------|------------------------|
| <b>Q<sub>amd</sub> (Suelo Natural)</b>  | 15.05 T/m <sup>2</sup> | 19.57 T/m <sup>2</sup> |
| <b>Q<sub>amd</sub> (Suelo Mejorado)</b> | 19.37 T/m <sup>2</sup> | 24.51 T/m <sup>2</sup> |



**Nota:** El cálculo de todas las capacidades admisibles del suelo se realizó considerando el retiro/excavación del estrato de 1.00 m del material de tipo Relleno, el cual fue reemplazado por un material de mejoramiento compactado hasta alcanzar la cota de proyecto.

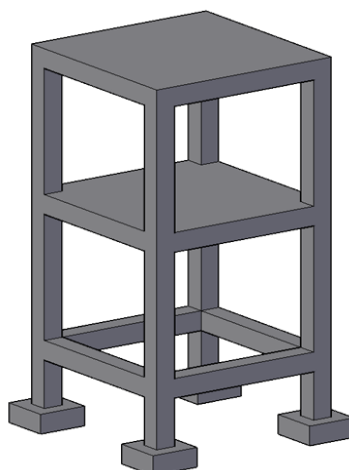
### 5.8 TIPO DE CIMENTACIÓN RECOMENDADA

#### DATOS DE LA EDIFICACIÓN Y CAPACIDAD DE SOPORTE

|                                                   |   |                              |
|---------------------------------------------------|---|------------------------------|
| Área de implantación                              | : | 119.76 m <sup>2</sup>        |
| Número de plantas                                 | : | 2                            |
| Área de construcción total                        | : | 270.00 m <sup>2</sup>        |
| Carga por área                                    | : | 1.00 T/m <sup>2</sup>        |
| Carga total de la edificación                     | : | 270.00 T                     |
| Capacidad Admisible con suelo natural menor       | : | 15.05 T/m <sup>2</sup>       |
| Capacidad Admisible con suelo mejorado menor      | : | <b>19.37 T/m<sup>2</sup></b> |
| Área total de cimentación requerida               | : | 13.94 m <sup>2</sup>         |
| Relación área de cimentación/área de implantación | : | <b>11.64%</b>                |

#### Tipo de cimentación recomendada

Plinto aislado con vigas de cimentación



**Nota:** Todas las cimentaciones de la estructura deben ser verificadas mediante un análisis de Interacción Suelo-Estructura utilizando un software estructural. Cada cimentación debe ser capaz de satisfacer los rangos de distribución de esfuerzos al suelo, asentamientos totales y asentamientos diferenciales que el Ingeniero Estructural considere adecuados para el proyecto.

# CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

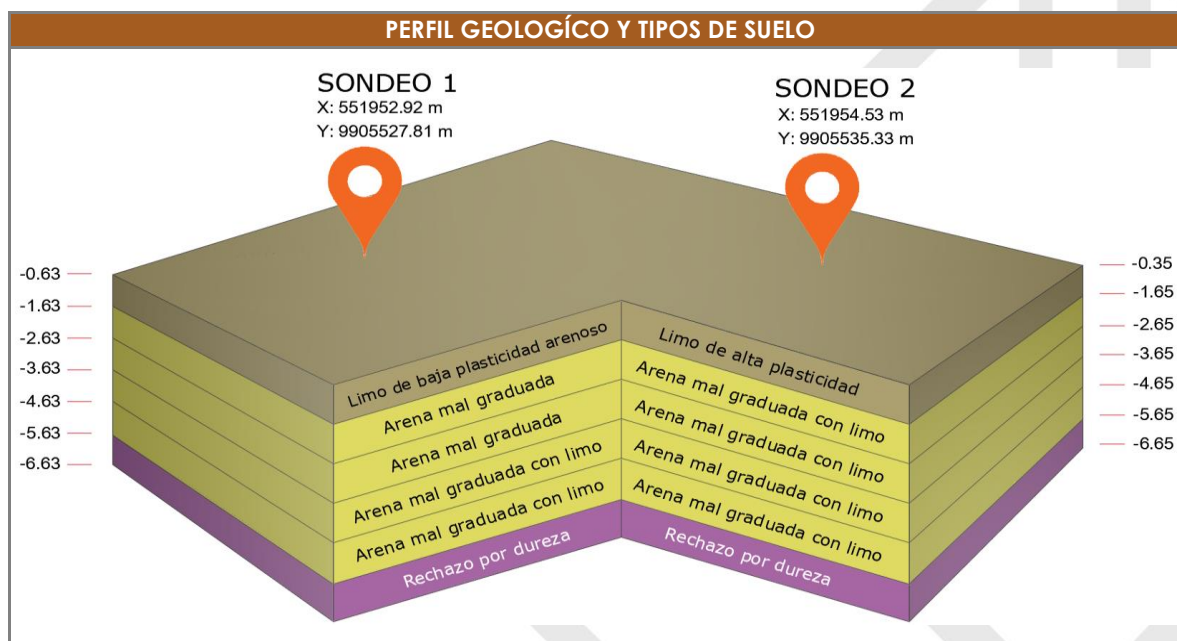


## 6.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo a la investigación teórica y práctica y en base a los resultados analíticos, determinamos los siguientes parámetros:

### 6.1 ESTRATIGRAFÍA

El suelo de estudio esta conformado por la siguiente estratigrafía:



### 6.2 NIVEL FREÁTICO Y N° SPT POR METRO

Nivel freático a partir de suelo natural :

SPT 1 : - m

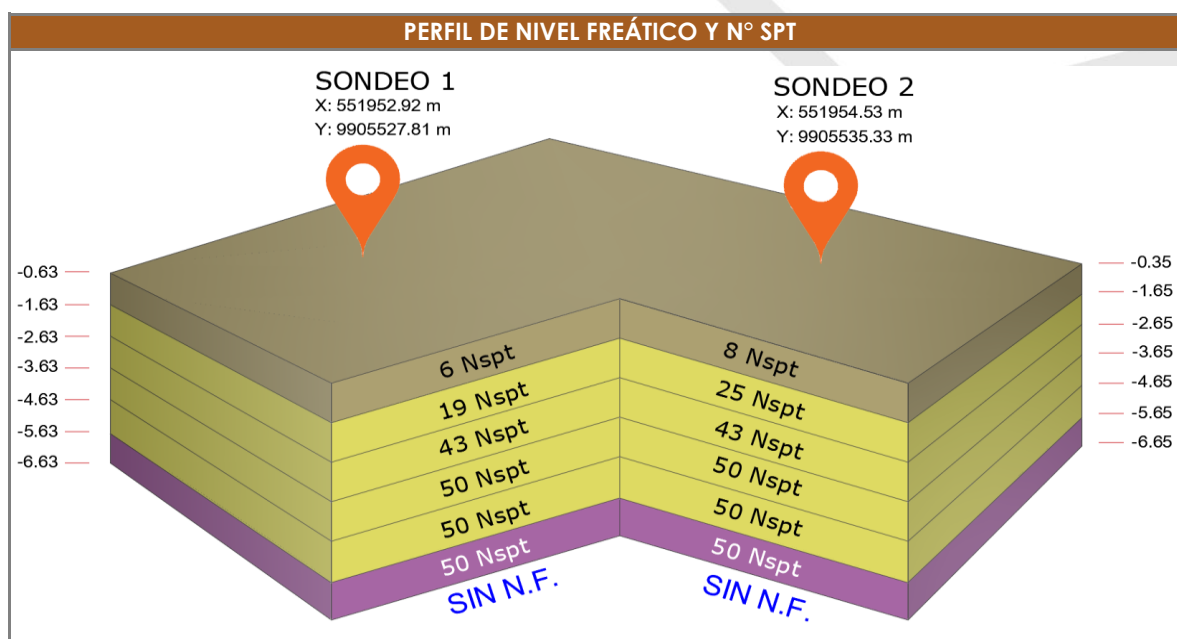
#### SPT 2

- m

Nivel freático a partir del elemento referencial :

SPT 1 : - m

SPT 2 : - m



### 6.3 RECOMENDACIONES PARA EL INGENIERO ESTRUCTURAL

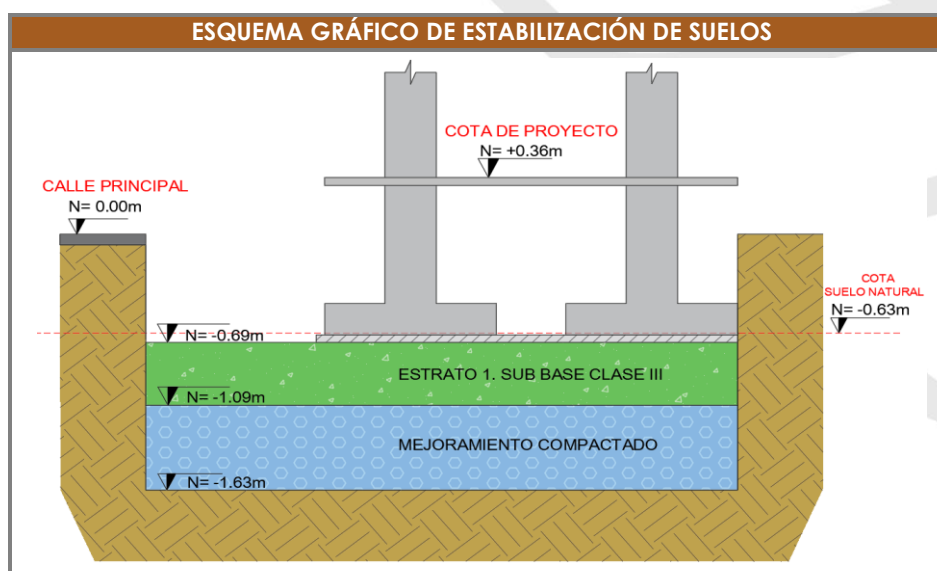
Calcular y diseñar estructuralmente la edificación con los siguientes parámetros:

|   |                                             |   |                                                |                           |
|---|---------------------------------------------|---|------------------------------------------------|---------------------------|
| 1 | Capacidad Admisible con suelo natural       | : | <b>15.05 T/m<sup>2</sup></b>                   | Software GEO5             |
| 2 | Capacidad Admisible con suelo mejorado      | : | <b>19.37 T/m<sup>2</sup></b>                   | Software GEO5             |
| 3 | Módulo de Balasto con suelo mejorado        | : | 3886.30 T/m/m <sup>2</sup>                     | Morrison (1993)           |
| 4 | Módulo de Balasto bajo vigas de cimentación | : | 971.57 T/m/m <sup>2</sup>                      | Correlación Empírica      |
| 5 | Tipo de suelo sísmico                       | : | <b>D</b>                                       | NEC-SE-DS. Sección 3.2.1. |
| 6 | Zona sísmica                                | : | <b>VI</b>                                      | NEC-SE-DS. Sección 3.1.   |
| 7 | Peligro sísmico                             | : | <b>MUY ALTO</b>                                | NEC-SE-DS. Sección 3.1.   |
| 8 | Tipo de Cimentación Recomendada             | : | <b>Plinto aislado con vigas de cimentación</b> |                           |

### 6.4 RECOMENDACIONES PARA ESTABILIZACIÓN DEL SUELO

Previo a la construcción de la edificación se recomienda estabilizar el suelo, en un área igual al área de cimentación aumentada 50 centímetros en todo su perímetro, y para la cual, se deberán tomar en cuenta los siguientes parámetros:

|    |                                             |   |                 |
|----|---------------------------------------------|---|-----------------|
| 1  | Elemento de Referencia                      | : | CALLE PRINCIPAL |
| 2  | Cota de suelo respecto a referencia (SPT 1) | : | -0.63 m         |
| 3  | Cota de proyecto                            | : | 0.36 m          |
| 4  | Cota de corte                               | : | -1.63 m         |
| 7  | Espesor de MEJORAMIENTO                     | : | 0.54 m          |
| 5  | Cota de SUB-BASE CLASE 3                    | : | -1.09 m         |
| 7  | Espesor de SUB-BASE CLASE 3                 | : | 0.40 m          |
| 8  | Espesor del replantillo                     | : | 0.05 m          |
| 9  | Estrato sobre cimentación y plataforma      | : | MEJORAMIENTO    |
| 10 | Cota de cimentación                         | : | -0.64 m         |



A partir del último estrato, proceder a fundir replantillos y posteriormente la cimentación a una cota mínima de -1.00 m desde la cota de proyecto (según la NEC-2015).

**Nota 1:** El área de estabilización puede ser puntual (por plinto) o general (toda el área de cimentación) y depende más bien de la trabajabilidad en obra y separación entre cimentación.

**Nota 2:** Realizar compactación al 95% del Proctor Modificado en cota de corte y por cada capa de 20 cm de material pétreo colocado.

**Nota 3:** Es indispensable retirar el material inconsistente de relleno tipo cascajo antes de proceder con la colocación del material de mejoramiento y la cimentación.



## 6.5 POSIBILIDAD DE LICUEFACCIÓN

De acuerdo al análisis de los criterios de licuefacción, citados en anexos 7.1 determinamos:

- 1 Posibilidad de licuefacción del suelo ante un evento sísmico de gran intensidad:

**BAJA**



## 6.6 RECOMENDACIONES GENERALES

Para el óptimo desarrollo de la construcción y en base a nuestra experiencia también como laboratorista y constructor, aconsejamos lo siguiente:

- 1 Antes de la compra del material pétreo, verificar en laboratorio de suelo o materiales, su calidad, para lo cual deberá cumplir con los siguientes parámetros físicos y químicos:

### a. PIEDRA BOLA (negra o blanca)

Desgaste a los sultatos :  $\leq 25.00 \%$   
 Desgaste a la abrasión :  $\leq 25.00 \%$

### b. FILTRANTE (negro o blanco)

Desgaste a los sultatos :  $\leq 25.00 \%$   
 Desgaste a la abrasión :  $\leq 25.00 \%$

### c. SUB BASE CLASE 3

Desgaste a los sultatos :  $\leq 40.00 \%$   
 Desgaste a la abrasión :  $\leq 30.00 \%$   
 Límite líquido :  $\leq 25.00 \%$   
 Índice plástico :  $\leq 6.00 \%$   
 Granulometría Pasante : Tamiz 3" (100%); Tamiz N°4 (30-70%); Tamiz 200 (0-20%)

### d. MEJORAMIENTO

Desgaste a los sultatos :  $\leq 50.00 \%$   
 Desgaste a la abrasión :  $\leq 30.00 \%$   
 Límite líquido :  $\leq 35.00 \%$   
 Índice plástico :  $\leq 9.00 \%$   
 Granulometría Pasante : Tamiz N°4 (100%)

- 2 Para la elaboración de hormigón de elementos estructurales, no se recomienda materiales premezclados, ya que no cumplen con la relación gruesos-finos adecuada, afectando así la resistencia y durabilidad del elemento estructural.

- 3 Realizar periódicamente controles de calidad de los hormigones elaborados en obra.

**M** En caso de suscitarse alguna duda durante el proceso de cálculo o proceso constructivo, se debe recurrir a la consulta técnica con el Ing. José Martín Véliz.



Firmado electrónicamente por:  
**JOSE MARTIN VELIZ**  
 RIVADENEIRA

**ING. JOSÉ MARTÍN VÉLIZ RIVADENEIRA**

REG. SENESCYT: 1009 - 05 - 559387  
 INGENIERO GEOSTUDIOS CÍA. LTDA.



Firmado electrónicamente por:  
**MICHAEL SAM GILER**  
 SANCHEZ

**ING. MICHAEL SAM GILER SÁNCHEZ**

REG. SENESCYT: 1009 - 2024 - 2831999  
 INGENIERO GEOSTUDIOS CÍA. LTDA.

# ANEXOS

## 7.0 ANEXOS

### 7.1 ANEXOS 1. CRITERIOS DE LICUEFACCIÓN

Durante la ocurrencia de sismos severos se ha observado sistemáticamente qué depósitos saturados de suelos granulares con deficiente grado de compactación sufren un significativo nivel de deformaciones que es incompatible con la estabilidad de cualquier estructura. Al analizar las características de las fallas se han identificado dos fenómenos, que, aunque presentan similitudes, son diferentes. En el primero existe una pérdida de resistencia, en cambio en el segundo existe una pérdida de rigidez. En el primero no es necesaria la acción permanente de la perturbación en el momento de la falla, en cambio en el segundo es necesaria la acción sísmica durante el desarrollo de las deformaciones. Para referirse a cada uno de estos fenómenos cuyo denominador común es un importante incremento de presión de poros, Casagrande (1975) propuso dos términos: Licuación verdadera y Movilidad cíclica. Un elemento de suelo sometido a una serie de tensiones cíclicas. Como consecuencia de las tensiones de corte aplicadas, la estructura no drenada del suelo tiende a ser más compacta, resultando una transferencia de tensiones a la presión de poros y por tanto, una reducción en la tensión efectiva. Si la arena está suelta, la presión de poros puede incrementarse rápidamente a un valor igual a la presión de confinamiento, y la capa de suelo puede experimentar grandes deformaciones.

Las condiciones más favorables para que se genere el proceso que lleva a la LICUEFACCIÓN de una masa de suelo, son las que se detallan a continuación:

**Nivel freático:** La presencia de agua en suelos poco cohesivos como arenas y limos de baja plasticidad.

**Origen:** Los suelos geológicamente formados por la precipitación de partículas en planicies inundadas por ríos, dan origen a suelos licuables. Por ejemplo, los limos arenosos o arenas limosas.

**Granulometría:** La presencia de arenas o limos mal graduados y con cantos redondeados. Los cantos redondeados reducen fricción y las partículas de igual tamaño permiten la formación de vacíos que reducen la densidad y resistencia del suelo.

**Densidad y profundidad:** Los suelos no cohesivos sueltos (Densidad relativa  $D_r < 35\%$ ) se contraen cuando son sometidos a vibraciones, permitiendo su dispersión y licuación. Los suelos densos ( $D_r > 65\%$ ) no son licuables porque se dilatan al vibrar. Los suelos pobremente confinados son fáciles de licuar y como la presión de confinamiento del suelo se incrementa con la profundidad, los suelos superficiales son más fáciles de licuar que los profundos.

**Baja plasticidad:** Bray & Sancio (2006) encontraron que los suelos sueltos saturados con baja plasticidad (Índice de Plasticidad  $IP < 12\%$ ) son susceptibles de licuación, y que los suelos con  $IP > 18\%$  no son susceptibles, aunque tengan esfuerzos de confinamiento muy bajos. Dicho criterio sustenta que las arenas (SP, SP-SM o SM) y limos (ML) pueden ser potencialmente licuables, según su plasticidad y humedad.



## 7.2 ANEXOS 2. FOTOGRAFÍAS DEL TRABAJO EN CAMPO

ENSAYO DE SPT 1



ENSAYO DE SPT 1



ENSAYO DE SPT 1





**ENSAYO DE SPT 2**



**ENSAYO DE SPT 2**



**ENSAYO DE SPT 2**



### 7.3 ANEXOS 3. ENSAYOS DE LABORATORIO

#### ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN

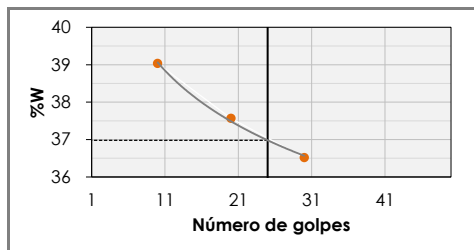
Proyecto : Proyecto Vivienda Residencial Catalina García

Fecha de ensayo : 24/10/24

Muestra : S1-01

Profundidad de la muestra : 0.55-1.00 m

| GRANULOMETRÍA |       |        |        |       |        |
|---------------|-------|--------|--------|-------|--------|
| TAMIZ         | ABER  | W.R.P. | W.R.A. | % RA  | % QP   |
|               | (mm)  | (gr)   | (gr)   | (%)   | (%)    |
| Nº 10         | 2.000 | 0.00   | 0.00   | 0.00  | 100.00 |
| Nº 40         | 0.425 | 0.02   | 0.02   | 0.02  | 99.98  |
| Nº 200        | 0.075 | 34.21  | 34.23  | 40.86 | 59.14  |



| LÍMITES DE CONSISTENCIA |    |      |       |       |       |      |      |       |       |
|-------------------------|----|------|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|
| E                       | Nº | CAP  | Wc    | Wc+h  | Wc+s  | Ww   | Golp | W     | Wt    |
|                         |    | (Nº) | (gr)  | (gr)  | (gr)  | (gr) | (Nº) | (%)   | (%)   |
| W%                      | 1  | A1   | 17.62 | 50.72 | 45.34 | 5.38 | -    | 19.41 | 19.38 |
|                         | 2  | A2   | 17.81 | 50.81 | 45.46 | 5.35 | -    | 19.35 |       |
|                         | 3  | A3   | 17.72 | 50.77 | 45.40 | 5.36 | -    | 19.38 |       |

|      |   |    |       |       |       |      |    |       |       |
|------|---|----|-------|-------|-------|------|----|-------|-------|
| LL % | 1 | A1 | 17.89 | 30.04 | 26.79 | 3.25 | 30 | 36.52 | 36.98 |
|      | 2 | A2 | 17.78 | 30.78 | 27.23 | 3.55 | 20 | 37.57 |       |
|      | 3 | A3 | 18.07 | 31.00 | 27.37 | 3.63 | 10 | 39.03 |       |

|     |   |    |       |       |       |      |   |       |       |
|-----|---|----|-------|-------|-------|------|---|-------|-------|
| LP% | 1 | A1 | 10.24 | 11.58 | 11.28 | 0.30 | - | 28.85 | 27.90 |
|     | 2 | A2 | 10.28 | 11.50 | 11.24 | 0.26 | - | 27.08 |       |
|     | 3 | A3 | 10.40 | 11.78 | 11.48 | 0.30 | - | 27.78 |       |

#### ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN

Proyecto : Proyecto Vivienda Residencial Catalina García

Fecha de ensayo : 24/10/24

Muestra : S1-02

Profundidad de la muestra : 1.55-3.00 m

| GRANULOMETRÍA |       |        |        |       |        |
|---------------|-------|--------|--------|-------|--------|
| TAMIZ         | ABER  | W.R.P. | W.R.A. | % RA  | % QP   |
|               | (mm)  | (gr)   | (gr)   | (%)   | (%)    |
| Nº 10         | 2.000 | 0.00   | 0.00   | 0.00  | 100.00 |
| Nº 40         | 0.425 | 0.03   | 0.03   | 0.03  | 99.97  |
| Nº 200        | 0.075 | 94.03  | 94.06  | 95.78 | 4.22   |

| LÍMITES DE CONSISTENCIA |    |      |       |       |       |      |      |      |      |
|-------------------------|----|------|-------|-------|-------|------|------|------|------|
| E                       | Nº | CAP  | Wc    | Wc+h  | Wc+s  | Ww   | Golp | W    | Wt   |
|                         |    | (Nº) | (gr)  | (gr)  | (gr)  | (gr) | (Nº) | (%)  | (%)  |
| W%                      | 1  | A1   | 17.86 | 50.35 | 49.76 | 0.59 | -    | 1.85 | 1.83 |
|                         | 2  | A2   | 17.77 | 50.44 | 49.86 | 0.58 | -    | 1.81 |      |
|                         | 3  | A3   | 17.82 | 50.40 | 49.81 | 0.58 | -    | 1.83 |      |

#### ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN

Proyecto : Proyecto Vivienda Residencial Catalina García

Fecha de ensayo : 24/10/24

Muestra : S1-03

Profundidad de la muestra : 3.55-5.00 m

| GRANULOMETRÍA |       |        |        |       |       |
|---------------|-------|--------|--------|-------|-------|
| TAMIZ         | ABER  | W.R.P. | W.R.A. | % RA  | % QP  |
|               | (mm)  | (gr)   | (gr)   | (%)   | (%)   |
| Nº 10         | 2.000 | 0.24   | 0.24   | 0.24  | 99.76 |
| Nº 40         | 0.425 | 0.35   | 0.59   | 0.60  | 99.40 |
| Nº 200        | 0.075 | 86.11  | 86.70  | 88.37 | 11.63 |

| LÍMITES DE CONSISTENCIA |    |      |       |       |       |      |      |      |      |
|-------------------------|----|------|-------|-------|-------|------|------|------|------|
| E                       | Nº | CAP  | Wc    | Wc+h  | Wc+s  | Ww   | Golp | W    | Wt   |
|                         |    | (Nº) | (gr)  | (gr)  | (gr)  | (gr) | (Nº) | (%)  | (%)  |
| W%                      | 1  | A1   | 18.01 | 50.50 | 49.86 | 0.64 | -    | 2.01 | 1.93 |
|                         | 2  | A2   | 17.91 | 50.44 | 49.85 | 0.59 | -    | 1.85 |      |
|                         | 3  | A3   | 17.96 | 50.47 | 49.86 | 0.61 | -    | 1.93 |      |

**ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN**
**Muestra : S2-01**

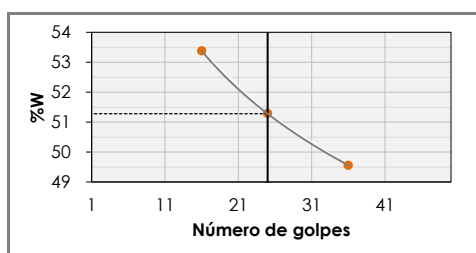
Proyecto : Proyecto Vivienda Residencial Catalina García

Fecha de ensayo : 24/10/24

Profundidad de la muestra : 0.55-1.00 m

| GRANULOMETRÍA |       |        |        |      |        |
|---------------|-------|--------|--------|------|--------|
| TAMIZ         | ABER  | W.R.P. | W.R.A. | % RA | % QP   |
|               | (mm)  | (gr)   | (gr)   | (%)  | (%)    |
| Nº 10         | 2.000 | 0.00   | 0.00   | 0.00 | 100.00 |
| Nº 40         | 0.425 | 0.22   | 0.22   | 0.26 | 99.74  |
| Nº 200        | 0.075 | 5.97   | 6.19   | 7.45 | 92.55  |

| LÍMITES DE CONSISTENCIA |    |      |       |       |       |      |      |       |       |
|-------------------------|----|------|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|
| E                       | Nº | CAP  | Wc    | Wc+h  | Wc+s  | Ww   | Golp | W     | Wt    |
|                         |    | (Nº) | (gr)  | (gr)  | (gr)  | (gr) | (Nº) | (%)   | (%)   |
| W%                      | 1  | A1   | 17.99 | 50.43 | 44.94 | 5.49 | -    | 20.37 | 20.35 |
|                         | 2  | A2   | 17.79 | 50.46 | 44.94 | 5.52 | -    | 20.33 |       |
|                         | 3  | A3   | 17.89 | 50.45 | 44.94 | 5.51 | -    | 20.35 |       |



|      |   |    |       |       |       |      |    |       |       |
|------|---|----|-------|-------|-------|------|----|-------|-------|
| LL % | 1 | A1 | 18.13 | 29.93 | 26.02 | 3.91 | 36 | 49.56 | 51.28 |
|      | 2 | A2 | 17.54 | 30.43 | 26.06 | 4.37 | 25 | 51.29 |       |
|      | 3 | A3 | 17.88 | 31.73 | 26.91 | 4.82 | 16 | 53.38 |       |

|     |   |    |       |       |       |      |   |       |       |
|-----|---|----|-------|-------|-------|------|---|-------|-------|
| LP% | 1 | A1 | 10.34 | 11.24 | 11.02 | 0.22 | - | 32.35 | 33.34 |
|     | 2 | A2 | 10.42 | 11.29 | 11.07 | 0.22 | - | 33.85 |       |
|     | 3 | A3 | 10.23 | 11.14 | 10.91 | 0.23 | - | 33.82 |       |

**ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN**
**Muestra : S2-02**

Proyecto : Proyecto Vivienda Residencial Catalina García

Fecha de ensayo : 24/10/24

Profundidad de la muestra : 1.55-3.00 m

| GRANULOMETRÍA |       |        |        |       |        |
|---------------|-------|--------|--------|-------|--------|
| TAMIZ         | ABER  | W.R.P. | W.R.A. | % RA  | % QP   |
|               | (mm)  | (gr)   | (gr)   | (%)   | (%)    |
| Nº 10         | 2.000 | 0.00   | 0.00   | 0.00  | 100.00 |
| Nº 40         | 0.425 | 0.11   | 0.11   | 0.11  | 99.89  |
| Nº 200        | 0.075 | 91.43  | 91.54  | 93.80 | 6.20   |

| LÍMITES DE CONSISTENCIA |    |      |       |       |       |      |      |      |      |
|-------------------------|----|------|-------|-------|-------|------|------|------|------|
| E                       | Nº | CAP  | Wc    | Wc+h  | Wc+s  | Ww   | Golp | W    | Wt   |
|                         |    | (Nº) | (gr)  | (gr)  | (gr)  | (gr) | (Nº) | (%)  | (%)  |
| W%                      | 1  | A1   | 17.79 | 50.75 | 49.95 | 0.80 | -    | 2.49 | 2.46 |
|                         | 2  | A2   | 17.82 | 50.57 | 49.79 | 0.78 | -    | 2.44 |      |
|                         | 3  | A3   | 17.81 | 50.66 | 49.87 | 0.79 | -    | 2.46 |      |

**ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN**
**Muestra : S2-03**

Proyecto : Proyecto Vivienda Residencial Catalina García

Fecha de ensayo : 24/10/24

Profundidad de la muestra : 3.55-5.00 m

| GRANULOMETRÍA |       |        |        |       |       |
|---------------|-------|--------|--------|-------|-------|
| TAMIZ         | ABER  | W.R.P. | W.R.A. | % RA  | % QP  |
|               | (mm)  | (gr)   | (gr)   | (%)   | (%)   |
| Nº 10         | 2.000 | 0.03   | 0.03   | 0.03  | 99.97 |
| Nº 40         | 0.425 | 0.02   | 0.05   | 0.05  | 99.95 |
| Nº 200        | 0.075 | 85.65  | 85.70  | 88.09 | 11.91 |

| LÍMITES DE CONSISTENCIA |    |      |       |       |       |      |      |      |      |
|-------------------------|----|------|-------|-------|-------|------|------|------|------|
| E                       | Nº | CAP  | Wc    | Wc+h  | Wc+s  | Ww   | Golp | W    | Wt   |
|                         |    | (Nº) | (gr)  | (gr)  | (gr)  | (gr) | (Nº) | (%)  | (%)  |
| W%                      | 1  | A1   | 18.03 | 50.70 | 49.80 | 0.90 | -    | 2.83 | 2.79 |
|                         | 2  | A2   | 18.04 | 50.85 | 49.97 | 0.88 | -    | 2.76 |      |
|                         | 3  | A3   | 18.04 | 50.78 | 49.89 | 0.89 | -    | 2.79 |      |

## 7.4 ANEXOS 4. MEMORIA DE CÁLCULO DEL SOFTWARE GEO5

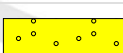
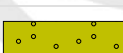
### Verificación de la zapata

#### Entrada de datos

##### Proyecto

Tarea : GEOSTUDIOS: Estudio de suelos  
Descripción : MEMORIA DE CÁLCULO DEL SOFTWARE GEO5  
Fecha : 7/11/2024

##### Datos básicos del suelo

| Nro. | Nombre                      | Trama                                                                               | $\Phi_{ef}$<br>[°] | $C_{ef}$<br>[kPa] | $\gamma$<br>[kN/m <sup>3</sup> ] | $\gamma_{su}$<br>[kN/m <sup>3</sup> ] | $\delta$<br>[°] |
|------|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-------------------|----------------------------------|---------------------------------------|-----------------|
| 1    | Material de cambio de suelo |    | 40.00              | 20.00             | 21.00                            | 11.00                                 |                 |
| 2    | Relleno compactado (1m)     |    | 20.00              | 10.00             | 18.00                            | 8.00                                  |                 |
| 3    | Relleno compactado (2m)     |    | 20.00              | 10.00             | 18.00                            | 8.00                                  |                 |
| 4    | Arena mal graduada (3m)     |    | 30.91              | 0.00              | 18.00                            | 8.00                                  |                 |
| 5    | Arena mal graduada (4m)     |   | 35.35              | 0.00              | 18.00                            | 8.00                                  |                 |
| 6    | Arena mal graduada (5m)     |  | 36.68              | 0.00              | 18.00                            | 8.00                                  |                 |
| 7    | Arena mal graduada (6m)     |  | 37.98              | 0.00              | 18.00                            | 8.00                                  |                 |
| 8    | Rechazo                     |  | 38.00              | 0.00              | 20.00                            | 10.00                                 |                 |

Todos los suelos son considerados como granulares para el análisis de la presión en reposo.

#### Cimentación

##### Tipo de cimentación: Zapata centrada

Profundidad del terreno original  $h_z = 1.00$  m  
Prof. del fondo de la zapata  $d = 1.00$  m  
Espesor de cimentación  $t = 0.30$  m  
Incl. del terreno final  $s_1 = 0.00$  °  
Inc. del fondo de la zapata  $s_2 = 0.00$  °

##### Sobrecargar

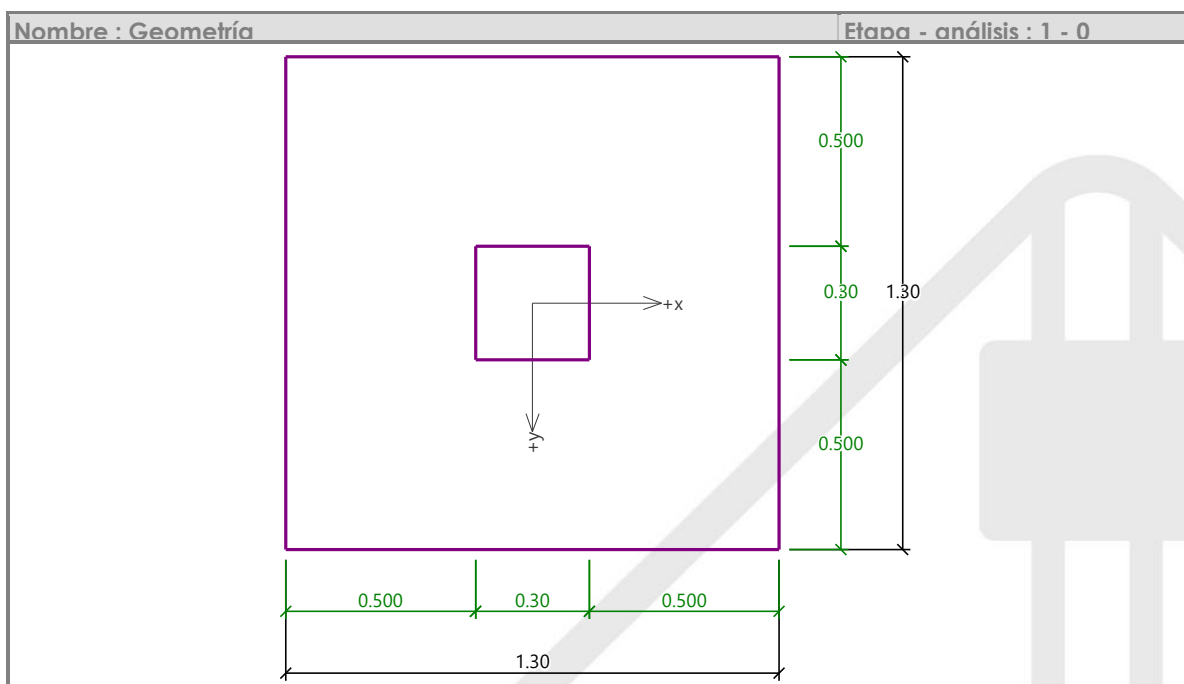
Tipo: del perfil geológico

#### Geometría de la estructura

##### Tipo de cimentación: Zapata centrada

Longitud zapata  $x = 1.30$  m  
Ancho de zapata  $y = 1.30$  m  
Forma de columna rectangular  
Ancho de columna en la dirección de x  $c_x = 0.30$  m  
Ancho de la columna en dirección de y  $c_y = 0.30$  m  
Volumen zapata = 0.51 m<sup>3</sup>  
Volumen de excavación = 1.69 m<sup>3</sup>  
Volumen de relleno = 1.12 m<sup>3</sup>



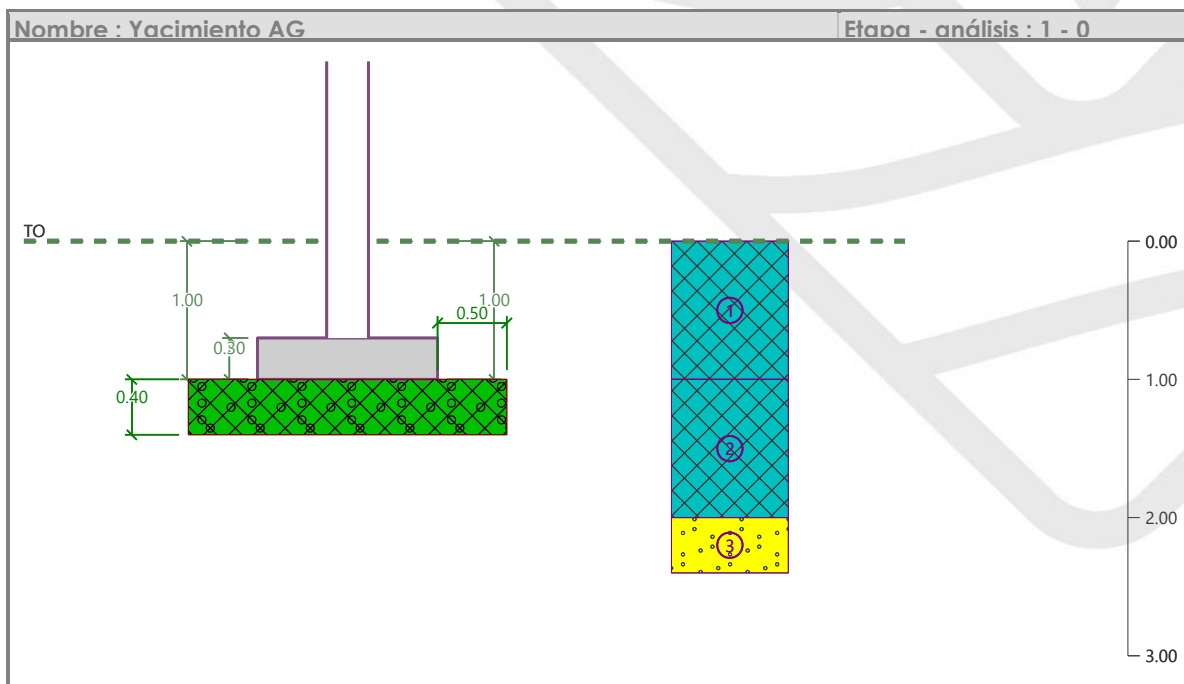


### Yacimiento de Arena-Grava

Suelo usado para el yacimiento AG - Material de cambio de suelo

El yacimiento AG sobresale la cimentación  $d_{sp} = 0.50$  m

Profundidad yacimiento Arena-Grava  $h_{sp} = 0.40$  m



### Perfil geológico y suelos asignados

| Nro. | Espesor de capas<br>$t$ [m] | Profundidad<br>$z$ [m] | Suelo asignado          | Trama |
|------|-----------------------------|------------------------|-------------------------|-------|
| 1    | 1.00                        | 0.00 .. 1.00           | Relleno compactado (1m) |       |
| 2    | 1.00                        | 1.00 .. 2.00           | Relleno compactado (2m) |       |

| Nro. | Espesor de capas<br>t [m] | Profundidad<br>z [m] | Suelo asignado          | Trama                                                                               |
|------|---------------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 3    | 1.00                      | 2.00 .. 3.00         | Arena mal graduada (3m) |  |
| 4    | 1.00                      | 3.00 .. 4.00         | Arena mal graduada (4m) |  |
| 5    | 1.00                      | 4.00 .. 5.00         | Arena mal graduada (5m) |  |
| 6    | 1.00                      | 5.00 .. 6.00         | Arena mal graduada (6m) |  |
| 7    | -                         | 6.00 .. ∞            | Rechazo                 |  |

### Carga

| Nro. | Carga |        | Nombre          | Tipo   | N<br>[kN] | M <sub>x</sub><br>[kNm] | M <sub>y</sub><br>[kNm] | H <sub>x</sub><br>[kN] | H <sub>y</sub><br>[kN] |
|------|-------|--------|-----------------|--------|-----------|-------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|
|      | Nueva | cambia |                 |        |           |                         |                         |                        |                        |
| 1    | Si    |        | Carga de diseño | Diseño | 300.00    | 0.00                    | 0.00                    | 0.00                   | 0.00                   |

### Configuraciones generales

Tipo de análisis : Análisis de condiciones drenadas  
El asiento no es analizado.

### Configuraciones de la etapa de construcción

Situación de diseño : permanente

### Verificación Nro.1

### Análisis de capacidad portante - resultados parciales

$\Phi_d = 27.302^\circ$   
 $C_d = 4.979 \text{ kPa}$   
 $Y_{1prum} = 18.000 \text{ kN/m}^3$   
 $Y_{2prum} = 18.270 \text{ kN/m}^3$   
 $b_{ef} = 1.300 \text{ m}$   
 $N_q = 13.638$   
 $N_c = 24.485$   
 $N_y = 9.786$   
 $s_q = 1.459$   
 $s_c = 1.200$   
 $s_y = 0.700$   
 $d_q = 1.079$   
 $d_c = 1.088$   
 $d_y = 1.000$   
 $i_q = 1.000$   
 $i_c = 1.000$   
 $i_y = 1.000$   
 $b_q = 1.000$   
 $b_c = 1.000$   
 $b_y = 1.000$   
 $g_q = 1.000$   
 $g_c = 1.000$   
 $g_y = 1.000$   
 $R_d = 626.903 \text{ kPa}$

El análisis es llevado a cabo con la selección automática del caso de carga mas desfavorable

Cálculo de peso de la zapata  $G = 12.17 \text{ kN}$

Cálculo de peso de la sobrecarga  $Z = 20.16 \text{ kN}$

Forma de tensión de contacto : Rectángulo  
Caso de carga más desfavorable Nro. 1. (Carga de diseño)

Parámetros de superficie de deslizamiento debajo de la cimentación:

Profundidad de superficie de deslizamiento  $z_{sp} = 1.88 \text{ m}$

Longitud de superficie de deslizamiento  $l_{sp} = 5.45 \text{ m}$

Diseño de la capacidad portante de la cimentación  $R_d = 626.90 \text{ kPa}$

Tensión extrema de contacto  $\sigma = 196.64 \text{ kPa}$

Factor de seguridad = 3.19 > 3.00

**Capacidad portante en la dirección vertical ES SATISFACTORIA**

**Verificación de excentricidad de carga**

Máx. excentricidad general en dirección de la longitud base  $e_x = 0.000 < 0.333$

Máx. excentricidad en dirección del peso base  $e_y = 0.000 < 0.333$

Máx. excentricidad general  $e_t = 0.000 < 0.333$

**Excentricidad de carga ES SATISFACTORIA**

**Verificación de la capacidad portante HORIZONTAL**

Caso de carga más desfavorable Nro. 1. (Carga de diseño)

Resist. de la tierra: pasiva

Diseño de la magnitud de la resistencia de la tierra  $S_{pd} = 23.31 \text{ kN}$

Capacidad portante horizontal  $R_{dh} = 335.97 \text{ kN}$

Fuerza horizontal extrema  $H = 0.00 \text{ kN}$

Factor de seguridad = 1000.00 > 3.00

**Capacidad portante en la dirección horizontal ES SATISFACTORIA**

**Capacidad portante de la cimentación ES SATISFACTORIA**

### FÓRMULAS UTILIZADAS EN EL CÁLCULO DE LA CAPACIDAD PORTANTE

El software GEO5 utiliza la fórmula que propone J. Brinch - Hansen (1970), donde la capacidad portante del suelo bajo la cimentación se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$R_d = c_d * N_c * s_c * d_c * i_c * b_c * g_c + q * N_q * s_q * d_q * i_q * b_q * g_q + \frac{b_{ef}}{2} * \gamma_2 * N_\gamma * s_\gamma * d_\gamma * i_\gamma * b_\gamma * g_\gamma$$

#### Factores de capacidad portante:

$$q = \gamma_1 * d$$

$$N_c = (N_q - 1) * \cot g(\phi_d) \quad \text{para: } \phi_d > 0^\circ$$

$$N_c = 2 + \pi \quad \text{para: } \phi_d = 0^\circ$$

$$N_q = \tan^2 \left( 45^\circ + \frac{\phi_d}{2} \right) * e^{\pi \tan(\phi_d)}$$

$$N_\gamma = 1.5 (N_q - 1) * \tan(\phi_d)$$

#### Factores de forma:

$$s_c = 1 + 0.2 \left( \frac{b_{ef}}{L} \right)$$

$$s_q = 1 + \left( \frac{b_{ef}}{L} \right) * \sin(\phi_d)$$

$$s_\gamma = 1 - 0.3 \left( \frac{b_{ef}}{L} \right)$$

#### Factores de profundidad:

$$d_c = 1 + 0.1 * \sqrt{\frac{d}{b_{ef}}}$$

$$d_q = 1 + 0.1 * \sqrt{\frac{d}{b_{ef}} * \sin(2 * \phi_d)}$$

$$d_\gamma = 1$$

#### Factores de inclinación:

$$i_c = i_q = i_\gamma = (1 - \tan(\delta))^2$$

#### Factores de la base:

$$b_c = b_q - \frac{1 - b_q}{N_c * \tan(\phi_d)}$$

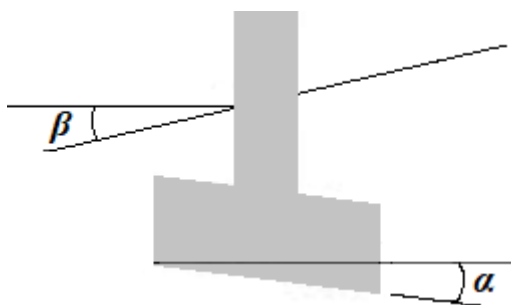
$$b_q = (1 - \alpha * \tan(\phi_d))^2$$

$$b_\gamma = b_q$$

#### Factores del terreno:

$$g_c = 1 - \frac{2 * \beta}{\pi + 2} \quad [\beta \text{ en radianes}]$$

$$g_q = g_\gamma = (1 - 0.5 * \tan(\beta))^5$$

**Notación de los parámetros y coeficientes en la fórmula empleada:****Donde:**

|                      |                                                                    |
|----------------------|--------------------------------------------------------------------|
| $c_d$                | - Cohesión del suelo                                               |
| $q$                  | - Esfuerzo efectivo al nivel del fondo de la zapata                |
| $d$                  | - Profundidad del fondo de zapata                                  |
| $Y_1$                | - Peso unitario del suelo por encima del fondo de la zapata        |
| $b_{ef}$             | - Ancho de la cimentación                                          |
| $Y_2$                | - Peso unitario del suelo por debajo del fondo de la zapata        |
| $N_c, N_q, N_\gamma$ | - Coeficiente de capacidad portante                                |
| $S_c, S_q, S_\gamma$ | - Coeficiente de la forma de cimentación                           |
| $d_c, d_q, d_\gamma$ | - Coeficiente de la influencia de la profundidad de la cimentación |
| $i_c, i_q, i_\gamma$ | - Coeficiente de la influencia de la pendiente de carga            |
| $b_c, b_q, b_\gamma$ | - Coeficientes de influencia de la pendiente base                  |
| $g_c, g_q, g_\gamma$ | - Coeficiente de la influencia de la pendiente del terreno         |
| $\phi_d$             | - Ángulo de fricción interna del suelo                             |
| $L$                  | - Largo de la cimentación                                          |
| $\delta$             | - Ángulo de la fuerza resultante desde la dirección vertical       |
| $\beta$              | - Pendiente del terreno                                            |
| $\alpha$             | - Pendiente del fondo de la zapata                                 |

## 7.5 ANEXOS 5. FÓRMULAS UTILIZADAS PARA PARÁMETROS DE SUELOS

### Esfuerzos:

$$\sigma_T = \gamma * H$$

$\sigma_T$  = Esfuerzo total.

$\gamma$  = Peso específico del suelo.

$H$  = Altura del estrato de suelo.

$$\sigma_{ef} = \sigma_T - \mu$$

$\sigma_{ef}$  = Esfuerzo efectivo.

$\sigma_T$  = Esfuerzo total.

$\mu$  = Presión de poros

### Número de golpes SPT corregidos por energía:

$$N_{60} = C * N_{SPT}$$

$N_{60}$  = Número de golpes SPT corregidos.

$C$  = Factor de corrección por energía.

$N_{SPT}$  = Número de golpes SPT tomados en campo.

### Factor de corrección por confinamiento (suelos granulares):

$$C_N = \left[ \frac{1}{\frac{\sigma'_o}{P_a}} \right]^{0.5} \leq 2.00 \quad (\text{Liao y Whitman, 1986})$$

$C_N$  = Factor de corrección por confinamiento.

$\sigma'_o$  = Esfuerzo vertical efectivo por sobrecarga.

$P_a$  = Presión atmosférica. ( $P_a \cong 100 \text{ kN/m}^2$ )

### Número de golpes SPT corregidos por confinamiento:

$$(N_1)_{60} = C_N * N_{60}$$

$(N_1)_{60}$  = Número de golpes SPT corregidos por confinamiento.

$C_N$  = Factor de corrección por confinamiento.

$N_{60}$  = Número de golpes SPT corregidos.

### Cohesión (suelos finos):

$$C_u = K * N_{60} \quad (\text{Stroud, 1974})$$

$C_u$  = Cohesión No Drenada.

$K$  = Factor entre 3.5 - 6.5 kN/m<sup>2</sup>. ( $K_{prom} = 4.4 \text{ kN/m}^2$ )

$N_{60}$  = Número de golpes SPT corregidos.

$$C_{ef} = \alpha * C_u \quad (\text{NERHP, 2009})$$

$C_{ef}$  = Cohesión Efectiva.

$\alpha$  = Factor de reducción. ( $\alpha = 0.8$ )

$C_u$  = Cohesión No Drenada.

### Resistencia al corte No Drenado (suelos finos):

$$S_u = 2 * C_u$$

$S_u$  = Resistencia al corte No Drenada.

$C_u$  = Cohesión No Drenada.

### Ángulo de fricción (arenas limpias):

$$\phi_{ef} = 27.1 + 0.3 * N_{60} - 0.00054(N_{60})^2 \quad (\text{Wolf, 1989})$$

$\phi_{ef}$  = Ángulo de fricción interna.

$N_{60}$  = Número de golpes SPT corregidos.

### Ángulo de fricción (arenas con finos):

$$\phi_{corr} = \phi_{ef} - 5^\circ \quad (\text{Burt Look, 2007})$$

$\phi_{corr}$  = Ángulo de fricción corregido.

$\phi_{ef}$  = Ángulo de fricción interna.

### Ángulo de fricción (arenas con gravas):

$$\phi_{corr} = \phi_{ef} + 5^\circ \quad (\text{Burt Look, 2007})$$

$\phi_{corr}$  = Ángulo de fricción corregido.

$\phi_{ef}$  = Ángulo de fricción interna



# GEOSTUDIOS

ESTUDIO DE SUELOS



SPT



LABORATORIO



FOTOGRAMETRÍA

 098 294 2381



[consultoria@geostudiosec.com](mailto:consultoria@geostudiosec.com)



Av. Paulo Emilio Macías entre Chile y Ricaurte  
Portoviejo - Manabí