

Arq. Elizabeth Miranda Paredes, Mg.
Ing. Gabriela Álvarez Miranda, Mg.
Arq. Luis Álvarez Miranda, Mg.

La geometría descriptiva

una herramienta para el ejercicio
profesional de la arquitectura

La geometría descriptiva:

una herramienta para el ejercicio
profesional de la arquitectura

Fecha de publicación: 29 de abril de 2026

Autoridades

Ing. Saúl Lara Paredes, PhD – Canciller

Ing. Janio Jadán Guerrero, PhD – Rector

Dr. Daniel Simancas, PhD – Vicerrector de Investigación

Ing. Ignacio Ayala, PhD – Vicerrector Académico y de Vinculación

Ing. Aidé Naranjo, Mg. – Vicerrectora Administrativa y de Aseguramiento de la Calidad

© Autores: Elizabeth Miranda¹, Gabriela Álvarez¹, Luis Álvarez¹

¹ Facultad de Arquitectura Diseño y Artes, Universidad Tecnológica

Indoamérica, Ambato, Ecuador. elizabethmiranda@uti.edu.ec,

galvarez6@indoamerica.edu.ec, luisalvarez@indoamerica.edu.ec

ISBN: 978-9942-693-19-8

Registro SENADI: N° QUI-071453

Revisado y aprobado para su publicación por el Comité Editorial de la Universidad Tecnológica Indoamérica (Quito, Ecuador) y por los revisores Mg. Andrés Heredia (Universidad Técnica de Ambato) y Mg. Verónica Castro (Universidad Técnica de Ambato).

Editor: Ing. Hugo Arias Flores, MBA.

Editorial de la Universidad Tecnológica Indoamérica. Quito – Ecuador.



Queda rigurosamente prohibida la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio o procedimiento, comprendidos la fotocopia y el tratamiento informático, sin autorización escrita del titular del Copyright, bajo las sanciones previstas por las leyes.

Para citar este libro:

Miranda, L., Álvarez, G. & Álvarez, L. (2026). *La geometría descriptiva: una herramienta para el ejercicio profesional de la arquitectura*. Editorial Universidad Tecnológica Indoamérica.

La geometría descriptiva:

una herramienta para el ejercicio
profesional de la arquitectura

| Contenido

CAPÍTULO I

| | |
|---|----|
| <u>Fundamentos</u> | 17 |
| <u>Introducción</u> | 19 |
| <u>Definiciones básicas de geometría descriptiva</u> | 20 |
| <u>Instrucciones y consideraciones generales en construcciones gráficas</u> | 24 |

CAPÍTULO II

| | |
|----------------------------------|----|
| <u>Presentación de problemas</u> | 27 |
| <u>Método gráfico</u> | 29 |
| <u>Método por coordenadas</u> | 31 |
| <u>Método por Rumbos</u> | 36 |

CAPÍTULO III

| | |
|--|----|
| <u>Principios básicos de la proyección ortogonal</u> | 45 |
| <u>Términos utilizados en la proyección ortogonal</u> | 47 |
| <u>Proyección ortogonal de elementos básicos de la geometría descriptiva</u> | 51 |
| <u>Proyección ortogonal de un punto</u> | 51 |

| | |
|--|-----------|
| <u>Proyección ortogonal de rectas</u> | <u>53</u> |
| <u>Proyección ortogonal de planos</u> | <u>58</u> |
| <u>Proyección ortogonal de volúmenes</u> | <u>62</u> |

CAPÍTULO IV

| | |
|--|-----------|
| <u>La aplicación de la clave de la proyección ortogonal</u> | <u>73</u> |
| <u>Aplicación de la clave de la proyección ortogonal en vistas sucesivas</u> | <u>78</u> |
| <u>Vistas sucesivas de rectas</u> | <u>78</u> |
| <u>Vistas sucesivas de planos</u> | <u>82</u> |
| <u>Vistas sucesivas de volúmenes</u> | <u>85</u> |

CAPÍTULO V

| | |
|---|-----------|
| <u>Características de las rectas en el espacio tridimensional</u> | <u>89</u> |
| <u>Verdadera magnitud de rectas</u> | <u>91</u> |
| <u>Ejercicios para determinar la verdadera magnitud de rectas</u> | <u>96</u> |

CAPÍTULO VI

| | |
|---|------------|
| <u>Características de las superficies planas en el espacio tridimensional</u> | <u>97</u> |
| <u>Verdadera magnitud de planos</u> | <u>99</u> |
| <u>Plano que aparece como filo</u> | <u>99</u> |
| <u>Ángulo de inclinación y pendiente</u> | <u>117</u> |
| <u>Ejercicios sobre el cálculo de la pendiente y el ángulo de inclinación</u> | <u>120</u> |

CAPÍTULO VII

| | |
|--|-----|
| <u>Intersecciones</u> | 121 |
| <u>Definición</u> | 123 |
| <u>Punto de intersección de un plano con una recta</u> | 124 |
| <u>Recta de intersección entre dos planos</u> | 129 |

CAPÍTULO VIII

| | |
|--|-----|
| <u>Geometría de cubiertas ortogonales e irregulares</u> | 135 |
| <u>Introducción</u> | 137 |
| <u>Elementos</u> | 141 |
| <u>Análisis y resolución de cubiertas ortogonales</u> | 143 |
| <u>Resolución de cubiertas ortogonales</u> | 144 |
| <u>Ejercicios sobre cubiertas ortogonales</u> | 161 |
| <u>Análisis y resolución de cubiertas irregulares</u> | 162 |
| <u>Ejercicios propuestos para la resolución de cubiertas irregulares</u> | 177 |

ANEXOS

| | |
|--|-----|
| <u>Maquetas de proyecciones ortogonales</u> | 81 |
| <u>Anexos 1. Maqueta 1 de proyecciones ortogonales</u> | 81 |
| <u>Anexos 2. Segunda vista de la Maqueta 1</u> | 182 |
| <u>Anexos 3. Maqueta 2 de proyección ortogonal</u> | 183 |
| <u>Anexos 4. Maqueta 3 de proyección ortogonal</u> | 184 |
| <u>Anexos 5. Maqueta 4 de resolución de verdaderas magnitudes de cubiertas</u> | 185 |
| <u>Anexos 6. Maqueta 5 de resolución de verdaderas magnitudes de cubiertas</u> | 186 |

| | |
|---|------------|
| <u>Anexos 7. Maqueta 6 de resolución de verdaderas magnitudes de cubiertas de siete aguas</u> | <u>87</u> |
| <u>Anexos 8. Maqueta 7 de resolución de verdaderas magnitudes de cubiertas de ortogonales irregulares</u> | <u>188</u> |
| <u>Anexos 9. Maqueta 8 de verdaderas magnitudes de cubiertas de ortogonales Irregulares</u> | <u>189</u> |
| <u>Anexos 10. Maqueta 9 de resolución de verdaderas magnitudes de cubiertas Arquitectónicas</u> | <u>190</u> |
| <u>Anexos 11. Maqueta descriptiva 9 de cubiertas ortogonales irregulares</u> | <u>191</u> |

Índice de gráficos

| | |
|---|-----------|
| <u>Figura 1. Método gráfico</u> | <u>30</u> |
| <u>Figura 2. Plano Cartesiano</u> | <u>31</u> |
| <u>Figura 3. Gráfico de pares ordenados</u> | <u>32</u> |
| <u>Figura 4. Las coordenadas para los planos Horizontal y Vertical en el Sistema de coordenadas</u> | <u>33</u> |
| <u>Figura 5. Ubicación de pares ordenados en el plano cartesiano</u> | <u>34</u> |
| <u>Figura 6. Método por coordenadas: Gráfico en el plano Horizontal y en el plano vertical</u> | <u>35</u> |
| <u>Figura 7. Método por coordenadas: Colocación de Línea de Tierra</u> | <u>36</u> |
| <u>Figura 8. La rosa de los vientos: Los puntos cardinales</u> | <u>37</u> |
| <u>Figura 9. Planteamiento de ejercicio mediante el Método por rumbos</u> | <u>38</u> |
| <u>Figura 10. Gráfico de puntos del ejercicio mediante el Método por rumbos</u> | <u>39</u> |

| | |
|--|-----------|
| <u>Figura 11. Gráfico de Plano DEF</u> | <u>40</u> |
| <u>Figura 12. Gráfico de Plano ABC</u> | <u>41</u> |
| <u>Figura 13. Gráfico de Plano DEF</u> | <u>42</u> |
| <u>Figura 14. Representación del plano horizontal</u> | <u>48</u> |
| <u>Figura 15. Representación de planos</u> | <u>49</u> |
| <u>Figura 16. Representación de Planos de proyección</u> | <u>50</u> |
| <u>Figura 17. Proyecciones Ortogonal de un punto en dos planos</u> | <u>52</u> |
| <u>Figura 18. Proyecciones Ortogonal de un punto en forma bidimensional</u> | <u>52</u> |
| <u>Figura 19. Proyección tridimensional de punto dentro e un cubo</u> | <u>53</u> |
| <u>Figura 20. Abatimiento de la Proyección de una recta paralela al PH y perpendicular al PV</u> | <u>54</u> |
| <u>Figura 21. Proyección ortogonal de una recta paralela al PH y perpendicular al PV</u> | <u>55</u> |
| <u>Figura 22. Proyección de una recta paralela al PH y perpendicular al PV</u> | <u>56</u> |
| <u>Figura 23. Abatimiento de la proyección de una recta paralela al PH y al PV</u> | <u>57</u> |
| <u>Figura 24. Proyección del plano ABCD paralelo al PH</u> | <u>59</u> |
| <u>Figura 25. Abatimiento de la Proyección de un plano paralelo al PH y perpendicular al PV</u> | <u>60</u> |
| <u>Figura 26. Proyección de un plano inclinado paralelo al PH y perpendicular al PV</u> | <u>61</u> |
| <u>Figura 27. Proyección de un plano paralelo al PH y perpendicular al PV</u> | <u>62</u> |

| | |
|--|-----------|
| <u>Figura 28. Abatimiento de una pirámide de base cuadrangular</u> | <u>63</u> |
| <u>Figura 29. Proyección de una pirámide de base cuadrangular</u> | <u>64</u> |
| <u>Figura 30. Datos de vista superior y vista frontal de un volumen irregular</u> | <u>65</u> |
| <u>Figura 31. Proyección Isométrica de un volumen irregular</u> | <u>66</u> |
| <u>Figura 32. Proyección Ortogonal de un volumen</u> | <u>67</u> |
| <u>Figura 33. Fotografías de Maqueta de aplicación de Proyección Ortogonal de un volumen #1</u> | <u>68</u> |
| <u>Figura 34. Fotografía de Maqueta de aplicación de Proyección Ortogonal de un volumen # 2</u> | <u>68</u> |
| <u>Figura 35. Fotografía de la Maqueta de volumen # 2 con aplicación de Proyección Ortogonal</u> | <u>69</u> |
| <u>Figura 36. Fotografía de Maqueta de aplicación de Proyección Ortogonal de un volumen # 3</u> | <u>69</u> |
| <u>Figura 37. Fotografía volumen #3 desde otro punto de vista</u> | <u>70</u> |
| <u>Figura 38. Planta y vista frontal de un volumen</u> | <u>71</u> |
| <u>Figura 39. Imagen de figura irregular con aplicación de la clave de la proyección ortogonal en 3D</u> | <u>76</u> |
| <u>Figura 40. Imagen de figura irregular con aplicación de la clave de la proyección ortogonal en 2D</u> | <u>77</u> |
| <u>Figura 41. Datos de la Recta XY</u> | <u>79</u> |
| <u>Figura 42. Aplicación clave de la proyección ortogonal, en las Vistas sucesivas de la Recta XY</u> | <u>80</u> |
| <u>Figura 43. Vistas sucesivas de una Recta</u> | <u>81</u> |
| <u>Figura 44. Gráfica de datos del plano ABC</u> | <u>83</u> |
| <u>Figura 45. Vistas sucesivas de un plano del plano ABC</u> | <u>84</u> |
| <u>Figura 46. Datos de una pirámide de base hexagonal</u> | <u>85</u> |

| | |
|---|------------|
| <u>Figura 47. Vistas sucesivas de una pirámide de base hexagonal</u> | <u>86</u> |
| <u>Figura 48. Datos de pirámide de base rectangular</u> | <u>87</u> |
| <u>Figura 49. Vistas sucesivas de una pirámide de base rectangular</u> | <u>88</u> |
| <u>Figura 50. Gráfica de coordenadas rectangulares en el plano 1-2 de la Recta BC</u> | <u>92</u> |
| <u>Figura 51. Verdadera Magnitud de la Recta BC en el plano 1-3</u> | <u>93</u> |
| <u>Figura 52. V. M. de la Recta BC en el plano 2-4</u> | <u>94</u> |
| <u>Figura 53. Verdadera Magnitud de la Recta BC en el plano 1-3 y en el plano 2-4</u> | <u>95</u> |
| <u>Figura 54. Gráfico de plano GHJ por medio de rumbos</u> | <u>101</u> |
| <u>Figura 55. Proceso para determinar vista de canto de plano GHJ</u> | <u>102</u> |
| <u>Figura 56. Vista de canto del plano GHJ</u> | <u>103</u> |
| <u>Figura 57. Verdadera Magnitud del plano GHJ</u> | <u>105</u> |
| <u>Figura 58. Verdadera magnitud del plano GHJ a partir de Línea horizontal(L.H) en el plano 2</u> | <u>106</u> |
| <u>Figura 59. Determinación de la vista de canto del plano GHJ a partir del plano 1-3</u> | <u>107</u> |
| <u>Figura 60. Verdadera magnitud del plano GHJ en el plano</u> | <u>108</u> |
| <u>Figura 61. Grafico del plano ABC mediante coordenadas</u> | <u>110</u> |
| <u>Figura 62. Vista de Canto del plano ABC mediante coordenadas</u> | <u>111</u> |
| <u>Figura 63. Verdadera Magnitud del plano ABC</u> | <u>112</u> |
| <u>Figura 64. Grafico del plano de DEF mediante Rumbos</u> | <u>114</u> |
| <u>Figura 65. Vista de canto del plano DEF</u> | <u>115</u> |

| | |
|--|------------|
| <u>Figura 66. Verdadera magnitud del plano DEF</u> | <u>116</u> |
| <u>Figura 67. Gráfico para cálculo de ángulo de inclinación y pendiente</u> | <u>118</u> |
| <u>Figura 68. Cálculo de ángulo y pendiente en base a la Vista de Canto de plano ABC</u> | <u>119</u> |
| <u>Figura 69. Datos de la recta XY y plano RST para determinar punto de Intersección</u> | <u>125</u> |
| <u>Figura 70. Gráfico del Plano RST y de la recta XY</u> | <u>126</u> |
| <u>Figura 71. Punto de intersección de un plano con una recta</u> | <u>127</u> |
| <u>Figura 72. Punto de intersección en la Vista de canto de un plano con una recta</u> | <u>128</u> |
| <u>Figura 73. Gráfico de planos o superficies para determinar recta de Intersección</u> | <u>130</u> |
| <u>Figura 74. Vista de Canto del plano ABC para determinar recta de Intersección</u> | <u>131</u> |
| <u>Figura 75. Recta de Intersección entre dos planos</u> | <u>132</u> |
| <u>Figura 76. Visibilidad de planos por la Recta de Intersección entre dos planos</u> | <u>133</u> |
| <u>Figura 77. Elementos de las cubiertas</u> | <u>143</u> |
| <u>Figura 78. Datos de las Cubierta de cuatro aguas</u> | <u>145</u> |
| <u>Figura 79. Determinación Vistas de canto de las Cubierta de cuatro aguas</u> | <u>146</u> |
| <u>Figura 80. Verdadera Magnitud de Cubierta de cuatro aguas</u> | <u>147</u> |
| <u>Figura 81. Volumetría de Cubierta de cuatro aguas</u> | <u>148</u> |
| <u>Figura 82. Datos de Cubierta de siete aguas</u> | <u>149</u> |
| <u>Figura 83. Identificación Vistas de canto de las Cubierta de siete aguas</u> | <u>150</u> |

| | |
|---|------------|
| <u>Figura 84. Resolución de verdaderas magnitudes de las Cubierta de siete aguas</u> | <u>151</u> |
| <u>Figura 85. Volumetría de Cubiertas de siete aguas con aleros</u> | <u>152</u> |
| <u>Figura 86. Datos de las Cubierta de ocho faldones con aleros</u> | <u>153</u> |
| <u>Figura 87. Identificación de vistas de canto en cubierta de ocho faldones</u> | <u>154</u> |
| <u>Figura 88. Solución de Canto de Cubiertas de ocho faldones con aleros</u> | <u>155</u> |
| <u>Figura 89. Volumen de cubierta de ocho aguas</u> | <u>156</u> |
| <u>Figura 90. Datos de las Cubiertas de dos aguas con buhardillas</u> | <u>157</u> |
| <u>Figura 91. Vistas de Canto de las Cubiertas de dos aguas con buhardillas</u> | <u>158</u> |
| <u>Figura 92. Verdaderas Magnitudes de las Cubiertas de dos aguas con buhardillas</u> | <u>159</u> |
| <u>Figura 93. Volumen de cubierta a dos aguas con buhardilla</u> | <u>160</u> |
| <u>Figura 94. Datos para tarea de resolución de la verdadera magnitud de cubierta</u> | <u>161</u> |
| <u>Figura 95. Datos de una cubierta irregular con una caída</u> | <u>163</u> |
| <u>Figura 96. Determinación de Vista de Canto de una cubierta irregular con una caída</u> | <u>165</u> |
| <u>Figura 97. Determinación de Vista de Canto de una cubierta irregular con una caída</u> | <u>166</u> |
| <u>Figura 98. Determinación de Vista de Canto de una cubierta irregular con una caída</u> | <u>168</u> |

| | |
|--|------------|
| <u>Figura 99. Desarrollo de Resolución de una cubierta irregular con una caída</u> | <u>170</u> |
| <u>Figura 100. Datos de una cubierta irregular con dos caídas</u> | <u>172</u> |
| <u>Figura 101. Resolución vista de canto 1de la cubierta irregular de dos caídas</u> | <u>173</u> |
| <u>Figura 102. Resolución de 2 vistas de canto de cubierta irregular de dos caídas</u> | <u>174</u> |
| <u>Figura 103. Verdaderas magnitudes de dos faldones de cubierta irregular de dos caídas</u> | <u>175</u> |
| <u>Figura 104. Desarrollo de cubierta irregular de dos faldones</u> | <u>176</u> |

CAPÍTULO I

FUNDAMENTOS

Introducción

La geometría descriptiva es una disciplina que tiene diferentes campos de aplicación, como son: la arquitectura, la ingeniería, la topografía, entre otros; tal como la concibió inicialmente su autor, Gaspar Monge, al plantear obras y soluciones en el ámbito de la ingeniería y de las estrategias militares, mediante una representación gráfica clara y estricta de elementos tridimensionales en el plano bidimensional.

Así también, estos principios se plasman en la arquitectura, vinculando la creatividad con los conocimientos constructivos. El diseño de edificaciones con diferentes tipologías y usos, compuestas por las cinco fachadas de un proyecto, permite que el “genio creador” se manifieste visualmente de una forma armónica y sin restricciones. Cabe mencionar que, para la consecución de varios elementos arquitectónicos, constructivos y patrones, estos se realizan con base en el desarrollo de diferentes procesos de la geometría descriptiva.

De hecho, las soluciones gráficas bidimensionales para la elaboración de las diferentes piezas de cubiertas, elementos

regulares e irregulares, pirámides y planos inclinados con estructuras complejas, así como su respectivo montaje con ensamble preciso, se constituyen en una herramienta que facilita el cálculo de áreas de materiales, la elaboración de costos unitarios y presupuestos en el ámbito de la construcción de diferentes objetos. A través del tiempo surgen hitos trascendentes dentro de la arquitectura y la ingeniería; así, se encuentran diferentes obras maestras de la arquitectura, como la Catedral de Notre Dame, la obra de Gaudí con la Sagrada Familia, la Ópera de Sídney de Jørn Utzon, el Museo Guggenheim de Frank Gehry, entre otras, que implican la aplicación de procesos de resolución geométrica.

Cabe recalcar que la geometría descriptiva o proyectiva es importante debido al uso efectivo y a la utilidad que representa dentro del proceso académico de formación del arquitecto y de la práctica profesional. En el presente estudio, los temas y contenidos han sido seleccionados y priorizados con fundamentos teóricos y prácticos que promueven la formulación de soluciones creativas a problemáticas del contexto en el ámbito arquitectónico y constructivo, relacionadas con su quehacer laboral.

Definiciones básicas de geometría descriptiva

De acuerdo con el autor Valencia García Germán:

La geometría descriptiva es una ciencia aplicada de carácter multidisciplinario, cuyo objetivo es resolver problemas representables relacionados con las áreas afines a la medición, el diseño, y la construcción; ésta permite localizar, comprender y analizar los elementos geométricos situados en el espacio para relacionarlos entre sí;

posteriormente, interpretar y manejar dicha información en un medio bidimensional. (2009, p. 29)

De la misma forma, el autor Silvestre Fernández Calvo, en la parte introductoria de su libro, menciona:

Solamente existe un lenguaje universal: el lenguaje gráfico. El lenguaje gráfico es un medio de comunicar ideas. El hombre ha desarrollado esta forma de expresión en dos líneas diferentes según sus propósitos. El artista ha utilizado siempre el dibujo como medio de expresión de ideas abstractas, estéticas y filosóficas. El diseñador se ha valido del dibujo para algo más que comunicar una idea. Usa el lenguaje gráfico como medio fundamental para crear o da solución de un problema. (2010, p. 5)

Asimismo, de acuerdo con el autor José Manuel Pozo, existe una estrecha relación entre la Geometría Descriptiva y la Carrera de Arquitectura:

Puesto que la Geometría Descriptiva no es la única materia de carácter gráfico en las Escuelas de Arquitectura, lo primero que hemos de hacer, para poder definir su perfil y competencias, es establecer su conexión y sus diferencias con respecto a las materias afines, con las que a veces se habrá de solapar en el esfuerzo por alcanzar el desarrollo de la capacidad de imaginación y de expresión de las realidades espaciales, conforme a aquella definición programática, de carácter general, que hacía hace unos años Ruiz de la Rosa, al señalar como objetivo común de las materias de índole gráfica: dotar a los alumnos de los imprescindibles medios de expresión, y no con fines artísticos o científicos en sí mismos, a fin de capacitar para la correcta representación de la realidad espacial y volumétrica, así como para expresar y transmitir las propias ideas convirtiéndolas en sugerencias y órdenes. (2002, p. 14)

Efectivamente, la geometría es una de las ramas de la matemática orientada al análisis y la resolución de las figuras; específicamente, la geometría descriptiva, a través del tiempo, tiene como objetivo el desarrollo adecuado del razonamiento visual y espacial del estudiante; de la misma manera, la resolución de problemas de objetos tridimensionales de forma bidimensional.

Mientras que, en el prefacio del texto, William Blackwell hace una reflexión acerca de la relación entre la arquitectura y la geometría, misma que, “sin importar” que se trate de una obra pequeña o de una gran edificación, mantiene este vínculo. A propósito de ello sostiene:

Juntas, la arquitectura y la geometría forman una unidad de creatividad y disciplina; una es el instrumento de la otra, un balance de imaginación y realismo exacto. Si funcionan juntas en su máxima expresión, el arte y la ciencia pueden producir estructuras de extraordinaria belleza y riqueza de diseño que les den cualidades de orden, simetría y armonía a nuestras vidas. (2011, p. 5)

Este estudio, como actualmente se conoce, fue creado por el ingeniero militar francés Gaspar Monge, quien realizó la recopilación de conceptos y procedimientos geométricos, generando un método que, según el autor, permitía que la educación nacional se orientara hacia el conocimiento de los objetos que requieren exactitud, y acostumbrar a los artistas al manejo de instrumentos con precisión. Surge por el inconformismo ante la dependencia de la nación francesa de la industria extranjera (Monge, 1803).

Adicionalmente, Monge (1746-1818), uno de los principales estudiosos y precursores de la geometría descriptiva, menciona que este tratado tiene dos objetos:

La Geometría Descriptiva tiene dos objetos: el primero dar métodos para representar sobre una hoja de dibujo que no tiene más que dos dimensiones, a saber, longitud y anchura, todos los cuerpos de la naturaleza que tienen tres, longitud, anchura y profundidad, siempre que estos cuerpos puedan ser definidos rigurosamente. El segundo Objeto es proporcionar la manera de reconocer, de acuerdo con una descripción exacta, las formas de los cuerpos, y de ello deducir todas las verdaderas que resultan y su forma y sus posiciones respectivas. (1803, p. 1)

En este sentido, Salazar, Girón y Engel, en el prólogo del texto de geometría descriptiva, manifiestan: “La geometría, utilizando diversos métodos de proyección, fundamentada específicamente en la observación espacial y llevada a la representación de elementos geométricos en el plano, es reconocida como geometría descriptiva” (1987, p. 6).

Dicho con palabras de Steve M. Slaby:

Monge ideó la manera de determinar el diseño correcto que se derivó esta rama de la ciencia que hoy conocemos como geometría Descriptiva. (En este análisis gráfico, Monge utilizó el concepto de traza de un plano, que es la línea de intersección de dos planos.) Usando este método de análisis terminó el diseño de una fortaleza en un tiempo sin precedente. (1969, p. 2)

Como lo expresa Ramírez en el artículo “Sistema didáctico de proyección ortogonal para facilitar el aprendizaje de la geometría descriptiva y el dibujo técnico — SIPO” (Montenegro, J. y Cordero, S., 2012, p. 80):

La Geometría Descriptiva se encarga de la proyección de figuras de tres dimensiones en el plano

bidimensional, de tal forma que, con manipulaciones geométricas, permite determinar longitudes, ángulos, formas y toda información geométrica de la figura tridimensional (Earle, 2001). El recurso que utiliza la Geometría Descriptiva y el Dibujo Técnico para registrar la información de los objetos es el de proyectarlos sobre superficies planas, utilizando la técnica de la proyección cilíndrica ortogonal (2009, p. 82).

El autor José Manuel Pozo declara que el objetivo de la geometría descriptiva en el campo de la arquitectura debe orientarse a la formación en comunicación gráfica de los pensamientos arquitectónicos y cita:

La Geometría Descriptiva debe orientarse, desde el punto de vista práctico-utilitarista, de principio a fin, a dotar al futuro arquitecto de la capacidad de representar, de modo correcto y preciso, la arquitectura imaginada, sirviéndose, para lograrlo, del análisis y la representación exacta y rigurosa de sus volúmenes y de las sombras que provocan. (2002, p. 13)

Instrucciones y consideraciones generales en construcciones gráficas

Los diferentes gráficos o imágenes presentados en el presente texto se han dibujado en AutoCAD, con líneas de diferentes colores que permiten una mejor percepción del proceso de construcción de cada figura y que conducen a la solución de los problemas planteados. Es así como esta representación está organizada de la siguiente manera: las líneas ocultas y/o auxiliares, continuas y/o segmentadas, se realizan con color verde o con lápiz duro 4H y con color rojo o lápiz 2H.

De igual manera, y con el mismo criterio adoptado en el desarrollo del presente documento, las líneas definitivas se realizan con color azul o lápiz suave 2B y con color negro o lápiz 4B. Algo semejante se aplica cuando los trazados se producen con rapidógrafo en los trazados de construcción o líneas auxiliares u ocultas se usan puntas finas, mientras que para las líneas o gráficos definitivos se utilizan puntas gruesas.

Lo más importante es que esta metodología gráfica, adoptada a lo largo del ejercicio académico con los estudiantes de pregrado de la carrera de arquitectura, permite que las figuras o imágenes tengan un carácter didáctico y de fácil comprensión.

CAPÍTULO II

PRESENTACIÓN DE PROBLEMAS

Para la resolución de los diferentes problemas de geometría descriptiva, se debe contar con datos del o de los ejercicios a representar:

- » Datos del elemento u objeto en el plano horizontal.
- » Datos de altura o elevación ubicados en el plano vertical o en el de las vistas auxiliares.

En la representación o presentación de problemas, estos datos pueden ser graficados utilizando tres métodos: el método gráfico, el método por coordenadas y el método por rumbos, los mismos que se detallan y explican a continuación.

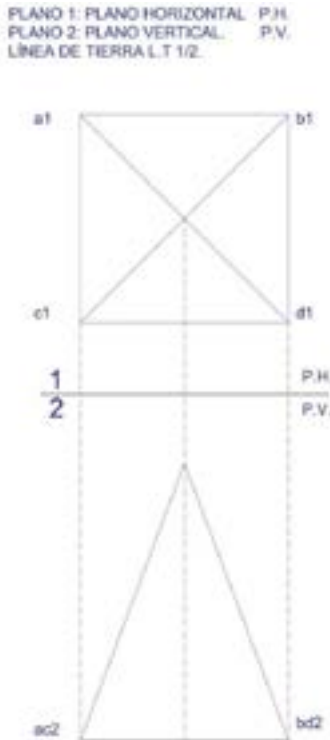
Método gráfico

Este método es utilizado convencionalmente en la representación gráfica de elementos bidimensionales en el dibujo técnico y en el dibujo arquitectónico. Consiste en colocar los datos que corresponden a la planta o vista superior y en las vistas, como la vista o elevación frontal, lateral derecha, lateral izquierda y posterior de un objeto.

Cabe indicar que, al dibujar los datos, es necesario que se cumplan los requisitos obligatorios exigidos en las normativas nacionales e internacionales de representación gráfica en la presentación de formatos, acotamientos, cotas o medidas, escalas, textos, tipo, grosor y calidad de líneas. A continuación, con al menos dos datos, se los ubica en el plano 1 que corresponde al plano horizontal (P.H.) y en el plano 2, convencionalmente denominado plano vertical (P.V.).

Figura 1.

Método gráfico



Nota: La figura muestra los datos de presentación de problemas por el método gráfico.

Método por coordenadas

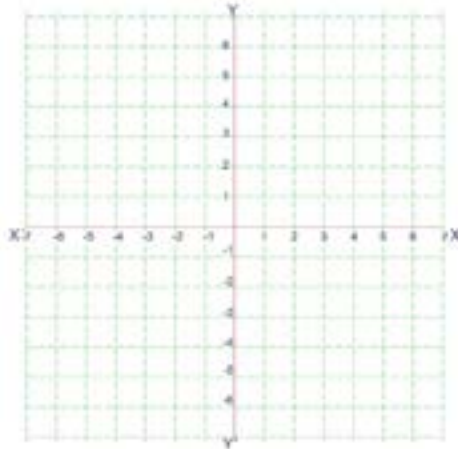
Este método es una aplicación del Método Cartesiano, creado por René Descartes. Consiste en realizar el dibujo de pares ordenados dentro del plano cartesiano en dos ejes X e Y, que corresponden al eje de abscisas y al de ordenadas que se cortan formando cuatro planos.

Como expresa Marco Antonio Arellano:

Un sistema coordenado rectangular es un sistema formado por dos rectas que se cortan perpendicularmente (Figura 2). El punto en donde se cortan será el origen del sistema. A la recta horizontal se le llama **eje X** y a la vertical, **eje Y**, y juntos se les llama **EJES COORDENADOS**. Por convención, el sentido positivo de los ejes es hacia la derecha del origen en el eje x y hacia arriba el eje y. (2015, p. 12)

Figura 2.

Plano Cartesiano



Nota: *En la imagen se muestra el plano cartesiano.*

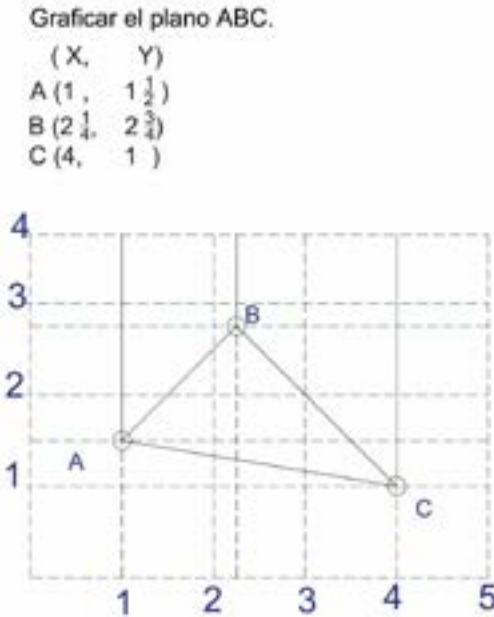
En este sentido, los pares ordenados se grafican directamente en los ejes coordenados. Estos pares ordenados pueden estar expresados, como se puede observar en la Figura 3, de la siguiente manera:

Como números enteros con decimales (3,75; 4)

Como números fraccionarios o mixtos ($2\frac{3}{4}$; $5\frac{3}{4}$)

Figura 3.

Gráfico de pares ordenados.



Nota: *En el dibujo se presentan los datos del plano ABC por coordenadas.*

En algunos textos de geometría descriptiva, las coordenadas se exhiben, de acuerdo con el texto de la Serie de Compendios de Schaum (1976), representando realmente dos pares ordenados, en donde las coordenadas se disponen

de la siguiente forma: (X, Y, Y') , como se observa en la Figura 3, encontrándose de forma resumida, los pares ordenados (X, Y) y (X, Y') . Es decir, si se cuenta, por ejemplo, con los datos de A, B, C y D, expresados en (X, Y, Y') se van a determinar, a partir de ellos las coordenadas correspondientes a los nuevos cuatro puntos A1, A2, B1, B2, C1, C2, D1 y D2. Para proceder a esta representación se siguen los siguientes pasos.

Se plantea el Ejemplo 1, Figura 4: graficar el plano ABCD con las siguientes coordenadas: A $(1,1,4)$ B $(1 \frac{1}{2}, 2 \frac{1}{4}, 3)$ C $(4, 1 \frac{1}{2}, 4)$ y D $(3 \frac{1}{2}, \frac{1}{2}, 4 \frac{3}{4})$. De cada punto se forman dos pares ordenados, así: A $(1,1,4)$ en A2 $(1,1)$ y A1 $(1,4)$; B $(1 \frac{1}{2}, 2 \frac{1}{4})$, en B2 $(1 \frac{1}{2}, 2 \frac{1}{4})$ y B1 $(1 \frac{1}{2}, 3)$; C $(4, 1 \frac{1}{2}, 4)$ en C2 $(4, 1 \frac{1}{2})$ y C1 $(4, 4)$; y D $(3 \frac{1}{2}, \frac{1}{2}, 4 \frac{3}{4})$ en D2 $(3 \frac{1}{2}, \frac{1}{2})$ y D1 $(3 \frac{1}{2}, 4 \frac{3}{4})$.

Figura 4.

Las coordenadas para los planos Horizontal y Vertical en el Sistema de coordenadas.

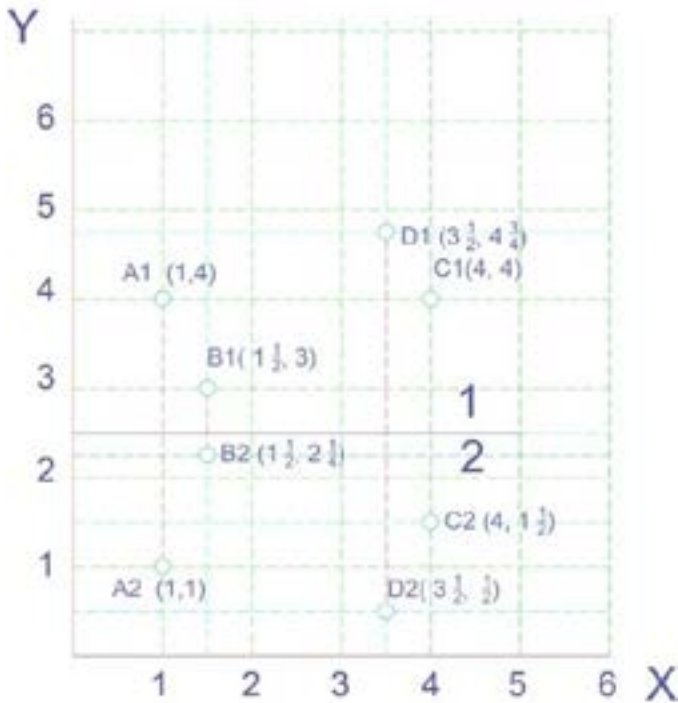
GRAFICAR EL PLANO ABCD.
 $\begin{matrix} X, Y, Y' \\ A(1, 1, 4) = & A2 (1, 1) & A1 (1, 4) \\ B(1 \frac{1}{2}, 2 \frac{1}{4}, 3) = & B (1 \frac{1}{2}, 2 \frac{1}{4}) & B(1 \frac{1}{2}, 3) \\ C(4, 1 \frac{1}{2}, 4) = & C (4, 1 \frac{1}{2}) & C (4, 4) \\ D(3 \frac{1}{2}, \frac{1}{2}, 4 \frac{3}{4}) = & D (3 \frac{1}{2}, \frac{1}{2}) & D (3 \frac{1}{2}, 4 \frac{3}{4}) \end{matrix}$

Nota: *En la imagen se dan los datos de presentación de problemas por el método de coordenadas.*

Ahora, se traza el plano cartesiano con los dos ejes: el de abscisas (x) y el de ordenadas (y), y se ubican los datos proporcionados para el ejercicio en coordenadas rectangulares, como se observa en la Figura 5.

Figura 5.

Ubicación de pares ordenados en el plano cartesiano.

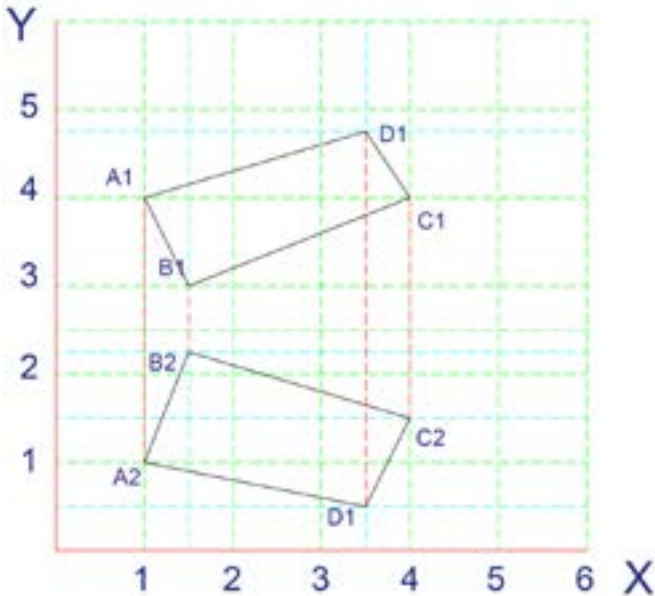


Nota: La imagen muestra los datos de presentación de problemas por el método de coordenadas.

Para poder avanzar, una vez localizados en el plano cartesiano los puntos del ejercicio, se unen y se conforman los dos planos en el plano horizontal y en el plano vertical.

Figura 6.

Método por coordenadas: gráfico en el plano horizontal y en el plano vertical.

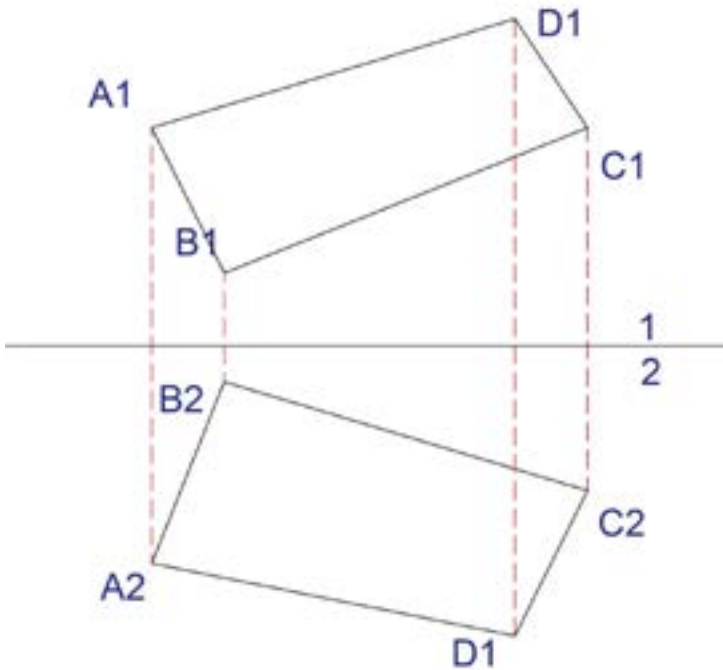


Nota: En el dibujo se observan los planos conformados en el sistema cartesiano.

Finalmente, cada par ordenado se ubica dentro del plano cartesiano: los puntos graficados en los que corresponden al plano 1 (Plano Horizontal) y al plano 2 (Plano Vertical), como se muestra en la Figura 6. A continuación, se borran los datos de los pares ordenados, para no confundir la gráfica; luego, se traza la línea de tierra (L.T.) que une los planos 1 y 2, como lo muestra la Figura 7.

Figura 7.

Método por coordenadas: colocación de la Línea de Tierra.



Nota: La imagen muestra exclusivamente los planos adaptados al plano cartesiano sin coordenadas.

Método por Rumbos

Otro sistema usado para graficar datos es mediante rumbos. Se utiliza los puntos cardinales, como son el Norte, ubicado en la parte superior o el espacio de la hoja; el Sur, en la parte de inferior del plano; el Este, a la derecha, y el Oeste, a la izquierda. Observe la Figura 8.

Figura 8.

La rosa de los vientos: los puntos cardinales.



Nota: *La figura muestra la denominada Rosa de los Vientos. Fuente: Imágenes Google.*

Con estas premisas, se procede a dibujar los datos de los ejercicios. En el plano horizontal (P.H.1) se colocan los referentes a los puntos cardinales norte (N), sur (S), este (E), oeste (O).

Del mismo modo, en el plano vertical (P.V.2) se procede a graficar los enunciados que constan como: por encima, por debajo; a nivel o a ras.

Ejemplo 2: Graficar el plano DEF. El punto E está 5 al Este, 6 al Norte y 3 por encima de D; el punto F está 2 al Oeste, 4 al Norte y 4 por debajo de D. Para proceder con la gráfica de este plano se debe observar en cuál punto faltan los datos, ya que corresponderá al punto de partida para el plano 1 y el plano 2. Cabe señalar que en el presente ejercicio no hay datos del punto D; entonces este es el punto desde donde se empieza a dibujar. Es decir, se inicia ubicando el punto D y, a partir de ahí, se colocan los datos del punto E y del punto F que corresponden N norte; S sur; E este; O oeste, como se observa en la Figura 9.

Figura 9.

Planteamiento del ejercicio con el método por rumbos.

Graficar el plano DEF:

El punto E está 5 al ESTE, 6 al NORTE y 3 por encima de D.

El punto F está 2 AL OESTE, 4 al NORTE Y 4 por debajo de D.



Nota: *La figura muestra la ubicación de los datos mediante rumbos.*

A continuación, se dibuja la línea de tierra 12 y se trazan líneas de proyección de cada punto. En el plano 2, el punto D también se constituye en punto de partida; con líneas

proyectoras ortogonales desde el plano 1 se grafican los datos, como ya se señaló, con los enunciados como: por encima, por debajo, a nivel o a ras. Se tomarán en cuenta todas las medidas para que el gráfico, al dibujar, no quede sobre el plano 1.

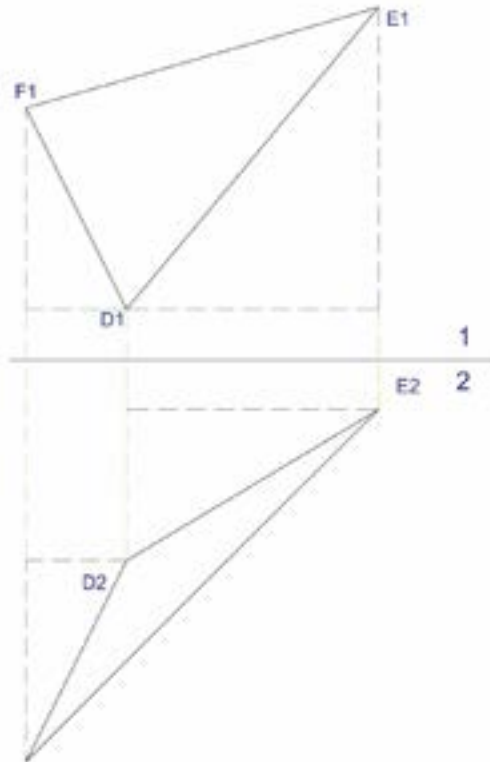
Figura 10.

Gráfico de puntos del ejercicio mediante el método por rumbos.

Graticar el plano DEF:

El punto E está 5 al ESTE, 6 al NORTE y 3 por encima de D.

El punto F está 2 al OESTE, 4 al NORTE y 4 por debajo de D.



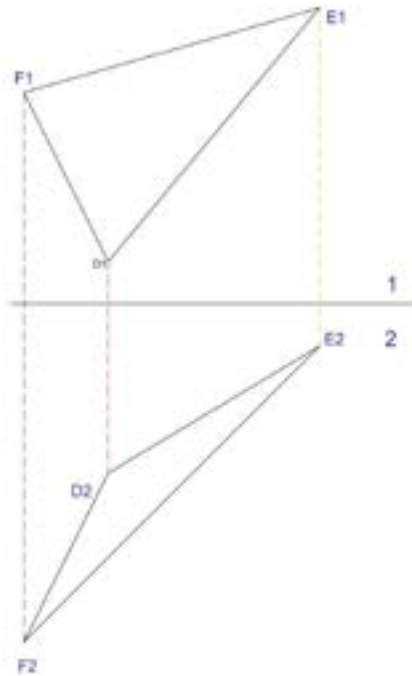
Nota: La figura muestra los datos de presentación de problemas por el método de rumbos.

Para concluir, se unen los puntos y se conforma el plano DEF en los planos horizontal y vertical. Cabe señalar que los tres procedimientos de representación o presentación de problemas gráfico, por coordenadas y por rumbos, únicamente corresponden a la colocación de datos en el plano bidimensional; luego, de acuerdo con el caso, se inicia la resolución de lo requerido hasta llegar al planteamiento de alguna solución específica.

Figura 11.

Gráfico de Plano DEF.

Graficar el plano DEF:



Nota: El dibujo presenta la unión de conformación del plano DEF en los planos horizontal y vertical.

Figura 13.

Gráfico de Plano DEF.

GRAFICAR EL PLANO
ABC

X, Y, Y'

A($6\frac{1}{2}$, 2, 4) A2($6\frac{1}{2}$, 2)

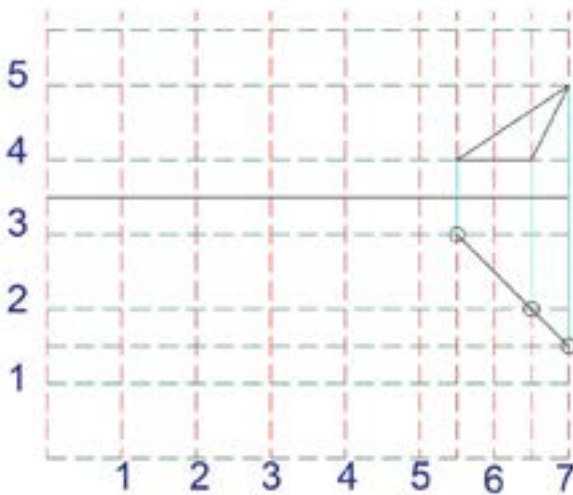
A1($6\frac{1}{2}$, 4)

B(7, $1\frac{1}{2}$, 5) B2(7, $1\frac{1}{2}$)

B1(7, 5)

C($5\frac{1}{2}$, 3, 4) C2($5\frac{1}{2}$, 3)

C1($5\frac{1}{2}$, 4)



Nota: El gráfico muestra el plano ABD en los planos horizontal y vertical.

Ejercicios de refuerzo sobre presentación de problemas

Graficar los siguientes ejercicios:¹

1. A (1,1,3) B (1 ½, 2, 4 ½) C (3,1,3 ½)
2. D (1,2,3 ½) E (2,1,4 ½) F (3,2 ½, 4)
3. F (1, ½, 4), G (1,2,3) H (2 ½, 1 ½, 4 ½)
4. X (7, 2 ¼, 3) Y (6,1,4) Z (5,2,4 ¼)
5. R (6 ½,2,4) S (7,1 ½, 5) T (5 ½, 3,4)
6. En el plano NOP, N está 7 al oeste, 4 al norte, y 3 por encima de O; el punto P está 1.5 al Oeste, 2 al Norte y 2.5 por debajo de O.
7. En el plano XYZ, el punto Y está 2.9 al Este, y a la misma elevación de X. El punto Z está 3.6 al Este y 3 por debajo de X.
8. En el plano TUV el punto U está 3.6 al Sur, y 4.3 por encima de T. El punto V está 4.9 al este, 2.3 al norte y a la misma elevación de T.

1 Tomados y adaptados del texto *Geometría Descriptiva de Shaum* (Schaum, 1976, pág. 49)

CAPÍTULO III

**PRINCIPIOS BÁSICOS
DE LA PROYECCIÓN
ORTOGONAL**

La proyección ortogonal consiste en proyectar diferentes elementos geométricos, como son puntos, líneas, planos y volúmenes, en un plano tridimensional, a través del dibujo de axonometrías, y paralelamente realizar su representación bidimensional, denominada abatimiento. El espacio de tres dimensiones o tridimensional de los objetos es concebido con medidas de ancho, alto y profundidad.

Términos utilizados en la proyección ortogonal

Líneas visuales

Son las líneas de vista imaginarias paralelas desde el observador hacia un determinado objeto.

Líneas proyectoras

Son las prolongaciones de las líneas visuales desde el observador hacia un determinado objeto (punto, línea, plano...) situado en el espacio.

Planos de proyección

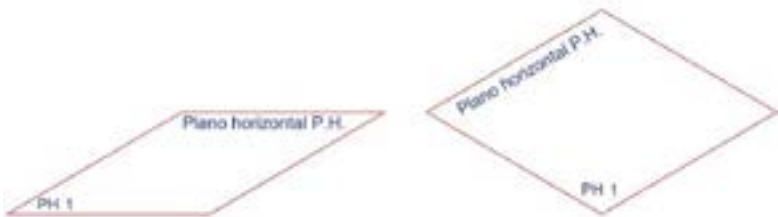
Son superficies planas transparentes y perpendiculares al observador frente a un determinado objeto. También son denominados planos de imagen y, de acuerdo con su posición, se determinan diferentes planos de proyección: el plano de proyección horizontal o planta; el plano vertical o vista frontal; los planos de proyección de perfil o vistas de elevación derecha e izquierda y las proyecciones o vistas inclinadas auxiliares como lo muestran las Figuras 14,15 y 16.

Línea de tierra

Es la recta común entre dos planos: el plano horizontal o planta y el plano vertical o vista frontal.

Figura 14.

Representación del plano horizontal.



Nota: El dibujo presenta la visualización en tres dimensiones del plano horizontal.

Figura 15.

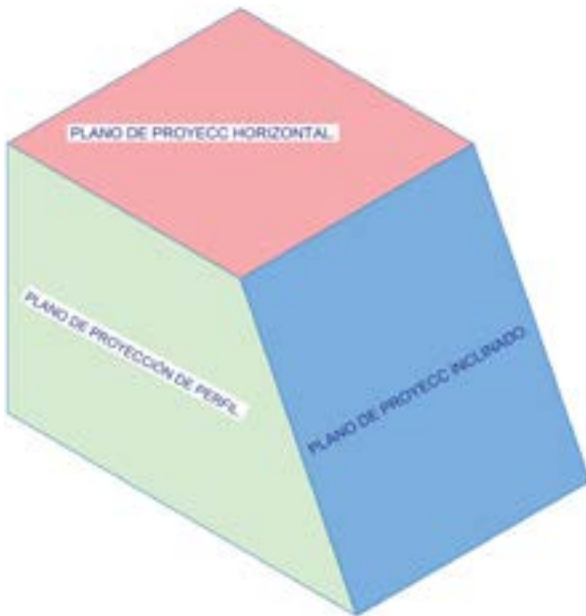
Representación de planos.



Nota: La ilustración presenta la unión de conformación de planos.

Figura 16.

Representación de planos de proyección.



Nota: El gráfico muestra la visualización tridimensional de los planos horizontal y de perfil.

Proyección ortogonal de elementos básicos de la geometría descriptiva

La geometría descriptiva se enfoca en el análisis y en las relaciones espaciales del campo tridimensional, es decir, en tres dimensiones que se representan en un papel, haciendo uso de la proyección ortogonal, la cual se realiza en planos conocidos como planos de proyección. La representación gráfica de diferentes elementos u objetos tridimensionales en una superficie plana, evidentemente, conduce al cambio de las formas reales.

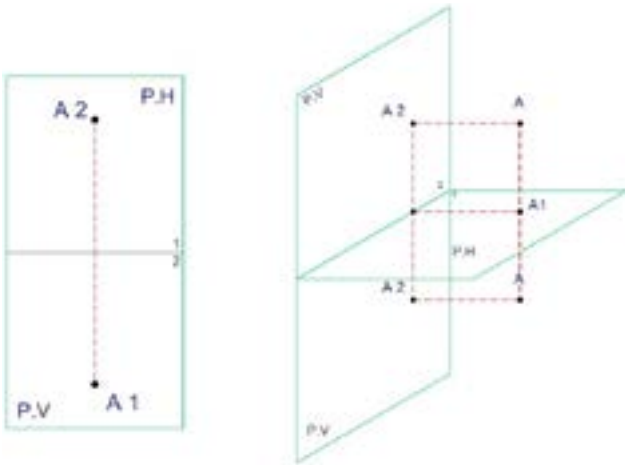
Proyección ortogonal de un punto

El punto es considerado como el elemento más simple, pero ayuda a la comprensión desde la percepción en arquitectura como un elemento suspendido en el espacio, como se observa en las Figuras 17 y 18. Ejemplificando, puede ser una bombilla o foco u otro tipo de luminaria u objeto suspendido en una habitación.

El sistema conformado por los planos horizontal y vertical se denomina diédrico y divide al espacio en cuatro cuadrantes: I, II, III y IV, como también lo menciona el autor Ángel Taibo (2016, p. 75).

Figura 17.

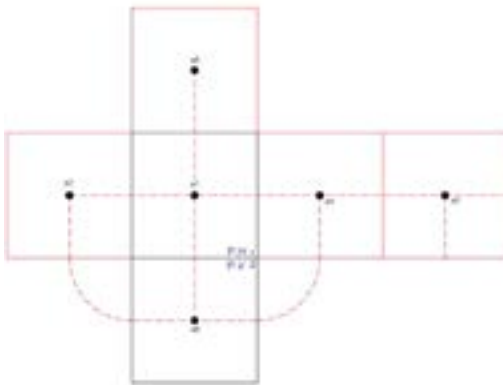
Proyecciones ortogonal de un punto en dos planos.



Nota: En la imagen se observa la visualización de los planos horizontal y vertical.

Figura 18.

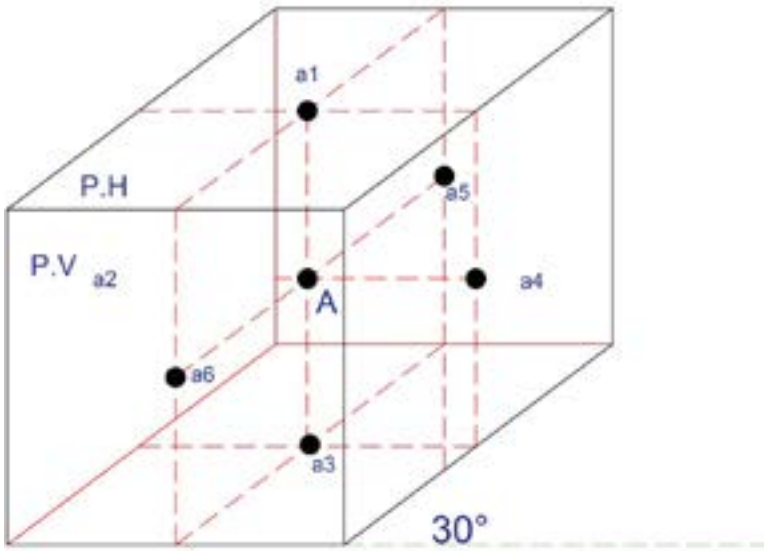
Proyecciones ortogonal de un punto en forma bidimensional.



Nota: En las figuras se observan la descriptiva de un punto y su visualización en los planos horizontal y vertical.

Figura 19.

Proyección tridimensional de punto dentro de un cubo.



Nota: En la figura se muestra la proyección tridimensional de un punto seis planos.

En la imagen 19 se puede observar que las distancias desde las aristas a los planos vertical y laterales, así como las magnitudes desde las aristas a los puntos a1, a2, a6 y a4, son las mismas; es decir, si nos saltamos el plano horizontal, las medidas se repiten.

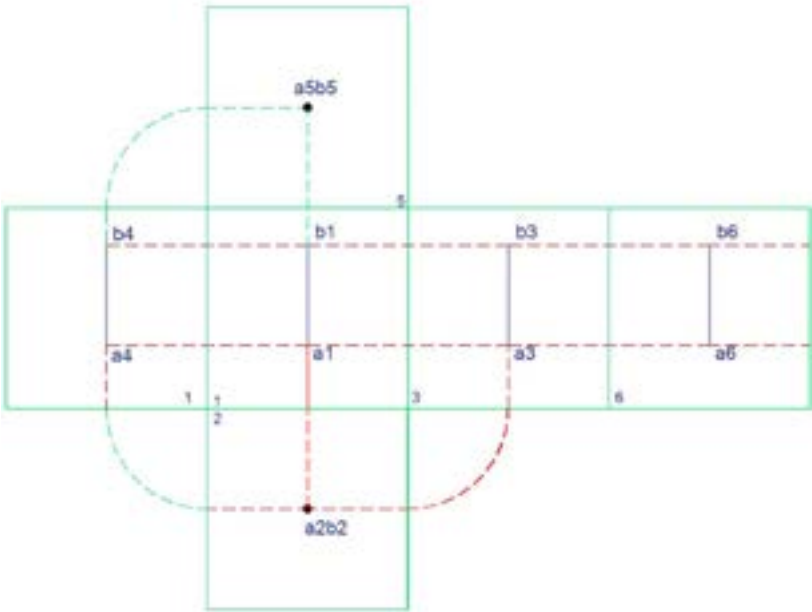
Proyección ortogonal de rectas

El segundo elemento geométrico es la recta, que se define como una sucesión de puntos; tiene diferentes clasificaciones de acuerdo con su forma, en rectas y curvas, y según su posición con respecto a otras rectas, en paralelas, perpendiculares, convergentes y divergentes.

Otro aspecto importante dentro de las proyecciones ortogonales de la recta en posición vertical es la determinación de que, en los planos de contorno o planos de imagen, las alturas se repiten. Ver las Figuras 20, 21, 22 y 23.

Figura 20.

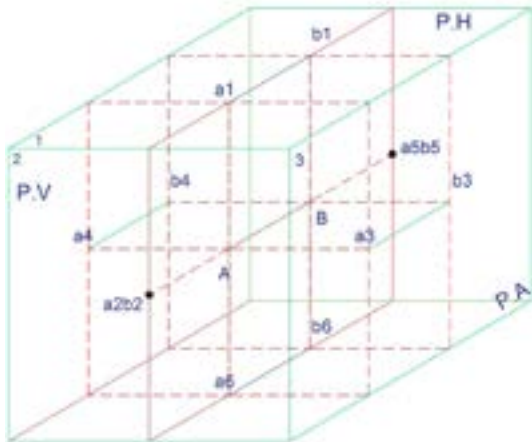
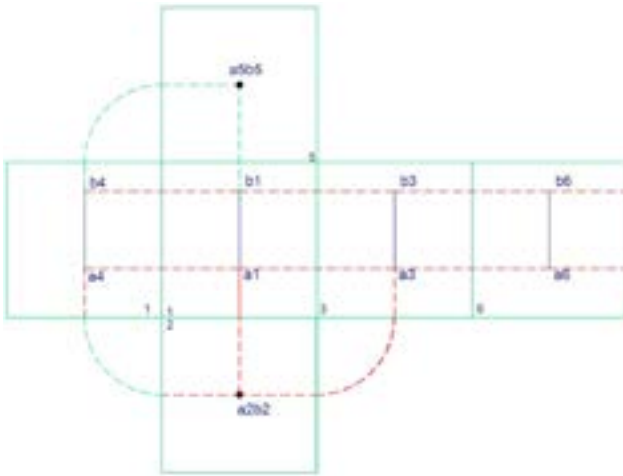
Abatimiento de la proyección de una recta paralela al PH y perpendicular al PV.



Nota: En la imagen se mira el abatimiento de una recta sobre seis planos.

Figura 21.

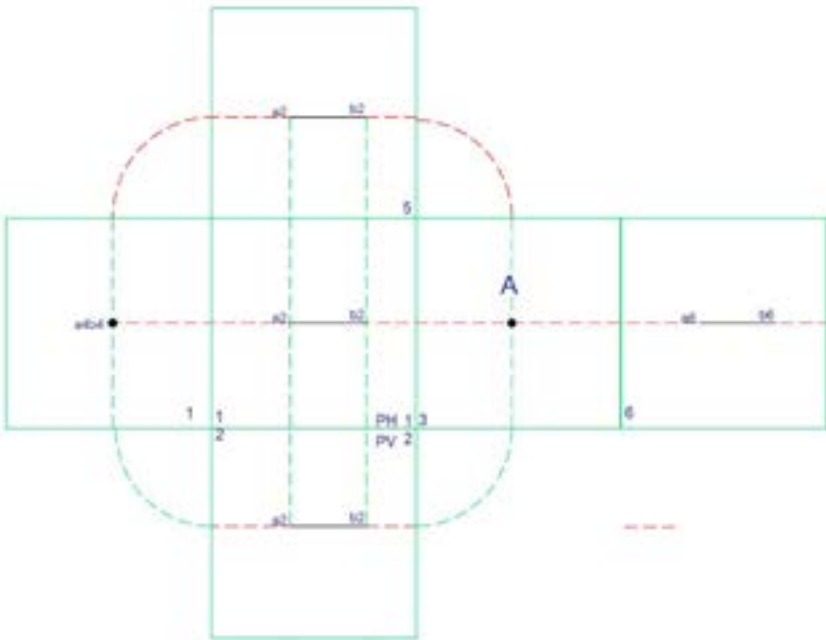
Proyección ortogonal de una recta paralela al PH y perpendicular al PV.



Nota: La gráfica muestra el abatimiento y la descriptiva de una recta paralela al plano horizontal.

Figura 22.

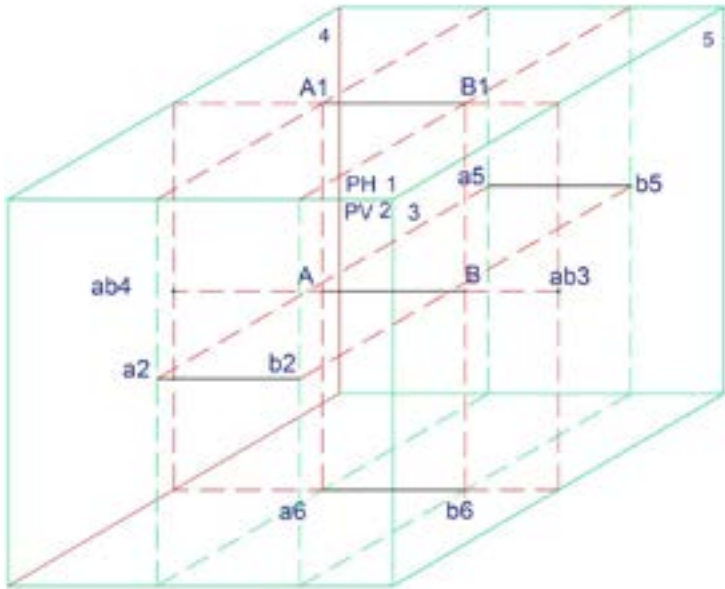
Proyección de una recta paralela al PH y perpendicular al PV.



Nota: La gráfica muestra el abatimiento y la descriptiva de una recta paralela al plano horizontal.

Figura 23.

Abatimiento de la proyección de una recta paralela al PH y al PV.



Nota: La gráfica muestra el abatimiento y la descriptiva de una recta paralela al plano horizontal.

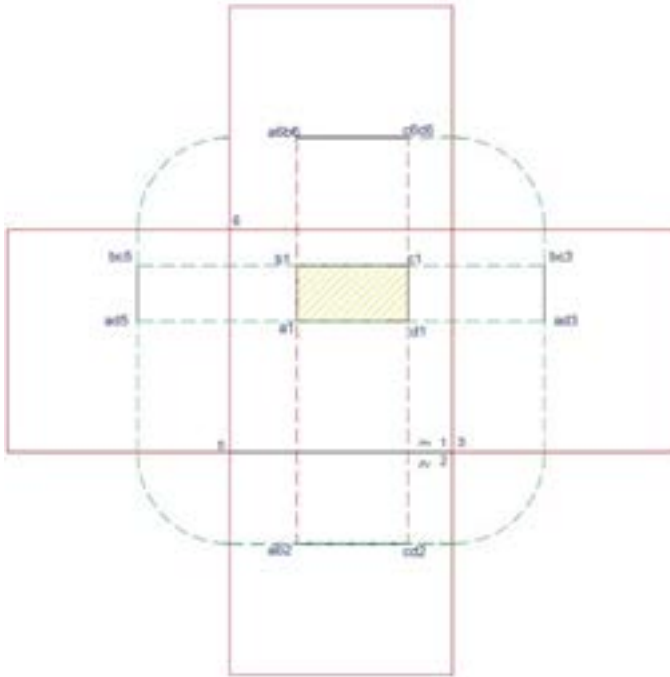
Proyección ortogonal de planos

El tercer elemento de la geometría es el plano. Se lo define como la representación gráfica de una superficie que contiene un infinito número de puntos y rectas. También se lo conceptualiza como un elemento de dos dimensiones.

En la proyección tridimensional del plano horizontal, en los planos perpendiculares al plano se obtiene la visualización de una recta; mientras que en los planos paralelos al plano proyectado se observa la imagen del plano. Concluyendo, de acuerdo con la posición horizontal, vertical o inclinada del plano, se observa o se visualiza como recta o como plano. Observar las Figuras 24 y 25.

Figura 24.

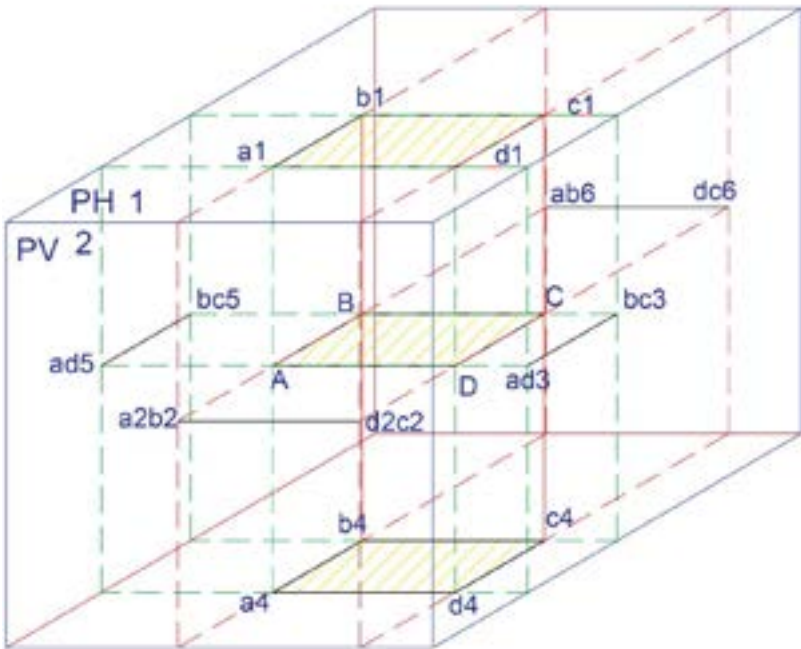
Proyección del plano ABCD paralelo al PH.



Nota: La gráfica muestra el abatimiento del plano paralela al plano horizontal.

Figura 25.

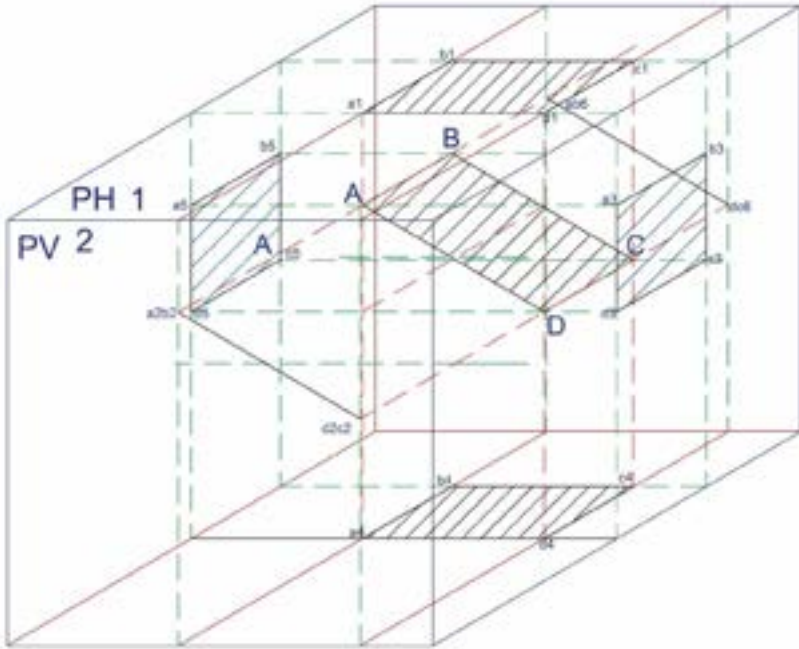
Abatimiento de la proyección de un plano paralelo al PH y perpendicular al PV.



Nota: La imagen presenta la proyección ortogonal del plano ABCD.

Figura 27.

Proyección de un plano paralelo al PH y perpendicular al PV.



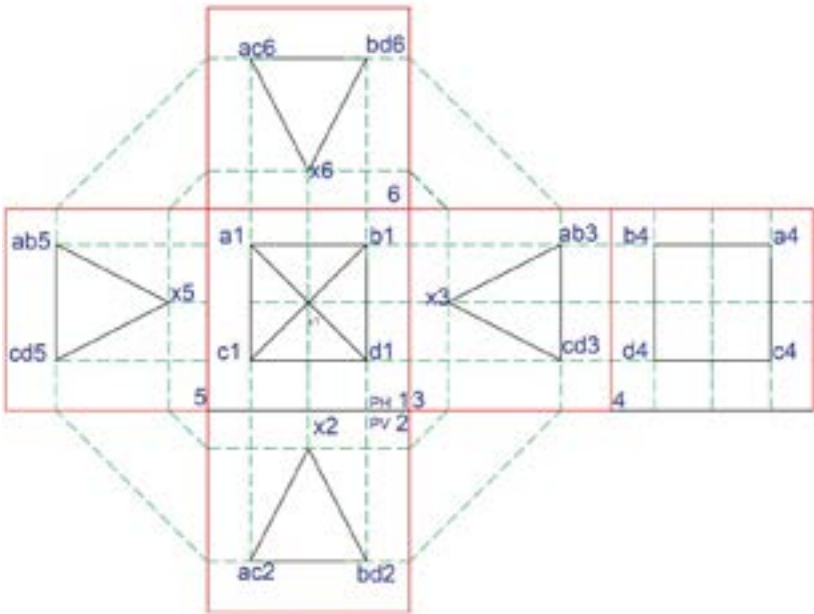
Nota: En la imagen se muestra la proyección ortogonal del plano inclinado ABCD.

Proyección ortogonal de volúmenes

El cuarto elemento de la geometría es el volumen. Se define como la representación gráfica de una figura tridimensional. Es una magnitud escalar que tiene largo, ancho y altura. De la misma forma, contiene un infinito número de puntos y rectas (ver Figuras 28 y 29).

Figura 28.

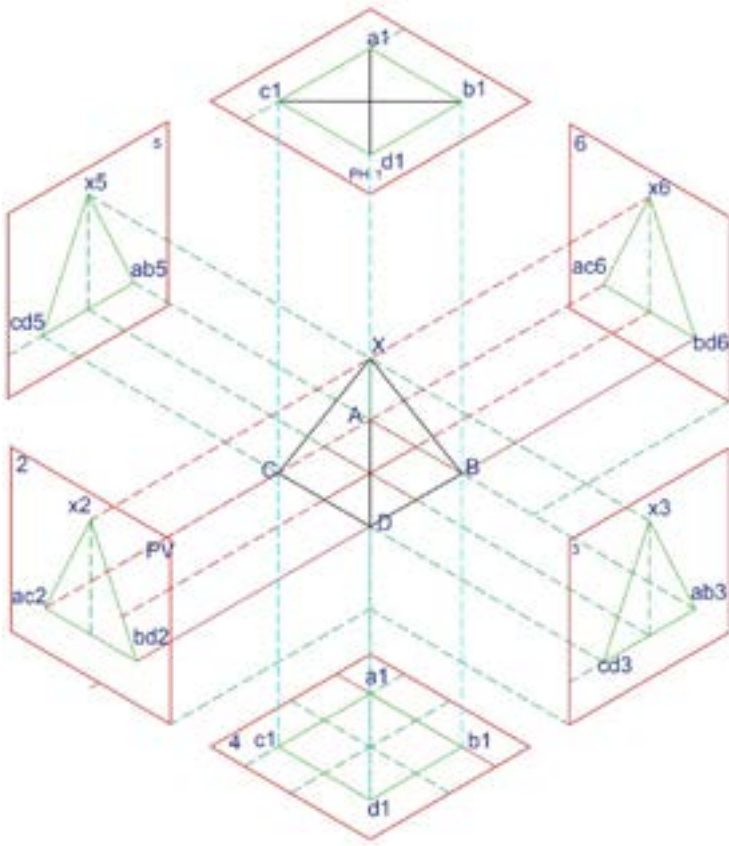
Abatimiento de una pirámide de base cuadrangular.



Nota: En la figura se presenta el abatimiento de una pirámide de base cuadrangular.

Figura 29.

Proyección de una pirámide de base cuadrangular.

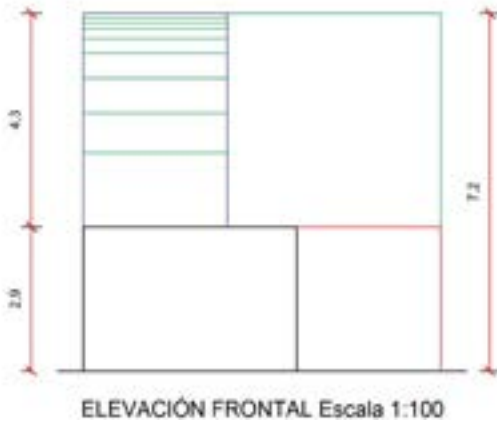
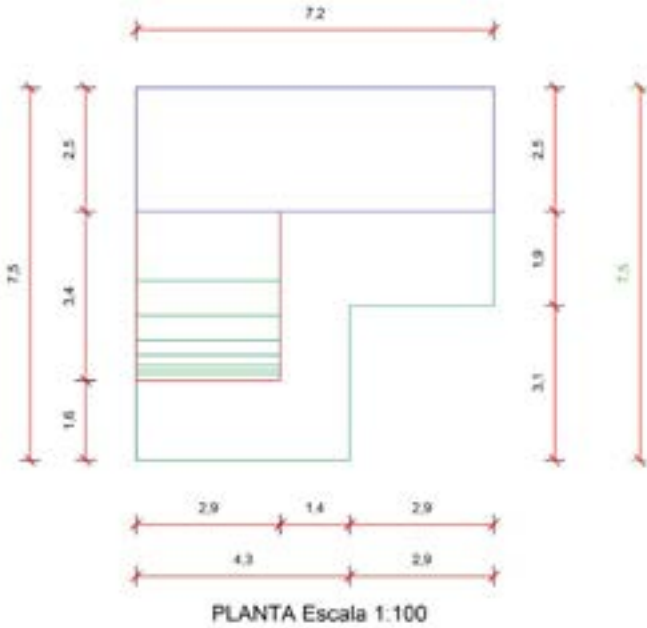


Nota: La figura muestra la proyección ortogonal de una pirámide de base cuadrangular.

También, en la proyección de los objetos o figuras tridimensionales, que tienen planos inclinados al realizar las proyecciones sobre diferentes planos perpendiculares, las magnitudes no son reales y se perciben o ven de menor tamaño. Esto se puede observar en la Figura 30, mientras que en la 31 consta la proyección ortogonal.

Figura 30.

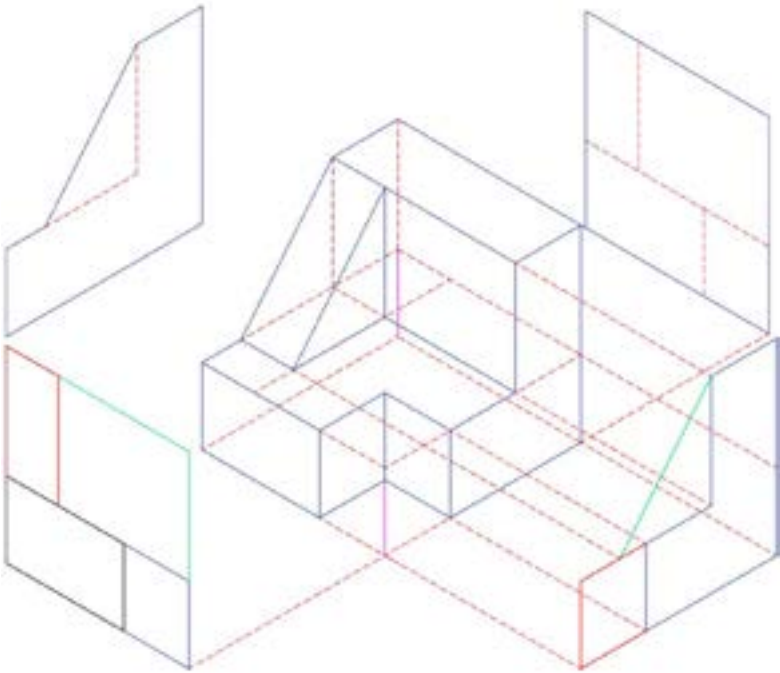
Datos de vista superior y vista frontal de un volumen irregular.



Nota: En el dibujo se presentan los datos de planta y vista frontal de un volumen irregular para la construcción de la proyección ortogonal.

Figura 31.

Proyección Isométrica de un volumen irregular.



Nota: En el dibujo se presenta la axonometría del volumen irregular y la proyección ortogonal de las vistas.

Figura 32.

Proyección ortogonal de un volumen.



Nota: La gráfica muestra el volumen irregular y las proyecciones en todas las vistas.

Por último, para un mejor entendimiento de las proyecciones desde la cátedra de geometría descriptiva, se plantearon varios ejercicios que se trasladaron a una representación tridimensional basada en maquetas de acrílico transparente, como se puede observar a continuación en las Figuras 32, 33, 34, 35, 36 y 37, en donde se grafican todas las proyecciones de las caras o vistas de los volúmenes suspendidos o confinados dentro del cubo.

Figura 33.

Fotografías de la maqueta de aplicación de Proyección Ortogonal de un volumen #1.



Nota: La fotografía muestra las proyecciones de un volumen irregular #1 dentro de un cubo acrílico.

Figura 34.

Fotografía de la maqueta de aplicación de Proyección Ortogonal de un volumen # 2.



Figura 35.

Fotografía de la maqueta de volumen # 2 con aplicación de Proyección Ortogonal.



Nota: La fotografía muestra otra vista de la proyección del volumen # 2.

Figura 36.

Fotografía de la maqueta de aplicación de Proyección Ortogonal de un volumen # 3.



Nota: La fotografía muestra las proyecciones del volumen # 3 dentro de un cubo acrílico.

Figura 37.

Fotografía del volumen #3 desde otro punto de vista.



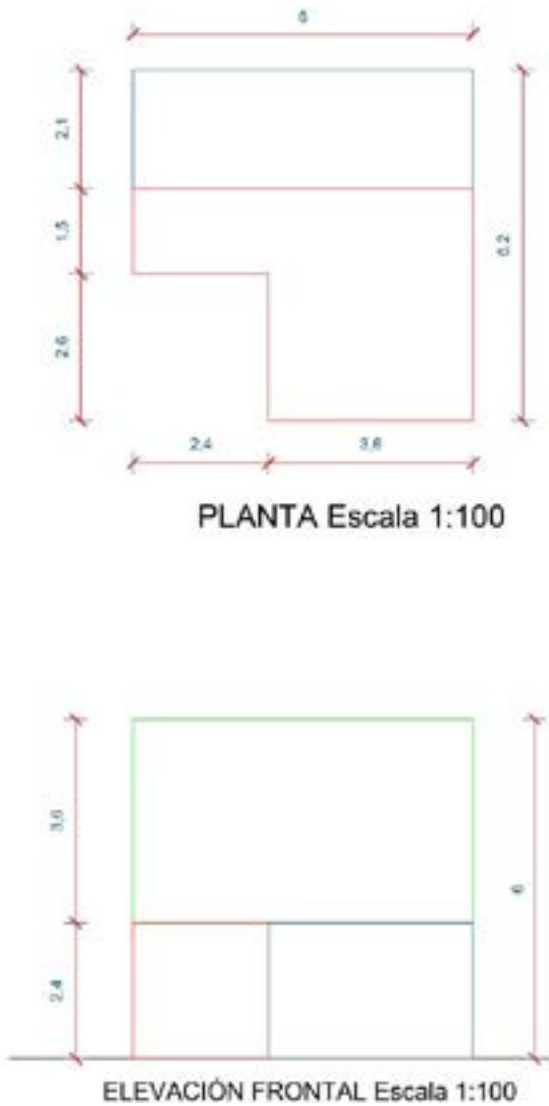
Nota: La imagen muestra las proyecciones del volumen # 3 dentro de una maqueta de acrílico.

Ejercicios propuestos sobre proyecciones

1. Realizar la proyección ortogonal de una pirámide trunca, de base rectangular, en 4 planos auxiliares.
2. Realizar la proyección ortogonal de una pirámide de base pentagonal en 4 planos auxiliares.
3. Realizar la proyección ortogonal de una pirámide de base hexagonal en 4 planos auxiliares.
4. Desarrollar la proyección ortogonal de un volumen con base en los siguientes datos de la Figura 38:

Figura 38.

Planta y vista frontal de un volumen.



Nota: La figura presenta los datos de un volumen irregular para la construcción de la proyección ortogonal.

CAPÍTULO IV

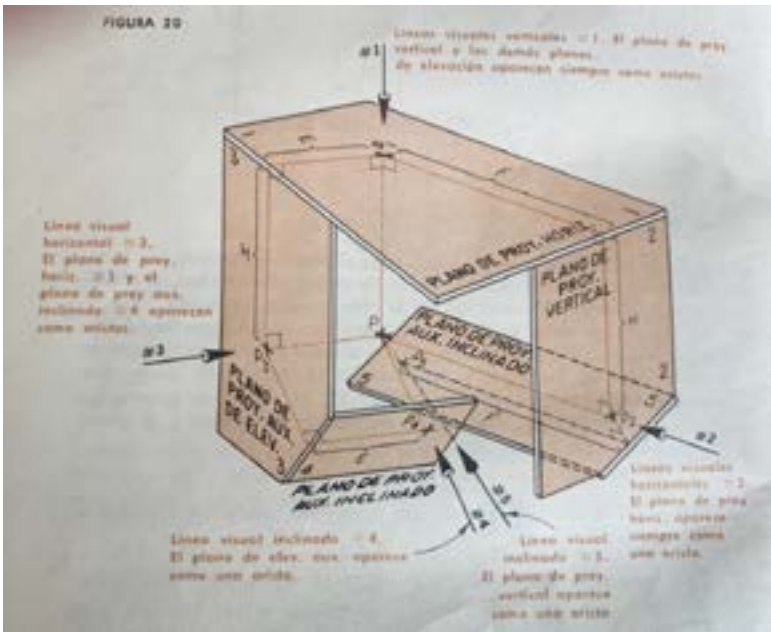
LA APLICACIÓN DE LA CLAVE DE LA PROYECCIÓN ORTOGONAL

El autor Steve M. Slaby, sobre la clave de la proyección ortogonal, menciona: “El sistema de proyección ortogonal usado en Geometría Descriptiva está basado en planos de proyección mutuamente perpendiculares y en líneas proyectoras que son perpendiculares a los planos de proyección” (ver Figura 39). En este sentido, también señala que: “planos de proyecciones consecutivos, en donde dos planos de proyección son siempre perpendiculares a un tercero” (1969, p. 19).

Resumiendo, el principio presentado en la aplicación y resolución de ejercicios y problemas planteados, y para una fácil comprensión de la clave de la proyección ortogonal, se formula de la siguiente manera: pasando de un plano a otro, los datos o medidas se repiten; este principio se cumple en todo tipo de elemento: puntos, rectas, planos y volúmenes. Esta conclusión se puede observar en los diferentes gráficos de la proyección ortogonal de los elementos de geometría descriptiva, demostrados en la Figura 32 y en la Figura 33, las cuales fueron tomadas del texto mencionado. En ellas se observa que las medidas del segmento E del plano 1 se replican en el plano 4; de la misma manera, la distancia H del plano 2 tiene su imagen en el plano 3.

Figura 39.

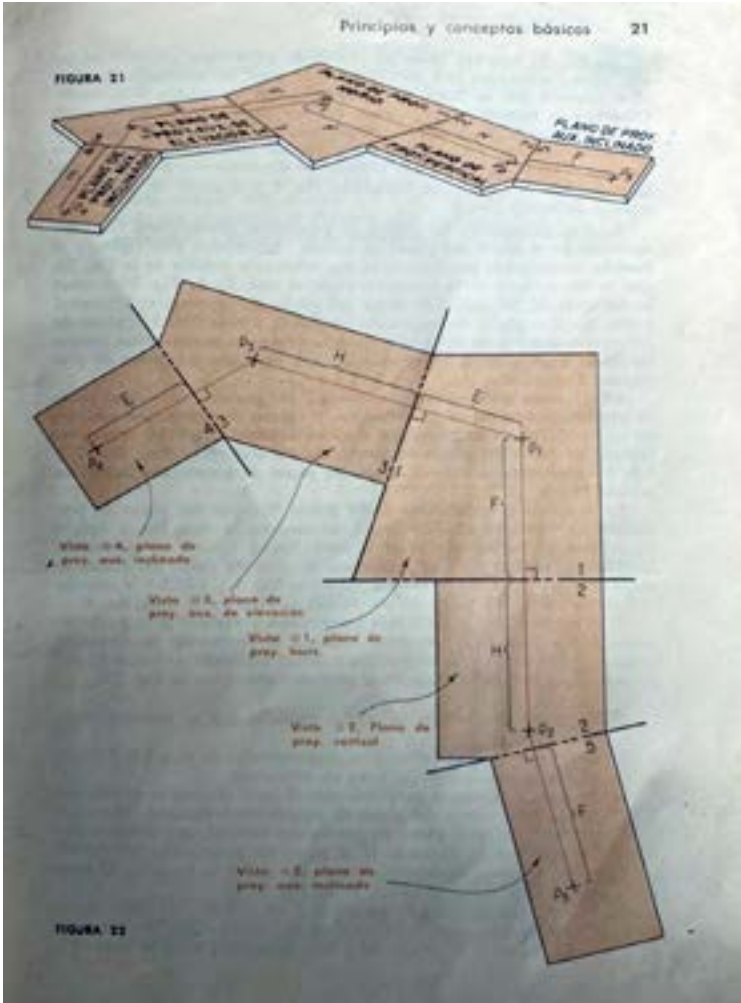
Imagen de una figura irregular con aplicación de la clave de la proyección ortogonal en 3D.



Nota: Fotografía tomada sobre la clave de la proyección ortogonal. Tomada del texto de Geometría Descriptiva de Steve M. Slaby (1969, p. 20).

Figura 40.

Imagen de la figura irregular con aplicación de la clave de la proyección ortogonal en 2D.



Nota: Fotografía tomada sobre la clave de la proyección ortogonal, perteneciente al texto de Geometría Descriptiva de Steve M. Slaby (1969, p. 21).

Efectivamente, en los gráficos tanto en 2D como en 3D se observa que, si se inicia analizando los datos del plano 1, estos se replican en el plano 4, haciendo énfasis en que las medidas se toman desde la arista o unión entre dos planos hacia cada punto; la distancia H se replica en el plano 3; la distancia F del plano 1, y de la misma manera se repite en el plano 5.

Este principio se utilizará más adelante en ejercicios de vistas sucesivas, determinación de vista de canto y, en general, para resolver gráficamente, de manera bidimensional, intersecciones y verdaderas magnitudes de rectas y planos. Esto se muestra en las Figuras 39 y 40.

Aplicación de la clave de la proyección ortogonal en vistas sucesivas

Vistas sucesivas de rectas

En primer lugar, se hace necesario determinar la designación de las líneas de referencia que representan los planos en donde se van a trazar los diferentes casos o problemas, como lo menciona el autor Schaum:

Debido a que, la mayor parte de los problemas de Geometría Descriptiva exigen vistas proyectadas sobre planos distintos de los tres planos principales (H, F, P) se hace necesario designar estas líneas de intersección adicionales por medio de algún sistema lógico. El autor sugiere usar números para designar estos planos de imagen adicionales. (1976, p. 8)

Estas líneas, denominadas de referencia, representan las aristas de los planos y pueden ser colocadas con cualquier

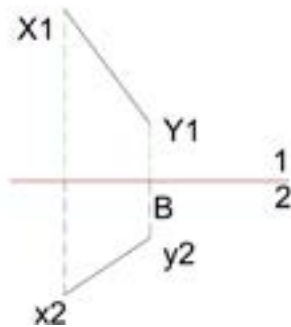
ángulo de inclinación; además, se van numerando en orden, tomando en cuenta el plano anterior. Cabe destacar que los trazados siempre serán ortogonales a dichos planos, es decir, con un ángulo de 90° , debido a que se trata de una proyección ortogonal (Figura 41).

Figura 41.

Datos de la Recta XY.

Hallar las vistas sucesivas de la recta XY:

X(1, 1 $\frac{1}{4}$, 5 $\frac{1}{2}$):
 X2(1, 1 $\frac{1}{4}$) X1 (1, 5 $\frac{1}{2}$)
 Y(2 1/2, 2 1/4, 3 1/2):
 Y2(2 $\frac{1}{2}$, 2 $\frac{1}{4}$) Y1(2 $\frac{1}{2}$, 3 $\frac{1}{2}$)

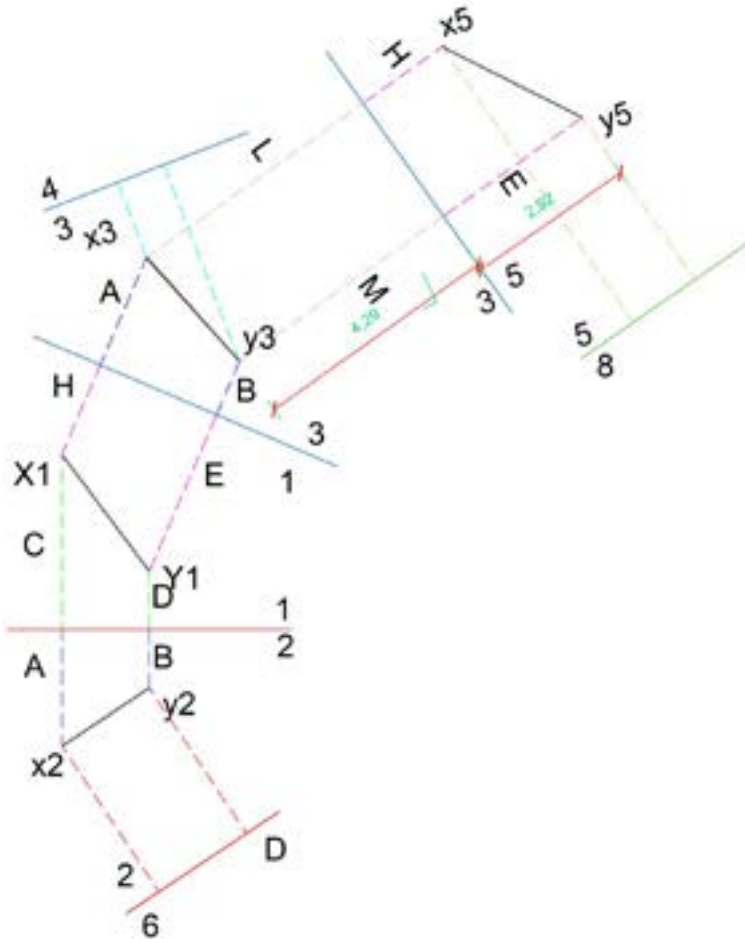


Nota: La imagen muestra los datos de la recta XY.

Así también, como lo muestra la Figura 42, el número de planos que se van generando es infinito y dependerá del espacio de trabajo disponible en el formato o lámina de dibujo utilizado; el estudiante o arquitecto se encargará de utilizar la escala más apropiada.

Figura 42.

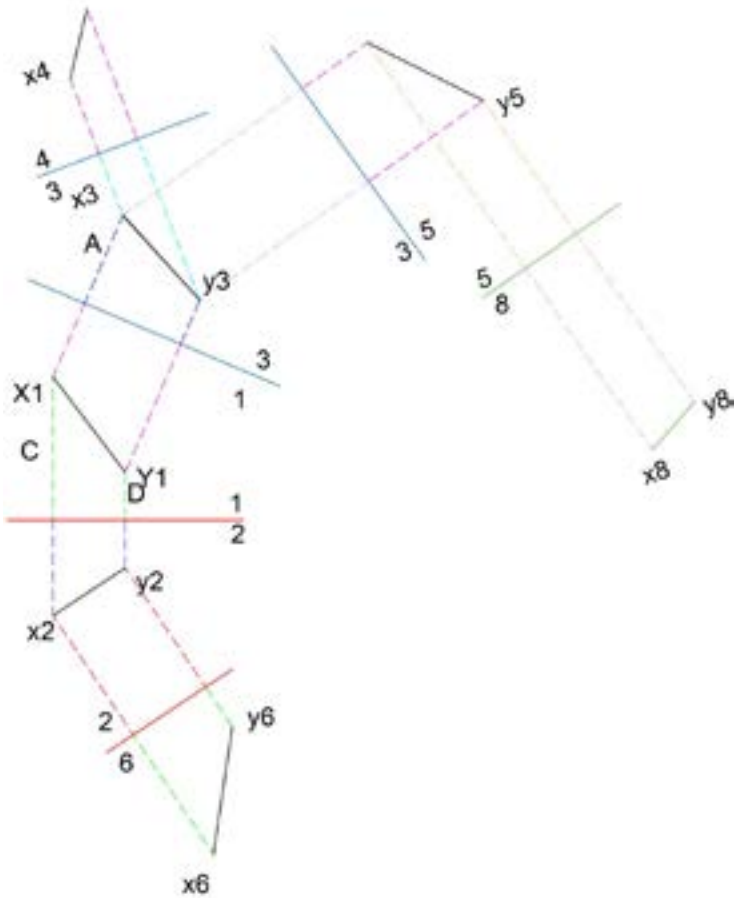
Aplicación clave de la proyección ortogonal, en las vistas sucesivas de la recta XY.



Nota: La figura señala la generación de planos mediante las líneas de referencia, para determinar vistas sucesivas.

Figura 43.

Vistas sucesivas de una recta.



Nota: Traslado de medidas de las distancias de los planos a los puntos, pasando un plano utilizado en problemas de vistas sucesivas.

Para la construcción de vistas sucesivas de una recta XY, presentadas en las Figuras 42 y 43, se procede inicialmente a colocar los datos del ejercicio. En cualquier método de presentación de problemas, del plano horizontal x_1 e y_1 y del vertical x_2 e y_2 , se realiza la gráfica de la recta con los datos proporcionados y, luego, se van colocando los planos, tomando en cuenta que los números no se repitan; posteriormente, se trazan perpendicularmente las proyecciones, tomando los datos del plano al punto y aplicando la clave de la proyección ortogonal; es decir, saltando un plano, las medidas se repiten.

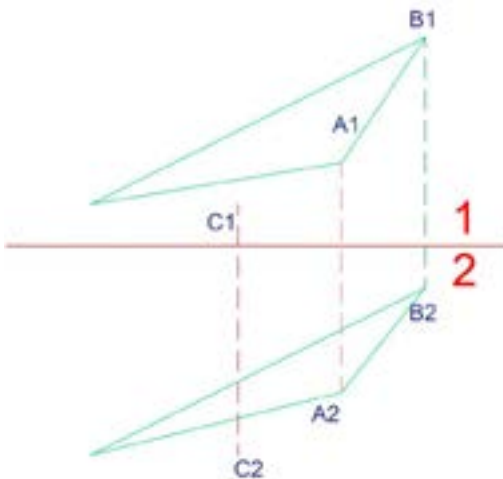
Vistas sucesivas de planos

Las vistas sucesivas de planos siguen los mismos lineamientos que las rectas; en resumen, se grafican los datos del problema, como se indica en la Figura 44, y se generan planos consecutivos.

Figura 44.

Gráfico de datos del plano ABC

Graficar el plano ABC :
B está 1 al Este, 1.5 AL Norte Y 1.25 Por encima de A
C está 3 al Oeste, 0.5 al Sur, Y 0.75 Por debajo de A.

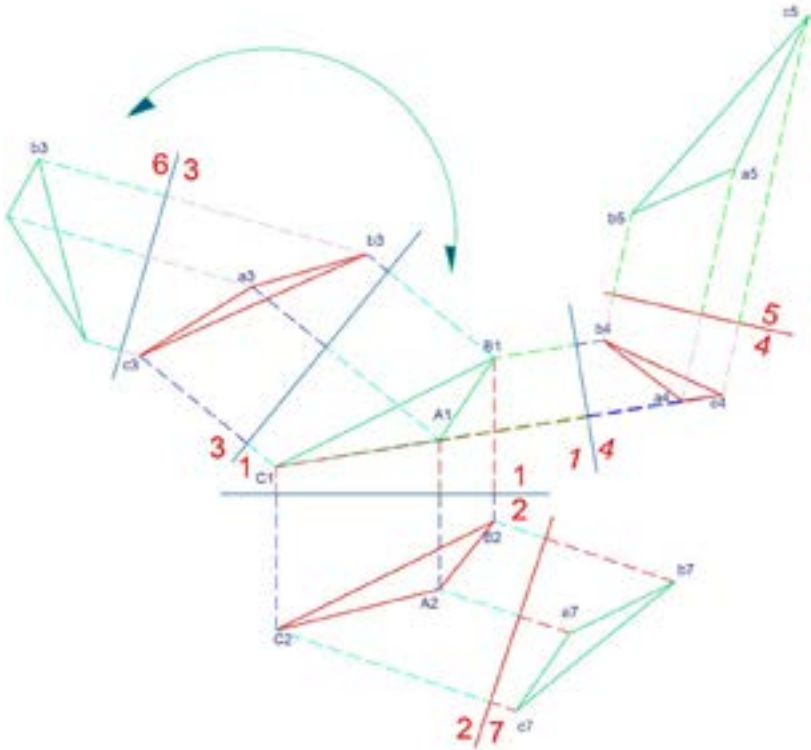


Nota: La gráfica muestra los datos del plano ABC, mediante al método de presentación de problemas por rumbos.

Empleando el principio de la clave de la proyección ortogonal, como lo indica la Figura 45, es decir, trasladar las medidas saltándose un plano de cada punto que conforma la superficie proyectada, se desarrollan las vistas sucesivas del plano ABC.

Figura 45.

Vistas sucesivas de un plano correspondientes al plano ABC.



Nota: En la figura se muestra la aplicación de la clave de la proyección ortogonal de un plano ABC.

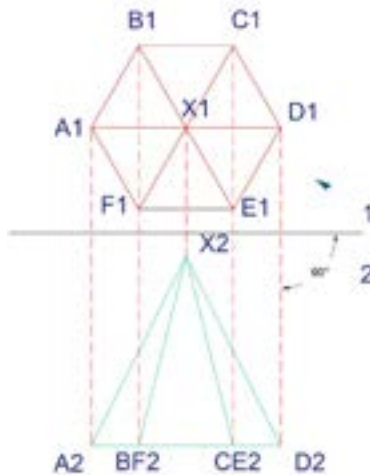
Vistas sucesivas de volúmenes

Las vistas sucesivas de volúmenes siguen los mismos principios que se aplican en las rectas y planos. Por último, el proceso debe seguir los mismos pasos: graficar los datos del problema, colocar planos consecutivos y aplicar la clave de proyección ortogonal, es decir, trasladar magnitudes saltándose un plano. Obsérvese que las líneas proyectadas siempre forman un ángulo de 90° , sin importar la posición en que se coloquen las líneas de referencia.

Un ejemplo de las vistas sucesivas de una pirámide de base hexagonal parte de los datos en el plano horizontal y de la proyección ortogonal en el plano vertical, con el gráfico de la altura de la pirámide, con la cúspide en el punto X2. Observen las Figuras 46 y 47.

Figura 46.

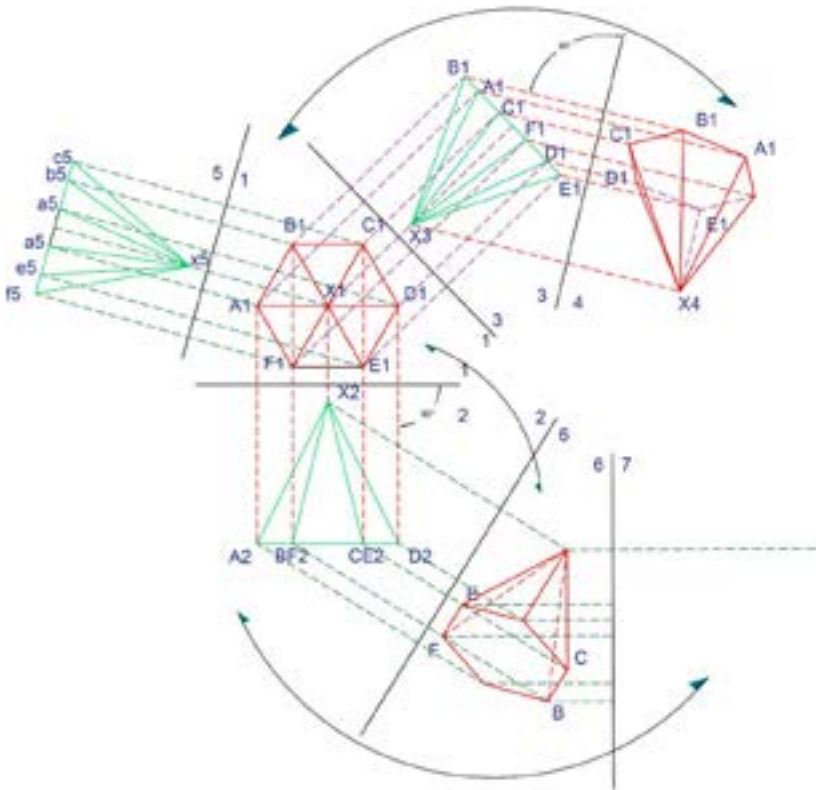
Datos de una pirámide de base hexagonal.



Nota: La figura proporciona los datos de una pirámide de base hexagonal.

Figura 47.

Vistas sucesivas de una pirámide de base hexagonal.

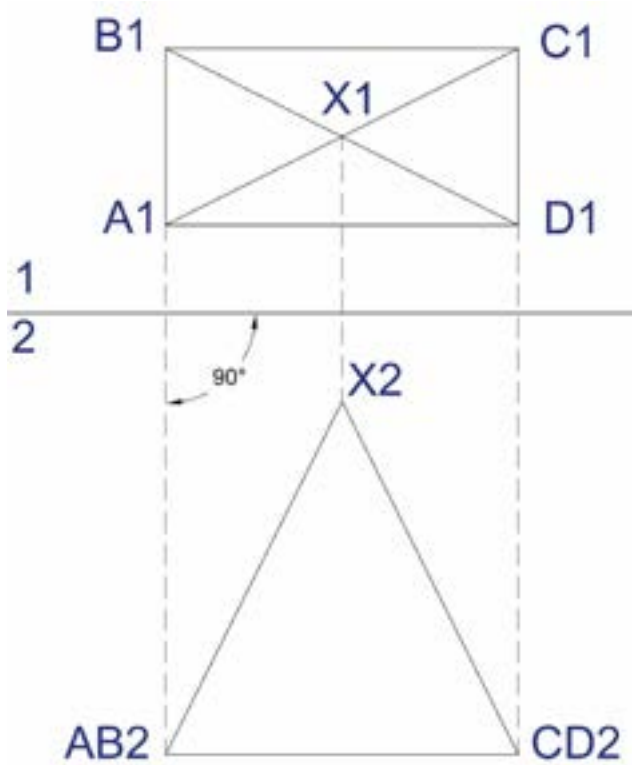


Nota: En la imagen se plantean varios planos para aplicar la clave de la proyección ortogonal.

En el caso de la consecución de las vistas sucesivas de una pirámide de base rectangular, mostrada en las Figuras 48 y 49, se grafican los datos del plano horizontal y del plano vertical, y se generan planos auxiliares hacia los cuales se proyecta cada punto del volumen planteado.

Figura 48.

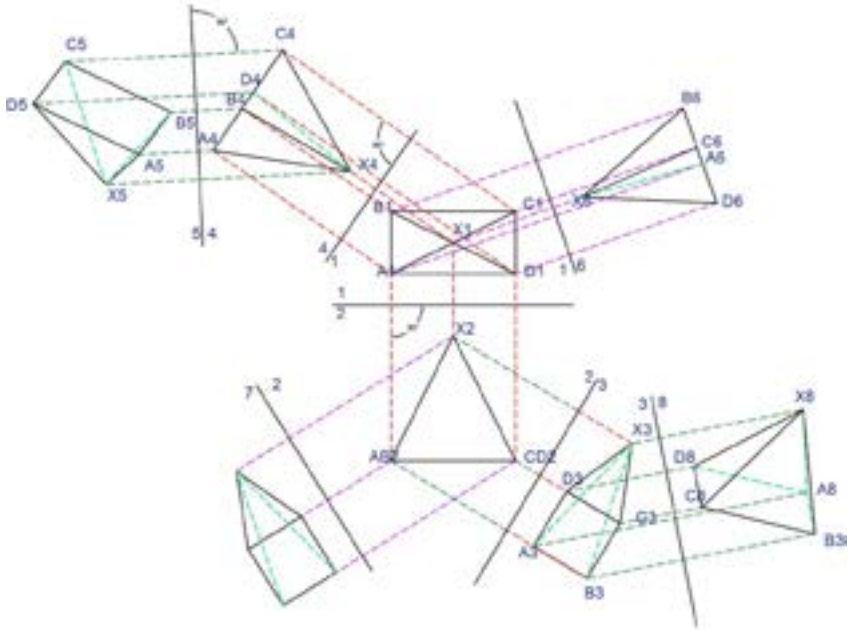
Datos de la pirámide de base rectangular.



Nota: La figura proporciona los datos de una pirámide de base rectangular.

Figura 49.

Vistas sucesivas de una pirámide de base rectangular.



Nota: En la figura se proyectan los planos en donde se aplica la clave de la proyección ortogonal.

Ejercicios de refuerzo sobre vistas sucesivas

1. Desarrollar las vistas sucesivas de una pirámide de base pentagonal en 5 planos.
2. Desarrollar las vistas sucesivas de una pirámide trunca de base cuadrangular en 5 planos.

CAPÍTULO V

**CARACTERÍSTICAS
DE LAS RECTAS
EN EL ESPACIO
TRIDIMENSIONAL**

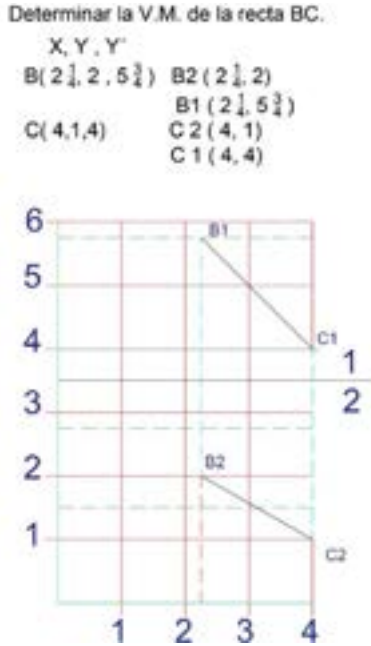
Verdadera magnitud de rectas

Dado que en las proyecciones bidimensionales de una recta inclinada, generadas en el plano horizontal y en el plano vertical, no aparece su verdadera magnitud (V. M.),² la resolución o determinación del tamaño real se construye mediante la aplicación de la clave de proyección ortogonal.

2 Verdadera magnitud de las rectas. Tamaño real de una recta.

Figura 50.

Gráfica de coordenadas rectangulares en el plano 1-2 de la Recta BC.

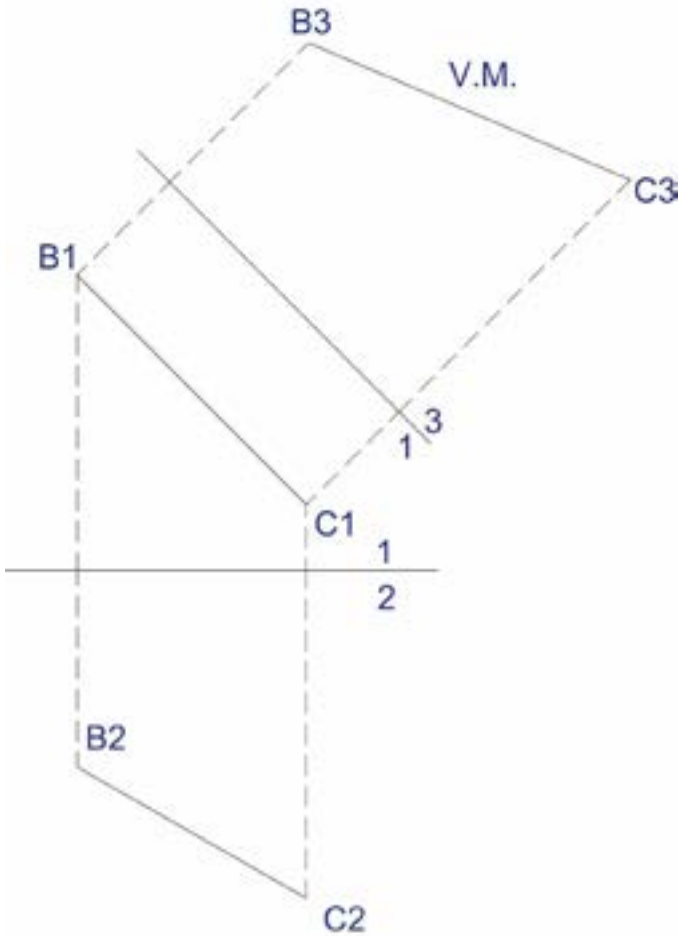


Nota: *La figura presenta dos datos de la recta BC.*

En la Figura 50, se procede a graficar la recta AB con los datos de las coordenadas rectangulares; seguidamente, se traza un plano paralelo a la recta AB y, nuevamente aplicando la clave de proyección ortogonal, se trasladan las magnitudes del plano 1-2 a los puntos B2 y C2, lo que se determina en la Figura 40, que es la verdadera magnitud de la recta ubicada en el plano 1-3.

Figura 51.

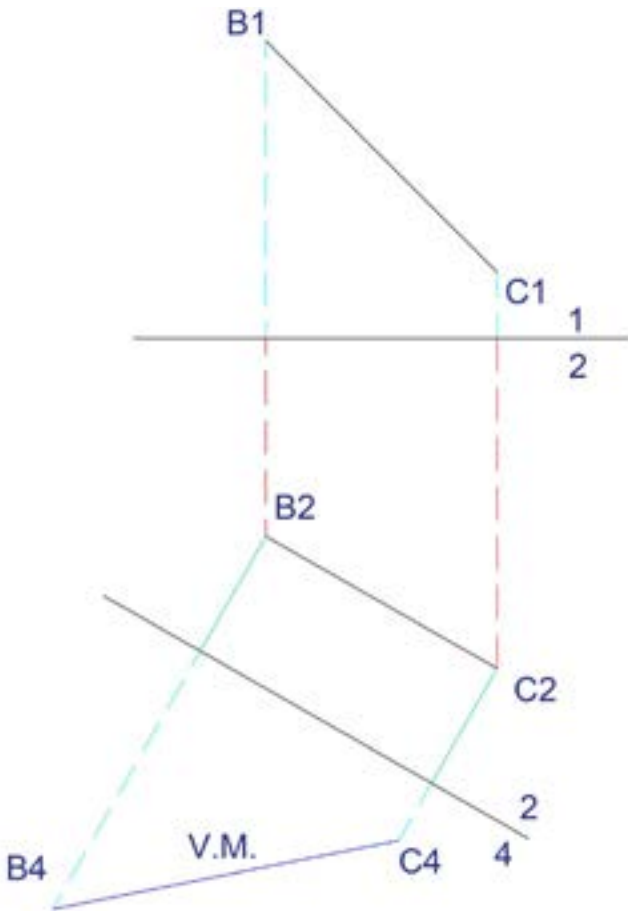
Verdadera magnitud de la recta BC en el plano 1-3.



Nota: En el dibujo se presenta la proyección del plano paralelo a la recta b1b1 para determinar la verdadera magnitud de la recta BC.

Figura 52.

V. M. de la recta BC en el plano 2-4.

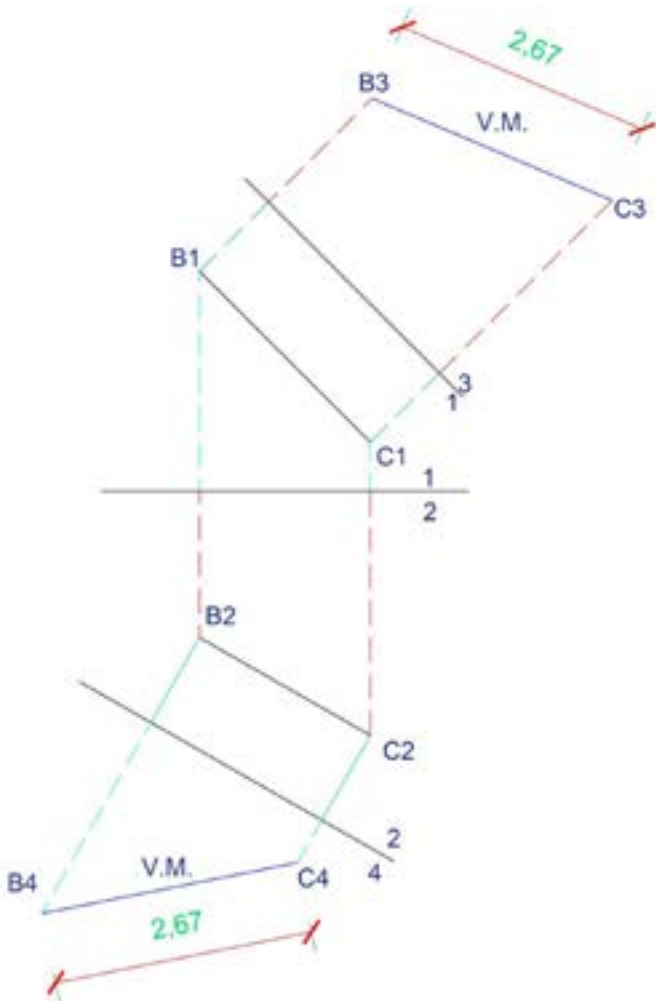


Nota: *La figura presenta dos datos de la recta BC.*

En caso de realizar una mejor ejercitación del procedimiento, se puede trabajar en los planos 1-3 y en los planos 2-4, comprobándose que la medida de la V. M. de la recta BC es la misma, como se puede apreciar en las Figuras 51, 52 y 53.

Figura 53.

Verdadera magnitud de la recta BC en el plano 1-3 y en el plano 2-4.



Nota: El dibujo muestra la determinación de la verdadera magnitud de la recta en los planos 1-3 y 2-4.

Ejercicios para determinar la verdadera magnitud de rectas

Hallar la verdadera magnitud de las siguientes rectas:

1. OP: O ($1 \frac{1}{2}$, 2, $4 \frac{1}{2}$) P (3, 1, $3 \frac{1}{2}$)
2. HJ: H (2, 1, $4 \frac{1}{2}$) P (3, $2 \frac{1}{2}$, 4)
3. RS: R (1, 2, 3) S ($2 \frac{1}{2}$, $1 \frac{1}{2}$, $4 \frac{1}{2}$)
4. SA: S (7, $1 \frac{1}{2}$, 5) A ($5 \frac{1}{2}$, 3, 4)
5. GA: G (7, $2 \frac{1}{4}$, 3) A (6, 1, 4)

CAPÍTULO VI

**CARACTERÍSTICAS
DE LAS SUPERFICIES
PLANAS EN
EL ESPACIO
TRIDIMENSIONAL**

Verdadera magnitud de planos

Para iniciar, leamos lo expresado por el autor en el compendio de Schaum: “una superficie plana aparecerá en su forma y tamaño verdaderos cuando las líneas de mira sean perpendiculares al plano. Cualquier superficie plana paralela a un plano de imagen se proyectará sobre este en su forma y tamaño verdaderos” (1976, p. 30).

Debido a que en las proyecciones ortogonales de planos o superficies, generadas en el plano horizontal y en el plano vertical, no aparecen en su verdadera magnitud (V. M.),³ la solución gráfica del tamaño real del plano se ejecuta mediante la aplicación de los métodos para determinar la vista de canto.

Plano que aparece como filo

Inicialmente, se debe definir, en forma coloquial, que la vista de canto⁴ (V. C.), también denominada vista de filo o perfil, es la vista desde donde el plano se observa como una

3 Verdadera magnitud de los planos. Tamaño real de un plano o superficie.

4 Vista de canto.

línea. Para establecer la verdadera magnitud de una superficie, primero se grafican los datos del ejercicio en el plano horizontal y en el plano vertical.

Caso 1

En este caso, los datos del plano se grafican y proyectan en los planos horizontal y vertical. Una vez realizado el dibujo en los dos planos, se traza una recta horizontal L. H., en cualquiera de ellos. Lo importante es que la L. H., que parte de un vértice, quede dentro de la figura, generándose un nuevo punto que, al proyectarse al siguiente plano y unirse de igual manera con el vértice, forma una recta con una nueva dirección que permite proyectar un nuevo plano perpendicular. Paralelas a esta proyección se trazan todos los puntos del plano y, al aplicar la clave de la proyección ortogonal (CPO),⁵ se forma la vista de canto, de filo o de perfil (V. C.). Finalmente, paralela a la vista de canto, se plantea un nuevo plano en donde nuevamente se utiliza el principio de la CPO, resolviéndose la verdadera magnitud del plano (V. M.).

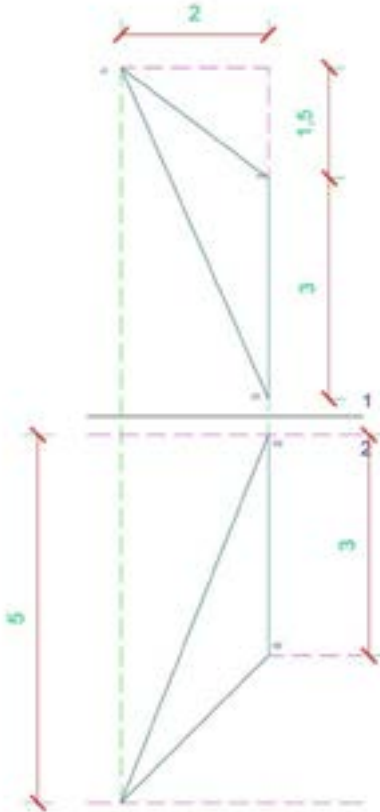
Por ejemplo: determinar la V. M. del plano GHJ, donde el punto G está 3 al sur y tres por encima de H; el punto J está 1.5 al norte, 2 al oeste y 5 por debajo de G (Figura 54).

5 Clave de la proyección ortogonal.

Figura 54.

Gráfico de plano GHJ por medio de rumbos.

Ejercicio: Mediante el Método de la Vista de canto, determinar la V.M. del plano GHJ; el punto G está 3 al S y 3 por encima de H; el punto J está 1.5 al N, 2 al O y 5 por debajo de G.

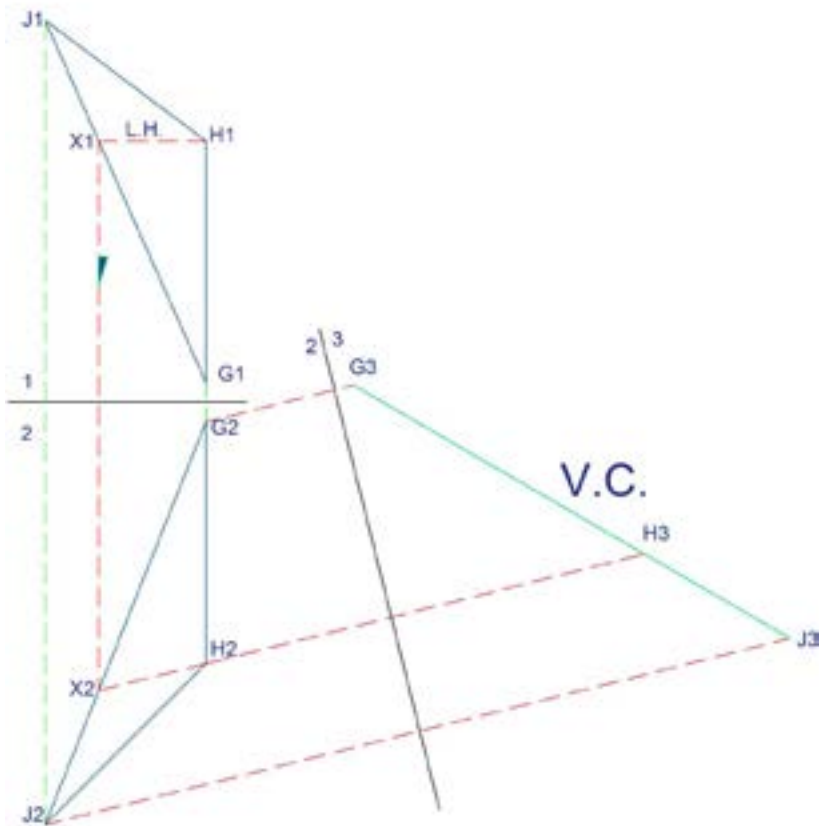


Nota: *El dibujo muestra el plano GHJ.*

En segundo lugar, para obtener la vista de canto, se aplica uno de los dos métodos (Figura 55).

Figura 56.

Vista de canto del plano GHJ.



Nota: En la imagen se grafica la proyección del punto x_2 para determinar la dirección de la recta x_2H_2 .

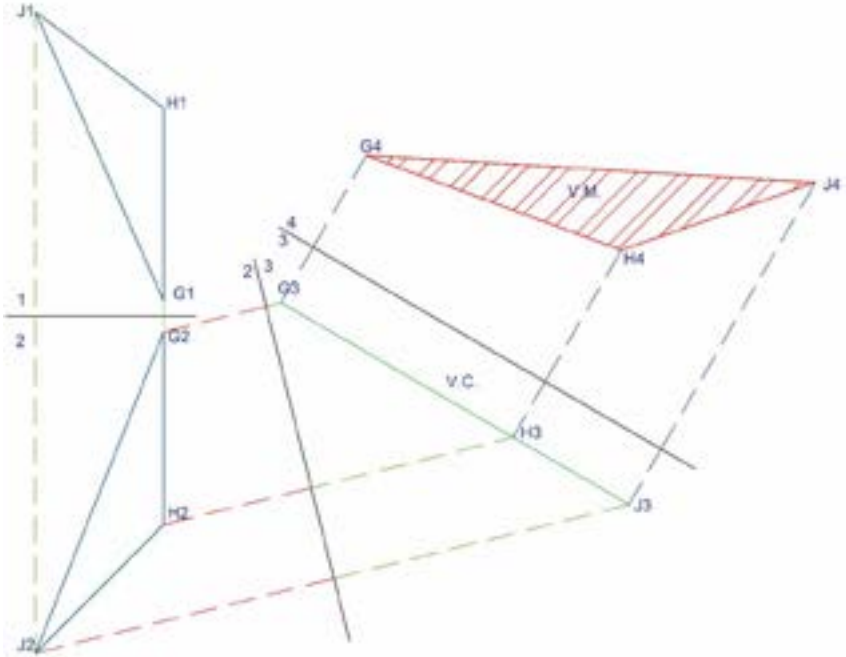
En tercer lugar, se proyecta la recta para encontrar la V. C., mediante la aplicación de uno de los dos métodos que muestra la Figura 56. El primer método de la vista de canto se basa en el dibujo de una línea horizontal (L. H.),⁶ que se traza desde el vértice del plano; esta línea debe atravesar el plano e intersectarse con uno de sus lados, determinándose un punto auxiliar (que no es parte del plano). A continuación, este punto se proyecta hacia el otro plano y se forma una recta con la proyección del mismo punto desde donde se graficó la L. H.

A continuación, se traza un plano paralelo a la vista de canto; en este caso, el plano 3-4; y se trasladan las medidas retrocediendo un plano, es decir, desde el plano 2-3 hacia cada uno de los puntos del plano G2, H2 y J2. Al unir cada punto, se obtiene la verdadera magnitud del plano. Así se muestra en la Figura 57.

6 Línea horizontal.

Figura 57.

Verdadera magnitud del plano GHJ.

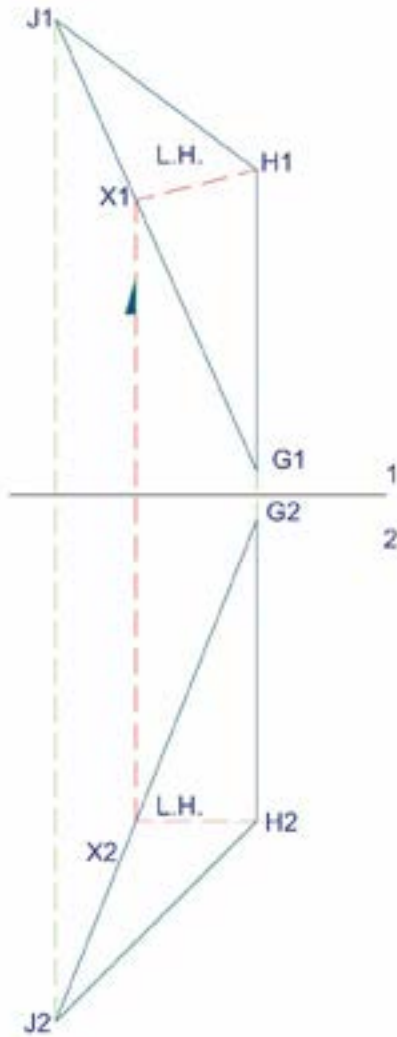


Nota: El dibujo muestra la determinación de la verdadera magnitud del plano GHJ.

Así también, el procedimiento puede realizarse a partir del plano 2 y se repite el mismo proceso, como se observa en las Figuras 58, 59 y 60, en donde se utiliza el mismo ejercicio anterior de verdadera magnitud del plano GHJ.

Figura 58.

Verdadera magnitud del plano GHJ a partir de la línea horizontal (L.H) en el plano 2.



Nota: La imagen indica el trazado de la línea horizontal a partir del plano 2.

Caso 2

En este caso, partiendo de los datos planteados, se dibuja el plano; en uno de los dos planos, uno de sus lados debe quedar como una línea horizontal (L. H.), como en el caso 1. A continuación, en el otro plano se proyecta esta línea horizontal, la cual va a determinar una recta inclinada y es la que dará la dirección u orientación para determinar el nuevo plano, que debe ser perpendicular (90°).

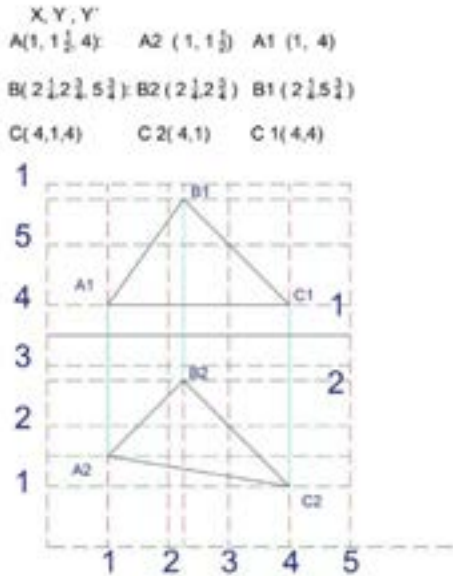
Con la aplicación de la clave de la proyección ortogonal, se trasladan las magnitudes del primer plano (de la L. H.), que forman un punto, con el otro dato se unen y forman una recta que se constituye en la vista de canto. Una vez obtenida la V. C., se traza un plano paralelo y, nuevamente, con el principio de la clave de la proyección ortogonal, se obtiene la verdadera magnitud del plano.

Ejemplo: hallar la verdadera magnitud del plano ABC.

Figura 61.

Gráfico del plano ABC mediante coordenadas.

GRAFICAR EL PLANO ABC.

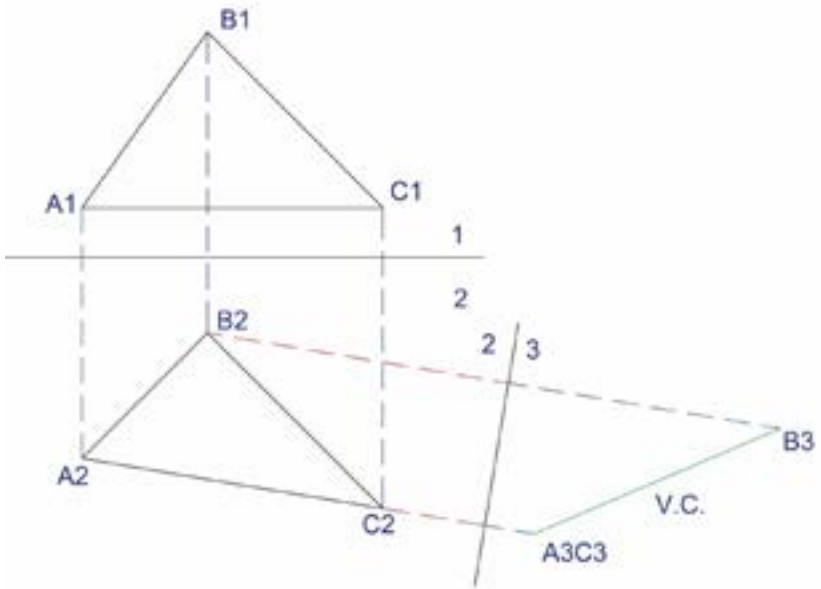


Nota: *La imagen plantea los datos del plano ABC*

Con los datos planteados, se grafican los planos 1-2. En el plano 1, la recta A1-C1 forma una línea horizontal L. H. Al proyectar en el plano 2, se obtiene A2-C2 (Figura 61). Se traza el tercer plano 2-3, perpendicular a esta recta; con la aplicación de la clave de la proyección ortogonal se trasladan las magnitudes de los puntos A1 y C1, que forman un punto A3C3. Se dibuja una línea paralela a A2-C2 y se traslada la dimensión de B1, que se constituye en B3; al unir con A3C3, se obtiene la vista de canto (Figura 62).

Figura 62.

Vista de canto del plano ABC mediante coordenadas.

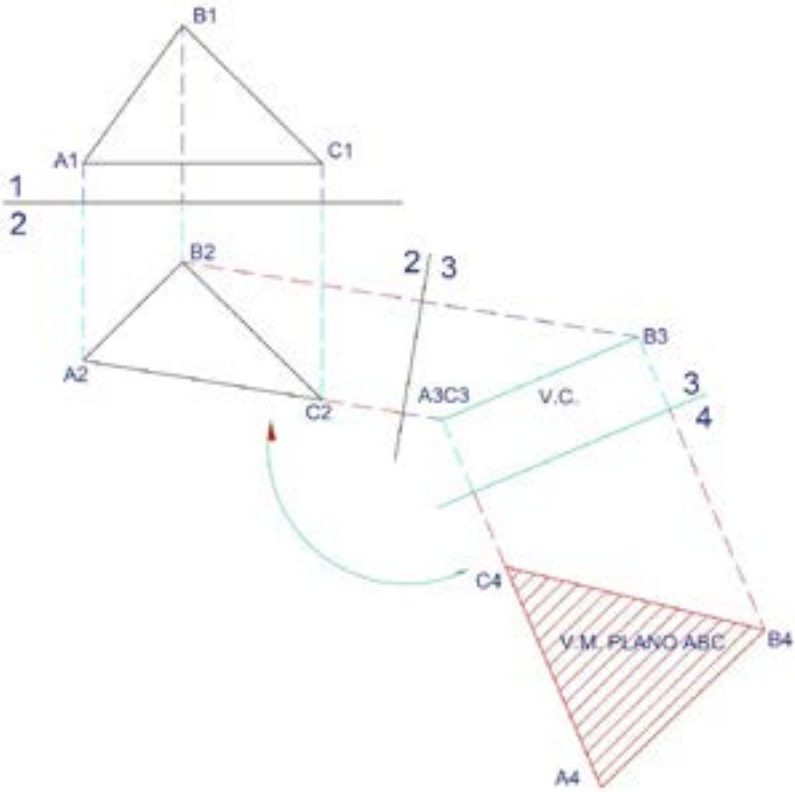


Nota: La imagen plantea los datos del plano ABC.

A partir de la vista de canto se dibuja el plano paralelo 3-4. Se proyectan los puntos del plano 2-3. Con el principio de la clave de la proyección ortogonal (CPO), se unen los tres puntos A4 B4 y C4, que corresponde a la verdadera magnitud del plano V. M., como lo muestra la Figura 63.

Figura 63.

Verdadera magnitud del plano ABC.



Nota: *La figura demuestra la verdadera magnitud del plano ABC.*

Caso 3

Concluyendo, para identificar el caso 3, cuando se procede a graficar el ejercicio en los dos planos y en uno de ellos el plano aparece como una recta, entonces, de acuerdo con la definición de vista de filo, corresponde a la vista de canto. Se trazar un plano paralelo a esta V. C. y con la aplicación del principio de la CPO, se resuelve la V. M.

Ejemplo:

Resolver la verdadera magnitud del plano DEF, con base en los siguientes datos: con la aplicación del método de presentación de problemas por rumbos, se dibuja el plano y se ubica entre los dos planos la línea de tierra (Plano 1-2).

Figura 64.

Gráfico del plano de DEF mediante rumbos.

Hallar la V.M. del plano DEF por medio del Método de la Vista de Canto.
E está 2 al ESTE, 3 al Norte y 4 por encima de D; F está 4 al Este, 6 al Norte y a la misma elevación de D.

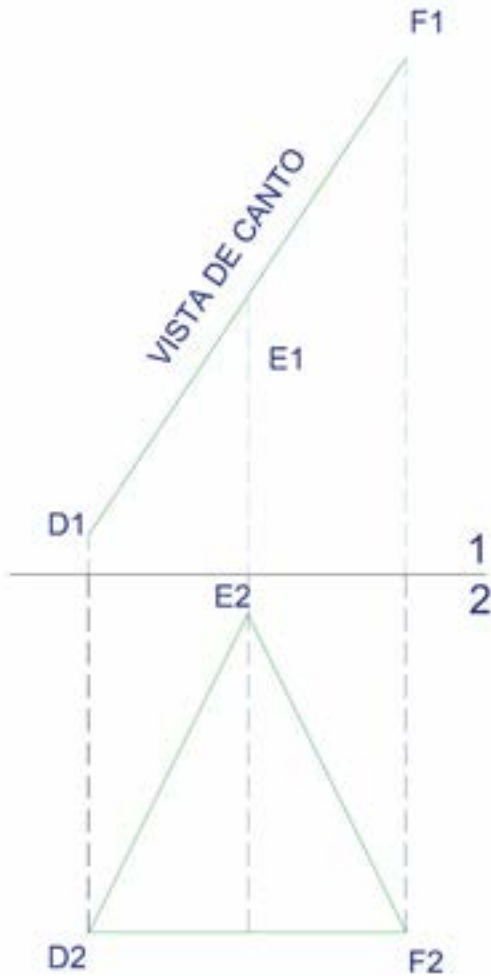


Nota: En el dibujo se presentan los datos del plano DEF.

En este ejercicio, la línea horizontal se encuentra en los puntos D2 y F2; de la misma manera, en la proyección en el plano 1 (Figura 65) se visualiza una sola recta formada por los puntos D1, E1 y F1. De acuerdo con la definición, “cuando un plano se ve como línea”, esta corresponde a la vista de canto.

Figura 65.

Vista de canto correspondiente al plano DEF.

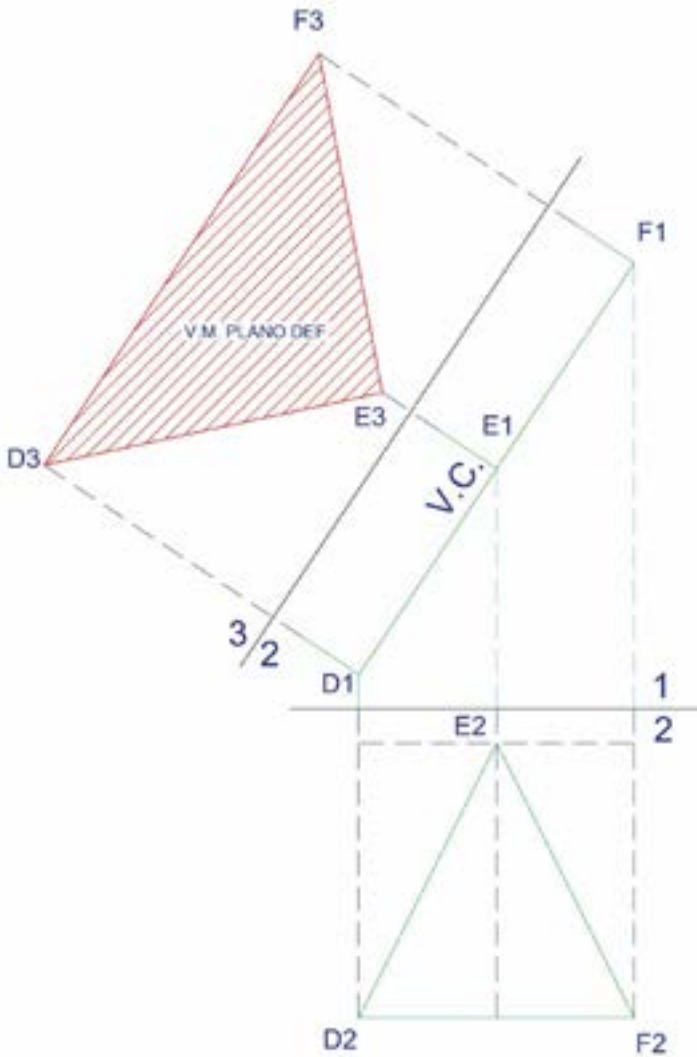


Nota: *En el gráfico se indican los datos del plano DEF.*

Finalmente, en la Figura 66 se traza el plano paralelo a la vista de canto y se obtiene la verdadera magnitud del plano.

Figura 66.

Verdadera magnitud del plano DEF.



Nota: La imagen demuestra la determinación del plano paralelo a la vista de canto del plano DEF.

Ángulo de inclinación y pendiente

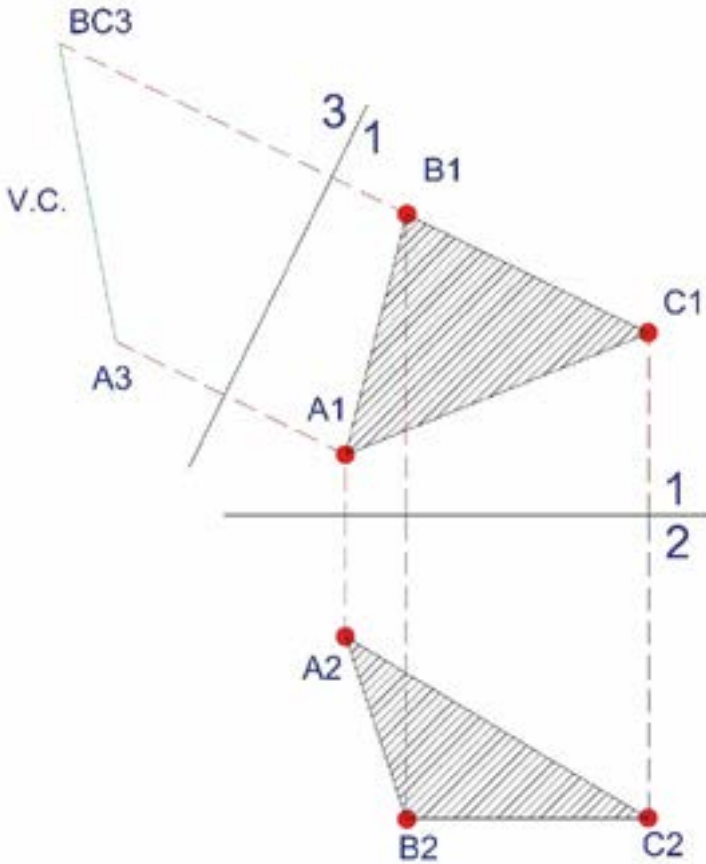
El ángulo de inclinación de un plano puede ser medido en la unidad sexagesimal de grados y se lo calcula en la vista de canto. Para ello, se utiliza la función trigonométrica tangente y, aplicando el cociente entre el valor del cateto opuesto y el valor del cateto adyacente, se obtiene el valor del ángulo generado por la inclinación del plano.

De la misma manera, se puede determinar el porcentaje de inclinación que puede ser el declive de una vía, de una rampa o de una cubierta con respecto a un plano horizontal, se aplica una regla de tres simple y se obtiene la pendiente. Con el objeto de ampliar la explicación, se retoma el ejercicio de la Figura 67 y, a partir de la vista de canto, se procede a determinar el gráfico del cálculo del ángulo y la pendiente.

Datos: Punto A (1, 2 ½, 4), B (1 ½, 1, 6), C (3 ½, 1, 5).

Figura 67.

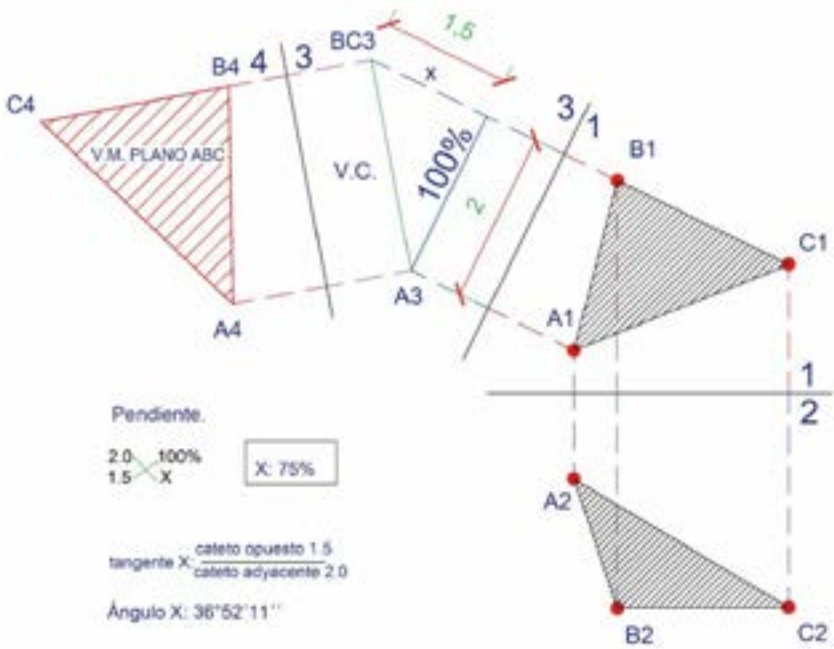
Gráfico para el cálculo de ángulo de inclinación y pendiente.



Nota: El dibujo muestra los datos del plano ABC.

Figura 68.

Cálculo del ángulo y pendiente con base en la vista de canto de plano ABC



Nota: En la figura se evidencia el proceso de solución de ángulo de inclinación y pendiente del plano.

Como ya se mencionó, para el cálculo del ángulo de inclinación se toman las funciones trigonométricas y, aplicando la función tangente, se identifica el cateto adyacente, en este caso tiene como medida 2, y el cateto opuesto de magnitud 1.5. Al calcular la \tan^{-1} , el ángulo resultante es $36^{\circ} 52' 11''$.

Del mismo modo, para determinar la pendiente, con la regla de tres simple, en este caso, el cateto adyacente con medida 2, corresponde al 100 %, y el cateto opuesto de 1.5, la incógnita x es el porcentaje a determinar. Concluyendo, el ángulo y la pendiente se pueden determinar únicamente en la vista de canto o perfil.

Ejercicios sobre el cálculo de la pendiente y el ángulo de inclinación

Determinar la verdadera magnitud, el ángulo de inclinación y la pendiente en los siguientes planos.

1. El plano RST: el punto S está 4 al Este, 3 al Sur, y 3 por debajo de R; el punto T está 6 al Este, 2 al Norte y 4 por debajo de R.
2. El plano ABC: el punto A está 4 al Oeste, 3 al Sur, y a la misma elevación de C; el punto B está 2 al Este, 4 al Norte y 4 por encima de R.
3. El plano CDE: C (2, 2, 8); D (3, 4 1/4, 6); E (8, 3, 5)
4. El plano XYZ: X (1, 1, 2); Y (4, 1, 6); Z (6, 3, 6)

CAPÍTULO VII

INTERSECCIONES

Definición

En un inicio, la intersección se puede denominar como un punto de convergencia o de encuentro entre dos elementos. En geometría descriptiva se pueden tener cuatro casos de intersecciones:

- » Punto de intersección de una recta con un plano.
- » Recta de intersección entre dos planos.
- » Recta de intersección de un segmento con un volumen.
- » Plano de intersección de un plano con un volumen.

Con respecto a la determinación de las intersecciones, se parte de la condición que, en la vista de canto, se obtiene una recta donde se encuentran todos los puntos del plano o del volumen. Por ello, se pueden determinar los diferentes tipos de intersección partiendo de la determinación de la vista de perfil de uno de los elementos intersecados y, al continuar el proceso de resolución de verdadera magnitud, se logra evidenciar esta condición. Cabe aclarar que, al graficar los datos, existen casos o ejercicios en los que la intersección

es aparente, debido a que los elementos seguramente son paralelos.

Punto de intersección de un plano con una recta

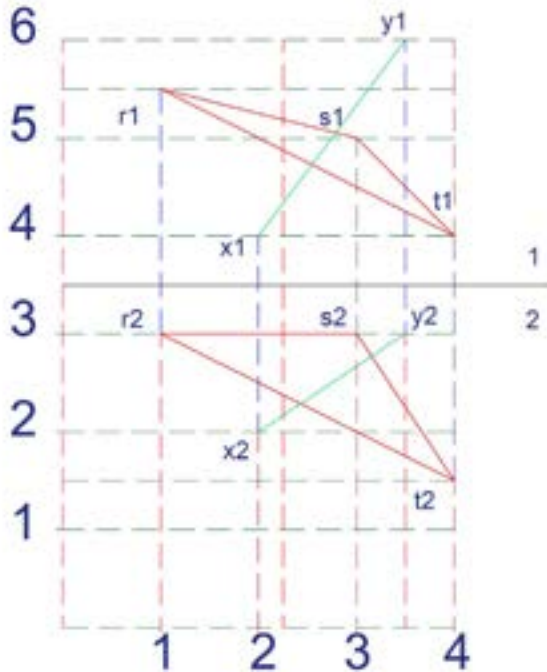
Ahora bien, para empezar con la determinación del punto de intersección de una recta con un plano, se procede de la siguiente manera:

- » Se grafican los datos de la recta XY y del plano ABC en los planos horizontal y vertical, como lo muestra la Figura 69.
- » Se determina la vista de canto del plano ABC y se proyecta la recta XY , encontrándose un punto de intersección ($z3$), visualizado en la Figura 70.
- » Este nuevo punto se proyecta al plano 3-4, determinándose ($y4$); posteriormente se retrocede al plano 1 ($z1$) o al plano 2 ($z2$), como se exhibe en la Figura 71.
- » Finalmente, se obtiene el punto de intersección de una recta con un plano (véase la Figura 72).

Figura 69.

Datos de la recta XY y plano RST para determinar el punto de intersección.

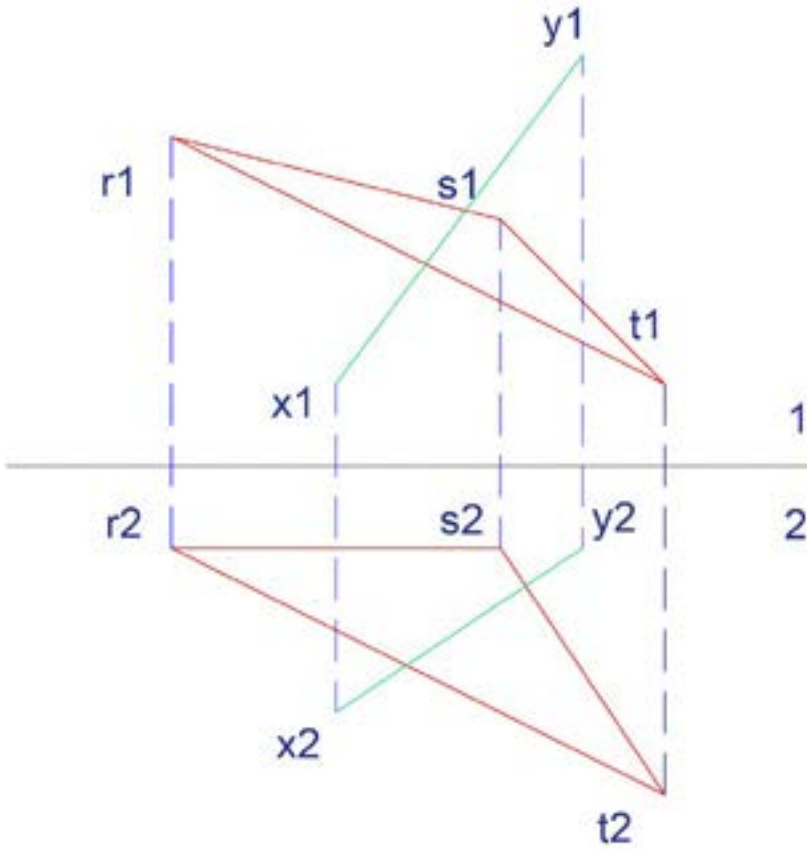
X, Y, Y'
 R(1, 3, 5½): r2 (1, 3) r1 (1, 5½)
 S(3,3, 5): s2 (3,3) s1 (3, 5)
 T(4,1½, 4) t2 (4,1½) t1(4,4)
 Recta:
 X(2,2,4) Y(3½,3, 6½)



Nota: *En la imagen se muestra la colocación de datos en el plano cartesiano.*

Figura 70.

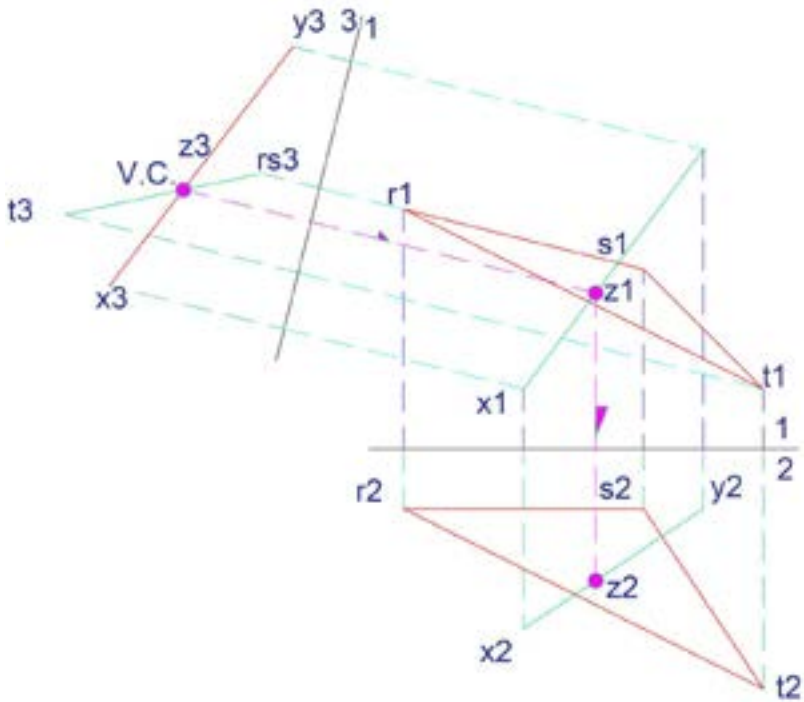
Gráfico del Plano RST y de la recta XY.



Nota: La figura evidencia el proceso de resolución de la intersección entre un plano y una recta.

Figura 71.

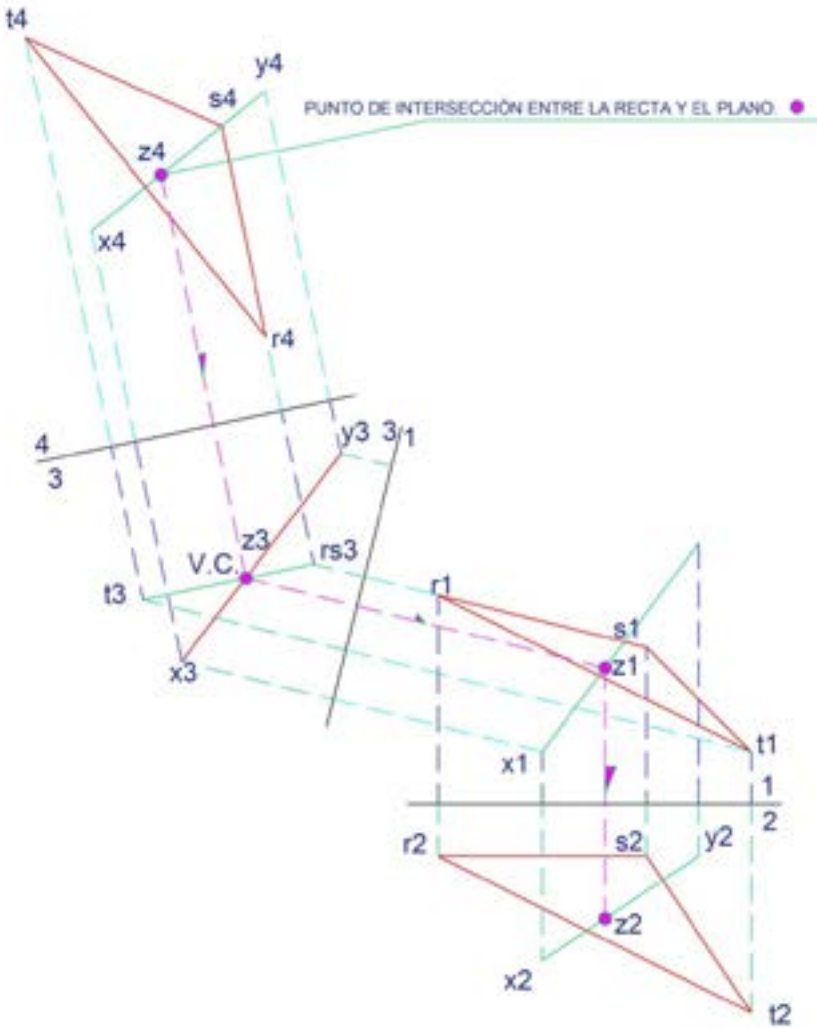
Punto de intersección de un plano con una recta.



Nota: La imagen muestra el punto de intersección de la vista de canto con la recta.

Figura 72.

Punto de intersección en la vista de canto de un plano con una recta.



Nota: En la figura se evidencia el proceso de solución de ángulo de inclinación y pendiente del plano.

Recta de intersección entre dos planos

La recta de intersección que se forma al cruzarse dos planos o superficies se determina con el siguiente procedimiento:

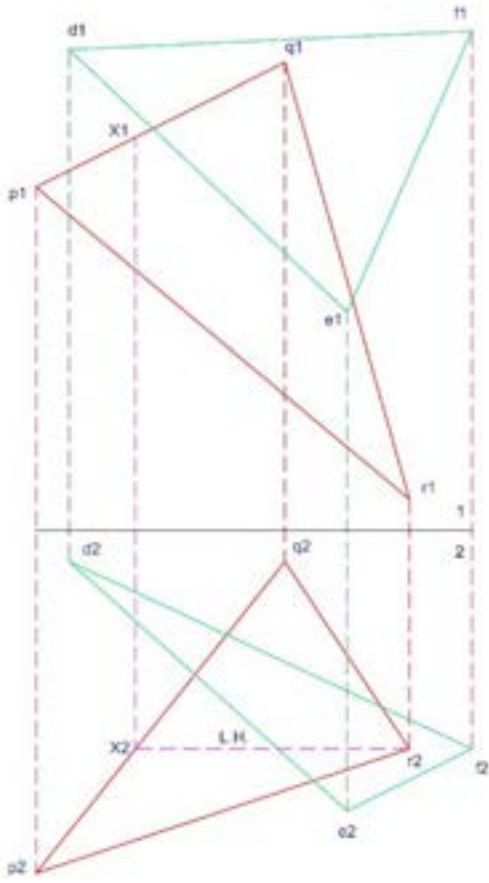
- » Graficar, en los planos horizontal y vertical, los dos planos intersecados.
- » Determinar la vista de canto de uno de los planos y proyectar el otro plano.
- » Determinar la recta de intersección generada entre los dos planos.
- » Mediante el gráfico de la recta de intersección, determinar las nuevas rectas de intersección en los planos horizontal y vertical.

Datos: determinar la recta de intersección entre los planos PQR y DEF.

Figura 73.

Gráfico de planos o superficies para determinar la recta de intersección.

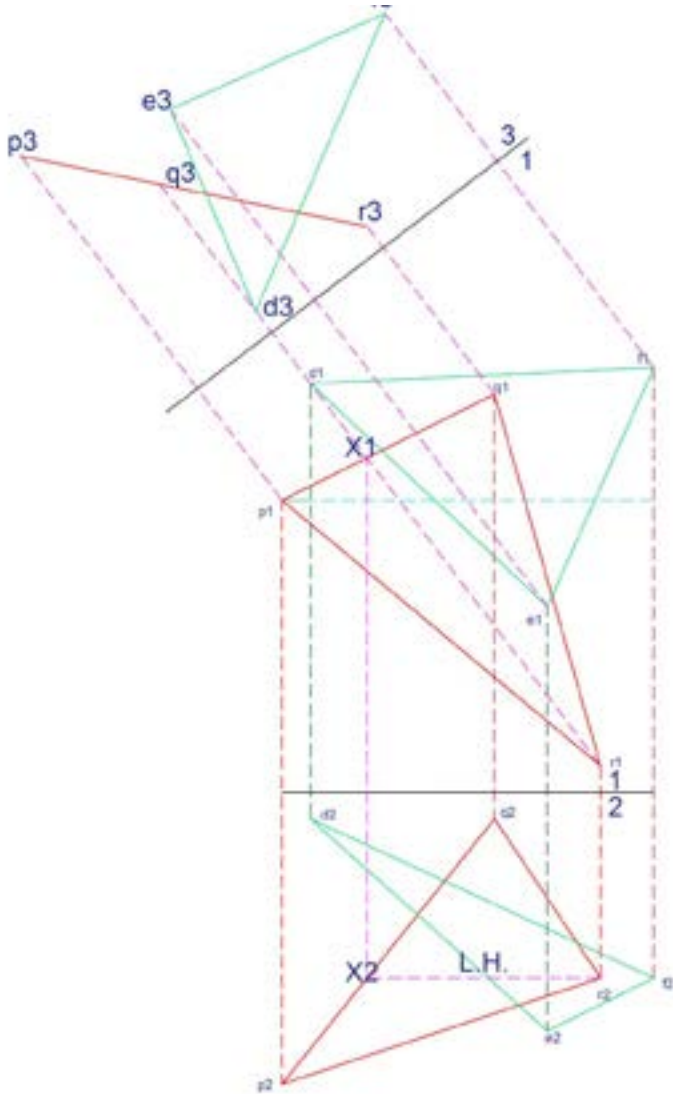
Dos planos PQR y DEF se intersecan,
El punto Q está 4 al Este, 2 al Norte y 5 por encima de P;
El punto R está 6 al Este, 5 al Sur, y 2 por encima de P.
El punto D está, 0.54 al Este, 2.2 al Norte, y 4 por encima de P;
El punto E está 5 al Este, 2 al Sur, y 1 por encima de P.
El punto F está 7 al Este, 2.5 al Norte, y 2 por encima de P.



Nota: La gráfica muestra el dibujo de los planos.

Figura 74.

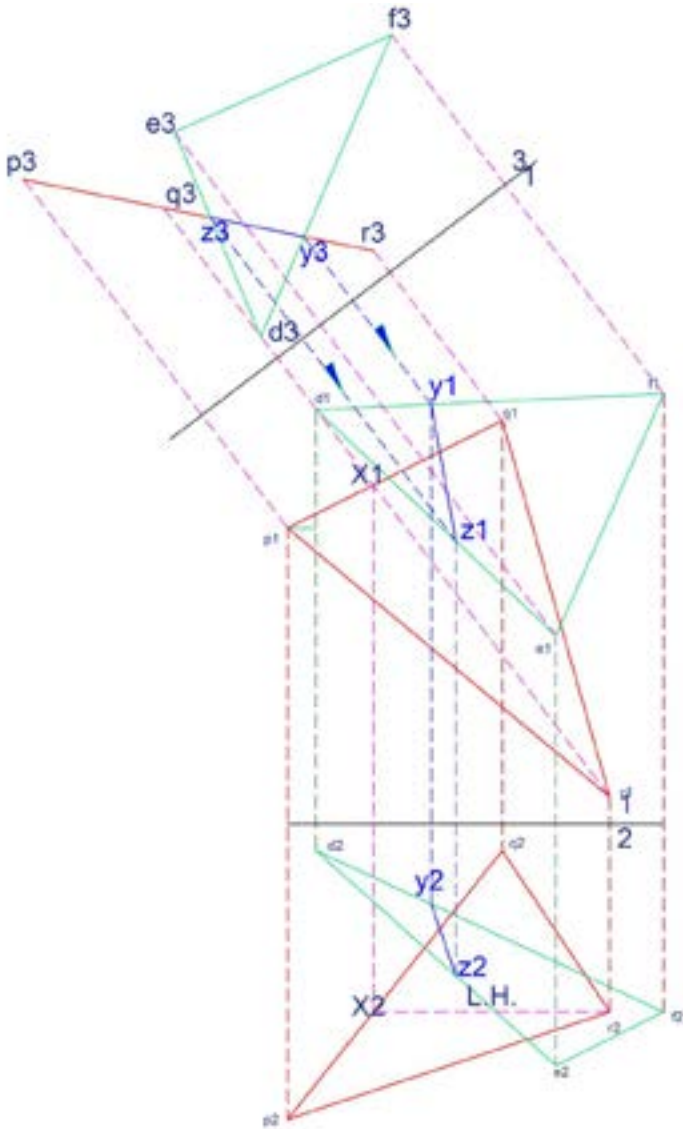
Vista de canto del plano ABC para determinar la recta de intersección.



Nota: La imagen muestra la vista de canto del plano PQR.

Figura 75.

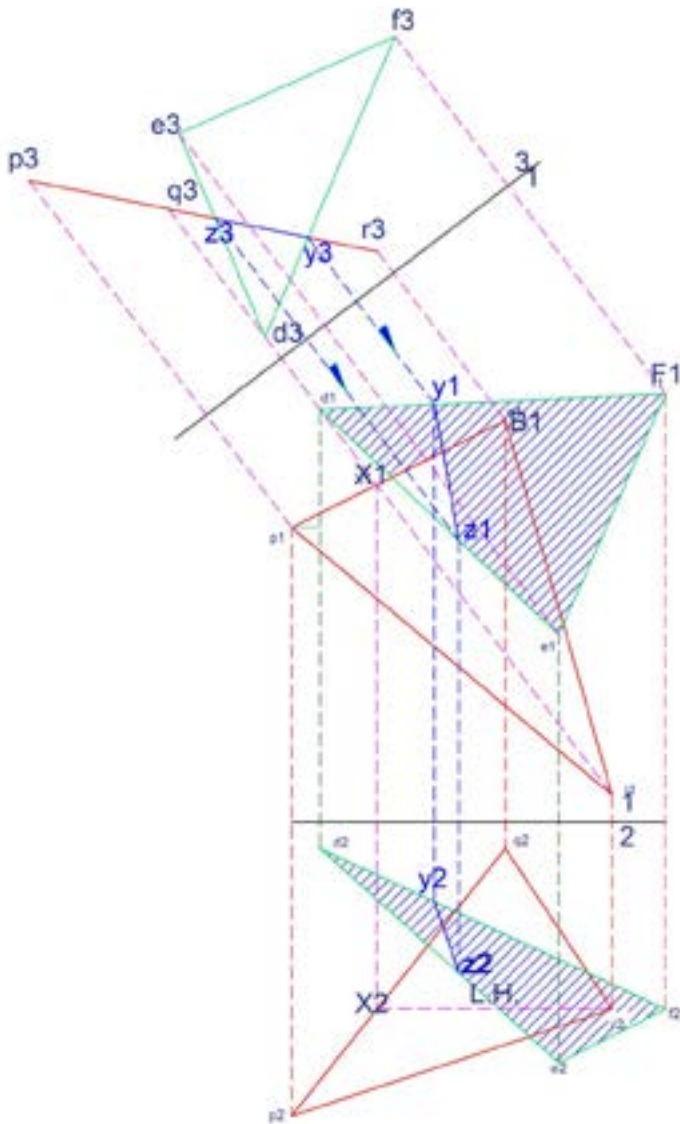
Recta de intersección entre dos planos.



Nota: El dibujo señala la recta de intersección XY .

Figura 76.

Visibilidad de planos por la recta de intersección entre dos planos.



Nota: El dibujo señala la recta de intersección XY .

Ejercicios sobre intersecciones

1. Encontrar el punto de intersección de la recta AB: A (2, 3, 12), B (7, 2, 8), con el plano XYZ: X (2, 5, 8), Y (3, 2, 12), Z (7, 3, 10)
2. Encontrar el punto de intersección de la recta AB: A (4, 4, 10), B (7, 6, 11) con el plano XYZ: X (2, 6, 11), Y (6, 6, 10), Z (8, 3, 13)
3. Encontrar la recta de intersección entre los planos ABC y DEF: el plano ABC: A (2, 4, 5, 9, 5), B (4, 5, 2, 12), C (6, 5, 6, 10) y el plano DEF: D (1, 5, 2, 12), E (6, 5, 4, 11), F (4, 5; 6, 5; 8)
4. Encontrar la recta de intersección entre los planos ABC y DEF: el plano ABC: A (2, 4, 10); B (4, 5, 2, 5, 12); C (3, 5, 6, 8) y el plano DEF: D (2, 5, 5, 8), E (3, 1, 5, 12), F (6, 5, 10)

CAPÍTULO VIII

**GEOMETRÍA
DE CUBIERTAS
ORTOGONALES E
IRREGULARES**

Introducción

La necesidad del hombre de cobijo y protección seguramente lo obligó a buscar en la naturaleza cuevas o madrigueras, al igual como lo hacían los animales que lo rodeaban. Sin embargo, ante el descubrimiento del fuego y la confección de armas, vio la posibilidad de asentarse en lugares donde resguardarse de diferentes amenazas y del clima o agentes atmosféricos, donde tenía mejores condiciones para proveerse de agua y alimento a través de la caza y la recolección de frutos. Este paso tan importante del ser humano, de nómada a sedentario, desarrolló su creatividad y comenzó a confeccionar sus viviendas rudimentarias, perfeccionando las técnicas y materiales.

Sin duda, uno de los principales problemas que enfrentó en la construcción del hábitat ha sido cubrir espacios; por tanto, las cubiertas tienen un valor fundamental en la protección de las edificaciones. Por lo consiguiente, se afirma que una parte o componente esencial en una edificación es la cubierta, la cual incide en forma directa en la parte funcional

y en la formal. Funcionalmente, es un elemento de cierre y resguardo ante diferentes agentes atmosféricos como lluvia, viento, frío, nieve, ceniza...; y, formalmente, ayuda a darle identidad y ornato, lo cual, combinada con otros elementos de la forma y el diseño, contribuye estéticamente al arquitecto y a su genio creativo en forma significativa.

Dicho con palabras de Marbellís Hernández, que se refiere a la utilización de cubiertas, señala:

La cubierta, desde la antigüedad, es el elemento constructivo de cierre más importante dentro de una edificación; ubicada en la parte superior, protege de los factores medioambientales. Para que funcione con eficiencia debe cumplir una serie de parámetros, tales como estanqueidad, aislamiento térmico y ser lo suficientemente resistente para soportar fenómenos naturales (huracanes y sismos). (2016, p. 1)

De la misma manera, en el artículo de Portero Ricol et al., se menciona la importancia de las cubiertas como elemento de cierre de una edificación y de los eventuales problemas que se presentan, así:

Desde tiempos remotos se considera a la cubierta el elemento constructivo de cerramiento más importante. Se ubica en la parte superior de la obra para protegerla de los agentes externos, principalmente de la radiación solar y la penetración de la lluvia. Es imprescindible que cumpla una serie de parámetros como la estanqueidad, aislamiento térmico, resistir las dilataciones y contracciones derivadas de su ubicación a la intemperie y ser lo suficientemente resistente para soportar los efectos del viento. Las cubiertas, al presentar problemas, deterioran rápidamente otros elementos constructivos, lo cual

demuestra su importancia para la conservación del espacio construido. (2010, p. 35)

Así también, se realiza una adaptación de la clasificación de las cubiertas tomada del artículo de Portero Ricol et al., adjunta en la siguiente tabla.

Tabla 1

Clasificación general de las cubiertas.

| Tipos de Cubiertas | |
|----------------------------------|--|
| Por su geometría: | Inclinada, Horizontal, Curva Compuesta |
| Por su uso: | Transitable: Visitable (accesible), No visitable (no accesible) |
| Por su propio peso: | Ligeras, Pesadas. |
| Por su estructura: | Simples, Compuestas. |
| Por la forma de evacuar el agua: | Caída libre y Bajantes pluviales: Canales, empotrados. |

Nota: *Adaptación del cuadro de la clasificación de cubiertas (Portero Ricol, 2010, p. 35).*

De hecho, conforme ha transcurrido el tiempo, las cubiertas han evolucionado debido a diferentes factores como son:

- » El perfeccionamiento de las técnicas, herramientas e instrumentos.
- » Los materiales estructurales utilizados en cubiertas, que inicialmente iban desde ramas de árboles, dien-

tes o colmillos de elefantes, madera en general, hasta llegar a los materiales actuales como los perfiles metálicos y la madera tratada, que cada vez son más ligeros y de menor sección.

- » En cuanto a los materiales de resguardo, el hombre utilizó materiales vegetales del medio, como son la paja y hojas de palmeras, etc. Así también, durante siglos se ha venido utilizando la pizarra, que es otro material de origen natural, así como también lo es la arcilla, la misma que, mediante el moldeado, logró dar origen a las tejas de arcilla que son sometidas a calor en hornos donde son cocidas, dándoles una mejor resistencia. Su uso en el viejo continente se propagó, por diferentes circunstancias políticas y económicas, como la conquista española, en las principales ciudades coloniales de América Central y del Sur. Actualmente se han incorporado planchas en forma de teja elaboradas con PVC.
- » Otro material que se popularizó son las planchas metálicas inoxidables; existe una gran gama de medidas y formas de pliegues u ondas, cuya capacidad de salvar o cubrir importantes y amplios vanos o luces se ha generalizado en construcciones de naves industriales, coliseos, estadios, etc. También son empleadas en losas colaborantes planas o inclinadas.
- » Cabe mencionar que las cubiertas inclinadas deben adaptarse al proyecto, a las normativas, al contexto y a la región o lugar. Estructuralmente, dependerá del diseño, del tipo de cargas y de las fuerzas que van a generarse.

Elementos

La nominación de los elementos de una cubierta inclinada depende de la región y del país, así como también de las expresiones de los profesionales inmersos en la arquitectura y la construcción, del personal técnico y de los artesanos involucrados en el proceso de ejecución de obra (Brotrück, 2010, p. 13).

Faldón

El faldón es el componente o el plano con una determinada pendiente del conjunto; generalmente se limita por otros elementos como cumbrero, limahoya o limatesa. Se lo conoce también con otras denominaciones como caídas o aguas. De acuerdo con el número de faldones conformantes de la cubierta, toma la denominación de: una caída, dos caídas, tres...

Cumbrera (o)

A la línea horizontal con mayor altura de la estructura de una cubierta se la denomina cumbrera (o); cuando tiene más de un faldón, es el punto o arista de unión de los planos inclinados.

Limatesa

La arista saliente de unión entre planos inclinados o faldones se la conoce como limatesa, o línea de intersección recta o curva con un ángulo cóncavo.

Limahoya

La limahoya se define como la recta de intersección con profundidad o hacia adentro entre dos aguas o faldones, que recogen y evacúan aguas lluvia u otros elementos que se depositan sobre la cubierta.

Aleros

Los aleros son los planos salientes de la edificación que se encuentran en la parte baja o inferior de la cubierta y es donde se colocan los canalones o canales.

Canales de agua lluvia

Son elementos adicionales que permiten la recolección de agua lluvia y que se unen o empalman a tuberías denominadas bajantes. En la actualidad se recomiendan bajantes no conectadas, las mismas que depositan el agua colectada en tanques o recipientes para su reutilización eficiente y como aporte a la sostenibilidad. Se las fija o suspende en la parte más baja de la cubierta o bajo los aleros.

Buhardilla

Son elementos abiertos que se insertan en los faldones de la cubierta; tienen una finalidad estética y funcional.

Lucernario

Es o son parte del faldón de la cubierta y permiten el acceso de iluminación a la edificación. Generalmente, tienen

definir formal y funcionalmente cada elemento que lo conforma, así como también los materiales que planifica utilizar.

La nominación de cubiertas ortogonales en el presente estudio se ha tomado debido a que los ángulos formados en los bordes de las cubiertas son de 90° . Cabe resaltar que los ángulos en los diferentes elementos como buhardillas, limas y limahoyas, en los diferentes planos, faldones o caídas de la implantación de cubiertas, siempre deben planificarse con el ángulo de 45° , debido a que constructivamente facilita cortes, empalmes y armazón estructural en cualquier tipo de material de construcción.

No obstante, las cubiertas deben adaptarse al clima del lugar, a los gustos o preferencias del usuario y al diseño del proyecto; razón por la cual los materiales utilizados en la estructura y en la cubierta son variados, proyectando diferentes alturas y ángulos en las vistas, fachadas o elevaciones de la edificación. En este sentido, lugares donde hay lluvia permanente, nieve o caída de ceniza requieren cubiertas con caídas de mayor pendiente.

Resolución de cubiertas ortogonales

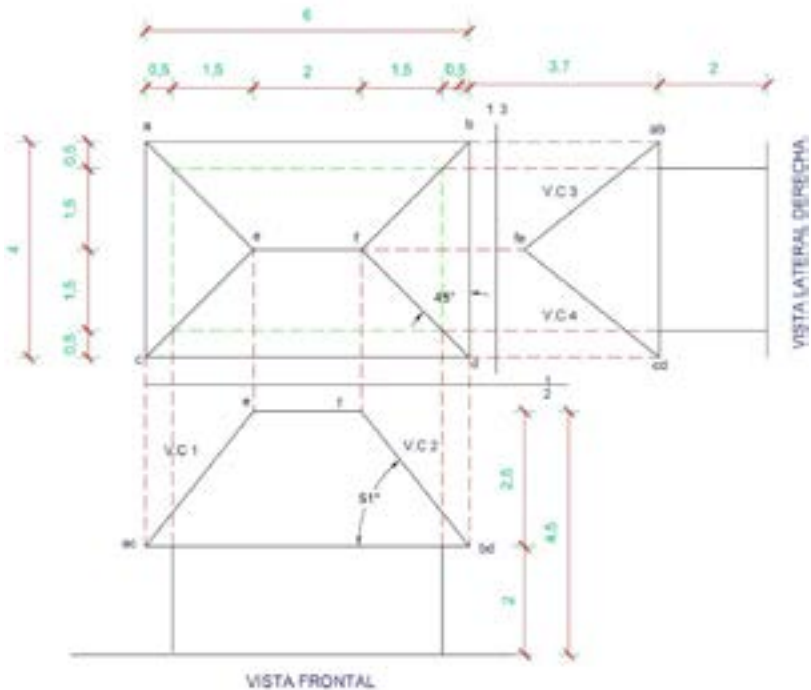
La resolución de cubiertas ortogonales se basa en el principio de la clave de la proyección ortogonal y en la determinación de verdaderas magnitudes mediante la vista de canto. Es así que lo importante es plantear los datos en el plano horizontal, como se observa en la Figura 78.

Cuando ya se han identificado las Vistas de Canto, de filo o de perfil (V.C) (Figura 79), se procede a crear planos paralelos a la V.C. En el presente ejercicio se han generado los planos 2-5 para sacar la V.M. del plano 1; el plano 3-7 para

sacar la V.M. del plano 3; el plano 2-6 para sacar la V.M. del plano 2 y el plano 3-8 para sacar la V.M. del plano 4, como muestra la Figura 79. Entonces, para trasladar las magnitudes a estos nuevos planos, se aplica la clave de la proyección ortogonal y se toman las medidas del plano a cada punto de la planta de cubiertas que están en el plano horizontal.

Figura 78.

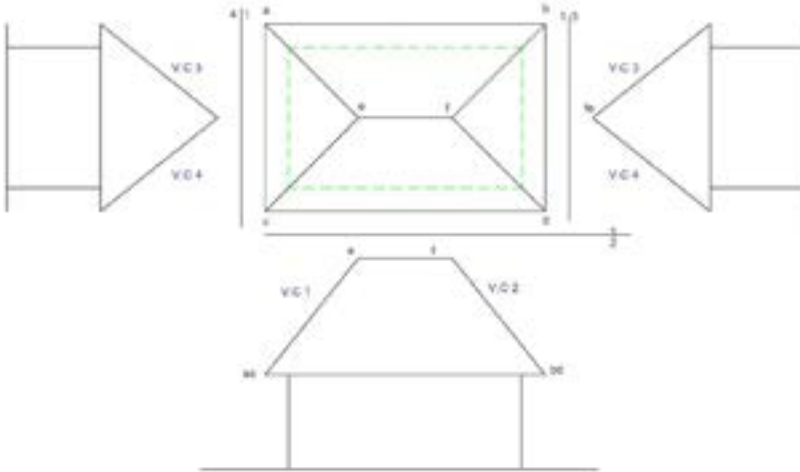
Datos de las cubiertas de cuatro aguas.



Nota: La figura propone datos de una cubierta de cuatro aguas.

Figura 79.

Determinación de las vistas de canto en la cubierta de cuatro aguas.

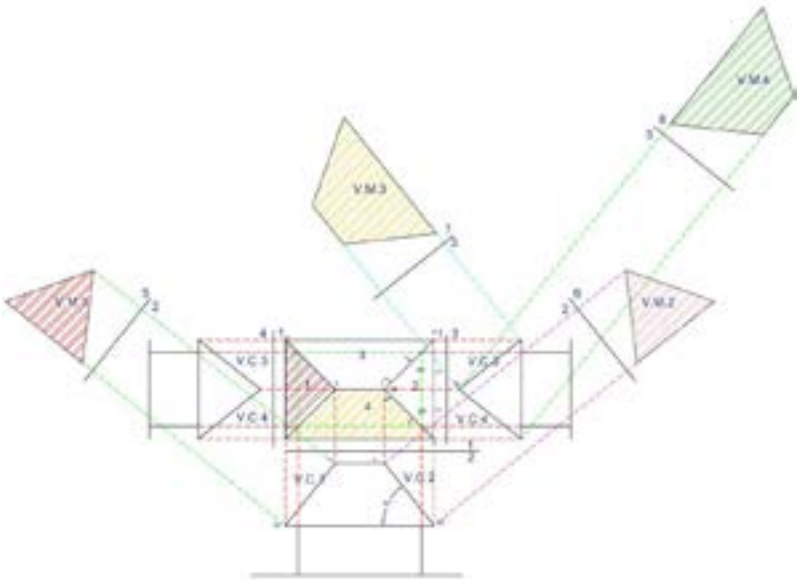


Nota: En la gráfica de datos de la cubierta de cuatros aguas se identifican las vistas de canto.

Resumiendo, la determinación de las verdaderas magnitudes se realiza mediante las vistas de canto en la vista frontal y lateral. A partir de estas se realiza la resolución de cubiertas ortogonales mediante el trazado de planos paralelos a estas V.C. y con la aplicación del Caso 3, para verdaderas magnitudes de planos, y el principio de la clave de la proyección ortogonal, se han solucionado las cuatro cubiertas o aguas. También se aplica para un enésimo número de cubiertas. Ver Figura 80 y la volumetría en la Figura 81.

Figura 80.

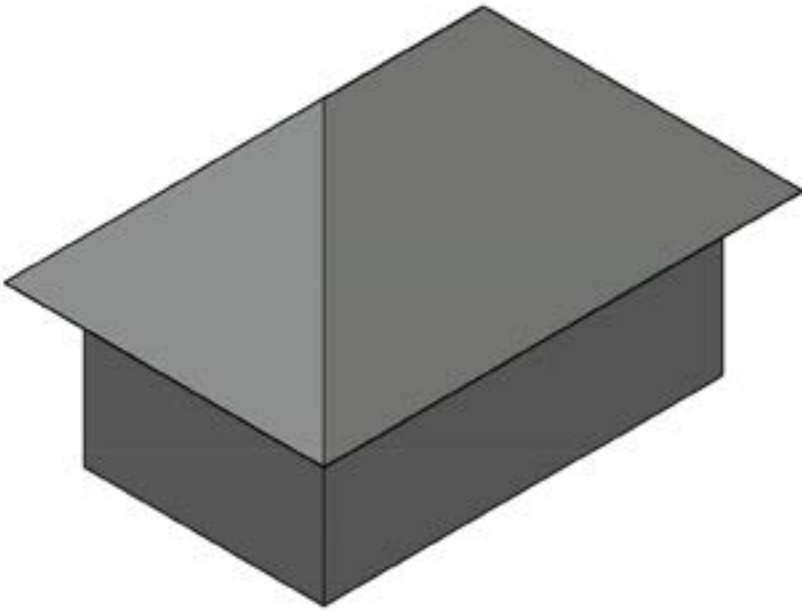
Verdadera magnitud de cubierta de cuatro aguas.



Nota: La imagen destaca los pasos para determinar la verdadera magnitud de los planos.

Figura 81.

Volumetría de cubierta de cuatro aguas.



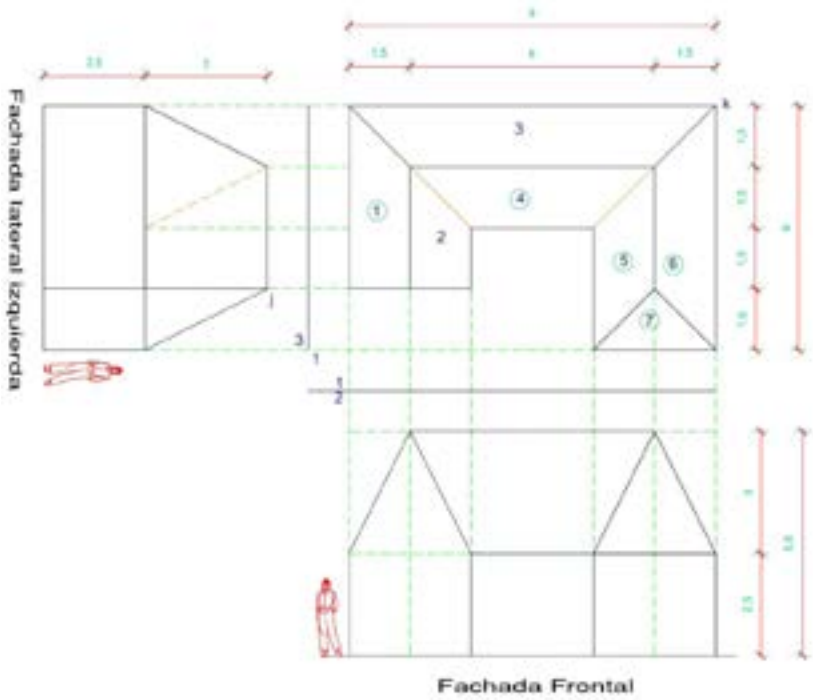
Nota: *La imagen señala la volumetría de la cubierta de cuatro aguas.*

Para reforzar el proceso de resolución de cubiertas ortogonales, se presentan otros ejemplos con formas de implantación con variaciones en el número de faldones o, como comúnmente se las denomina, caídas.

Otro ejemplo es la cubierta de siete aguas. Los datos se presentan en la Figura 82, la identificación de vistas de canto en la Figura 83, en la 84 la resolución de verdaderas magnitudes y, finalmente, en la 85, la volumetría.

Figura 82.

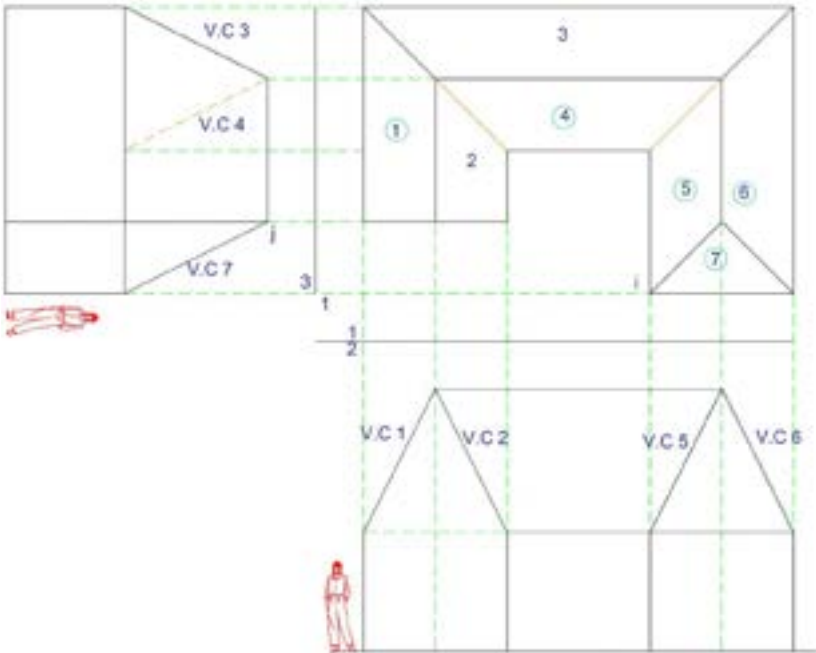
Datos de cubierta de siete aguas.



Nota: La figura propone datos de una cubierta de siete aguas.

Figura 83.

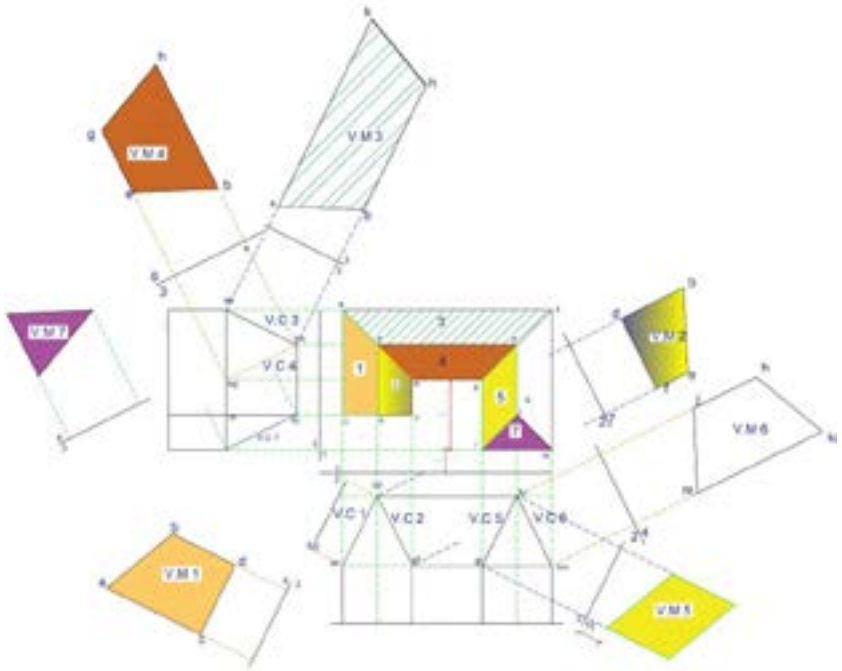
Identificación de las vistas de canto de la cubierta de siete aguas.



Nota: La figura muestra las vistas de canto de una cubierta de siete aguas.

Figura 84.

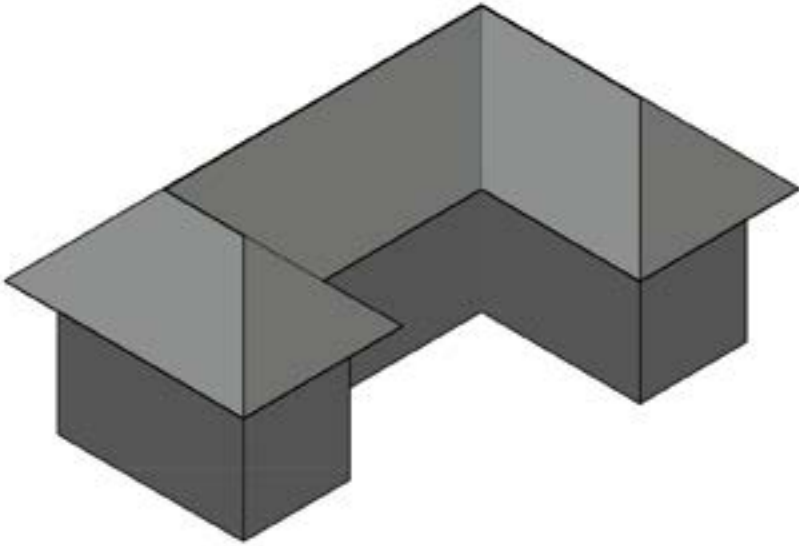
Resolución de verdaderas magnitudes de la cubierta de siete aguas.



Nota: La imagen muestra la resolución de verdaderas magnitudes de una cubierta de siete aguas.

Figura 85.

Volumetría de cubierta de siete aguas con aleros.

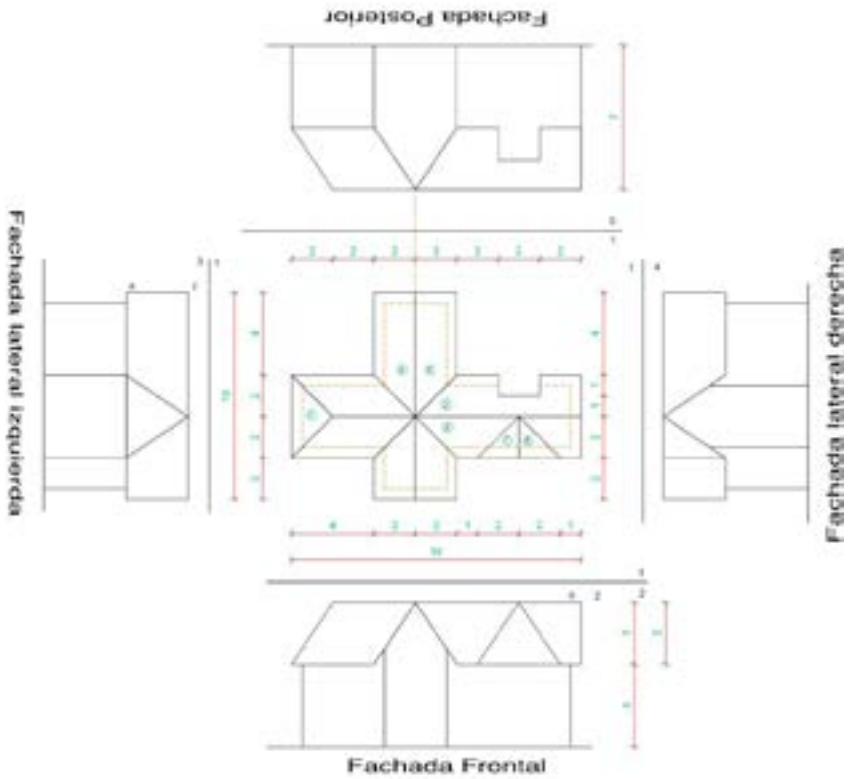


Nota: La figura muestra la volumetría de una cubierta de siete aguas.

Continuando con los ejemplos de refuerzo del proceso de determinación y solución de cubiertas ortogonales, se presenta una cubierta de ocho faldones, junto con los datos mostrados en la Figura 86; vistas de canto en la Figura 87; en la Figura 88, la resolución de verdaderas magnitudes y, concluyendo con este ejercicio, en la 89, la representación volumétrica.

Figura 86.

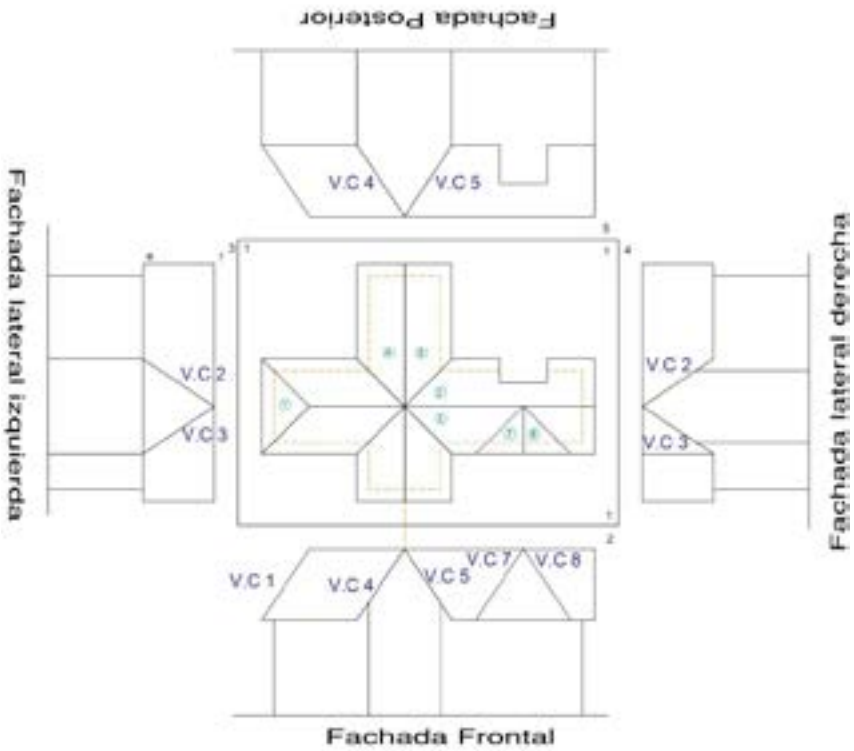
Datos de la cubierta de ocho faldones con aleros.



Nota: La figura propone los datos de una cubierta de ocho faldones.

Figura 87.

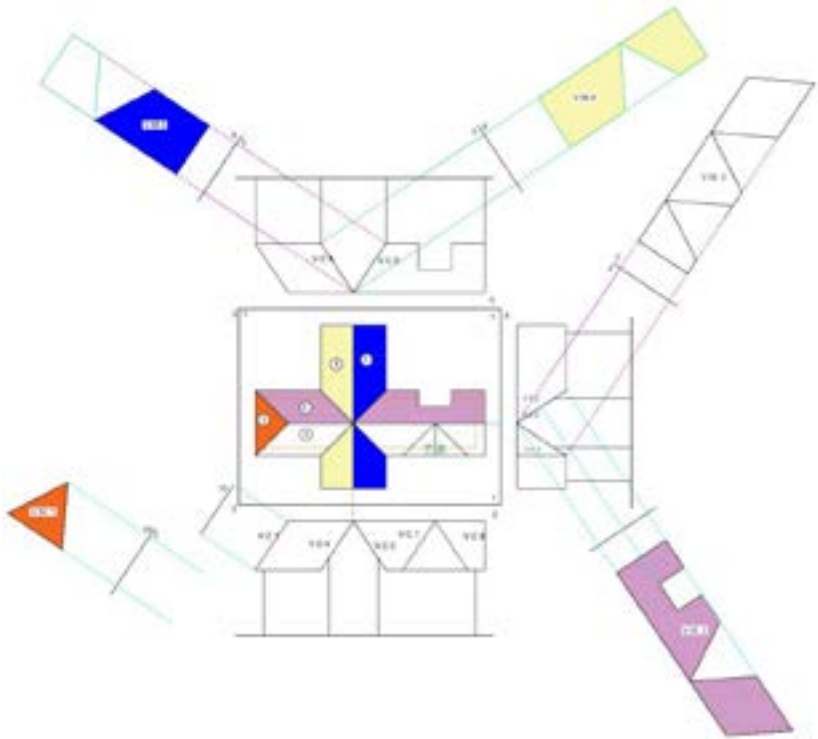
Identificación de vistas de canto en cubierta de ocho faldones.



Nota: La figura propone los datos de una cubierta de ocho faldones.

Figura 88.

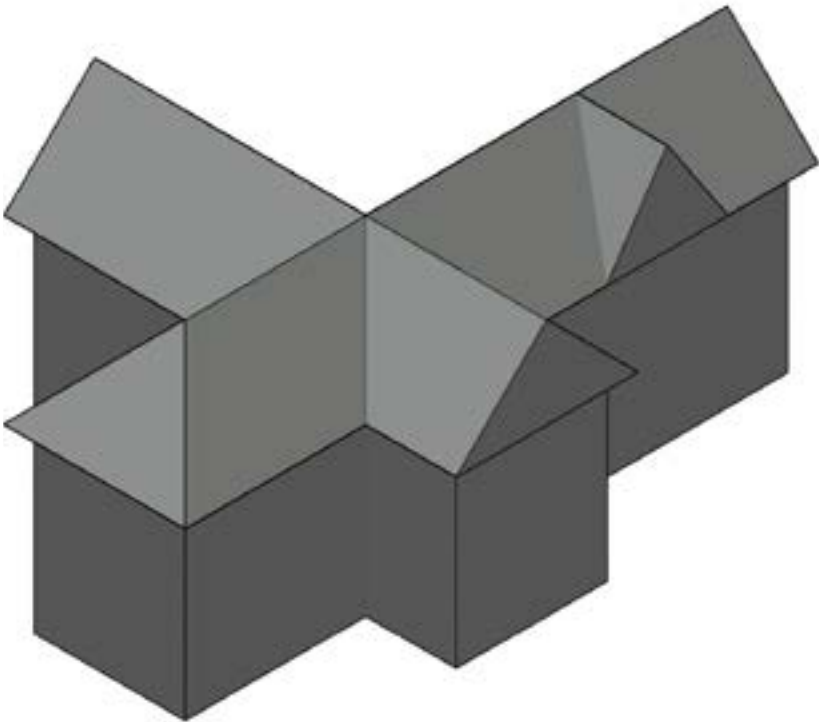
Solución de canto de cubiertas de ocho faldones con aleros.



Nota: La gráfica muestra el proceso de determinación de verdadera magnitud de una cubierta de ocho faldones.

Figura 89.

Volumen de cubierta de ocho aguas.

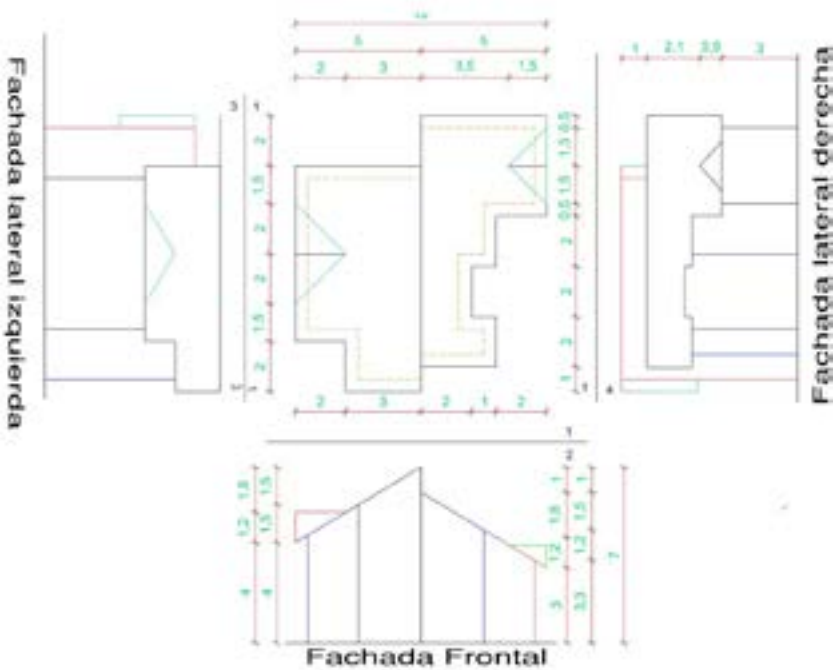


Nota: La figura muestra la volumetría de una cubierta de ocho faldones.

De igual manera, se genera otro modelo bastante común en edificaciones de cubiertas inclinadas, con dos faldones y buhardillas. En este caso, se presentan los datos en la Figura 90, el señalamiento de vistas de canto en la Figura 91, en la 92, la resolución de verdaderas magnitudes y posteriormente en la Figura 93 la isometría digital.

Figura 90.

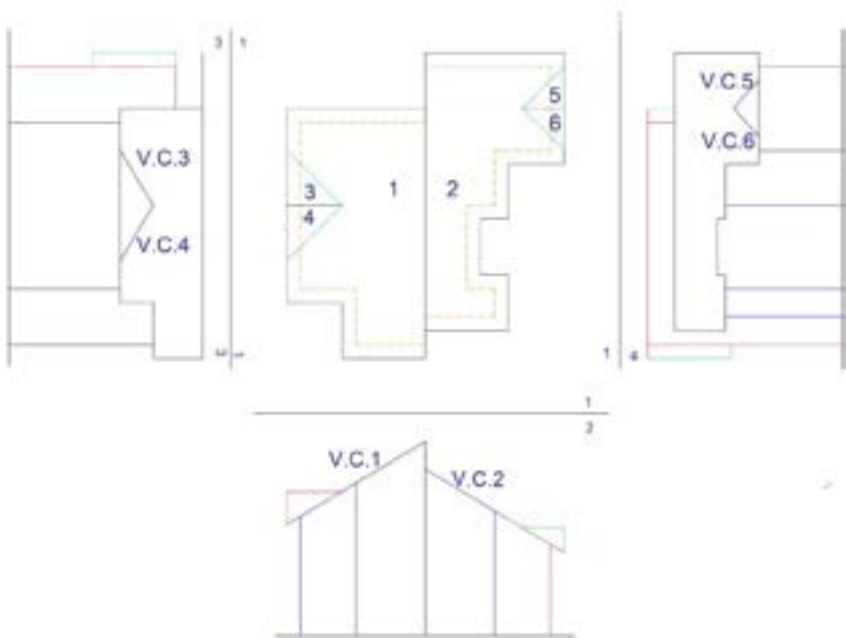
Datos de las cubiertas de dos aguas con buhardillas.



Nota: La imagen presenta los datos de una cubierta de dos aguas con buhardilla.

Figura 91.

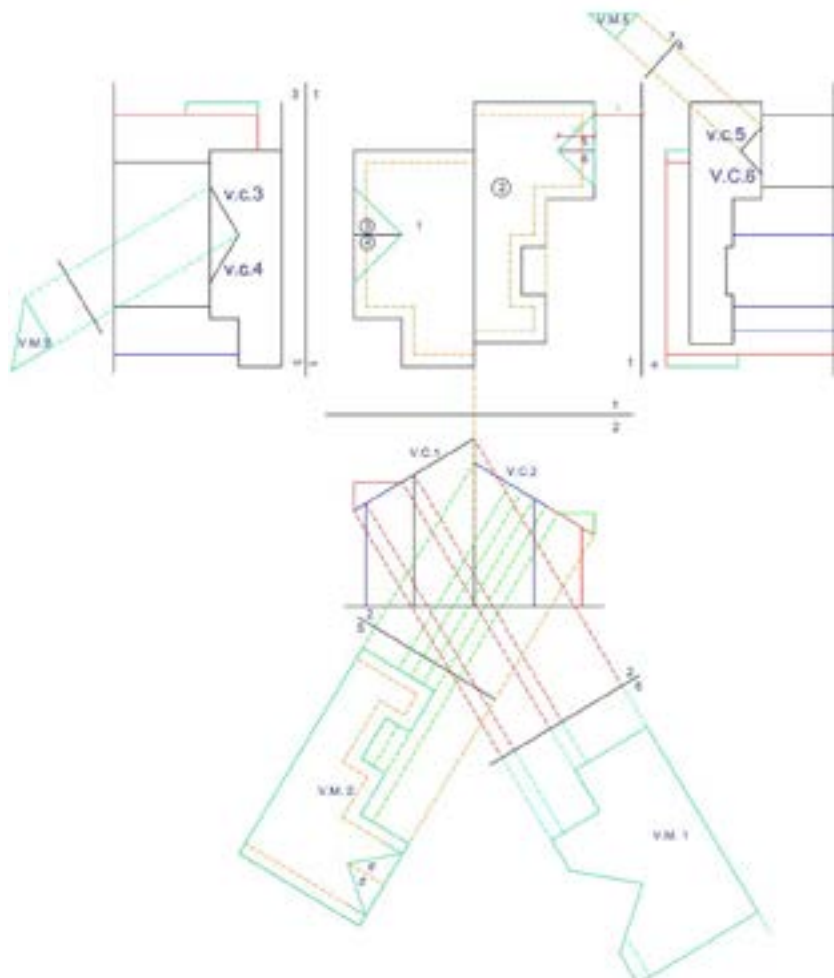
Vistas de canto de las cubiertas de dos aguas con buhardillas.



Nota: La figura muestra las vistas de canto de una cubierta de dos aguas con buhardilla.

Figura 92.

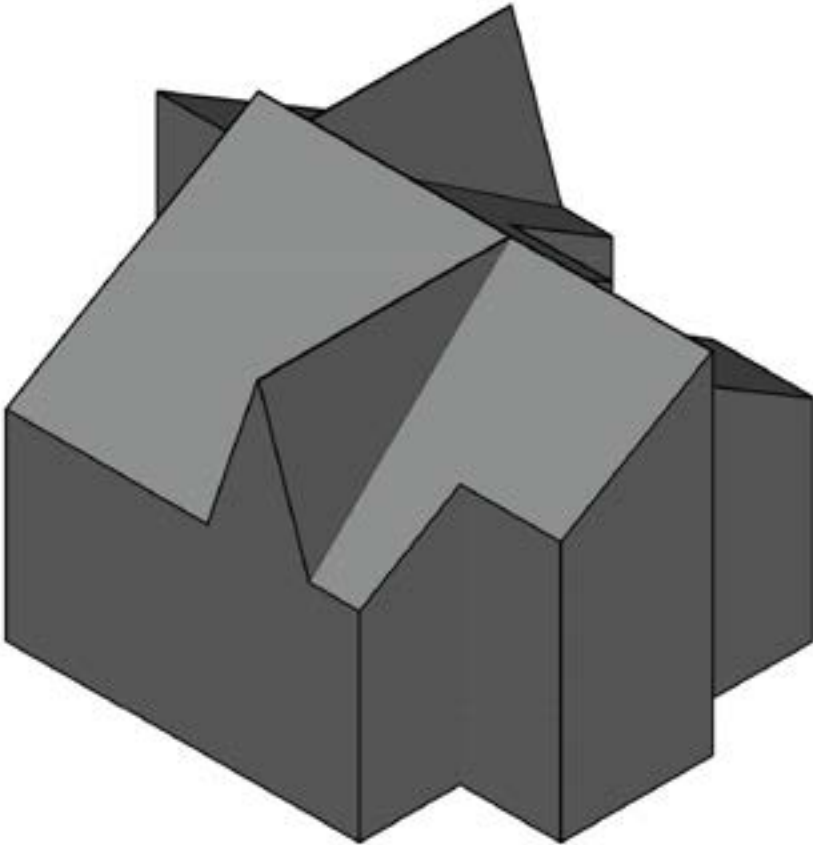
Verdaderas magnitudes de las cubiertas de dos aguas con buhardillas.



Nota: La gráfica muestra la verdadera magnitud de una cubierta de dos aguas con buhardilla.

Figura 93.

Volumen de cubierta a dos aguas con buhardilla.

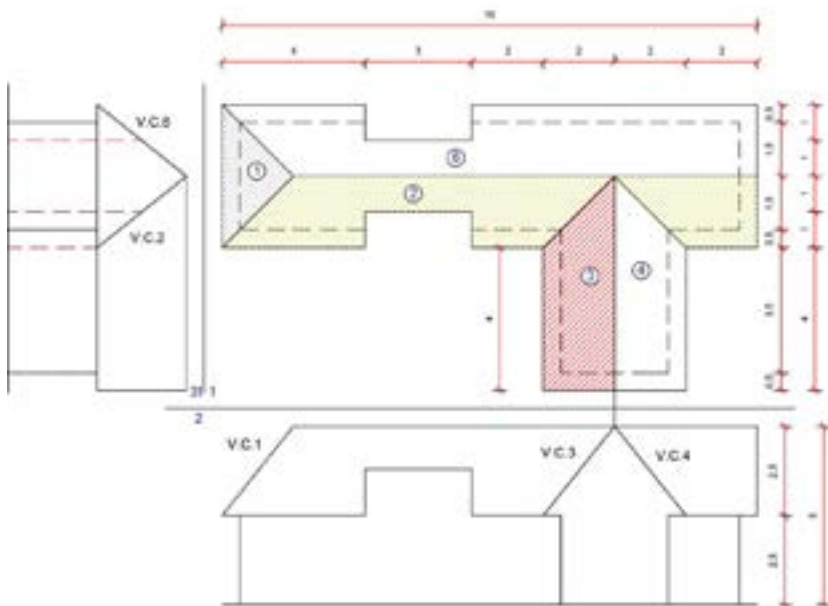


Nota: La figura muestra el volumen de una cubierta de dos aguas con buhardilla.

Ejercicios sobre cubiertas ortogonales

Figura 94.

Datos para la tarea de resolución de la verdadera magnitud de cubierta.



Nota: La figura propone los datos de una cubierta de cuatro aguas.

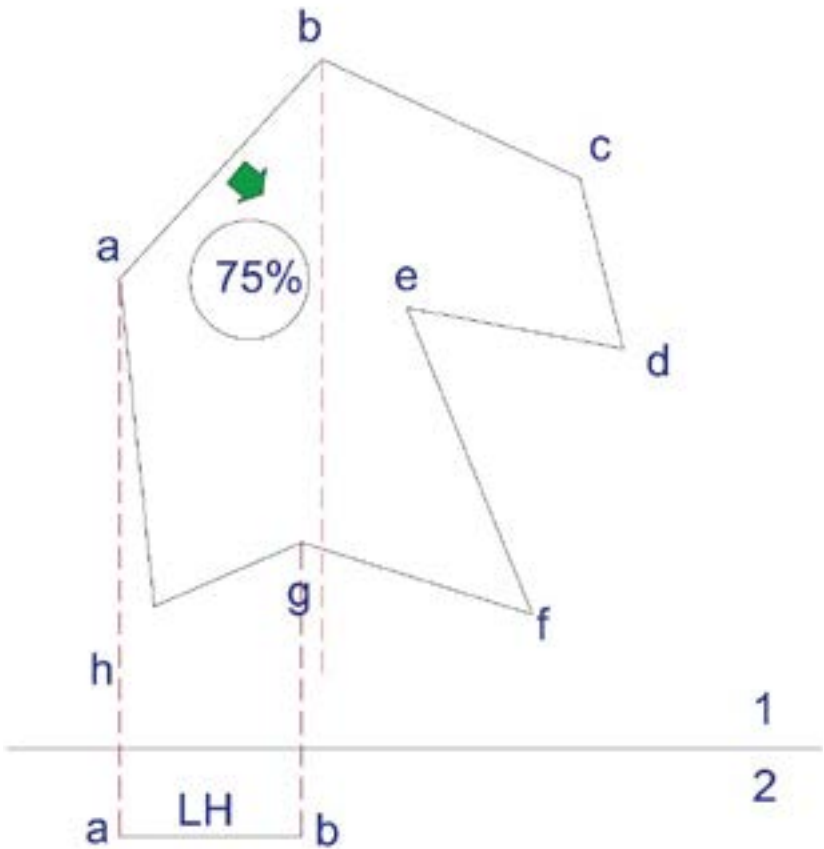
Análisis y resolución de cubiertas irregulares

Las cubiertas irregulares se definen como planos que pueden tener diferentes formas, tamaños e inclinaciones. Para su resolución, se puede partir de dos datos: la pendiente de dicha cubierta y una línea de cumbrero, como muestra la Figura 95, que corresponde a la recta o línea horizontal en la que se basa la resolución de verdaderas magnitudes en el método de la vista de canto.

De igual manera, se debe tomar en cuenta que, por su propia irregularidad, se admiten únicamente hasta dos caídas, con la obligatoriedad de la coincidencia del plano que formaría la línea del cumbrero; así también, se pueden generar hasta dos alturas de dos planos irregulares.

Figura 95.

Datos de una cubierta irregular con una caída.

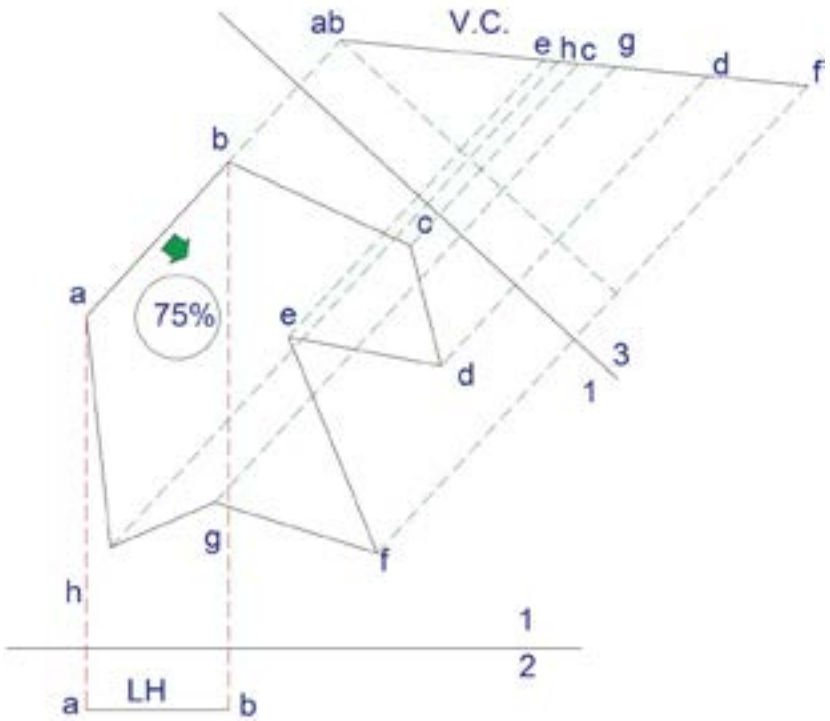


Nota: En la figura se proponen los datos de una cubierta irregular de una caída.

La Figura 96 plantea un ejercicio de un plano irregular y se proporciona en el plano 1 la línea de cumbrero y la pendiente, en este caso del 75 %, así como también, en el plano 2, la Línea Horizontal (L.H.). En este sentido, para determinar la vista de canto en el plano 1-3 es suficiente realizar una regla de tres entre el 100 %, determinado desde el punto más alto, es decir, del punto a3b3, hasta el punto más alejado del plano irregular, en este caso el punto f3. La magnitud de esta recta, en este caso, es de 6,06 y el 75 %; el resultado obtenido es 4,58, que se ubica en la recta paralela a la línea de cumbrero que partió del plano 1.

Figura 96.

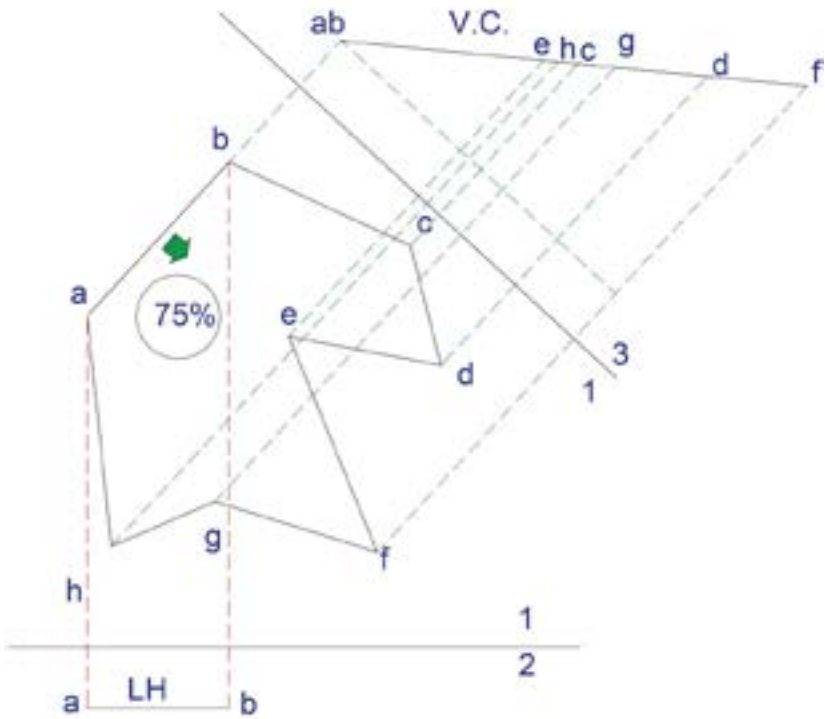
Determinación de la vista de canto de una cubierta irregular con una caída.



Nota: En la gráfica se muestra la determinación de las medidas con base en la pendiente.

Figura 97.

Determinación de la vista de canto de una cubierta irregular con una caída.

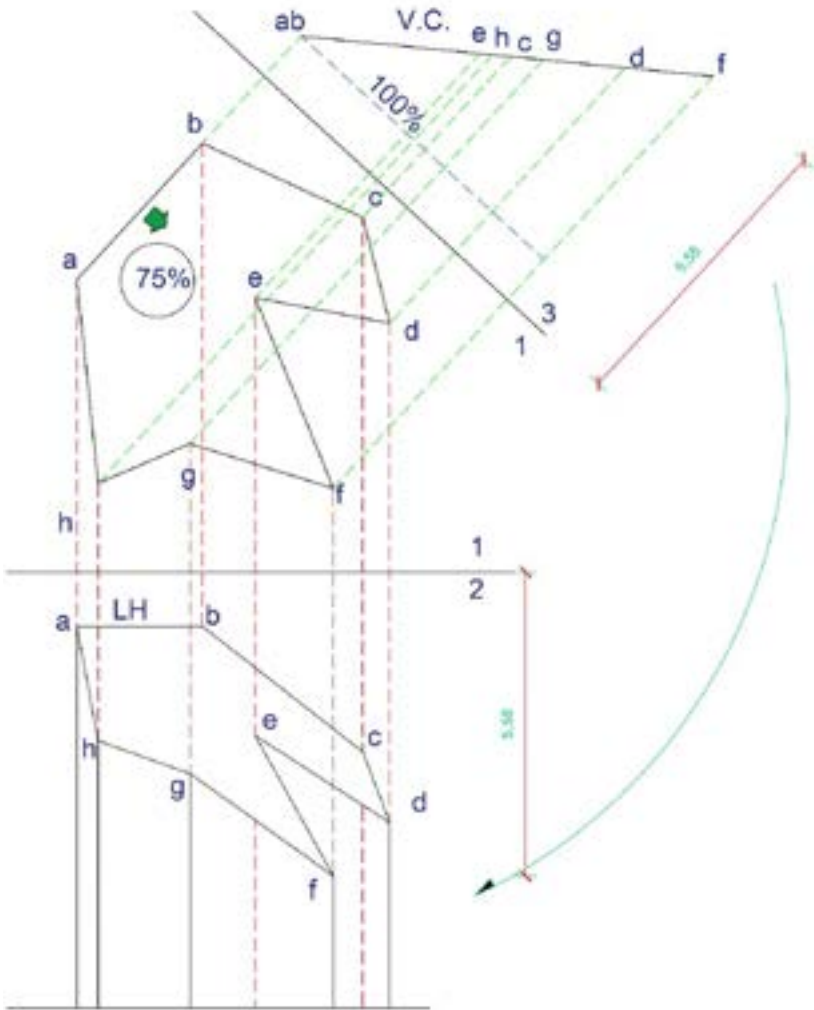


Nota: En la figura se presenta la determinación de la vista de canto de la cubierta irregular de un faldón.

Seguidamente, se une el punto ab con el punto f resultante de la regla de tres; la recta resultante es la vista de canto de la cubierta irregular. A continuación, desde cada punto de la figura irregular se trazan rectas paralelas a la línea de cumbrero AB desde el plano 1, que corresponden a las alturas de cada vértice del plano irregular en el plano vertical, aplicando el principio de la proyección ortogonal, como lo indica la Figura 97.

Figura 98.

Determinación de la vista de canto de una cubierta irregular con una caída.



Nota: En la figura se presenta la determinación de la vista de canto de la cubierta irregular de un faldón.

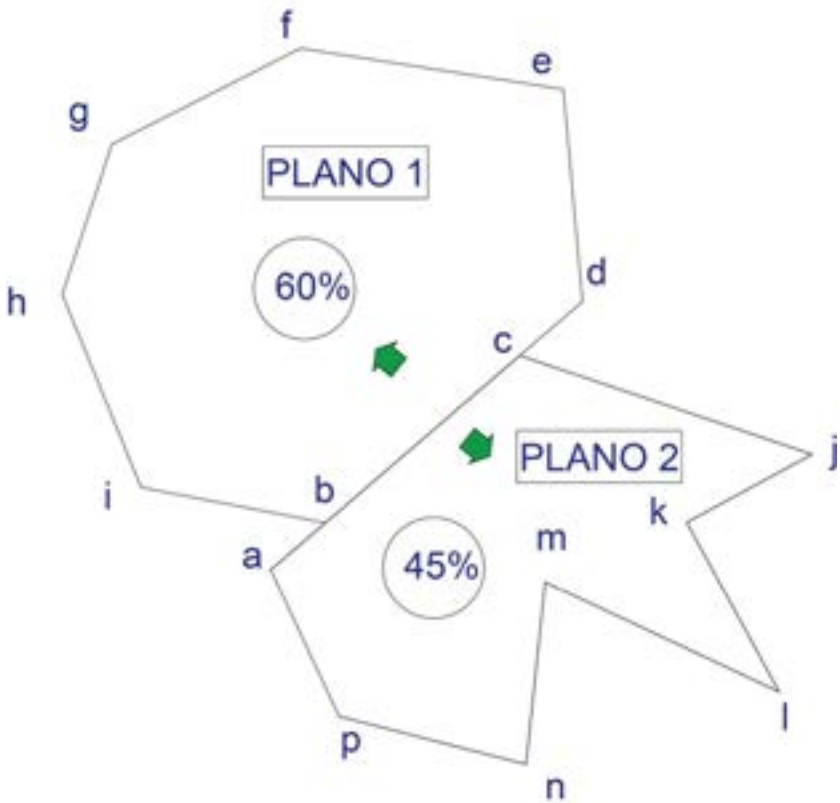
A partir de la resolución de la vista de canto, se proyecta un plano paralelo 3-4 y se determina la verdadera magnitud de la cubierta irregular. Así también, con las prolongaciones de cada punto hasta la V.C. se encuentran las dimensiones de todos los puntos e, h, c, g, d, incluido el f, al trasladar con el principio de la CPO, esto es del plano 3 al plano 2. Estas medidas corresponden a las alturas (Figura 98).

De hecho, con estos datos se realiza el trazado para el desarrollo del volumen en un plano auxiliar, colocando sucesivamente las distancias de punto a punto de la planta irregular del Plano Horizontal 1 y con las alturas de cada punto del plano 2. Finalmente, se forma el perfil del desarrollo del sólido, adicionalmente, se coloca una altura base de la línea de tierra al punto más bajo de la cubierta, que en el presente caso corresponde al punto f; la cubierta de este desarrollo es la verdadera magnitud, como se observa en la Figura 99.

Del mismo modo, como se había señalado, en cubiertas irregulares se pueden plantear estos elementos de cubierta de hasta dos faldones. Tomar en cuenta que la línea de cumbrero debe coincidir en dirección, aunque pueden tener diferentes alturas. El procedimiento es el mismo que se ha desarrollado en la cubierta irregular de una caída. Visualizar las Figuras 100, 101, 102, 103 y 104.

Figura 100.

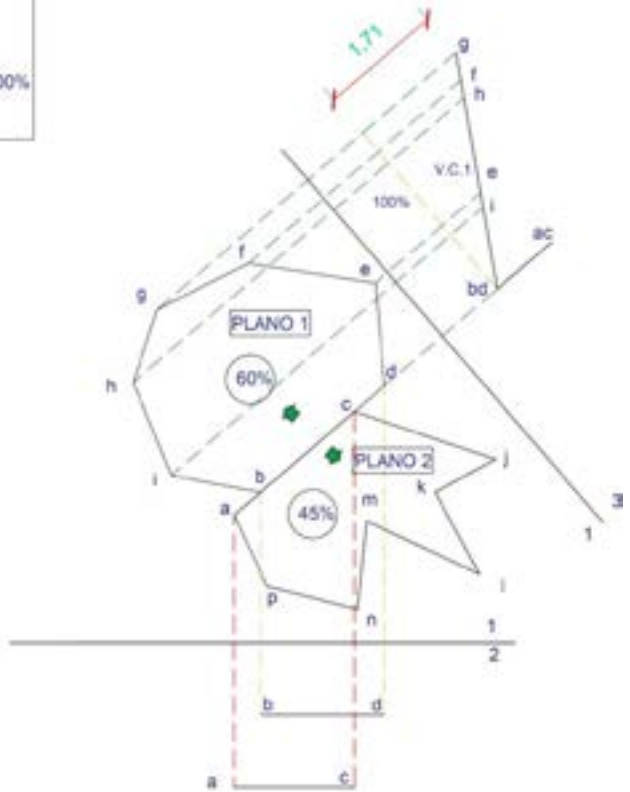
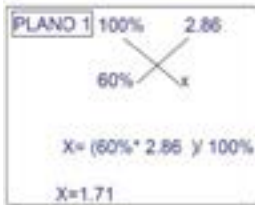
Datos de una cubierta irregular con dos caídas.



Nota: En la imagen se muestra la implantación de dos cubiertas irregulares.

Figura 101.

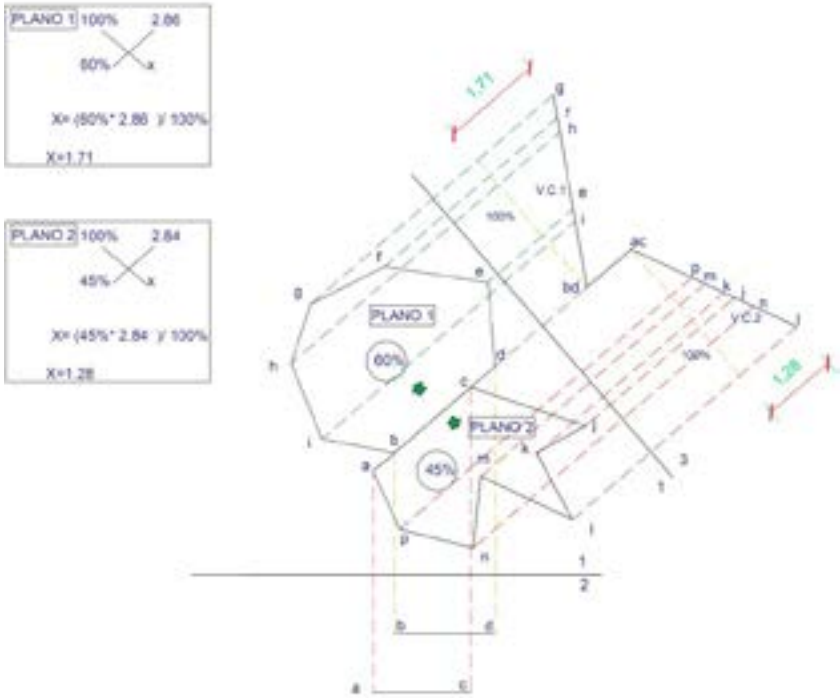
Resolución de la vista de canto 1 de la cubierta irregular de dos caídas.



Nota: La imagen muestra el proceso de solución de la vista de canto 1.

Figura 102.

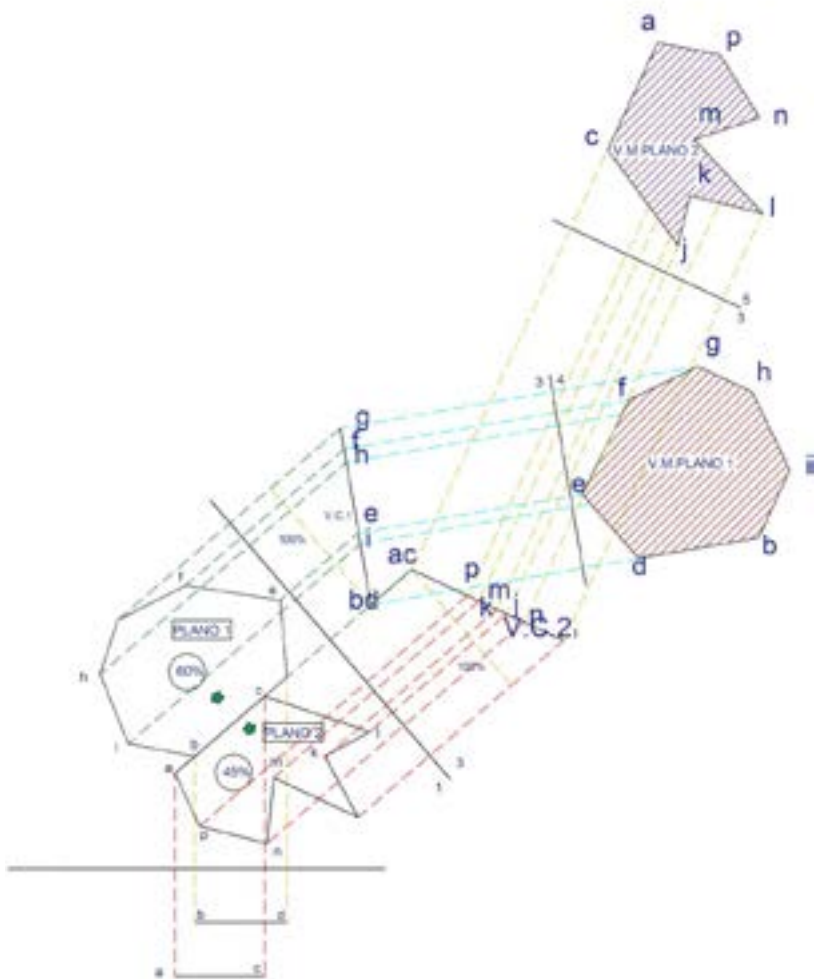
Resolución de 2 vistas de canto de cubierta irregular de dos caídas.



Nota: La imagen muestra la resolución de vistas de canto y el cálculo de medida con base en los datos de la pendiente.

Figura 103.

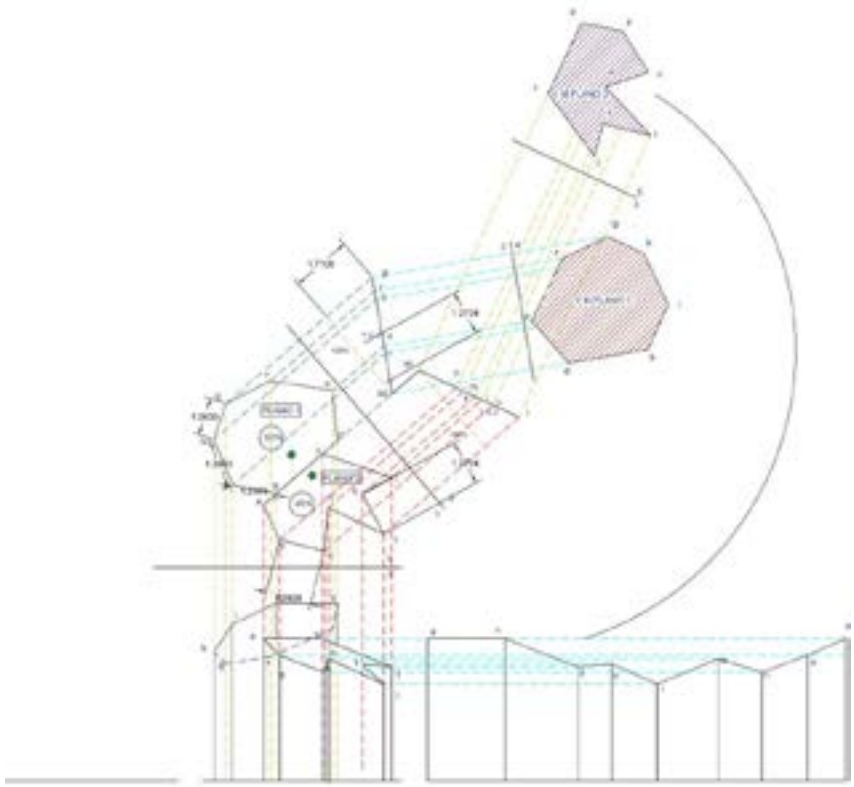
Verdaderas magnitudes de dos faldones de cubierta irregular de dos caídas.



Nota: La imagen muestra la resolución de vistas de canto y el cálculo de medida con base en los datos de la pendiente.

Figura 104.

Desarrollo de cubierta irregular de dos faldones.



Nota: *La figura presenta el desarrollo de la cubierta 2.*

Ejercicios propuestos para la resolución de cubiertas irregulares

1. Plantearse una cubierta irregular con 70 % de pendiente y resolver la verdadera magnitud de la cubierta y el desarrollo.
2. Plantearse una cubierta irregular con dos faldones a diferente nivel. La cubierta 1 con 45 % de pendiente y la cubierta 2 con 75 % de pendiente.

ANEXOS

**EJERCICIOS DE
RESOLUCIONES
PRÁCTICAS
DE CUBIERTAS
SOBRE CUBIERTAS
ORTOGONALES**

Maquetas de proyecciones ortogonales

Anexos 1.

Maqueta 1 de proyecciones ortogonales.



Nota: La fotografía muestra la maqueta 1 con un cubo transparente, con las vistas de un volumen confinado.

Anexos 2.

Segunda vista de la Maqueta 1.



Nota: La fotografía muestra la maqueta 1, observada desde otro punto de vista.

Anexos 3.

Maqueta 2 de proyección ortogonal.



Nota: La fotografía muestra la maqueta 2 con un cubo transparente, con las vistas de un volumen confinado.

Anexos 4.

Maqueta 3 de proyección ortogonal.



Nota: La fotografía muestra la maqueta 3 con un cubo transparente, con las vistas de un volumen confinado.

Anexos 5.

Maqueta 4 de resolución de verdaderas magnitudes de cubiertas.



Nota: La fotografía muestra la maqueta de una cubierta de cuatro aguas.

Anexos 6.

Maqueta 5 de resolución de verdaderas magnitudes de cubiertas.



Nota: La fotografía muestra otro punto de vista de la maqueta de una cubierta de cuatro aguas.

Anexos 7.

Maqueta 6 de resolución de verdaderas magnitudes de cubiertas de siete aguas.



Nota: La fotografía muestra un ejercicio con maqueta de una cubierta de siete aguas.

Anexos 8.

Maqueta 7 de resolución de verdaderas magnitudes de cubiertas de dos aguas ortogonales irregulares.



Nota: La fotografía muestra un ejercicio con maqueta de una cubierta de siete aguas.

Anexos 9.

Maqueta 8 de verdaderas magnitudes de cubiertas de ortogonales irregulares.



Nota: En la fotografía se observa un ejercicio de aplicación arquitectónica con maqueta de una cubierta ortogonal irregular.

Anexos 10.

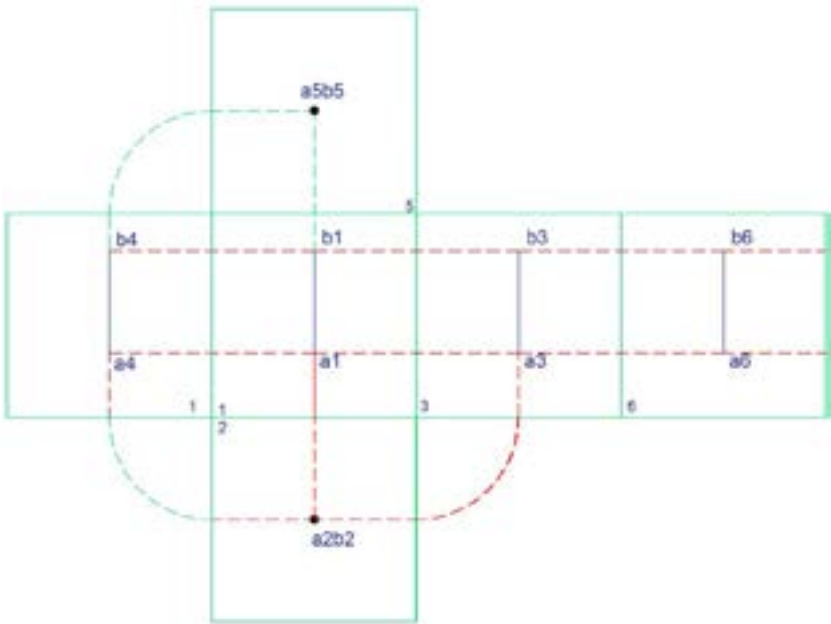
Maqueta 9 de resolución de verdaderas magnitudes de cubiertas arquitectónicas.



Nota: En la fotografía se muestra una aplicación arquitectónica de una cubierta ortogonal irregular.

Anexos 11.

Maqueta descriptiva 9 de cubiertas ortogonales irregulares.



Nota: En la fotografía se muestra la distribución de espacios interiores de la aplicación arquitectónica.

Referencias bibliográficas

- Ángel, T. F. (2016). *Biblioteca virtual Universidad Indoamérica*. <https://elibro.net/es/ereader/utiec/51962>
- Arellano Negrete, M. A. (2015). *Aprendamos geometría analítica*. Grupo Editorial Éxodo.
- Aura, S., Girón, T., & Engel, S. (1987). *Geometría descriptiva*. Editorial Reverté.
- Blackwell, W. (2011). *La geometría en la arquitectura*. Trillas.
- Brotrück, T. (2010). *Construcción de cubiertas*. Gustavo Gili.
- Fernández Calvo, S. (2010). *La geometría descriptiva aplicada al dibujo técnico arquitectónico*. Trillas.
- Hernández-Salomón, M. (2016). Recomendaciones de diseño con enfoque medioambiental para cubiertas ligeras en edificaciones del Centro Histórico de Santiago de Cuba. *Ciencia en su PC*, (1).
- Monge, G. (1803). *Geometría descriptiva. Lecciones*. Imprenta Real.
- Montenegro, J., y Cordero, S. (2012), presentado en las III Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales, publicado en *Archivos de Ciencias de la Educación*, 6, n.º 6.
- Portero Ricol, A. E. (2010). ¿Las cubiertas cubre? Parte 1. <https://www.redalyc.org/pdf/3768/376839859005.pdf>
- Ramírez, O. (2009). *Sistema didáctico de proyección ortogonal para facilitar el aprendizaje de la geometría descriptiva y el dibujo técnico*. Departamento de Ciencias Exactas y Naturales.

- Pozo, J. M. (2002a). *Geometría para la arquitectura*. Industrias Gráficas Castuera.
- Pozo, J. M. (2002b). *Geometría para la arquitectura: Concepto y práctica*. T6 Ediciones.
- Schaum, S. (1976). *Teoría y problemas de geometría descriptiva*. McGraw-Hill.
- Steve, S. (1969). *Geometría descriptiva tridimensional*. Offset Universal.
- Valencia García, G. (2009). *Geometría descriptiva: Paso a paso*. Ecoe Ediciones.

La resolución de las problemáticas relacionadas al diseño de edificaciones puede abarcar diferentes tipologías, de acuerdo con los usos, actividades y necesidades de los usuarios, que corresponden a los retos que deben enfrentar los profesionales de la arquitectura y la construcción.

El nivel de complejidad o la magnitud de los proyectos es relativa, debido a que toda obra sea grande o modesta requiere dedicación, prolijidad y la satisfacción del logro de un buen producto. De hecho, esto demanda que los procesos interdisciplinarios se cumplan con bases conceptuales sólidas y una buena formación técnica.

Históricamente, la geometría descriptiva aporta con soluciones gráficas de diferentes componentes, que optimizan el tiempo y los recursos en la ejecución de la construcción de edificaciones.

El presente libro, está conformado por ocho capítulos, cada uno fundamentado con definiciones y ejercicios prácticos, descritos y ejecutados paso a paso, que ofrecen una mejor comprensión al lector. Con esta consideración, el texto pretende constituirse en una fuente de consulta y una herramienta de apoyo para profesionales y estudiantes relacionados con los campos de la arquitectura.

ISBN 978-9-942693-19-8



9 789942 693198