



Diseño geométrico de carreteras con AutoCAD Civil 3D

Autor: Olger Ugarte Contreras

© Derechos de autor registrados:

Empresa Editora Macro EIRL

© Derechos de edición, arte gráfico y diagramación reservados:

Empresa Editora Macro EIRL

Coordinación de edición:

Magaly Ramon Quiroz

Diseño de portada:

Rudy Herrera Torres

Corrección de estilo:

Yossi Quintanilla Pinillos

Diseño y diagramación:

Eduardo Siesquén Aquije

Edición a cargo de:

© Empresa Editora Macro EIRL

Av. Paseo de la República N.° 5613, Miraflores, Lima, Perú

☎ Teléfono: (511) 748 0560

✉ E-mail: proyectoeditorial@editorialmacro.com

🌐 Página web: www.editorialmacro.com

Primera edición: junio 2016

Tiraje: 1400 ejemplares

Impresión

Talleres gráficos de la Empresa Editora Macro EIRL

Jr. San Agustín N.° 612-624, Surquillo, Lima, Perú

ISBN N.° 978-612-304-414-5

Hecho el depósito legal en la Biblioteca Nacional del Perú N.° 2016-06346

Prohibida la reproducción parcial o total, por cualquier medio o método, de este libro sin previa autorización de la Empresa Editora Macro EIRL.

Índice

| | |
|-------------------|----|
| Introducción..... | 15 |
|-------------------|----|

Capítulo 1

| | |
|--|-----|
| Alineamientos | 17 |
| 1.1 Definición de alineamientos..... | 19 |
| 1.2 Desarrollo de un alineamiento horizontal en AutoCAD Civil 3D | 21 |
| 1.2.1 Configuración del alineamiento | 21 |
| 1.2.2 Líneas y curvas (fijas, flotantes y libres)..... | 24 |
| 1.2.3 Creación de alineamiento | 27 |
| 1.2.4 Inserción de un PI | 29 |
| 1.2.5 Uso de grips | 30 |
| 1.2.6 Uso de espirales en alineamientos..... | 31 |
| 1.2.7 Información de espiral | 32 |
| 1.2.8 Líneas y curvas fijas..... | 33 |
| 1.3 Trazado de una carretera..... | 35 |
| 1.3.1 Alineamientos y parcelas | 35 |
| 1.3.2 Entidades de un alineamiento | 36 |
| 1.3.3 Creación de un alineamiento | 37 |
| 1.3.4 Edición de la geometría del alineamiento..... | 53 |
| 1.4 Alineamientos como objetos..... | 61 |
| 1.4.1 Renombrando objetos | 61 |
| 1.4.2 La progresiva correcta | 66 |
| 1.4.3 Asignación de las velocidades de diseño | 69 |
| 1.5 Estilizando alineamientos..... | 75 |
| 1.5.1 El alineamiento por sí mismo..... | 75 |
| 1.5.2 Etiquetado de alineamientos | 77 |
| 1.5.3 El poder de los conjuntos de etiquetas..... | 77 |
| 1.5.4 Tablas de alineamientos | 92 |
| 1.6 Conclusiones | 99 |
| 1.7 Términos claves | 100 |

Capítulo 2

| | |
|---|-----|
| Perfiles | 101 |
| 2.1 Definición de los perfiles | 103 |
| 2.2 Propiedades de la curva parabólica..... | 105 |
| 2.2.1 Fórmulas usadas para calcular los datos de la curva vertical parabólica | 106 |
| 2.2.2 Cálculo manual de los datos de una curva vertical | 107 |
| 2.3 Secciones..... | 110 |
| 2.4 Caso práctico de la creación de un perfil..... | 112 |
| 2.4.1 Creación de un perfil a partir de los datos de superficie..... | 112 |

| | | |
|-------|--|-----|
| 2.4.2 | Desarrollo de un perfil de terreno terminado (rasante) | 115 |
| 2.4.3 | La barra Profile Layout Tools | 116 |
| 2.4.4 | Creación de un perfil propuesto | 116 |
| 2.4.5 | Recreación de perfil con estilos diferentes | 118 |
| 2.4.6 | El efecto dominó | 121 |
| 2.4.7 | Edición numérica de perfiles | 122 |
| 2.4.8 | Eliminación de un componente del perfil | 122 |
| 2.4.9 | Creación de una curva asimétrica | 123 |
| 2.5 | Más acerca de perfiles | 124 |
| 2.5.1 | Muestreo de superficie | 125 |
| 2.5.2 | Trazado de perfiles | 132 |
| 2.5.3 | Edición de perfiles | 144 |
| 2.5.4 | Visualización y estilización del perfil | 152 |
| 2.6 | Conclusiones | 168 |

Capítulo 3

| | | |
|-------|--|-----|
| | Vistas de perfil | 169 |
| 3.1 | Definición de las vistas de perfil | 171 |
| 3.2 | Creación durante el muestreo | 171 |
| 3.3 | Creación manual | 173 |
| 3.4 | División de vistas | 175 |
| 3.4.1 | Creación de vistas de perfil manualmente limitada | 175 |
| 3.4.2 | Creación de vistas con perfil escalonado | 177 |
| 3.4.3 | Creación de vistas de perfil separados | 179 |
| 3.4.4 | Utilidades de perfiles | 181 |
| 3.4.5 | Proyección de objeto | 184 |
| 3.5 | Edición de vistas de perfil | 186 |
| 3.5.1 | Propiedades de la vista de perfil | 186 |
| 3.5.2 | Ajuste de los límites de la progresiva de la vista de perfil | 186 |
| 3.5.3 | Ajuste de las elevaciones de la vista de perfil | 188 |
| 3.5.4 | Opciones de visualización del perfil | 193 |
| 3.5.5 | Bandas de vistas de perfil | 194 |
| 3.5.6 | Estilos de la vista de perfil | 199 |
| 3.5.7 | Estilos de etiquetados | 211 |
| 3.6 | Conclusiones | 220 |
| 3.7 | Términos claves | 220 |

Capítulo 4

| | | |
|-----|---|-----|
| | Ensamblajes y subensamblajes | 221 |
| 4.1 | El objeto ensamblaje | 223 |
| 4.2 | El catálogo de modelación de obras lineales | 224 |
| 4.3 | Acceder al catálogo de modelación de obras lineales | 225 |
| 4.4 | Acceder a la ayuda del subensamblaje | 226 |

| | | |
|-------|--|-----|
| 4.5 | Adición de subensamblajes a la paleta de herramientas | 226 |
| 4.6 | Construcción de ensamblajes..... | 227 |
| 4.6.1 | Creación de un ensamblaje de carretera típica..... | 227 |
| 4.6.2 | Subensamblajes alternativos | 233 |
| 4.6.3 | Edición de un ensamblaje | 236 |
| 4.7 | Trabajar con subensamblajes genéricos..... | 244 |
| 4.7.1 | Mejoramiento de ensamblajes usando vínculos genéricos | 244 |
| 4.8 | Trabajo con subensamblajes de intersección (o daylight)..... | 248 |
| 4.8.1 | Mejoramiento de un ensamblaje con un subensamblaje daylight | 249 |
| 4.8.2 | Tiempo de ignorar parámetros | 251 |
| 4.8.3 | Subensamblajes daylight alternativos..... | 252 |
| 4.9 | Guardar subensamblajes y ensamblajes para un uso posterior..... | 253 |
| 4.9.1 | Almacenamiento de un subensamblaje personalizado en una paleta de herramientas | 253 |
| 4.9.2 | Almacenamiento de un ensamblaje completo en una paleta de herramientas | 255 |
| 4.10 | Criterios básicos del peraltado de una carretera | 255 |
| 4.11 | Conclusiones..... | 257 |

Capítulo 5

| | |
|---|-----|
| Obras lineales básicas | 259 |
| 5.1 El objeto Corridor | 261 |
| 5.2 Creación de una obra lineal de carretera sencilla | 262 |
| 5.3 Creación de una obra lineal para una carretera más elaborada..... | 266 |
| 5.3.1 Configuración del espacio de herramientas y los parámetros de subensamblaje | 267 |
| 5.3.2 Modificar subensamblajes para la carretera..... | 267 |
| 5.3.3 Creación de una obra lineal | 270 |
| 5.3.4 Configuración de la obra lineal para el sombreado en 3D | 273 |
| 5.3.5 Peraltar una carretera | 274 |
| 5.4 Utilidades para visualizar su obra lineal | 286 |
| 5.5 Reconstruir una obra lineal | 287 |
| 5.6 Problemas comunes de las obras lineales | 287 |
| 5.7 Anatomía de una obra lineal | 290 |
| 5.7.1 Puntos | 291 |
| 5.7.2 Vínculos..... | 292 |
| 5.7.3 Líneas características | 292 |
| 5.7.4 Formas | 293 |
| 5.8 Adición de una superficie objetivo para la intersección por proyección longitudinal (daylighting) ... | 294 |
| 5.8.1 Problemas comunes con las intersecciones por proyección longitudinal (daylighting)..... | 296 |
| 5.9 Aplicación de un patrón de sombreado a la obra lineal | 297 |
| 5.10 Creación de una superficie de obra lineal..... | 301 |
| 5.10.1 La superficie de la obra lineal | 301 |
| 5.10.2 Fundamentos de creación | 302 |
| 5.10.3 Tipos de datos | 302 |
| 5.10.4 Otras tareas de superficie..... | 305 |

| | |
|--|-----|
| 5.10.5 Problemas comunes de creación de superficies..... | 310 |
| 5.11 Cálculo de volúmenes..... | 311 |
| 5.11.1 Problemas comunes para el volumen..... | 313 |
| 5.12 Creación de una obra lineal con una ampliación de carril..... | 313 |
| 5.12.1 Uso de alineamientos objetivos..... | 313 |
| 5.12.2 Problemas de transición comunes..... | 316 |
| 5.12.3 Creación de una obra lineal de flujo..... | 317 |
| 5.13 Creación de una obra lineal con zanja para tuberías..... | 318 |
| 5.14 Conclusiones..... | 320 |

Capítulo 6

| | |
|--|-----|
| Obras lineales avanzadas | 321 |
| 6.1 Creatividad con modelos de obra lineal..... | 323 |
| 6.2 Uso de objetivos de alineamientos y perfiles para modelar cuerpos de agua a los lados de la carretera..... | 323 |
| 6.2.1 Utilidades de la obra lineal..... | 323 |
| 6.3 Modelamiento de la intersección de dos carreteras..... | 330 |
| 6.3.1 Adición de regiones a la avenida principal..... | 332 |
| 6.3.2 Adición de una línea base y región a una intersección de carretera..... | 336 |
| 6.3.3 Creación de un ensamblaje para la intersección..... | 338 |
| 6.3.4 Adición de líneas bases, regiones y objetivos a las intersecciones..... | 340 |
| 6.3.5 Solución a los problemas de la intersección..... | 349 |
| 6.3.6 Construcción de un primer borrador de una superficie de obra lineal..... | 354 |
| 6.3.7 Perfeccionamiento del modelo para optimizar el diseño..... | 355 |
| 6.3.8 Refinamiento de una superficie de obra lineal..... | 362 |
| 6.4 Modelación de una vía sin salida (cul-de-sac)..... | 367 |
| 6.4.1 Adición de una línea base, región y objetivos para la calle sin salida..... | 367 |
| 6.4.2 Solución de problemas en una vía sin salida (cul-de-sac)..... | 371 |
| 6.5 Modelación de un ensanchamiento con un desfase de ensamblaje..... | 373 |
| 6.5.1 El problema con los moños..... | 377 |
| 6.6 Conclusiones..... | 378 |
| 6.7 Términos claves..... | 379 |

Capítulo 7

| | |
|---|-----|
| Secciones transversales | 381 |
| 7.1 La obra lineal..... | 383 |
| 7.2 Pautas para el muestreo..... | 384 |
| 7.2.1 Creación de líneas de muestreo a lo largo de una obra lineal..... | 386 |
| 7.2.2 Edición del ancho de barrido de un grupo de líneas de muestreo..... | 388 |
| 7.3 Creación de vistas..... | 389 |
| 7.4 Creación de una vista de sección individual..... | 390 |
| 7.5 Uso de materiales..... | 392 |
| 7.5.1 Creación de una lista de materiales..... | 393 |

| | |
|--|-----|
| 7.5.2 Creación de una tabla de volúmenes en el dibujo | 394 |
| 7.5.3 Adición de factores de suelo a la lista de materiales | 396 |
| 7.5.4 Generación de un reporte de volúmenes | 398 |
| 7.6 Más acerca del muestreo | 399 |
| 7.6.1 Adición de una red de tuberías a un grupo de líneas de muestreo | 400 |
| 7.6.2 Automatización del ploteo para que las secciones de corte se organicen en planos | 401 |
| 7.7 Anotación de las secciones..... | 405 |
| 7.8 Adición de etiquetas a la vista de sección | 406 |
| 7.9 Términos claves | 407 |

Capítulo 8

| | |
|--|------------|
| Listas de piezas y el constructor de piezas | 409 |
| 8.1 Planificación de una red de tuberías típicas..... | 411 |
| 8.2 El catálogo de piezas | 413 |
| 8.2.1 El dominio de estructuras | 413 |
| 8.2.2 El dominio de tuberías | 416 |
| 8.2.3 Los archivos de apoyo | 418 |
| 8.3 El constructor de piezas..... | 418 |
| 8.3.1 Creación de una copia de respaldo del catálogo de piezas..... | 420 |
| 8.3.2 Piezas paramétricas..... | 420 |
| 8.3.3 Orientación del constructor de piezas | 420 |
| 8.3.4 Comprender la organización del constructor de piezas | 421 |
| 8.3.5 Exploración de la familia de piezas..... | 422 |
| 8.3.6 Adición de un tamaño de pieza usando el constructor de piezas | 423 |
| 8.3.7 Compartir una pieza personalizada..... | 425 |
| 8.3.8 Adición de la tubería semiovalada al catálogo de piezas | 426 |
| 8.4 Estilos de piezas..... | 427 |
| 8.4.1 Creación de estilos de estructuras | 428 |
| 8.4.2 Creación de estilos de piezas | 433 |
| 8.5 Reglas de piezas | 439 |
| 8.5.1 Reglas de estructuras | 439 |
| 8.5.2 Reglas de tuberías..... | 441 |
| 8.5.3 Creación de conjuntos de reglas de estructuras y tuberías | 444 |
| 8.6 Lista de piezas | 446 |
| 8.6.1 Adición de familias de piezas en la ficha Pipes..... | 446 |
| 8.6.2 Adición de familias de piezas en la ficha Structures..... | 449 |
| 8.6.3 Creación de la lista de piezas para una alcantarilla sanitaria | 451 |

Capítulo 9

| | |
|--|------------|
| Redes de tuberías..... | 455 |
| 9.1 Exploración de las redes de tuberías..... | 457 |
| 9.2 Tipos de objetos de las redes de tuberías | 457 |
| 9.3 Creación de una red de alcantarillado sanitario..... | 458 |

| | |
|---|-----|
| 9.3.1 Creación de una red de tuberías con las herramientas de trazado..... | 458 |
| 9.3.2 Establecimiento de los parámetros de redes de tuberías..... | 459 |
| 9.3.3 Uso de las herramientas de creación del trazado de redes..... | 460 |
| 9.4 Creación de una red de alcantarillado pluvial..... | 464 |
| 9.4.1 Creación de una red de tuberías de drenaje pluvial a partir de una línea característica..... | 467 |
| 9.4.2 Creación de una red de drenaje pluvial a partir de una línea característica..... | 468 |
| 9.4.3 Modificación de la dirección del flujo..... | 469 |
| 9.5 Edición de una red de alcantarillado sanitario..... | 470 |
| 9.5.1 Edición de una red en vista de planta..... | 470 |
| 9.5.2 Realización de ediciones tabulares a la red de alcantarillado sanitario..... | 472 |
| 9.5.3 Ediciones en el menú de contexto..... | 474 |
| 9.5.4 Edición con la barra de herramientas Network Layout Tools..... | 475 |
| 9.6 Creación de un alineamiento a partir de las piezas de la red..... | 477 |
| 9.7 Dibujo de piezas en la vista de perfil..... | 479 |
| 9.7.1 Ediciones en desplazamiento vertical usando los grips en el perfil..... | 482 |
| 9.7.2 Eliminación de una pieza de la vista de perfil..... | 484 |
| 9.7.3 Visualización de las tuberías que cruzan la vista de perfil..... | 484 |
| 9.8 Adición de etiquetas a la red de tuberías..... | 487 |
| 9.8.1 Creación del etiquetado del perfil de la red de tuberías incluyendo los cruces..... | 488 |
| 9.8.2 Etiquetas de tubería..... | 490 |
| 9.8.3 Etiquetas de estructura..... | 490 |
| 9.8.4 Puntos especiales de conexión de perfil para etiquetas de estructuras..... | 491 |
| 9.9 Adición de las elevaciones del terreno existente a las etiquetas de estructura..... | 496 |
| 9.10 Creación de una verificación de interferencia entre una red de tuberías pluvial y sanitaria..... | 499 |
| 9.10.1 Creación de estilos de interferencia..... | 502 |
| 9.11 Términos claves..... | 503 |

Capítulo 10

| | |
|--|------------|
| Producción de planos..... | 505 |
| 10.1 Preparación del conjunto de planos..... | 507 |
| 10.2 Componentes presolicitados..... | 507 |
| 10.3 Uso de los marcos de visualización y líneas de traslape..... | 507 |
| 10.3.1 El asistente para la creación de marcos de visualización..... | 508 |
| 10.3.2 Creación de marcos de visualización..... | 515 |
| 10.3.3 Edición de marcos de visualización y líneas de traslape..... | 517 |
| 10.4 Uso de planos..... | 519 |
| 10.4.1 El asistente para la creación de planos..... | 519 |
| 10.4.2 Administración de hojas..... | 524 |
| 10.5 Componentes de soporte..... | 529 |
| 10.5.1 Plantillas..... | 529 |
| 10.5.2 Estilos y parámetros..... | 531 |
| 10.6 Términos claves..... | 534 |



Alineamientos

Objetivos

Comprender en forma objetiva y precisa el dibujo de entidades en tres dimensiones y su visualización en 3D. Para esto, el participante deberá realizar los ejercicios indicados en este capítulo con el fin de poder trabajar fluidamente los capítulos posteriores.

Al finalizar este capítulo será capaz de:

- Crear un alineamiento a partir de una polilínea.
- Crear una curva reversa que siempre conserve su tangencia.
- Reemplazar un componente de un alineamiento con otro tipo de componente.
- Crear un nuevo conjunto de etiquetas.
- Reemplazar etiquetas individuales con otros estilos.



1.1 DEFINICIÓN DE ALINEAMIENTOS

Los **alineamientos** son desarrollados para ayudar a ingenieros, topógrafos y contratistas en sus cálculos y presentaciones de proyectos. Los alineamientos proveen una estructura común por el cual es posible referirse a una obra lineal, ubicar las posiciones fácilmente y ser capaces de duplicar esa ubicación fiable. Un alineamiento consiste de elementos primitivos (básicos) como líneas, arcos y espirales. Estos componentes independientes cuando se encadenan forman un alineamiento, de esta manera pueden ser diseñados y referidos como un solo objeto.

Los alineamientos pueden ser usados en todas las obras lineales siempre que estas sean carreteras, canales o acueductos.

La idea del “estacado” y “etiquetado” (estacado a ambos para hacerlo más comprensible) están relacionados al concepto de los alineamientos. El **estacado** (ver fig.) es un concepto matemático, por lo cual el inicio del alineamiento comienza con un valor (0, p. e.) y este número se incrementará por las longitudes de las líneas, arcos y espirales hasta llegar al extremo final del alineamiento. El estacado en un alineamiento, consiste en dividir el valor lineal por 20 m en los tramos rectos y 10 m en los curvos (de acuerdo el *Manual de diseño geométrico de carreteras*). En decir, la progresiva (kilometraje) “1 + 250.50” sería equivalente a “1,250.50 m” medidos desde el inicio del alineamiento. Incluso las progresivas están denotadas en el lado izquierdo del signo más (+); y el valor restante, en el lado derecho del signo. Salvo por instrucciones, el alineamiento de la obra lineal frecuentemente comenzará con la progresiva “1 + 000” o “1000 m”. Esto permitirá que los cambios ejecutados en la posición del inicio del alineamiento (siempre dentro de lo razonablemente posible), la progresiva pueda mantenerse con números positivos al momento de realizar el estacado. Por ejemplo, si iniciara el alineamiento con la progresiva “0 + 000” y quisiera extender la carretera a una progresiva superior con una longitud de “100 m” desde el inicio, esto provocaría que el inicio de la progresiva sea de “-0 + 100” generando una confusión potencial debido a la adición de números negativos. Tenga presente que cualquier acción que simplifique al diseño y el proceso constructivo será beneficiosa a largo plazo para el diseñador.

En combinación con el estacado, un concepto de **valores de desfase (offset)** será usado en conjunción con los alineamientos. Por lo general, un desfase positivo será a la derecha del alineamiento; y un valor negativo, a la izquierda, cuando mira hacia adelante en la dirección donde se incrementa la progresiva. Este concepto adicional permitirá a los usuarios ubicar objetos, ya sean existentes o propuestos, por medio del estacado del alineamiento como línea base para los cálculos. Por ejemplo, facilitaría ubicar una bomba contra incendios con una progresiva de “1 + 542.65” y un desfase de “15 m” (derecha), o el codo del ingreso de un desagüe en la progresiva “1 + 024.52” y con un desfase de “-12.5 m” (izquierda).

Un último elemento asociado con alineamientos y su respectivo estacado es el concepto de *ecuaciones de kilometraje (o igualdades)*. Ocurre por ejemplo cuando una carretera comienza en la progresiva 1 + 000 con un alineamiento de 2000 m de largo; donde la progresiva final será 3+000. Además una calle lateral a medio camino cruza a través de ella, en la progresiva 2+000.

Si se considera el caso hipotético en el cual el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) haya decidido que la carretera que intersecta (C1) sea la carretera predominante y no la que usted propuso (C2). Por lo tanto, se decreta que la carretera C1 tendrá su estacado a partir del inicio y mantendrá su estacado de C2 hasta que se intersecte con la calle lateral. En ese punto, el MTC querrá que el estacado de la carretera C2 se retome donde abandona la calle lateral y continuará hasta el extremo de C2. Todo eso conllevará al uso de una ecuación de kilometraje. La progresiva de carretera comenzará en 1 + 000 y llegará hasta la 2 + 000 donde la carretera lateral ingresa al proyecto (ver fig.)