

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ
Colegio de Ciencias e Ingeniería

**Diseño de una vivienda del programa Casa Para
Todos en sistema "Steel Framing" y análisis
comparativo económico con sistema de
construcción tradicional**

Proyecto de Investigación

Diego Edwin Lucero Castro
Ingeniería Civil

Trabajo de titulación presentado como requisito
para la obtención del título de
Ingeniero Civil

Quito, 14 de mayo de 2019

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ
Colegio Ciencias e ingenierías

**HOJA DE CALIFICACIÓN
DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

Diseño de una vivienda del programa Casa Para Todos en sistema "Steel Framing" y análisis comparativo económico con sistema de construcción tradicional

DIEGO EDWIN LUCERO CASTRO

Calificación:

Nombre del profesor, Título académico

Ing. Gustavo Tapia, MDI

Firma del profesor

Quito, 14 de mayo de 2019

Derechos de Autor

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma del estudiante:

Nombres y apellidos:

Diego Edwin Lucero Castro

Código:

00127620

Cédula de Identidad:

0401577754

Lugar y fecha:

Quito, 14 mayo de 2019

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer al Ingeniero Gustavo Tapia por su tiempo y enseñanzas, también al Ingeniero Mateo Sotomayor por sus conocimientos y ayuda durante la realización de este trabajo de titulación, a mis padres Edwin y Soñita, por su esfuerzo y motivación, a mis hermanas Mary y Sandy por estar siempre apoyándome, a mi cuñado Martin y mis sobrinos Juan Martin y Matías Alejandro.

RESUMEN

Los marcos de acero galvanizado o Steel Frame, son un sistema constructivo que ha tenido gran acogida, ya que representa múltiples beneficios en la construcción entre ellos es la economía de la ingeniería, siendo un sistema eficiente que brinda facilidades para la construcción y optimiza los costos y tiempo, sin perjudicar el confort de los usuarios.

La vivienda que se diseñó está dada por las tipologías de vivienda aprobadas por el Ministerio de Desarrollo Urbano y Viviendas (Programa casa para Todos). La vivienda consta de 4 departamentos con un área total aproximada de 208 m². Cada departamento tiene un área social (sala-comedor), área de cocina, dos dormitorios y una zona de lavado y secado.

Para el diseño Sísmico se estableció, que la vivienda se va a encontrar ubicada en la ciudad de Manta, por lo que se encontró publicaciones de estudios de perfiles de suelo realizadas en esta ciudad sobre el tipo de suelo y cuál es el perfil sísmico predominante, siendo el tipo D, por lo que se procedió a realizar el análisis con este tipo de suelo. Para el diseño de las estructuras se basó en la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC).

Para realizar el análisis económico se calculó los volúmenes de obra de los dos sistemas tanto para el sistema tradicional (Hormigón Armado), como para Steel Framing, donde el sistema de hormigón Armado fue más costoso, teniendo una diferencia de un 10.63%, cabe recalcar que otro de los beneficios sería el tiempo de construcción que también tendría impacto económico en la construcción de las viviendas, pero que no fue analizado en esta investigación.

ABSTRACT

The frames of galvanized steel or Steel Frame, are a constructive system that has had great reception, since it represents multiple benefits in the construction between them is the economy of the engineering, being an efficient system that provides facilities for the construction and optimizes the costs and time, without harming the comfort of users.

The housing that was designed is given by the types of housing approved by the Ministerio de Desarrollo Urbano y Viviendas (Programa casa para Todos). The house has 4 apartments with a total area of approximately 208 m². Each apartment has a social area (living-dining room), kitchen area, two bedrooms and a laundry and drying area.

For the seismic design it was established that the house will be located in the city of Manta, so it was found publications of studies of soil profiles made in this city on the type of soil and what is the predominant seismic profile, being type D, so we proceeded to perform the analysis with this type of soil. For the design of the structures, it was based on the Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC).

In order to carry out the economic analysis, the volumes of the two systems were calculated both for the traditional system (Reinforced Concrete) and for Steel Framing, where the traditional system was more expensive, having a difference of 10.63%, it should be emphasized that another benefit would be the construction time that would also have an economic impact on the construction of the houses, but that was not analyzed in this investigation.

TABLA DE CONTENIDO

1) INTRODUCCIÓN	15
1.1. Objetivos	16
1.2. Antecedentes	17
1.3. Justificación	19
2) MARCO TEORICO	20
2.1. Hormigón Armado	20
2.2. Steel Framing	20
2.2.1. Componentes:	26
2.2.1. Perfiles:	27
2.2.2. Rigidizadores:	30
2.2.3. Recubrimientos:	31
2.2.4. Aislantes:	32
2.3. Acción del sismo en el sistema Steel Framing	33
2.4. Entrepiso seco	37
2.5. VAE	39
3) DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN	43
3.1. Vivienda de diseño	43
3.2. Prediseño Hormigón Armado	46
3.2.1. Especificaciones asumidas para el diseño:	46
3.2.2. Predimensionamiento Losa	46
3.2.3. Predimensionamiento de vigas	49
3.2.4. Predimensionamiento Columnas	57
3.2.5. Diseño Sísmico	61
3.2.6. Espectro de Diseño	64
3.3. Criterios de Diseño Definitivo Hormigón Armado	72
3.3.1. Periodo de vibración fundamental	72
3.3.2. Modos de vibración	74
3.3.3. Derivas de piso	75
3.4. Diseño Steel Framing utilizando FRAMECAD	77
3.5. Diseño Steel Framing utilizando SAP2000	85
3.5.1. Carga permanente	87
3.5.2. Carga Viva	89
3.5.3. Cargas Sísmicas	91
3.5.4. Vistas de la estructura Diseñada en el Software	93
3.5.5. Peso de la estructura	95
3.5.6. Derivas de Piso	96

3.5.7. Periodo de vibración fundamental	97
4) VOLUMENES DE OBRA	99
4.1. Volúmenes de Obra Hormigón Armado	99
4.1.1. Hormigón	99
4.1.1.1. Volumen de hormigón en Vigas	99
4.1.1.2. Volumen de hormigón en Columnas	99
4.1.1.3. Volumen de hormigón en Losas	100
4.1.1.4. Cantidad total de hormigón para la estructura	100
4.1.2. Acero de Refuerzo	100
4.1.2.1. Columnas Acero longitudinal	100
4.1.2.2. Columnas Refuerzo transversal	102
4.1.2.3. Vigas Refuerzo a flexión	106
4.1.2.4. Vigas Refuerzo transversal	109
4.1.2.5. Acero para losas	116
4.1.2.6. Resumen Total Acero de Refuerzo	117
4.1.3. Área de Mampostería	117
4.1.4. Volumen escaleras	119
4.2. Volúmenes de Steel Framing	120
4.2.1. Perfiles Acero Galvanizado	120
4.2.2. Fibrocemento Paredes Exteriores	121
4.2.3. Gypsum paredes internas	122
4.2.4. Entrepiso Seco con placa de fibrocemento	124
4.2.5. Fibrocemento para paredes medianeras	124
4.2.6. Cielo Raso de Gypsum RH (Zonas Húmedas)	125
4.2.7. Cielo Raso de Gypsum	126
4.2.8. Placa de fibrocemento recubierto con protección hidrófuga	128
4.2.9. Cubierta metálica prepintada con aislante de poliuretano de 15mm de espesor	130
5) ANÁLISIS COMPARATIVO GENERAL	134
5.1. Peso de la Estructura	134
5.2. Cortante Basal	135
5.3. Análisis de Rendimientos	136
5.4. Cálculo del VAE	140
6) ANÁLISIS ECONÓMICO	142
6.1. Presupuesto con Sistema Tradicional (Hormigón Armado)	142
6.2. Presupuesto con Sistema Steel Framing	145
6.3. Análisis Comparativo Sistema Steel Framing vs Hormigón Armado	148
6.3.1. Costo por metro cuadrado	149
7) CONCLUSIONES	151
8) BIBLIOGRAFÍA	153

9) ANEXOS	156
9.1. Anexo A. Análisis de Precios Unitarios	156
9.2. Anexo B. Tablas NEC	171
9.3. Anexo C. Tabla de Varillas con sus Pesos	177
9.4. Anexo D. Lista de precios Steel Framing	178
9.5. Anexo E. Datos obtenidos de FrameCad	181

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Comparación Características Materiales</i>	<i>24</i>
<i>Tabla 2. Componentes de una Estructura Steel Framing.....</i>	<i>26</i>
<i>Tabla 3. Perfiles Disponibles Kubiec</i>	<i>28</i>
<i>Tabla 4. Características de los Perfiles eje X.....</i>	<i>29</i>
<i>Tabla 5. Características de los Perfiles eje Y.....</i>	<i>29</i>
<i>Tabla 6. Resistencia de los Perfiles</i>	<i>29</i>
<i>Tabla 7. Accesorios Steel Framing.....</i>	<i>30</i>
<i>Tabla 8. Tipos de Recubrimientos</i>	<i>31</i>
<i>Tabla 9. Tipos de Aislantes.....</i>	<i>32</i>
<i>Tabla 10. Limitaciones adicionales en zonas de alta sismicidad</i>	<i>35</i>
<i>Tabla 11. Programa Losa Equivalente.....</i>	<i>48</i>
<i>Tabla 12. Datos Obtenidos losa equivalente</i>	<i>49</i>
<i>Tabla 13. Carga Permanente Losa (Carga Muerta).....</i>	<i>49</i>
<i>Tabla 14. Carga Permanente Acabados (Carga Muerta).....</i>	<i>50</i>
<i>Tabla 15. Carga Permanente Total</i>	<i>50</i>
<i>Tabla 16. Dimensionamiento de columnas.....</i>	<i>60</i>
<i>Tabla 17. Programa de cálculo de Cortante Basal.....</i>	<i>62</i>
<i>Tabla 18. Datos para el cálculo del Espectro</i>	<i>63</i>
<i>Tabla 19. Datos Obtenidos del Cortante Basal.....</i>	<i>63</i>
<i>Tabla 20. Derivas de Piso Hormigón Armado</i>	<i>77</i>
<i>Tabla 21. Cargas para el entrepiso</i>	<i>78</i>
<i>Tabla 22. Cargas para la cubierta</i>	<i>78</i>
<i>Tabla 23. Carga Permanente Entrepiso Seco.....</i>	<i>85</i>
<i>Tabla 24. Carga Permanente Panel Estructural.....</i>	<i>86</i>
<i>Tabla 25. Carga Permanente Total</i>	<i>87</i>
<i>Tabla 26. Programa Cálculo de Cortante Basal.....</i>	<i>91</i>
<i>Tabla 27. Programa Cálculo de Cortante Basal.....</i>	<i>91</i>
<i>Tabla 28. Datos Obtenidos programa de Cortante Basal.....</i>	<i>92</i>
<i>Tabla 29. Derivas de Piso Steel Framing.....</i>	<i>97</i>
<i>Tabla 30. Volumen de Hormigón en Vigas.....</i>	<i>99</i>
<i>Tabla 31. Volumen de Hormigón en Columnas.....</i>	<i>99</i>
<i>Tabla 32. Volumen de Hormigón en Losas.....</i>	<i>100</i>
<i>Tabla 33. Volumen Total de Hormigón</i>	<i>100</i>
<i>Tabla 34. Cuantía de Acero en Columnas (%).....</i>	<i>101</i>
<i>Tabla 35. Cuantía de Acero en Columnas (cm²)</i>	<i>101</i>
<i>Tabla 36. Varillas Utilizadas en Columnas.....</i>	<i>101</i>
<i>Tabla 37. Peso total de Acero Longitudinal en Columnas</i>	<i>101</i>
<i>Tabla 38. Resumen de Estribos para Columnas.....</i>	<i>105</i>
<i>Tabla 39. Cantidad de Varillas necesarias.....</i>	<i>105</i>
<i>Tabla 40. Peso Total de Estribos para Columnas</i>	<i>106</i>
<i>Tabla 41. Acero Mínimo en Varillas.....</i>	<i>108</i>
<i>Tabla 42. Acero faltante en Varillas.....</i>	<i>108</i>
<i>Tabla 43. Resumen de acero por Flexión para Vigas</i>	<i>109</i>

<i>Tabla 44. Peso de Varillas por Flexión en Vigas</i>	109
<i>Tabla 45. Resumen de Acero Transversal en Vigas</i>	115
<i>Tabla 46. Cantidad de Varillas para Estribos</i>	115
<i>Tabla 47. Peso Total de Estribos para Vigas</i>	116
<i>Tabla 48. Cantidad de Varillas para losa</i>	116
<i>Tabla 49. Peso Total de Acero en Losa</i>	116
<i>Tabla 50. Resumen Total de Acero de Refuerzo</i>	117
<i>Tabla 51. Mampostería Interior Planta Baja</i>	117
<i>Tabla 52. Mampostería Interior Planta Alta</i>	118
<i>Tabla 53. Mampostería Exterior Planta Baja</i>	118
<i>Tabla 54. Mampostería Exterior Planta Alta</i>	119
<i>Tabla 55. Resumen Total Mampostería</i>	119
<i>Tabla 56. Volumen de Escaleras</i>	119
<i>Tabla 57. Peso Total de Perfil de Acero Galvanizado</i>	120
<i>Tabla 58. Paneles Fibrocemento para exterior en Planta Baja</i>	121
<i>Tabla 59. Paneles Fibrocemento para exterior en Planta Alta</i>	121
<i>Tabla 60. Resumen Total Paneles Fibrocemento para Exterior</i>	122
<i>Tabla 61. Gypsum para interiores Dormitorios PB</i>	122
<i>Tabla 62. Gypsum para interiores Paredes Perimetrales PB</i>	122
<i>Tabla 63. Gypsum para interiores Dormitorios PA</i>	123
<i>Tabla 64. Gypsum para interiores Paredes Perimetrales PA</i>	123
<i>Tabla 65. Resumen total de Gypsum para paredes Interiores</i>	123
<i>Tabla 66. Área Total para Entrepiso</i>	124
<i>Tabla 67. Resumen de Cielo Raso de Gypsum para Zonas Húmedas</i>	125
<i>Tabla 68. Resumen Área de Cielo Raso de Gypsum</i>	126
<i>Tabla 69. Resumen de Placa de fibrocemento con protección hidrófuga</i>	128
<i>Tabla 70. Resumen Total en Área de Cubierta</i>	134
<i>Tabla 75. Comparación de Pesos de los Sistemas Constructivos</i>	134
<i>Tabla 76. Comparación de Cortante Basal de los Sistemas Constructivos</i>	136
<i>Tabla 77. Duración de la Construcción en Hormigón Armado</i>	137
<i>Tabla 78. Duración de la Construcción en Steel Framing</i>	138
<i>Tabla 79. Comparación de Duración de los Sistemas Constructivos</i>	138
<i>Tabla 73. Porcentaje de Participación Ecuatoriano Mínimo HA</i>	140
<i>Tabla 74. Porcentaje de Participación Ecuatoriano Mínimo SF</i>	141
<i>Tabla 71. Presupuesto Hormigón Armado</i>	144
<i>Tabla 72. Presupuesto Steel Framing</i>	146
<i>Tabla 80. Costo total vivienda en Obra gris</i>	148
<i>Tabla 81. Costo por metro Cuadrado</i>	149

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Ilustración 1. Comparación Económica Proyecto Boreal.....</i>	<i>21</i>
<i>Ilustración 2. Comparación en días Proyecto Boreal.....</i>	<i>22</i>
<i>Ilustración 3. Comparación Área Útil Proyecto Boreal.....</i>	<i>22</i>
<i>Ilustración 4. Comparación Peso Mampostería.....</i>	<i>23</i>
<i>Ilustración 5. Especificaciones perfil G.....</i>	<i>28</i>
<i>Ilustración 6. Entrepiso Seco.....</i>	<i>39</i>
<i>Ilustración 7. Ejemplo VAE.....</i>	<i>42</i>
<i>Ilustración 8. Fachada Frontal Vivienda 4D.....</i>	<i>43</i>
<i>Ilustración 9. Diseño Arquitectónico Planta Baja.....</i>	<i>44</i>
<i>Ilustración 10. Diseño Arquitectónico Planta Alta.....</i>	<i>45</i>
<i>Ilustración 11. Sección Losa Alivianada 25cm.....</i>	<i>48</i>
<i>Ilustración 12. Área contribuyente de vigas.....</i>	<i>51</i>
<i>Ilustración 13. Transformación de cargas (Prismática).....</i>	<i>52</i>
<i>Ilustración 14. Transformación de cargas (Triangular).....</i>	<i>52</i>
<i>Ilustración 15. Cargas aplicadas en la viga.....</i>	<i>54</i>
<i>Ilustración 16. Diagrama de Momentos de la viga.....</i>	<i>54</i>
<i>Ilustración 17. Área contribuyente columnas.....</i>	<i>59</i>
<i>Ilustración 18. Inercias Agrietadas.....</i>	<i>61</i>
<i>Ilustración 19. Espectros de diseño.....</i>	<i>64</i>
<i>Ilustración 20. Peso total de la estructura.....</i>	<i>66</i>
<i>Ilustración 21. Cortante basal estático.....</i>	<i>67</i>
<i>Ilustración 22. Coeficiente de la Base a cortante.....</i>	<i>68</i>
<i>Ilustración 23. Sismo estático corregido.....</i>	<i>68</i>
<i>Ilustración 24. Cortante Basal dinámico.....</i>	<i>69</i>
<i>Ilustración 25. Corrección factor en X.....</i>	<i>70</i>
<i>Ilustración 26. Corrección factor en Y.....</i>	<i>70</i>
<i>Ilustración 27. Sismo dinámico corregido.....</i>	<i>71</i>
<i>Ilustración 28. Vista 3D de la estructura modelo SAP2000.....</i>	<i>71</i>
<i>Ilustración 29. Verificación del diseño con la norma.....</i>	<i>72</i>
<i>Ilustración 30. Periodo de la estructura.....</i>	<i>73</i>
<i>Ilustración 31. Chequeo de diseño.....</i>	<i>74</i>
<i>Ilustración 32. Desplazamientos Piso 2.....</i>	<i>76</i>
<i>Ilustración 33. Desplazamientos Piso 1.....</i>	<i>76</i>
<i>Ilustración 34. Vista en planta software FRAMECAD.....</i>	<i>79</i>
<i>Ilustración 35. Vista 3D software FRAMECAD.....</i>	<i>79</i>
<i>Ilustración 36. Resultados emitidos por FRAMECAD.....</i>	<i>80</i>
<i>Ilustración 37. Solicitaciones frente a carga.....</i>	<i>81</i>
<i>Ilustración 38. Fuerza Sísmica.....</i>	<i>82</i>
<i>Ilustración 39. Capacidad Sección.....</i>	<i>83</i>
<i>Ilustración 40. Capacidad Sección.....</i>	<i>84</i>
<i>Ilustración 41. Detalle del entrepiso seco.....</i>	<i>85</i>
<i>Ilustración 42. Detalle de panel estructural.....</i>	<i>86</i>
<i>Ilustración 43. Transformación de cargas.....</i>	<i>87</i>
<i>Ilustración 44. Transformación de cargas.....</i>	<i>88</i>

<i>Ilustración 45. Transformación de cargas.....</i>	<i>89</i>
<i>Ilustración 46. Transformación de cargas.....</i>	<i>90</i>
<i>Ilustración 47. Espectros de diseño.....</i>	<i>93</i>
<i>Ilustración 48. Vista Frontal</i>	<i>93</i>
<i>Ilustración 49. Vista Lateral.....</i>	<i>94</i>
<i>Ilustración 50. Vista 3D.....</i>	<i>94</i>
<i>Ilustración 51. Peso de la estructura.....</i>	<i>95</i>
<i>Ilustración 52. Peso carga permanente</i>	<i>96</i>
<i>Ilustración 53. Periodo de la estructura.....</i>	<i>98</i>
<i>Ilustración 54. Separación de Estribos.....</i>	<i>102</i>
<i>Ilustración 55. Shear Reinforcemnet</i>	<i>105</i>
<i>Ilustración 56. Porcentage Rebar XZ.....</i>	<i>106</i>
<i>Ilustración 57. Porcentage Rebar YZ.....</i>	<i>107</i>
<i>Ilustración 58. Espaciamiento Estribos Vigas.....</i>	<i>110</i>
<i>Ilustración 59. Shear Reinforcement</i>	<i>111</i>
<i>Ilustración 60. Porcentaje Rebar.....</i>	<i>112</i>
<i>Ilustración 61. Diagrama de Cortante.....</i>	<i>114</i>
<i>Ilustración 62. Planos AutoCAD</i>	<i>124</i>
<i>Ilustración 63. Planos AutoCAD</i>	<i>125</i>
<i>Ilustración 64. Planos AutoCAD</i>	<i>126</i>
<i>Ilustración 65. Planos AutoCAD</i>	<i>127</i>
<i>Ilustración 66. Planos AutoCAD</i>	<i>127</i>
<i>Ilustración 67. Planos AutoCAD</i>	<i>128</i>
<i>Ilustración 68. Planos AutoCAD</i>	<i>129</i>
<i>Ilustración 69. Planos AutoCAD</i>	<i>129</i>
<i>Ilustración 70. Planos AutoCAD</i>	<i>130</i>
<i>Ilustración 71. Planos AutoCAD</i>	<i>131</i>
<i>Ilustración 72. Planos AutoCAD</i>	<i>131</i>
<i>Ilustración 73. Planos AutoCAD</i>	<i>132</i>
<i>Ilustración 74. Planos AutoCAD</i>	<i>132</i>
<i>Ilustración 75. Planos AutoCAD</i>	<i>133</i>
<i>Ilustración 76. Planos AutoCAD</i>	<i>133</i>
<i>Ilustración 77. Comparación de Pesos de los Sistemas Constructivos</i>	<i>135</i>
<i>Ilustración 78. Comparación de Cortante Basal de los Sistemas Constructivos</i>	<i>136</i>
<i>Ilustración 79. Comparación de Duración de los Sistemas Constructivos</i>	<i>139</i>
<i>Ilustración 80. Comparación Económica</i>	<i>149</i>
<i>Ilustración 81. Comparación Económica por m²</i>	<i>150</i>
<i>Ilustración 82. Cargas vivas.....</i>	<i>171</i>
<i>Ilustración 83. Combinaciones de carga</i>	<i>172</i>
<i>Ilustración 84. Perfiles de Suelo ciudad de Manta.....</i>	<i>172</i>
<i>Ilustración 85. Zonificación sísmica.....</i>	<i>173</i>
<i>Ilustración 86. Factor de zona Z.....</i>	<i>173</i>
<i>Ilustración 87. Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de período corto.....</i>	<i>174</i>
<i>Ilustración 88. Fd: amplificación de las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño en roca</i>	<i>174</i>
<i>Ilustración 89. Fs: comportamiento no lineal de los suelos.....</i>	<i>175</i>

<i>Ilustración 90. Ecuaciones para Espectro.....</i>	<i>175</i>
<i>Ilustración 91. Categoría de edificio y coeficiente de importancia I.....</i>	<i>176</i>
<i>Ilustración 92. Sistemas estructurales y coeficiente R de reducción de respuesta estructural</i>	<i>176</i>
<i>Ilustración 93. Descripción tabla de Varillas.....</i>	<i>177</i>
<i>Ilustración 94. Lista de precios</i>	<i>178</i>
<i>Ilustración 95. Lista de precios</i>	<i>179</i>
<i>Ilustración 96. Lista de precios</i>	<i>180</i>
<i>Ilustración 97. Resumen de peso de la Estructura</i>	<i>181</i>
<i>Ilustración 98. Secciones para el primer piso</i>	<i>182</i>
<i>Ilustración 99. Secciones para el segundo piso.....</i>	<i>183</i>
<i>Ilustración 100. Secciones gradadas</i>	<i>184</i>
<i>Ilustración 101. Secciones para entrepisos</i>	<i>185</i>
<i>Ilustración 102. Secciones para Cerchas</i>	<i>186</i>

1) INTRODUCCIÓN

El trabajo de titulación está enfocado en una comparación de dos metodologías constructivas, donde se describe un diseño en acero de lámina delgada de grado estructural, "sistema Steel framing", de la tipología de vivienda denominada 4D del plan estratégico Casa Para Todos del Ecuador y a su vez un diseño estructural tradicional en hormigón armado de la misma vivienda con la finalidad de analizar y comparar técnica y económicamente dichos sistemas constructivos.

El plan de vivienda Casa para Todos, es un plan del actual gobierno con el objetivo de disminuir el déficit habitacional, proporcionando vivienda digna a los hogares vulnerables del Ecuador. Este proyecto es el primero en nuestro país que busca “Promover el desarrollo de programas habitacionales integrales accesibles para todos, en especial a grupos prioritarios y adecuados a las necesidades de los hogares y las condiciones climatológicas, ambientales y culturales, considerando la capacidad de acogida de los territorios, además ejecutar proyectos y programas para la construcción de vivienda de interés social.”

Por tal motivo, en éste trabajo de titulación se realizó un diseño y análisis estructural de ambos sistemas constructivos, posteriormente se elaboró un análisis económico, y de esta manera se comparó los resultados obtenidos, buscando promover sistemas constructivos alternativos en nuestro país, donde se priorice el cuidado del ambiente, se disminuya desperdicios, el uso de agua y de energía en la obra, pero que a su vez no perjudique la estética y el confort de la vivienda.

1.1. Objetivos

- Realizar el diseño estructural en Steel Framing de la tipología de vivienda denominada 4D del plan estratégico Casa Para Todos del Ecuador.
- Realizar el diseño estructural tradicional en hormigón armado de la tipología de vivienda denominada 4D del plan estratégico Casa Para Todos del Ecuador.
- Analizar comparativamente en términos económicos (hormigón, acero, mampostería) de las dos metodologías constructivas.
- Investigar sobre la viabilidad del sistema Steel Framing frente a solicitudes de carga sísmicas para zonas de peligro sísmico según NEC 2015.

1.2. Antecedentes

La situación económica en el Ecuador ha hecho que mediante Decreto Ejecutivo número 101, expedido por el licenciado Lenín Moreno Garcés, Presidente Constitucional de la República, de fecha 3 de agosto de 2017 cuyo artículo 1 reemplaza el artículo 8 del Decreto Ejecutivo número 11 de fecha 25 de mayo de 2017, publicado en Segundo Suplemento del Registro Oficial No.- 16 de 16 de junio de 2017, se DECRETA: “Modifíquese la denominación de la Empresa Pública de Vivienda EP a Empresa Pública “Casa para Todos” EP y encárguese de la ejecución del “Programa Casa para Todos” y, como un componente de la Misión “Toda una Vida”, a la Empresa Pública “Casa para Todos” EP y a la Empresa Pública de Desarrollo Estratégico Ecuador Estratégico EP”. Usando este programa de vivienda se va a realizar una investigación comparativa del "sistema steel framing”, y el sistema constructivo tradicional.

Las viviendas de interés social tienen como objetivo ser realizadas de forma masiva y rápida, pero que mantengan la calidad deseada, por ello este trabajo de titulación ha tomado en cuenta el programa Casa para Todos y a su vez el sistema constructivo tradicional al ser el más utilizado en nuestro país y el sistema Steel Framing por ser un sistema nuevo que brinda variedad de ventajas constructivas.

La técnica constructiva del hormigón armado, consiste en la utilización de hormigón reforzado con barras o mallas de acero, llamadas armaduras. El hormigón armado es de amplio uso en la construcción siendo utilizado en edificios de todo tipo, caminos, puentes, presas, túneles, obras industriales y también en obras marítimas. (Barbera, Oviedo. 2007)

El concepto principal de las estructuras realizadas con Steel Framing es dividir la estructura en una gran cantidad de elementos estructurales, de manera que cada uno resista

una porción de la carga total. Con este criterio, es posible utilizar elementos más esbeltos, más livianos y fáciles de manipular. Así, una pared continua tradicional resuelta, por ejemplo, con mampostería se convierte, al construirla con Steel Framing, en un panel compuesto por una cantidad de perfiles “C” denominados montantes, que transmiten las cargas verticalmente, por contacto directo a través de sus almas, estando sus secciones en coincidencia. Por lo tanto, las almas de las vigas deben coincidir con las almas de los montantes ubicados sobre y/o por debajo del entrepiso, dado que la carga recibida por cada viga será transmitida puntualmente al montante del panel que le sirve de apoyo. Esta descripción es la que da origen al concepto de estructura alineada, (o “in line framing”). (Cremaschi, Marsili, Saenz 2013).

1.3. Justificación

El motivo del presente estudio, es para realizar una comparativa lo más ajustada a la realidad en lo que respecta a costos en el sistema constructivo tradicional vs un sistema dinámico moderno que se adapta a las necesidades de nuestro entorno. El objetivo de esta comparación es establecer las diferencias marcadas para que el futuro consumidor pueda optar por la mejor estrategia constructiva que se adapte a su presupuesto y cronograma.

En el desarrollo del presente estudio se establecerán las mejores cualidades que permitan optar por este tipo de construcción alternativa, generando principalmente seguridad y confianza tanto al constructor cómo al consumidor final, lo que nos permitirá avanzar hacia un futuro de construcciones modernas y amigables con el medio ambiente sin perder las propiedades constructivas y estéticas que toda vivienda se merece.

En lo referente a costos el presente estudio se enfocará a obtener un porcentaje de descuento significativo al tomar este tipo de construcción como alternativa sin que esto afecte al cliente. Cabe señalar que en la actualidad el tipo de sistema de vivienda está encaminado a construcciones livianas, siendo esta alternativa idónea para optimizar tiempo, materiales y sobre todo peso debido a que se relaciona con la carga sísmica, de esta manera el objetivo es obtener viviendas seguras y confortables a un precio razonable.

2) MARCO TEORICO

2.1. Hormigón Armado

El sistema constructivo del hormigón armado, es una técnica de construcción que se viene utilizando desde finales de la Republica Romana, consiste en la utilización del hormigón reforzado con barras o mallas de acero, llamadas armaduras. La utilización del acero cumple la misión de transmitir los esfuerzos de tracción y cortante a los que está sometida la estructura, mientras el hormigón tiene gran resistencia a la compresión, pero su resistencia a tracción es pequeña. Este sistema es utilizado para la construcción de edificios, viviendas, puentes, presas, túneles, obras industriales y también en obras marítimas. (Barbera, Oviedo. 2007).

2.2. Steel Framing

El Steel Framing es un sistema constructivo que utiliza perfiles de acero galvanizado, haciendo de este sistema un sistema liviano y resistente, además se puede industrializar lo que hace que su construcción sea rápida y limpia (Siuciak, 2015).

Para el Ingeniero Mateo Sotomayor de Kubicz, los marcos de acero galvanizado o Steel Frame, son un sistema constructivo que ha tenido gran acogida en Chile después del terremoto, ya que representa múltiples beneficios en la construcción, como son: diseños versátiles, cronograma corto y predecible, menos desechos y desperdicios, facilidad para instalaciones, menor estructura de cimentación, no usa maquinaria pesada y no requiere mano de obra calificada lo que nos da como resultado economía al constructor y a su vez puede garantizar la seguridad ya que son estructuras sismoresistentes, resistente contra incendios, no es vulnerable a plagas, hongos, moho y es resistente al oxido y a la corrosión por lo que necesita menos mantenimiento y da mayor vida útil.

Dentro de las aplicaciones del sistema Steel Frame en nuestro país, tenemos varias empresas que venden casas con la modalidad llave en mano como son Ecoliving con casas que van desde 26.500 dólares dependiendo del modelo que el cliente escoja, otra empresa similar es Acero Tec, que también cuenta con la misma modalidad y Kubiec que también ofrece una gama de productos para el sistema Steel Frame y han sido utilizados en proyectos como por ejemplo las viviendas unifamiliares del “Proyecto Navarra” ubicado en el Valle de Chillos, en el “Proyecto Anezi” se utilizó el sistema Steel Frame para muros divisorios o mampostería no estructural y en ampliaciones y remodelaciones como es el caso del “Proyecto Boreal” ubicado en la Av. 12 de Octubre y Av. Colón.

A continuación, tenemos el estudio comparativo realizado por el Ing. Mateo Sotomayor de la empresa Kubiec, en el Proyecto Boreal ubicado en la Av. 12 de Octubre y Av. Colón, en la ciudad de Quito, el cual presentó los siguientes resultados:

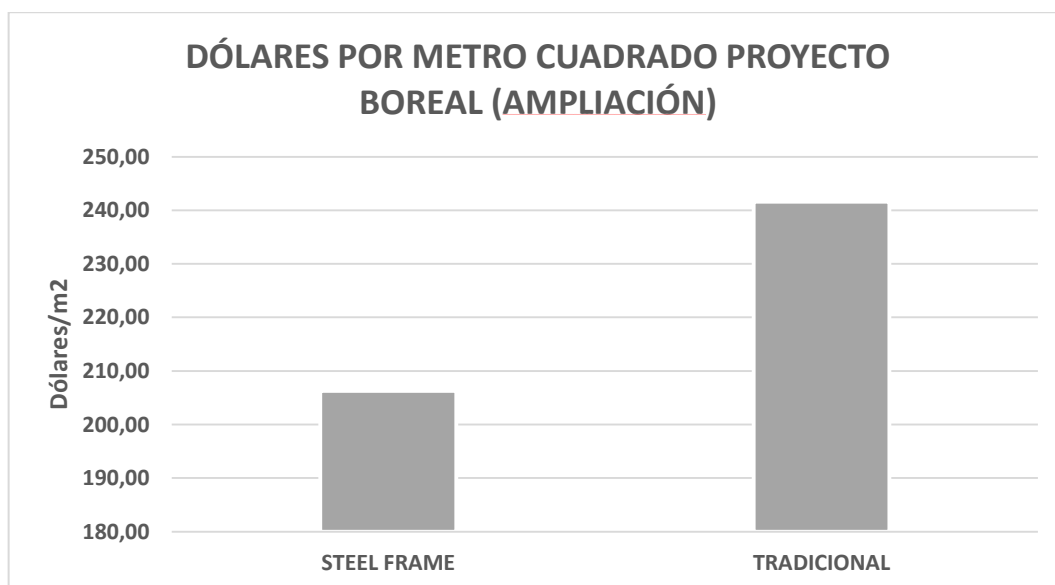


Ilustración 1. Comparación Económica Proyecto Boreal

Fuente: Ing. Mateo Sotomayor

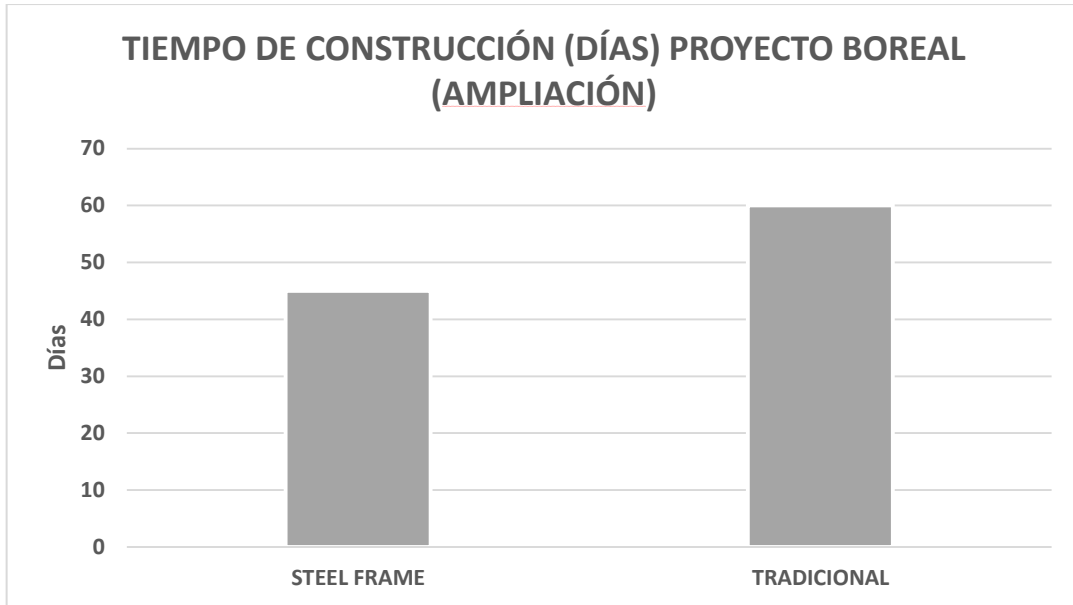


Ilustración 2. Comparación en días Proyecto Boreal

Fuente: Ing. Mateo Sotomayor

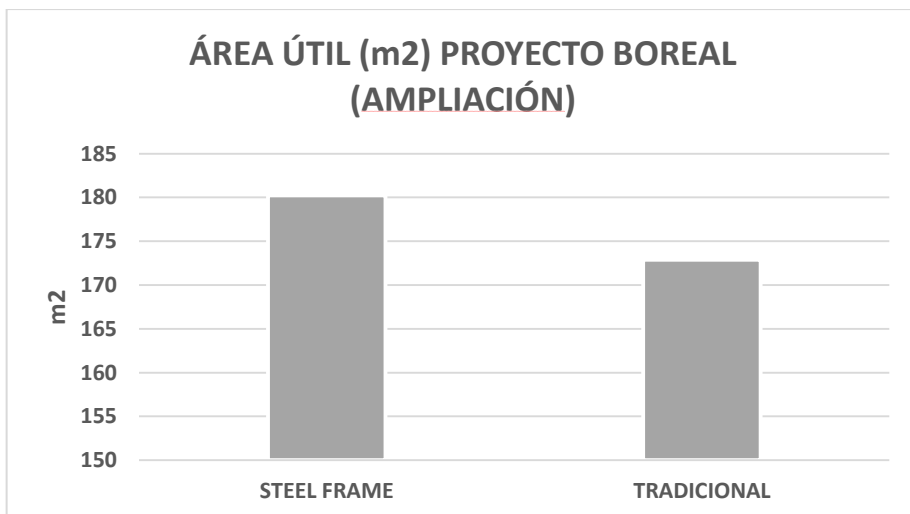
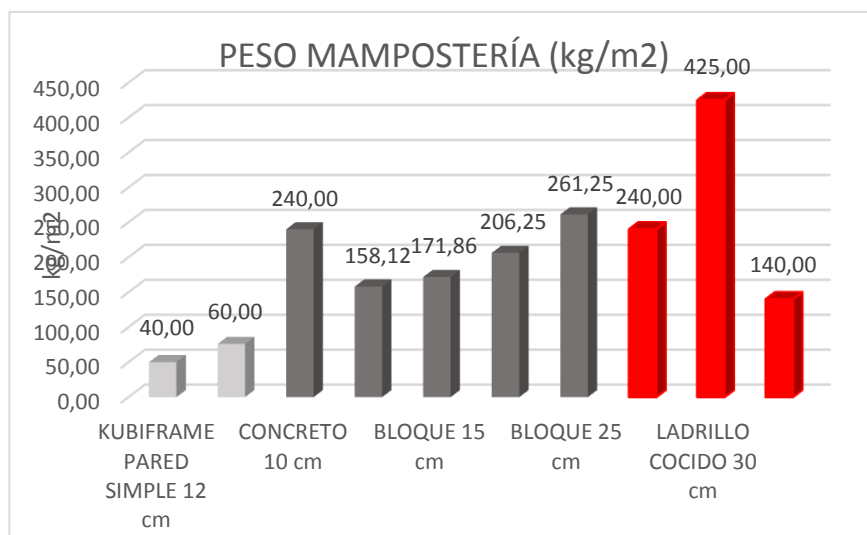


Ilustración 3. Comparación Área Útil Proyecto Boreal

Fuente: Ing. Mateo Sotomayor

En la imagen anterior se muestra una comparativa del área útil entre los dos tipos de sistemas constructivos, esta diferencia se debe a que con el sistema tradicional se va a tener un ancho de paredes de 20 cm en cambio en el sistema Steel Framing el ancho de pared va a ser de 15 cm con lo que esta cambio de espesor en todas las paredes hara que



aumente el área útil en m² de la vivienda.

Ilustración 4. Comparación Peso Mampostería

Fuente: Ing. Mateo Sotomayor

En la ilustración anterior se observa una comparación del peso distribuido entre diferentes tipos de mamposterías como son paneles de Kubiframe, concreto, y en diferentes espesores de bloque y ladrillo, como se ve el de menor peso son los paneles de Kubiframe con lo que le da una ventaja en comparación con los otros sistemas.

Tabla 1. Comparación Características Materiales

CARACTERÍSTICA	STEEL FRAME	TRADICIONAL
Peso	40-60 kg/m ²	220-385 kg/m ²
Espesor pared	10-20 cm	10-30 cm
Aislamiento Acústico	45-60 STC	48 STC
Aislamiento Térmico	SI	NO
Incombustible	SI	SI
Prefabricación	SI	NO
Simplicidad Instalación	SI	NO
Tiempo Ejecución (1 casa 100m ²)	6 semanas	18-20 semanas

El Ingeniero Sotomayor después de estudiar distintos pesos de mampostería concluyó que las paredes Kubiframe ya sean simples o dobles, son las más livianas del mercado, lo que genera los siguientes beneficios:

- Disminución de carga permanente de la estructura, lo que implica menores secciones de la estructura.
- Ideal para ampliaciones y remodelaciones, ya que su bajo peso no perjudica a la estructura existente.
- Facilidad de instalación en zonas remotas.

Adicionalmente, debido al proceso constructivo Steel Frame tiene las siguientes ventajas:

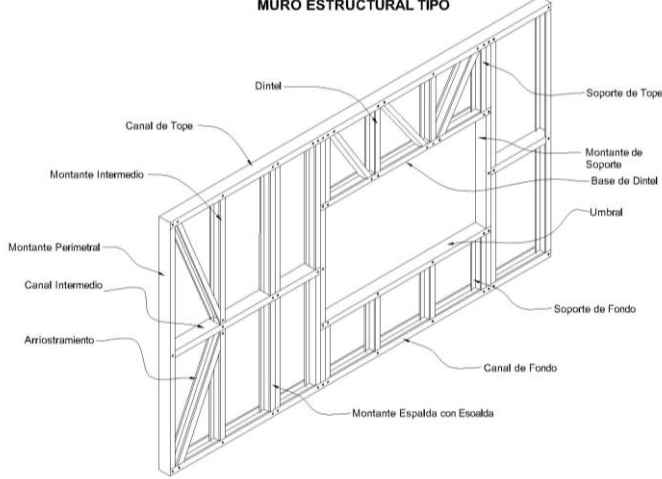
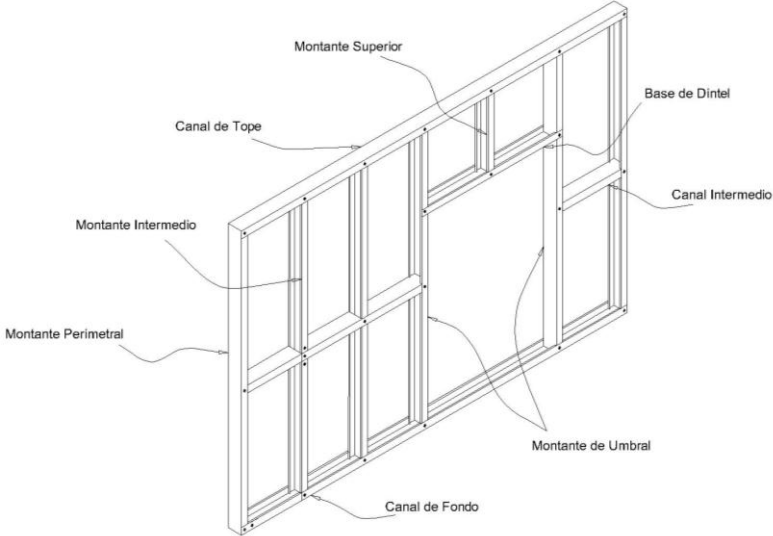
- Disminución de los tiempos de ejecución.
- Disminución de mano de obra.
- Mayor control de la construcción, ya que se minimizan los desperdicios.
- Adaptabilidad para instalaciones, tanto eléctricas como hidrosanitarias.
- Aislamiento termo acústico.
- Materiales no combustibles.

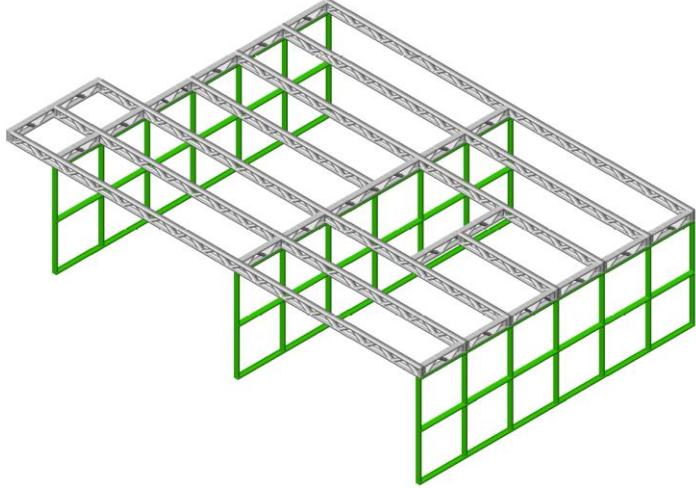
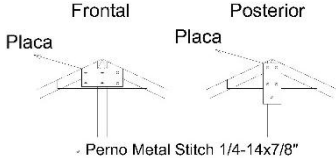
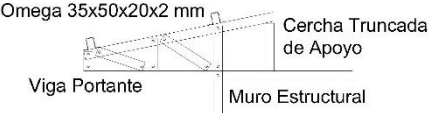
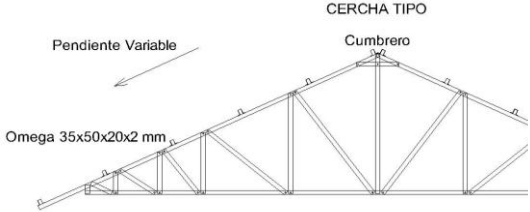
Todo esto repercute en la economía de la ingeniería, siendo un sistema eficiente que brinda facilidades para la construcción y optimiza los costos, sin perjudicar el confort de los usuarios.

Kubiec, siendo una de las empresas que fabrica soluciones para la construcción, cuenta con una línea exclusiva para el sistema Steel Frame, la cual se denomina Kubiframe y dispone de:

2.2.1. Componentes:

Tabla 2. Componentes de una Estructura Steel Framing

<p>Muros estructurales</p>	<p style="text-align: center;">MURO ESTRUCTURAL TIPO</p>  <p>Labels for Muro Estructural Tipo:</p> <ul style="list-style-type: none"> Dintel Canal de Tope Montante Intermedio Montante Perimetral Canal Intermedio Aniostramiento Montante Espalda con Esoalda Soporte de Tope Montante de Soporte Base de Dintel Umbral Soporte de Fondo Canal de Fondo
<p>Muros divisorios</p>	 <p>Labels for Muros divisorios:</p> <ul style="list-style-type: none"> Montante Superior Canal de Tope Montante Intermedio Montante Perimetral Base de Dintel Canal Intermedio Montante de Umbral Canal de Fondo

<p>Estructura de entepiso</p>	
<p>Cerchas de cubierta</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>Detalle Cumbre</p>  <p>Frontal Placa Posterior Placa Perno Metal Stitch 1/4-14x7/8"</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Alero Compuesto</p>  <p>Omega 35x50x20x2 mm Viga Portante Muro Estructural Cercha Truncada de Apoyo</p> </div> </div> <div style="text-align: right; margin-top: 10px;"> <p>CERCHA TIPO</p>  <p>Pendiente Variable Cumbreiro Omega 35x50x20x2 mm</p> </div>
<p>Gradas</p>	

2.2.1. Perfiles:

A continuación, se muestra los perfiles disponibles por la empresa Kubiec, la cual consta de tres tipos de perfiles que cambian solamente en su espesor, estos son perfiles tipo G. Para un mejor entendimiento en la ilustración 5 se muestra a que parte corresponde cada dimensión de la siguiente tabla.

Tabla 3. Perfiles Disponibles Kubiec

SECCIÓN	A	B1	B2	C	E
	mm	mm	mm	mm	mm
PGG 89x39x41x11x0,75	89	39	41	11	0,75
PGG 89x39x41x11x0,90	89	39	41	11	0,90
PGG 89x39x41x11x1,20	89	39	41	11	1,20

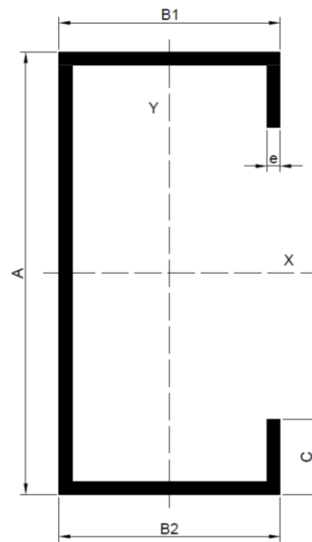


Ilustración 5. Especificaciones perfil G

Fuente: Ing. Mateo Sotomayor

Propiedades de los Perfiles

En siguientes tablas se muestran las diferentes propiedades geométricas para cada uno de los ejes de cada uno de los perfiles disponibles.

Tabla 4. Características de los Perfiles eje X

SECCIÓN	ÁREA	P	I _x	S _x	r _x
	mm ²	kg/m	mm ⁴	mm ³	mm
PGC 89x39x41x11x0,75	140,19	1,10	180203	4049	35,85
PGC 89x39x41x11x0,90	167,57	1,32	214507	4820	35,7
PGC 89x39x41x11x1,20	221,69	1,74	281407	6323	35,63

Tabla 5. Características de los Perfiles eje Y

SECCION	I _y	S _y	r _y	J
	mm ⁴	mm ³	mm	mm ⁴
PGC 89x39x41x11x0,75	31983	1181	15,09	26,00
PGC 89x39x41x11x0,90	37818	1398	15,02	53,00
PGC 89x39x41x11x1,20	49086	1815	14,88	95,00

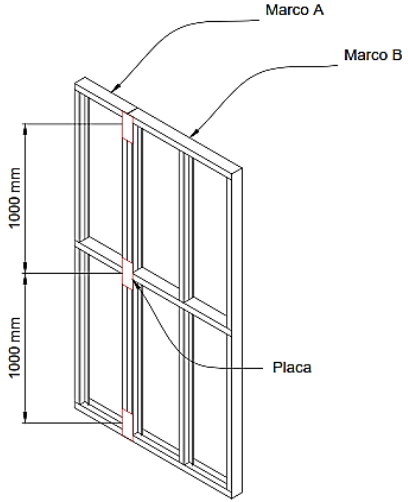
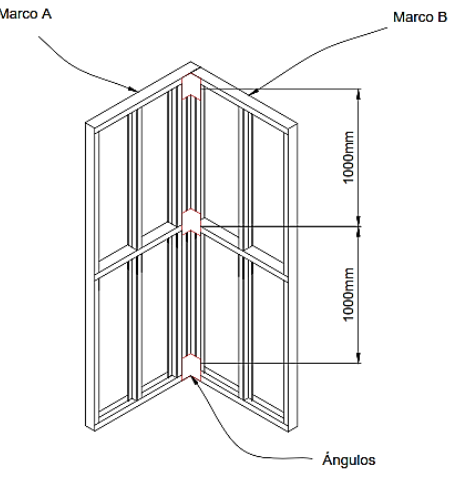
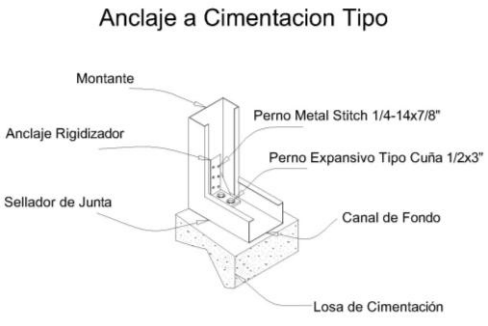
En la tabla que se muestra a continuación se especifica a qué tipo de acero estructural corresponde cada uno de los perfiles y de acuerdo a esto cuáles son sus resistencias a fluencia y resistencia última.

Tabla 6. Resistencia de los Perfiles

PERFIL	ACERO ESTRUCTURAL	FLUENCIA	TENSIÓN
		F _y	F _u
PGG 89x39x41x11x0,75	G50	50 ksi (415 Mpa)	74 ksi (510 Mpa)
PGG 89x39x41x11x0,90	G50	50 ksi (415 Mpa)	74 ksi (510 Mpa)
PGG 89x39x41x11x1,20	G80	80 ksi (552 Mpa)	90 ksi (623 Mpa)

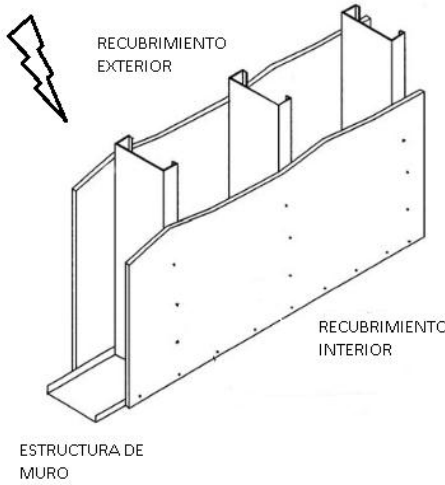
2.2.2. Rigidizadores:

Tabla 7. Accesorios Steel Framing

<p>Placas</p>	 <p>Marco A</p> <p>Marco B</p> <p>1000 mm</p> <p>1000 mm</p> <p>Placa</p>
<p>Ángulos</p>	 <p>Marco A</p> <p>Marco B</p> <p>1000mm</p> <p>1000mm</p> <p>Ángulos</p>
<p>Anclaje rigidizador</p>	<p>Anclaje a Cimentacion Tipo</p>  <p>Montante</p> <p>Anclaje Rigidizador</p> <p>Sellador de Junta</p> <p>Perno Metal Stitch 1/4-14x7/8"</p> <p>Perno Expansivo Tipo Cuña 1/2x3"</p> <p>Canal de Fondo</p> <p>Losa de Cimentación</p>

2.2.3. Recubrimientos:

Tabla 8. Tipos de Recubrimientos

EXTERIORES:	 <p>Diagrama que muestra un muro con una estructura de muro (ESTRUCTURA DE MURO) y recubrimientos exterior (RECUBRIMIENTO EXTERIOR) e interior (RECUBRIMIENTO INTERIOR). El recubrimiento exterior está formado por paneles con un perfilado en la parte superior, y el recubrimiento interior es una placa plana con puntos de fijación. Una flecha indica la dirección exterior.</p>
Fibrocemento	
Multilaminado fenólico	
Placas de PVC	
Placas metálicas	
INTERIORES:	
Placas de Yeso	
Multilaminado fenólico	

2.2.4. Aislantes:

Tabla 9. Tipos de Aislantes

Corcho	
Fibras naturales	
Aislantes de Fibras Minerales:	
Lana de vidrio	

Lana de roca	
Aislantes de Derivados Petroquímicos:	
Poliuretano expandido	
Polietileno	

2.3. Acción del sismo en el sistema Steel Framing

Debido a que éstas construcciones se tratan de construcciones esencialmente livianas es una ventaja sismorresistente. Por eso, en general no será conveniente agregar masas a estas construcciones, tales como revestimientos de ladrillos, tejas cerámicas, etc. Sin embargo si

estos agregados se efectúan racionalmente y tomando en cuenta los efectos sobre las respuestas sísmicas, pueden realizarse con el debido control por un ingeniero especializado en el tema. Por ejemplo, si en una construcción de este tipo se agrega una capa de hormigón en el entrepiso, será importante agregarle una malla de acero y con ello asegurar que la losa así constituida, actúe como un diafragma para distribuir las fuerzas inerciales del sismo.

Por estas razones, según el Manual de Ingeniería de Steel Framing realizado por la asociación latinoamericana del acero (Chile), ha percibido que tiene algunas limitaciones para las zonas de alta sismicidad y vientos fuertes. Las construcciones en zona de alto riesgo sísmico y fuertes vientos, quedan sujetas a las limitaciones adicionales de esta sección.

- En zonas de alto riesgo sísmico, los sobrecimientos deben quedar limitados a una altura de 1,20 m desde el nivel del terreno hasta el tope del sobrecimiento o platea de fundación.
- Los diafragmas de pisos y de techo deben tener una relación de forma no menor que 0,25:1 y no mayor de 4:1. La relación de forma de diafragmas se debe determinar dividiendo la distancia entre muros arriostrados por el largo del diafragma paralelo a dichos muros arriostrados.
- Las líneas de arrostramiento de muros pueden estar ubicadas en las paredes exteriores, y en paredes interiores según sea requerido.
- Donde un muro arriostrado separa a dos secciones de un edificio, la longitud requerida del muro arriostrado debe ser determinada sumando las longitudes de los muros arriostrados de cada porción del edificio.
- Donde existen desplazamientos verticales en los diafragmas de piso y de techo deben ser conectados entre sí por líneas arriostrados de muros, que sean capaces de transmitir los esfuerzos de un nivel al otro.

- Las líneas de muros arriostrados que sean requeridas por razones de estabilidad y resistencia del edificio deben ser continuas en un mismo plano vertical desde la fundación hasta el piso superior.
- No deben existir desplazamientos horizontales de muros arriostrados.

Para adicionar todas limitaciones antes mencionadas se adjunta la siguiente imagen la cual se la obtuvo del Manual de Ingeniería de Steel Framing.

Tabla 10. Limitaciones adicionales en zonas de alta sismicidad

Atributo	Limitación
Número de niveles	General 2 pisos
Carga de Nieve	3.35 KN/m ² máximo con cubierta liviana 1.5 KN/m ² máximo para cubierta pesada
Categoría Sísmica	Categorías D1, D2, E (Nota: Categorías según tecnología norteamericana)
Peso propio de muros	Muros 0.35 KN/m ² máximo para sistema de muros livianos 0.70 KN/m ² para sistema de muros pesados
Peso propio de techos y cielos	Techos 0.6 KN/m ² para sistema liviano 0.7 KN/m ² para sistema normal 1.2 KN/m ² para sistema pesado
Pendiente del techo	25% a 50%

En el Ecuador, el diseño en Acero Formado está basado según la sección 5.4 Acero formado en frío de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC). Nos dice que cuando se usen en vivienda, los pórticos resistentes a momentos de acero formado en frío deberán diseñarse de acuerdo a las normas de diseño de la AISI. No obstante, el diseño deberá satisfacer los requisitos de la sección 3.2, y a la NEC-SE-AC. Además, las uniones

estructurales soldadas deberán regirse por la AWS y las uniones estructurales emperradas deberán regirse a la norma AISC.

La empresa FRAMECAD es el sistema integral de diseño y fabricación de perfiles de acero más avanzado del mundo, que le permite producir en masa perfiles de acero conformados en frío con la precisión que determina el sistema, no el nivel de habilidad de los operarios de la fábrica o de quienes realizan el montaje en obra.

Mark Taylor, presidente FRAMED, comenta en el perfil de la empresa, que el software FRAMECAD permite al proceso de producción convertir rápidamente el modelo tridimensional en una realidad concreta y precisa. Están liderando la revolución para acelerar el proceso de diseño y construcción. Se asociaron con otros desarrolladores de software CAD de primera línea para ofrecer un proceso de diseño más sencillo e inteligente. El equipo de fabricación es como la impresora que se conecta a la computadora, sólo generará un resultado preciso si le da las instrucciones correctas. El aspecto realmente inteligente de la solución es el know-how y el software que instruyen al equipo de fabricación.

Dentro del grupo de sistemas que conforman FRAMECAD tenemos: FRAMECAD Solutions, FRAMECAD Building Products, FRAMECAD Architect, FRAMECAD ProDesign, FRAMECAD Factory, FRAMECAD Detailer, FRAMECAD-FrameMaster, FRAMECAD Mobile Factory. Esta empresa ha realizado estudios para demostrar que las casas realizadas con ésta tecnología pueden comportarse bastante bien durante los eventos sísmicos, por lo que se ha incrementado la construcción de estas viviendas en regiones sísmicas. En una zona sísmica, las casas pueden ser diseñadas con estructuras dúctiles que absorban la energía del evento telúrico tal como lo es el acero alivianado.

El Profesor Charles Clifton de la Universidad de Auckland y NASH. Puso a prueba una típica construcción de Nueva Zelanda en una mesa de sismo, el comportamiento de la

casa de prueba fue representada tal como los constructores estructurales y científicos predijeron, una actuación extremadamente buena en respuesta a un sismo. La casa probada fue diseñada por Graham Rundle, Redco (NZ). Cuyas especificaciones fueron las siguientes:

- 2.6 *2.8m en planta con una altura de 2.4m
- FRAMECAD Light steel frame – 0.75 mm de espesor G550 lipped C-sections
- Brick veneer exterior cladding – standard 70 Series with Type B brick ties screwed to the flanges of the studs through a 40 x 10 mm thermal break
- Plasterboard interior lining
- Estructura con una frecuencia de 4Hz

El ambiente agradable del Steel Framing ha hecho que sea una solución disponible rápida y efectiva, además en la reconstrucción de viviendas en zonas sísmicas ha sido una de las más utilizadas. También, se han realizado estudios en diferentes universidades del mundo como los realizados por la universidad de Auckland, donde los resultados son muy alentadores frente a sollicitaciones sísmicas.

2.4. Entrepiso seco

Entrepiso seco se denomina así por realizarse la rigidización con placas que se atornillan a las vigas de acero. Estas placas pueden ser multilaminados fenólicos, placas cementicias, placas celulósicas, entre otras. Estos componentes le proveen al entrepiso menor peso, esto es particularmente deseable en situaciones donde se desea construir un segundo piso y el peso de la construcción debe disminuirse. Otra característica de este tipo de entrepiso es que su ejecución es más rápida que los entrepisos húmedos. Las placas de rigidización más utilizadas son multilaminados fenólicos de 25mm. En caso de un piso cuya terminación sea un cerámico, se deberá utilizar una placa cementicia, o celulósica, ambas

permiten el pegado directo de los cerámicos. En cuanto a la aislación acústica, de ser necesario se debería colocar bajo la placa utilizada polietileno expandido o lana de vidrio. Otra técnica que se puede utilizar, es colocar sobre el borde superior del perfil y por debajo de la placa de substrato, una interfaz elástica como es la silicona. Para el revestimiento final se puede utilizar piso cerámico, vinílico o alfombra.

Es importante determinar el apoyo que tendrán los perfiles galvanizados que van a ir como vigas del entre piso, ya que es por donde se transmiten las cargas hacia las fundiciones. Lo más usual es fijarlo a la pared, un perfil ángulo laminado en caliente por debajo de las vigas para que sirva de apoyo a la estructura de perfiles que conforman el entrepiso. La fijación se hace por medio de brocas expansivas. En los entrepisos se debe considerar no solo la resistencia de los perfiles a soportar cargas, sino también, la deflexión máxima admisible.

Para la orientación de las vigas, generalmente se hace en dirección a donde haya menor distancia entre apoyos pero de acuerdo al diseño pueden ir en otra dirección.

El entrepiso seco tiene varias ventajas en las que destaca la seguridad que brinda al ser resistente al fuego, hongos, organismos y al impacto, además al ser una estructura liviana, ésta técnica es práctica, rápida, económica y segura (Siuciak, 2015).

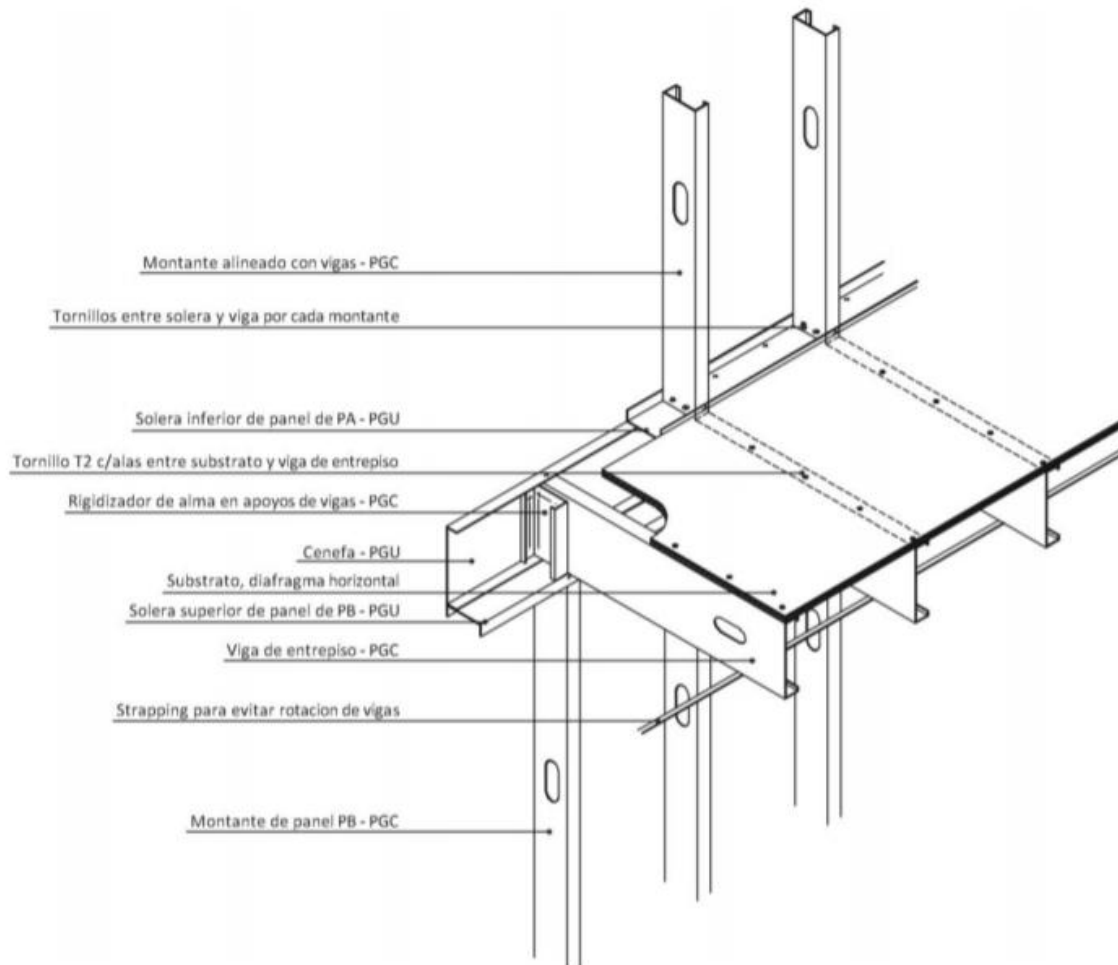


Ilustración 6. Entresaco Seco

Fuente: Siuciak, R.

2.5. VAE

Todo proveedor participante, debe expresar en porcentaje la participación ecuatoriana de cada uno de los rubros del precio unitario. Entendiendo que el precio unitario es el desglose detallado de todos los elementos de costo involucrados para la ejecución de una unidad de medida de un rubro en particular, este es el insumo fundamental para cuantificar el componente ecuatoriano que tiene, es decir, su Valor Agregado Ecuatoriano.

Dentro del formulario principal del presupuesto se debe registrar el Valor Agregado Ecuatoriano de cada rubro del proyecto, se procederá con la ponderación del Valor Agregado Ecuatoriano de cada rubro con su peso relativo en relación con el presupuesto.

El porcentaje de participación ecuatoriana mínimo del proyecto será el resultado de la sumatoria de los valores agregados calculados de cada uno de los rubros constituidos.

La designación del porcentaje de participación ecuatoriana a los componentes se lo realiza bajo la estructura del SERCOP, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones.

- Si el elemento, en función del CPC (Clasificador Central de Productos) correspondiente se encuentra dentro de la lista de Bienes No Producidos, su Valor Agregado Ecuatoriano se considerará 0%;
- Si el elemento en función del CPC correspondiente se encuentra dentro de la lista de Bienes Enteramente Producidos, su Valor Agregado Ecuatoriano se considerará 100%;
- Para aquellos elementos que no son parte de las listas antes mencionadas, el Valor Agregado Ecuatoriano que se considerara será el mínimo fijado para acreditar origen ecuatoriano, esto es, 40%.

Hasta la fecha actual no existe la lista de bienes producidos y no producidos en el Ecuador, razón por el cual el porcentaje de Valor Agregado designado a cada componente será subjetivo de quien los realiza, y de acuerdo al artículo 2 de la resolución del SERCOP del año 2014 numeral 00008 (RE-SERCOP-2014-00008) las máximas autoridades contratantes o sus delegados, en forma previa a convocar a un procedimiento de contratación de obras cuyo presupuesto sea igual o superior al monto correspondiente a licitaciones de obras, aprobarán los estudios de desagregación tecnológica a través de un documento que

será publicado como información relevante en el portal institucional del SERCOP. (Chela, Vela. 2018)

Determinación del VAE de la oferta

Se utilizará la siguiente fórmula:

$$= 1 - (a+b)/c * 100$$

Donde:

- a. Monto en dólares de las importaciones directas realizadas por el oferente, relativas a los bienes, y/o servicios de la oferta presentada.
- b. Monto en dólares de las compras realizadas en Ecuador que son importadas por terceros (proveedores del oferente), relativas a los bienes y/o servicios de la oferta presentada.
- c. Monto en dólares de la oferta total (este literal se lo obtendrá directamente de la oferta económica del proveedor).

Condiciones para el correcto cálculo del VAE:

- El valor de la sumatoria (a+b) no puede ni debe ser superior al valor de c.
- En caso de que el proceso corresponda a adjudicación total, el oferente deberá registrar en su oferta y adjuntar en el Módulo Facilitador de la Contratación Pública, un solo formulario de “Declaración de Valor Agregado Ecuatoriano (VAE)” independientemente del número de lotes de contratación.
- Si se trata de adjudicación parcial, el oferente deberá registrar en su oferta y adjuntar en el Módulo Facilitador de la Contratación Pública, un formulario de “Declaración de Valor Agregado Ecuatoriano (VAE)” por cada lote de contratación (SERCOP, s/f).

Ejemplo para un solo CPC:

CPC 1: 35290

CPC	VAE (Umbral) (a) (Público en el portal institucional del SERCOP)	Presupuesto Referencial (bi) USDS	PRPPi (Peso Relativo) $c=(bi/\sum bi)$	VAE Ponderado del Procedimiento $d= (a*c)$	Umbral VAE $\sum d$
352900001	39%	1.000	100%	39%	39%
TOTAL ($\sum bi$)		1.000			

Ilustración 7. Ejemplo VAE

Fuente: SERCOP

3) DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Vivienda de diseño

La vivienda a diseñar esta dado por las tipologías de vivienda aprobadas por el Ministerio de Desarrollo Urbano y Viviendas (Programa casa para Todos). La vivienda consta de 4 departamentos con una área total aproximada de 208 m². Cada departamento tiene un área social (sala-comedor), área de cocina, dos dormitorios y una zona de lavado y secado.



VIVIENDA 4D CASA PARA TODOS

Región: Costa - Amazonía

Área total aproximada : 208,00 m²

Descripción de espacios:

- Área social (sala – comedor)
- Área de cocina
- Dos dormitorios
- En planta baja: Un baño completo con 4 barras de acero inoxidable, asiento de ducha abatible, ducha con un accesorio regadera tipo teléfono. En planta alta: Baño completo.
- Zona de lavado y secado



Ilustración 8. Fachada Frontal Vivienda 4D

Fuente: Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda

A continuación se adjunta los planos arquitectónicos de la planta baja y alta de la vivienda:

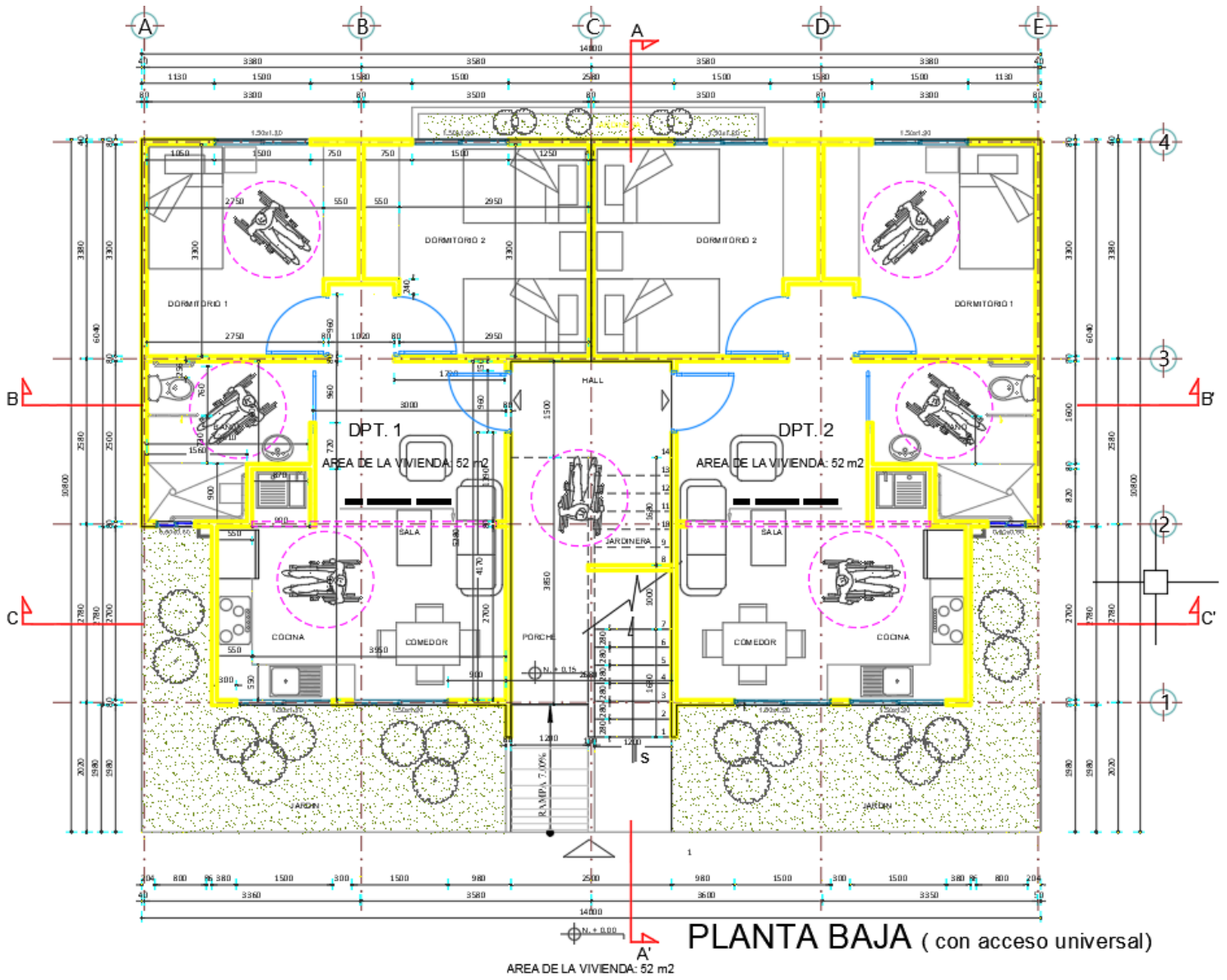


Ilustración 9. Diseño Arquitectónico Planta Baja

Fuente: Ministerio de Desarrollo Urbano

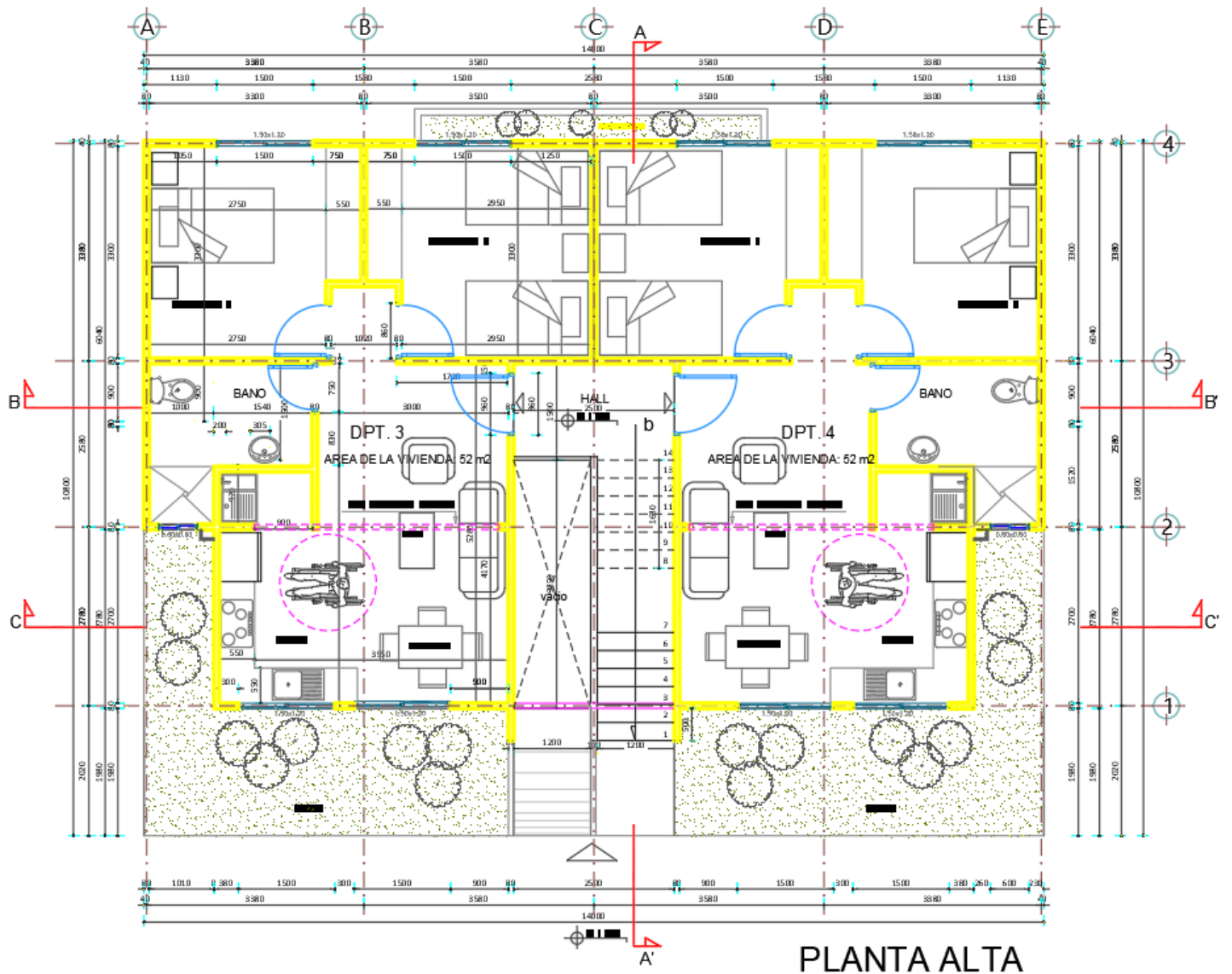


Ilustración 10. Diseño Arquitectónico Planta Alta

Fuente: Ministerio de Desarrollo Urbano

3.2. Prediseño Hormigón Armado

3.2.1. Especificaciones asumidas para el diseño:

Para la ubicación del proyecto se asumió Manta, provincia de Manabí ya que, en consecuencia, del terremoto ocurrido en el año 2016, se vio la necesidad de ofrecer viviendas como son las que brinda el programa "Casa para de todos", expedido por el presidente Lenin Moreno en el año 2017. A continuación, se muestra los datos que serán asumidos para el pre-dimensionamiento.

$$f'c=21 \text{ MPa}$$

$$fy=420\text{Mpa}$$

$$\text{Luz más grande}= 5.05 \text{ m}$$

$$\text{Altura de entrepiso} = 2.9 \text{ m}$$

Carga Viva 200 Kg/m² según NEC (Uso residencial)

Para el procedimiento de pre-dimensionamiento se seguirá el método propuesto por Tapia (2014) se diseñará en base a la normativa NEC y ACI 318.

3.2.2. Predimensionamiento Losa

Para el predimensionamiento de losas se utilizó lo estipulado en el ACI 318-08 en donde se habla de losas dispuestas de vigas en sus cuatro bordes, por lo que se aplica la siguiente ecuación para calcular el espesor mínimo:

$$h_{min} = \frac{\ln(0.8 + \frac{fy}{1400})}{36 + 5\beta(\alpha_{fm} - 0.2)} \quad [1]$$

Donde l_n es la luz libre más larga del panel, fy el esfuerzo de fluencia del acero β la relación de las dimensiones de los paneles de losas y el α_{fm} es un valor promedio, para todas

las vigas, de la relación entre la rigidez a la flexión de una sección de viga y la rigidez a flexión de una franja limitada lateralmente por los ejes centrales de los paneles adyacentes. Es seguro asumir un valor de α_{fm} igual a 0.2 cuando no se tiene vigas interiores. Con este valor de α_{fm} igual a 0.2 cuando no existen vigas interiores, la ecuación se transforma a lo siguiente, estando ya en unidades métricas.

$$h = \frac{\ln(800+0.0712*fy)}{3600} \quad [2]$$

Para el cálculo es necesario conocer la luz más grande de la estructura, para este caso es 5.05m

$$h_{min} = \frac{5.05(800 + 0.0712 * 4200)}{3600}$$

$$h_{min} = 15.42 \text{ cm}$$

Se obtuvo un espesor de 15.42 cm para una losa maciza, pero debido a las mejoras que brinda una losa alivianada, se decidió realizar una losa alivianada, para lo cual se debe calcular las áreas e inercias, para esto se utilizó el programa de Excel para saber la altura que nos daría si utilizamos una losa alivianada de 25 cm, dicha altura es mayor a la altura mínima antes calculada con lo que cumple el requisito, además se debe verificar que se cumpla con las recomendaciones de la ACI en donde nos pide que el ancho de cada nervio deberá ser al menos 10 cm y un peralte no mayor a 3.5 veces dicho ancho, de igual manera la separación entre nervios no será mayor que 75 cm. En la siguiente imagen se muestra como nos quedaría la losa alivianada con sus respectivas dimensiones, además con la línea roja se muestra donde se encuentra el centroide de área el cual es igual a 16.94 cm medidos desde la base de la sección.

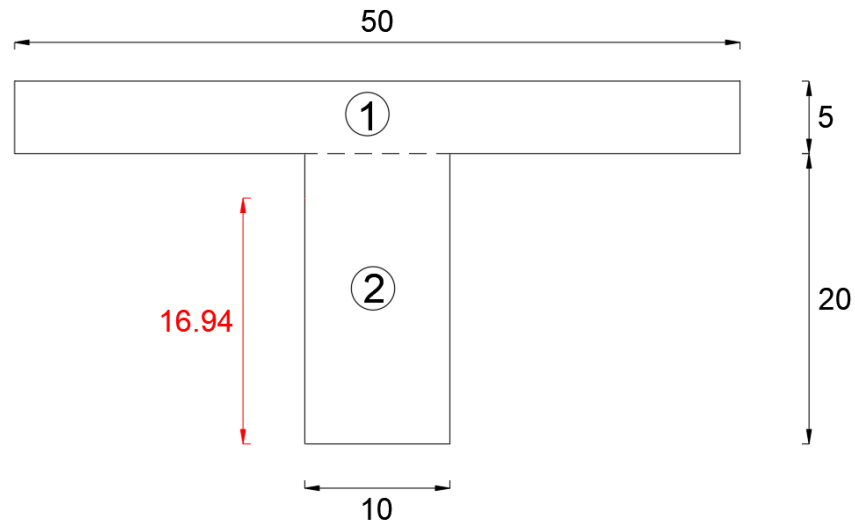


Ilustración 11. Sección Losa Alivianada 25cm

Fuente: Diego Lucero

Tabla 11. Programa Losa Equivalente

Figura 1	
h1	5 cm
b1	50 cm
Y1	22,5 cm
A1	250,00 cm ²
I1	520,83 cm ⁴
R1	5,56 cm
Figura2	
h2	20 cm
b2	10 cm
Y2	10 cm
A2	200,00 cm ²
I2	6666,67 cm ⁴
R2	6,94 cm

Tabla 12. Datos Obtenidos losa equivalente

Ancho (b)	50 cm
Y	16,94 cm
Ixx	24548,61 cm ⁴
h Altura	18,06 cm

Se verifica que la altura equivalente de la losa alivianada supere a la altura mínima antes calculada para losa maciza.

$$h_{equiv} = 18.06 \text{ cm} > 15.42 \text{ cm} \text{ **CUMPLE**}$$

3.2.3. Predimensionamiento de vigas

Para realizar el predimensionamiento de las vigas es necesario conocer el peso de la losa y las cargas permanentes como se muestra a continuación:

Tabla 13. Carga Permanente Losa (Carga Muerta)

Carga Losa			
Nombre	Sección Utilizada	Densidad (Kg/m ³)	Carga (Kg/m ²)
Peso Nervios	0.1*0.20*3.6	2400	172.8
Loseta Compresión	1*1*0.05	2400	120
Peso de Alivianamientos	8	12	96
Carga Permanente Total (Kg/m ²)			388.8

Tabla 14. Carga Permanente Acabados (Carga Muerta)

Carga Permanente			
Nombre	Sección Utilizada	Densidad (Kg/m ³)	Carga (Kg/m ²)
Enlucido y Masillado	1*1*0,04	2200	88
Recubrimiento Piso	1*1*0,02	2200	44
Peso Asumido Mampostería Bloque			200
	Carga Permanente Total (Kg/m ²)		332

Se procedió a sumar las dos cargas antes dichas como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 15. Carga Permanente Total

Peso Propio de Losa	388.8 (Kg/m ²)
Peso Permanente	332(Kg/m ²)
Peso Total	720.8 (Kg/m ²)

Para conocer la carga muerta total es necesario la suma de la carga de losa y la carga permanente más el peso de las vigas que se asume por recomendaciones de Guerra (2013) un 25% de la carga de las losas más la carga permanente.

$$\text{Peso de las vigas} = 0.25 * 720.8 = 180.2 \text{ Kg/m}^2$$

En nuestra carga última el coeficiente de 1.3 utilizado para mayorar la carga se utilizó por recomendaciones de Guerra (2013) por efecto sísmico

$$\text{Carga Ultima (q)} = 1.3 * (1.2 * (0.7208 + 0.1802) + 1.6 * (0.2)) = 1.82 \text{ T/m}^2$$

Con la siguiente imagen se puede ver el área contribuyente de cada viga, donde se puede evidenciar que las vigas más críticas son las del eje B, por tanto, con lo que se decidió realizar el pre diseño para esta.

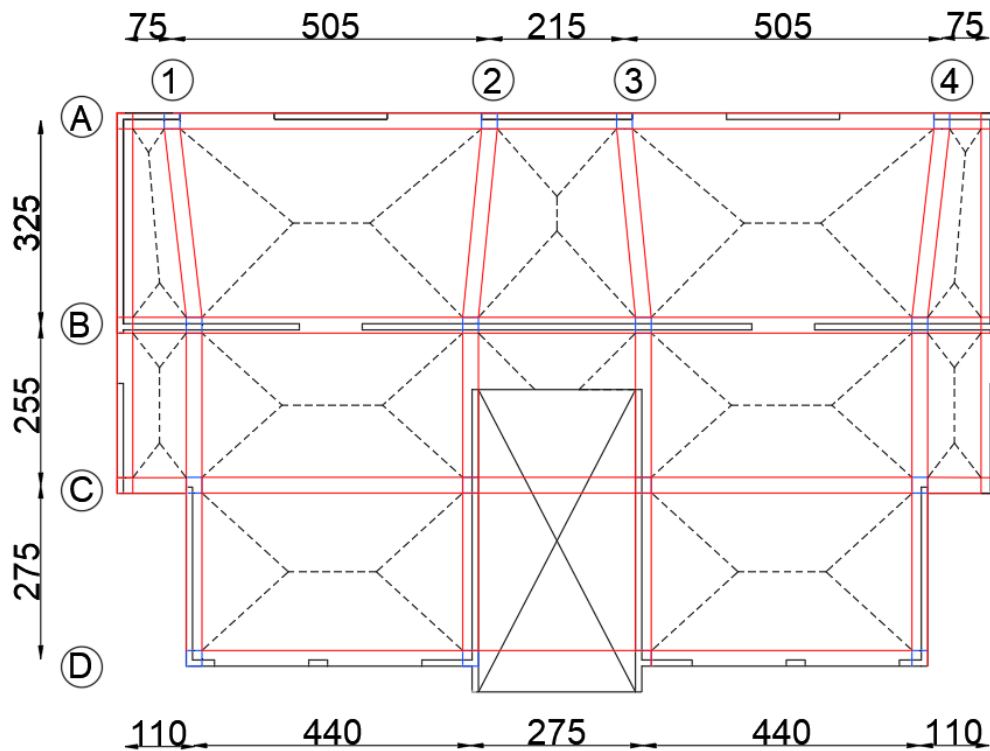


Ilustración 12. Área contribuyente de vigas

Fuente: Diego Lucero

En el sistema de losa, las cargas se distribuyen a los elementos de borde (vigas) de manera triangular y o prismática como se muestra en la imagen anterior. La distribución de carga sobre vigas de manera prismática se da cuando el área de losa en cuestión es rectangular, mientras que en un área de losa cuadrada se tiene una distribución de cargas de tipo triangular. Para nuestro caso tenemos los dos tipos de distribuciones. Estos tipos de carga se pueden transformar a una carga distribuida de la siguiente manera:

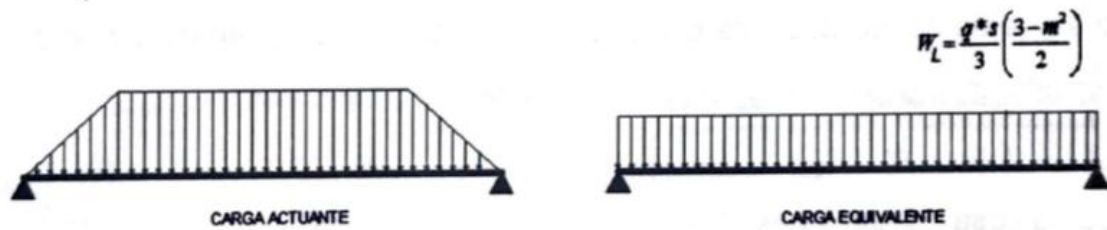


Ilustración 13. Transformación de cargas (Prismática)

Fuente: Ing. Marcelo Guerra

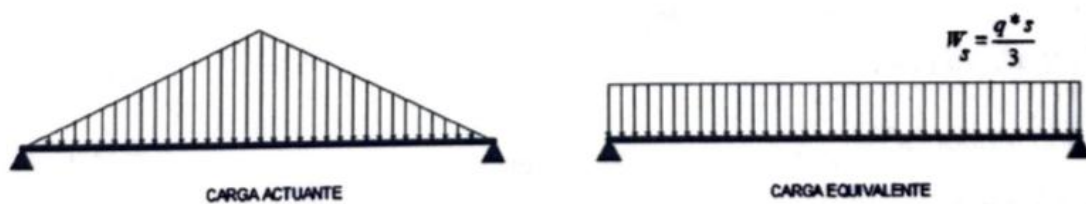


Ilustración 14. Transformación de cargas (Triangular)

Fuente: Ing. Marcelo Guerra

En las fórmulas de transformación de carga prismática m es la relación de la luz menor sobre la luz mayor, q es la carga última previamente calculada y s es la luz menor. En la transformación de carga triangular q es la carga última y s es la luz menor. Dichas distribuciones se calcularon para la viga más crítica, en nuestro caso la viga B

Se procedió a calcular en cada tramo la distribución de carga para esto fue necesario conocer la luz menor (S) y la luz mayor (L) para cada sección.

$$S = 2.55 \text{ m}$$

$$L = 4.40 \text{ m}$$

$$m = \frac{s}{L} \quad [3]$$

$$m = \frac{2.55}{4.40} = 0.58$$

$$WL = \frac{q*s}{3} * \left(\frac{3-m^2}{2} \right) \quad [4]$$

$$WL = \frac{1.82 * 2.55}{3} * \left(\frac{3 - 0.58^2}{2} \right)$$

$$WL = 2.06 T/m$$

$$S = 3.25 \text{ m}$$

$$L = 4.40 \text{ m}$$

$$m = \frac{S}{L}$$

$$m = \frac{3.25}{4.40} = 0.74$$

Se calculó las cargas en cada uno de los trapecios y triángulos

$$WL = \frac{q * s}{3} * \left(\frac{3 - m^2}{2} \right)$$

$$WL = \frac{1.82 * 3.25}{3} * \left(\frac{3 - 0.74^2}{2} \right)$$

$$WL = 2.42 T/m$$

$$W = 2.42 + 2.06 = 4.48 T/m$$

$$W_s = \frac{q * s}{3} \quad [5]$$

$$WL = \frac{1.82 * 2.15}{3}$$

$$WL = 1.3 * 2$$

$$W = 2.6 T/m$$

$$W_s = \frac{q * s}{3}$$

$$WL = \frac{1.82 * 1.1}{3}$$

$$WL = 0.67 * 2$$

$$W = 1.34 T/m$$

Para saber los momentos máximos de la viga se procedió a aplicar las cargas antes calculadas, y a continuación se colocó en nuestro modelo de SAP2000, donde se encontró los momentos a ser diseñados.

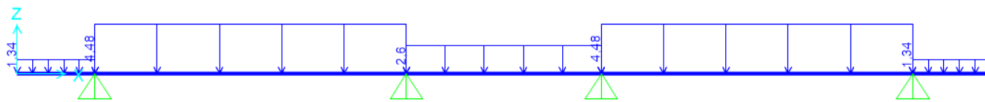


Ilustración 15. Cargas aplicadas en la viga

Fuente: Diego Lucero

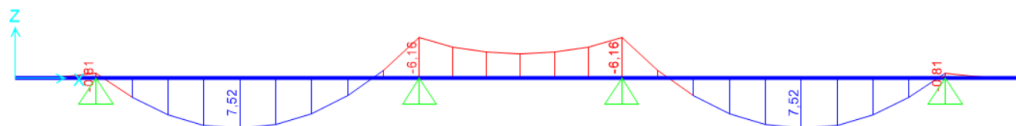


Ilustración 16. Diagrama de Momentos de la viga

Fuente: Diego Lucero

Se obtuvo el momento máximo de 7.52 Tm

Se usa la siguiente ecuación de momento nominal:

$$Mn = Ru * b * d^2 \quad [6]$$

Donde Mn es el momento nominal, Ru es un factor de resistencia a la flexión, b el ancho de viga y d el peralte efectivo de viga. Donde Ru se encuentra de la siguiente ecuación:

$$Ru = pfy \left(1 - 0.588 \frac{pfy}{f'c} \right) \quad [7]$$

Donde p es la cuantía de refuerzo, f_y el esfuerzo de fluencia del acero y $f'c$ la resistencia a compresión del hormigón.

Según la NEC p debe ser igual a 0.5 de p_b . Siendo p_b la cuantía de refuerzo balanceado que es cuando se obtiene en el mismo tiempo tanto la falla del hormigón como del acero, y para encontrarla se tiene la siguiente ecuación:

$$p_b = 0.85\beta_1 \frac{f'c}{f_y} \frac{0.003}{0.003 + \epsilon_y} \quad [8]$$

Donde β_1 depende de la característica del hormigón. Para hormigones con $f'c$ menores a los 280 kg/cm² es igual a 0.85 y ϵ_y es el esfuerzo de deformación al cual el acero comienza a fluir igual 0.002 para este caso.

$$p_b = 0.85 * (0.85) \frac{210}{4200} \frac{0.003}{0.003 + 0.002}$$

$$p_b = 0.021675$$

$$p = 0.5$$

$$* 0.021675 = 0.010838$$

$$Ru = 0.010838 (4200) \left[1 - 0.588 \frac{0.010838 (4200)}{210} \right]$$

$$Ru = 39.72 \frac{kg}{cm^2}$$

Además, se conoce:

$$Mu = \phi * Mn$$

$$Mu = \phi * Ru * b * d^2$$

$$\frac{Mu}{\phi} = 39.72 * b * d^2$$

Se asume $b=25cm$, debido a que la NEC en su sección 4.2.1 requisitos para elementos en flexión exige que el ancho mínimo debe ser igual a 25 cm

$$\frac{7.52Tm * 10^5}{0.9} = 39.72 * 25 * d^2$$

$$d = 29.01cm = 35cm$$

Con los resultados obtenidos se usaran vigas de 25 cm * 35 cm

3.2.4. Predimensionamiento Columnas

Para el predimensionamiento se utilizó el método que establece una relación entre las cargas axiales resistentes y los correspondientes momentos flectores en una columna conocido como curva o diagrama de interacción. En este diagrama se busca el punto de equilibrio balanceado en el que el hormigón alcanza su deformación última al mismo tiempo que refuerzo de acero en tensión. Se busca un tipo de falla balanceado con lo cual se optimizan las secciones y la capacidad de los materiales; Guerra menciona que es probable, en la mayoría de diagramas de interacción, que el punto balanceado se encuentre aproximadamente a 1/3 de la carga axial máxima que resiste la columna. De este modo:

$$P_{bal} \approx \frac{P_o}{3}$$

Donde P_o es la carga axial a compresión máxima que resiste la columna y se puede calcular como:

$$P_o = 0.85 f'c A_g + A_{st} f_y \quad [9]$$

Donde A_g es el área gruesa de la columna y A_{st} el área de refuerzo del acero. Se trabaja la ecuación y se tiene:

$$P_o = 0.85 f'c A_g + p A_g f_y$$

$$P_o = A_g(0.85 f'c + p f_y)$$

Aplicando el criterio $P \leq P_{bal}$

$$3P = A_g(0.85 f'c + p f_y)$$

$$A_g = \frac{3P}{(0.85 f'c + p f_y)}$$

Considerando un 30% de la acción sísmica y pasando de kilogramos a toneladas, se tiene:

$$A_g = \frac{3900P}{(0.85f'c + pfy)} \quad [10]$$

Con $p = 1 \%$, reemplazando:

$$A_g = \frac{3900 * P}{(0.85 * 210 \frac{kg}{cm^2} + 1\% * 4200 \frac{kg}{cm^2})}$$

$$A_g = 17.69 * P$$

Se encontró el área gruesa de columna que se necesita en función de la carga axial, la misma carga será encontrada continuación en función de los pisos y cargas aplicadas.

$$\text{Carga Muerta (CM)} = 2*(0.721+0.180) + 1*(0.1) = 1.9T/m^2$$

$$\text{Carga Viva} = 0.2 T/m^2$$

$$W = 1.2D + 1.6L = 2.60 T/m^2$$

Para conocer el área contribuyente hacia cada columna se realizó el siguiente gráfico:

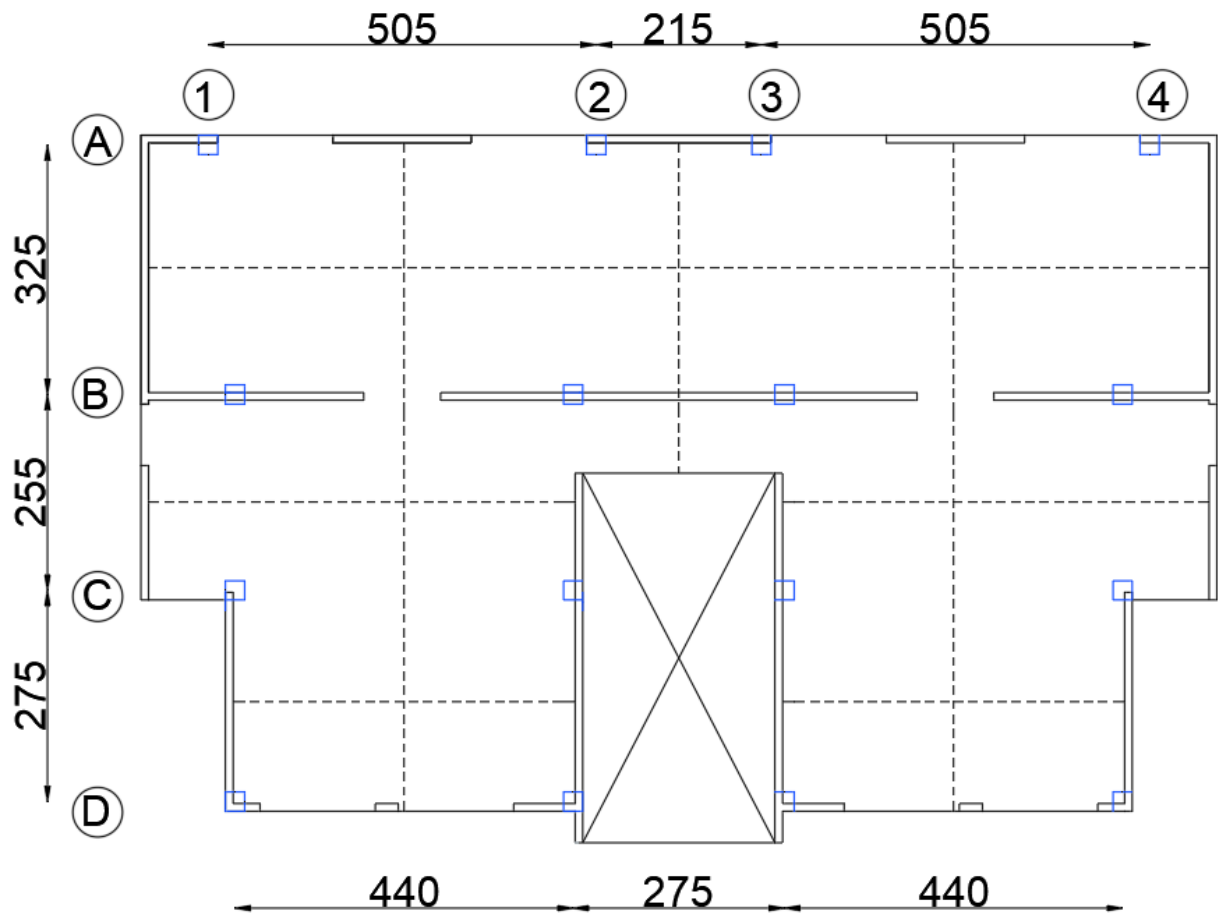


Ilustración 17. Área contribuyente columnas

Fuente: Diego Lucero

Para el diseño de la columna se realizó un programa en Excel donde se puede obtener cual es la sección más adecuada de acuerdo al área cooperante y la carga.

Tabla 16. Dimensionamiento de columnas

W	2,6	T/m ²			
UBICACIÓN	ÁREA COOP	P(T)	Ag=17,69*P(cm2)	SECCIÓN (cm)	
				b	t
A1	5,33	13,86	245,15	25	9,81
A2	5,85	15,21	269,07	25	10,76
A3	5,85	15,21	269,07	25	10,76
A4	5,33	13,85	245,15	25	9,81
B1	9,57	24,88	440,16	25	17,61
B2	10	26	459,94	25	18,39
B3	10	26	459,94	25	18,39
B4	9,57	24,88	440,16	25	17,61
C1	7,24	18,82	332,99	25	13,32
C2	5,83	15,15	268,15	25	10,73
C3	5,83	15,15	268,15	25	10,73
C4	7,24	18,82	332,99	25	13,32
D1	3,03	7,86	139,13	25	5,57
D2	3,03	7,86	139,13	25	5,57
D3	3,03	7,86	139,13	25	5,57
D4	3,03	7,86	139,13	25	5,57

Se utilizaría una sección de 25 cm*20 cm, pero tomando como referencia la norma Ecuatoriana de la Construcción sección 4.3.1 requisitos para elementos en flexo-compresión, se utilizó una sección de 30 cm*30 cm debido a que es la sección mínima que se puede utilizar.

A continuación, se procede a definir las secciones de las vigas, columnas y losa siguiendo las dimensiones calculadas en el predimensionamiento. Para vigas y columnas se

tomó en consideración el porcentaje de agrietamiento de inercias establecidas por la norma NEC como se muestra en la siguiente imagen:

En este caso, en el cálculo de la rigidez y de las derivas máximas se deberán utilizar los valores de las inercias agrietadas de los elementos estructurales, de la siguiente manera:

- 0.5 I_g para vigas (considerando la contribución de las losas, cuando fuera aplicable)
- 0.8 I_g para columnas
- 0.6 I_g para muros estructurales:
 - Para estructuras sin subsuelos, se aplicarán únicamente en los dos primeros pisos de la edificación

Ilustración 18. Inercias Agrietadas

Fuente: NEC-SE-DS

El cálculo del módulo de elasticidad se calculó según la NEC Ecuación 1.2 especificada en la parte de Anexos y que se detalla a continuación:

$$E_c = 4.7 \times \sqrt{f'c} \quad [11]$$

$$E_c = 4.7 \times \sqrt{f'c} = 21.54 \text{ GPa} = 219646.87 \text{ kg/cm}^2$$

3.2.5. Diseño Sísmico

Para fines prácticos y desarrollo de este trabajo de titulación, se asumió que la vivienda se va encontrar ubicada en la ciudad de Manta, por lo que se encontró una publicación realizada por Bonifaz, H. y Haro, J. en el año 2017 de estudios de perfiles de suelo realizadas en esta ciudad sobre el tipo de suelo y cuál es el perfil sísmico predominante, siendo el tipo D, por lo que se procedió a realizar el análisis con este tipo de suelo encontrado.

Los datos solicitados para el cálculo del cortante basal son el coeficiente de importancia, el espectro de diseño en aceleración, el factor de reducción de resistencia sísmica, los coeficientes de configuración en planta y elevación, dichos datos fueron obtenidos mediante la NEC como se especifica en las ilustraciones ubicadas en los anexos. Finalmente se necesitó el peso de la estructura cuya información es proporcionada por el programa.

Tabla 17. Programa de cálculo de Cortante Basal

Datos dados			
Tipo de suelo	D		
Lugar	MANTA	0,5	VI
Importancia	1		
Carga total (Wt)	200,18	T	
R	8		
Datos dados			
Tipo de suelo	D		
Lugar	MANTA	0,5	VI
Importancia	1		
Carga total (Wt)	200,18	T	
R	8		

Siendo R el factor de reducción de resistencia estructural, en nuestro caso es igual a 8 ya que nuestra estructura pertenece a pórticos especiales sismoresistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas tal como lo establece la NEC en la sección 6.3.4 literal d.

Tabla 18. Datos para el cálculo del Espectro

n	1,8	Costa
Z	0,5	
Fa	1,12	
Fd	1,11	
Fs	1,4	
C _t	0,055	
H	5,8	m
Alfa	0,9	

Donde n es la relación de amplificación espectral que depende de la región donde se ubique la estructura y Z que es el factor de zona sísmica que representa la aceleración esperada en roca, Fa, Fd y Fs son factores de amplificación o reducción dinámica de sitio que depende principalmente del tipo de suelo y la zona sísmica, C_t y Alfa son constantes que dependen del tipo de sistema estructural y H que es la altura máxima medida desde la base en metros, todo esto especificado en la sección 6.3 procedimiento de cálculo del DBF de la NEC.

Según la tipología existente, no existe irregularidades en planta ni en elevación por lo que se utilizó 1 para dichos valores, tal como lo establece la NEC sección 6.2.1 literal e procedimiento de análisis espectral. Además, para el cálculo del periodo de vibración “Ta” se utilizó la ecuación de los anexos.

Tabla 19. Datos Obtenidos del Cortante Basal

Cálculos	
Tc	0,763 s
Ta	0,268 s
Sa elástico	1,008 g
Sa inelástico	0,126 g
Cortante (basal)	25,223 T

Donde T_c es el periodo del espectro, T_a es el periodo de la estructura, S_a es el espectro de aceleración. S_a inelástico es el resultado de la división del S_a para el coeficiente R .

3.2.6. Espectro de Diseño

Para realizar la gráfica de los espectros inelástico y elástico, se hizo la siguiente tabla de acuerdo a las especificaciones de la NEC sección 3.3.1. Espectro elástico horizontal de diseño en aceleraciones. Para el periodo se utilizó un intervalo de 0.2 s en el gráfico.

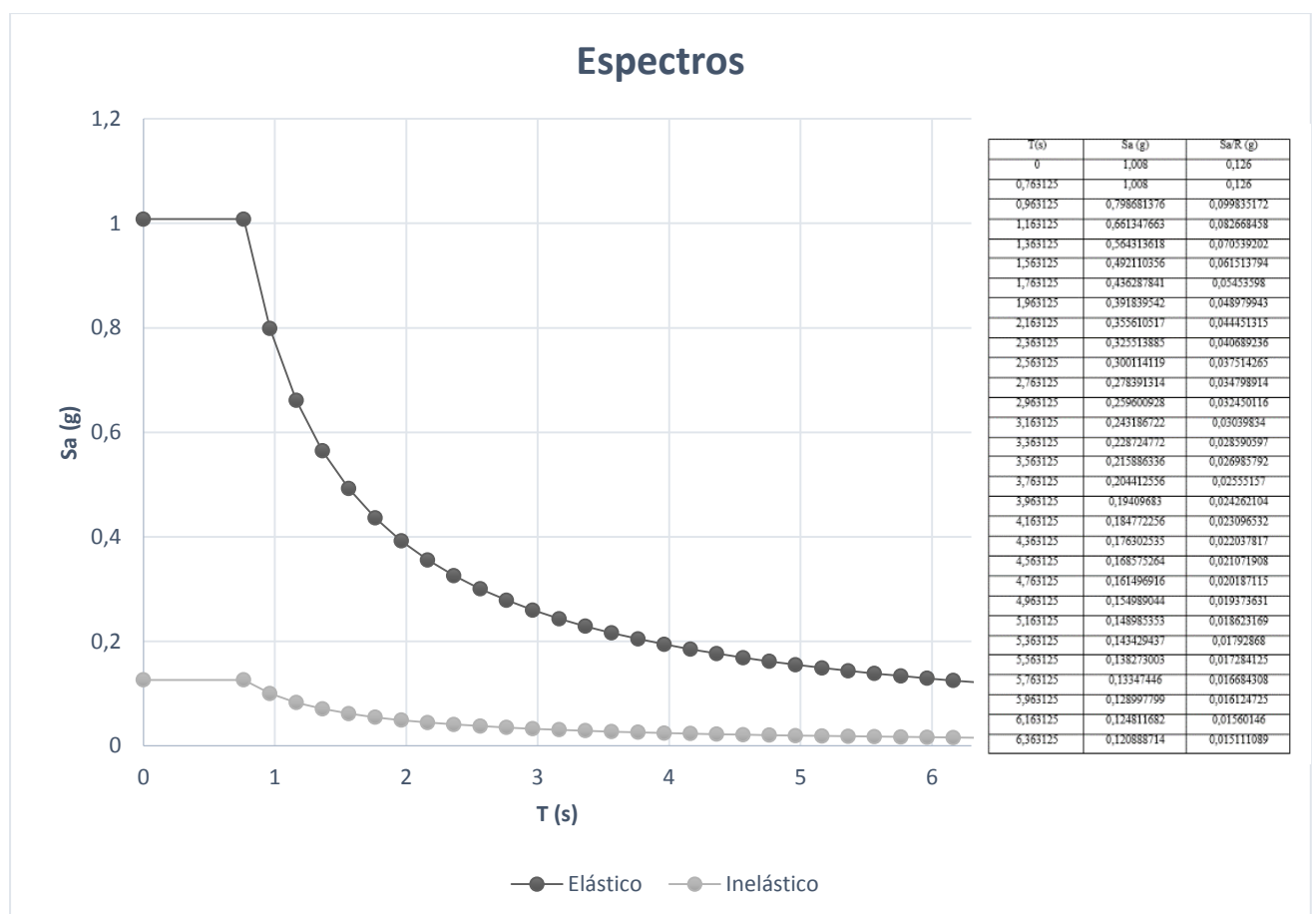


Ilustración 19. Espectros de diseño

Fuente: Diego Lucero

Luego de haber realizado el modelo y colocar las cargas de acuerdo a las calculadas y secciones requeridas para columna y viga, se procedió a correr el programa.

Para la corrida final de la estructura, se procedió a calcular la corrección del cortante basal estático y dinámico, lo cual establece la NEC en la sección 6.2.2 literal b donde nos dice que el valor del cortante dinámico total en la base obtenida por cualquier método de análisis dinámico, no puede ser menor que el 90% del cortante basal obtenido por el método estático para estructuras regulares, cumpliendo nuestra estructura con este requerimiento también.

Para esto fue necesario utilizar Mass Source, definir el peso total de la vivienda, que es la suma de las cargas DEAD y Permanente, debido a que en la carga DEAD se encuentra el peso de la estructura como vigas, columnas y losas. Estas están calculadas por SAP2000. En cambio, la carga permanente es la carga adicional como mampostería, recubrimientos, acabados como cerámicas, etc.

En el caso del cortante basal estático, es necesario conocer el peso de la estructura para calcular el valor del cortante, mediante la ayuda de SAP es posible determinarlo mostrando los resultados del análisis de la estructura considerando carga Muerta Total, que es la suma de la carga Dead más la Permanente.

OutputCase	CaseType	GlobalFX Tonf	GlobalFY Tonf	GlobalFZ Tonf	GlobalMX Tonf-m	GlobalMY Tonf-m	GlobalMZ Tonf-m	GlobalX m	GlobalY m	GlobalZ m	XCe
MUERTA TO...	Combination	6,315E-16	-3,255E-14	200,1829	920,08534	-1376,25773	-3,733E-13	0	0	0	0

Ilustración 20. Peso total de la estructura

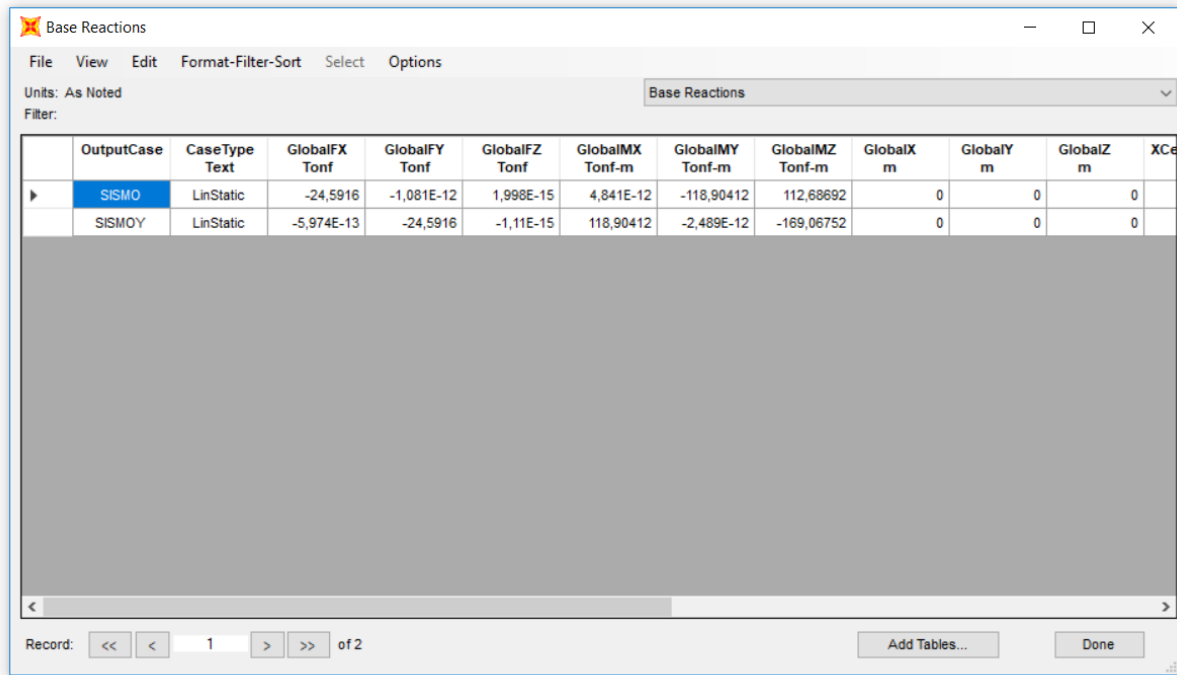
Fuente: Diego Lucero

$$Wt = 200.1829 \text{ tonf}$$

Este peso obtenido se multiplica por el coeficiente adquirido en base a los parámetros de la NEC calculados anteriormente, obteniendo de esta forma el cortante basal estático.

$$Vc = 0,126 W$$

$$Vc = 25.22 \text{ tonf}$$



The screenshot shows a software window titled 'Base Reactions' with a menu bar (File, View, Edit, Format-Filter-Sort, Select, Options) and a status bar (Units: As Noted, Filter: Base Reactions). The main area contains a table with the following data:

	OutputCase	CaseType	GlobalFX Tonf	GlobalFY Tonf	GlobalFZ Tonf	GlobalMX Tonf-m	GlobalMY Tonf-m	GlobalMZ Tonf-m	GlobalX m	GlobalY m	GlobalZ m	XCe
▶	SISMO	LinStatic	-24,5916	-1,081E-12	1,998E-15	4,841E-12	-118,90412	112,68692	0	0	0	
	SISMOY	LinStatic	-5,974E-13	-24,5916	-1,11E-15	118,90412	-2,489E-12	-169,06752	0	0	0	

At the bottom of the window, there is a record navigation bar showing 'Record: << < 1 > >> of 2' and buttons for 'Add Tables...' and 'Done'.

Ilustración 21. Cortante basal estático

Fuente: Diego Lucero

$$V_s = 24.59 \text{ tonf}$$

Para este caso, tanto el Sismo X como el SismoY tienen el mismo valor.

El factor de corrección se calculó: dividiendo el cortante basal calculado en base a la NEC para el cortante basal obtenido del programa.

$$f_c = \frac{V_c}{V_s} = 1,026 \text{ tonf}$$

Por lo tanto, el coeficiente de cortante basal corregido será igual al factor de corrección “fc” multiplicado por el coeficiente obtenido mediante la NEC.

$$\text{Coeficiente corregido} = 1,026 * 0,126 = 0,129$$

Dicho coeficiente fue modificado en el patrón de carga para SismoX y SismoY.

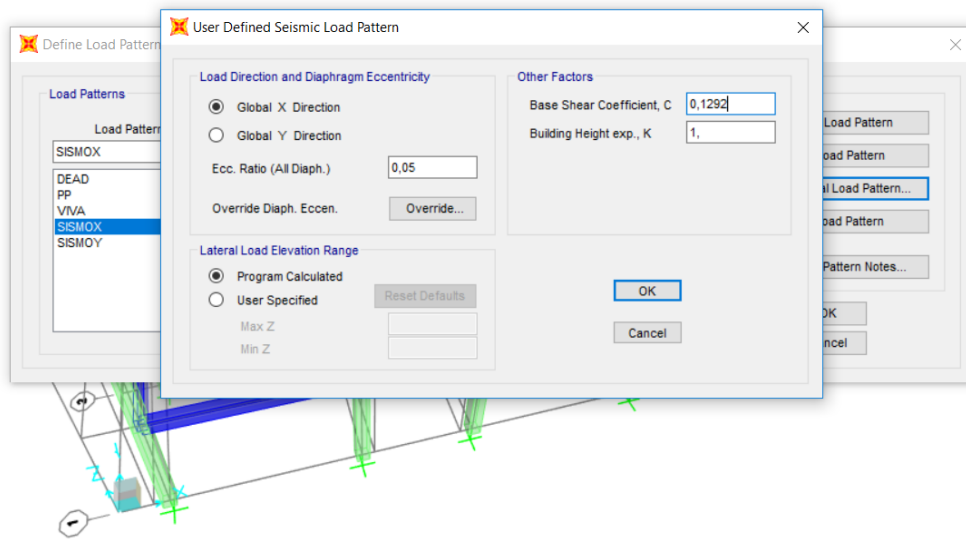


Ilustración 22. Coeficiente de la Base a cortante

Fuente: Diego Lucero

Ilustración 23. Sismo estático corregido

Fuente: Diego Lucero

Una vez corregido el cortante basal estático, se procedió a corregir el dinámico. Para esto se determinó los valores del espectro en “x” y en “y”.

OutputCase	CaseType Text	StepType Text	GlobalFX Tonf	GlobalFY Tonf	GlobalFZ Tonf	GlobalMX Tonf-m	GlobalMY Tonf-m	GlobalMZ Tonf-m	GlobalX m	GlobalY m	GlobalZ m
ESPECTROX	LinRespSpec	Max	21,4053	2,03E-09	6,377E-07	6,402E-06	106,04476	107,61667	0	0	0
ESPECTROY	LinRespSpec	Max	5,861E-08	21,9073	0,0236	106,07321	0,16213	150,61266	0	0	0

Ilustración 24. Cortante Basal dinámico

Fuente: Diego Lucero

$$E_x = 21.405 \text{ tonf}$$

$$E_y = 21.907 \text{ tonf}$$

El factor de corrección dinámico fue obtenido dividiendo el cortante basal estático conseguido anteriormente para los valores el espectro en “x” y en “y”.

$$F_{cx} = \frac{V_c}{E_x} = 1,178 \text{ tonf}$$

$$F_{cy} = \frac{V_c}{E_y} = 1,151 \text{ tonf}$$

Finalmente, el factor de corrección se multiplicó por la gravedad consiguiendo el coeficiente corregido tanto para x como para y.

$$\text{Coeficiente corregido } x = f_{cx} * 9,81 = 11,558$$

$$\text{Coeficiente corregido } y = fcy * 9,81 = 11,293$$

Load Case Data - Response Spectrum

Load Case Name: ESPECTROX

Modal Combination: CQC (selected), SRSS, Absolute, GMC, NRC 10 Percent, Double Sum

Directional Combination: SRSS (selected), CQC3, Absolute

Loads Applied:

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U1	FUNC1	11,558
Accel	U1	FUNC1	9,81

Other Parameters: Modal Damping: Constant at 0,05

Ilustración 25. Corrección factor en X

Fuente: Diego Lucero

Load Case Data - Response Spectrum

Load Case Name: ESPECTROY

Modal Combination: CQC (selected), SRSS, Absolute, GMC, NRC 10 Percent, Double Sum

Directional Combination: SRSS (selected), CQC3, Absolute

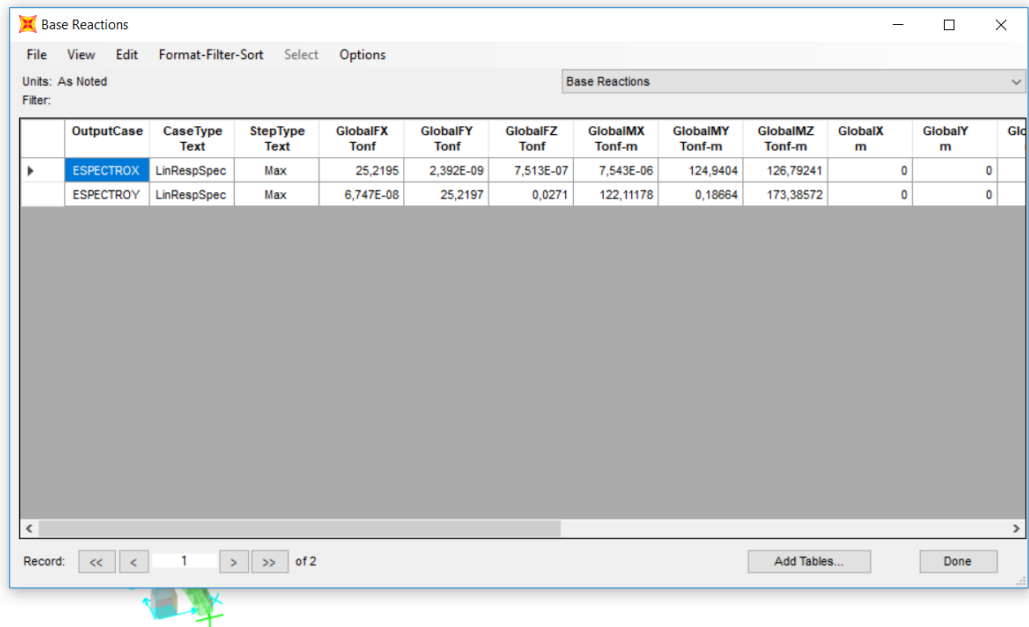
Loads Applied:

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U2	FUNC1	11,2933
Accel	U2	FUNC1	9,81

Other Parameters: Modal Damping: Constant at 0,05

Ilustración 26. Corrección factor en Y

Fuente: Diego Lucero



	OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX Tonf	GlobalFY Tonf	GlobalFZ Tonf	GlobalMX Tonf-m	GlobalMY Tonf-m	GlobalMZ Tonf-m	GlobalX m	GlobalY m	GlobalZ
▶	ESPECTROX	LinRespSpec	Max	25,2195	2,392E-09	7,513E-07	7,543E-06	124,9404	126,79241	0	0	0
	ESPECTROY	LinRespSpec	Max	6,747E-08	25,2197	0,0271	122,11178	0,18664	173,38572	0	0	0

Record: << < 1 > >> of 2

Ilustración 27. Sismo dinámico corregido

Fuente: Diego Lucero

Dichos valores fueron modificados en el patrón de carga de espectro.

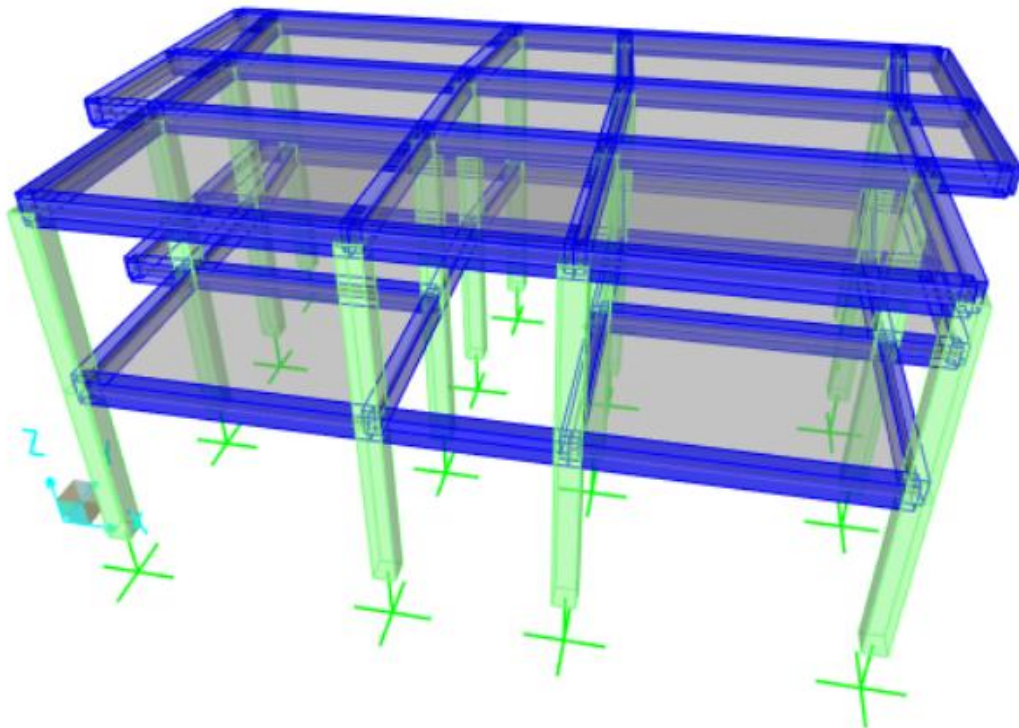


Ilustración 28. Vista 3D de la estructura modelo SAP2000

Fuente: Diego Lucero

3.3. Criterios de Diseño Definitivo Hormigón Armado

A continuación, se muestra la gráfica de SAP2000 donde la estructura pasa todos los requerimientos de diseño como son cuantías longitudinales, transversales, columna fuerte y viga débil.

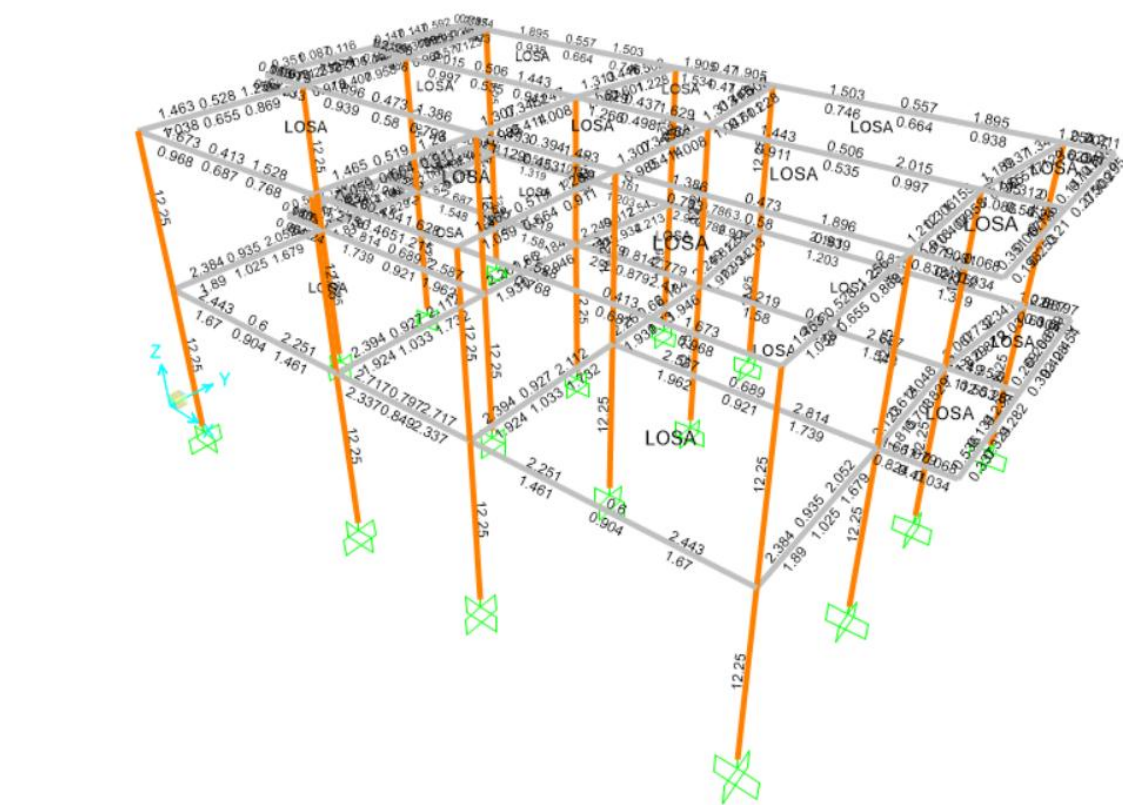


Ilustración 29. Verificación del diseño con la norma

Fuente: Diego Lucero

3.3.1. Periodo de vibración fundamental

El periodo de vibración fue determinado mediante los 2 métodos de la NEC.

En el primer método este valor fue determinado de una manera aproximada en base al coeficiente que depende del tipo de edificio, periodo de vibración y altura máxima de la edificación. Dicho coeficiente fue determinado en la primera parte del proyecto.

$$T_a = 0,2675 \text{ s}$$

El segundo método consiste en un análisis más profundo en el cual se utiliza propiedades estructurales y características de deformación de elementos resistentes, dicho análisis fue determinado con SAP2000.

$$T_s = 0,3879 \text{ s}$$

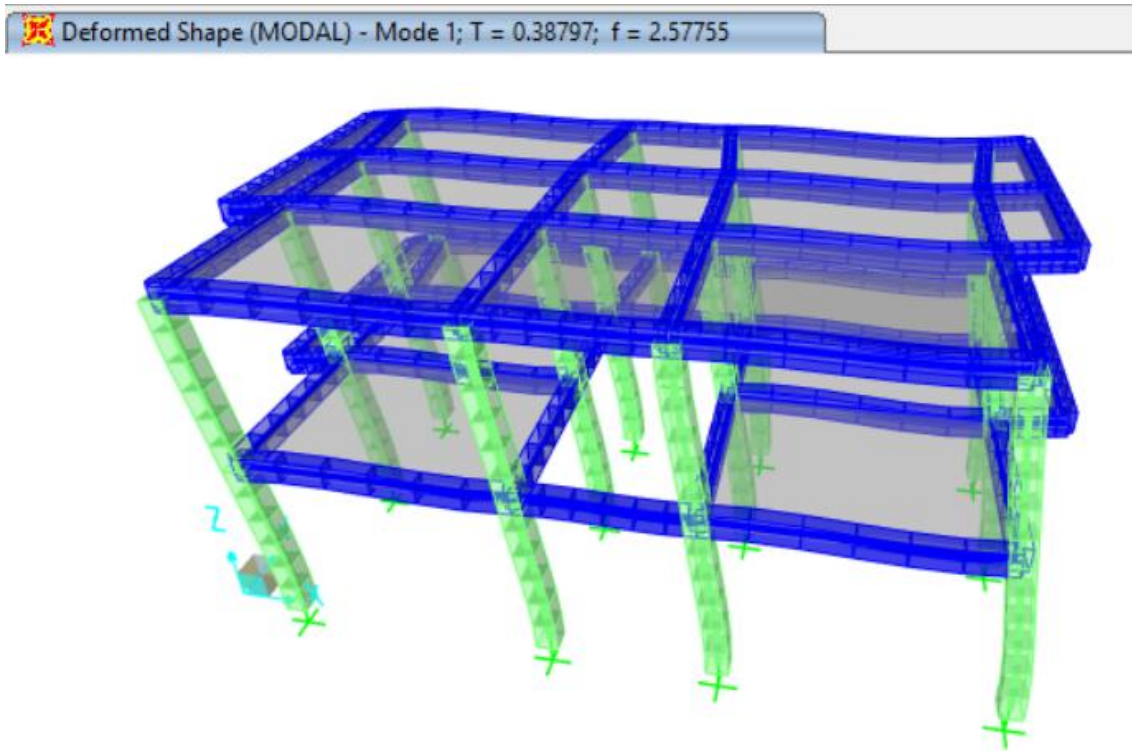


Ilustración 30. Periodo de la estructura

Fuente: Diego Lucero

Dicho valor no difiere mucho del valor calculado por el primer método, ya que es menor al 30% del valor del primer método tal como lo establece la norma en la sección 6.3.3 literal b.

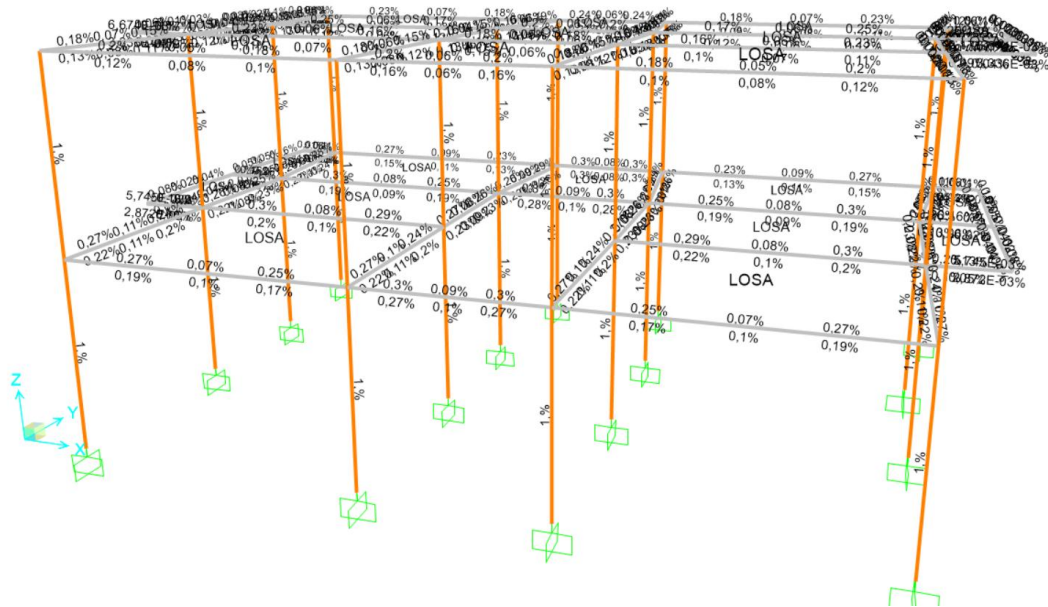


Ilustración 31. Chequeo de diseño

Fuente: Diego Lucero

En la anterior imagen se muestra las cuantías que necesita la estructura como refuerzo longitudinal, en esta se observa que todas están dentro de los rangos permitidos utilizando una cuantía del 1% para todas las columnas y menor al 1% para las vigas.

Para el diseño definitivo siguiendo los criterios de diseño que son modos de vibración, demanda/capacidad de elementos, derivas de piso y conexiones Viga-columna, siendo el parámetro que mando este diseño las conexiones viga-columna.

Columnas de 35*35 cm y para las vigas se utilizaron de 40*25 cm.

3.3.2. Modos de vibración

En la estructura se verificó que los tres primeros modos de vibración son considerados los que mayor impacto generan, el primer modo o periodo fundamental de vibración fue de tipo traslacional, el segundo modo de vibración de igual forma fue de tipo traslacional y el tercer modo fue de tipo torsional.

De esta forma se pudo concluir que la estructura presenta modos de vibración adecuados, que impedirán que al momento de un sismo exista un colapso estructural.

3.3.3. Derivas de piso

Se realizó un chequeo de derivas debido a que están asociadas directamente con el daño estructural. Además, en la NEC sección 6.3.9 se pide que se haga un control de deformaciones, a través del cálculo de las derivas inelásticas máximas de piso. En este caso se realizó un chequeo para el patrón de carga más crítico que viene a ser el sismo en dirección de “x” y “y”.

Para el cálculo de derivas se usó las siguientes ecuaciones dadas por la NEC sección 6.3.9:

$$\text{Deriva elástica: } \Delta e = (\Delta 2 - \Delta 1) / h_e \quad [12]$$

$$\text{Deriva inelástica: } \Delta i = 0,75 * (\Delta e * R) \leq 0,02 \quad [13]$$

El mayor desplazamiento relativo para el sismo en “X” y “Y” se encontró en la esquina del segundo piso. A continuación, se muestra los valores obtenidos en el software SAP2000, los cuales están dados en metros para los desplazamientos para el eje x en los dos pisos. Para conocer el desplazamiento en el segundo piso es igual a la diferencia entre el desplazamiento total y el desplazamiento del primer piso, el mismo procedimiento se realizó para calcular las derivas en el eje y.

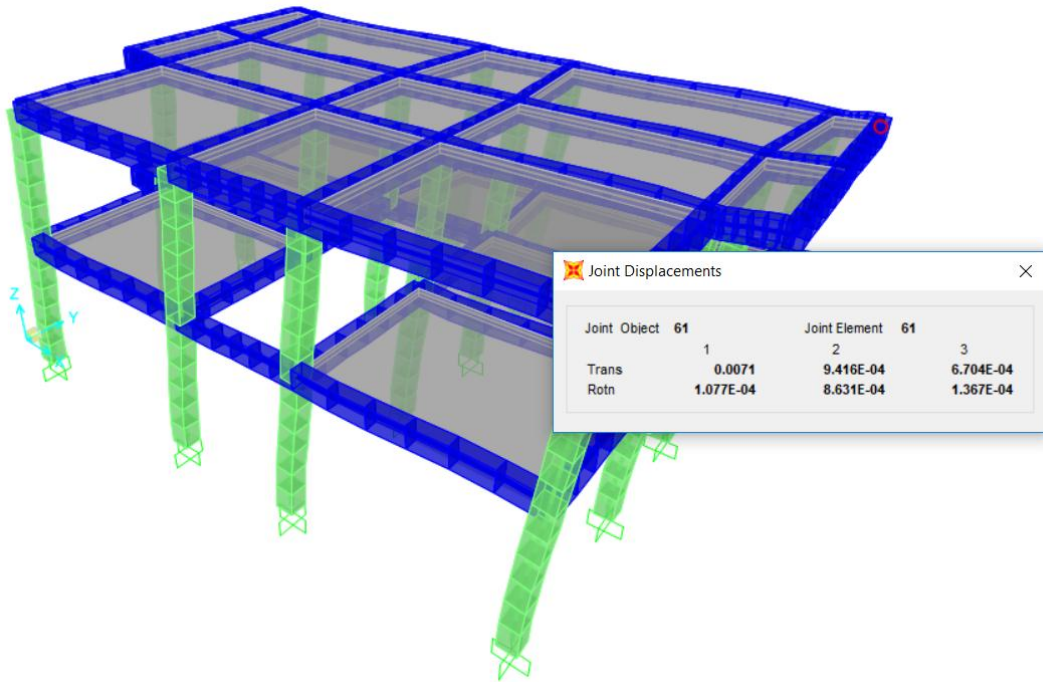


Ilustración 32. Desplazamientos Piso 2

Fuente: Diego Lucero

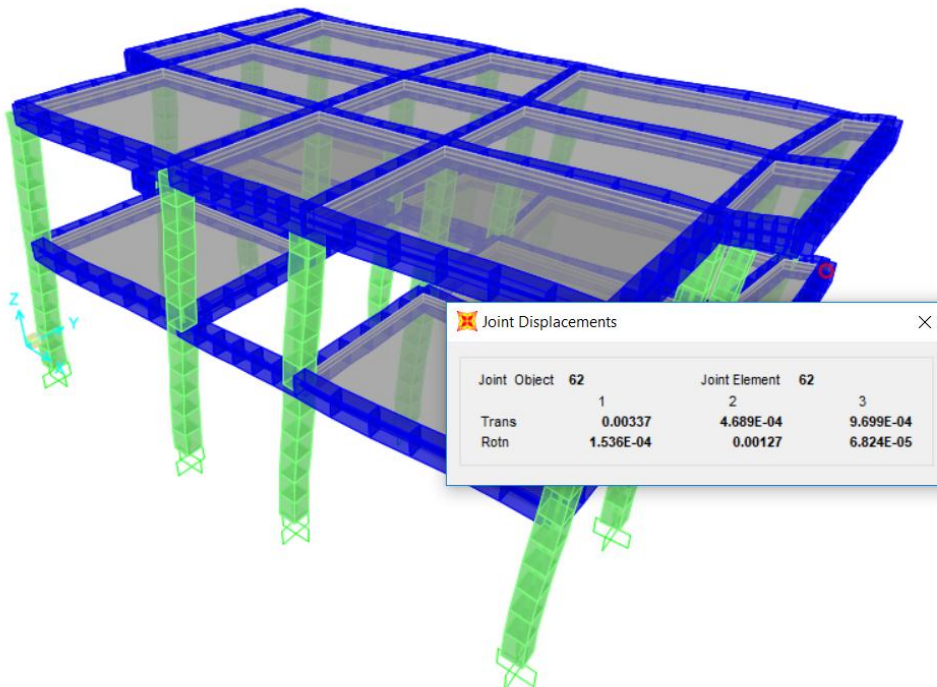


Ilustración 33. Desplazamientos Piso 1

Fuente: Diego Lucero

Tabla 20. Derivas de Piso Hormigón Armado

Cálculo de deriva elástica en x

h	2,9000	m
D3-D2	0,0037	m

D elástica x	0,0013
--------------	--------

D inelástica x	0,0078	OK!
----------------	--------	-----

h	2,9000	m
D2-D1	0,0034	m

D elástica x	0,0012
--------------	--------

D inelástica x	0,0072	OK!
----------------	--------	-----

Cálculo de deriva elástica en y

h	2,9	m
D3-D2	0,0028	m

D elástica y	0,00097
--------------	---------

D inelástica y	0,0058	OK!
----------------	--------	-----

h	2,9	m
D3-D2	0,0027	m

D elástica y	0,00093
--------------	---------

D inelástica y	0,0056	OK!
----------------	--------	-----

Donde h es la diferencia de altura que existe entre pisos y D-D es la diferencia de desplazamientos que existe entre el nodo superior e inferior, además se debe saber que el coeficiente de Reducción R es igual a 8.

3.4. Diseño Steel Framing utilizando FRAMECAD

Para el diseño de la estructura en Steel Framing se basó en la Norma Ecuatoriana de la Construcción Capítulo 10: Viviendas de hasta dos pisos con luces de hasta 5 metros. En la que se habla que estos muros deberán diseñarse de acuerdo a los requisitos mínimos establecidos en la norma AISI S200-07.

El primer diseño se realizó en el software FRAMECAD. Para el diseño se utilizó el código de diseño AISI S100-12 LRFD tal como establece la norma NEC y código para sismo se utilizó el IBC 2015. Las cargas aplicadas utilizadas fueron las siguientes:

Tabla 21. Cargas para el entrepiso

Applied Loads	
Dead Load (kPa)	2.35
Live Load (kPa)	2
Ceiling Load (kPa)	0.107
Snow Load (kPa)	0
Design Point Load (kN)	1.5

Tabla 22. Cargas para la cubierta

Loads	
Roof Live Load (kPa)	0.7
Ceiling Live Load (kPa)	0
Roof Dead Load (kPa)	0.12
Ceiling Dead Load (kPa)	0.14
Ceiling Services Load (kPa)	0
Design Point Load (kN)	1.1
Suspended Ceilings	False

Además, para continuar con el diseño se utilizó los perfiles que ofrece Kubiec, con sus respectivas propiedades del material de la tabla 6, se usaron los tres tipos de perfiles debido a que para cada sección los esfuerzos sobre estos cambiaban por lo que hacía necesario utilizar secciones de diferente espesor para optimizar costo en la construcción, dichos perfiles de espesor de 0.75 mm y 0.90 mm con un acero estructural de grado 50 con un $f_y=50$ ksi y $F_u = 74$ ksi y para el perfil de 1.2 mm de espesor un acero de grado estructural de grado 80 con un $f_y=80$ ksi y $F_u= 90$ ksi.

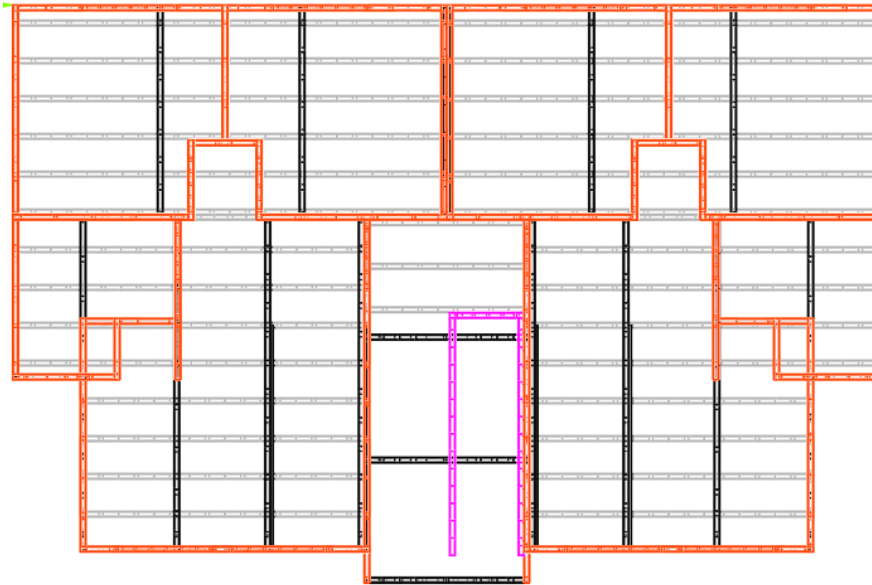


Ilustración 34. Vista en planta software FRAMECAD

Fuente: Mateo Sotomayor

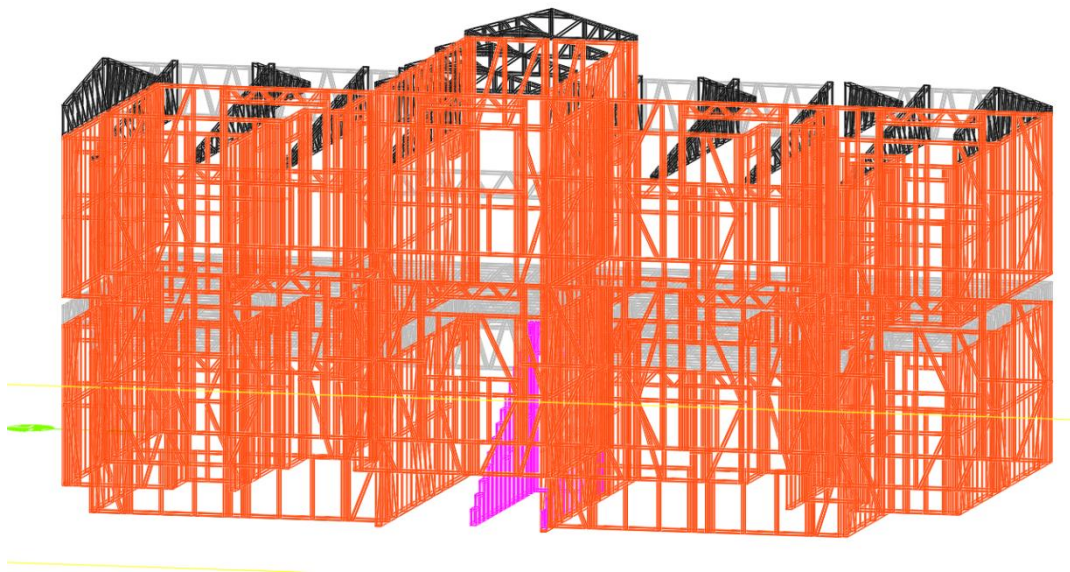


Ilustración 35. Vista 3D software FRAMECAD

Fuente: Mateo Sotomayor

En las imágenes antes mostradas se observa la vista en planta y la vista 3D de la vivienda a diseñar, donde se muestra los perfiles y cómo van a ir distribuidas las secciones en el diseño.

Del análisis se obtuvieron los siguientes resultados:


 FRAMECAD®		Bracing Report Summary	
Company:	Kubiec	Dwg Name:	Modelo4D
Project:	Vivienda 4D AU	Detailer:	Mateo Sotomayor
		Print Date:	28-02-2019
Job Number:		Page No:	1
Current Drawing View: 2		Earthquake Bracing:	
Design Basics:		Earthquake Code	
Steel Design Code	AISI S100-12 LRFD	IBC 2015	100
Loading Code	IBC 2015 LRFD	0.2s Spectral Response	100
Wind Speed (m/s)	W21	Structural Response	4
Terrain Factor Kz	1.00	Fundamental Period	0.229 Seconds
Importance Factor I	1.00	Total Seismic Weight	504.059 kN
Topography Factor Kzt	1.00	Storey Seismic Weight	504.059 kN
		Seismic Storey Shear Force	83.17 kN
		Base Shear Force	83.17 kN
		Earthquake Load Combination Factor	1
		Seismic Coefficient	0.165
Area Calculation:		Bracing Make Up:	
Wall Area X	75.65 m2	Brace Resistance X	89.1 kN
Wall Area Y	51.04 m2	Brace Resistance Y	88.4 kN
Roof Area X	6.62 m2	Sheath Resistance X	0 kN
Roof Area Y	4.46 m2	Sheath Resistance Y	0 kN
Total Aerodynamic Area X	82.27 m2	P/Board Resistance X	5.5 kN
Total Aerodynamic Area Y	55.5 m2	P/Board Resistance Y	14.6 kN
		Cladding Resistance X	0 kN
		Cladding Resistance Y	0 kN
Wind Bracing:		Bracing Results Wind:	
Wind Pressure	0.23 kPa	Total Resistance X	94.6 kN
Gust Factor G	0.85	Total Resistance Y	103 kN
Net Pressure Coefficient along X	1.3	Total Demand X	14.1 kN
Net Pressure coefficient along Y	1.3	Total Demand Y	20.9 kN
Load Combination Factor	1	Shortage Wind X	0 kN
Wind Force along X	14.092 kN	Shortage Wind Y	0 kN
Wind Force along Y	20.9 kN		
		Bracing Results Earthquake:	
		Total Resistance X	94.6 kN
		Total Resistance Y	103 kN
		Total Demand X	83.2 kN
		Total Demand Y	83.2 kN
		Shortage Earthquake X	0 kN
		Shortage Earthquake Y	0 kN

Ilustración 36. Resultados emitidos por FRAMECAD

Fuente: Mateo Sotomayor

Según los datos obtenidos en el software FRAMECAD la estructura tiene un peso total de 504.059 KN (51.4 Ton), el periodo fundamental de la estructura es 0.229 segundos, el coeficiente sísmico es de 0.165, teniendo un cortante basal estático de 83.17 KN (8.48Ton), En los cálculos de resistencia versus la demanda, se observa como los resultados por viento cumple con un margen bastante amplio debido a que las cargas de viento no son significativas en esta zona, para los resultados de sismo se observa que cumple la demanda respecto a la resistencia tanto para X como Y, la demanda requerida por sismo fue de 83.2 KN (8.48Ton) para X y Y, la resistencia de la estructura fue de 94.6 kN (9.65 Ton) y 103 KN (10.5 Ton) para los ejes X y Y respectivamente. Los parámetros y fórmulas utilizadas por el programa se muestran a continuación en las siguientes imágenes:

5.3.2.2 IBC 2012 LRFD

LC1	$0.42W_u$		Serviceability check
LC2	$1.0G$		Serviceability check
LC3	$\text{Max}(1.0Q, 1.0S)$		Serviceability check
LC4	$1.2G + 1.6Q + 0.5W_d$		Strength check
LC5	$0.9G + 1.0W_u$		Strength check
LC6	$1.2G + 1.0W_d + 0.5Q$		Strength check
LC7	$1.2G + 1.6S + 0.5W_d$	(if $S > 0$)	Strength check
LC8	$1.2G + 1.6 P_e$		Strength check

Ilustración 37. Solicitaciones frente a carga

Fuente: FRAMECAD

4.7.2 EARTHQUAKE FORCE

Earthquake code can be selected from the command BSET. The earthquake code available are IBC 2009, AS 1170.4-2007, NZS 1170.5-2004 and EN 1998-1:2004.

4.7.2.1 IBC 2009

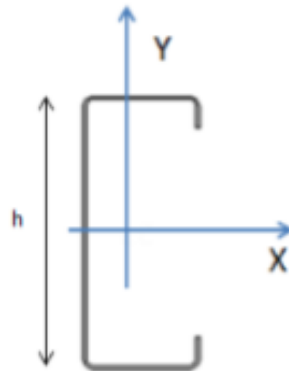
V_i	Earthquake Shear Force (kN) at level i	$V_i = V_{base} \frac{\sum_{j=i}^n W_j H_j}{\sum_{j=base}^n W_j H_j}$
Level i	Level considered for the analysis	
V_{base}	Base Shear Force (kN)	$V_{base} = C_s W_T$
Where,		
W_T	Total Seismic weight of all levels (kN)	$W_T = 1.0G + 0.2S$
W_i	Total Seismic weight of level i (kN)	
H_i	Height of top of level i	
C_s	Seismic coefficient	$C_s = \max[\min(\frac{0.66S_1F_{1.I}}{P.R_u}, \frac{0.66S_sF_s.I}{R_u})]$
Where,		
S_1	1s Spectral response	
S_s	0.2s Spectral response	
P	Fundamental Period	$P = 0.055 H_{building}^{0.75}$
$H_{building}$	Total building height	
R_u	Structural response	
I	Importance factor (depend on the Importance level)	
	If Level 1	$I = 1.0$
	If Level 2	$I = 1.0$
	If Level 3	$I = 1.25$
	If Level 4	$I = 1.5$
F_s	Site coefficient at short period (See table below)	
F_1	Site coefficient at 1s period (See table below)	

CLASS	A	B	C	D	E
F_s					
$S_s \geq 1.25$	0.8	1.0	1.2	1.6	2.5
$S_s < 1.25$	0.8	1.0	1.2	1.4	1.7
$S_s < 1.0$	0.8	1.0	1.1	1.2	1.2
$S_s < 0.75$	0.8	1.0	1.0	1.1	0.9
$S_s < 0.5$	0.8	1.0	1.0	1.0	0.9
F₁					
$S_1 \geq 0.5$	0.8	1.0	1.7	2.4	3.5
$S_1 < 0.5$	0.8	1.0	1.6	2.0	3.2
$S_1 < 0.4$	0.8	1.0	1.5	1.8	2.8
$S_1 < 0.3$	0.8	1.0	1.4	1.6	2.4
$S_1 < 0.2$	0.8	1.0	1.3	1.5	2.4

Ilustración 38. Fuerza Sísmica

Fuente: FRAMECAD

B.1 LC SECTION



B.1.1 TENSION CAPACITY

Where,	$T_{n,LC}$	Tension Section Capacity	$T_{n,LC} = \phi_t \min (T_{na}, T_{nb})$
	T_{na}	tensile capacity of member for yield in gross section	$T_{na} = A_g F_y$
	T_{nb}	tensile capacity of member for rupture in net section	$T_{nb} = 0.83A_n F_u$
	ϕ_t	capacity reduction factor	$\phi_t = 0.90$
		For AISI S100-07 LRFD	$\phi_t = 0.90$
		For AISI S100-07 LSD	$\phi_t = 1/\Omega_t = 1/1.67$
		For AISI S100-07 ASD	

B.1.2 SHEAR CAPACITY

Where,	$V_{n,LC}$	Shear Section Capacity	$V_{n,LC} = \phi_v A_w F_v$
	A_w	Area of Web element	$A_w = h.t$
	F_v	Nominal Shear stress	C3.2.1-1
		For $h/t \leq (5.34E / F_y)^{0.5}$	$F_v = 0.60 F_y$
		For $h/t \leq 1.51 (5.34E / F_y)^{0.5}$	$F_v = 0.60 (5.34EF_y)^{0.5} / (h/t)$
		For $h/t > 1.51(5.34E / F_y)^{0.5}$	$F_v = 4.827E / (h/t)^2$
Where:	h	Depth of flat portion of web (see figure)	
	t	Thickness of material	
	ϕ_v	capacity reduction factor	$\phi_v = 0.95$
		For AISI S100-07 LRFD	$\phi_v = 0.90$
		For AISI S100-07 LSD	$\phi_v = 1/\Omega_v = 1/1.60$
		For AISI S100-07 ASD	

Ilustración 39. Capacidad Sección

Fuente: FRAMECAD

B.1.3 COMPRESSION CAPACITY

$P_{n0,LC}$	Compression section capacity	$P_{n0,LC} =$	$\phi_c A_{ey,LC} F_y$
$P_{n,LC}$	Compression member capacity	$P_{n,LC} =$	$\phi_c A_{en,LC} F_n$
Where,			
$A_{ey,LC}$	effective area at yield stress F_y		
$A_{en,LC}$	effective area at critical stress F_n		
F_n	Nominal buckling stress		
	For $\lambda_c \leq 1.5$	$F_n =$	$(0.658\lambda_c^2)F_y$
	For $\lambda_c > 1.5$	$F_n =$	$(0.877/\lambda_c^2)F_y$
Where,			
λ_c	Slenderness factor	$\lambda_c =$	$(F_y/F_e)^{0.5}$
Where,			
F_e	$= \min(F_e, F_{ex})$		
F_e	$= (0.5 / \beta)[(F_{ex} + F_{ez}) - ((F_{ex} + F_{ez})^2 - 4\beta F_{ex} F_{ez})^{0.5}]$		
β	$= 1 - (x_0 / r_0)^2$		
F_{ex}	$= \pi^2 E / (\lambda_x)^2$		
F_{ey}	$= \pi^2 E / (\lambda_y)^2$		
F_{ez}	$= (GJ / A_g r_0^2) (1 + \pi^2 EC_w / (GJ L_x^2))$		
λ_x	$= L_x / r_x$		
λ_y	$= L_y / r_y$		
x_0	$=$ Distance from shear center to centroid		
r_0	$=$ Polar radius of gyration		
$r_{x,y}$	$=$ Radius of gyration		
$L_{x,y}$	$=$ Buckling length		
G	$=$ Shear Modulus		
J	$=$ Saint-Venant torsion constant		
C_w	$=$ Torsion Warping constant		
ϕ_c	$=$ capacity reduction factor		
	For AISI S100-07 LRFD	$\phi_c =$	0.85
	For AISI S100-07 LSD	$\phi_c =$	0.80
	For AISI S100-07 ASD	$\phi_c =$	$1/\Omega_c = 1/1.80$

B.1.4 BENDING CAPACITY

$M_{nx0,LC}$	Bending section capacity	$M_{nx0,LC} =$	$\phi_{bnd} S_{e,LC} F_y$
$M_{n,LC}$	Bending member capacity	$M_{n,LC} =$	$\phi_{bx} S_{c,LC} F_c$
Where,			
$S_{e,LC}$	Effective sectional modulus calculated at F_y		
$S_{c,LC}$	Effective sectional modulus calculated at F_c		
F_c	Critical buckling stress		
	For $F_e \leq 0.56F_y$	$F_c =$	F_e
	For $0.56F_y < F_e < 2.78F_y$	$F_c =$	$1.11F_y [1 - (10F_y/36F_e)]$
	For $F_e \geq 2.78F_y$	$F_c =$	$F_y [1 / F_e^2]$
Where,			
F_e	Elastic buckling stress	$F_e =$	$C_b A_g r_0^2 (F_{ey} F_{ez})^{0.5} / S_f$
S_f	full sectional modulus		
C_b	Bending Coefficient	$C_b =$	1
F_{ex}	$= \pi^2 E / (L_x / r_x)^2$		
F_{ey}	$= \pi^2 E / (L_y / r_y)^2$		
F_{ez}	$= (GJ / A_g r_0^2) (1 + \pi^2 EC_w / (GJ L_x^2))$		
ϕ_{bnd}	$=$ capacity reduction factor		
	For AISI S100-07 LRFD	$\phi_{bnd} =$	0.95
	For AISI S100-07 LSD	$\phi_{bnd} =$	0.90
	For AISI S100-07 ASD	$\phi_{bnd} =$	$1/\Omega_{bnd} = 1/1.67$

Ilustración 40. Capacidad Sección

Fuente: FRAMECAD

3.5. Diseño Steel Framing utilizando SAP2000

Debido a las limitaciones del software FRAMECAD, que solo se encarga de realizar un análisis estático, se procedió a realizar este mismo diseño, utilizando las mismas secciones y cargas en el programa SAP2000, para realizar un análisis dinámico de la estructura entre estos las derivas.

Para calcular la carga en las viguetas, se calculó la carga que actúa sobre ellas y como se distribuyen dichas cargas, este procedimiento se realizó para cargas muerta permanente y carga viva.

En la carga muerta se calculó la carga del entrepiso seco, que es el tipo de entrepiso que se va a utilizar.

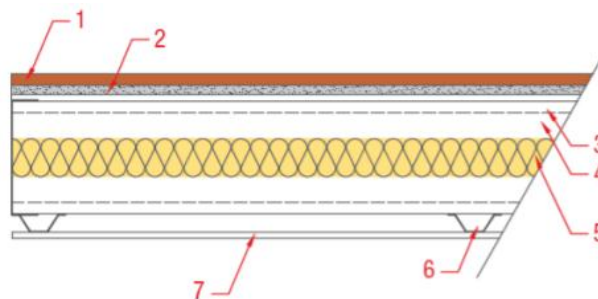


Ilustración 41. Detalle del entrepiso seco

Fuente: Manual "Barbieri" para Steel Framing

Tabla 23. Carga Permanente Entrepiso Seco

	Nombre	Carga (Kg/m ²)
1	Baldosa cerámica	28
2	Capa de nivelación	28.5
3	Panel de OSB	7
4	Perfil G	2.5
5	Aislación termoacústica	1.6
6	Perfil omega 12.5*0.5	0.6
7	Panel de yeso 10 mm	7
Total		75.2

En esta tabla se detalla el peso de cada componente que conforma el entrepiso seco.

Para el cálculo de la carga del panel estructural, se utilizó los valores de la tabla que se detallan en la ilustración del panel estructural:

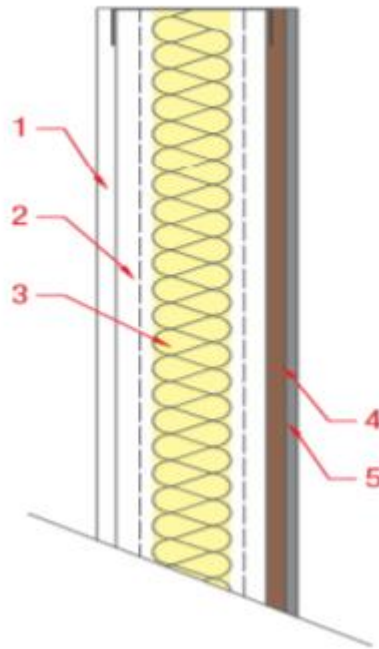


Ilustración 42. Detalle de panel estructural

Fuente: Manual "Barbieri" para Steel Framing

Tabla 24. Carga Permanente Panel Estructural

	Nombre	Carga (Kg/m ²)
1	Panel de yeso 12.5 mm	9
2	Perfil C	1.5
3	Aislación termoacústica	1.6
4	Perfil omega 12.5*0.5	7.0
5	Panel de yeso 10 mm	16
Total		35.1

Se procedió a sumar las dos cargas antes dichas:

Tabla 25. Carga Permanente Total

Entrepiso Seco	75.2 (Kg/m ²)
Panel Estructural	35.1 (Kg/m ²)
Peso Total	110.3 (Kg/m ²)

Carga permanente de 110.3(Kg/m²) =0.1103T/m²

Carga viva 0.2T/m²

3.5.1. Carga permanente

En la carga permanente se consideró que va a tener un entrepiso seco, por lo que se calculó la carga del entrepiso con todos sus componentes, además se calculó la carga permanente del panel estructural. Se consideró que va a existir una distribución de cargas sobre las viguetas de manera prismática cuando el área de la losa en cuestión es rectangular, mientras que en un área de losa cuadrada se tiene una distribución de carga triangular.

Se escogió la vigueta más crítica teniendo en ésta una distribución de carga prismática para lo que fue necesario conocer la luz menor (S) y la luz mayor (L).

Distribución Prismática

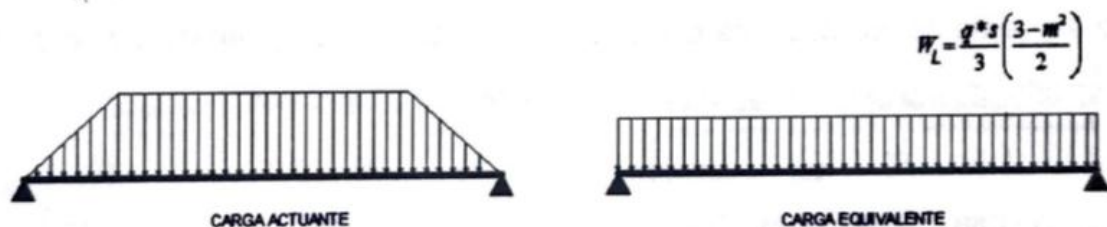


Ilustración 43. Transformación de cargas

Fuente: Ing. Marcelo Guerra

$$S=0.6$$

$$L=4.7$$

$$m = \frac{s}{L}$$

$$m = \frac{0.6}{4.7} = 0.128$$

$$WL = \frac{q * s}{3} * \left(\frac{3 - m^2}{2} \right)$$

$$WL = \frac{0.1103 * 0.6}{3} * \left(\frac{3 - 0.128^2}{2} \right)$$

$$WL = 0.0329$$

$$WL = 0.0329 * 2 = 0.0658 \text{ T/m}$$

Distribución Triangular

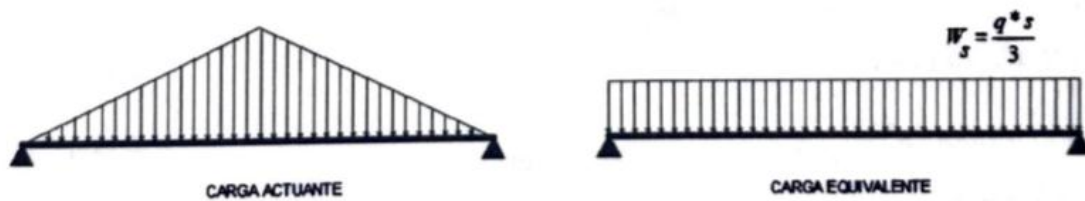


Ilustración 44. Transformación de cargas

Fuente: Ing. Marcelo Guerra

$$W_s = \frac{q * s}{3}$$

$$WL = \frac{0.1103 * 0.6}{3}$$

$$WL = 0.02206 T/m$$

$$WL = 0.02206 * 2$$

$$W = 0.04412 T/m$$

3.5.2. Carga Viva

En la carga viva se utilizó la establecida por la NEC para viviendas residenciales, la cual se adjunta en los anexos. Se realizó la distribución de carga para la vigueta más crítica como se muestra a continuación.

Distribución Prismática

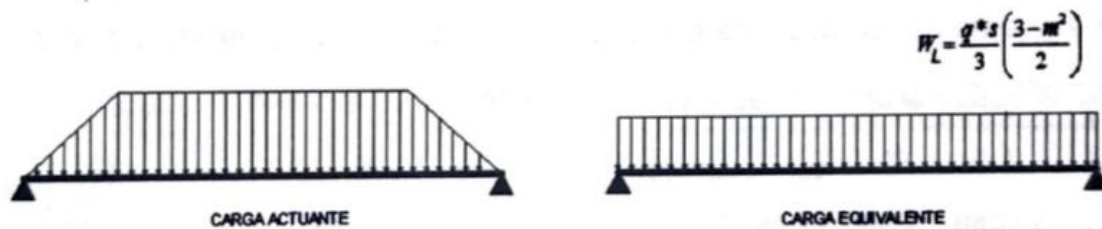


Ilustración 45. Transformación de cargas

Fuente: Ing. Marcelo Guerra

Para esto es necesario conocer la luz menor (S) y la luz mayor (L)

$$S=0.6$$

$$L=4.7$$

$$m = \frac{S}{L}$$

$$m = \frac{0.6}{4.7} = 0.128$$

$$WL = \frac{q * s}{3} * \left(\frac{3 - m^2}{2} \right)$$

$$WL = \frac{0.2 * 0.6}{3} * \left(\frac{3 - 0.128^2}{2} \right)$$

$$WL = 0.0596$$

$$WL = 0.119 * 2 = 0.119 T/m$$

Distribución Triangular

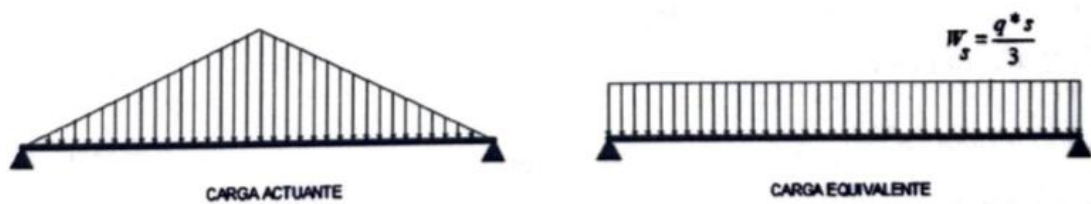


Ilustración 46. Transformación de cargas

Fuente: Ing. Marcelo Guerra

$$W_s = \frac{q * s}{3}$$

$$WL = \frac{0.2 * 0.6}{3}$$

$$WL = 0.04 T/m$$

$$WL = 0.04 * 2$$

$$W = 0.08 T/m$$

3.5.3. Cargas Sísmicas

Los datos solicitados para el cálculo del cortante basal fueron el coeficiente de importancia, el espectro de diseño en aceleración, el factor de reducción de resistencia sísmica, los coeficientes de configuración en planta y elevación, dichos datos son obtenidos mediante la NEC como se especifica en las ilustraciones ubicadas en los anexos. Finalmente se necesitó el peso de la estructura cuya información fue proporcionada por el programa.

Tabla 26. Programa Cálculo de Cortante Basal

Datos dados			
Tipo de suelo	D		
Lugar	MANTA	0,5	VI
Importancia	1		
R	2.5		

Siendo R el factor de reducción de resistencia estructural, en nuestro caso es igual a 2.5 ya que nuestra estructura pertenece a estructuras conformado en frio, aluminio, madera, limitadas a 2 pisos tal como lo establece la NEC en la sección 6.3.4 literal d.

Tabla 27. Programa Cálculo de Cortante Basal

Datos de tabla			
n	1,8	Costa	
Z	0,5		
Fa	1,12		
Fd	1,11		
Fs	1,4		
Ct	0,073		
H	5,8	m	
alfa	0,75		

Donde n es la relación de amplificación espectral que depende de la región donde se ubique la estructura y Z que es el factor de zona sísmica que representa la aceleración esperada en roca, F_a , F_d y F_s son factores de amplificación o reducción dinámica de sitio que depende principalmente del tipo de suelo y la zona sísmica, C_t y α son constantes que dependen del tipo de sistema estructural y H que es la altura máxima medida desde la base en metros.

Tabla 28. Datos Obtenidos programa de Cortante Basal

Cálculos	
Tc	0,763 s
Ta	0,273 s
Sa	1,008 g
Sa Inelástico	0,403 g

Donde T_c es el periodo del espectro, T_a es el periodo de la estructura, S_a es el espectro de aceleración, S_a inelástico es el resultado de la división del S_a para el coeficiente R .

Para realizar la gráfica de los espectros inelástico y elástico, se hizo la siguiente tabla de acuerdo a las especificaciones de la NEC, imagen de los anexos. Para el periodo se utilizó un intervalo de 0.2 s en el gráfico.

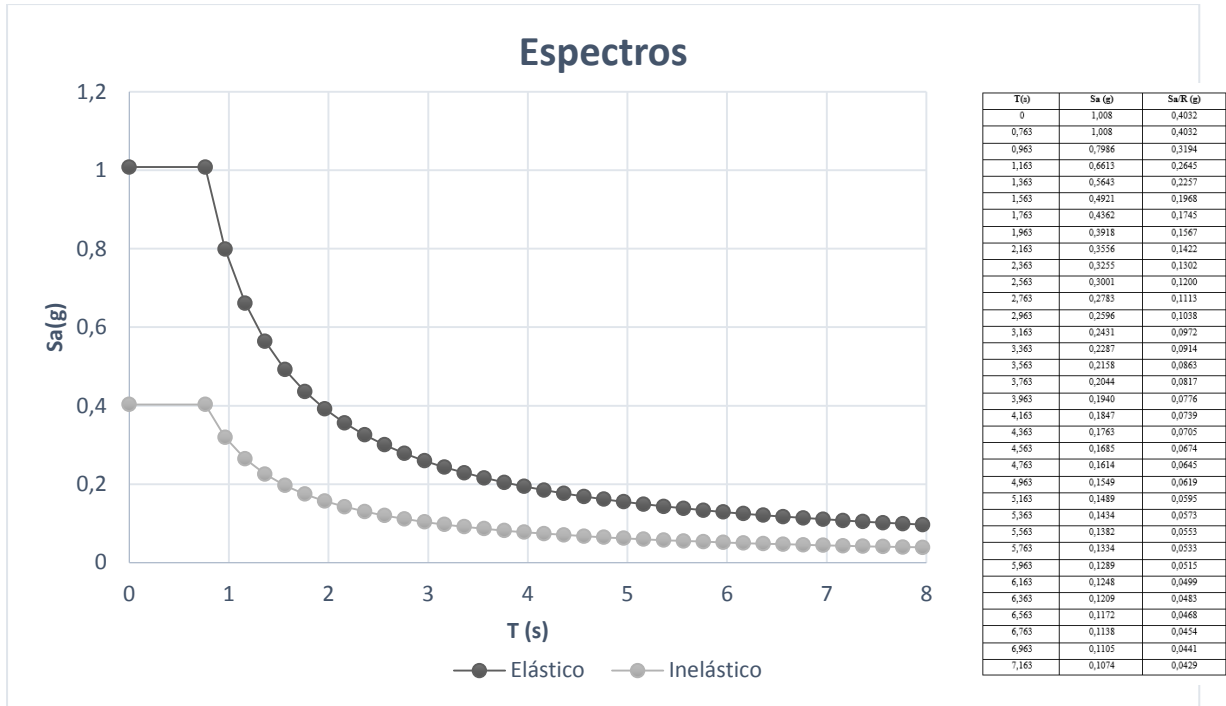


Ilustración 47. Espectros de diseño

Fuente: Diego Lucero

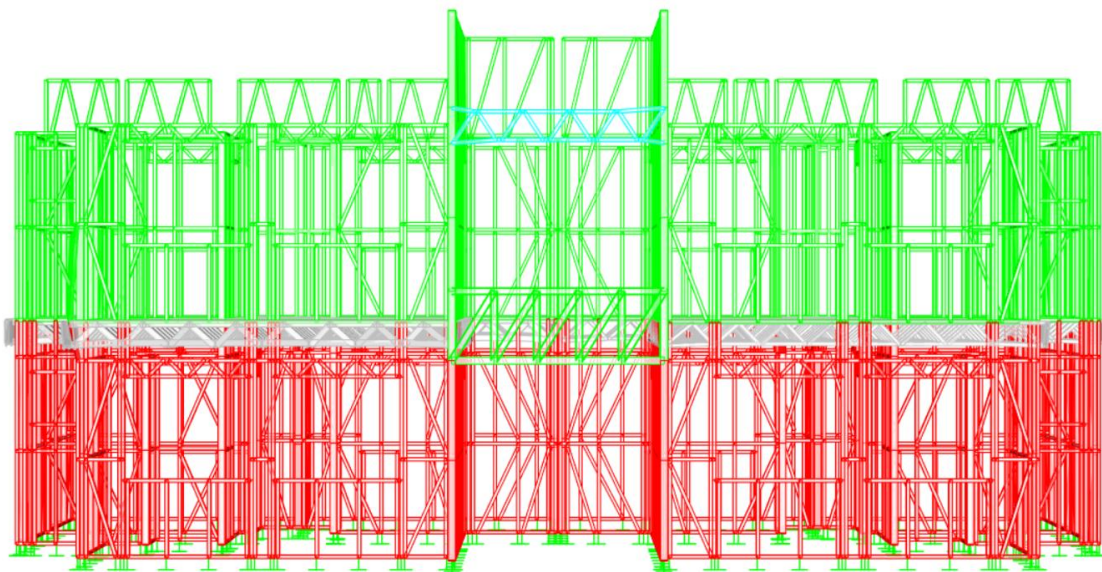


Ilustración 48. Vista Frontal

3.5.4. Vistas de la estructura Diseñada en el Software

Fuente: Diego Lucero

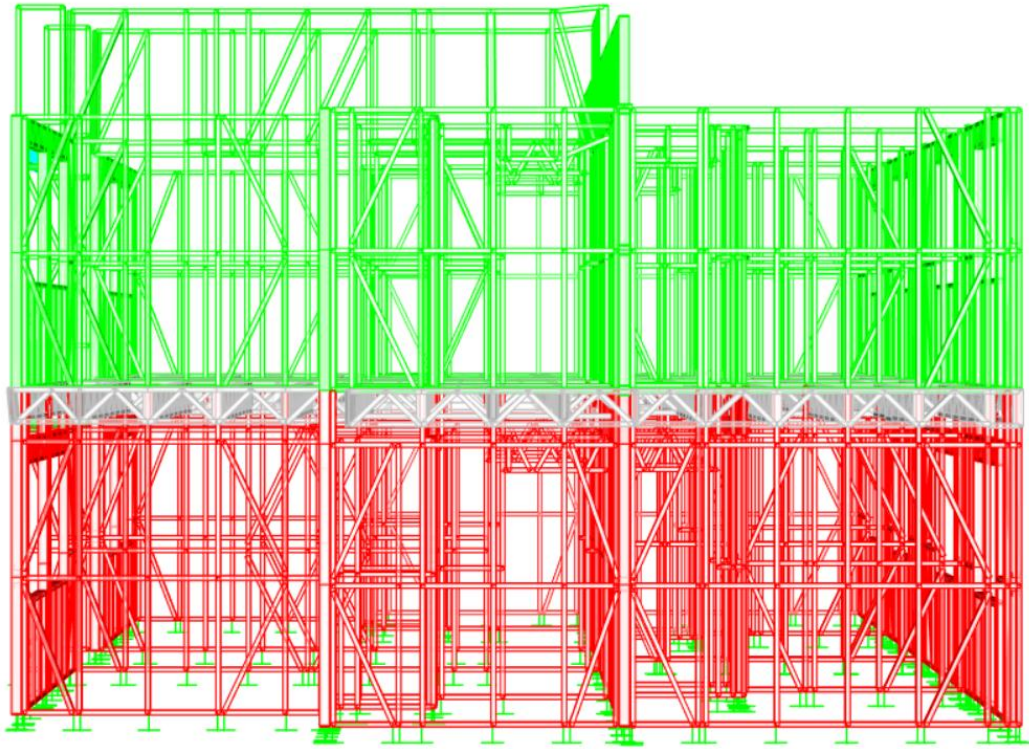


Ilustración 49. Vista Lateral

Fuente: Diego Lucero

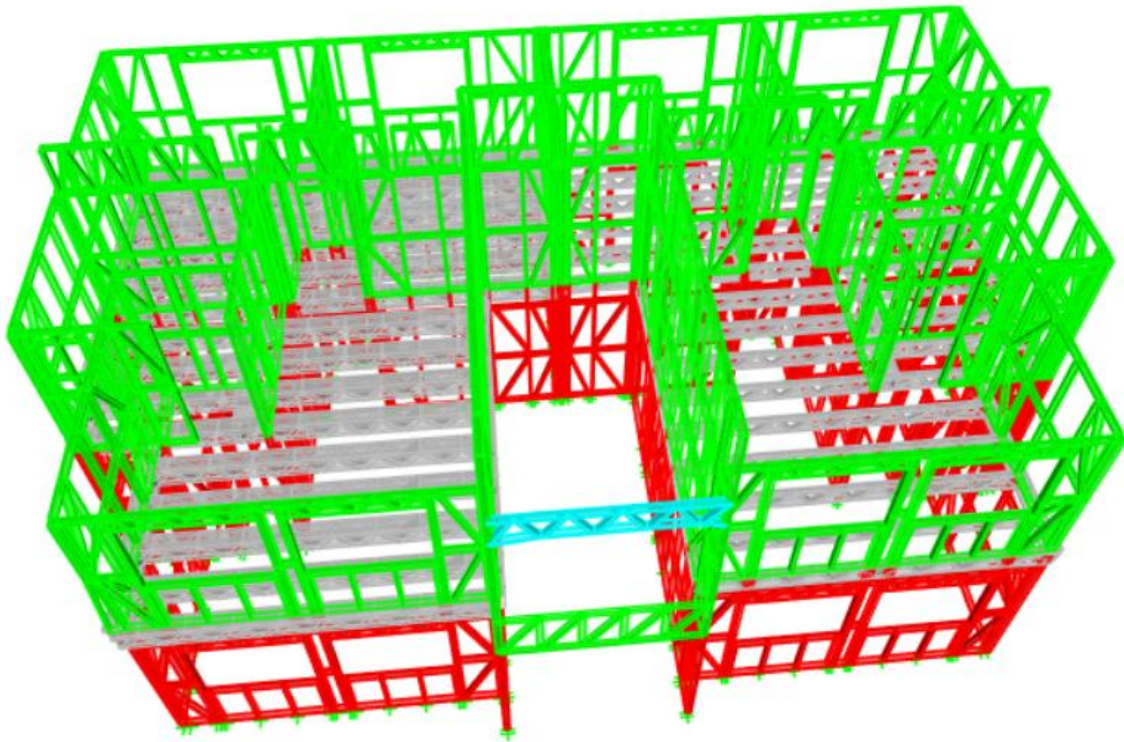


Ilustración 50. Vista 3D

Fuente: Diego Lucero

3.5.5. Peso de la estructura

En las siguientes imágenes se muestra el peso de la estructura y peso de la carga permanente con lo que la suma de las dos cargas nos da la carga total de la estructura que incluye la carga muerta de las secciones y la carga permanente estas calculadas de la suma del entrepiso seco y el panel estructural, dicha carga total es de 51.97 Toneladas

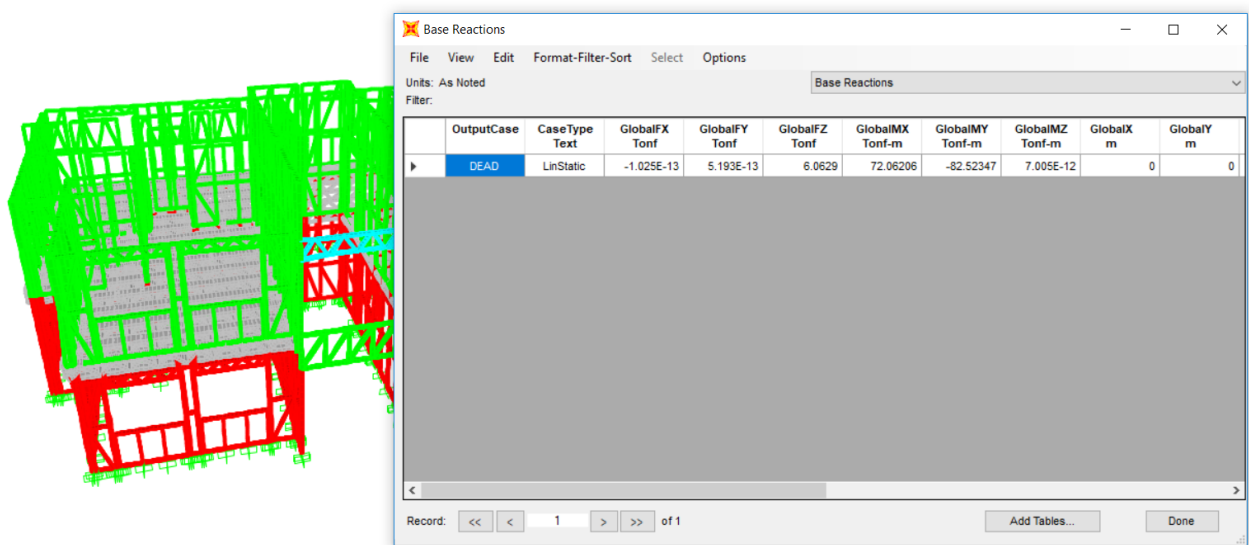


Ilustración 51. Peso de la estructura

Fuente: Diego Lucero

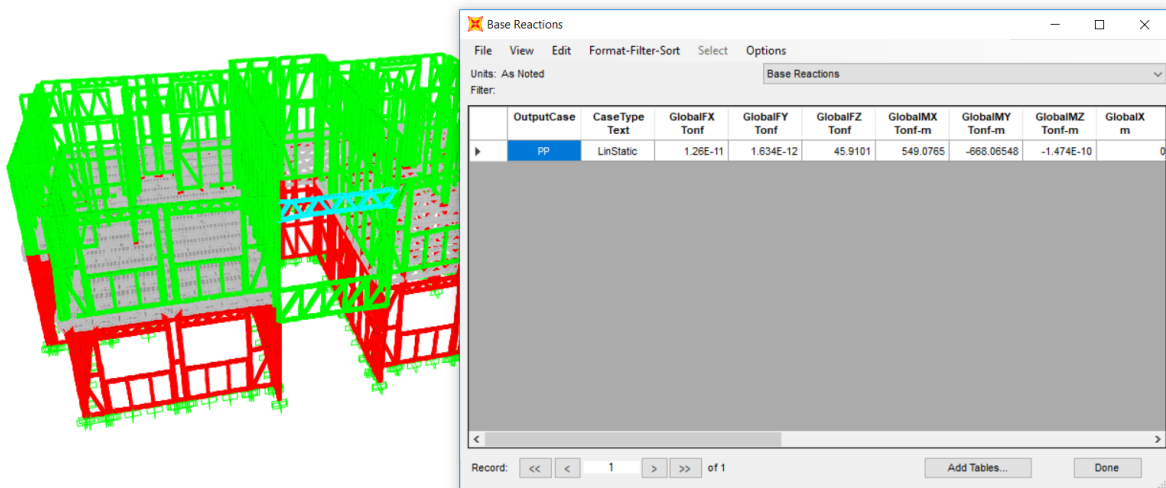


Ilustración 52. Peso carga permanente

Fuente: Diego Lucero

3.5.6. Derivas de Piso

Se realizó un chequeo de derivas debido a que están asociadas directamente con el daño estructural. Además, en la NEC sección 6.3.9 se pide que se haga un control de deformaciones, a través del cálculo de las derivas inelásticas máximas de piso. En este caso se realizó un chequeo para el patrón de carga más crítico que viene a ser el sismo en dirección de “x” y “y”.

Para el cálculo de derivas se usó las siguientes ecuaciones dadas por la NEC sección 6.3.9:

$$\text{Deriva elástica: } \Delta e = (\Delta 2 - \Delta 1) / h_e$$

$$\text{Deriva inelástica: } \Delta i = 0,75 * (\Delta e * R) \leq 0,02$$

El mayor desplazamiento relativo para el sismo en “X” y “Y” se encontró en la esquina del segundo piso.

Tabla 29. Derivas de Piso Steel Framing

Cálculo de deriva elástica en x

h	2.9000	m
D3-D2	0.0031	m

D elástica x	0.0011
--------------	--------

D inelástica x	0.002	OK!
----------------	-------	-----

h	2.9000	m
D2-D1	0.0010	m

D elástica x	0.00035
--------------	---------

D inelástica x	0.00065	OK!
----------------	---------	-----

Cálculo de deriva elástica en y

h	2.9	m
D3-D2	0.0047	m

D elástica y	0.0016
--------------	--------

D inelástica y	0.0030	OK!
----------------	--------	-----

h	2.9	m
D3-D2	0.0005	m

D elástica y	0.00017
--------------	---------

D inelástica y	0,00032	OK!
----------------	---------	-----

Donde h es la diferencia de altura que existe entre pisos y D-D es la diferencia de desplazamientos que existe entre el nodo superior e inferior, además se debe saber que el coeficiente de Reducción R es igual a 2.5

3.5.7. Periodo de vibración fundamental

El periodo de vibración puede ser determinado mediante dos métodos según la NEC. En el primer método este valor puede ser determinado de una manera aproximada en base al

coeficiente que depende del tipo de edificio, periodo de vibración y altura máxima de la edificación. Dicho coeficiente fue determinado en la primera parte del proyecto.

$$T_a = 0,2728$$

El segundo método consiste de un análisis más profundo en el cual se utilizó propiedades estructurales y características de deformación de elementos resistentes, dicho análisis fue determinado con SAP2000.

$$T_s = 0,1608$$

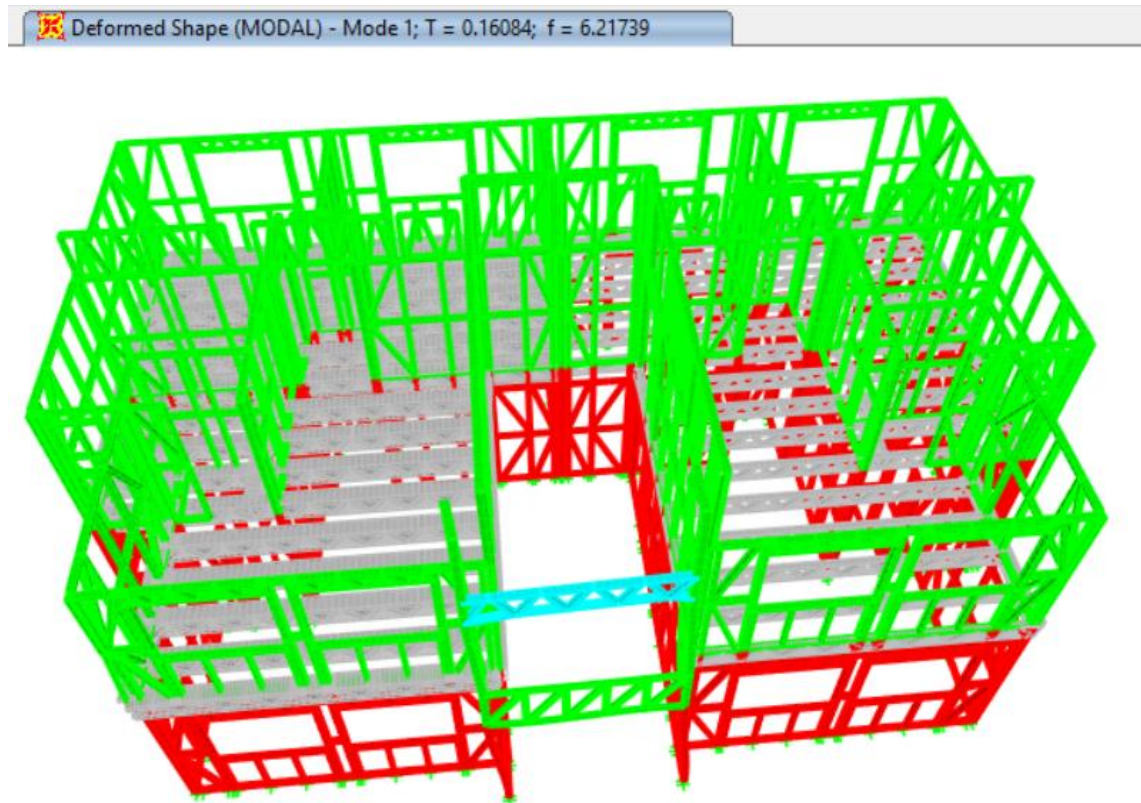


Ilustración 53. Periodo de la estructura

Fuente: Diego Lucero

4) VOLUMENES DE OBRA

Para realizar el análisis económico se calculó los volúmenes de obra de los dos sistemas tanto para el sistema tradicional (Hormigón Armado), como para Steel Framing, como se muestra a continuación.

4.1. Volúmenes de Obra Hormigón Armado

Para el cálculo de volumen de hormigón armado se utilizó el tamaño de las secciones de viga y columnas, con lo que se calculó el área de las secciones y esto se multiplicó por las longitudes de los elementos, en la losa se utilizó el área calculada en AutoCAD de los planos arquitectónicos del proyecto y se multiplicó por el espesor.

4.1.1. Hormigón

4.1.1.1. Volumen de hormigón en Vigas

Tabla 30. Volumen de Hormigón en Vigas

Secciones [cm]	Área [m ²]	Longitud Viga [m]	Volumen Vigas [m ³]
25*40	0.1	195.2	19.52

Volumen total en vigas = 19.52[m3]

4.1.1.2. Volumen de hormigón en Columnas

Tabla 31. Volumen de Hormigón en Columnas

Secciones [cm]	Área [m ²]	Altura de pisos [m]	Volumen Columnas [m ³]
35*35	0.1225	2.9	11.4

Volumen total en columnas = 11.4[m3]

4.1.1.3. Volumen de hormigón en Losas

Tabla 32. Volumen de Hormigón en Losas

Piso	Espesor [cm]	Área [m ²]	Volumen Losas [m ³]
1	15.42	112	17.27
2	15.42	142.72	22.01
Volumen Total Losas [m ³]			39.28

Volumen total en Losas= 39.28[m³]

4.1.1.4. Cantidad total de hormigón para la estructura

Tabla 33. Volumen Total de Hormigón

Secciones	Volumen [m ³]
Vigas	19.52
Columnas	11.4
Losas	39.28
Volumen Total [m ³]	70.2

4.1.2. Acero de Refuerzo

Para el cálculo del acero de refuerzo de las columnas, vigas y losas, se siguió los lineamientos de la guía de diseño para hormigón armado dadas por la NEC, además, se utilizó como referencia la tesis del Ingeniero Gustavo Tapia (2014).

4.1.2.1. Columnas Acero longitudinal

Para el diseño del acero longitudinal se procedió a ver cuál es la cuantía requerida mediante el programa SAP 2000, siendo el 1% para todas las columnas.

Tabla 34. Cuantía de Acero en Columnas (%)

Secciones [cm]	Porcentaje de Acero en columnas
35*35	1%

De acuerdo al área de la sección se calculó la cuantía necesaria en cm^2

Tabla 35. Cuantía de Acero en Columnas (cm^2)

Secciones [cm]	Área de acero en Columnas [cm^2]
35*35	12.25

Conociendo el área necesaria, se procedió a calcular la cantidad de varillas y diámetro requerido para cumplir dicha demanda.

Tabla 36. Varillas Utilizadas en Columnas

Secciones [cm]	Acero en Columnas [cm^2]
35*35	8 Φ 14 (12.310 cm^2)

Una vez obtenido el diámetro y cantidad de varillas que vamos a utilizar se verificó que cumpla con los espaciamientos requeridos, ya que de no hacerlo se debería cambiar la configuración del armado.

$$\text{Espaciamiento} = \frac{35 - 8 - (2 * 1) - (3 * 1.4)}{2} = 10.4 \text{ cm OK}$$

A continuación, se detalla el resumen del peso requerido para acero longitudinal:

Tabla 37. Peso total de Acero Longitudinal en Columnas

Cantidad Varillas	Altura	Total Varillas	Peso [KG]	Peso Total [KG]
128	5.8	64	14.496	927.744

4.1.2.2. Columnas Refuerzo transversal

Para el refuerzo transversal (estribos), se inició calculando la separación requerida en la zona de confinamiento y en la zona de no confinamiento, se realizó dichos cálculos utilizando la siguiente imagen:

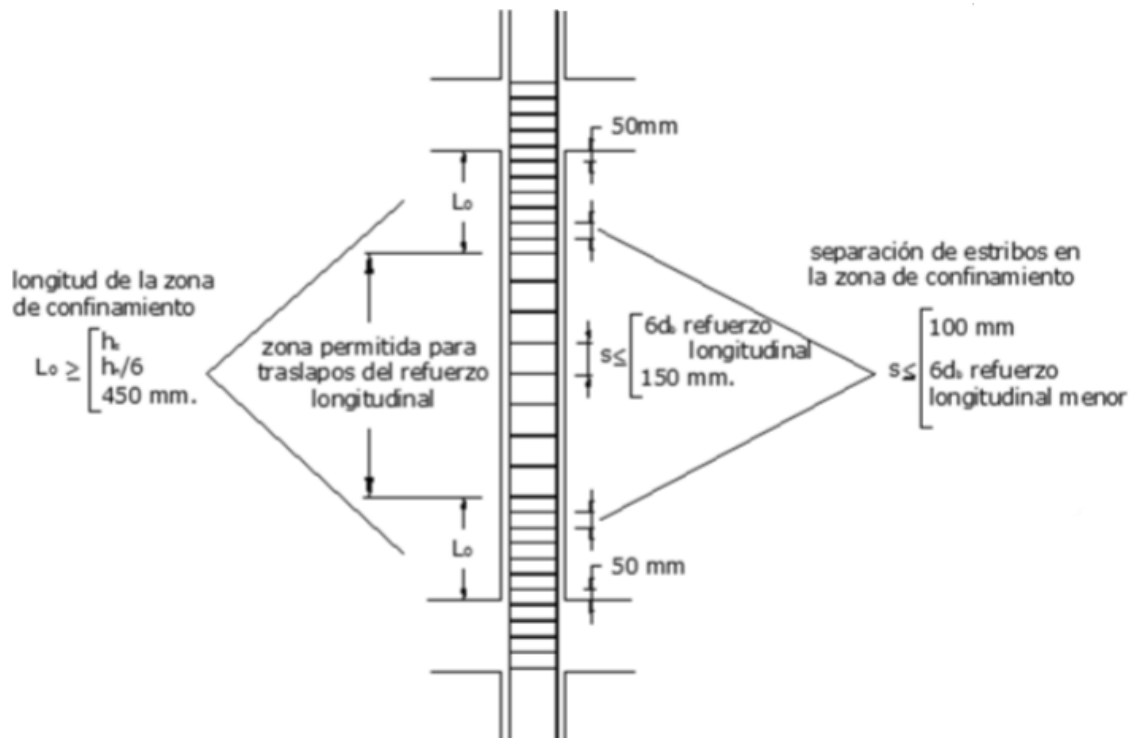


Ilustración 54. Separación de Estribos

Fuente: NEC-SE-DS

Cálculo de longitud L_o (Longitud de la zona de confinamiento)

1) $L_o = h = 350 \text{ mm}$

2) $L_o = \frac{h}{6} = \frac{(5000-400)}{6} = 766.6 \text{ mm}$

3) $L_o = 450 \text{ mm}$

Se tomó un L_o de 800 mm por temas constructivos.

Separación de estribos en la zona de confinamiento.

- 1) $s = 6 * 14 = 84 \text{ mm}$
- 2) $s = \frac{h}{4} = \frac{350}{4} = 87.5 \text{ mm}$
- 3) $s = 100 + \left(\frac{350 - 118}{3} \right) = 177.3 \text{ mm}$

Para la separación de estribos en zona de confinamiento se tomó de 50mm por temas constructivos.

Separación de estribos fuera de la zona de confinamiento.

- 1) $s = 6 * 14 = 84 \text{ mm}$
- 2) $s = 150 \text{ mm}$

Por lo que, igual que en la zona de confinamiento se utilizó el mismo espaciamiento de 50 mm.

Adicionalmente a la verificación del cortante por resistencia (fuerzas actuantes), los códigos imponen que debe existir refuerzo transversal mínimo de confinamiento para el cual la NEC establece las siguientes ecuaciones:

$$A_{sh} = 0.3 * \frac{s * bc * f'c}{f_{yt}} * \left[\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right] \quad [14]$$

$$A_{sh} = 0.09 * \frac{s * bc * f'c}{f_{yt}} \quad [15]$$

Donde s es el espaciamiento entre estribos en cm, bc es la dimensión de la base del núcleo de concreto de la columna en cm, y A_{ch} es el área confinada del núcleo de concreto en cm^2 , A_g Área bruta del hormigón y $f'c$ el esfuerzo a la compresión del hormigón en kg/cm^2 .

Se procedió a calcular dichas ecuaciones colocando los datos provistos:

$$A_{sh} = 0.3 * \frac{s * bc * f'c}{f_{yt}} * \left[\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right]$$

$$A_{sh} = 0.3 * \frac{5 * 27 * 210}{4200} * \left[\frac{1225}{729} - 1 \right]$$

$$A_{sh} = 1.38 cm^2$$

$$A_{sh} = 0.09 * \frac{s * bc * f'c}{f_{yt}}$$

$$A_{sh} = 0.09 * \frac{5 * 27 * 210}{4200}$$

$$A_{sh} = 0.6075 cm^2$$

Entonces se eligió el mayor:

$$A_{sh} = 1.38 cm^2$$

Para cumplir esta área de acero para refuerzo transversal se utilizó estribos de $\Phi 10$ mm cada 50 mm.

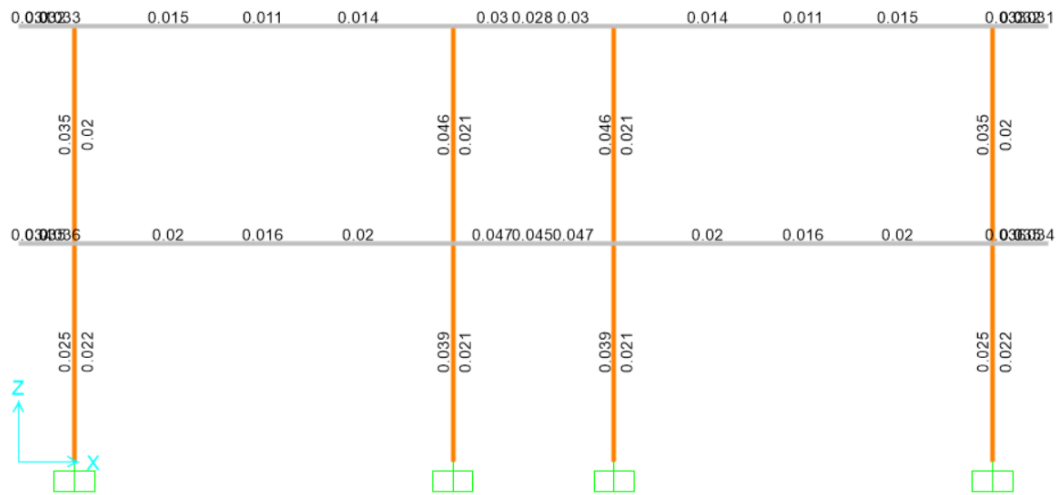


Ilustración 55. Shear Reinforcement

Fuente: Diego Lucero

En la ilustración observamos la cantidad de reforzamiento por cortante que necesita la estructura, como se evidenció que el acero requerido por confinamiento es mayor al requerido por cortante que se necesita mediante el programa SAP2000, con lo que se cumple con estos requisitos también.

Tabla 38. Resumen de Estribos para Columnas

# Estribos por Col	# Columnas	Total Estribos
58	32	1856

Tabla 39. Cantidad de Varillas necesarias

Longitud estribo [mm]	Total Estribos	Long Total Estribos [mm]	Long Total Estribos [m]	# Varillas
1150	1856	2134400	2134.4	178

Tabla 40. Peso Total de Estribos para Columnas

Total Varillas	Peso [KG]	Peso Total [KG]
178	7.404	1317.91

4.1.2.3. Vigas Refuerzo a flexión

Para el diseño a flexión se tomó los datos obtenidos del SAP 2000, la siguiente imagen fue para el eje XZ

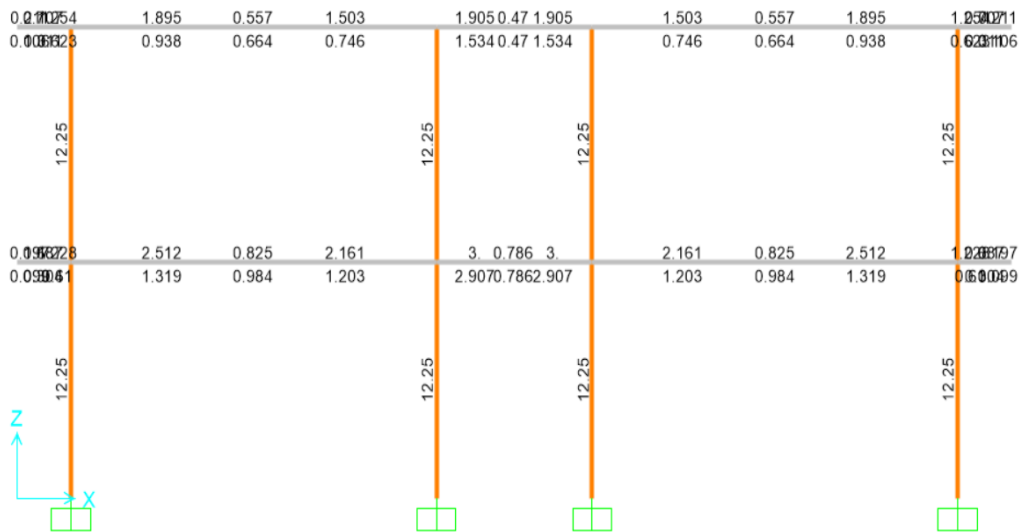


Ilustración 56. Percentage Rebar XZ

Fuente: Diego Lucero

La siguiente imagen para el YZ

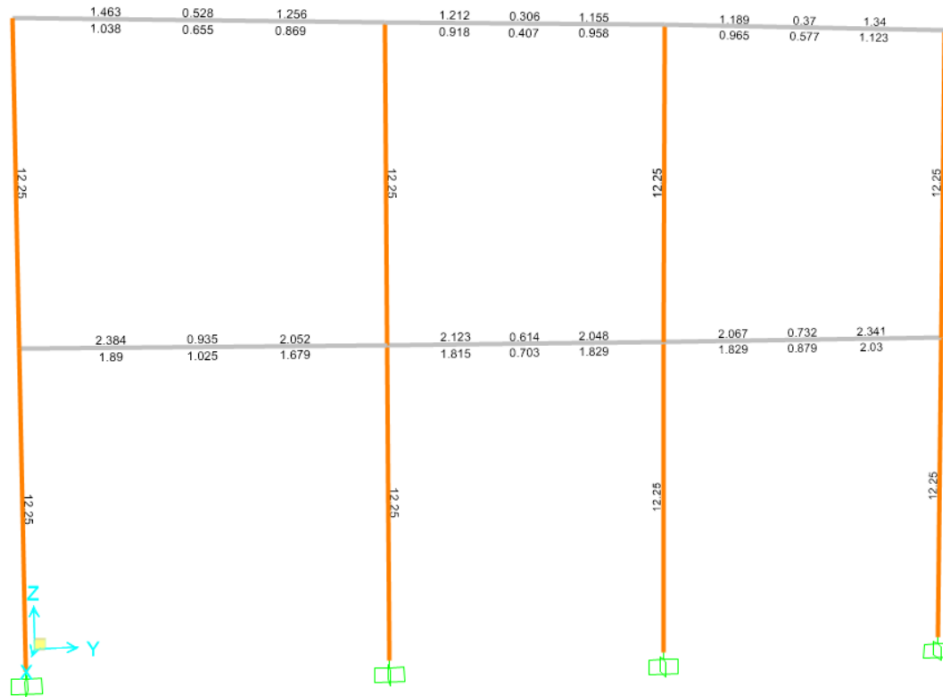


Ilustración 57. Porcentage Rebar YZ

Fuente: Diego Lucero

Para el cálculo del acero a colocar en la estructura primero se colocó el acero mínimo para ambos momentos a lo largo de las vigas y posterior a eso verificar el faltante para llegar a la demanda de acero encontrado por el SAP2000. El acero mínimo se obtuvo a partir de:

Cálculo de peralte efectivo

$$d = 40\text{cm} - 4\text{cm} - 1\text{cm} - \frac{1.6}{2}\text{cm} = 34.2\text{ cm}$$

$$A_{s_{min}} = \frac{14}{f_y} b d \quad \text{cm}^2 \quad [16]$$

Donde b fue el ancho de viga, d el peralte efectivo y se ingresa en kg/cm^2 . Por lo tanto:

$$A_{s_{min}} = \frac{14}{f_y} b d \quad \text{cm}^2$$

$$A_{s_{min}} = \frac{14}{4200} * 25 * 34.2 \quad \text{cm}^2$$

$$A_{s_{min}} = 2.85 \text{cm}^2$$

$$A_s > A_{s_{min}}$$

$$3 \text{cm}^2 > 2.85 \text{cm}^2$$

Según la sección el acero mínimo y la cantidad de varillas necesarias para cubrir la demanda es:

Tabla 41. Acero Mínimo en Varillas

Secciones de Vigas	As min [cm^2]	Varillas min
40*25	2.85	2 \emptyset 16

Definido el volumen de acero mínimo, el siguiente paso fue colocar el acero faltante (acero necesario menos acero mínimo) con el cual se cumpla la demanda de acero es de 3cm^2 dicho valor fue obtenido de las cuantías para refuerzo longitudinal dadas por SAP2000

Tabla 42. Acero faltante en Varillas

Secciones de Vigas	As faltante [cm^2]	Varillas min
40*25	0.15	1 \emptyset 12

Tabla 43. Resumen de acero por Flexión para Vigas

Varillas por viga	Longitud Viga [m]	Long Varillas	# Varillas
4 \varnothing 16	195.2	780.8	70
2 \varnothing 12	6	12	1

Tabla 44. Peso de Varillas por Flexión en Vigas

\varnothing	# Varillas	Peso [KG]	Peso Total [KG]
16	70	18.936	1325.52
12	1	10.656	10.56
		Total [KG]	1336.08

4.1.2.4. Vigas Refuerzo transversal

Para el cálculo de peso de refuerzo transversal en vigas (estribos), se utilizó la siguiente imagen dada por la NEC, donde debe cumplir los espaciamientos mínimos y las distancias de zonas de confinamiento.

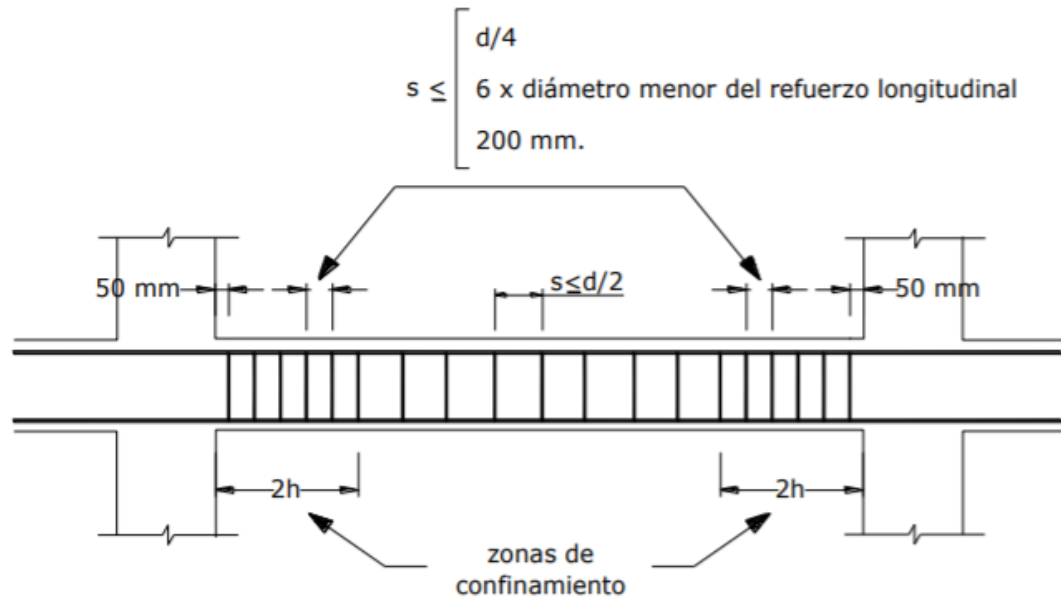


Ilustración 58. Espaciamiento Estribos Vigas

Fuente: NEC-SE-DS

La zona de confinamiento tubo una distancia de $2h$ medido desde la cara externa de la columna donde se apoyó la viga, el espaciado fue menor de: $d/4$, $6x$ diámetro menor de varilla longitudinal y menor a 200mm . En el resto de la viga debía ser menor o igual que $d/2$ y el primer estribo pudo colocarse a 50mm

En la zona de confinamiento

$$s \leq \frac{d}{4} = \frac{34.2}{4} = 8.55 \text{ cm}$$

$$s \leq 6 * \varnothing L = 6 * 1.2\text{cm} = 7.2 \text{ cm}$$

$$s \leq 20\text{cm}$$

Se tomó un espaciado de 5 cm por temas constructivos

En la zona de no confinamiento

$$s \leq \frac{d}{2} = \frac{34.2}{2} = 17.1\text{cm}$$

El espaciamiento para esta zona se tomó de 15 cm por facilidades al momento de la construcción.

Datos obtenidos por SAP 2000 por el refuerzo de cortante

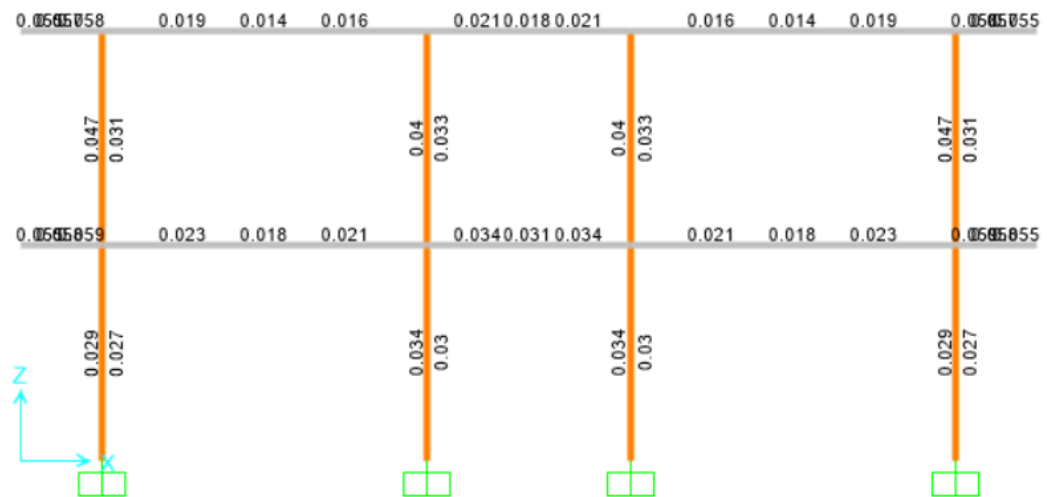


Ilustración 59. Shear Reinforcement

Fuente: Diego Lucero

La resistencia nominal viene dada por la siguiente expresión:

$$V_n = V_c + V_s \quad [16]$$

Donde: V_n es la resistencia nominal a cortante, V_c es la resistencia nominal a cortante proporcionada por el hormigón y V_s la resistencia nominal a cortante proporcionada por el refuerzo a cortante.

En el diseño de pórticos especiales resistentes a momentos de acuerdo al diseño sismo resistente la capacidad de la viga fue también verificada para las fuerzas cortantes considerando los momentos probables que actuaron en los extremos de la viga junto con una carga distribuida. A esta verificación se la conoce como diseño de estribos por capacidad.

Esta verificación es muy importante, ya que se ha observado que existen zonas críticas a cortante que se dan principalmente cerca de los apoyos de vigas y que generan fisuras en el hormigón, aproximadamente a 45 grados de inclinación, que podrían llevar a posibles fallas de tipo frágiles y hasta colapsos de sistema de pisos, lo cual es indeseable e inadmisibles y que debe ser controlado adecuadamente (Tapia, 2014).

Fue importante realizar el diseño de los estribos por capacidad, ya que se debe considerar que, al diseñar la viga con el acero de refuerzo longitudinal, se genera momentos en los extremos que producen doble curvatura, y que provocan fuerzas de corte hiperestáticas.

Para hallar los valores de los momentos en los extremos de vigas se usa la siguiente expresión:

$$M_p = A_s * \alpha * f_y * \left(d - \frac{a}{2}\right) \quad [17]$$

Siendo $\alpha = 1.25$

$$a = \frac{A_s * \alpha * f_y}{0.85 * f'_c * b} \quad [18]$$

Se usó los datos dados por el SAP2000, donde nos proporcionó el área en cm², necesaria para el momento más grande de la parte más crítica.

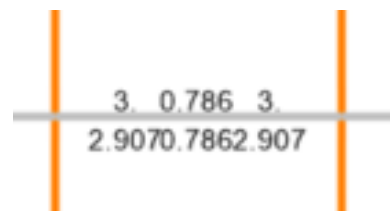


Ilustración 60. Porcentaje Rebar

Fuente: Diego Lucero

$$a = \frac{3 * 1.25 * 420}{0.85 * 21 * 25} = 3.53 \text{ cm}$$

$$a = \frac{2.907 * 1.25 * 420}{0.85 * 21 * 25} = 3.42 \text{ cm}$$

Se calculó el momento plástico:

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

$$M_p = 3 * 1.25 * 420 * \left(0.342 - \frac{0.0353}{2}\right)$$

$$M_p = 5.21 \text{ t} * m$$

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

$$M_p = 2.907 * 1.25 * 420 * \left(0.342 - \frac{0.0342}{2}\right)$$

$$M_p = 5.06 \text{ t} * m$$

$$V_p = \left(\frac{5.21 + 5.06}{3}\right)$$

$$V_p = 3.42 \text{ t}$$

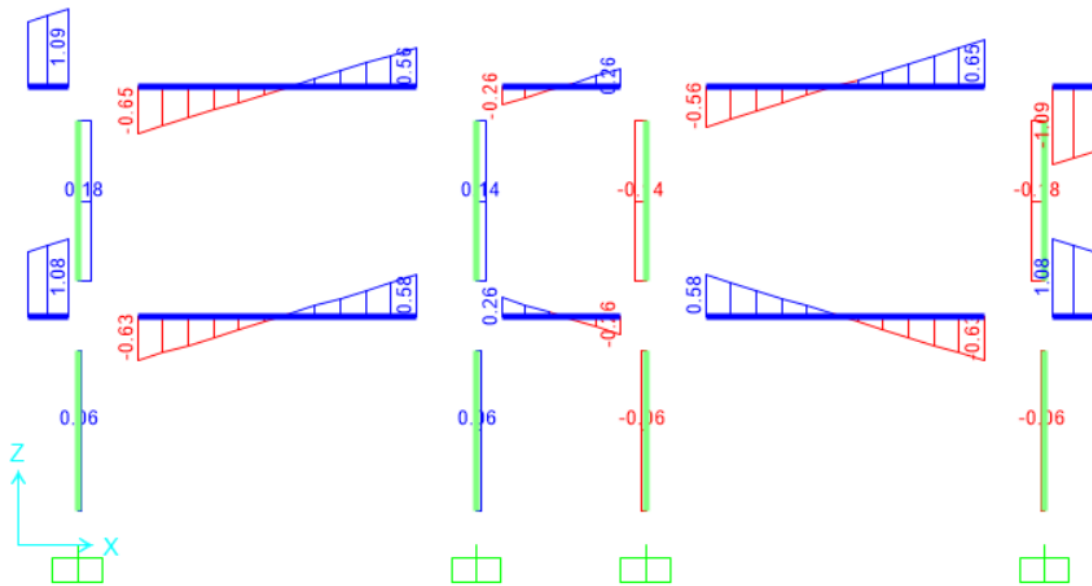


Ilustración 61. Diagrama de Cortante

Fuente: Diego Lucero

El cortante por fuerzas gravitacionales se tomó en cuenta el 75% de las cargas muertas mayoradas, se obtuvo mediante el diagrama de cortante por carga muerta proporcionado por SAP $V_{CM} = 0.58$

$$0.75 * (1.2 * 0.58) = 0.522 \text{ t}$$

$$V_u = V_a + V_p$$

$$V_u = 3.42 + 0.522 = 3.942 \text{ t}$$

$$V_p \geq 0.5V_u$$

$$3.42 \geq 0.5 * 3.942$$

$$3.42 \geq 1.971$$

Entonces $V_c=0$

$$A_v = \frac{\frac{V_u}{\phi} - V_c}{f_y * d} \quad [19]$$

$$A_v = \frac{\frac{38657.81}{0.75} - 0}{420 * 0.342}$$

$$A_v = 3.59 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_v = 3.59 \text{ cm}^2$$

$$\frac{A_v}{s} = 0.718 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Se utilizó para los estribos $\phi 10$

Para las longitudes se consideró que las zonas bordes van a ser iguales a 2/3 de L y en el centro 1/3 de L, donde L es la longitud de la viga, esto se hizo tomando en cuenta los consejos constructivos dados en clases, para tener la zona de confinamiento mayor.

Tabla 45. Resumen de Acero Transversal en Vigas

Sección	Longitud [m]	# Estribos
Borde	130	2600
Centro	65	434
	Total Estribos	3034

Tabla 46. Cantidad de Varillas para Estribos

Longitud estribo [mm]	Total Estribos	Long Total Estribos [mm]	Long Total Estribos [m]	# Varillas
980	3034	2973320	2973.32	248

Tabla 47. Peso Total de Estribos para Vigas

Total Varillas	Peso [KG]	Peso Total [KG]
248	7.404	1836.19

4.1.2.5. Acero para losas

Para el cálculo de acero losas se utilizó el acero mínimo:

$$A_{s_{min}} = \frac{14}{f_y} bd \quad cm^2$$

$$A_{s_{min}} = \frac{14}{420} 100 * 17.4 \quad cm^2$$

$$A_{s_{min}} = 5.8 \quad cm^2$$

Por lo tanto, se coloca 1 Φ 10 mm@12.5cm

Tabla 48. Cantidad de Varillas para losa

Sección	Longitud [m]	# Varillas
losa	13	220

Tabla 49. Peso Total de Acero en Losa

Total Varillas	Peso [KG]	Peso Total [KG]
220	7.404	1628.88

4.1.2.6. Resumen Total Acero de Refuerzo

A continuación, se muestra la siguiente tabla donde se detalla el peso total de acero de refuerzo requerido para la estructura:

Tabla 50. Resumen Total de Acero de Refuerzo

Acero de Refuerzo	Peso [Kg]
Longitudinal Columnas	927.744
Transversal Columnas	1317.91
Longitudinal Vigas	1336.08
Transversal Vigas	1836.19
Losas	1628.88
Peso Total [Kg]	7046.8

4.1.3. Área de Mampostería

En el área de mampostería se realizó paredes interiores y paredes exteriores, se hizo por nivel, debido a que un poco del diseño arquitectónico cambiaba por piso. Para el cálculo se utilizó las distancias de paredes por la altura.

Tabla 51. Mampostería Interior Planta Baja

Mampostería Interior Planta Baja			
	Distancia [m]	Altura [m]	Área [m ²]
Dormitorio 1	6.05	2.9	17.55
Dormitorio 2	4.675	2.9	13.56
Baño	4.25	2.9	12.33
Corredor	5.01	2.9	14.53
		Total, DPT. 1	57.96
		Total PB	115.91

Tabla 52. Mampostería Interior Planta Alta

Mampostería Interior Planta Alta			
	Distancia [m]	Altura [m]	Área [m ²]
Dormitorio 1	6.05	2.9	17.55
Dormitorio 2	4.675	2.9	13.56
Baño	3.9	2.9	11.31
Corredor	5.01	2.9	14.53
Total, DPT. 1			56.94
Total PA			113.88

Se dividió a cada una de las vistas en PC y PV, siendo PC las paredes completas y PV las paredes con ventanas ya que era necesario conocer la altura para poder calcular el área.

Tabla 53. Mampostería Exterior Planta Baja

Mampostería Exterior Planta Baja			
	Distancia [m]	Altura [m]	Área [m ²]
Frente PC	3.3	2.9	9.57
Frente PV	6	1.7	10.2
Posterior PC	8	2.9	23.2
Posterior PV	6	1.7	10.2
Lateral PC	17.2	2.9	49.88
Lateral PV	1.6	2.3	3.68
Total PB			106.73

Tabla 54. Mampostería Exterior Planta Alta

Mampostería Exterior Planta Alta			
	Distancia [m]	Altura [m]	Área [m ²]
Frente PC	3.3	2.9	9.57
Frente PV	6	1.7	10.2
Posterior PC	8	2.9	23.2
Posterior PV	6	1.7	10.2
Lateral PC	17.8	2.9	51.62
Lateral PV	1.6	2.3	3.68
Total PA			108.47

Tabla 55. Resumen Total Mampostería

Mampostería	Área [m ²]
Mampostería Interior Planta Baja	115.91
Mampostería Interior Planta Alta	113.88
Mampostería Exterior Planta Baja	106.73
Mampostería Exterior Planta Alta	108.47
Área Total [m ²]	445.00

4.1.4. Volumen escaleras

Para calcular el Volumen de las escaleras se calculó mediante el ancho total por la longitud, siendo la longitud diagonal calculada a partir de la altura que es de 2.9 m y la longitud en planta de 5m y por la altura promedio utilizada para este tipo de construcción que es de 0.5m.

Tabla 56. Volumen de Escaleras

Ancho [m]	Longitud [m]	Altura [m]	Volumen [m ³]
1.25	5.78	0.5	3.61

4.2. Volúmenes de Steel Framing

Cantidades de obra en Steel framing

4.2.1. Perfiles Acero Galvanizado

Para los perfiles de acero galvanizado

Tabla 57. Peso Total de Perfil de Acero Galvanizado

Sección	Peso [Kg]	% Incidencia
Cerchas	426.8	7%
Correas	302.9	5%
Entrepiso	1536.1	25%
Grada	287.5	5%
Piso 1	2123.6	34%
Piso 2	1304.7	21%
Tapa Gradadas	132	2%
Vigas	103.1	2%
Total [Kg]	6216.7	

Los datos mostrados en la tabla anterior del peso de la estructura fueron obtenidos en el programa FrameCad, que están adjuntos en resúmenes en los anexos, además, se encontró el % de incidencia para ver como cada sección influye en el peso total de la estructura. Como se observó, la zona de mayor incidencia en el peso de la estructura es el piso 1, a pesar de que con el piso 2 tienen la misma geométrica, esto se debe a que al ser un sistema donde las secciones en su mayoría son el soporte de la estructura en el piso se usa secciones con espesor más grande, ya que son el soporte de la estructura superior.

4.2.2. Fibrocemento Paredes Exteriores

Para el cálculo de las paredes exteriores se realizó con la ayuda del AutoCAD, donde se encontró las distancias de cada pared y se las multiplicó por la altura de cada una ellas, en las gradas se utilizó la altura promedio del total.

Tabla 58. Paneles Fibrocemento para exterior en Planta Baja

Paneles Fibrocemento Exterior Planta Baja			
	Distancia [m]	Altura [m]	Área [m ²]
Frente PC	3.3	2.9	9.57
Frente PV	6	1.7	10.2
Posterior PC	8	2.9	23.2
Posterior PV	6	1.7	10.2
Lateral PC	17.2	2.9	49.88
Lateral PV	1.6	2.3	3.68
Corredor	10.02	2.9	29.06
Gradas	4.4	1.45	6.38
		Total PB	142.17

Tabla 59. Paneles Fibrocemento para exterior en Planta Alta

Paneles Fibrocemento Exterior Planta Alta			
	Distancia [m]	Altura [m]	Área [m ²]
Frente PC	3.3	2.9	9.57
Frente PV	6	1.7	10.2
Posterior PC	8	2.9	23.2
Posterior PV	6	1.7	10.2
Lateral PC	17.8	2.9	51.62
Lateral PV	1.6	2.3	3.68
Corredor	10.02	2.9	29.06
		Total PA	137.53

Tabla 60. Resumen Total Paneles Fibrocemento para Exterior

Paneles Fibrocemento Exterior	Área [m ²]
Planta Baja	142.168
Planta Alta	137.528
Total [m ²]	279.696

4.2.3. Gypsum paredes internas

Para el cálculo de cantidad de obra se utilizó AutoCAD, para conocer longitudes y se las multiplicó por las alturas, las paredes internas incluyen las paredes de los dormitorios y las paredes perimetrales interiores con excepción de paredes de baños, cocina y área de lavado.

Tabla 61. Gypsum para interiores Dormitorios PB

Gypsum Interior Planta Baja			
	Distancia [m]	Altura [m]	Área [m ²]
Dormitorio 1	6.05	2.9	17.55
Dormitorio 2	4.675	2.9	13.56
Total, DPT. 1			31.10
Total PB			62.21

Tabla 62. Gypsum para interiores Paredes Perimetrales PB

Gypsum Interior Planta Baja			
	Distancia [m]	Altura [m]	Área [m ²]
Frente PC	1.8	2.9	5.22
Frente PV	3	1.7	5.1
Posterior PC	8	2.9	23.2
Posterior PV	6	1.7	10.2
Lateral PC	6.5	2.9	18.85
Corredor	10.02	2.9	29.06
Total PB			91.63

Tabla 63. Gypsum para interiores Dormitorios PA

Gypsum Interior Planta Alta			
	Distancia [m]	Altura [m]	Área [m ²]
Dormitorio 1	6.05	2.9	17.55
Dormitorio 2	4.675	2.9	13.56
Total, DPT. 3			31.10
Total PA			62.21

Tabla 64. Gypsum para interiores Paredes Perimetrales PA

Gypsum Interior Planta Alta			
	Distancia [m]	Altura [m]	Área [m ²]
Frente PC	1.8	2.9	5.22
Frente PV	3	1.7	5.1
Posterior PC	8	2.9	23.2
Posterior PV	6	1.7	10.2
Lateral PC	6.5	2.9	18.85
Corredor	10.02	2.9	29.06
Total PA			91.63

Tabla 65. Resumen total de Gypsum para paredes Interiores

Gypsum Interior	Área [m ²]
Planta Baja	153.84
Planta Alta	153.84
Total [m ²]	307.68

4.2.4. Entrepiso Seco con placa de fibrocemento

Para el área de entrepiso se utilizó AutoCAD, trazando en los planos arquitectónicos.

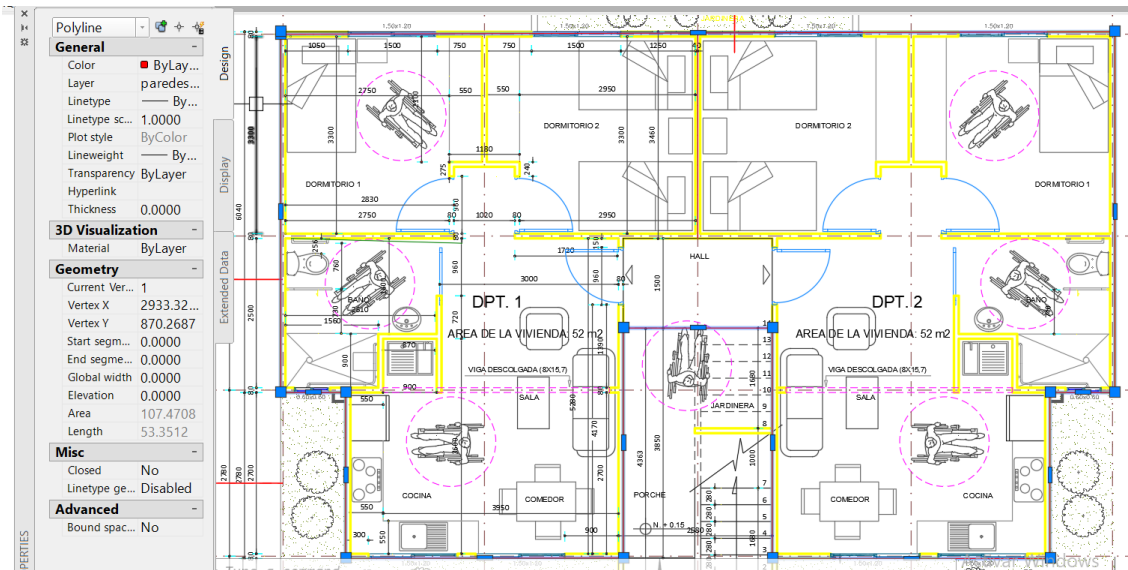


Ilustración 62. Planos AutoCAD

Fuente: Diego Lucero

Tabla 66. Área Total para Entrepiso

Área [m ²]	107.5
------------------------	-------

El área de entrepiso seco para la vivienda 4D es de 107.5m².

4.2.5. Fibrocemento para paredes medianeras

Para paredes medianeras se utilizó placa de fibrocemento de 6 mm, como recomendaciones del Ingeniero Sotomayor para que se aislé el ruido de las dos viviendas por piso y además por si llegara a existir un robo no tengan la posibilidad de ingresar a la otra vivienda.

Piso	Longitud [m]	Altura [m]	Área [m ²]
Planta Baja	3.46	2.9	10.034
Segundo piso	3.46	2.9	10.034
Total Área [m ²]			20.068

4.2.6. Cielo Raso de Gypsum RH (Zonas Húmedas)

El Gypsum de zonas húmedas para la vivienda se utilizó únicamente en los baños, se calculó el área del baño por piso y se multiplicó por dos ya que son simétricos.

Tabla 67. Resumen de Cielo Raso de Gypsum para Zonas Húmedas

Piso	Área [m ²]
Planta Baja	11
Segundo piso	10
Total Área	21

Planta Baja

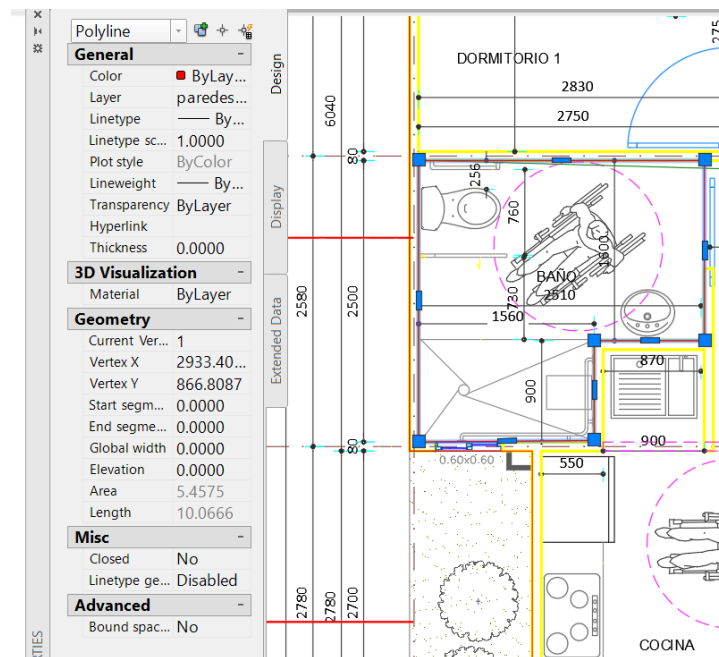


Ilustración 63. Planos AutoCAD

Fuente: Diego Lucero

Planta Alta

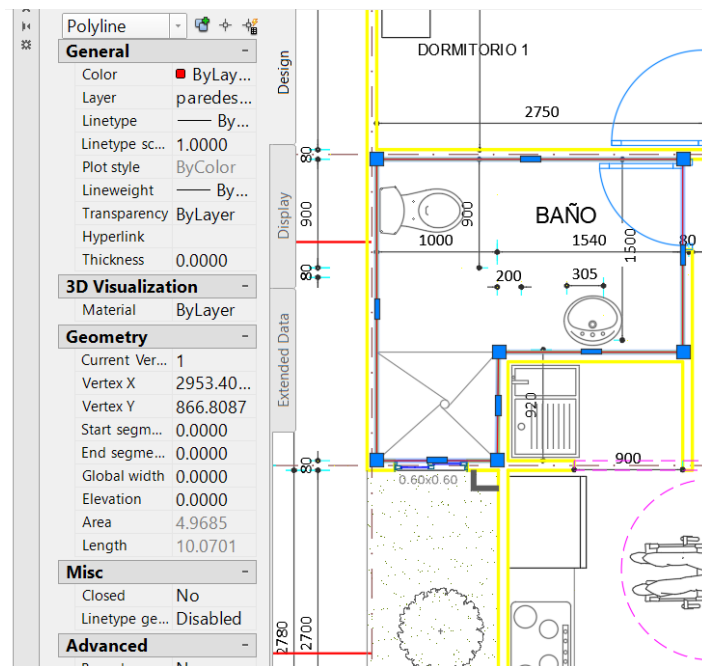


Ilustración 64. Planos AutoCAD

Fuente: Diego Lucero

4.2.7. Cielo Raso de Gypsum

El cielo raso con Gypsum se utilizó para los dos pisos de la vivienda con excepción del área de los baños y para el primer piso en la zona del tapa gradas que es una zona descubierta.

Tabla 68. Resumen Área de Cielo Raso de Gypsum

Piso	Área [m ²]
Planta Baja	91
Segundo piso	104
Total Área	195

Planta Baja

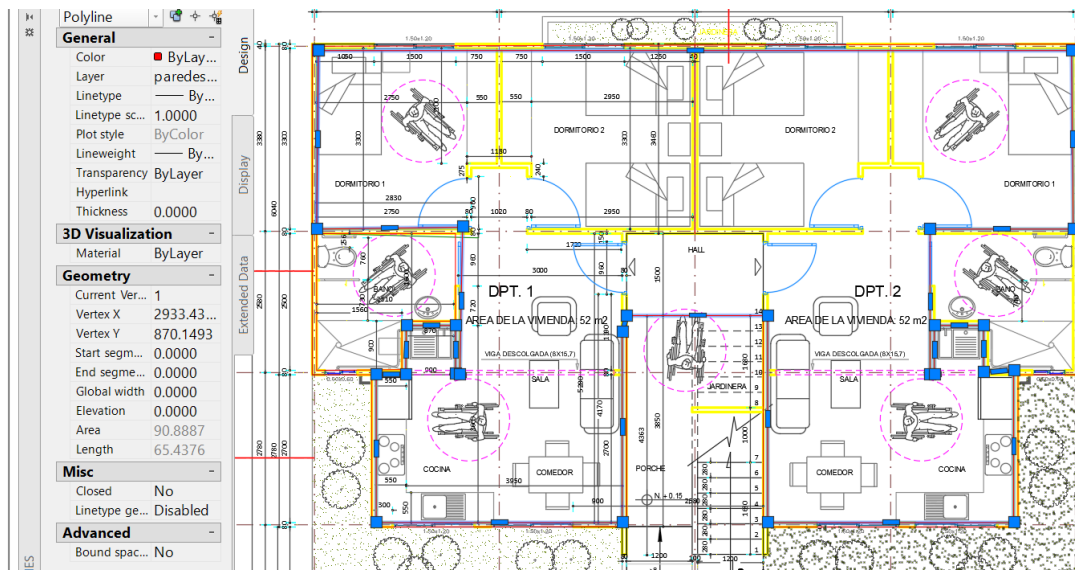


Ilustración 65. Planos AutoCAD

Fuente: Diego Lucero

Planta Alta

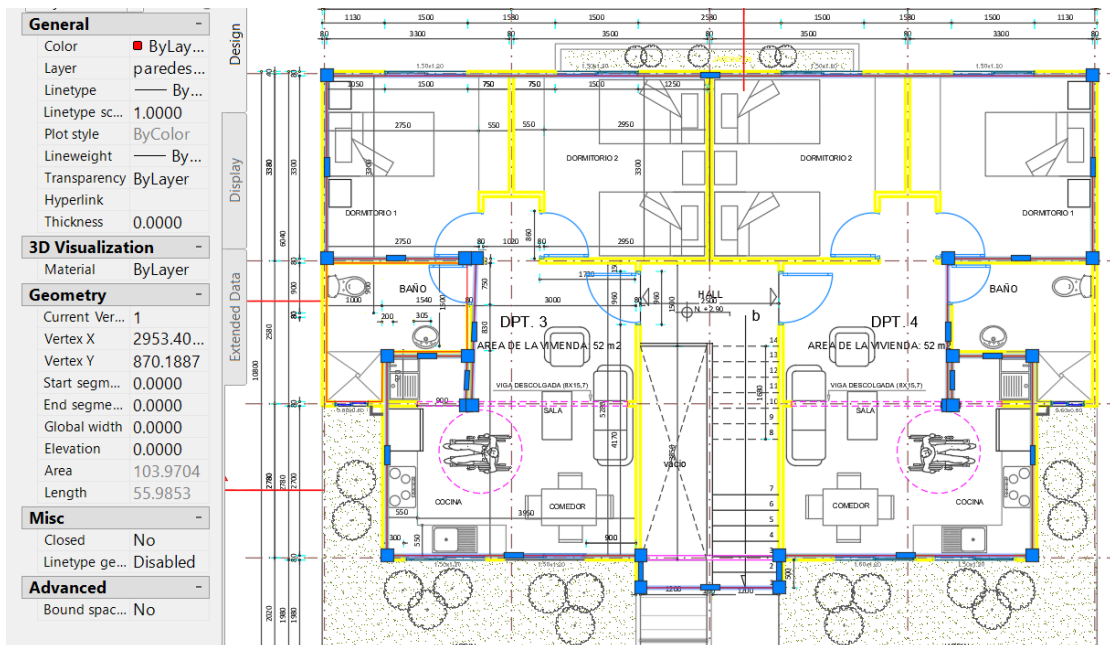


Ilustración 66. Planos AutoCAD

Fuente: Diego Lucero

4.2.8. Placa de fibrocemento recubierto con protección hidrófuga

La placa de fibrocemento con protección hidrófuga para paredes se utilizó para los baños, zona de lavado y cocina. En los baños se utilizó en la pared completa y en zona de lavado y cocina se descontó la altura de los mesones.

Tabla 69. Resumen de Placa de fibrocemento con protección hidrófuga

Piso	Longitud [m]	Altura [m]	Área [m ²]
Planta Baja Baño	10	2.7	27
Planta Baja Cocina	8	1.8	14.4
Segundo piso Baño	10	2.7	27
Segundo piso Cocina	8.3	1.8	15
Total Área [m ²]			83.4

Planta baja

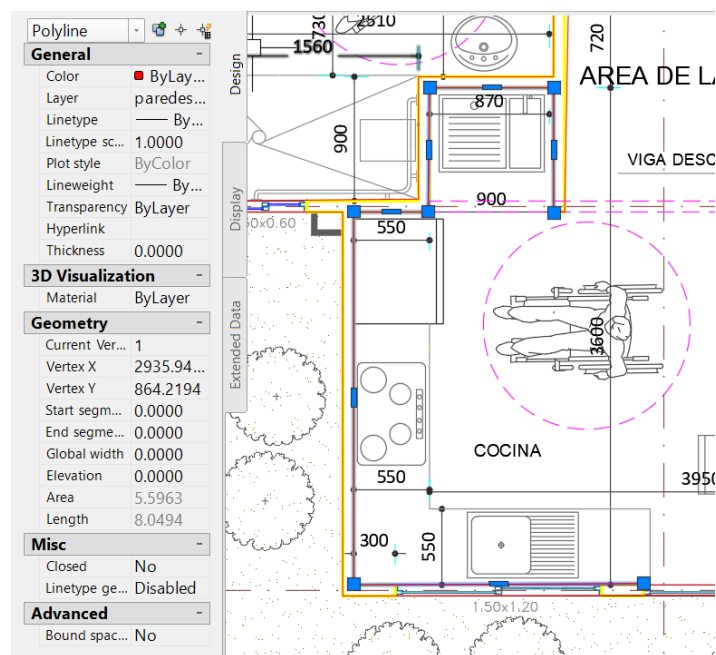


Ilustración 67. Planos AutoCAD

Fuente: Diego Lucero

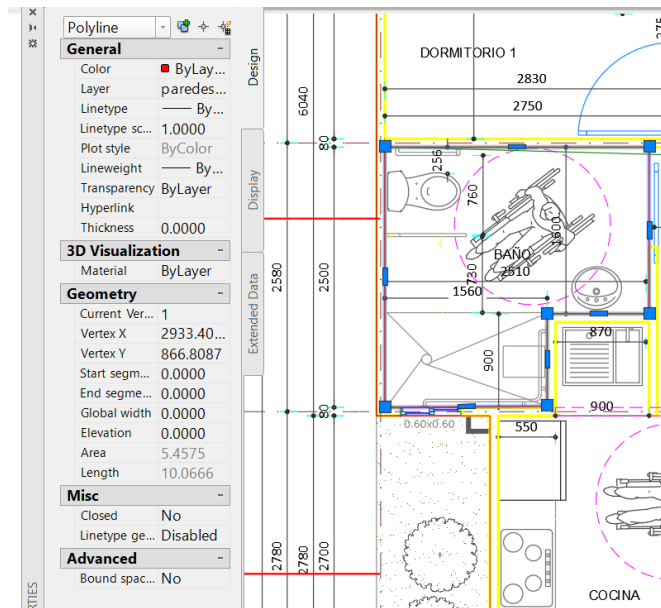


Ilustración 68. Planos AutoCAD

Fuente: Diego Lucero

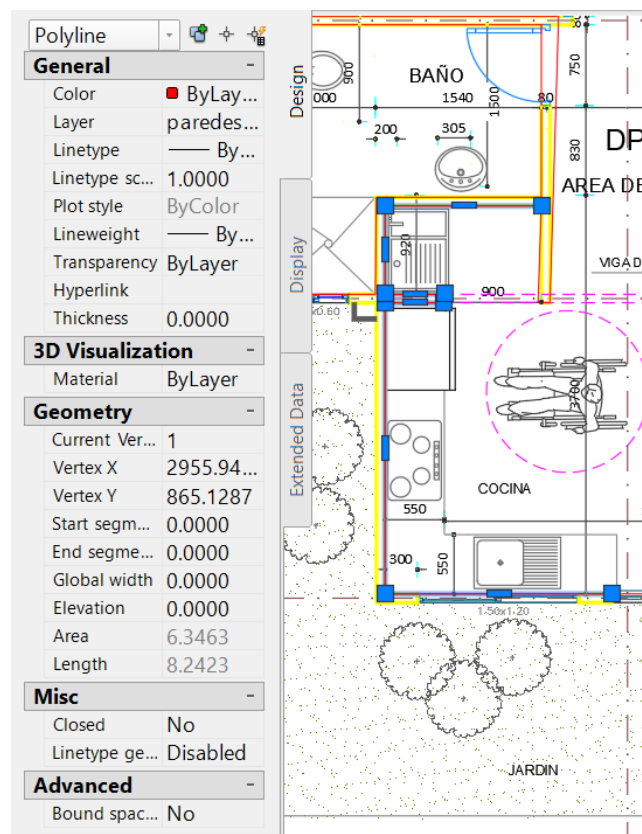
Planta Alta

Ilustración 69. Planos AutoCAD

Fuente: Diego Lucero

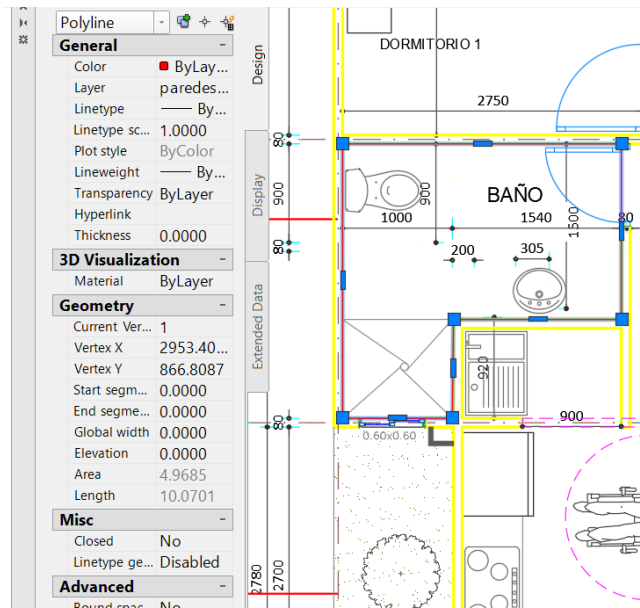


Ilustración 70. Planos AutoCAD

Fuente: Diego Lucero

4.2.9. Cubierta metálica prepintada con aislante de poliuretano de 15mm de espesor

Para la cubierta se calculó las longitudes de los perímetros debido a que es una cubierta con pendientes a dos aguas, además cuenta con un tapa gradas que se encuentra en la parte de la mitad de la estructura y a una altura diferente que el resto de la cubierta.

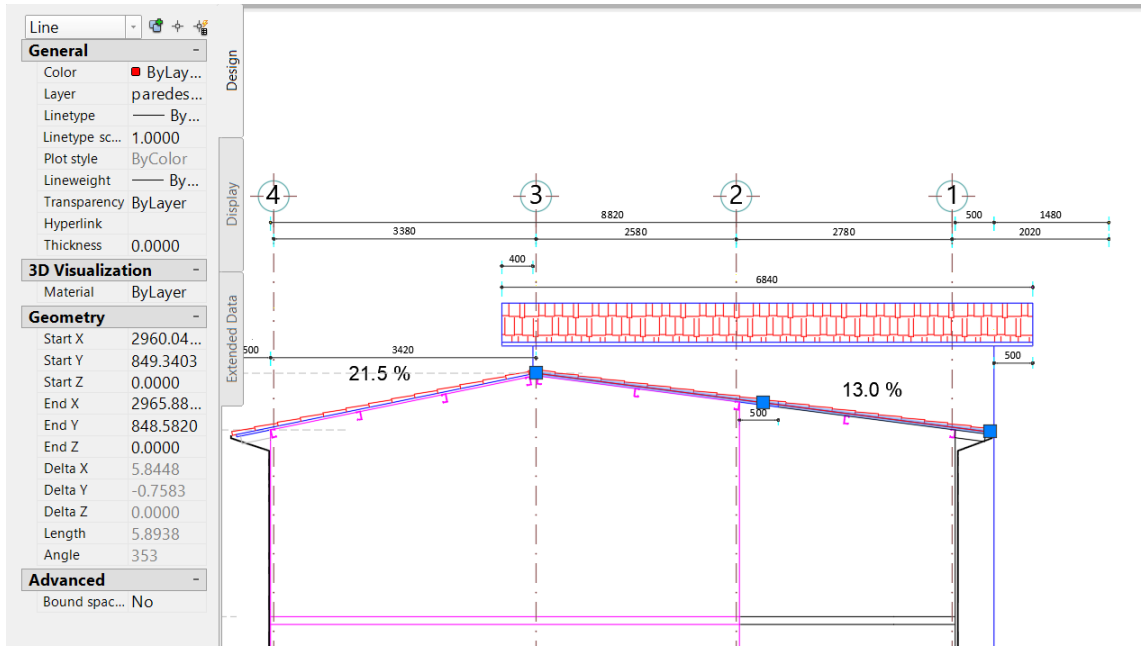


Ilustración 71. Planos AutoCAD

Fuente: Diego Lucero

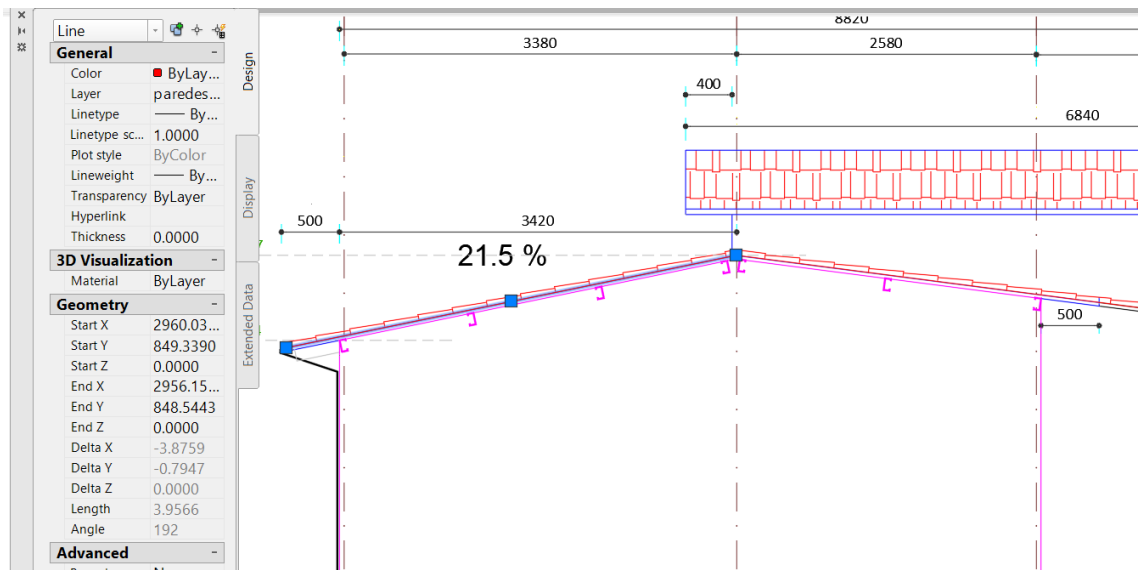


Ilustración 72. Planos AutoCAD

Fuente: Diego Lucero

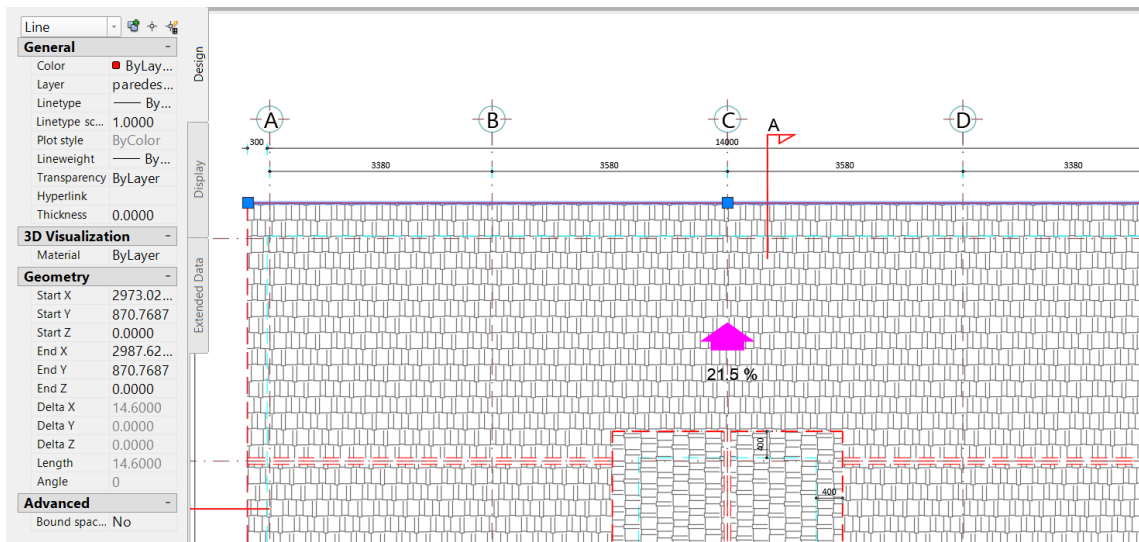


Ilustración 73. Planos AutoCAD

Fuente: Diego Lucero

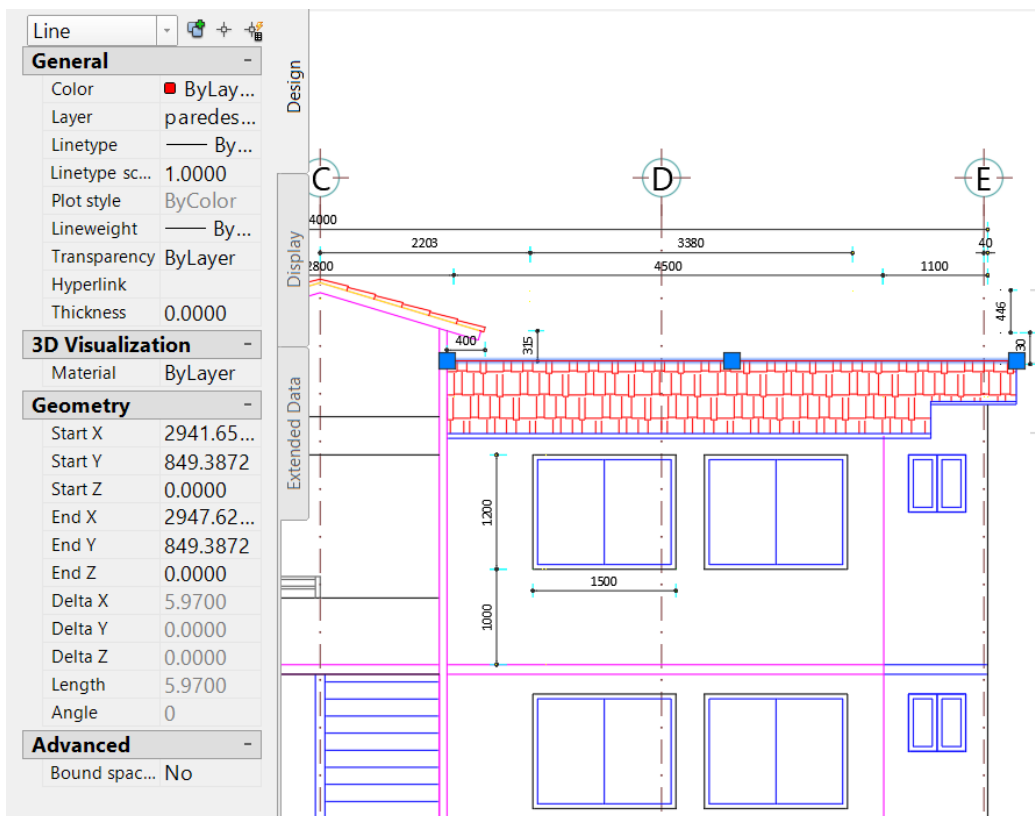


Ilustración 74. Planos AutoCAD

Fuente: Diego Lucero

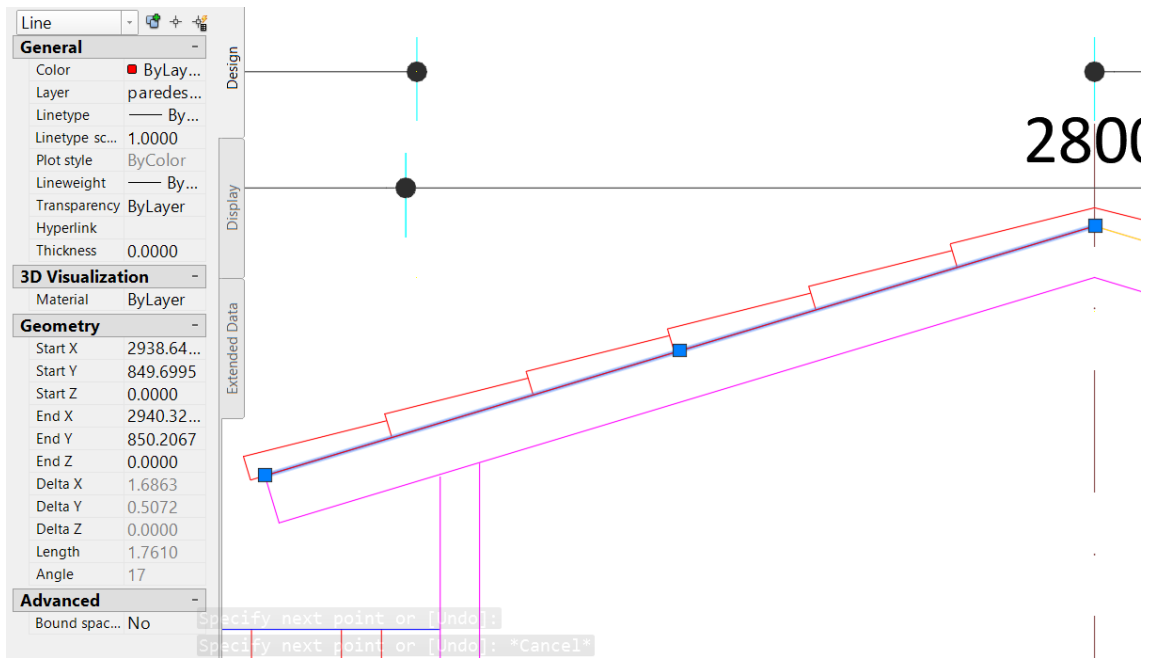


Ilustración 75. Planos AutoCAD

Fuente: Diego Lucero

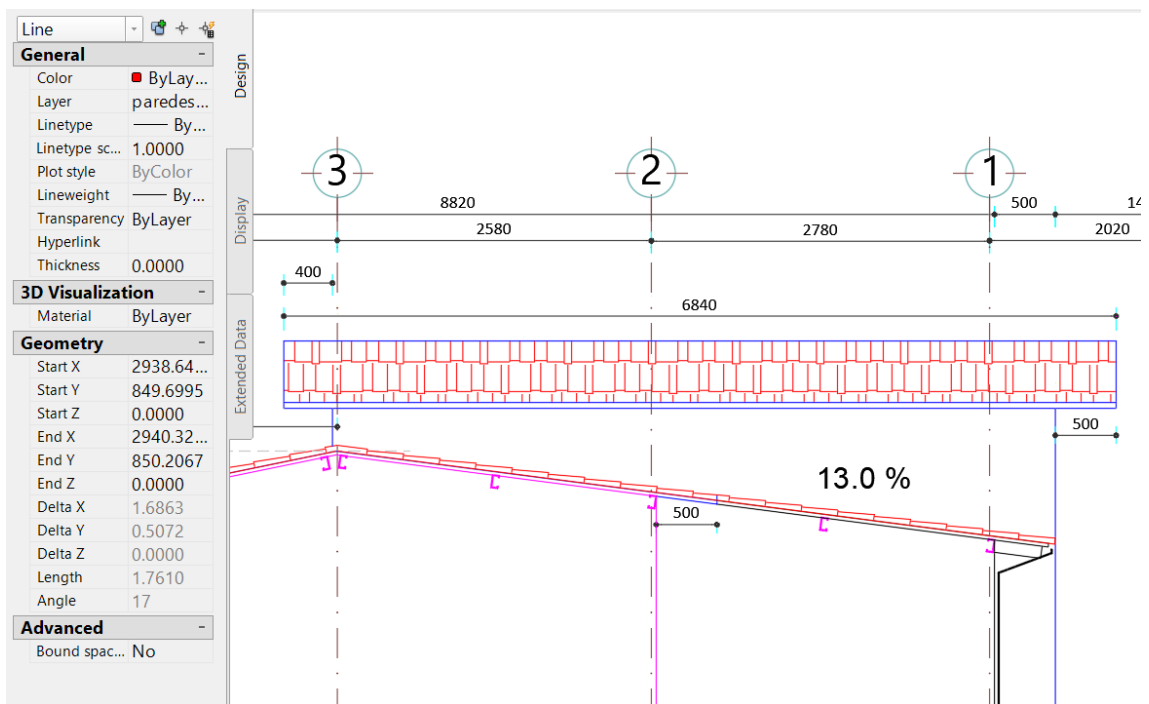


Ilustración 76. Planos AutoCAD

Fuente: Diego Lucero

Tabla 70. Resumen Total en Área de Cubierta

Sección	Ancho[m]	Largo [m]	Área [m ²]
Frente	12	5.9	60.8
Posterior	14.6	3.96	57.82
Medio	3.52	6.84	24.1
Total Área			142.72

5) ANÁLISIS COMPARATIVO GENERAL

5.1. Peso de la Estructura

Un factor importante para la construcción de viviendas es el peso de la estructura, porque de esto depende el tamaño de las secciones, cimentaciones, columnas y vigas con lo que se abarataría costos ya que se optimiza los materiales. Para el peso de las viviendas se consideró las cargas muertas que son la carga de estructura más la carga permanente de los acabados. A continuación, se muestra el peso en toneladas de los dos sistemas constructivos:

Tabla 71. Comparación de Pesos de los Sistemas Constructivos

Sistema	Peso (Ton)
Hormigón Armado	200.18
Steel Framing	51.4



Ilustración 77. Comparación de Pesos de los Sistemas Constructivos

Fuente: Diego Lucero

Como se evidencia el peso de la vivienda en Steel Framing corresponde al 25% de la vivienda Tradicional.

5.2. Cortante Basal

Otro factor decisivo en la construcción de viviendas es el cortante basal, porque está directamente ligado con el peso, es decir, a menor peso menor cortante basal, en otras palabras, la estructura de menor cortante basal tendría menor impacto frente a un sismo. A continuación, se muestra el cortante basal en toneladas de los dos sistemas constructivos:

Tabla 72. Comparación de Cortante Basal de los Sistemas Constructivos

Sistema	Cortante Basal (Ton)
Hormigón Armado	25.22
Steel Framing	8.34

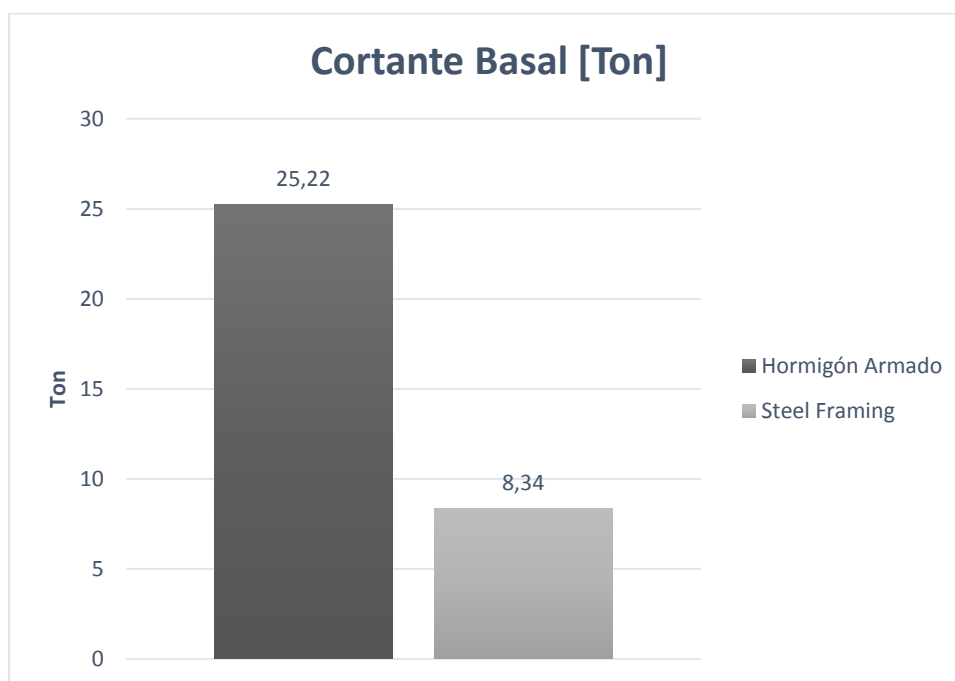


Ilustración 78. Comparación de Cortante Basal de los Sistemas Constructivos

Fuente: Diego Lucero

Como se muestra en la gráfica, el cortante basal del sistema Steel Framing corresponde al 33% del cortante basal del sistema tradicional.

5.3. Análisis de Rendimientos

La medición de los rendimientos es muy importante, ya que ayuda a cuantificar el desempeño del recurso humano y para ello se debe tomar en cuenta varios factores que influyen en el desempeño laboral de cada trabajador como son el lugar de trabajo, el clima, la remuneración salarial, las herramientas que disponga, el tipo de trabajo y el material utilizado.

La metodología para medir los rendimientos sigue una serie de pasos de fácil aplicación, pero, requiere estar lo más ajustada a la realidad y tener precisión, pues dentro de la construcción los rendimientos juegan un papel importante ya que se debe cumplir con contratos y trabajos de otras personas, por eso debe realizarse de forma responsable, precisa y justa posible. (Montero, 2010)

Para la obtención de rendimientos en el sistema tradicional se hizo basándose en los rendimientos de hormigón armado de varios autores y para el rendimiento del sistema Steel Framing se basó en datos dados por la empresa Kubiec.

La duración se calculó en función de los rendimientos determinados para cada rubro y están dadas por la siguiente ecuación.

$$\text{Duración} = \text{Rendimiento} * \text{Cantidad de Obra}$$

Tabla 73. Duración de la Construcción en Hormigón Armado

HORMIGON ARMADO					
RUBRO	DESCRIPCION DEL RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD	RENDIMIENTO	DURACION (DIAS)
1.1	Hormigón Columnas f'c 210 kg/cm ²	m ³	11.4	0.32	3.65
1.2	Hormigón en vigas f'c 210 kg/cm ²	m ³	19.52	0.32	6.25
1.3	Hormigón en losas f'c 210 kg/cm ²	m ³	39.28	0.32	12.57
1.4	Acero de Refuerzo fy=4200 kg/cm ²	Kg	7048.8	0.002	14.10
1.5	Bloque de Alivianamiento 15*20*40 cm, mortero 1:6 e=2.5cm	m ²	445	0.0025	1.11
1.6	Escalera de Hormigón Armado f'c 210 kg/cm ²	m ³	3.61	1	3.61
	Espera para Desencofrado	Días	7	2	14
Duración Total					55.28

Se obtuvo un tiempo de 55.28 días aproximadamente 56 días de construcción, en otras palabras, dos meses para llegar hasta obra gris.

Tabla 74. Duración de la Construcción en Steel Framing

STEEL FRAMING					
RUBRO	DESCRIPCION DEL RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD	RENDIMIENTO	DURACION (DIAS)
2.1	Perfil G galvanizado para Steel Frame 89*39*41*11mm	Kg	6216.7	0.0011	6.84
2.2	Placa de fibrocemento paredes exteriores de 10mm de espesor	m ²	279.696	0.03	8.39
2.3	Placa de yeso Estándar para paredes interiores de 12.7mm(Incluye tratamiento de juntas, lana de vidrio)	m ²	307.68	0.03	9.23
2.4	Entrepiso Seco con placa de fibrocemento de 20mm	m ²	107.5	0.03	3.23
2.5	Placa de fibrocemento paredes medianeras de 6mm de espesor	m ²	20.068	0.03	0.60
2.6	Cielo Raso de Gypsum RH (Zonas Húmedas)	m ²	21	0.028	0.59
2.7	Placa de fibrocemento recubierto con protección hidrófuga de 6mm de espesor	m ²	83.4	0.03	2.50
2.8	Cielo Raso de Gypsum	m ²	195	0.028	5.46
2.9	Cubierta metálica prepintada con aislante de poliuretano de 15mm de espesor	m ²	142.72	0.014	2.00
Duración (Días)					38.83

Se calculó un tiempo de duración de 38.83 días aproximadamente 39 días de construcción, es decir, en otras palabras, un mes y medio para llegar hasta obra gris.

A continuación, tenemos la comparativa de tiempo de duración en días de construcción de los dos sistemas:

Tabla 75. Comparación de Duración de los Sistemas Constructivos

Sistema	Duración (Días)
Hormigón Armado	56
Steel Framing	39

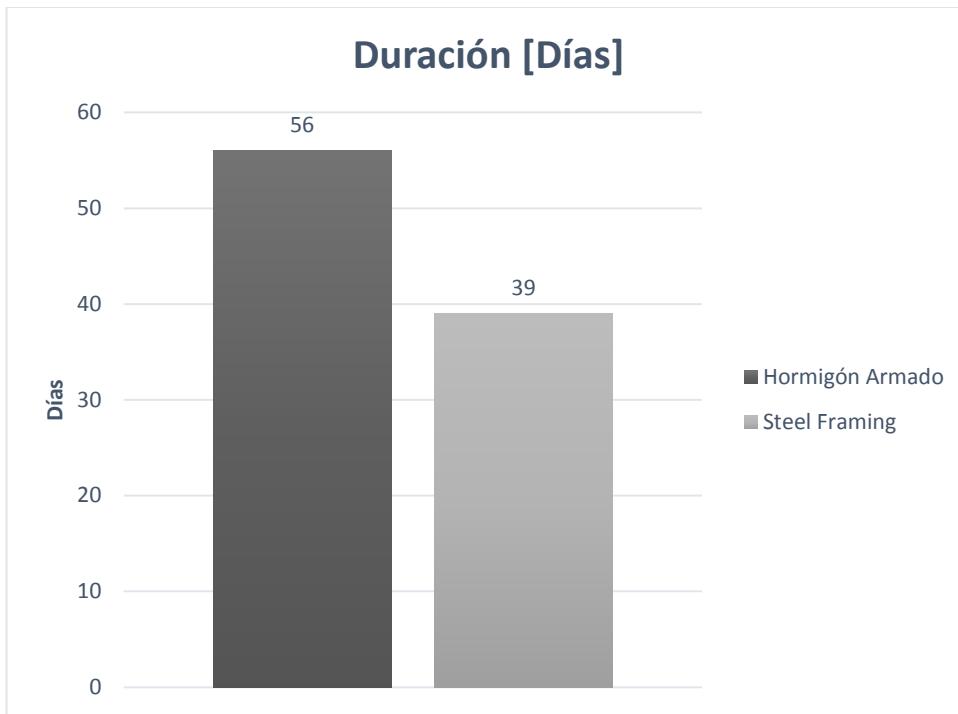


Ilustración 79. Comparación de Duración de los Sistemas Constructivos

Fuente: Diego Lucero

Existe una diferencia de 17 días entre ambos sistemas, correspondiendo a una reducción del 18% del tiempo utilizando el sistema Steel Framing, cabe recalcar que este valor puede variar considerando que son datos aproximados, que se pueden ver afectados por distintas variables como son el clima, materiales utilizados, herramientas que dispongan entre otros.

5.4. Cálculo del VAE

Tabla 76. Porcentaje de Participación Ecuatoriano Mínimo HA

HORMIGÓN ARMADO					
RUBRO	DESCRIPCION DEL RUBRO	PRECIO GLOBAL DEL RUBRO	PESO RELATIVO DEL RUBRO	AGREGADO ECUATORIANO DEL RUBRO (%)	AGREGADO ECUATORIANO PONDERADO (%)
1.1	Hormigón Columnas f'c 210 kg/cm ²	\$ 1,505	5.26%	100%	5.26%
1.2	Hormigón en vigas f'c 210 kg/cm ²	\$ 2,506	8.76%	100%	8.76%
1.3	Hormigón en losas f'c 210 kg/cm ²	\$ 6,021	21.06%	100%	21.06%
1.4	Acero de Refuerzo fy=4200 kg/cm ²	\$ 11,701	40.92%	88%	36.01%
1.5	Bloque de Alivianamiento 15*20*40 cm, mortero 1:6 e=2.5cm	\$ 5,353	18.72%	100%	18.72%
1.6	Escalera de Hormigón Armado f'c 210 kg/cm ²	\$ 1,509	5.28%	84%	4.43%
	COSTO TOTAL	\$ 28,594	100.00%		94.25%

Tabla 77. Porcentaje de Participación Ecuatoriano Mínimo SF

STEEL FRAMING					
RUBRO	DESCRIPCION DEL RUBRO	PRECIO GLOBAL DEL RUBRO	PESO RELATIVO DEL RUBRO	AGREGADO ECUATORIANO DEL RUBRO (%)	AGREGADO ECUATORIANO PONDERADO (%)
2.1	Perfil G galvanizado para Steel Frame 89*39*41*11mm	\$ 11,998	46.95%	84%	39.44%
2.2	Placa de fibrocemento paredes exteriores de 10mm de espesor	\$ 3,393	13.28%	88%	11.68%
2.3	Placa de yeso Estándar para paredes interiores de 12.7mm (Incluye tratamiento de juntas, lana de vidrio)	\$ 2,480	9.70%	92%	8.93%
2.4	Entrepiso Seco con placa de fibrocemento de 20mm	\$ 2,397	9.38%	86%	8.07%
2.5	Placa de fibrocemento paredes medianeras de 6mm de espesor	\$ 184	0.72%	89%	0.64%
2.6	Cielo Raso de Gypsum RH (Zonas Húmedas)	\$ 150	0.59%	92%	0.54%
2.7	Placa de fibrocemento recubierto con protección hidrófuga de 6mm de espesor	\$ 1,126	4.41%	87%	3.83%
2.8	Cielo Raso de Gypsum	\$ 1,256	4.91%	92%	4.52%
2.9	Cubierta metálica prepintada con aislante de poliuretano de 15mm de espesor	\$ 2,572	10.06%	88%	8.86%
	COSTO TOTAL	\$ 25,556	100%		86.51%

La desagregación tecnológica del proyecto se la realizó para cada uno de los rubros, en este análisis se pudo observar el porcentaje de participación ecuatoriano en el proyecto, los mismos que fueron:

- En hormigón armado 94.25%
- En Steel framing 86.51%

Como se observó, el de mayor Valor Agregado Ecuatoriano Ponderado es el de hormigón Armado, debido a que la mayoría de la materia prima es ecuatoriana, como son el cemento y los agregados, por el contrario del Steel framing, se importa la materia prima como es el acero galvanizado y viene en forma de bobinas a el Ecuador, pero para la realización del material terminado se utiliza producción ecuatoriana por lo que en consecuencia aumenta el Valor Agregado Ecuatoriano., dando así un porcentaje alto en la utilización del Sistema Steel Framing para viviendas.

6) ANÁLISIS ECONÓMICO

Para los precios de los componentes: equipos, mano de obra, materiales y transporte se consideró la información dada por la Cámara de la Industria de Construcción (CAMICON).

6.1. Presupuesto con Sistema Tradicional (Hormigón Armado)

El presupuesto para la vivienda 4D en Hormigón armado se realizó hasta llegar a obra gris, la cantidad de material utilizado para cada rubro se encuentra descrita en los volúmenes de obra calculados anteriormente, los precios unitarios se muestran en los APUs, adjuntos en los anexos.

Para los APUs de la vivienda de hormigón armado, se tomó en cuenta los costos referenciales dados por la Revista de la Cámara de la Industria de la Construcción CAMICON con fecha de octubre de 2018, donde se consideró los materiales, mano de obra y equipo. Para la mano de obra se tomó en cuenta el costo horario en jornada diurna para las diferentes estructuras ocupaciones y para equipos se consideró herramientas menores las cuales corresponden al 5% del costo total de mano de obra.

A continuación, se muestra el presupuesto detallado de los rubros de la vivienda en hormigón armado:

Tabla 78. Presupuesto Hormigón Armado

HORMIGON ARMADO					
RUBRO	DESCRIPCION DEL RUBRO	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO DEL RUBRO	PRECIO GLOBAL DEL RUBRO
1.1	Hormigón Columnas f'c 210 kg/cm ²	11.4	m ³	132.01	\$ 1,505
1.2	Hormigón en vigas f'c 210 kg/cm ²	19.52	m ³	128.37	\$ 2,506
1.3	Hormigón en losas f'c 210 kg/cm ²	39.28	m ³	153.28	\$ 6,021
1.4	Acero de Refuerzo fy=4200 kg/cm ²	7048.8	Kg	1.66	\$ 11,701
1.5	Bloque de Alivianamiento 15*20*40 cm, mortero 1:6 e=2.5cm	445	m ²	12.03	\$ 5,353
1.6	Escalera de Hormigón Armado f'c 210 kg/cm ²	3.61	m ³	417.88	\$ 1,509
Monto Total del Proyecto (\$)					\$ 28,594

Considerando los valores de hormigón en columnas, losas y vigas con una resistencia a compresión de 210 kg/cm², acero de refuerzo $f_y=4200$ kg/cm² con mampostería de bloque de alivianamiento 15*20*40 cm, mortero de 1:6, incluyendo el enlucido de 2.5cm de espesor y la escalera de hormigón armado f'_c 210 kg/cm², obtuvimos un costo total de 28.594 dólares equivalente a 137.47 dólares por metro cuadrado de área útil.

6.2. Presupuesto con Sistema Steel Framing

El presupuesto para la vivienda 4D en Steel Framing se realizó de igual forma hasta llegar a obra gris, la cantidad de material utilizado para cada rubro se encuentra descrita en los volúmenes de obra calculados anteriormente, los precios unitarios se muestran en los APUs, adjuntos en los anexos.

Para los APUs de la vivienda, se tomó en cuenta los costos y rendimientos dados por la empresa Kubiec, donde se consideró los materiales, mano de obra y equipo. Para la mano de obra se tomó en cuenta el costo horario en jornada diurna para las diferentes estructuras ocupaciones y para equipos se consideró herramientas menores las cuales corresponden al 5% del costo total de mano de obra.

En la siguiente tabla se muestra detallado los rubros para la construcción de la vivienda con el sistema Steel Framing:

Tabla 79. Presupuesto Steel Framing

STEEL FRAMING					
RUBRO	DESCRIPCION DEL RUBRO	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO DEL RUBRO	PRECIO GLOBAL DEL RUBRO
2.1	Perfil G galvanizado para Steel Frame 89*39*41*11mm	6216.7	Kg	1.93	\$ 11,998
2.2	Placa de fibrocemento paredes exteriores de 10mm de espesor	279.696	m ²	12.13	\$ 3,393
2.3	Placa de yeso Estándar para paredes interiores de 12.7mm(Incluye tratamiento de juntas, lana de vidrio)	307.68	m ²	8.06	\$ 2,480
2.4	Entrepiso Seco con placa de fibrocemento de 20mm	107.5	m ²	22.3	\$ 2,397
2.5	Placa de fibrocemento paredes medianeras de 6mm de espesor	20.068	m ²	9.18	\$ 184
2.6	Cielo Raso de Gypsum RH (Zonas Húmedas)	21	m ²	7.16	\$ 150
2.7	Placa de fibrocemento recubierto con protección hidrófuga de 6mm de espesor	83.4	m ²	13.5	\$ 1,126
2.8	Cielo Raso de Gypsum	195	m ²	6.44	\$ 1,256
2.9	Cubierta metálica prepintada con aislante de poliuretano de 15mm de espesor	142.72	m ²	18.02	\$ 2,572
Monto Total del Proyecto (\$)					\$ 25,556

Considerando los valores de perfilería G de acero galvanizado para Steel Frame 89*39*41*11mm, placas de fibrocemento para paredes exteriores de 10mm de espesor, placas de yeso estándar para paredes interiores de 12.7mm, en donde está incluido el tratamiento de juntas y el recubrimiento aislante (lana de vidrio), además, entrepiso seco con placa de fibrocemento de 20mm incluye recubrimiento aislante (lana de vidrio) y membrana niveladora, también placas de fibrocemento para paredes medianeras de 6mm de espesor, cielo raso de Gypsum RH para zonas húmedas (baños), placas de fibrocemento recubierto con protección hidrófuga de 6mm de espesor, cielo raso de Gypsum normal (sala, comedor, cocina, dormitorios y pasillos), cubierta metálica prepintada con aislante de poliuretano de 15mm de espesor Cubierta metálica prepintada con aislante de poliuretano de 15mm de espesor formada por una cara metálica de lámina lisa de acero, acabado prepintado terracota, de espesor exterior 0,3 mm con aislante de poliuretano de densidad media 40 kg/m³ y una capa de acero prepintado blanco E=0.40mm en la parte inferior, montadas en posición inclinada, con sistema de fijación de perno visto. Se obtuvo un costo total de 25.556 dólares equivalente a 122.87 dólares por metro cuadrado en área útil.

6.3. Análisis Comparativo Sistema Steel Framing vs Hormigón

Armado

Siendo uno de los factores más importantes el factor económico, al momento de elegir qué sistema utilizar para la construcción de viviendas, se realizó una comparativa económica entre el sistema tradicional (Hormigón Armado) y Steel Framing para la vivienda 4d de interés social. Se analizó solamente los rubros representativos de estructura. En el caso de sistema tradicional se consideró el hormigón de columnas, vigas y losas, acero de refuerzo, mampostería en bloque hasta el enlucido y las gradas. En el sistema Steel Framing se consideró los perfiles de acero galvanizado, los paneles estructurales en Gypsum y Fibrocemento con aislamiento, además el entrepiso seco.

Luego de haber calculado el costo total de la estructura hasta tenerla en obra gris para los dos sistemas, se muestra a continuación la tabla de costos, donde se muestra la información antes mencionada:

Tabla 80. Costo total vivienda en Obra gris

Sistema	Costo (\$)
Hormigón Armado	28594
Steel Framing	25556

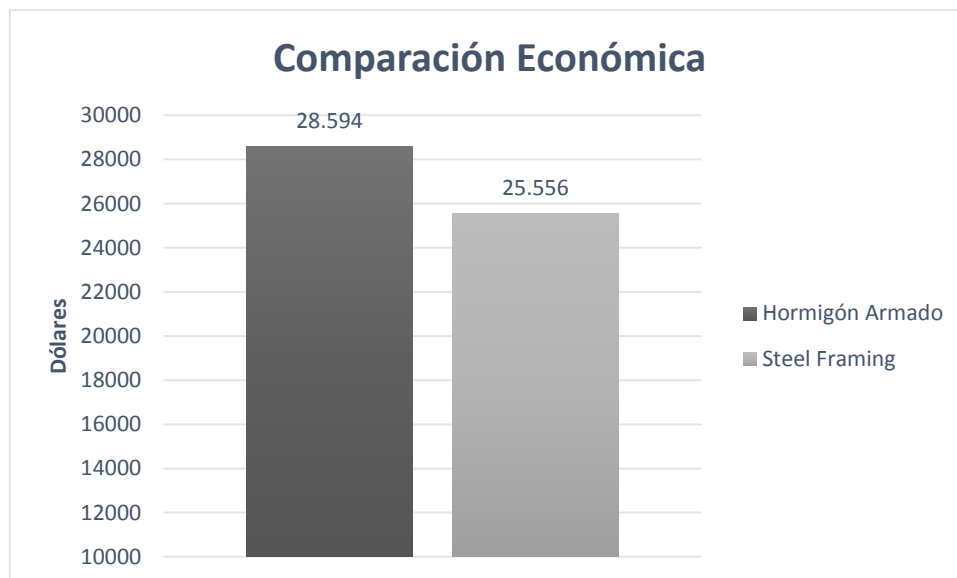


Ilustración 80. Comparación Económica

Fuente: Diego Lucero

Donde el sistema de hormigón Armado fue más costoso, teniendo una diferencia de 3038\$ correspondiendo a un 10.63%, éste valor es muy significativo en una construcción de este tipo, ya que permitiría que se incremente las utilidades del constructor o que las viviendas tengan un valor menor, cabe recalcar que otro de los beneficios sería el tiempo de construcción que también tendría impacto económico en la construcción de las viviendas, pero que no fue analizado en esta investigación

6.3.1. Costo por metro cuadrado

Para calcular el costo por metro cuadrado de la vivienda en obra gris, se hizo la división entre el costo total sobre el área útil de la construcción. Siendo el área útil de 208m².

Tabla 81. Costo por metro Cuadrado

Sistema	Costo m ²
Hormigón Armado	137.47
Steel Framing	122.87

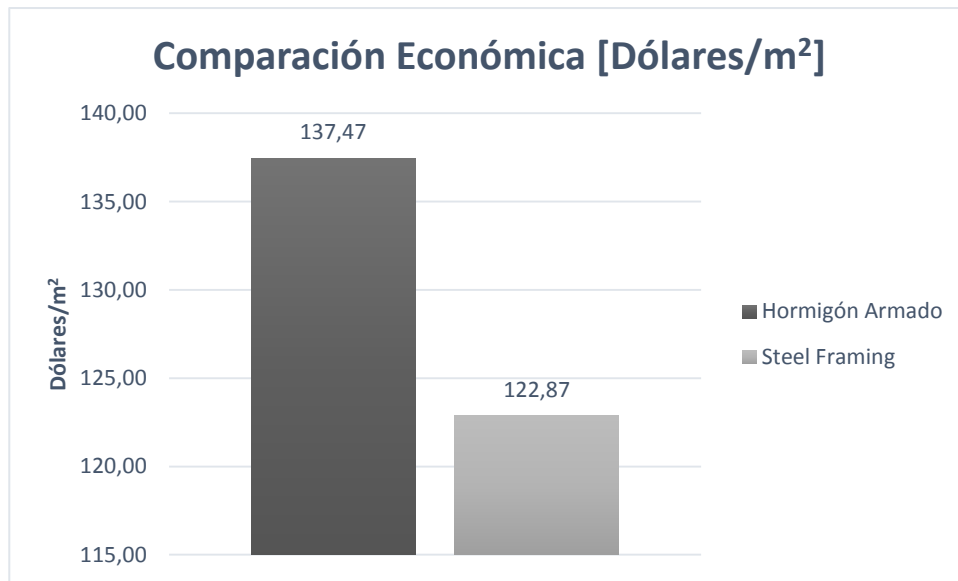


Ilustración 81. Comparación Económica por m²

Fuente: Diego Lucero

Mediante la tabla y la ilustración podemos observar que es más costoso el metro cuadrado en hormigón armado que el sistema Steel Framing para la construcción de la vivienda 4D, obteniendo un ahorro de 14,60\$ por metro cuadrado.

7) CONCLUSIONES

Después de realizar los diseños estructurales de los sistemas constructivos en Hormigón Armado y en Steel Framing, podemos concluir que el tipo de vivienda Steel Framing ofrece un mejor tipo de aportaciones si se desea reducir costos y tiempo en la construcción de viviendas denominadas 4D del plan estratégico Casa Para Todos del Ecuador.

Como se observó en los resultados obtenidos, se pudo notar la gran diferencia de peso que existió del uno en relación con el otro, siendo la estructura realizada en Kubiframe el 25% del peso de la estructura de hormigón tradicional, con esto se pudo reducir el tamaño de las secciones de las cimentaciones logrando abaratar costos, además el peso es directamente proporcional a la cortante basal, con lo que, teniendo un menor peso se va a reducir la carga sísmica y por ende se va a tener un menor impacto durante un sismo.

Además, según lo investigado se puede observar que este sistema tiene gran viabilidad en otros países como Australia donde este tipo de sistemas de construcción viene siendo utilizado por varios años y dentro de Latinoamérica, en Chile se empezó a utilizar después del terremoto del 2010, en Ecuador este sistema aún no tiene gran acogida, por falta de investigación y conocimiento por parte de los constructores.

Según las derivas calculadas para el sistema constructivo Steel Framing se puede notar que son muy pequeñas, con lo que se pudo evidenciar, que un evento sísmico no afectaría en gran medida a una estructura de este tipo, ya que estas tienen relación con el daño estructural de la vivienda. Por otra parte, se ha investigado que uno de los problemas para este sistema son los vientos, pero el Ecuador al tratarse de un país donde

la aceleración del viento se mantiene en los rangos normales no se vería afectado por estos problemas.

El sistema Steel Framing se puede integrar a construcciones ya existentes, como remodelaciones, ampliaciones o paredes interiores ya que pueden ser más simples, rápidas y limpias, además se puede tener la seguridad de que su durabilidad va a ser prolongada.

En el análisis económico se encontró que la diferencia de costo de un sistema constructivo con otro es del 10.63%, lo cual es un porcentaje bastante grande debido a que el coste es hasta obra gris, con lo que la diferencia del costo de los dos sistemas podría variar con los acabados. Al tratarse el proyecto de una vivienda de interés social, la reducción de costo es bastante significativa, ya que se lograría que las viviendas sean de menor valor y con esto sean más accesibles.

Dentro de lo que es la limpieza tiene también grandes beneficios, ya que no produce escombros como en el sistema tradicional, además es muy respetuoso con el medio ambiente, ya que el uso de agua es mínimo y no usa materiales como cemento que emiten una gran cantidad de CO^2 en su producción, además el acero galvanizado usado en la estructura es totalmente reciclado y puede ser reutilizado.

Otra de las grandes ventajas de este sistema constructivo es el tiempo de construcción, ya que puede resultar hasta 3 veces más rápido que con el sistema tradicional, siendo un factor determinante para la toma de decisiones, ya que esto representa cumplimiento de cronogramas de construcción con lo que también se podría tener un mayor ahorro dentro de la construcción.

8) BIBLIOGRAFÍA

- Ávila, I., & Oviedo, M. (2007). *Hormigón Armado Aplicado a Estructuras Navales*.
Obtenido de
https://wiki.ead.pucv.cl/images/d/df/Construcci%C3%B3n_y_Estructura_N%C3%A1utica_1_2007_HORMIG%C3%93N.pdf
- Bonifaz, H., & Haro, J. (2017). *Tipos de perfil de suelo para diseño sísmico en Manta, Portoviejo, Chone y Bahía de Caráquez ciudades afectadas por el sismo del 16 Abril del 2016*. Obtenido de
https://www.researchgate.net/profile/Hugo_Bonifaz_Garcia/publication/328367680_Docente-Investigador/links/5bc8c1aca6fdcc03c790933d/Docente-Investigador.pdf?origin=publication_detail
- CÁCERES, C. (2018). *ANÁLISIS COMPARATIVO TÉCNICO-ECONÓMICO DE UN SISTEMA TRADICIONAL APORTICADO Y UN SISTEMA ESTRUCTURAL LIVIANO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS*. Obtenido de
<http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/14631/Tesis%20corregida.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- CAMICON. (2018). Insumos. *Revista de la Cámara de la Industria de la Construcción*, 32-89.
- Cervantes, A. (2017). *Análisis comparativo entre la planificación y la ejecución de un proyecto inmobiliario en la ciudad Quito*. Obtenido de
<http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/7046>
- Chela, A., & Vela, L. (2018). *Análisis comparativo del cálculo de la desagregación tecnológica en estructuras de hormigón armado y su incidencia en la calificación de las ofertas en contratación pública en el cantón Quito Provincia de Pichincha*. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/15519>
- Cremaschi, Marsili, & Saenz. (2013). *PROCESOS CONSTRUCTIVOS INTRODUCCIÓN AL STEEL FRAMING*. Obtenido de
<https://procesosconstructivos.files.wordpress.com/2013/05/ficha-26-sistema-steel-framing.pdf>
- Dannemann, R. (2016). *Manual de Ingeniería de Steel Framing*. Obtenido de
https://www.alacero.org/sites/default/files/u16/manual_ingenieria_steel_framing.pdf
- FRAMECAD. (2009). *PERFORMANCE OF STEEL FRAMES IN EARTHQUAKES*. Obtenido de https://www.frame-factory.nl/_downloads/Aardbevingsbestendigheid%20rapport.pdf
- Guerra, M. (2013). *Diseño sísmico resistente de edificios utilizando Etabs*. Quito
- Jaramillo, A. (2017). *KUBIFRAME SISTEMAS CONSTRUCTIVOS LIVIANOS*. Obtenido de <http://fedimetal.com.ec/wp-content/uploads/2017/07/KUBIFRAME-KUBIEC-CONDUIT.pdf>

- Montero, J. (2010). *Cuantificación de rendimientos y productividad en elementos estructurales de concreto reforzado en edificios modulares en altura*. Obtenido de <https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/6237/cuantificaci%C3%B3n-rendimiento-productividad-concreto-reforzado.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- NASH. (s.f.). *STRUCTURE OF NASH*. Obtenido de <https://www.nash.asn.au/nash/why-choose-steel/safety-and-security>
- NEC. (2015). *Capítulos de la NEC (Norma Ecuatoriana de la Construcción)*. Obtenido de <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/documentos-normativos-nec-norma-ecuatoriana-de-la-construccion/>
- NEC. (2015). *Guía práctica para el diseño de estructuras de hormigón armado de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 2015*. Obtenido de <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/10/GUIA-2-HORMIGON-ARMADO.pdf>
- Poveda, D. (2016). *Cálculo del VAE*. Obtenido de http://www7.quito.gob.ec/mdmq_ordenanzas/Sesiones%20del%20Concejo/2017/Sesi%C3%B3n%20Extraordinaria%202017-09-27/I.%20%20%20Autorizaci%C3%B3n%20de%20cr%C3%A9dito/EPMMOP%20-%20Quito%20Cables/Inf.%20Costos%20y%20Cronogramas.pdf
- Romo, H., & Soto, L. (2013). *Análisis de Factibilidad para la construcción de viviendas unifamiliares utilizando el SEL (Sistema Estructural Liviano)*. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/4239/1/UPS-CT002601.pdf>
- SERCOP. (2015). *METODOLOGÍA PARA LA DEFINICIÓN DE UNA OFERTA COMO ECUATORIANA EN LOS PROCESOS DE ADQUISICIÓN DE BIENES Y PRESTACIÓN DE SERVICIOS*. Obtenido de https://portal.compraspublicas.gob.ec/sercop/wp-content/uploads/2018/05/ANEXO-2_-Metodolog%C3%ADa_Declaraci%C3%B3n-VAE.pdf
- Siuciak, R. (2015). *Steel Framing y sus principales usos en Uruguay*. Obtenido de http://www.fadu.edu.uy/tesinas/files/2015/12/TESINA_Steel-Framing.pdf
- Sotomayor, M. (2018). KBIFRAME MARCOS DE ACERO O STEEL FRAME., (pág. 30). Quito.
- Sotomayor, M. (16 de Abril de 2019). Volumen de Obra en Steel Framing. (Entrevistador, Entrevistador)
- Tapia, G. (2014). *Diseño sismo resistente de edificios con muros estructurales, período de retorno variable y el impacto en los costos de construcción, considerando el diseño de conexiones viga-muro*. Obtenido de <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/3381/1/111074.pdf>
- Yu, C. (2016). *Recent Trends in Cold-Formed Steel Construction*. Obtenido de <https://books.google.com.ec/books?id=4VXBBwAAQBAJ&pg=PA48&lpg=PA48&dq=AISI+S211:&source=bl&ots=uEGLUMbbL->

&sig=ACfU3U284dUZUyYQRJJXRWiOnoy4bIQqYg&hl=es&sa=X&ved=2ah
UKEwiQxuvEkMngAhUFm1kKHTbBCj84ChDoATAMegQICBAB#v=onepag
e&q=AISI%20S211%3A&f=false

9) ANEXOS

9.1. Anexo A. Análisis de Precios Unitarios

Análisis de Precios Unitarios						DETERMINACIÓN DEL VAE POR RUBRO			
Detalle:	Hormigón en columnas f'c 210 kg/cm ²								
Rubro	1.1		Unidad		m ³				
Materiales									
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO		Peso Relativo Elemento	VAE (%)	NP/ND/EP	VAE(%) Elemento
Cemento Gris	Saco	7.21	7.68	55.37		42%	100%	EP	42%
Arena	m ³	0.65	13.75	8.94		7%	100%	EP	7%
Ripio	m ³	0.95	18.00	17.10		13%	100%	EP	13%
Agua	m ³	0.22	0.76	0.17		0%	100%	EP	0%
				Total materiales					
81.58									
Mano de Obra									
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	RENDIMIENTO	COSTO				
Peón	Hora	6.00	3.51	1.00	21.06	16%	100%	EP	16%
Albañil	Hora	2.00	3.55	1.00	7.10	5%	100%	EP	5%
Maestro de Obra	Hora	1.00	3.93	1.00	3.93	3%	100%	EP	3%
Ayudante	Hora	3.00	3.51	1.00	10.53	8%	100%	EP	8%
				Total mano de obra					
42.62									
Maquinaria y Herramientas									
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	RENDIMIENTO	COSTO				
Herramienta menor	Global	1.00	2.13	1.00	2.13	2%	100%	EP	2%
Concreteira 1 saco	Hora	1.00	4.48	1.00	4.48	3%	100%	EP	3%
Vibrador eléctrico a gasolina	Hora	1.00	3.00	0.40	1.20	1%	100%	EP	1%
				Total Maquinaria					
7.81									
Total Costo Directo					132.01	VAE RUBRO			100%

Análisis de Precios Unitarios						DETERMINACIÓN DEL VAE POR RUBRO			
Detalle:	Hormigón en vigas f'c 210 kg/cm ²								
Rubro	1.2	Unidad			m ³				
Materiales									
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO		COSTO	Peso Relativo Elemento	VAE (%)	NP/ND/EP	VAE(%) Elemento
Cemento Gris	Saco	7.21	7.68		55.37	43%	100%	EP	43%
Arena	m ³	0.65	13.75		8.94	7%	100%	EP	7%
Ripio	m ³	0.95	18.00		17.10	13%	100%	EP	13%
Agua	m ³	0.22	0.76		0.17	0%	100%	EP	0%
Total materiales					81.58				
Mano de Obra									
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	RENDIMIENTO	COSTO				
Peón	Hora	6.00	3.51	1.00	21.06	16%	100%	EP	16%
Albañil	Hora	3.00	3.55	1.00	10.65	8%	100%	EP	8%
Maestro de Obra	Hora	1.00	3.93	1.00	3.93	3%	100%	EP	3%
Ayudante	Hora	1.00	3.51	1.00	3.51	3%	100%	EP	3%
Total mano de obra					39.15				
Maquinaria y Herramientas									
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	RENDIMIENTO	COSTO				
Herramienta menor	Global	1.00	1.96	1.00	1.96	2%	100%	EP	2%
Concreteira 1 saco	Hora	1.00	4.48	1.00	4.48	3%	100%	EP	3%
Vibrador eléctrico a gasolina	Hora	1.00	3.00	0.40	1.20	1%	100%	EP	1%
Total Maquinaria					7.64				
Total Costo Directo					128.37	VAE RUBRO		100%	

Análisis de Precios Unitarios						DETERMINACIÓN DEL VAE POR RUBRO			
Detalle:	Hormigón en losas f'c 210 kg/cm ²								
Rubro	1.3	Unidad		m ³					
Materiales									
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO		COSTO	Peso Relativo Elemento	VAE (%)	NP/ND/EP	VAE(%) Elemento
Cemento Gris	Saco	7.21	7.68		55.37	36%	100%	EP	36%
Arena	m ³	0.65	13.75		8.94	6%	100%	EP	6%
Ripio	m ³	0.95	18.00		17.10	11%	100%	EP	11%
Agua	m ³	0.22	0.76		0.17	0%	100%	EP	0%
Total materiales					81.58				
Mano de Obra									
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	RENDIMIENTO	COSTO				
Peón	Hora	5.00	3.51	1.00	17.55	11%	100%	EP	11%
Albañil	Hora	10.00	3.55	1.00	35.50	23%	100%	EP	23%
Maestro de Obra	Hora	2.50	3.93	1.00	9.83	6%	100%	EP	6%
Total mano de obra					62.88				
Maquinaria y Herramientas									
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	RENDIMIENTO	COSTO				
Herramienta menor	Global	1.00	3.14	1.00	3.14	2%	100%	EP	2%
Concretera 1 saco	Hora	1.00	4.48	1.00	4.48	3%	100%	EP	3%
Vibrador eléctrico a gasolina	Hora	1.00	3.00	0.40	1.20	1%	100%	EP	1%
Total Maquinaria					8.82				
Total Costo Directo					153.28	VAE RUBRO		100%	

Análisis de Precios Unitarios						DETERMINACIÓN DEL VAE POR RUBRO			
Detalle:	Acero de Refuerzo $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$ con Alambre Galv N°18								
Rubro	1.4	Unidad			kg				
Materiales									
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO		Peso Relativo Elemento	VAE (%)	NP/ND/EP	VAE(%) Elemento
Acero de Refuerzo $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$	kg	1.00	1.25	1.25		75%	85%	ND	64%
Alambre galvanizado No. 18	kg	0.06	1.25	0.08		5%	85%	ND	4%
			Total materiales		1.33				
Mano de Obra									
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	RENDIMIENTO	COSTO				
Fierrero	Hora	1.00	3.55	0.03	0.11	6%	100%	EP	6%
Ayudante	Hora	1.00	3.51	0.06	0.21	13%	100%	EP	13%
			Total mano de obra		0.32				
Maquinaria y Herramientas									
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	RENDIMIENTO	COSTO				
Herramienta menor	Global	1.00	0.02		0.02	1%	100%	EP	1%
			Total Maquinaria		0.02				
Total Costo Directo					1.66	VAE RUBRO		88%	

Análisis de Precios Unitarios						DETERMINACIÓN DEL VAE POR RUBRO			
Detalle:	Bloque de Alivianamiento 15*20*40 cm, mortero 1:6 e=2.5cm								
Rubro	1.5	Unidad		m ³					
Materiales									
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO		Peso Relativo Elemento	VAE (%)	NP/ND/EP	VAE(%) Elemento
Bloque Alivianamiento 15*20*40 cm	Unidad	13.00	0.43	5.59		46%	100%	EP	46%
Cemento	Saco	0.16	7.36	1.18		10%	100%	EP	10%
Arena	m ³	0.03	13.75	0.41		3%	100%	EP	3%
Agua	m ³	0.01	0.76	0.01		0%	100%	EP	0%
				Total materiales					
Mano de Obra									
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	RENDIMIENTO	COSTO				
Peón	Hora	1.00	3.51	0.62	2.18	18%	100%	EP	18%
Albañil	Hora	1.00	3.55	0.62	2.20	18%	100%	EP	18%
Maestro de Obra	Hora	1.00	3.93	0.06	0.24	2%	100%	EP	2%
				Total mano de obra					
Maquinaria y Herramientas									
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	RENDIMIENTO	COSTO				
Herramienta menor	Global	1.00	0.23	1.00	0.23	2%	100%	EP	2%
				Total Maquinaria					
Total Costo Directo					12.03	VAE RUBRO		100%	

Análisis de Precios Unitarios						DETERMINACIÓN DEL VAE POR RUBRO				
Detalle:	Escalera de Hormigón Armado f'c 210 kg/cm ²									
Rubro	1.6	Unidad			m ³					
Materiales										
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO		COSTO	Peso Relativo Elemento	VAE (%)	NP/ND/EP	VAE(%) Elemento	
Cemento Gris	Saco	9.00	7.68		69.12	17%	100%	EP	17%	
Arena	m ³	0.65	13.75		8.94	2%	100%	EP	2%	
Ripio	m ³	0.95	18.00		17.10	4%	100%	EP	4%	
Agua	m ³	0.25	0.76		0.19	0%	100%	EP	0%	
Alambre galvanizado No. 18	Kg	6.60	6.60		43.56	10%	85%	ND	9%	
Varilla Corrugada 8-10-12 mm	qq	2.15	40.11		86.24	21%	85%	ND	18%	
Varilla Corrugada 14mm o mayor	qq	0.36	40.11		14.44	3%	85%	ND	3%	
					Total materiales	239.58				
Mano de Obra										
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	RENDIMIENTO	COSTO					
Peón	Hora	17.50	3.51	1.00	61.43	15%	100%	EP	15%	
Fierrero	Hora	8.75	3.55	1.00	31.06	7%	100%	EP	7%	
Maestro de Obra	Hora	8.75	3.93	1.00	34.39	8%	100%	EP	8%	
					Total mano de obra	126.88				
Maquinaria y Herramientas										
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	RENDIMIENTO	COSTO					
Herramienta menor	Global	1.00	6.34	1.00	6.34	2%	100%	EP	2%	
Concreteira 1 saco	Hora	1.00	4.48	1.00	4.48	1%	100%	EP	1%	
Vibrador eléctrico a gasolina	Hora	10.00	4.06	1.00	40.60	10%	100%	EP	10%	
					Total Maquinaria	51.42				
					Total Costo Directo	417.88	VAE RUBRO		84%	

Análisis de Precios Unitarios						DETERMINACIÓN DEL VAE POR RUBRO			
Detalle:	Perfil G galvanizado para Steel Frame 89*39*41*11mm								
Rubro	2.1	Unidad			Kg				
Materiales									
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO		COSTO	Peso Relativo Elemento	VAE (%)	NP/ND/EP	VAE(%) Elemento
Perfil G galvanizado para Steel Frame 89*39*41*11mm	Kg	1.00	0.91		0.91	47%	70%	ND	33%
Perno Metal cabeza plana 10-16*3/4"	UNIDAD	2.56	0.01		0.03	1%	100%	EP	1%
Placa	UNIDAD	0.04	0.30		0.01	1%	70%	ND	0%
Ángulo	UNIDAD	0.04	0.24		0.01	0%	100%	EP	0%
Anclaje rigidizador	UNIDAD	0.01	1.80		0.02	1%	70%	ND	1%
Fulminante y clavos de impacto	UNIDAD	0.04	0.18		0.01	0%	100%	EP	0%
Perno expansivo tipo cuña 1/2"***3"	UNIDAD	0.06	0.90		0.06	3%	70%	ND	2%
Silicona sellante	UNIDAD	0.01	12.00		0.11	6%	100%	EP	6%
Total materiales					1.15				
Mano de Obra									
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	RENDIMIENTO	COSTO				
Fierrero	Hora	1.00	3.55	0.11	0.37	19%	100%	EP	19%
Peón	Hora	1.00	3.51	0.11	0.37	19%	100%	EP	19%
Total mano de obra					0.74				
Maquinaria y Herramientas									
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	RENDIMIENTO	COSTO				
Herramienta menor	Global	1.00	0.04	1.00	0.04	2%	100%	EP	2%
Total Maquinaria					0.04				
Total Costo Directo					1.93				
						VAE RUBRO		84%	
Análisis de Precios Unitarios						DETERMINACIÓN DEL VAE POR RUBRO			

Análisis de Precios Unitarios									
Detalle:		Placa de fibrocemento paredes exteriores de 10mm de espesor							
Rubro		2.2	Unidad		m ²				
Materiales									
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO		COSTO	Peso Relativo Elemento	VAE (%)	NP/ND/EP	VAE(%) Elemento
Placa de fibrocemento espesor 10mm	m ²	1.00	7.45		7.45	61%	85%	ND	52%
Silicona sellante	UNIDAD	0.20	11.04		2.21	18%	85%	ND	15%
Tornillo autoperforante autoavellanentes	UNIDAD	12.00	0.01		0.12	1%	85%	ND	1%
Masilla Base Pernos (Saco 30Kg)	Saco	0.01	12.50		0.13	1%	85%	ND	1%
Total materiales					9.90				
Mano de Obra									
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	RENDIMIENTO	COSTO				
Instalador de revestimiento en general	Hora	1.00	3.55	0.30	1.07	9%	100%	EP	9%
Peón	Hora	1.00	3.51	0.30	1.05	9%	100%	EP	9%
Total mano de obra					2.12				
Maquinaria y Herramientas									
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	RENDIMIENTO	COSTO				
Herramienta menor	Global	1.00	0.11	1.00	0.11	1%	100%	EP	1%
Total Maquinaria					0.11				
Total Costo Directo					12.13	VAE RUBRO		88%	

Análisis de Precios Unitarios						DETERMINACIÓN DEL VAE POR RUBRO			
Detalle:	Placa de yeso Estándar para paredes interiores de 12.7mm(Incluye tratamiento de juntas, lana de vidrio)								
Rubro	2.3	Unidad			m ²				
Materiales									
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO		COSTO	Peso Relativo Elemento	VAE (%)	NP/ND/EP	VAE(%) Elemento
Placa de yeso estándar 1220*2440*12.7mm. Paredes interiores	m ²	1.00	2.15		2.15	27%	85%	ND	23%
Cinta papel para yeso 5cm*75m	ROLLOS	0.02	2.67		0.05	1%	85%	ND	1%
Masilla para 25 kg	SACO	0.03	12.50		0.38	5%	85%	ND	4%
Lana de Vidrio	ROLLOS	0.03	55.23		1.66	21%	85%	ND	17%
Tornillos tipo drywell	UNIDAD	12.00	0.01		0.12	1%	85%	ND	1%
Total materiales					4.36				
Mano de Obra									
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	RENDIMIENTO	COSTO				
Instalador de revestimiento en general	Hora	1.00	3.55	0.50	1.78	22%	100%	EP	22%
Peón	Hora	1.00	3.51	0.50	1.76	22%	100%	EP	22%
Total mano de obra					3.53				
Maquinaria y Herramientas									
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	RENDIMIENTO	COSTO				
Herramienta menor	Global	1.00	0.18	1.00	0.18	2%	100%	EP	2%
Total Maquinaria					0.18				
Total Costo Directo					8.06	VAE RUBRO		92%	

Análisis de Precios Unitarios						DETERMINACIÓN DEL VAE POR RUBRO			
Detalle:	Entrepiso Seco con placa de fibrocemento de 20mm								
Rubro	2.4	Unidad			m ²				
Materiales									
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO		COSTO	Peso Relativo Elemento	VAE (%)	NP/ND/EP	VAE(%) Elemento
Placa de fibrocemento espesor 20mm	m ²	1.00	15.42		15.42	69%	85%	ND	59%
Silicona sellante	UNIDAD	0.20	11.04		2.21	10%	85%	ND	8%
Tornillo autoperforante autoavellanentes	UNIDAD	12.00	0.01		0.12	1%	85%	ND	0%
Lana de Vidrio	ROLLOS	0.03	55.23		1.66	7%	85%	ND	6%
Membrana Niveladora	ROLLOS	0.10	6.72		0.67	3%	85%	ND	3%
					Total materiales	20.08			
Mano de Obra									
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	RENDIMIENTO	COSTO				
Instalador de revestimiento en general	Hora	1.00	3.55	0.30	1.07	5%	100%	EP	5%
Peón	Hora	1.00	3.51	0.30	1.05	5%	100%	EP	5%
					Total mano de obra	2.12			
Maquinaria y Herramientas									
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	RENDIMIENTO	COSTO				
Herramienta menor	Global	1.00	0.11	1.00	0.11	0%	100%	EP	0%
					Total Maquinaria	0.11			
					Total Costo Directo	22.30		VAE RUBRO	86%

Análisis de Precios Unitarios						DETERMINACIÓN DEL VAE POR RUBRO			
Detalle:	Placa de fibrocemento paredes medianeras de 6mm de espesor								
Rubro	2.5	Unidad			m ²				
Materiales									
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO		COSTO	Peso Relativo Elemento	VAE (%)	NP/ND/EP	VAE(%) Elemento
Placa de fibrocemento espesor 6mm	m ²	1.00	4.50		4.50	50%	85%	ND	42%
Silicona sellante	UNIDAD	0.20	11.04		2.21	24%	85%	ND	21%
Tornillo autoperforante autoavellanentes	UNIDAD	12.00	0.01		0.12	1%	85%	ND	1%
Total materiales					6.83				
Mano de Obra									
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	RENDIMIENTO	COSTO				
Instalador de revestimiento en general	Hora	1.00	3.55	0.30	1.07	12%	100%	EP	12%
Peón	Hora	1.00	3.51	0.30	1.05	12%	100%	EP	12%
Total mano de obra					2.12	23%			
Maquinaria y Herramientas									
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	RENDIMIENTO	COSTO				
Herramienta menor	Global	1.00	0.11	1.00	0.11	1%	100%	EP	1%
Total Maquinaria					0.11				
Total Costo Directo					9.05	VAE RUBRO		89%	

Análisis de Precios Unitarios						DETERMINACIÓN DEL VAE POR RUBRO			
Detalle:		Cielo Raso de Gypsum RH (Zonas Húmedas)							
Rubro	2.6	Unidad		m ²					
Materiales									
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO		Peso Relativo Elemento	VAE (%)	NP/ND/EP	VAE(%) Elemento
Cinta de Juntas para Gypsum (rollo de 75m)	Rollo	0.02	2.22	0.04		1%	85%	ND	1%
Masilla Base Juntas para Gypsum (Saco 30Kg)	Saco	0.01	12.50	0.13		2%	85%	ND	1%
Gypsum	UNIDAD	1.00	3.61	3.61		50%	85%	ND	43%
Tornillo BH para instalación Gypsum	UNIDAD	8.50	0.01	0.09		1%	85%	ND	1%
Tornillo LH para instalación de Gypsum	UNIDAD	8.50	0.01	0.09		1%	85%	ND	1%
				Total materiales					
3.95									
Mano de Obra									
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	RENDIMIENTO	COSTO				
Peón	Hora	2.00	3.51	0.28	1.97	27%	100%	EP	27%
Albañil	Hora	1.00	3.55	0.28	0.99	14%	100%	EP	14%
					Total mano de obra				
					2.96				
Maquinaria y Herramientas									
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	RENDIMIENTO	COSTO				
Herramienta menor	Global	1.00	0.15	1.00	0.15	2%	100%	EP	2%
Andamio	Hora	1.75	0.06	1.00	0.11	1%	100%	EP	1%
				Total Maquinaria					
				0.25					
					Total Costo Directo		VAE RUBRO		92%
					7.16				

Análisis de Precios Unitarios						DETERMINACIÓN DEL VAE POR RUBRO			
Detalle:	Placa de fibrocemento recubierto con protección hidrófuga de 6mm de espesor								
Rubro	2.7	Unidad			m ²				
Materiales									
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO		COSTO	Peso Relativo Elemento	VAE (%)	NP/ND/EP	VAE(%) Elemento
Placa de fibrocemento recubierto con protección hidrófuga 1220*2440*6mm	m ²	1.00	8.95		8.95	66%	85%	ND	56%
Silicona sellante	UNIDAD	0.20	11.04		2.21	16%	85%	ND	14%
Tornillo autoperforante autoavellanentes	UNIDAD	12.00	0.01		0.12	1%	85%	ND	1%
Total materiales					11.28				
Mano de Obra									
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	RENDIMIENTO	COSTO				
Instalador de revestimiento en general	Hora	1.00	3.55	0.30	1.07	8%	100%	EP	8%
Peón	Hora	1.00	3.51	0.30	1.05	8%	100%	EP	8%
Total mano de obra					2.12				
Maquinaria y Herramientas									
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	RENDIMIENTO	COSTO				
Herramienta menor	Global	1.00	0.11	1.00	0.11	1%	100%	EP	1%
Total Maquinaria					0.11				
Total Costo Directo					13.50	VAE RUBRO		87%	

Análisis de Precios Unitarios						DETERMINACIÓN DEL VAE POR RUBRO			
Detalle:		Cielo Raso de Gypsum							
Rubro		2.8	Unidad		m ²				
Materiales									
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO		COSTO	Peso Relativo Elemento	VAE (%)	NP/ND/EP	VAE(%) Elemento
Cinta de Juntas para Gypsum (rollo de 75m)	Rollo	0.02	2.22		0.04	1%	85%	ND	1%
Masilla Base Juntas para Gypsum (Saco 30Kg)	Saco	0.01	12.50		0.13	2%	85%	ND	2%
Gypsum	UNIDAD	0.34	8.48		2.88	45%	85%	ND	38%
Tornillo BH para instalación Gypsum	UNIDAD	8.50	0.01		0.09	1%	85%	ND	1%
Tornillo LH para instalación de Gypsum	UNIDAD	8.50	0.01		0.09	1%	85%	ND	1%
Total materiales					3.22				
Mano de Obra									
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	RENDIMIENTO	COSTO				
Peón	Hora	2.00	3.51	0.28	1.97	31%	100%	EP	31%
Albañil	Hora	1.00	3.55	0.28	0.99	15%	100%	EP	15%
Total mano de obra					2.96				
Maquinaria y Herramientas									
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	RENDIMIENTO	COSTO				
Herramienta menor	Global	1.00	0.15	1.00	0.15	2%	100%	EP	2%
Andamio	Hora	1.75	0.06	1.00	0.11	2%	100%	EP	2%
Total Maquinaria					0.25				
Total Costo Directo					6.44	VAE RUBRO		92%	

Análisis de Precios Unitarios						DETERMINACIÓN DEL VAE POR RUBRO				
Detalle:		Cubierta metálica prepintada con aislante de poliuretano de 15mm de espesor								
Rubro	2.9	Unidad		m ²						
Materiales										
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO		Peso Relativo Elemento	VAE (%)	NP/ND/EP	VAE(%) Elemento	
Cubierta metálica prepintada con aislante de poliuretano de 15mm de espesor	m ²	1.00	17.02	17.02		94%	80%	ND	76%	
Tornillos autorroscante de 5" de acero inoxidable, con arandela	UNIDAD	2.00	0.24	0.48		6%	100%	EP	6%	
				Total materiales		17.50				
Mano de Obra										
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	RENDIMIENTO	COSTO					
Instalador de revestimiento en general	Hora	0.50	3.55	0.14	0.25	3%	100%	EP	3%	
Peón	Hora	0.50	3.51	0.14	0.25	3%	100%	EP	3%	
				Total mano de obra		0.49				
Maquinaria y Herramientas										
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	RENDIMIENTO	COSTO					
Herramienta menor	Global	1.00	0.02	1.00	0.02	0%	100%	EP	0%	
				Total Maquinaria		0.02				
					Total Costo Directo		18.02			
						VAE RUBRO		88%		

9.2. Anexo B. Tablas NEC

Ocupación o Uso	Carga uniforme (kN/m ²)	Carga concentrada (kN)
Hospitales		
Sala de quirófanos, laboratorios	2.90	4.50
Sala de pacientes	2.00	4.50
Comedores en pisos superiores a la planta baja	4.00	4.50
Instituciones penales		
Celdas	2.00	
Corredores	4.80	
Pasamanos, guardavías y agarraderas de seguridad	Véase sección 4.5 ASCE/SEI 7-10	
Pasarelas y plataformas elevadas (excepto rutas de escape)	3.00	
Pacios y terrazas peatonales	4.80	
Pisos para cuarto de máquinas de elevadores (áreas de 2600 mm²)		1.40
Residencias		
Viviendas (unifamiliares y bifamiliares)	2.00	
Hotels y residencias multifamiliares		
Habitaciones	2.00	
Salones de uso público y sus comedores	4.80	
Salas de baile	4.80	
Salas de billar, bolos y otras áreas de recreación similares	3.60	

Ilustración 82. Cargas vivas

Fuente: NEC-SE-DS

Tabla 5: **Combinación de cargas fuente: NEC**

Combinación 1
1.4 D
Combinación 2
1.2 D + 1.6 L + 0.5 máx.[Lr ;S ;R]
Combinación 3*
1.2 D + 1.6 max[Lr; S; R] + max[L; 0.5W]
Combinación 4*
1.2 D + 1.0 W + L + 0.5 max[Lr; S; R]
Combinación 5*
1.2 D + 1.0 E + L + 0.2 S
Combinación 6
0.9 D + 1.0 W
Combinación 7
0.9 D + 1.0 E

Ilustración 83. Combinaciones de carga

Fuente: NEC-SE-DS

Los resultados obtenidos son: Ciudad de Manta, los valores de Vs30 van desde 143 m/s hasta 402.2 m/s lo cual da un perfil sísmico del suelo (predominante) tipo D con zonas de perfil tipo E que coincide con el área de mayor vulnerabilidad en la parroquia de Tarqui . Ciudad de Portoviejo, los valores de Vs30 van desde 205 m/s hasta 332 m/s lo cual nos da un perfil sísmico del suelo (predominante) tipo D, existiendo zonas de perfil tipo D y E en el área del aeropuerto. Ciudad de Bahía de Caráquez, los valores de Vs30 van desde 205 m/s hasta 332 m/s Lo cual da un perfil sísmico del suelo (predominante) tipo D existiendo zonas con perfil sísmico tipo E al sur occidente de la ciudad. Ciudad de Chone los valores de Vs30 van desde 118 m/s hasta 193 m/s lo cual nos da un perfil sísmico del suelo (predominante) tipo E. existiendo zonas con perfil sísmico tipo D al sur de la ciudad.

Ilustración 84. Perfiles de Suelo ciudad de Manta

Fuente: Bonifaz, H., & Haro, J

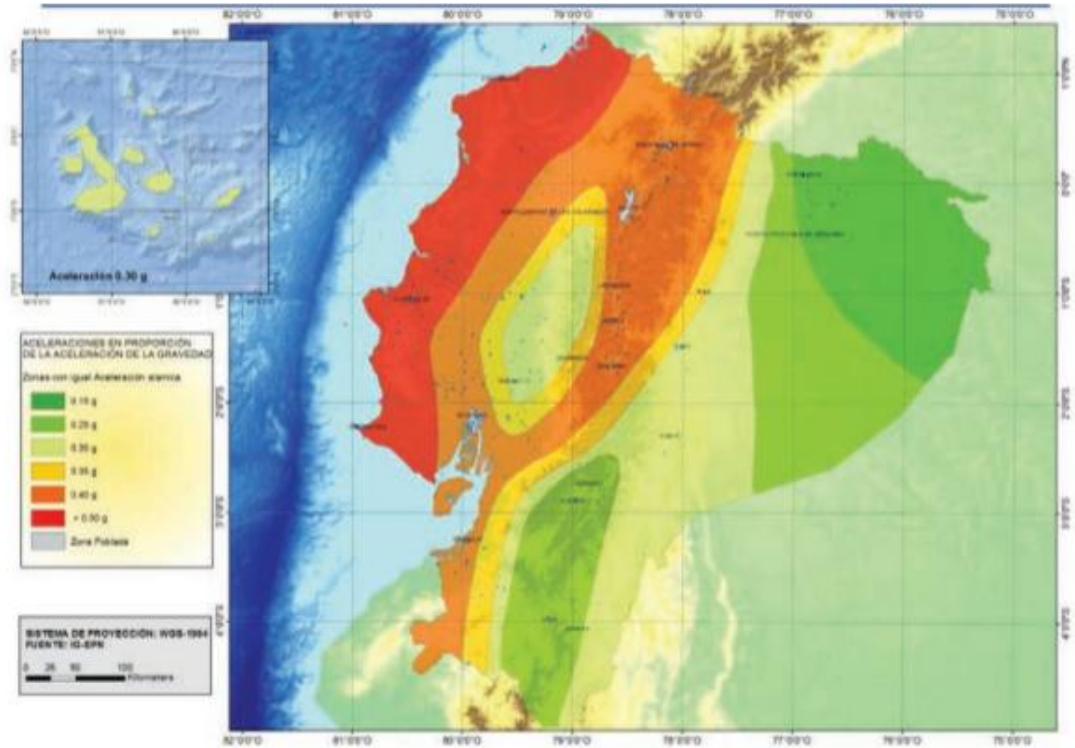


Ilustración 85. Zonificación sísmica

Fuente: NEC-SE-DS

Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI
Valor factor Z	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥ 0.50
Caracterización del peligro sísmico	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy alta

Tabla 1. Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada

Ilustración 86. Factor de zona Z

Fuente: NEC-SE-DS

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥0.5
A	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B	1	1	1	1	1	1
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	Véase Tabla 2 : Clasificación de los perfiles de suelo y la sección 10.5.4					

Tabla 3: Tipo de suelo y Factores de sitio F_a

Ilustración 87. Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de período corto

Fuente: NEC-SE-DS

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥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	Véase Tabla 2 : Clasificación de los perfiles de suelo y 10.6.4					

Tabla 4: Tipo de suelo y Factores de sitio F_d

Ilustración 88. F_d : amplificación de las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño en roca

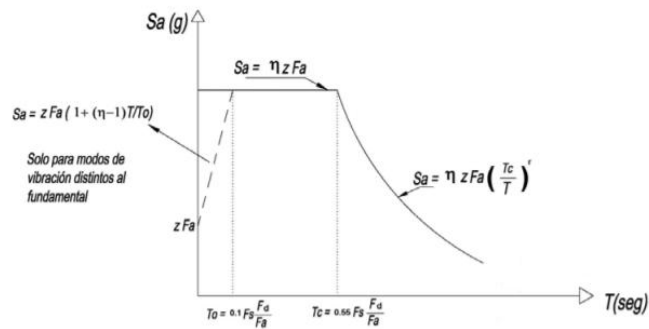
Fuente: NEC-SE-DS

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥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					

Tabla 5 : Tipo de suelo y Factores del comportamiento inelástico del subsuelo F_s

Ilustración 89. F_s : comportamiento no lineal de los suelos

Fuente: NEC-SE-DS



- Dónde:
- η Razón entre la aceleración espectral S_a ($T = 0.1$ s) y el PGA para el periodo de retorno seleccionado.
 - F_s Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de periodo corto. Amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de aceleraciones para diseño en roca, considerando los efectos de sitio
 - F_d Coeficiente de amplificación de suelo. Amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño en roca, considerando los efectos de sitio
 - F_i Coeficiente de amplificación de suelo. Considera el comportamiento no lineal de los suelos, la degradación del periodo del sitio que depende de la intensidad y contenido de frecuencia de la excitación sísmica y los desplazamientos relativos del suelo, para los espectros de aceleraciones y desplazamientos
 - S_a Espectro de respuesta elástico de aceleraciones (expresado como fracción de la aceleración de la gravedad g). Depende del periodo o modo de vibración de la estructura
 - T Periodo fundamental de vibración de la estructura
 - T_0 Periodo límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño
 - T_c Periodo límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño
 - Z Aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño, expresada como fracción de la aceleración de la gravedad g

Ilustración 90. Ecuaciones para Espectro

Fuente: NEC-SE-DS

Categoría	Tipo de uso, destino e importancia	Coefficiente I
Edificaciones 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 ocupación 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 estructuras	Todas las estructuras de edificación y otras que no clasifican dentro de las categorías anteriores	1.0

Tabla 6: Tipo de uso, destino e importancia de la estructura

Ilustración 91. Categoría de edificio y coeficiente de importancia I

Fuente: NEC-SE-DS

Sistemas Estructurales de Ductilidad Limitada		R
Pórticos resistentes a momento		
Hormigón Armado con secciones de dimensión menor a la especificada en la NEC-SE-HM limitados a viviendas de hasta 2 pisos con luces de hasta 5 metros.		3
Hormigón Armado con secciones de dimensión menor a la especificada en la NEC-SE-HM con armadura electrosoldada de alta resistencia		2.5
Estructuras de acero conformado en frío, aluminio, madera, limitados a 2 pisos.		2.5

Ilustración 92. Sistemas estructurales y coeficiente R de reducción de respuesta estructural

Fuente: NEC-SE-DS

9.3. Anexo C. Tabla de Varillas con sus Pesos

TABLA DE VARILLA								
Diámetro mm	kg/m	12 m		9 m		6 m		Tolerancia en Longitud
		kg	Var x qq	kg	Var x qq	kg	Var x qq	
8	0,395	4,740	9,568	3,555	12,757	2,370	19,136	± 50mm
10	0,617	7,404	6,125	5,553	8,167	3,702	12,251	
12	0,888	10,656	4,256	7,992	5,675	5,328	8,512	
14	1,208	14,496	3,129	10,872	4,171	7,248	6,257	
16	1,578	18,936	2,395	14,202	3,193	9,468	4,790	
18	1,998	23,976	1,892	17,982	2,522	11,988	3,783	
20	2,466	29,592	1,533	22,194	2,043	14,796	3,065	
22	2,984	35,808	1,267	26,856	1,689	17,904	2,533	
25	3,853	46,236	0,981	34,677	1,308	23,118	1,962	
28	4,834	58,008	0,782	43,506	1,042	29,004	1,564	
32	6,313	75,756	0,599	56,817	0,798	37,878	1,197	
36	7,990	95,880	0,473	71,910	0,631	47,940	0,946	
40	9,865	118,38	0,383	88,785	0,511	59,190	0,766	

Ilustración 93. Descripción tabla de Varillas

Fuente: ADELCA

9.4. Anexo D. Lista de precios Steel Framing



LISTA DE PRECIOS PARA PROFORMACIÓN KUBIFRAME					
		 Código: F-720-04K-01 Rev. 0			
ESTRUCTURA					
PERFILES ESTRUCTURALES KUBIFRAME TOTAL / M2					
					FACTOR
EDIFICACIONES DE UNA PLANTA					25 KG/M2 DE CONSTRUCCIÓN
EDIFICACIONES DE DOS PLANTAS					30 KG/M2 DE CONSTRUCCIÓN
SOLO CERCHAS					10 KG/M2 DE CUBIERTA
ACCESORIOS DE ANCLAJE					30% DEL VALOR DEL PESO M2
*Para obtener el valor por m2 de estructura integra en steel framing, se deberá multiplicar:					VALOR= (FACTOR X M2 X \$1,7) + VALOR DE ACCESORIOS DE ANCLAJE
** El valor por kg puede variar según el peso total de la edificación, en donde se podrá aplicar el siguiente descuento:					
A: HASTA 5 TON					
AA: 10% HASTA 10 TON					
AAA: 20% MAS DE 10 TON					
PERFILES PARA TABIQUERÍA ESTRUCTURAL KUBIFRAME / M2 DE PARED					
ESPORES DEL ACERO	0,75 MM	0,9 MM	1,2 MM	INSTALACIÓN / M2	
89 MM DE ANCHO PREENSAMBLADO	\$9,35	\$11,82	\$14,28	\$5,00	
180 MM DE ANCHO PREENSAMBLADO	\$18,70	\$23,63	\$28,56	\$10,00	
ACCESORIOS DE ANCLAJE	\$2,81	\$3,54	\$4,28		
** El valor por kg puede variar según el peso total de la edificación, en donde se podrá aplicar el siguiente descuento:					
A: HASTA 2 TON					
AA: 10% HASTA 8 TON					
AAA: 20% MAS DE 8 TON					
PERFILES STANDAR PARA TABIQUERÍA NO ESTRUCTURAL KUBIFRAME / UNIDADES					
PERFIL KUBIFRAME TRACK 90,93MM X 38,1MM X 2,44M	\$2,87	\$3,46	\$4,60		
PERFIL KUBIFRAME TRACK 103,63MM X 38,1MM X 2,44M	\$3,10	\$3,72	\$4,95		
PERFIL KUBIFRAME TRACK 141,73MM X 38,1MM X 2,44M	\$3,75	\$4,51	\$6,00		
PERFIL KUBIFRAME TRACK 154,43MM X 38,1MM X 2,44M	\$3,98	\$4,77	\$6,35		
PERFIL KUBIFRAME TRACK 205,23MM X 38,1MM X 2,44M	\$4,86	\$5,83	\$7,76		
PERFIL KUBIFRAME STUD 88,9MM X 41,4MM X 2,44M	\$3,63	\$4,33	\$5,80		
PERFIL KUBIFRAME STUD 101,6MM X 41,4MM X 2,44M	\$3,84	\$4,60	\$6,15		
PERFIL KUBIFRAME STUD 139,7MM X 41,4MM X 2,44M	\$4,48	\$5,39	\$7,17		
PERFIL KUBIFRAME STUD 152,4MM X 41,4MM X 2,44M	\$4,71	\$5,65	\$7,52		
PERFIL KUBIFRAME STUD 203,2MM X 41,4MM X 2,44M	\$5,59	\$6,71	\$8,93		
*La instalación podrá incrementarse de acuerdo a la dificultad, no se incluyen andamios, gruas, elevadores, sistemas de seguridad.					
** Si deseamos cotizar con perfiles estándar, debemos usar la TABLA ADJUNTO (CUADRO DE DESPIECE DRYWALL M2 PARED) para sacar cantidades y precios.					
* EL descuento máximo para este tipo de perfiles será del 5%					
REVESTIMIENTOS / LANA DE VIDRIO / BARRERA DE HUMEDAD / ACCESORIOS / SIN ESTUCCO / SIN PINTURA					
PARED ESTANDAR / M2 / SIN ESTRUCTURA					
	A	AA	AAA	INSTALACIÓN REVESTIMIENTOS	
GYPLAC 12,7MM - GYPLAC 12,7MM	\$11,97	\$10,88	\$9,98	\$9,00	
GYPLAC 12,7MM - SUPERBOARD ENCHAPE 8MM	\$20,90	\$19,00	\$17,42	\$11,70	
GYPLAC 12,7MM - SUPERBOARD JUNTAS 8MM	\$22,78	\$20,71	\$18,98	\$13,85	
GYPLAC 12,7MM - SUPERBOARD STANDAR 8MM	\$21,13	\$19,21	\$17,61	\$10,70	
GYPLAC 12,7MM - SUPERBOARD STANDAR 10MM	\$28,21	\$25,65	\$23,31	\$10,70	
SUPERBOARD JUNTAS 10MM - SUPERBOARD JUNTAS 10MM	\$33,11	\$30,10	\$27,36	\$13,85	
GYPLAC 12,7MM - SINDING 8MM	\$25,48	\$23,16	\$21,23	\$10,70	

Ilustración 94. Lista de precios

Fuente: KUBIEC

GYPLAC RH 12,7MM - GYPLAC RH 12,7MM	\$15,28	\$13,89	\$12,73	\$9,00
GYPLAC 12,7MM - GYPLAC RH 12,7MM	\$14,02	\$12,75	\$11,68	\$9,00
GYPLAC RH12,7MM - SUPERBOARD ENCHAPE 8MM	\$20,90	\$19,00	\$17,27	\$11,70
GYPLAC RH 12,7MM - SUPERBOARD JUNTAS 8MM	\$20,62	\$18,75	\$17,18	\$13,85
GYPLAC RH 12,7MM - SUPERBOARD STANDAR 8MM	\$25,01	\$22,74	\$20,84	\$10,70
GYPLAC RH 12,7MM - SUPERBOARD STANDAR 10MM	\$29,32	\$26,65	\$24,43	\$10,70
GYPLAC RH 12,7MM - SIDING 8MM	\$26,74	\$24,31	\$22,28	\$10,70
*BARRERA DE HUMEDAD SOLO SE INCLUYE EN FACHADAS EXTERIORES / FIBROCEMENTO SUPERBOARD				
REVESTIMIENTOS / LANA DE VIDRIO/ BARRERA DE HUMEDAD/ SIN ESTUCCO / SIN PINTURA				
PARED MEDIUM/ M2/ SIN ESTRUCTURA				
	A	AA	AAA	INSTALACIÓN REVESTIMIENTOS
GYPLAC 15,8MM - GYPLAC 15,8MM	\$15,72	\$14,29	\$13,10	\$9,00
GYPLAC 15,8MM - SUPERBOARD ENCHAPE 10MM	\$22,61	\$20,55	\$18,84	\$10,70
GYPLAC 15,8MM - SUPERBOARD JUNTAS 10MM	\$25,85	\$23,50	\$21,54	\$13,85
GYPLAC 15,8MM - SUPERBOARD STANDAR 10MM	\$24,18	\$21,98	\$20,15	\$10,70
GYPLAC 15,8MM - SIDING 8MM	\$27,19	\$24,72	\$22,66	\$10,70
GYPLAC RH 15,8MM - GYPLAC RH 15,8MM	\$21,08	\$19,16	\$17,57	\$9,00
GYPLAC 15,8MM - GYPLAC RH 15,8MM	\$18,63	\$16,94	\$15,53	\$9,00
GYPLAC RH 15,8MM - SUPERBOARD JUNTAS 10MM	\$25,60	\$23,27	\$21,33	\$13,85
GYPLAC RH 15,8MM - SUPERBOARD STANDAR 10MM	\$29,98	\$27,25	\$24,98	\$10,70
GYPLAC RH 15,8MM - SIDING 8MM	\$28,64	\$26,04	\$23,87	\$10,70
REVESTIMIENTOS / LANA DE ROCA/ BARRERA DE HUMEDAD/ SIN ESTUCCO / SIN PINTURA				
PARED PREMIUM/ M2/ SIN ESTRUCTURA				
	A	AA	AAA	INSTALACIÓN REVESTIMIENTOS
GYPLAC 15,8MM - GYPLAC 15,8MM	\$17,14	\$15,58	\$14,28	\$9,00
GYPLAC 15,8MM - SUPERBOARD ENCHAPE 10MM	\$24,03	\$21,85	\$20,03	\$10,70
GYPLAC 15,8MM - SUPERBOARD JUNTAS 10MM	\$26,27	\$23,88	\$21,89	\$13,85
GYPLAC 15,8MM - SUPERBOARD STANDAR 10MM	\$25,60	\$23,27	\$21,33	\$10,70
GYPLAC 15,8MM - SIDING 8MM	\$28,61	\$26,01	\$23,84	\$10,70
GYPLAC RH 15,8MM - GYPLAC RH 15,8MM	\$22,50	\$20,45	\$18,75	\$9,00
GYPLAC 15,8MM - GYPLAC RH 15,8MM	\$20,05	\$18,23	\$16,71	\$9,00
GYPLAC RH 15,8MM - SUPERBOARD JUNTAS 10MM	\$27,02	\$24,56	\$22,52	\$13,85
GYPLAC RH 15,8MM - SUPERBOARD STANDAR 10MM	\$31,40	\$28,55	\$26,17	\$10,70
GYPLAC RH 15,8MM - SIDING 8MM	\$31,06	\$28,24	\$25,88	\$10,70
OBSERVACIONES: Para presentar una cotización del sistema completo deberemos realizar la siguiente formula:				
$\Sigma (\text{VALOR DE M2 DE REVESTIMIENTOS} + \text{VALOR M2 DE INSTALACIÓN DE REVESTIMIENTOS}) + (\text{VALOR M2 DE ESTRUCTURA} + \text{VALOR M2 DE INSTALACIÓN DE ESTRUCTURA})$				
Contact Center; 02-2690061				
Quito Norte: Av. Eloy Alfaro N66-224 y las Avellanas; Teléfono: 2480420 / 40				
Quito Sur: Av. Huayanay Ñan Oe1-476 (Panamericana Sur Km 10); Teléfono: 2691131 / 32				
Guayaquil: Av. Perimetral km 23 1/2 y Av. Marcel Laniado de Wind; Teléfono: 2150300 fax: 3000113				
Cuenca: (07) 4033261 Ambato: (03) 2587325 Sto. Domingo: (02) 3740245 Portoviejo: (05) 2931902				
Empresa con certificación ISO 9001:2015				
Visite nuestra página web: www.kubiec.com				

Ilustración 95. Lista de precios

Fuente: KUBIEC

LISTA DE PRECIOS PERFILES KUBIFRAME OCTUBRE 2018

Producto	Dimensiones (mm)	Resistencia del Acero	Espesor (mm)	Peso (kg/m)	Precio (\$/kg)
Perfiles Kubiframe	Perfil Galvanizado	G60	0,75	1,03	1,50
	Perfil Galvanizado	G60	0,90	1,25	1,50
	Perfil Galvanizado	G80	1,20	1,68	1,50

Precio de diseño estructural

Precio de estructura pre-ensamblado

Precio de instalación de estructura

0,10 \$/kg adicional

0,20 \$/kg adicional

1,50 \$/kg adicional

LISTA DE PRECIOS ACCESORIOS KUBIFRAME OCTUBRE 2018

Producto	Dimensiones	Peso	Precio
Accesorios Kubiframe	Placa Kubiframe	182X80X1,15	0,30
	Anclaje Rigidizador Kubiframe	20X30X65X3	2,25
	Angulo Kubiframe	91X65X1,15	0,11
	Anclaje Químico	12,7X101,6	na
	Perno expansivo tipo cuña 1/2"×3	6,35X50,8	na
	Clavos de impacto y fulminantes	37	na

POLITICA DE DESCUENTOS

Cliente A (usuario final)

Cliente AA

Cliente AAA

5% de descuento


10% de descuento

20% de descuento

Ilustración 96. Lista de precios

Fuente: KUBIEC

9.5. Anexo E. Datos obtenidos de FrameCad

		Job Summary Report	
Company:	Kubiec	Dwg Name:	Modelo4D
Project:	Vivienda 4D AU	Tab Name:	
		Detailer:	Mateo Sotomayor
		Print Date:	18-04-2019
Job Number:		Page No:	1

Material	Part Number	Length (mm)	Weight (kg)
Summary for Tab Cerchas:			
89S41-075-500		367949	426.8
FRAMECAD 10g-16mm Flathead	001539	272	
FRAMECAD 10g-19mm XDrive	001236	1684	
Summary for Tab Correas:			
89S41-115-500		169240	302.9
Summary for Tab Entrepiso:			
89S41-115-500		858181	1536.1
FRAMECAD 10g-16mm Flathead	001539	4332	
FRAMECAD 10g-19mm XDrive	001236	4332	
Summary for Tab Grada:			
89S41-115-500		160594	287.5
FRAMECAD 10g-19mm XDrive	001236	512	
Summary for Tab Piso 1:			
150x32x0.95 Lintel		4004	5.8
89S41-115-500		1183144	2117.8
FRAMECAD 10g-16mm Flathead	001539	88	
FRAMECAD 10g-19mm XDrive	001236	3072	
Summary for Tab Piso 2:			
150x32x0.95 Lintel		13488	19.7
89S41-075-500		1107765	1285
FRAMECAD 10g-16mm Flathead	001539	288	
FRAMECAD 10g-19mm XDrive	001236	2782	
Summary for Tab Tapa Grada:			
89S41-075-500		113824	132
FRAMECAD 10g-19mm XDrive	001236	256	
Summary for Tab Vigas:			
89S41-075-350		10209	11.8
89S41-075-500		78691	91.3
FRAMECAD 10g-16mm Flathead	001539	312	
FRAMECAD 10g-19mm XDrive	001236	312	
Job Summary:			
150x32x0.95 Lintel		17492	25.5
89S41-075-350		10209	11.8
89S41-075-500		1668229	1935.1
89S41-115-500		2371159	4244.4
FRAMECAD 10g-16mm Flathead	001539	5292	
FRAMECAD 10g-19mm XDrive	001236	12950	
		Total Weight	6216.9

Ilustración 97. Resumen de peso de la Estructura

Fuente: Diego Lucero

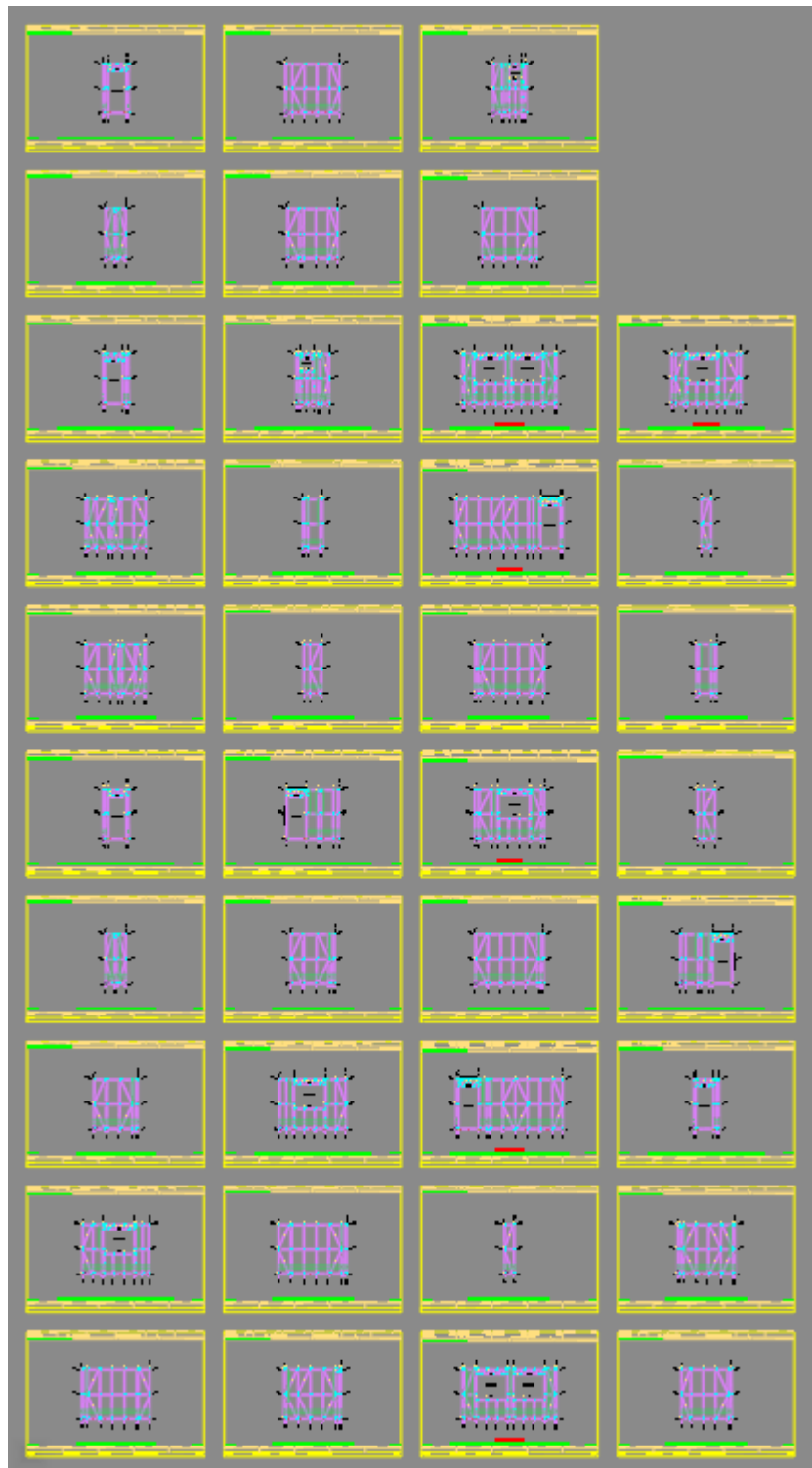


Ilustración 98. Secciones para el primer piso

Fuente: Diego Lucero

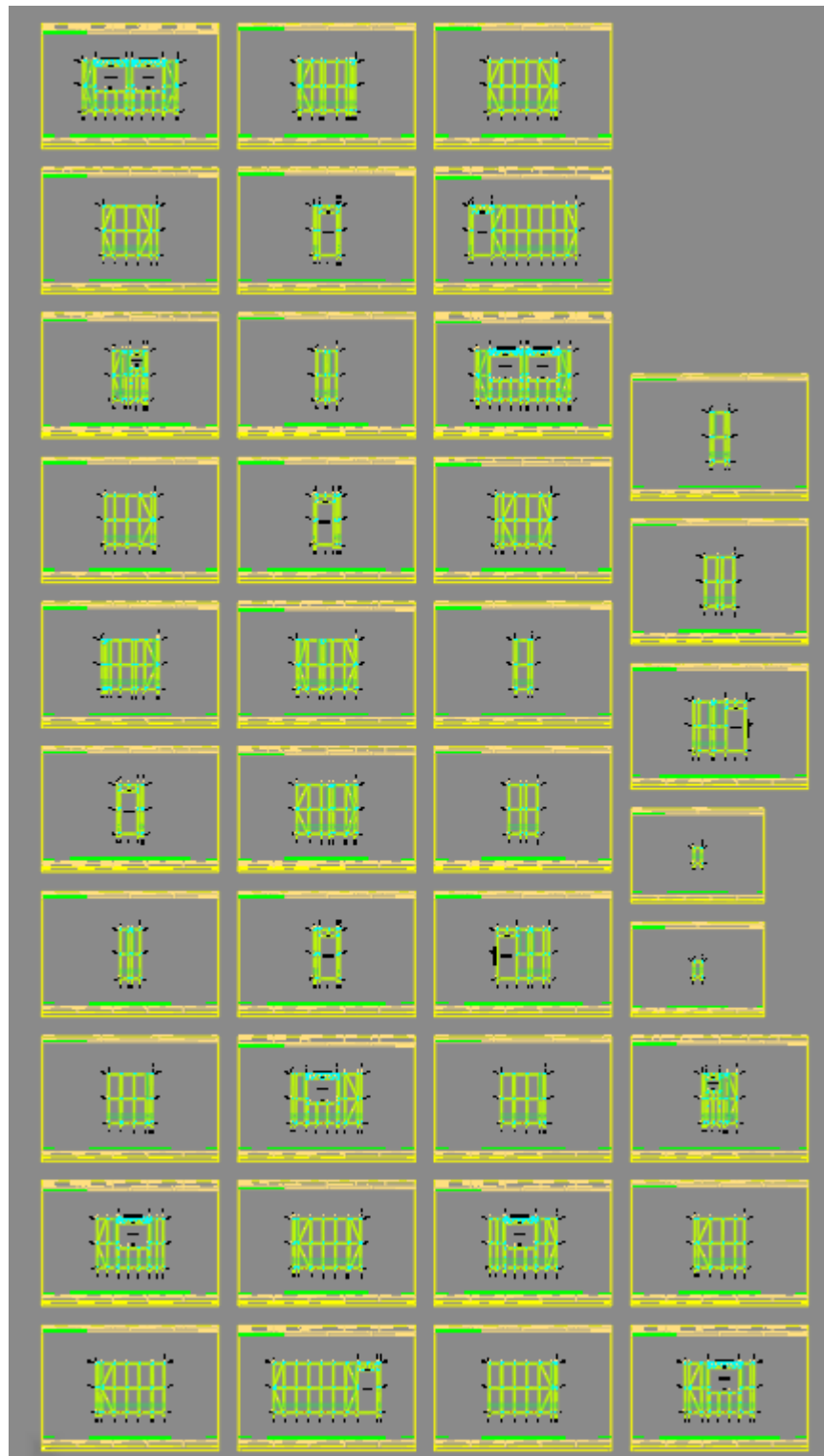


Ilustración 99. Secciones para el segundo piso

Fuente: Diego Lucero

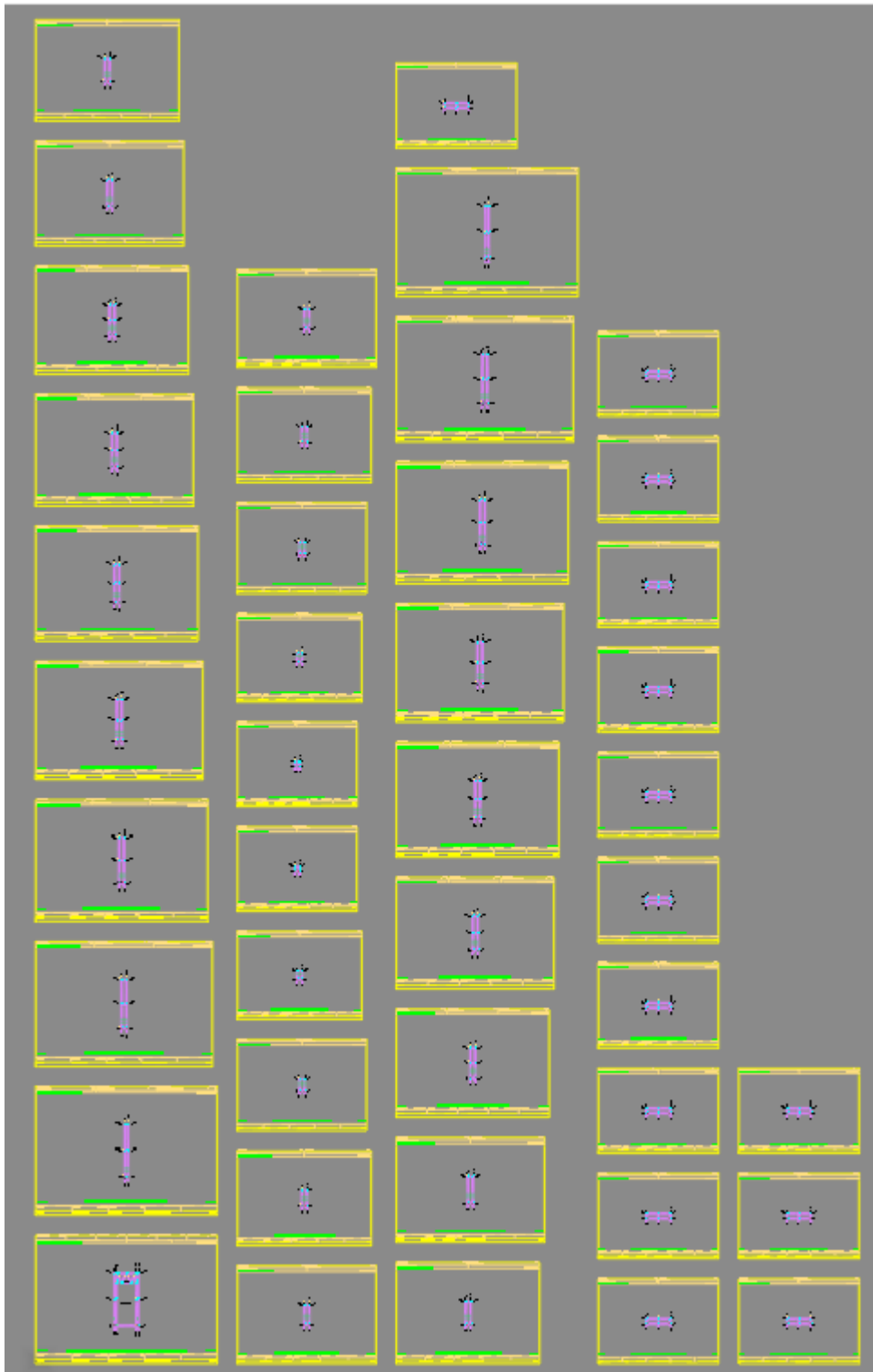


Ilustración 100. Secciones gradas

Fuente: Diego Lucero

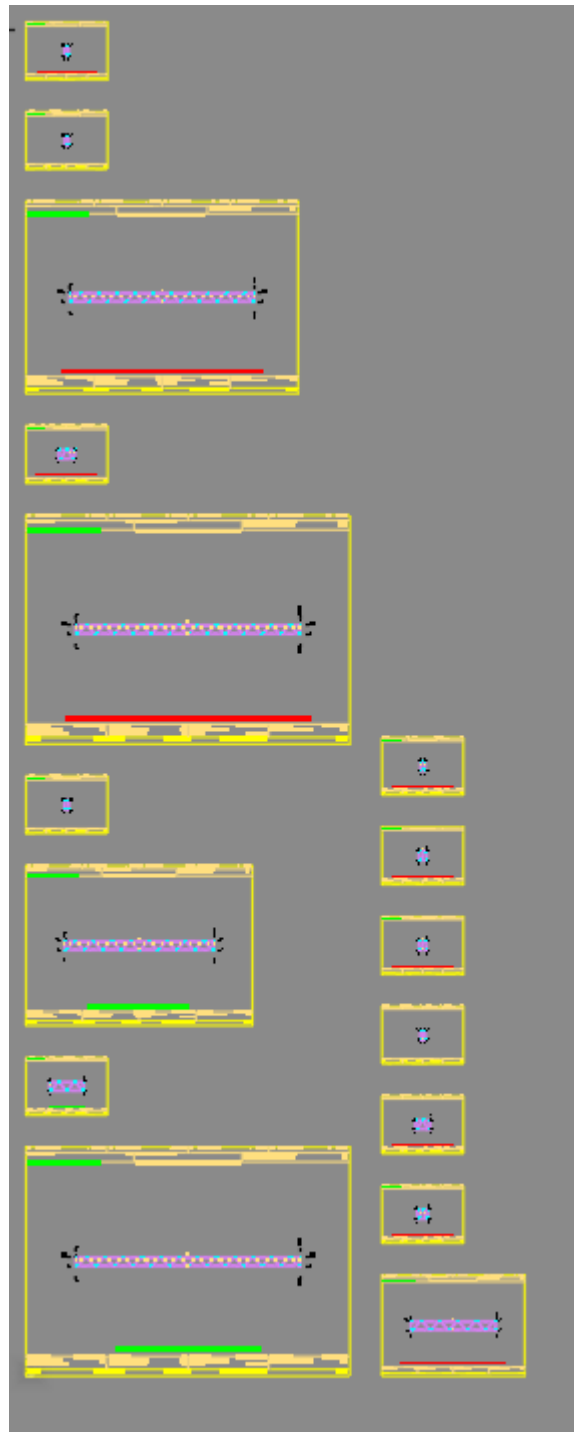


Ilustración 101. Secciones para entrapisos

Fuente: Diego Lucero

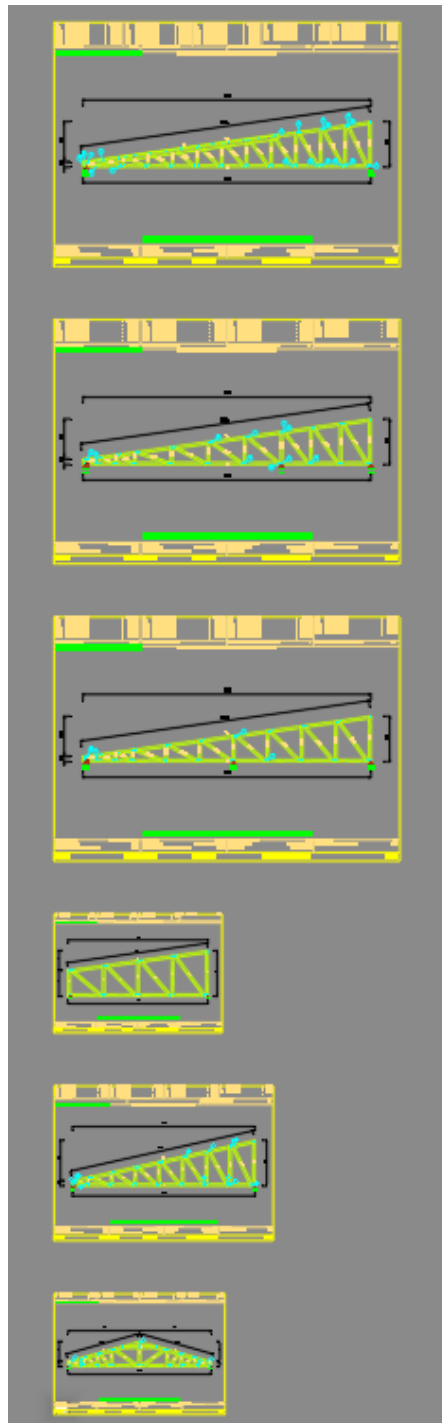


Ilustración 102. Secciones para Cerchas

Fuente: Diego Lucero