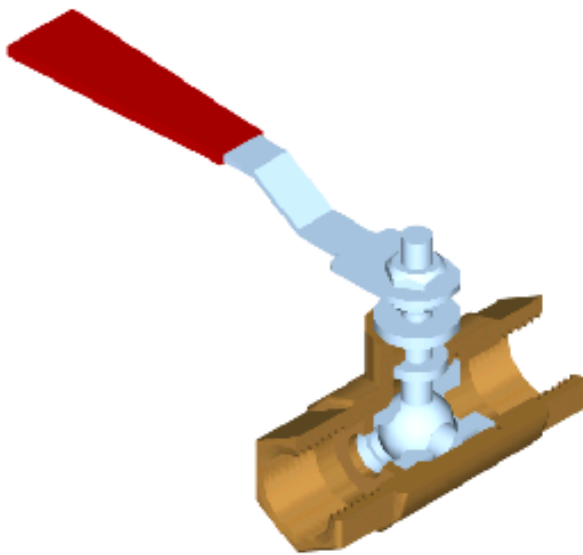


Lecciones breves de AutoCAD.



**El dibujo en tres dimensiones
con AutoCAD 2000.**

Ramón Quiza Sardiñas

Universidad de Matanzas, 2002.

Prefacio.

El presente material fue concebido como texto de apoyo para el curso de Computación III que reciben los alumnos de Ingeniería Mecánica en la Universidad de Matanzas, por lo que sus contenidos se ajustan en cuanto a alcance y organización a los requisitos del programa del mismo.

Para la comprensión del texto es necesario que el estudiante tenga un buen dominio del trabajo básico con AutoCAD, incluyendo la creación y modificación de entidades bidimensionales, la manipulación de capas y el trabajo con puntos de vistas. Es muy recomendable tener cierta habilidad para la interpretación de dibujos con vistas ortogonales e isométricas, así como de obtención de cortes y secciones de piezas.

Aunque se ha tratado de abordar todos los aspectos con la profundidad que el curso exige, el presente material no pretende ser exhaustivo, por lo que se recomienda la consulta de la bibliografía del mismo, especialmente de la Guía de Usuario de AutoCAD, incluida en la ayuda del programa y que es, a juicio del autor, una excelente referencia.

El autor aprovecha gustoso esta oportunidad para expresar su agradecimiento a todos los que, de una forma u otra, han contribuido a que este trabajo salga a la luz, especialmente a sus colegas del Departamento de Ingeniería Mecánica y a sus alumnos.

R. Q.

Matanzas, 2002.

1. – Sistemas de coordenadas en 3D.

1.1 – Generalidades.

La especificación de coordenadas tridimensionales (3D) se realiza en AutoCAD de modo similar a la de coordenadas bidimensionales (2D), con la única diferencia de adicionarle una tercera dimensión, el eje Z. Cuando se está dibujando en 3D, las coordenadas se especifican tanto en el sistema de coordenadas universal (world coordinate system, WCS) o en el sistema de coordenadas del usuario (user coordinate system, UCS).

La Figura 1 muestra la posición de los ejes X, Y y Z en el sistema de coordenadas universal (WCS).

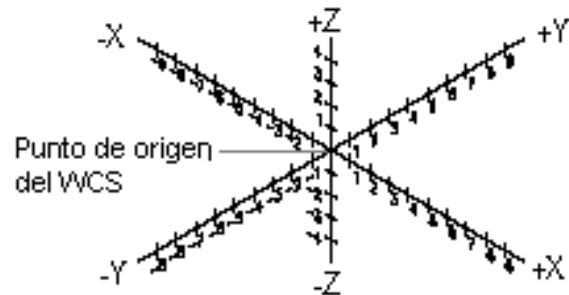


Fig. 1

1.2 – Regla de la mano derecha.

La regla de la mano derecha (o regla del sacacorchos) determina la dirección positiva del eje Z cuando es conocida la dirección de los ejes X y Y en el sistema de coordenadas 3D. También determina la dirección positiva de rotación sobre un eje en el espacio 3D.

Para determinar la dirección positiva sitúe la mano derecha cerca de la pantalla (ver Fig. 2). Apunte con el dedo pulgar hacia la dirección positiva del eje X y con el índice, a la dirección positiva del eje Y. Doble el dedo del medio hasta que quede perpendicular a la palma de la mano, y la dirección que este indique será la dirección positiva del eje Z.

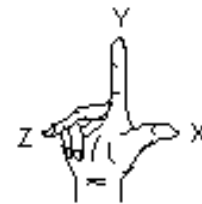


Fig. 2

Para determinar la dirección positiva de rotación alrededor de un eje determinado, indique con el pulgar la dirección positiva de dicho eje (ver Fig. 3). Luego curve los otros dedos como muestra la figura, y la dirección de los mismos será la dirección positiva de rotación.



Fig. 3

1.3 – Coordenadas rectangulares.

La especificación de las coordenadas rectangulares (cartesianas) de un punto en 3D (X, Y, Z) se hace de modo similar a las de 2D (X, Y); sólo hay que agregar la tercera coordenada, Z. En la Fig. 4 la coordenada (3, 2, 5) indica un punto cuya posición es 3 unidades en la dirección positiva del eje X, 2 unidades en la dirección positiva del eje Y y 5 unidades en la dirección positiva del eje Z.

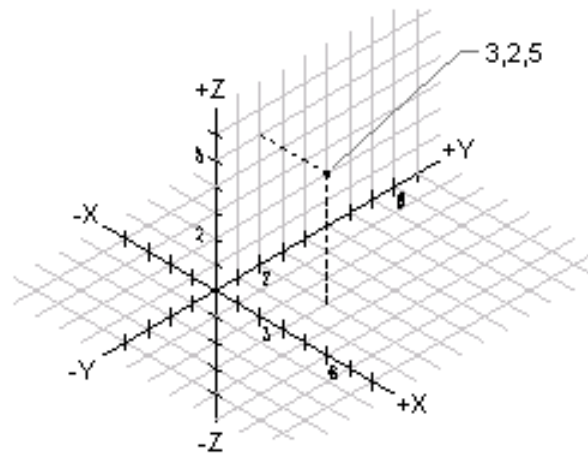


Fig. 4

Al igual que en 2D, se pueden entrar coordenadas absolutas o relativas al último punto entrado.

1.4 – Filtros para puntos XYZ.

Con los filtros para puntos XYZ, pueden extraerse las coordenadas de un punto cualquiera y crear un nuevo punto usando estas coordenadas. Gracias a este método, pueden utilizarse puntos conocidos para encontrar un punto desconocido. Para ejecutar el método, cuando el programa pregunte por la localización de un punto, en la línea de comandos entre un punto seguido por un o más de las letras "X", "Y" o "Z". AutoCAD acepta las siguientes selecciones de filtro: .X, .Y, .Z, .XY, .XZ y .YZ. El programa preguntará luego por los valores restantes. Por ejemplo, si se entra el filtro .X, se pedirán los valores de X y Y.

En el ejemplo siguiente (ver Fig. 5) se emplean los puntos medios de las líneas 1, 2 y 3 para determinar el punto central del cuerpo.

La ejecución del ejemplo se hace mediante la siguiente secuencia de comandos:

Command: *point*
 Point: *.x*
 of mid
 of Select a line (1)
 (need YZ): *.y*
 of mid
 of Select a line (2)
 (need Z): *mid*
 of Select a line (3)
 Command:

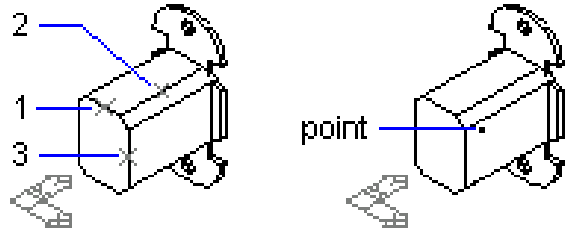


Fig. 5

1.5 – Coordenadas cilíndricas.

La entrada de coordenadas cilíndricas es similar a la de coordenadas polares en 2D, pero con la adición de una tercera coordenada: la distancia perpendicular desde el punto hasta el plano XY.

En la siguiente ilustración (Fig. 6) la coordenada 5<60,6 indica un punto situado a 5 unidades del origen de coordenadas del UCS actual, formando un ángulo de 60 grados con el eje X en el plano XY, y a 6 unidades en la dirección positiva del eje Z.

Las coordenadas cilíndricas pueden ser absolutas (como en el ejemplo anterior), o relativas al último punto entrado. Las coordenadas cilíndricas relativas se indican de la forma: @R<a,Z. Ejemplo: @5<60,10

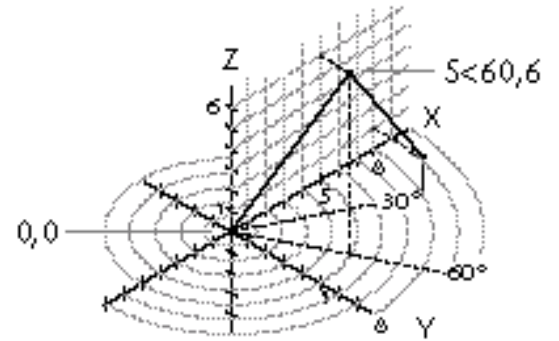


Fig. 6

1.6 – Coordenadas esféricas.

La entrada de coordenadas esféricas en 3D, también es similar a la entrada de coordenadas polares en 2D. Un punto se localiza especificando la distancia desde el origen de UCS actual, el ángulo que forma con el eje X (en el plano XY) y el ángulo desde el plano XY, cada uno separado por el símbolo menor que (<“”).

En la Fig. 7, las coordenadas 8<60<30 indica un punto a 8 unidades del origen de coordenadas, formando un ángulo de 60° con el eje X y uno de 30° con el plano XY.

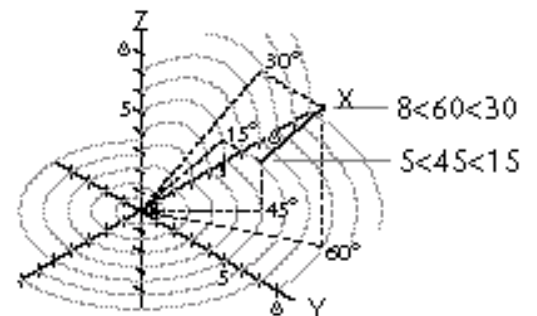


Fig. 7

2. – Sistemas de coordenadas definidos por el usuario (UCS).

2.1 – Introducción.

Un sistema de coordenadas definido por el usuario (UCS) se establece para cambiar el punto de origen de coordenadas (0, 0, 0) y la orientación del plano XY y el eje Z. Un UCS puede ser localizado en cualquier lugar del espacio 3D y orientado en cualquier dirección, y pueden ser definidos, guardados y rellamados tantos UCS como se requieran. Los valores de entrada de las coordenadas y su visualización son relativas al UCS actual. Si hay varias vistas activas, puede establecerse un UCS para cada una de ellas. Cada UCS puede tener un origen y orientación diferentes según los requerimientos del dibujo.

2.2 – Ícono del UCS.

Para indicar la ubicación y orientación del UCS, AutoCAD muestra un ícono (Fig. 8) bien en el punto de origen del UCS, o bien en la esquina inferior izquierda de la vista (si el origen quedara fuera de la vista actual). Si el ícono está situado en el punto de origen del UCS actual, aparece una cruz en el mismo (Fig. 9).

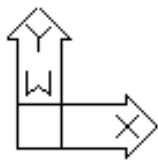


Fig. 8

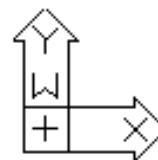


Fig. 9

Si se está trabajando con varias vistas, cada vista mostrará su propio ícono de UCS.

Cuando el sistema de coordenadas corresponde con el universal (WCS) el ícono del UCS muestra una "W" (Fig. 10), para indicarlo al usuario. El ícono también puede variar de forma para indicar la posición del planos XY y del eje Z con respecto a la vista seleccionada.

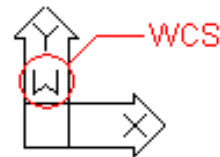


Fig. 10

El control sobre el ícono del UCS, se realiza mediante el comando *USCICON*. Al teclearlo AutoCAD pide que se seleccione una de las siguientes opciones:

Enter an option [ON/OFF/All/Noorigin/ORigin] <ON>:

La opción *ON* muestra el ícono; la opción *OFF* lo oculta. Con la opción *All* los cambios realizados afectan a todas las vistas (en caso contrario sólo a la vista activa). La opción *Noorigin* sitúa el ícono en la esquina inferior izquierda de la pantalla. La opción *Origin* lo sitúa en el origen del UCS actual.

2.3 – Manejo de los UCS's.

El comando *UCS* permite variar la orientación del sistema de coordenadas en el espacio 3D. Al cambiar de un UCS a otro no varía la vista del dibujo, a menos que el valor de la variable *UCSFOLLOW* esté establecido en *ON*.

Al teclear el comando *UCS*, AutoCAD responde dándonos a escoger una de las siguientes opciones:

Enter an option [New/Move/orthoGraphic/Prev/Restore/Save/Del/Apply/?/World] <World>:

La opción *New* permite establecer un nuevo UCS. Esto puede hacerse por varios métodos: estableciendo el origen de coordenadas, el eje z, y tres puntos del plano XY, entre otros.

La opción *Move* redefine el UCS mediante el cambio del punto de origen de coordenadas o variando la coordenada Z del UCS.

La opción *orthoGraphic* permite escoger uno de los seis UCS's ortográficos suministrados por AutoCAD: Superior (Top), Inferior, (Bottom), Frontal (Front), Posterior (Back), Lateral Izquierdo (Left) y Lateral Derecho (Right) (Fig. 11).

La opción *Prev* restaura el UCS anterior. AutoCAD retiene los últimos 10 UCS's creados en el espacio de papel y los últimos 10 creados en el espacio de modelo.

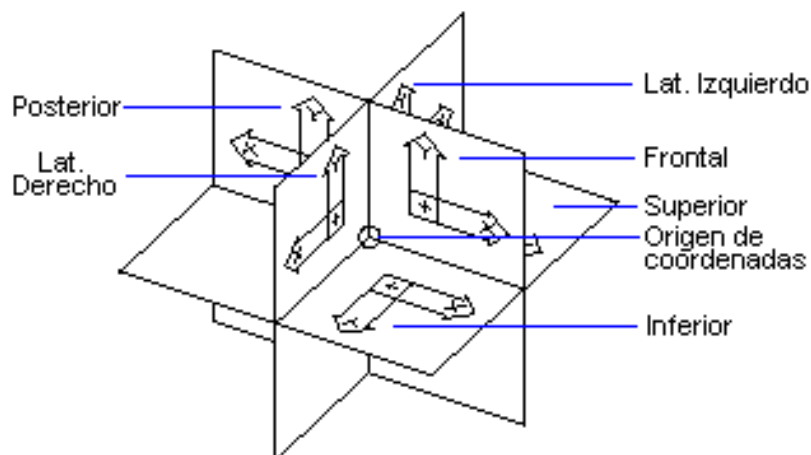


Fig. 11

La opción *Restore* permite restaurar un UCS guardado con anterioridad y establecerlo como activo. Para ello hay que introducir el nombre con que se guardó el UCS.

La opción *Save* guarda el UCS activo con el nombre especificado. El nombre puede tener hasta 255 caracteres y puede incluir letras, números, espacios en blanco y algún carácter especial que no sea usado por Windows o AutoCAD para otros propósitos.

La opción *Del* borra el UCS cuyo nombre se especifica de la lista de UCS guardados.

La opción *Apply* permite aplicar el UCS actual a la vista que se indique, o a todas ellas.

La opción *?* da la posibilidad de listar las propiedades (coordenadas del origen y dirección de los ejes) de uno o varios UCS's guardados. Los valores de las propiedades están referidos al UCS actual.

Por último, la opción *World* establece el sistema de coordenadas universal (WCS). El WCS es la base de referencia de coordenadas para todos los UCS en AutoCAD y no puede ser redefinido.

2.4 – Vistas y UCS's.

Las vistas múltiples proveen diferentes vistas para el modelo. Por ejemplo, se pueden establecer las vistas frontal, lateral y superior y una vista isométrica simultáneamente. Para facilitar la edición de objetos en diferentes vistas, puede definirse un UCS para cada vista. Cada vez que se active una vista, se comenzará a dibujar utilizando el UCS que tenía la vista la última vez que estuvo activa.

Cada vista puede comportarse de forma independiente al resto de las vistas, teniendo su propio punto de vista y su propio UCS.

Para establecer vistas múltiples se emplea el comando *VPORTS* ante el cual AutoCAD muestra el cuadro de dialogo "Viewports" (vistas), en el cual se puede seleccionar una de las disposiciones de vistas ofrecidas.

3. – Creación de objetos en 3D.

3.1 – Introducción.

AutoCAD soporta tres tipos de modelación 3D: modelo de alambres (wireframe), superficies y sólidos. Cada tipo de modelo tiene sus propias técnicas de creación y edición.

Un modelo de alambres es una descripción esquelética de un objeto 3D. En realidad, el modelo de alambres no contiene superficies, sino puntos, líneas y curvas solamente, que describen las aristas del objeto. Con AutoCAD pueden crearse modelos de alambre mediante el posicionamiento de objetos 2D (planos) en cualquier lugar del espacio 3D. AutoCAD también provee algunos objetos para el alambreado 3D, tales como polilíneas (polylines) 3D y splines. Ya que cada objeto del modelo de alambres debe ser creado y posicionado independientemente, este tipo de modelo suele ser el que más tiempo consume en su realización.

El modelo de superficie es más sofisticado que el de alambres en tanto que define no sólo las aristas del objeto 3D, sino también sus superficies. El modelador de superficies de AutoCAD define las superficies usando una malla poligonal. Como las caras de la malla son planas, esta técnica sólo puede representar aproximadamente las superficies curvas. Con el Mechanical Desktop pueden ser creadas auténticas superficies curvas.

La modelación de sólidos es la técnica más fácil para usar en la modelación 3D. Con el modelador de sólidos de AutoCAD pueden crearse objetos 3D mediante la creación de objetos 3D de forma elemental: esferas, cajas, cilindros, conos, etc. Estos sólidos elementales pueden combinarse para elaborar otros más complejos mediante unión, sustracción o intersección. También pueden crearse sólidos mediante la extrusión de superficies a lo largo de una ruta o revolucionándolas alrededor de un eje. Con el Mechanical Desktop pueden crearse sólidos paramétricos y relacionarlos con objetos 2D.

Debido a que cada tipo de modelación usa diferentes métodos para construir y editar sus modelos, es recomendable no mezclarlos. Una conversión limitada está disponible desde sólidos a superficies y de superficies a modelo de alambres, sin embargo no es posible convertir desde alambres a superficies o de estas a sólidos.

3.2 – Modos de visualización.

Como el trabajo en 3D genera dibujos mucho más complicados que el trabajo en 2D, AutoCAD dispone de varios modos de visualizar el contenido del dibujo (*shademodes*). Estos son:

- **Modelo de alambre 2D (2D Wireframe):** Muestra los objetos utilizando líneas y curvas para representar las aristas (ver Fig. 12).

- Modelo de alambre 3D (*3D Wireframe*): Muestra los objetos utilizando líneas y curvas para representar las aristas. El ícono del UCS se muestra de forma diferente (usa flechas de colores para representar los tres ejes). Los objetos *Rasters* y *OLE*, los tipos y los groesos de las líneas no se ven (ver Fig. 12).
- Oculto (*Hidden*): Muestra los objetos utilizando una representación similar a la del modelo de alambre 3D, pero oculta las líneas que representan las caras no visibles (ver Fig. 13).

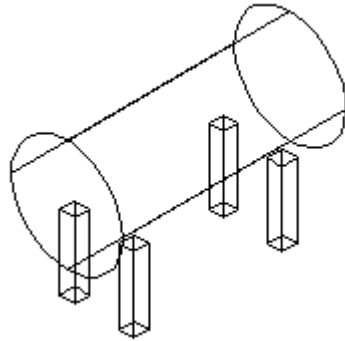


Fig. 12

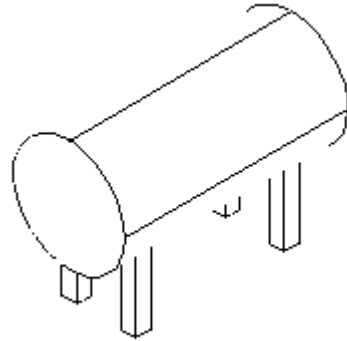


Fig. 13

- Sombreado plano (*Flat Shaded*): Sombrea las caras visibles de los objetos tridimensionales. Los objetos formados por superficies curvas se muestran como formados por múltiples caras planas. La representación incluye los materiales que han sido aplicados a los objetos (ver Fig. 14).
- Sombreado suave (*Gouraud Shaded*): Sombrea las caras visibles de los objetos tridimensionales, dándole una apariencia más real de los que se logra con el sombreado plano. La representación incluye los materiales que han sido aplicados a los objetos (ver Fig. 15).

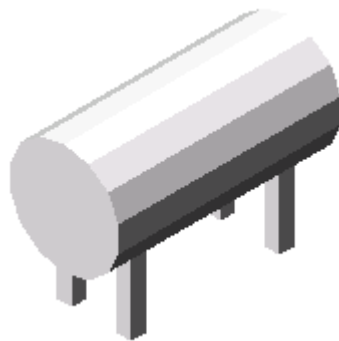


Fig. 14

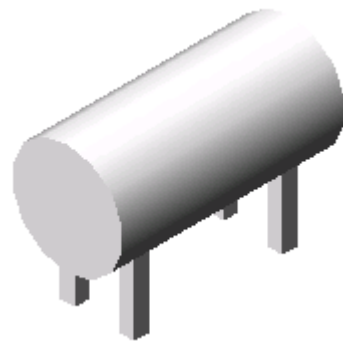
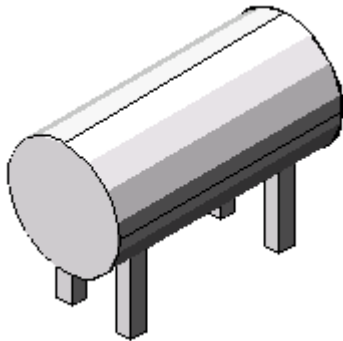
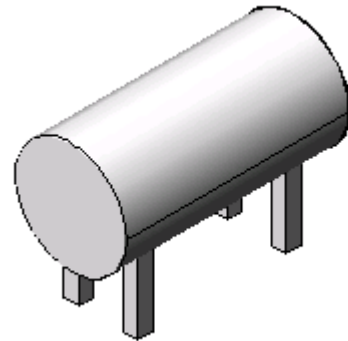


Fig. 15

- Sombreado plano con aristas activas (Flat Shaded, Edges On): Es una combinación del sombreado plano y el modelo de alambre (ver Fig. 16).
- Sombreado suave con aristas activas (Gouraud Shaded, Edges On): Es una combinación del sombreado suave y el modelo de alambre (ver Fig. 17).

**Fig. 16****Fig. 17**

Para variar el modo de visualización se emplea el comando *SHADEMODE*, y se selecciona una de las opciones siguientes: *2D wireframe* / *3D wireframe* / *Hidden* / *Flat* / *Gouraud* / *fLat+edges* / *gOuraud+edges*, que corresponden a los modos descritos anteriormente. El modo actual se recomienda por defecto.

El comando *SHADEMODE* también puede ejecutarse mediante una de las opciones del menú *View > Shade*.

3.3 – Creación de modelos de alambre.

La creación de modelos de alambre en AutoCAD es, simplemente, la colocación de objetos planos 2D en cualquier posición del espacio 3D. Esto se puede lograr mediante cualquiera de los siguientes métodos:

- Creando los objetos mediante la entrada de sus puntos básicos en coordenadas 3D.
- Moviendo el plano de construcción en el cual se dibujan los objetos mediante la definición de nuevos sistemas de coordenadas de usuarios (UCS).
- Moviendo el objeto hasta darle una orientación adecuada en el espacio 3D, luego de haberlos creado (ver Edición de objetos en 3D).

Además, existen algunos objetos, como polilíneas (*polylines*) y polilíneas suaves (*splines*), que pueden existir en las tres dimensiones.

La Fig. 10 muestra un ejemplo de modelación 3D usando una combinación de polilíneas y simbología 2D posicionada en el espacio 3D.

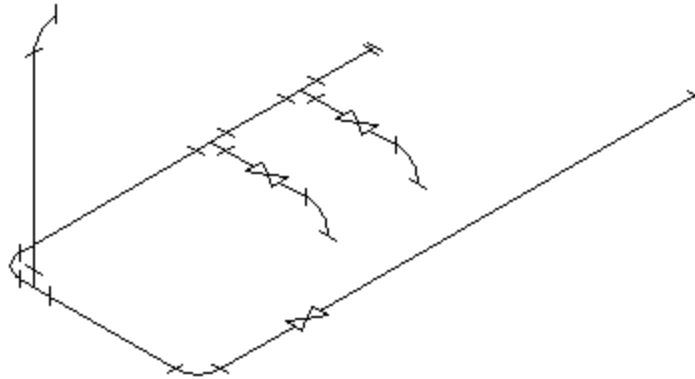


Fig. 18

3.4 – Creación de modelos de mallas.

3.4.1 – Características generales del mallado.

Una malla representa la superficie de un objeto mediante caras planas. Esto, naturalmente, no pasa de ser una aproximación a la realidad, pero como muchas otras aproximaciones usadas en la ingeniería, da excelentes resultados. La densidad de mallado, o número de caras, se define en términos de una matriz de M por N vértices, donde M y N indican el número de columnas y filas, respectivamente. Las mallas pueden crearse en 2D y 3D, pero su uso es fundamentalmente en la modelación tridimensional.

El uso de la modelación por mallado se recomienda si se necesitan capacidades de ocultamiento, sombreado o renderizado, que los modelos de alambre no proporcionan, y, por otro lado, no es necesario trabajar con las propiedades físicas de los sólidos generados. Las mallas también son muy recomendables en aquellos casos donde se requiere crear una geometría con patrones muy irregulares, tales como modelos topográficos 3D de terrenos montañosos.

Una malla puede ser abierta o cerrada. Es abierta en una dirección dada si el inicio y el final del mallado no coinciden, como se muestra en la Fig. 19.

AutoCAD proporciona varios métodos para la creación de mallas. Algunos son bastante difíciles de usar si se están entrando los parámetros de la malla manualmente, no obstante existen algunas herramientas que simplifican el trabajo.

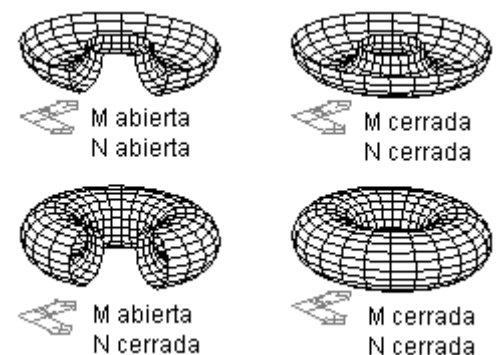


Fig. 19

3.4.2 – Construcción de objetos predefinidos.

Una forma bastante cómoda consiste en dibujar objetos 3D para los cuales AutoCAD posee patrones predefinidos mediante el comando 3D. Este comando permite crear los siguientes objetos tridimensionales:

- Caja (*Box*): Consiste en un cubo o paralelepípedo rectangular (Fig. 20 a). Se indica primero una esquina y luego se establecen la longitud, el ancho y la altura, o bien, sólo la longitud si se desea un cubo. En ambos casos se debe introducir el ángulo de rotación sobre el eje Z con respecto a la esquina especificada.
- Cono (*Cone*): Permite dibujar un cono o un tronco de cono recto (Fig. 20 b). Primero se establece el centro de la base, luego los radios o diámetros de la base y la tapa (si el diámetro de la tapa es cero, entonces se dibuja un cono, de lo contrario, un tronco de cono), y la altura. Por último, nos pide el número de segmentos de la superficie del cono; cuanto más segmentos se especifiquen mayor precisión tendrá el mallado, pero será más grande la base de datos y más lenta la visualización.
- Cuenco (*Dish*): Genera la mitad inferior de una esfera (Fig. 20 c). Para ello solicita el punto medio de la misma, su diámetro o radio, y el número de segmentos tanto latitudinales como longitudinales.
- Cúpula (*Dome*): Genera la mitad superior de una esfera (Fig. 20 d). Requiere los mismos parámetros que el cuenco.
- Malla (*Mesh*): Genera una malla (Fig. 20 e). Hay que establecer las cuatro esquinas y el número de segmentos en cada dirección (M y N).
- Pirámide (*Pyramid*): Genera una pirámide de base cuadrangular, o bien un tronco de pirámide o un tetraedro. Primeramente se establecen tres vértices de la base, y luego, si se desea construir una pirámide (Fig. 20 f), se especifica el cuarto punto de la base y el vértice superior. Si se desea un tronco de pirámide (Fig. 20 g), luego de entrar el cuarto punto de la base, se selecciona la opción *Top*, y se establecen los cuatro puntos correspondientes a la tapa superior. Si se desea generar una pirámide terminada en una arista (Fig. 20 h), luego de entrar los cuatro puntos de la base, se selecciona la opción *Ridge*, y

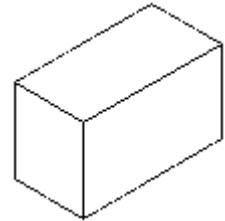


Fig. 20 a)

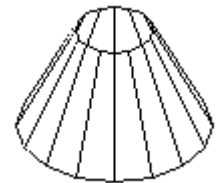


Fig. 20 b)

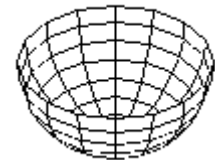


Fig. 20 c)



Fig. 20 d)



Fig. 20 e)

se establecen los dos puntos extremos de la arista. Por último, si se desea realizar un tetraedro (Fig. 20 i), luego de entrar los tres primeros puntos de la base, se selecciona la opción *Tetrahedron*, y luego se establece el punto del vértice superior.

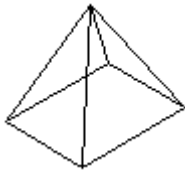


Fig. 20 f)

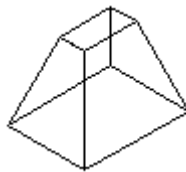


Fig. 20 g)

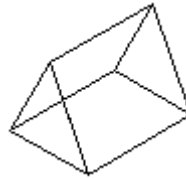


Fig. 20 h)

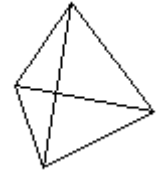


Fig. 20 i)

- Esfera (*Sphere*): Permite dibujar una esfera (Fig. 20 j). Para ello hay que establecer el centro de la esfera y su diámetro o radio. También se requiere el número de segmentos de malla en los sentidos latitudinal y longitudinal.
- Toroide (*Torus*): Genera un toroide (Fig. 20 k). Requiere el centro, el diámetro o radio del toroide, el centro o radio de la sección, y la precisión del mallado.
- Cuña (*Wedge*): Genera una cuña (Fig. 20 l). Se necesita introducir las coordenadas de una esquina, sus dimensiones principales (longitud, ancho y altura) y el ángulo de rotación con respecto al eje Z.



Fig. 20 j)

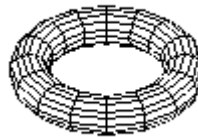


Fig. 20 k)

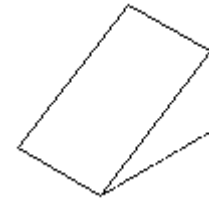


Fig. 20 l)

Una forma de acceder a las opciones del comando 3D en forma de cuadro de diálogo es mediante la opción de menú *Draw / Surfaces / 3D Surfaces...*

3.4.3 – Mallas rectangulares.

Con el comando *3DMESH* pueden ser creadas mallas rectangular, abiertas en ambas direcciones, M y N (similares a los ejes X y Y en el plano XY). Las mallas pueden cerrarse con el comando *PEDIT*. Las mallas rectangular se emplean en la construcción de superficies muy irregulares (Fig. 21). En la mayor parte de los casos, se generan con la ayuda de subrutinas de AutoLISP o Visual Basic for Applications para AutoCAD.



Fig. 21

Para crear una malla rectangular:

1. Ejecutar el comando *3DMESH* o seleccionar la opción de menú *Draw / Surfaces / 3D Mesh*.
2. Especificar la cantidad de puntos en las direcciones M y N. Los valores deben oscilar entre 2 y 256.
3. Especificar las coordenadas de cada punto de la malla según se vayan preguntando. Una vez entrado el último punto, concluye la construcción de la maya.

3.4.4 – Mallas poligonales.

El comando *PFACE* produce una malla poligonal (de múltiples caras), donde cada cara puede tener múltiples vértices.

La creación de una malla poligonal es similar a la de una rectangular; para ello se deben especificar las coordenadas de todos vértices. Luego, se define cada cara entrando el número de orden de los vértices que la componen. Según se crea la malla, se puede establecer el color o el *layer* a las diferentes aristas.

Para definir una arista como invisible, se debe entrar un de sus vértices como negativo.

3.4.5 – Mallas regladas.

Con el comando *RULESURF*, pueden crearse mallas definidas entre dos objetos, también llamadas mallas regladas (Fig. 22). Se pueden utilizar diferentes objetos para definir los bordes de la superficie reglada: líneas, puntos, arcos, círculos, elipses, arcos elípticos, polilíneas 2D y 3D o polilíneas suaves (*splines*). Los objetos utilizados como reglas para generar la superficie deben ser ambos abiertos o cerrados. Un punto puede usarse tanto con un objeto abierto como con uno cerrado.

En las curvas cerradas, puede escogerse cualquier punto de las mismas para indicarlás, pero en las abiertas, AutoCAD comienza la construcción de la superficie reglada basándose en la ubicación de los puntos especificados de las curvas.

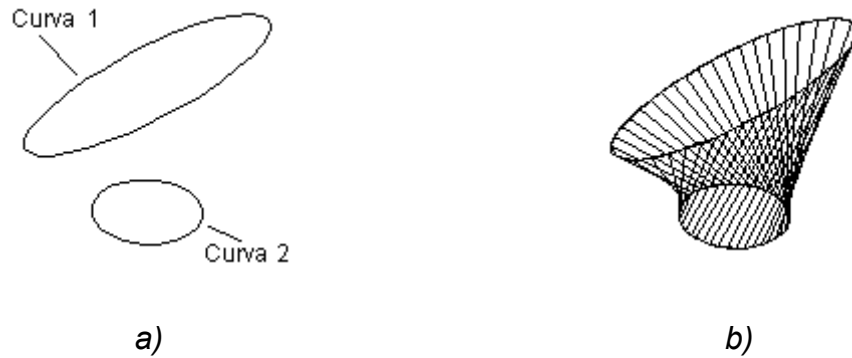


Fig. 22

Las variables del sistema SURFTAB1 y SURFTAB2 controlan la densidad de la malla (numero de segmentos) en las direcciones M y N, respectivamente.

3.4.6 – Superficies tabuladas (extrusión).

El comando *TABSURF* permite crear una superficie a partir de un perfil y un vector de dirección. El perfil utilizado puede ser una línea, un arco, un círculo, una elipse, un arco elíptico, una polilínea o una polilínea suave (*spline*). El vector de dirección debe ser una línea o una polilínea abierta. EL comando *TABSURF* crea la malla como una serie de polígonos paralelos colocados a lo largo del perfil (Fig. 23).

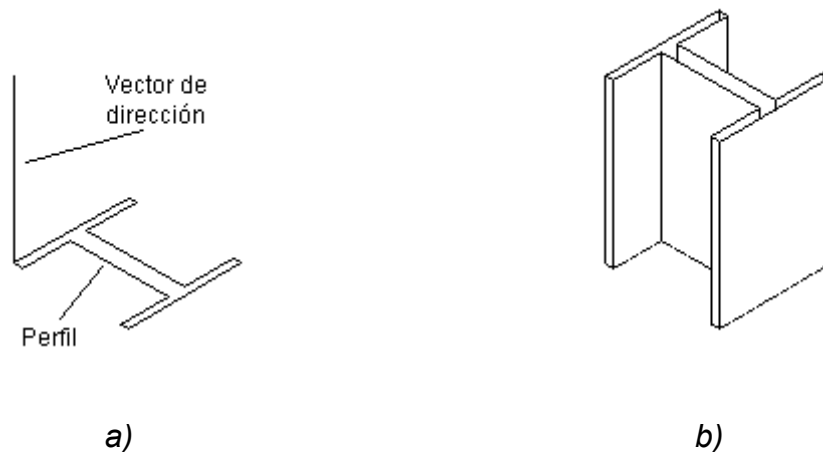


Fig. 23

Luego de generar la malla, los objetos utilizados como perfil y vector se conservan, por lo que si no se desea mantenerlos es necesario borrarlos manualmente.

Al igual que ocurre con las superficies tabuladas, las variables del sistema *SURFTAB1* y *SURFTAB2* controlan la densidad de la malla (numero de segmentos) en las direcciones M y N, respectivamente.

3.4.7 – Superficies generadas por revolución.

El comando *REVSURF* permite generar superficies de revolución mediante la rotación de un perfil dado alrededor de un eje. El comando *REVSURF* se emplea en aquellas superficies con simetría rotacional.

Para crear una superficie de revolución hay que establecer el objeto que sirve de perfil (línea, arco, círculo, elipse, arco elíptico, polilínea o polilínea suave) y que define la dirección N de la malla. Si se selecciona un círculo, una elipse o una polilínea cerrada como perfil, entonces la malla será cerrada en la dirección N. Luego se establece el eje de rotación, que determina la dirección M de la malla; el eje debe ser una línea o una polilínea (de la que sólo se tienen en cuenta sus puntos inicial y final). Por último se establece el ángulo inicial y el final; si estos son iguales a 0° y 360° , respectivamente, entonces se genera una vuelta completa.

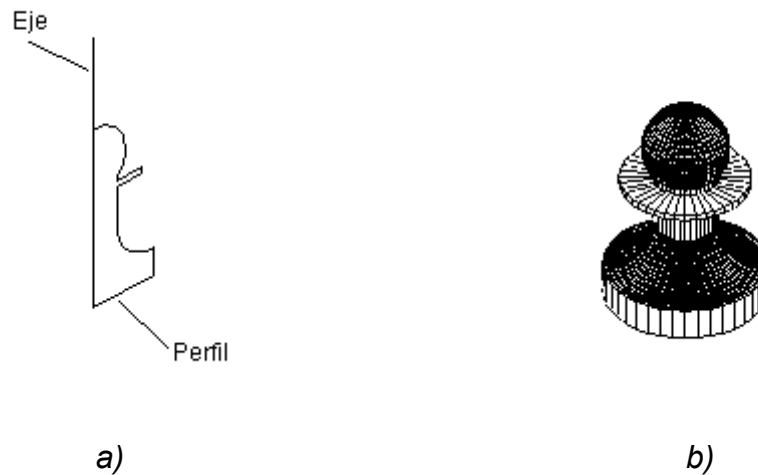


Fig. 24

La densidad del mallado en las direcciones M y N, se define también por las variables del sistema *SURFTAB1* y *SURFTAB2*.

3.4.8 – Superficies definidas por lados.

Mediante el comando *EDGESURF*, puede generarse una superficie de Coon a partir de cuatro objetos llamados bordes (Fig. 25). Los bordes pueden ser arcos, líneas, polilíneas, polilíneas suaves (*splines*) o arcos elípticos, y deben formar una curva cerrada.

Una superficie de Coon es una superficie bicúbica (una curva en dirección M y otra en dirección N) interpolada entre cuatro bordes.

El orden en que se entren los lados no importa, no obstante, el primer lado entrado define la dirección M del mallado.

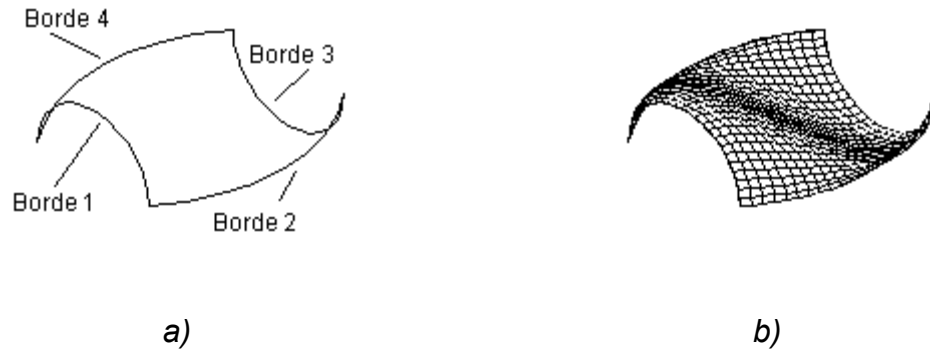


Fig. 25

Al igual que en los casos anteriores, las variables del sistema *SURFTAB1* y *SURFTAB2* controlan la densidad de la malla en las direcciones M y N, respectivamente.

3.4.9 – Elevación y grosor.

La variación de la elevación y el espesor del dibujo son métodos para simular mallas en AutoCAD. La ventaja de usar la elevación y el espesor en lugar de las verdaderas mallas consiste en que estos valores pueden ser variados con facilidad tanto para los objetos nuevos como para los existentes.

La elevación de un objeto es el valor de Z del plano paralelo a XY en el cual la base del objeto se dibuja. Una elevación igual a cero indica que el plano de la base coincide con el plano XY del UCS actual.

El espesor de un objeto es la distancia en la cual este objeto es “extrusionado” por encima o por debajo de su elevación (Fig. 26), según sea positivo o negativo su valor. AutoCAD aplica el espesor uniformemente a todo el objeto, por tanto, no pueden establecerse elevaciones diferentes para puntos de un mismo objeto.

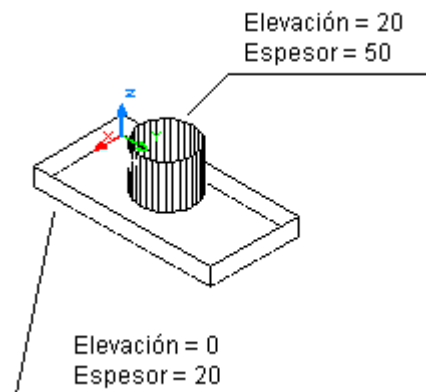


Fig. 26

Los valores de la elevación y el espesor pueden variarse mediante las variables de sistema *ELEVATION* y *THICKNESS*, o a través del comando *ELEV*.

Al igual que otras mallas, los objetos con espesor pueden ser sometidos a ocultamiento, sombreado o renderizado.

Al variar la elevación o el espesor de un objeto, deben tenerse en cuenta los aspectos siguientes:

1. Los objetos caras 3D (*3D faces*), polilíneas 3D (*3D polylines*) y dimensiones, entre otros, ignoran el espesor actual y no pueden ser “extrusionados”. La modificación del espesor de estos objetos mediante el comando *CHANGE*, no afecta su apariencia.
2. Cuando se crean nuevos objetos de texto o de definición de atributos, AutoCAD le asigna espesor 0, sin importar el valor que tenga la variable *THICKNESS* en ese momento.
3. Los segmentos de línea producidos con el comando *SKETCH* son “extrusionadas” luego que la opción *Record* es seleccionada.
4. La elevación actual permanece vigente hasta que se cambia de un UCS a otro, y la misma define el plano de dibujo en el UCS actual.

Como es natural, para apreciar los efectos del cambio de elevación y espesor, debe observarse el modelo desde cualquier dirección que no sea perpendicular al plano de dibujo.

Para variar el espesor de objetos nuevos, debe cambiar los valores de las variables de sistema *ELEVATION* y *THICKNESS* antes de dibujarlos.

Para objetos ya creados, se debe utilizar el comando *PROPERTIES*, y en el cuadro de diálogo, cambiar el valor de esta propiedad.

3.5 – Sólidos.

3.5.1 – Introducción.

Un objeto sólido representa el volumen completo de un sólido. De todos los tipos de modelación, los modelos de sólidos son los más completos desde el punto de vista de la información que suministran, y los menos ambiguos. Además, los sólidos complejos son más fáciles de construir que sus equivalentes en mallado o en modelo de alambres.

Los sólidos pueden crearse a partir de formas básicas: caja, cono, cilindro, esfera, toroide y cuña, o por extrusión o revolución de objetos 2D. Los sólidos creados de esta manera, pueden ser combinados mediante adición, sustracción o intersección, logrando sólidos de mayor complejidad.

Los sólidos pueden ser sometidos a redondeado o biselado de sus aristas, así como al cambio de color de las mismas. AutoCAD también suministra la forma de dividir un sólido en dos partes, y también de su sección transversal,

Al igual que las mallas, los sólidos se muestran en forma de alambres, a menos que se establezca el modo de ocultamiento, sombreado o renderizado. Adicionalmente, los sólidos pueden ser analizados para obtener sus propiedades (masa, volumen, momentos de inercia, centro de gravedad, etc.). Los datos de los sólidos pueden ser exportados a aplicaciones como programas de máquinas herramientas de CNC o de análisis de elementos finitos. Un sólido puede ser convertido en un modelo de mallado o de alambres.

La variable del sistema ISOLINES controla el número de líneas que se usarán para visualizar las porciones curvas de los sólidos. La variable del sistema FACETRES ajusta la suavidad del sombreado y de los objetos ocultos.

3.5.2 – Formas elementales.

AutoCAD permite crear los siguientes sólidos elementales:

- Caja (*box*): Es un paralelepípedo rectangular. Su base es siempre paralela al plano XY del UCS actual. Requiere la entrada de las coordenadas de una esquina, y luego, ofrece dos opciones: dibujar un cubo (*cube*), para lo cual basta entrar la longitud de la arista; o dibujar un paralelepípedo cualquiera, para lo cual se puede especificar la otra esquina de la base, y la altura, o todas sus dimensiones (longitud, ancho y altura).
- Cono (*cone*): Dibuja un cono de base circular o elíptica, paralela al plano XY del UCS actual. Para dibujar un cono de base circular, se deben especificar las coordenadas del punto medio de la base, el radio o diámetro de la misma y la altura o las coordenadas del vértice. Para dibujar un cono de base elíptica, se requiere entrar los ejes de la elipse base, así como la altura o las coordenadas del vértice.
- Cilindro (*cylinder*): Genera un cilindro de base circular o elíptica. El proceso de creación es muy similar al del cilindro y requiere los mismos parámetros.
- Esfera (*sphere*): Crea una esfera. Requiere la entrada de las coordenadas del centro y el radio o diámetro de la esfera.
- Toroide (*torus*): Dibuja un toroide. Es necesario establecer las coordenadas del centro, el radio o diámetro del toroide y el radio o diámetro de la sección. Para dibujar un elipsoide (aproximadamente), se introduce un valor de radio del toroide negativo, y un valor de radio de la sección positivo y modularmente mayor que el del toroide. Por ejemplo, un toroide de radio -20 y radio de la sección 50 genera el sólido que se muestra en la Fig. 27.
- Cuña (*wedge*): Se compone de la mitad de un paralelepípedo (Fig. 28). Requiere los mismos parámetros que la caja.



Fig. 27

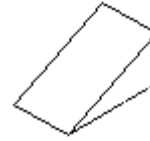
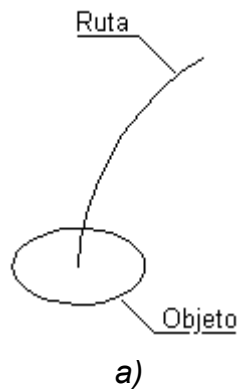


Fig. 28

3.5.3 – Creación de sólidos por extrusión.

Con el comando *EXTRUDE*, pueden crearse sólidos por extrusión a partir de determinados objetos planos. Son susceptibles a extrusión, objetos cerrados como polilíneas, polígonos, rectángulos, círculos, elipses y regiones. En ningún caso podrá realizarse una extrusión a un objeto 3D, a un objeto contenido dentro de un bloque, a polilíneas con segmentos que se cruzan o se interceptan, o polilíneas abiertas. Hay dos formas básicas para realizar la extrusión de un objeto: indicando la ruta a lo largo de la cual se realizará la extrusión (Fig. 29), o especificando la altura y el ángulo de estrechamiento o ángulo de la generatriz con la vertical (Fig. 30)



a)



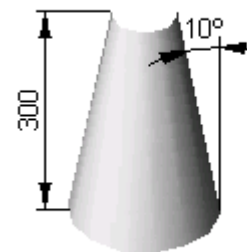
b)

Fig. 29.

Ángulo = 10°
Altura = 300



a)



b)

Fig. 30.

El comando *EXTRUDE* es especialmente útil para crear un sólido a partir de un perfil complejo, que contenga biseles, radios de redondeo u otros detalles que sean difíciles de construir en 3D. Si el perfil fue construido usando líneas o arcos, pueden unirse para conformar una polilínea única mediante el comando *PEDIT*, antes de aplicarles la extrusión.

Para realiza una extrusión a un objeto a lo largo de una ruta, deben seguirse los siguientes pasos:

1. Teclear el comando *EXTRUDE* (también lo puede encontrar en la opción *Solids > Extrude* del submenú *Draw* del menú estándar de AutoCAD).
2. Seleccionar el objeto (o los objetos) para realizarle la extrusión.
3. A la pregunta *Specify height of extrusion or [Path]:* responder seleccionando la opción Ruta (*Path*).
4. Seleccionar el objeto que servirá de ruta.

Para realizar una extrusión mediante el establecimiento de la altura y el ángulo de estrechamiento, se repiten los pasos 1 y 2 del algoritmo anterior, y luego:

3. A la pregunta *Specify height of extrusion or [Path]:* responder con el valor numérico de la altura.
4. Establecer el ángulo de estrechamiento.

Si el ángulo de estrechamiento es demasiado largo, las generatrices del sólido pueden cortarse antes de alcanzar la altura indicada, y AutoCAD rechazará nuestros datos y cancelará la operación.

3.5.4 – Creación de sólidos por revolución.

Con el comando *REVOLVE*, pueden crearse sólidos mediante la revolución de un objeto cerrado alrededor de un eje determinado. El eje escogido puede ser uno de los ejes X o Y del UCS actual, una línea, una polilínea, o dos puntos cualesquiera. Al igual que el comando *EXTRUDE*, *REVOLVE* es especialmente útil cuando se tienen perfiles con numerosos detalles. El comando *REVOLVE* puede emplearse para crear sólidos a partir de los mismos objetos a los cuales se le puede aplicar la extrusión.

Para crear un sólido de revolución:

1. Teclear el comando *REVOLVE* (también puede hacerse mediante la opción *Solids > Revolve* del submenú *Draw* del menú estándar de AutoCAD).
2. Seleccionar los objetos a los cuales se les realizará la revolución.
3. Seleccionar el objeto que servirá de eje, o los dos puntos que lo definen. La dirección positiva de rotación se selecciona desde el primer punto al segundo mediante la regla de la mano derecha.
4. Especificar el ángulo de revolución. Para una vuelta completa será de 360°.

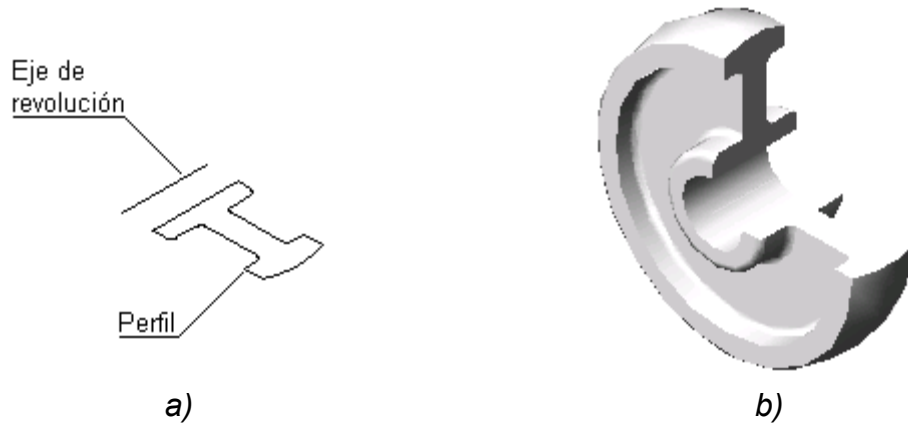


Fig. 31

3.5.5 – Combinación de sólidos.

En AutoCAD pueden crearse sólidos mediante combinación (unión), substracción o intersección de otros sólidos.

Combinación.

La combinación permite obtener un sólido que incluya todos los puntos que pertenecen, al menos, a uno de los objetos combinados (Fig. 32).

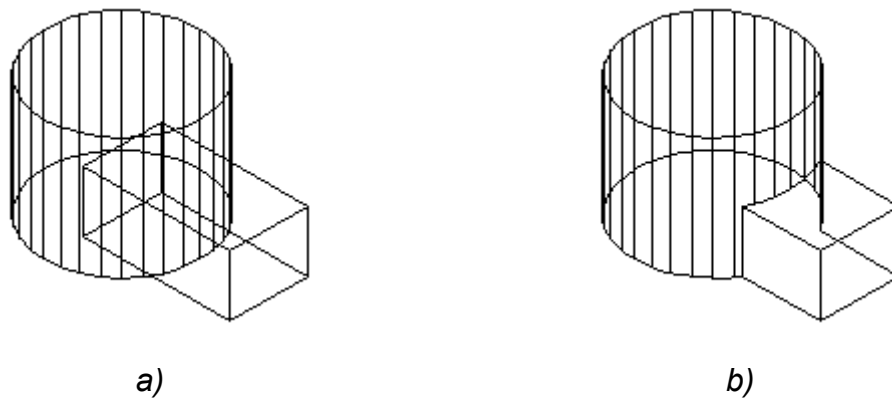


Fig.32

Para obtener una combinación se emplea el comando *UNION*, y a continuación se seleccionan los sólidos que se combinarán. El comando *UNION* también puede encontrarse en la opción *Solids Editing > Union* del submenú *Modify* del menú estándar de AutoCAD.

Substracción.

Mediante la substracción se obtiene un sólido correspondiente a los puntos que pertenecen a uno o varios sólidos (llamados sólidos para substraer) y que, a su vez, no pertenecen a otros llamados (sólidos a substraer) (Fig. 33).

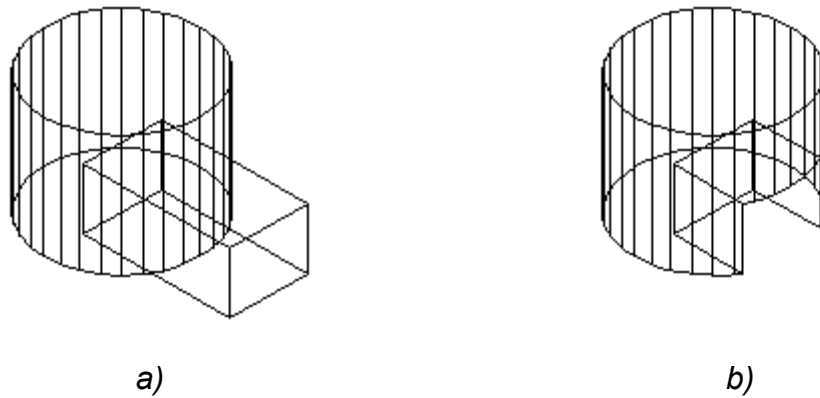


Fig. 33

Para realizar una substracción, se teclea el comando *SUBTRACT*, luego se seleccionan los objetos a los cuales se substraerá y posteriormente los objetos que se substraerán. El comando *SUBTRACT* también puede encontrarse en la opción *Solids Editing > Subtract* del submenú *Modify* del menú estándar de AutoCAD.

Intersección.

La intersección permite obtener un sólido que incluya los puntos que pertenecen, simultáneamente, a todos los objetos intersectados (Fig. 34).

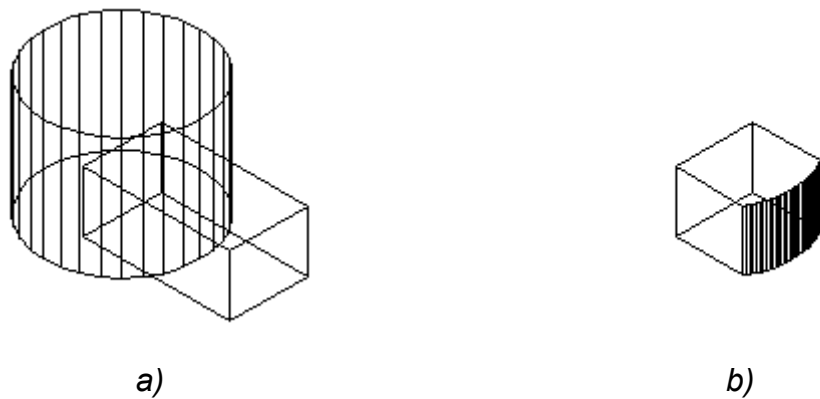


Fig. 34

Para realizar una intersección se utiliza el comando *INTERSECT*, después de los cual se seleccionan los objetos a intersectar.

4. – Edición de objetos en 3D.

4.1 – Rotación en 3D.

Del curso elemental de AutoCAD, se conoce como rotar un objeto en 2D mediante el comando ROTATE. Sin embargo, este es completamente inútil para rotar cualquier objeto en un plano diferente al XY del UCS activo. La solución la ofrece el comando ROTATE3D, que permite realizar la rotación de cualquier objeto alrededor de un eje arbitrario, situado en cualquier lugar del espacio. Este eje puede definirse mediante dos puntos, a través de un objeto adecuado (línea o polilínea), o seleccionando uno de los ejes X, Y o Z del UCS actual.

Para rotar un objeto en 3D como el que se muestra en la Fig. 35 a), se deben seguir los siguientes pasos:

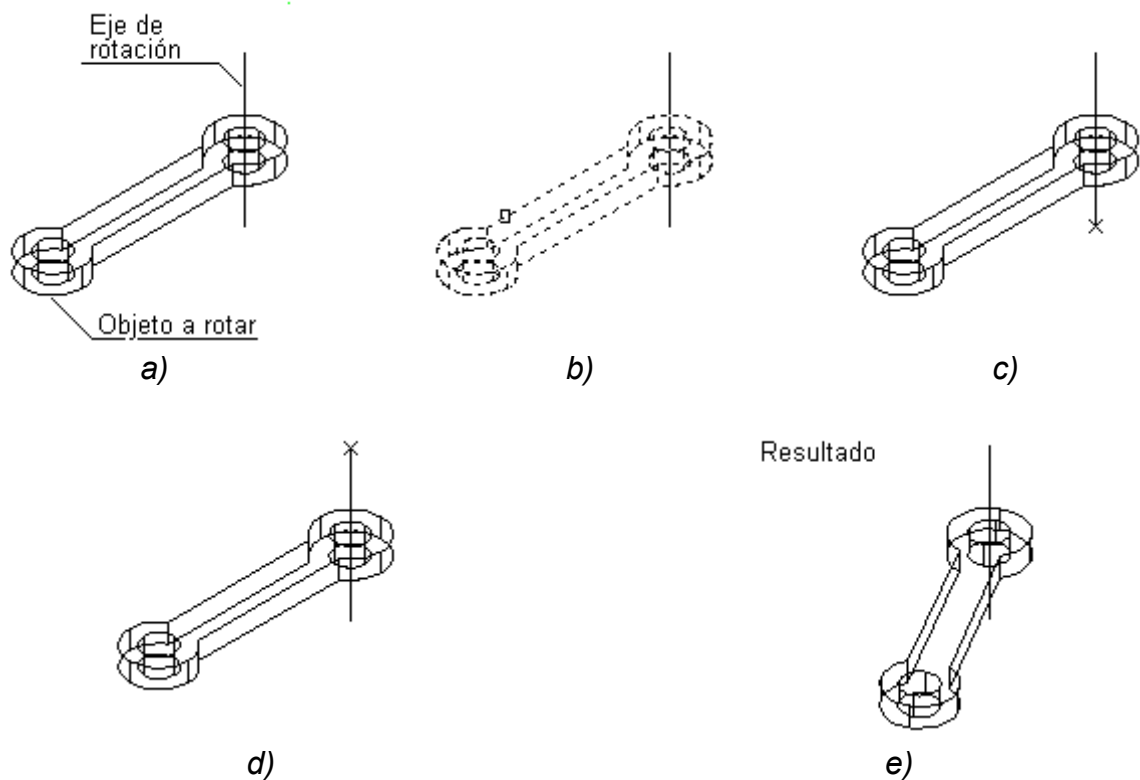


Fig. 35

1. Teclear el comando ROTATE3D o seleccionar la opción *3D Operation > Rotate 3D* del submenú *Modify* del menú estándar de AutoCAD.
2. Seleccionar los objetos que serán rotados (Fig. 35 b).
3. Seleccionar el punto primer punto del plano (Fig. 35 c). También, como ya se dijo se puede seleccionar un objeto de tipo línea o polilínea (opción *Object*), o especificar que la rotación es alrededor de los ejes X, Y o Z (opciones *Xaxis*, *Yaxis* o *Zaxis*, respectivamente), entre otras opciones.

4. Seleccionar el segundo punto (Fig. 35 c). Puede seleccionarse el punto directamente sobre el área de trabajo, o dar sus coordenadas (absolutas, o relativas al primer punto).
5. Establecer el ángulo de rotación. Es importante señalar que el sentido del eje se considerará desde el primer punto hacia el segundo, y de esta forma se definirá la dirección positiva de rotación, según la regla de la mano derecha.

La rotación de objetos en 3D es una técnica simple y poderosa a la vez. Un uso inteligente de ella puede evitarnos, en gran medida, el trabajo con herramientas más complicadas como son los UCS's.

4.2 – Arreglos de objetos en 3D.

Otro comando que se puede considerar una extensión de otro del entorno 2D, es 3DARRAY, cuyo funcionamiento es muy similar al de su hermano menor, el comando ARRAY. Con 3DARRAY, se pueden crear arreglos en las tres dimensiones, tanto de distribución rectangular (Fig. 36 a) como polar (Fig. 36 b).



Fig. 36

Para realizar un arreglo rectangular, debemos, luego de seleccionar el objeto que queremos reproducir, establecer el número de filas (*number of rows*), en dirección al eje Y; el número de columnas (*number of columns*), en dirección al eje X; y el número de niveles (*number of levels*), en dirección al eje Z; así como la distancia entre filas (*distance between rows*), entre columnas (*distance between columns*) y entre niveles (*distance between levels*).

Para hacer un arreglo polar, se establece, además del objeto a reproducir, el centro del arreglo, el número de elementos que contendrá (*number of items in the array*), el ángulo que abarcarán (*angle to fill*), el punto central del arreglo (*center point of array*) y el otro punto que definirá el eje alrededor del cual se dispondrá el arreglo (*second point on axis of rotation*), que podrá estar ubicado en cualquier lugar del espacio y con cualquier dirección. Al crearse un arreglo se puede establecer que los objetos roten sobre si mismos o no, respondiendo afirmativa o negativamente a la pregunta ¿Rotar los objetos del arreglo? (*Rotate arrayed objects?*).

4.3 – Reflexión en 3D.

Con el comando *MIRROR3D* se puede realizar una reflexión de objetos en un plano determinado. Como plano de reflexión pueden tomarse un objeto adecuado, o cualquiera que sea paralelo a los planos XY, XZ o YZ del UCS actual, o bien un plano definido mediante la selección de tres puntos.

Para realizar una reflexión (Fig. 37) a un objeto en 3D, deben seguirse los siguientes pasos.

1. Teclear el comando *MIRROR3D*, o seleccionar la opción *3D Operation > Mirror 3D* del submenú *Modify* del menú principal de AutoCAD.
2. Seleccionar el objeto a reflexionar (Fig. 37 a).
3. Seleccionar los tres puntos que definen al plano de reflexión (Fig. 37 b). También puede seleccionarse un objeto, o un plano de un objeto (opción *Object*), o un plano paralelo a cualquiera de los planos XY, XZ o YZ (opciones *XY*, *XZ* y *YZ*, respectivamente).
4. Especificar si se desea borrar los objetos que sirvieron de fuente (*Delete source objects?*).

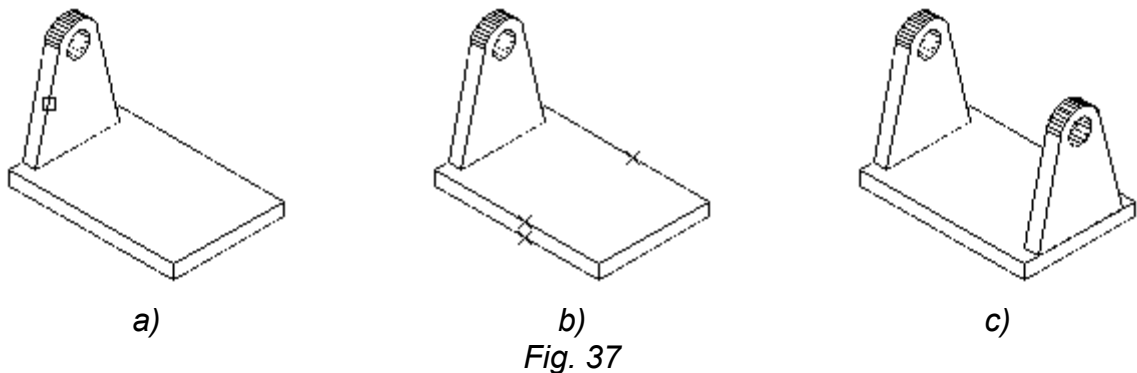


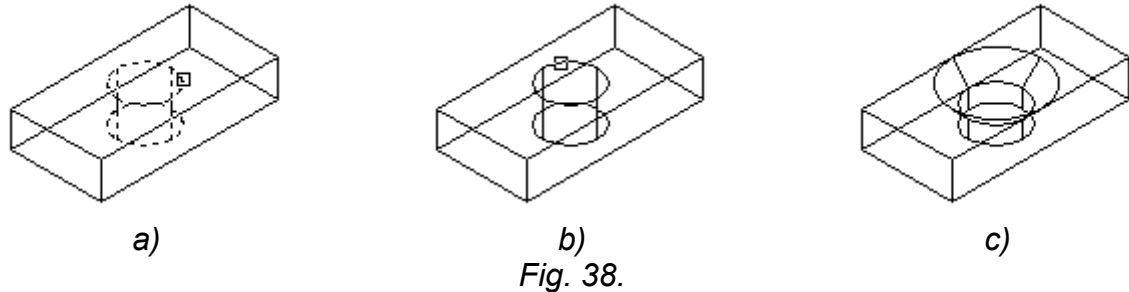
Fig. 37

4.4 – Biselado de aristas.

Una operación muy cómoda, y que nos puede evitar gran cantidad de trabajo molesto es el biselado de aristas de cuerpos sólidos. Para biselar una arista se deben seguir los siguientes pasos:

1. Teclear el comando *CHAMFER*. También puede ejecutarse seleccionando la opción *Chamfer* del submenú *Modify* del menú estándar de AutoCAD.
2. Seleccionar la arista de la superficie base para biselar (*Select first line*) (Fig. 38 a). AutoCAD destaca una de las dos superficies adyacentes a la arista seleccionada. Ante el pedido “Entre la selección de la arista” (*Enter surface selection option*) teclee *Next* para seleccionar la otra superficie adyacente a la arista, o *Enter* para aceptar la superficie destacada.
3. Especificar la distancia del bisel en la superficie base (*base surface chamfer distance*).

4. Especificar la distancia del bisel en la otra superficie adyacente a la arista (*other surface chamfer distance*).
5. Seleccionar una arista (*Select an edge*). Con la opción *Loop* se seleccionan todas las aristas de la superficie base (Fig. 38 b).



4.5 – Redondeado de aristas.

Tan útil como la opción anterior, y más sencilla es el redondeado de aristas (comando *FILLET*) que permite realizar un acuerdo entre dos superficies a lo largo de una arista (Fig. 38).



Para realizar un redondeado, se debe hacer lo siguiente:

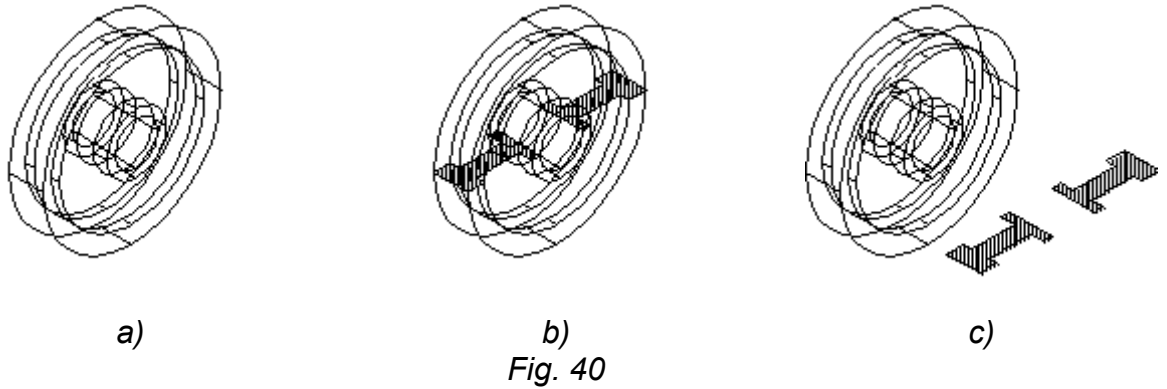
1. Teclear el comando *FILLET*, o seleccionar la opción *Fillet* del submenú *Modify* del menú estándar de AutoCAD.
2. Seleccionar el primer objeto (*Select first object*), que este caso será la arista a lo largo de la cual se hará el redondeo
3. Especificar el radio de redondeo (*fillet radius*).
4. Especificar otra arista adicional, o presionar *Enter* para completar el redondeo.

4.6 – Obtención de secciones a partir de sólidos.

Una herramienta muy útil que incluye AutoCAD (y que agradecen todos los que tienen dificultades para interpretar dibujos), es la obtención de secciones a partir de un sólido. El método es tan simple como especificar el plano que corte la pieza por el lugar adecuado para generar la sección transversal deseada. Normalmente, el plano se define mediante tres de sus puntos, aunque existen otras formas.

Para obtener la sección transversal de un objeto dado:

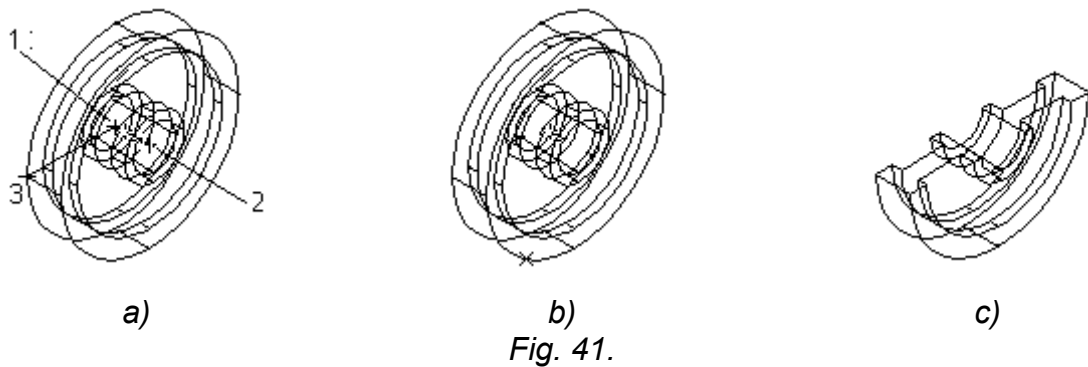
1. Teclear el comando *SECTION* o seleccionar la opción *Solids > Section* del submenú *Draw* del menú estándar de AutoCAD.
2. Seleccionar el objeto al cual se le desea obtener la sección.
3. Especificar los tres puntos que definirán el plano de corte. El primer punto definirá el origen de coordenadas del plano, el segundo, la dirección positiva del eje X y el tercero, la dirección negativa del eje Y.



Es importante destacar que si se desea aplicar rayado a la sección obtenida, como lo establecen las normas vigentes, debe, primero, hacerse coincidir el plano de trabajo (XY) del UCS actual con el plano de la sección transversal obtenida.

4.7 – Corte de sólidos.

Para cortar sólidos, AutoCAD dispone del comando *SLICE*. Este comando permite obtener la parte de un sólido situada a uno de los lados de un plano determinado, a la vez que elimina la parte que está del otro lado. Si se desea, también puede conservar ambas partes como sólidos separados.



Para cortar un sólido, debe hacerse lo siguiente:

1. Teclear el comando SLICE o seleccionar la opción *Solids > Slice* del submenú *Draw* del menú estándar de AutoCAD.
2. Seleccionar el objeto que se desea cortar.
3. Especificar tres puntos que definan el plano de corte (Fig. 41 a).
4. Seleccionar un punto de la parte del sólido que deseamos retener (*Specify a point on desired side of the plane*) (Fig. 41 b). Si deseamos conservar ambos lados como objetos independientes, tecleamos la opción Mantener ambos lados (*keep Both sides.*)

4.8 – Edición de caras.

Los objetos sólidos que componen un modelo, pueden ser editados mediante la extrusión, el movimiento, la rotación, el defasaje, la inclinación, el borrado, la copia o el cambio de color de sus caras.

4.8.1 – Extrusión de caras.

Cualquier superficie plana de las que componen un sólido, puede ser sometida a extrusión, bien sea a lo largo de una ruta, o bien estableciendo una altura determinada y un ángulo de estrechamiento. Cada cara tiene un lado positivo, que corresponde a la normal sobre la cara; estableciendo valores de altura positivas, la extrusión ocurre en la dirección positiva (normalmente hacia afuera), si la altura tiene valores negativos, la extrusión ocurre en sentido inverso (normalmente hacia adentro). Un ángulo de estrechamiento negativo implica un ensanchamiento de la superficie.

Para realizar la extrusión a lo largo de una ruta, debe seleccionarse como ruta un objeto válido: línea, círculo, arco, elipse, polilínea o *spline*).

Para realizar la extrusión de una cara, según una altura y un ángulo dado (Fig. 42):

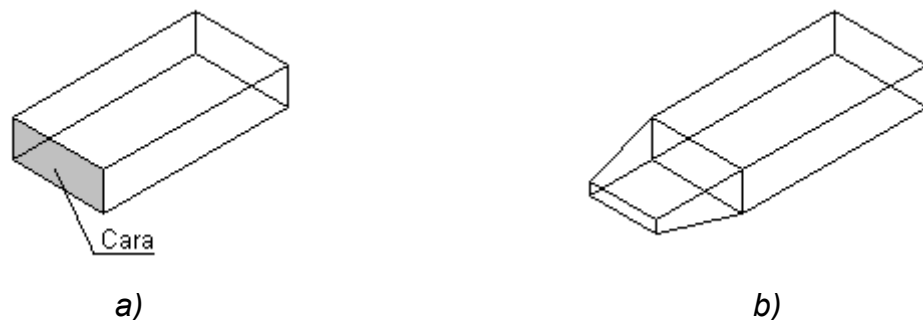


Fig. 42

1. Teclear el comando *SOLIDEDIT*, y seleccionar las opciones *Face* y *Extrude*, sucesivamente. Esta sucesión de entradas puede lograrse, en un solo paso,

mediante la opción *Solids Editing > Extrude Face* del submenú *Modify* del menú estándar de AutoCAD.

2. Seleccionar la la cara para aplicarle la extrusión.
3. Seleccionar una cara adicional, o presionar *Enter* para continuar.
4. Especificar la altura de extrusión (*height of extrusion*).
5. Especificar el ángulo de estrechamiento por la extrusión (*angle of taper for extrusion*).
6. Presionar *Enter* para completar el comando.

Para realizar la extrusión de una cara a lo largo de una ruta (Fig. 43):

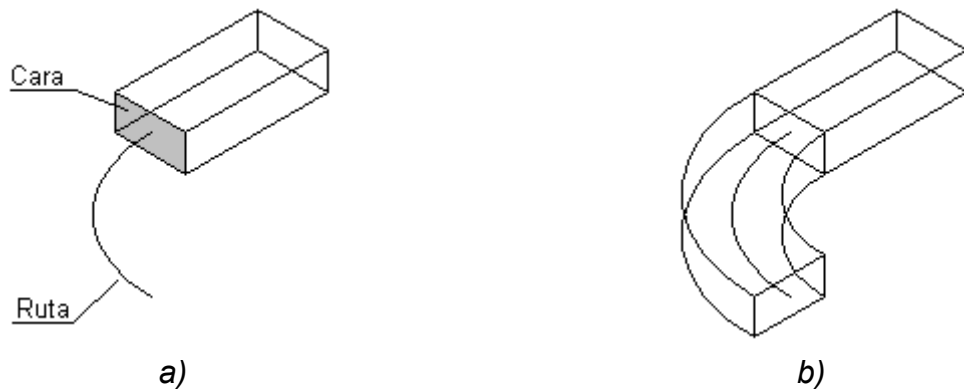


Fig. 43

1. Teclear el comando *SOLIDEDIT*, y seleccionar las opciones *Face* y *Extrude*, sucesivamente. Esta sucesión de entradas puede lograrse, en un solo paso, mediante la opción *Solids Editing > Extrude Face* del submenú *Modify* del menú estándar de AutoCAD.
2. Seleccionar la la cara para aplicarle la extrusión.
3. Seleccionar una cara adicional, o presionar *Enter* para continuar.
4. Seleccionar la opción *Ruta (Path)*.
5. Seleccionar una ruta válida para la extrusión.
6. Presionar *Enter* para concluir el comando.

4.8.2 – Movimiento de caras.

Una de las características de la edición de sólidos es que permite mover caras de un lugar a otro del sólido sin cambiar su orientación. Esto resulta verdaderamente útil para mover agujeros pasantes dentro del volumen de un sólido, sin tener que reconstruirlo, como se muestra en el ejemplo siguiente (Fig. 44).

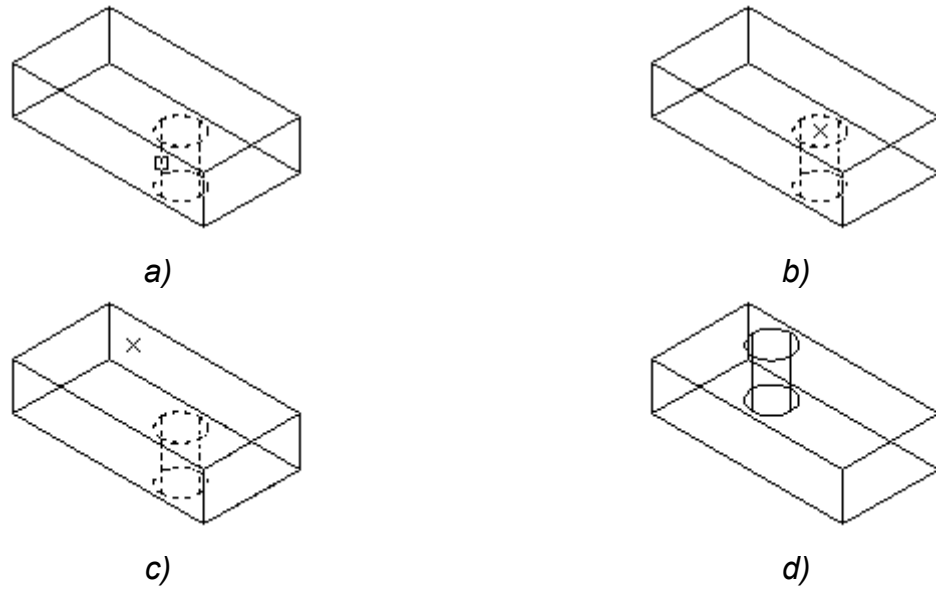


Fig. 44

1. Teclear el comando *SOLIDEDIT*. Seleccionar la opción *Cara (Face)* y luego la opción *Mover (Move)*. Todo lo anterior puede lograrse en un solo paso, seleccionando la opción *Solids Editing > Move Faces*, del submenú *Modify* del menú estándar de AutoCAD.
2. Seleccionar la cara a mover (Fig. 44 a).
3. Seleccionar el punto de referencia para mover (*base point for the move*) (Fig. 44 b).
4. Seleccionar el segundo punto de desplazamiento (*second point of displacement*) (Fig. 44 c). Para la selección de ambos puntos, se pueden emplear el modo *Snap*, coordenadas absolutas o relativas, u objetos *Snaps*, en aras de lograr una precisión adecuada.
5. Presionar *Enter* para finalizar el comando.

4.8.3 – Rotación de caras.

Además de moverse, las superficies de un cuerpo pueden rotarse. Al igual que el movimiento, esta herramienta se aplica, fundamentalmente a agujeros o superficies interiores. Para mover una superficie hay que indicar un eje (que puede ser cualquiera de los ejes del sistema de coordenadas X, Y o Z, o estar definido por un objeto apropiado o por dos puntos cualesquiera), y por un ángulo de rotación.

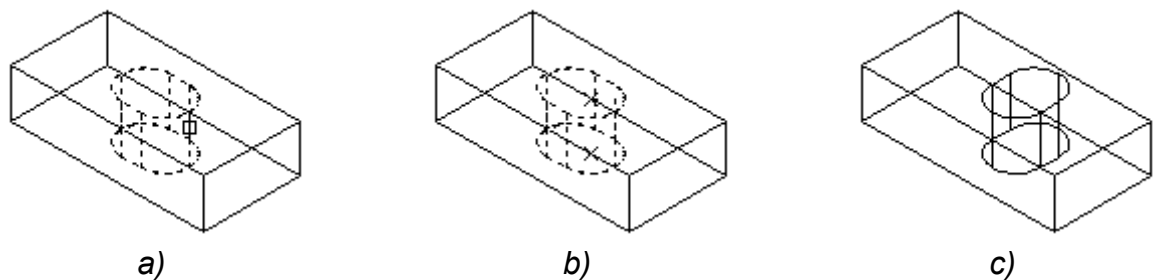


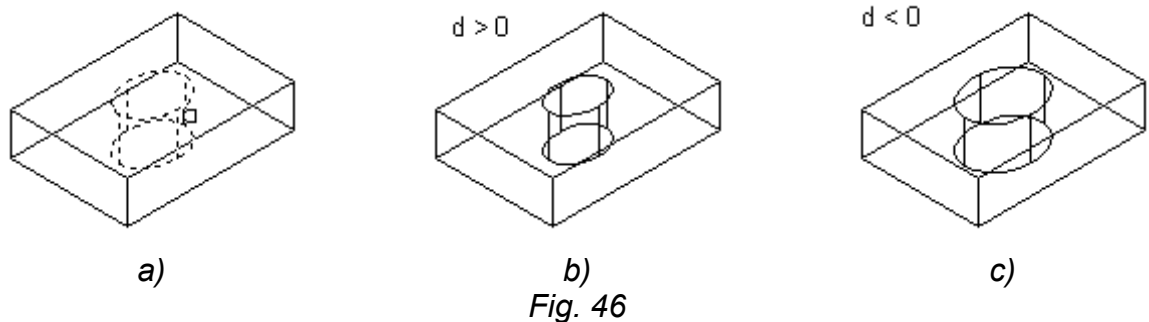
Fig. 45

Para rotar una superficie:

1. Teclear el comando *SOLIDEDIT* y luego, seleccionar las opciones *Cara (Face)* y *Rotar (Rotate)* sucesivamente. También se puede seleccionar la opción *Solids Editing > Rotate Faces* del submenú *Modify* del menú estándar de AutoCAD, lo cual produce el mismo efecto.
2. Seleccionar la superficie a rotar (Fig. 45 a).
3. Seleccionar el eje de rotación, definiéndolo por cualquiera de los métodos mencionados (Fig. 45 b).
4. Especificar el valor del ángulo de rotación.
5. Presionar *Enter* para terminar la ejecución del comando.

4.8.4 – Desfasaje de caras.

En un sólido, las caras pueden ser desfasadas (*Offset*) cierto valor. Esto se puede entender como un desplazamiento en el sentido positivo normal a la superficie. El desfasaje se puede emplear para variar el tamaño de sólidos o calados interiores, especialmente agujeros. Si se especifican distancias de desfasaje positivas, el tamaño del sólido aumenta (Fig. 46 b), si la distancia es negativa, disminuye (Fig. 46 c).



Para realizar el desfasaje de una superficie:

1. Teclear el comando *SOLIDEDIT* y luego seleccionar las opciones *Cara (Face)* y *Desfasar (Offset)*. Lo mismo puede lograrse mediante la opción *Solids Editing > Offset Faces* del submenú *Modify* del menú estándar de AutoCAD.
2. Seleccionar la superficie a desfasar (Fig. 46 a).
3. Especificar la distancia de desfasaje.
4. Presionar *Enter* para finalizar el comando.

4.8.5 – Inclinación de caras.

La edición de caras, incluye la posibilidad de inclinarlas según un ángulo determinado con respecto a un vector dirección. Por convenio, si el ángulo de inclinación es positivo la inclinación es hacia adentro; si es negativo, la inclinación es hacia fuera. Si el ángulo de inclinación de la superficie es demasiado grande, puede ocurrir que la cara se interseque a si misma y, por tanto, AutoCAD aborta la operación.

Para inclinar una cara de un sólido:

1. Teclear el comando *SOLIDEDIT*, y luego seleccionar las opciones Car (Face) e Inclin (Taper). También puede seleccionarse la opción *Taper Faces > Solids Editing* del submenú *Modify* del menú estándar de AutoCAD.
2. Seleccionar las caras que se desean inclinar (*Select faces*) (Fig. 47 a).
3. Especificar el primer punto del vector dirección (*Specify the base point*) (Fig. 47 b).
4. Especificar el segundo punto del vector dirección (*Specify another point along the axis of tapering*) (Fig. 47 c).
5. Establecer el ángulo de inclinación (*Specify the taper angle*). El signo del ángulo se tomará de acuerdo a lo explicado anteriormente.

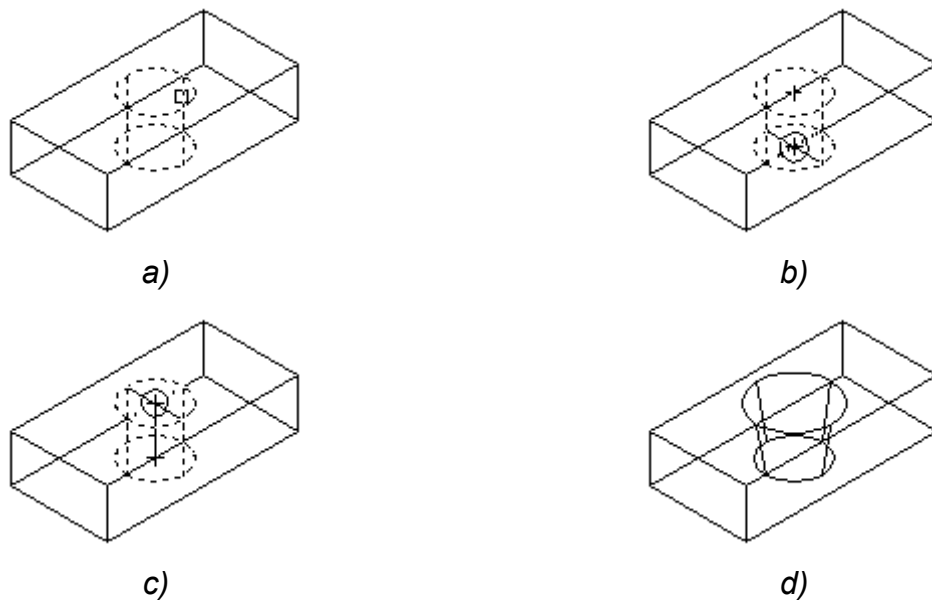


Fig. 47

4.8.6 – Borrado de caras.

También como parte de la edición de sólidos, pueden ser borradas algunas caras. Esto es especialmente útil para eliminar biseles y radios de redondeos indeseados.

Para eliminar una cara:

1. Teclear el comando *SOLIDEDIT* y luego seleccionar las opciones Cara (Face) y Borrar (Delete). También puede seleccionarse la opción *Solids Editing > Delete Faces* del submenú *Modify* del menú estándar de AutoCAD.
2. Seleccionar la superficie a eliminar () (Fig. 48 b).
3. Seleccionar otra cara o presionar *ENTER*.
4. presionar *ENTER* nuevamente para terminar el comando.

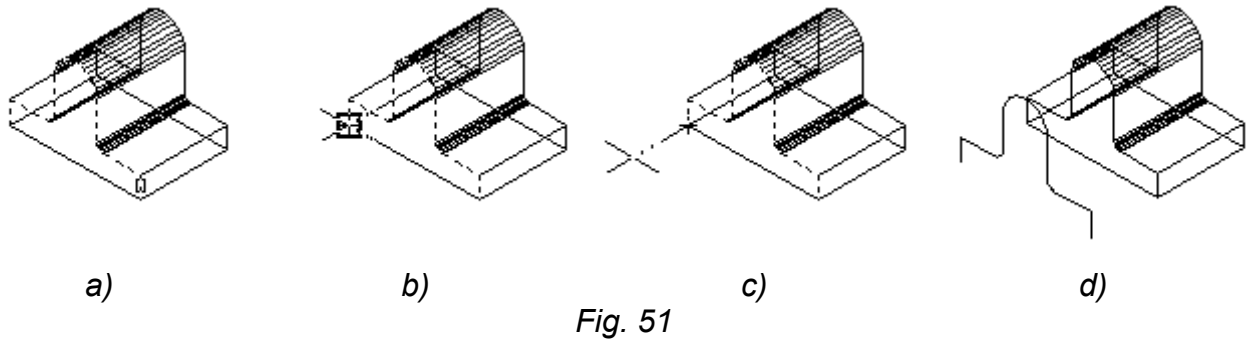


Fig. 51

4.9.2 – Cambio del color de una arista.

Para cambiar el color de una arista:

1. Teclear el comando *SOLIDEDIT* y luego seleccionar las opciones *Arista (Edge)* y *Color (coLor)*. También puede seleccionarse la opción *Solids Editing > Color Edges* del submenú *Modify* del menú estándar de AutoCAD.
2. Seleccionar la arista a la cual se le va a cambiar el color (*Select Edges*) (ver Fig. 52 a).
3. Seleccionar, en el cuadro de diálogo correspondiente, el color que se desea para la cara.
4. Teclear ENTER para terminar el comando.

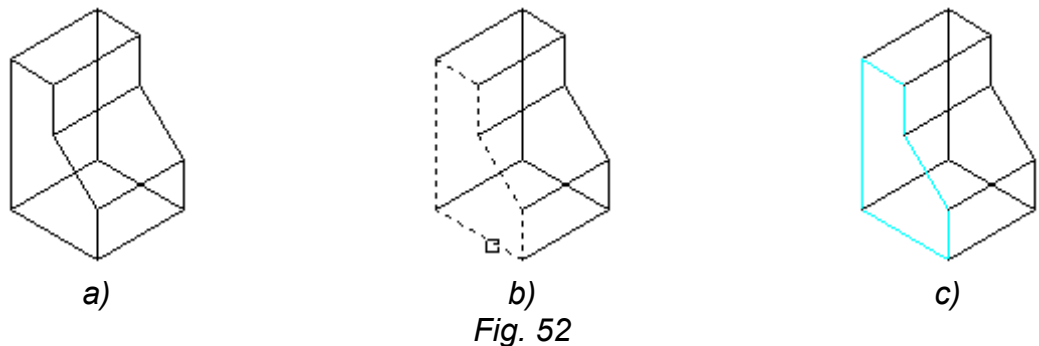


Fig. 52

4.10 – Estampado de sólidos.

Una forma de crear nuevas caras en los sólidos es mediante el estampado de arcos, círculos, líneas, regiones, etc. El objeto original, utilizado para el estampado, puede eliminarse o conservarse para futuras tareas de edición. Para que el estampado ocurra correctamente, el objeto estampa debe interceptar alguna cara del sólido.

Para realizar un estampado:

1. Teclear el comando *SOLIDEDIT* y luego seleccionar las opciones *Cuerpo (Edge)* y *Estampar (Imprint)*. También puede seleccionarse la opción *Solids Editing > Imprint* del submenú *Modify* del menú estándar de AutoCAD.
2. Seleccionar el sólido a estampar (*Select a 3D solid*) (Ver Fig. 53 b).

3. Seleccionar el objeto estampa (*Select an object to imprint*) (Fig. 53 c).
4. Especificar si se desea borrar el objeto estampa (*Delete the source object*).

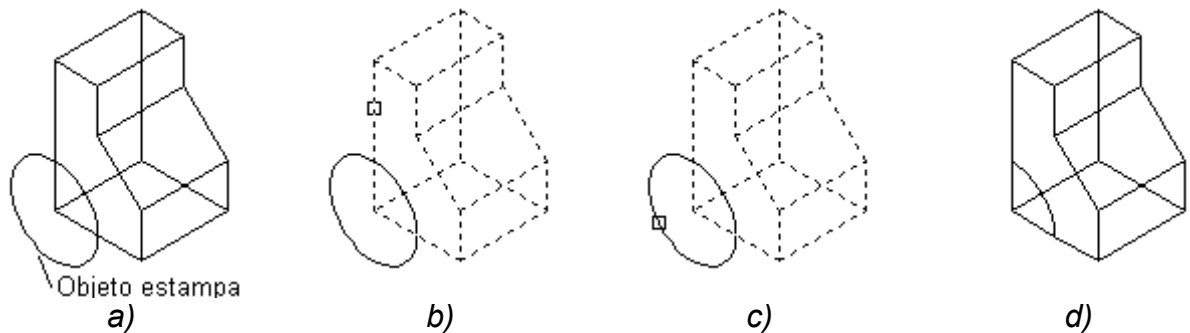


Fig. 53

4.11 – Separación de sólidos.

Una de las opciones de la edición de sólidos permite separar un sólido compuesto por otros varios, en sus componentes originales. Para ello, es necesario que los sólidos simples que componen al que deseamos separar, no tengan volúmenes o caras comunes.

Para separar un sólido en sus componentes se usa el comando *SOLIDEDIT* con sus opciones *Cuerpo (Body)* y *Separar sólidos (seParate solids)*, o bien, la opción *Solids Editing > Separate* del submenú *Modify* del menú estándar de AutoCAD.

4.12 – Vaciado de sólidos.

Para realizar vaciados a un sólido:

1. Teclear el comando *SOLIDEDIT* y luego seleccionar las opciones *Cuerpo (Edge)* y *Vaciado (Shell)*. También puede seleccionarse la opción *Solids Editing > Shell* del submenú *Modify* del menú estándar de AutoCAD.
2. Seleccionar el sólido al cual se le realizará el vaciado (*Select a 3D solid*) (Ver Fig. 54 b).
3. Seleccionar, si es necesario, las caras que se desean excluir del vaciado (*Exclude faces*) (Fig. 54 c).
4. Establecer la distancia de vaciado (*Enter the shell offset distance*). Este valor corresponde al espesor de las caras que resultarán del vaciado; si el valor es positivo, el espesor se considerará hacia adentro del cuerpo; si es negativo, hacia fuera.



Fig. 54

4.13 – Limpieza de sólidos.

La limpieza de sólidos permite eliminar los vértices y las aristas redundantes en el sólido. AutoCAD chequea los cuerpos, caras y aristas en el sólido y fusiona las superficies adyacentes que comparten la misma área. Son borrados, además todos los objetos estampados en el cuerpo.

Para limpiar un cuerpo se utiliza el comando *SOLIDEDIT* con sus opciones Cuerpo (*Body*) y Limpiar (*cLean*), o bien, la opción *Solids Editing > Clean* del submenú *Modify* del menú estándar de AutoCAD.

4.14 – Chequeo de sólidos.

El chequeo de un cuerpo permite comprobar si éste es un objeto sólido 3D válido. Si esto es así, se puede modificar el objeto sin incurrir en errores de fallo ACIS. Si el objeto no es válido, no puede ser editado.

Para limpiar un sólido se utiliza el comando *SOLIDEDIT* con sus opciones Cuerpo (*Body*) y Chequear (*Check*), o bien, la opción *Solids Editing > Check* del submenú *Modify* del menú estándar de AutoCAD.

5. – Renderizado.

5.1 – Introducción.

Si bien es cierto que la forma más cómoda de representar un objeto 3D es en modelo de alambres, donde se puede acceder con facilidad tanto a sus elementos visibles como a los no visibles, en algunas ocasiones se requiere una representación más real del modelo generado, que incluya color, luces y perspectiva. Este tipo de representación es muy útil para dar una idea general del diseño, especialmente a personas no familiarizadas con el dibujo y sus convencionalismos, como pueden ser los posibles clientes.

La presentación de modelos de forma que su apariencia se asemeje lo más posible a la realidad, se conoce como renderizado (Fig. 55).

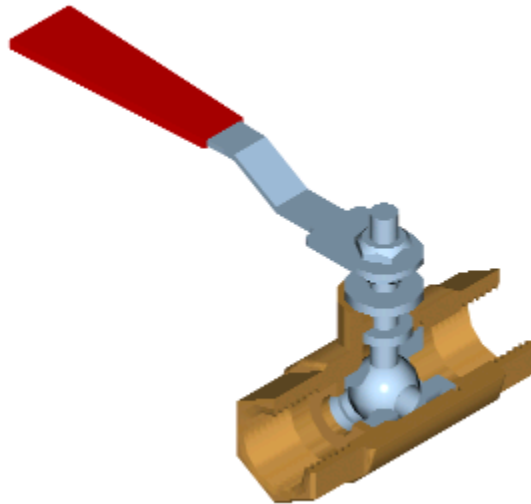


Fig. 55

El renderizado permite lograr una representación del modelo más clara que la que se obtiene con un simple ocultado de línea. El renderizado tradicional de dibujos mecánicos, arquitectónicos, o de ingeniería en general, incluye el uso de acuarelas, creyones, tintas, y otros materiales para lograr un resultado final de calidad.

Aunque el uso de la computadora simplifica notablemente el renderizado, este es un proceso lento, que requiere una parte considerable del tiempo dedicado al proyecto.

El renderizado se realiza, generalmente en cuatro pasos:

1. Preparación del modelo para el renderizado, que incluye la eliminación de las superficies ocultas, la construcción de mallas para el sombreado suave y la selección de la resolución de pantalla apropiada.
2. Iluminación, que incluye la creación de las luces y las sombras adecuadas.

3. Adición de color, incluyendo la definición de las propiedades de reflectividad de los materiales, y la asociación de los materiales con las respectivas superficies.
4. Ejecución del renderizado, propiamente dicho.

5.2 – Preparación del modelo para el renderizado.

5.2.1 – Eliminación de las caras traseras.

Un paso importante en el proceso de renderizado es la eliminación de las superficies ocultas, para lograr un ahorro de tiempo. AutoCAD usa la normal de cada cara para determinar cual cara es frontal y cual trasera. Una normal es un vector perpendicular a cada cara poligonal del modelo y usualmente apunta hacia el espacio exterior.

Las normales son determinadas de modo que una cara es dibujada en un sistema de coordenadas que cumple la regla de la mano derecha, como el sistema de AutoCAD: si la cara se dibuja en sentido contrario a las manecillas del reloj, la normal apunta hacia fuera; si se dibuja en sentido de las manecillas del reloj, la normal apunta hacia dentro (Fig. 56). Las caras deben dibujarse consistentemente (todas hacia fuera o todas hacia dentro), de lo contrario pueden obtenerse resultados inesperados. AutoCAD calcula todas las normales en el dibujo durante el renderizado. Durante el proceso se buscan todas las normales que apuntan hacia delante, desde el punto de vista seleccionado y elimina los polígonos asociados a ellas. Este paso se denomina eliminación de caras traseras.

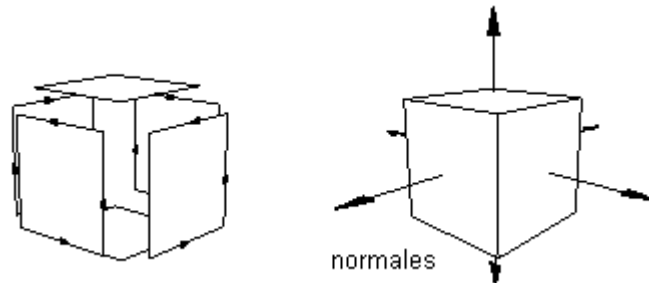


Fig. 56

Luego que las caras no visibles han sido eliminadas, el renderizado determina cuales caras solapan a otras, y elimina estas últimas.

La eliminación de caras ocultas se realiza en el cuadro de dialogo *Preferencias del Renderizado* (ver más adelante).

La eliminación de las caras ocultas del proceso de renderizado garantiza un ahorro considerable de tiempo, proporcional a la complejidad del modelo, no obstante, hay situaciones como objetos abiertos o transparentes, donde eliminar las caras ocultas puede traer conflictos en el renderizado, por lo que debe evitarse.

5.2.2 – Consistencia de las entidades dibujadas.

Para lograr un renderizado adecuado es importante garantizar la consistencia del dibujo, o sea, evitar la construcción de modelos que mezclen caras, líneas y mallas de alambre. Cuanto mayor sea el número de caras que tiene un modelo, mayor tiempo toma el renderizado, por tanto, es muy conveniente mantener la geometría del modelo tan simple como sea posible.

Por otro lado, la complejidad de un objeto en AutoCAD es función del número de sus vértices. Ciertos tipos de geometría descritos más adelante, crean problemas especiales durante el renderizado. Los renderizados fotorealísticos – Foto Real (*Photo Real*) y Foto de Trazos de Rayo (*Photo Raytrace*) – proporcionan los controles para manipular estas geometrías.

Las caras que se solapan y terminan en el mismo plano, pueden producir resultados ambiguos, especialmente si los materiales adjuntados a las dos caras son diferentes.

5.2.3 – Construcción de mallas para renderizado suave.

En los dibujos de AutoCAD, todas las caras tienen cuatro vértices (excepto las que pertenecen a mallas multicaras, las cuales son tratadas. Para los fines del renderizado, cara cuadrangular se considera como un par de caras triangulares, con un arista común.

Si se usa la opción Sombreado Suave (*Smooth Shading*) para el renderizado básico, en el cuadro de diálogo Preferencias de Renderizado (*Rendering Preferences*), la densidad de la malla debe ser tal que el ángulo entre las normales de cualesquiera dos caras adyacentes, sea menor que el ángulo de suavizado; de lo contrario, una arista aparece entre ambas caras. En Ángulo de Suavizado (*Smoothing Angle*) puede establecerse en el cuadro de diálogo Preferencias del Renderizado.

Si la opción Sombreado suave no se encuentra seleccionada, cada cara será sombreada con un color uniforme y, por tanto, serán visibles las aristas entre ellas.

5.2.4 – Control de la resolución y la exactitud de la representación.

La exactitud de la representación de círculos, arcos y elipses puede controlarse usando el comando *VIEWRES* y la variable de sistema *FACETRES*.

El valor establecido con *VIEWRES* controla la precisión de la representación de círculos, arcos y elipses. AutoCAD dibuja estas entidades en la pantalla usando muchos pequeños segmentos de recta. Los mayores valores establecidos en *VIEWRES* permiten una representación más suave de las curvas, pero requieren más tiempo en la regeneración de dibujos. Para mejorar el comportamiento de AutoCAD durante el proceso de dibujo, debe establecerse un valor bajo de *VIEWRES*. Sin

embargo, antes de renderizar, debe elevarse el valor para obtener un modelo de buena calidad.

Para elevar el valor de la resolución, teclee el comando *VIEWRES* y entre un número alto (mayor que 20 000) para el Porcentaje de Aumento de Círculo (*Circle Zoom Percent*). Debe ignorarse la pregunta acerca del aumento rápido (*Do you want fast zooms?*) si sólo se desea mejorar la apariencia de las curvas para el renderizado.

La variable de sistema *FACETRES* controla la suavidad del sombreado y renderizado de sólidos curvos. Su valor está vinculado al establecido por *VIEWRES*: cuando *FACETRES* vale 1, hay una correspondencia uno a uno entre la resolución de los círculos, arcos y elipses y la de los objetos sólidos curvos. Por ejemplo, si *FACETRES* vale 2, la resolución será dos veces mayor que la establecida por *VIEWRES*. El valor por defecto de *FACETRES* es 0,5 y el rango admisible es de 0,1 a 10.

Se debe tener bien claro que cuando se eleva el valor de *VIEWRES*, los objetos controlados por éste y por *FACETRES*, se afectan ambos. En cambio, si se varía el valor de *FACETRES*, sólo los objetos sólidos se afectan.

5.3 – Configuración del renderizado para diferentes pantallas.

5.3.1 – Resolución de pantalla.

La primera vez que se utiliza un comando de renderizado, como *LIGHT*, *RENDER* o *SCENE*, AutoCAD configura, de manera automática, el Renderizador de AutoCAD. En el cuadro de diálogo Preferencias de Renderizado, puede establecerse que el renderizado ocurra en una vista, en la ventana de renderizado o en un archivo. Renderizar hacia la ventana de renderizado ofrece algunas ventajas: puede copiarse la imagen obtenida al portapapeles para usarse en otras aplicaciones, y puede imprimirse con facilidad.

La resolución de la pantalla es el número de píxeles (puntos) mostrados. La resolución es inversamente proporcional al tamaño de los píxeles. Como la calidad del color, la resolución depende del monitor y de la tarjeta gráfica.

5.3.2 – Anti-aliasing.

Como la imagen generada está compuesta por elementos discretos (píxeles) en una malla fija, las curvas o rectas aparecen en forma de sierra o escalera. Este efecto se denomina *aliasing*. Con mayores resoluciones, la apariencia de este efecto disminuye; pero se logra una mejor reducción mediante una técnica conocida como *anti-aliasing*. El *anti-aliasing* se basa en el sombreado de los píxeles adyacentes al píxel principal.

Al aplicar el *anti-aliasing*, se debe llegar a un compromiso entre la calidad y el tiempo de renderizado. Este compromiso está determinado, generalmente, por la calidad del *hardware* y por la prisa del trabajo.

Los renderizados fotorealísticos ofrecen cuatro niveles de control anti-aliasing. La foto de trazos de rayos ofrece un refinamiento mayor en velocidad y calidad llamado ejemplificación adaptativa. Para ver estas selecciones, seleccionar Más Opciones (*More Options*) en el cuadro de diálogo Preferencias del Renderizado, si se ha seleccionado el tipo de renderizado fotorealístico o foto de trazos de rayos.

Los cuatro tipos de anti-aliasing son: mínimo (minimal), bajo (low), medio (medium) y alto (high).

Cada nivel sucesivo es más lento de calcular. Con la foto de trazos de rayos, puede especificarse un valor de ejemplificación adaptativa entre 0,0 y 1,0 para umbral de contraste. Al aumentar este valor, se gana en rapidez a costa de la calidad de la imagen.

5.3.3 – Calidad del color.

Al renderizar objetos a un archivo, debe establecerse la calidad de color (*bitplane*). La calidad del color se refiere al número de bits de que se requieren para almacenar la información relativa a cada píxel. Con una calidad de 1, cada píxel puede ser sólo blanco o negro, y sólo un bit de información se requiere para almacenarlo. Con una calidad de 8, se pueden utilizar 256 colores; con una calidad de 24, alrededor de 16,8 millones, y así sucesivamente. Para un renderizado de aceptable, la calidad del color no debe ser menor de 8. Los mejores resultados se obtienen con calidades de 24 y 32.

5.4 – Cargando, parando y descargando el Renderizador de AutoCAD.

El renderizador de AutoCAD (AutoCAD Render) es automáticamente cargado en memoria cuando se usa algún comando como *FOG*, *LIGHT*, *RENDER* o *SCENE*. El proceso de renderizado puede detenerse presionándose *ESC*. Para liberar memoria, puede descargarse el renderizador de AutoCAD, para ello:

1. Del menú *Tools*, seleccionar la opción *Load Application*.
2. En el cuadro de diálogo Cargar/Descargar Aplicaciones (*Load/Unload Applications*), seleccionar la hoja Aplicaciones cargadas (*Loaded Applications*).
3. En la lista, seleccione *acRender.arz*, y luego seleccione Descargar (*Unload*).
4. Seleccione Cerrar (*Close*).

5.5 – Establecimiento de las condiciones del renderizado.

5.5.1 – Cuadro de diálogo “Preferencias del Renderizado”.

El cuadro de diálogo “Preferencias del renderizado” (*Rendering Preferences*), se muestra mediante el comando *RPREF*, o bien cuando se va a realizar un renderizado (comando *RENDER*) para previamente establecer sus condiciones (ver Fig. 57).

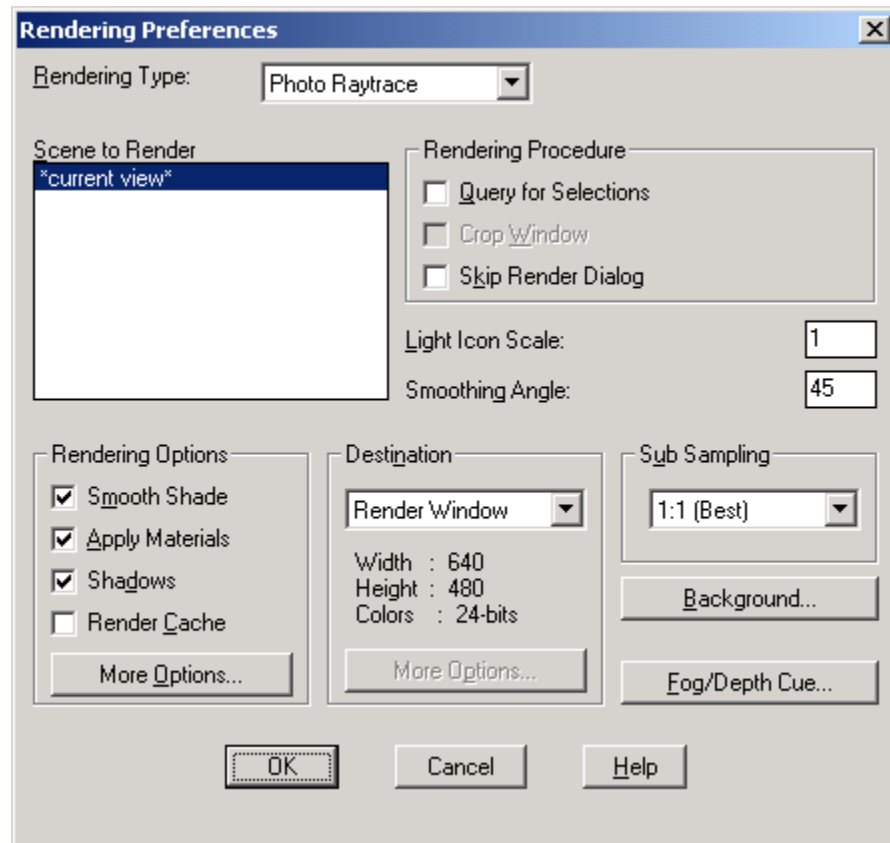


Fig. 57

En el cuadro de diálogo se indican las condiciones bajo las cuales se realizará el renderizado, tales como: el tipo de renderizado, el color de fondo, el destino y las opciones, entre otras.

5.5.2 – Tipos de renderizado.

Existen tres tipos de renderizado (*rendering types*) en AutoCAD: renderizado (*render*) propiamente dicho, foto realística (*photo real*) y foto de trazos de rayos (*photo raytraces*). Cada una permite lograr una calidad superior a la anterior, especialmente en la aplicación del *anti-aliasing*.

5.5.3 – Procedimiento de renderizado.

Las opciones del recuadro “Procedimiento de Renderizado” (*Rendering Procedure*), permiten establecer el modo de comportamiento del renderizado. Cuenta con tres opciones:

- Consulta para Selección (*Query for Selection*): Si está chequeada, AutoCAD solicitará que se le indiquen que objetos van a ser renderizados, de lo contrario, renderiza todos los objetos del modelo.

- Seleccionar ventana (*Crop Windows*): Si está chequeada esta opción, AutoCAD solicitará que se seleccione el área del dibujo a la cual se le desea aplicar el renderizado; si no está chequeada, se renderizará toda el área de trabajo. Esta opción sólo está disponible si el destino del renderizado es la vista.
- Saltar el Cuadro de Diálogo de Renderizado (*Skip Render Dialog*): Si está seleccionado, al teclearse el comando *RENDER*, se renderiza la vista actual sin que se muestre el cuadro de diálogo "Preferencias del Renderizado".

5.5.4 – Ángulo de suavizado.

El Ángulo de Suavizado (*Smoothing Angle*) es el ángulo máximo para el cual se realizará el suavizado de aristas O sea, que todo par de caras que formen entre sí un ángulo menor que el de suavizado, se considerarán una sola cara y se le aplicará el suavizado a la arista común.

5.5.5 – Opciones del renderizado.

Los elementos del recuadro "Opciones del Renderizado" (*Rendering Options*), permiten controlar la forma en que se realizará el renderizado. Cuenta con las siguientes opciones:

- Sombreado Suave (*Smooth Shade*): Suaviza (redondea) las aristas de las superficies de múltiples caras. Si está activada, AutoCAD realiza un degradado entre los colores de las caras adyacentes (siempre que formen un ángulo menor que el valor establecido para el Ángulo de Suavizado), para dar la apariencia de suavidad. En la Fig. 58 se muestra la diferencia entre dos renderizados, uno (a) con sombreado suave y otro (b) sin él.



Fig. 58

- Aplicar Materiales (*Apply Materials*): Aplica a cada una de las superficie los materiales que han sido definidos y adjuntados. Si la opción no está seleccionada, todos los objetos en el dibujo asumen el color, ambiente y demás atributos del material GLOBAL.
- Sombras (*Shadows*): Genera sombras en el renderizado. Esta opción está disponible sólo en los renderizados de tipo Foto Real y Foto de Trazos de Rayos.
- Caché de Renderizado (*Render Cache*): Si esta opción está chequeada, parte de la información generada durante el proceso de renderizado, se almacenará en el disco duro, en un archivo de caché, para ser utilizada en renderizados posteriores. Esta

opción hace más lento el primer renderizado, pero aumenta la velocidad de los siguientes.

- Opciones Adicionales (*More Options*): Muestra un cuadro de diálogo donde se establecen opciones avanzadas para el renderizado, entre ellas, opciones del efecto anti-aliasing, control sobre las caras, etc.

5.5.6 – Destino del Renderizado.

El Destino del Renderizado (*Destination*) es el lugar donde se creará la imagen que se obtendrá como resultado del proceso. Hay tres destinos posibles:

- Vista (*Viewport*): Muestra el renderizado en la vista activa.
- Ventana de Renderizado (*Render Window*): Muestra la imagen de renderizado en el Renderizador de AutoCAD. En el mismo la imagen puede ser guardada, impresa o copiada al portapapeles.
- Archivo (*File*): La imagen se almacenará en un archivo. Con el botón “Opciones Adicionales” (*More Options*) se establece el tipo de archivo, su tamaño y la calidad del color.

5.5.7 – Color de fondo.

El color de fondo se establece haciendo clic sobre el botón *Background* en el cuadro de diálogo anterior, o bien, mediante el comando *BACKGROUND* (ver Fig. 58). El mismo muestra un cuadro de diálogo titulado “Fondo” (*Background*), donde se establece el tipo de fondo y sus características.

AutoCAD establece cuatro tipos de fondo:

- Sólido (*Solid*): Está compuesto por un solo color. Si se mantiene chequeada la casilla “Fondo de AutoCAD” (*AutoCAD Background*), como color de fondo se empleará el mismo que está usando AutoCAD para su vista de modelo. De lo contrario, debe indicarse un color para el fondo, que se establecerá mediante una combinación de los colores primarios rojo (*red*), verde (*green*) y azul (*blue*), o por el sistema de tono (*hue*), claridad (*lightness*) y saturación (*saturation*). También puede seleccionarse mediante el cuadro de diálogo estándar de Windows.
- Degradado (*Gradient*): Está formado por una transición suave de tres colores: superior (*top*), central (*middle*) e inferior (*bottom*). Cada uno de estos colores se establece o selecciona según lo indicado en el punto anterior luego de seleccionar el recuadro correspondiente. Para utilizar un degradado de dos colores, se seleccionan los colores superior e inferior y se establece la altura (*height*) como cero.
- Imagen (*Image*): Se empleará como fondo una imagen que se seleccionará mediante un cuadro de diálogo que se abre al presionar el botón “Encontrar Imagen...” (*Find File...*). El botón “Ajustar Mapa de Bits” (*Adjust Bitmap*) permite

acceder a un cuadro de diálogo donde se ajusta la apariencia de la imagen en la pantalla.

- Unión (*Merge*): Utiliza como fondo la imagen de AutoCAD. Esta opción sólo está disponible si el destino del renderizado es la vista actual (*viewport*).

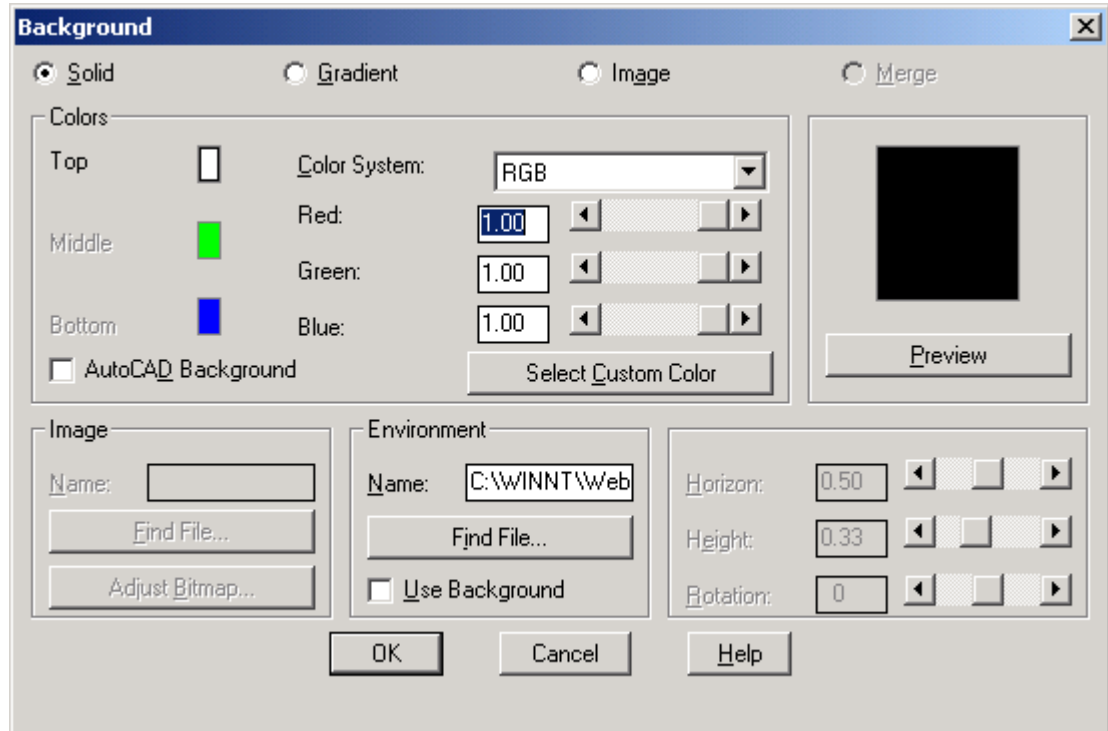


Fig. 59

La opción Ambiente (*Environment*) define un entorno en el cual se pueden crear efectos adicionales de reflexión y refracción sobre los objetos con propiedades reflectivas. Si la opción “Usar Fondo” (“*Use Background*”), se usa, como ambiente, el color de fondo; de lo contrario, la imagen especificada.

Con el botón y el panel de vista previa (*preview*) se puede obtener una imagen preliminar del fondo.

5.5.8 – Indicación de niebla/profundidad.

El botón Indicación Niebla/Profundidad... (*Fog/Depth Cue...*) permite acceder al cuadro de diálogo donde se establecen las opciones de aplicación del efecto de niebla al renderizado: colores, escala de profundidad, etc.

5.6 – Luces.

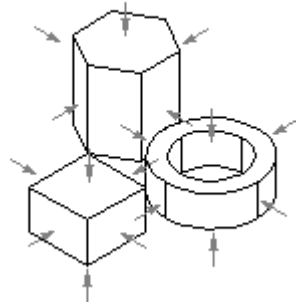
5.6.1 – Generalidades.

Una de las opciones que permite lograr efectos de más realismo en el renderizado, es el uso de luces. Las luces pueden iluminar todo el modelo, o sólo algunos objetos o parte de ellos.

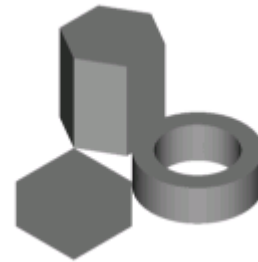
AutoCAD reconoce cuatro tipos de luces: luz de ambiente, luz distante, luz puntual y luz de proyección. Para crear sombras, se deben usar las opciones de renderizado de Foto Real o Foto de Trazos de Rayos.

5.6.2 – Luz ambiente.

La luz ambiental (*Ambient Light*) proporciona una iluminación uniforme sobre cada cara del modelo. Esta luz no proviene de ninguna fuente particular, y no tiene una dirección definida (Fig. 60).



a) Luz ambiental



b) Renderizado con luz ambiental.

Fig. 60.

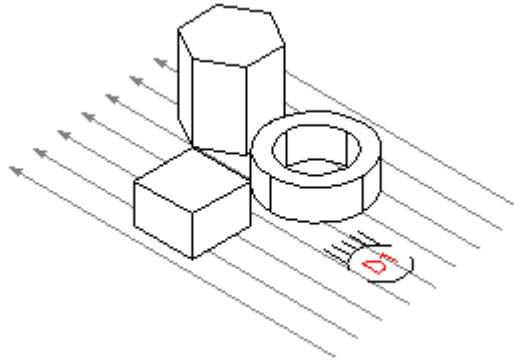
La intensidad de la luz ambiental puede variarse o apagarse. La luz ambiental debe mantenerse en un nivel bajo, de lo contrario tiende a saturar la imagen y le da una apariencia difusa. La luz ambiental debe apagarse si se quiere simular un escena nocturna o una habitación oscura.

Por sí misma, la luz ambiental no es capaz de producir imágenes de apariencia real. Las caras son difíciles de distinguir debido a la uniformidad de la iluminación. La luz ambiental se emplea, fundamentalmente para iluminar superficies que no van a ser iluminadas directamente por otro tipo de luz.

5.6.3 – Luz distante.

Las luces distantes (*distant lights*) emiten rayos paralelos y uniformes en una dirección dada. La intensidad de la luz distante no disminuye con la distancia.

La dirección de una luz distante es, en el dibujo, mucho más importante que su localización. Todos los objetos son iluminados, incluyendo algunos que, eventualmente, estén detrás de la luz. Las luces distantes actúan como si estuvieran fuera del dibujo. Para evitar confusión, las luces distantes deben colocarse en los extremos del dibujo.



a) Luz distante



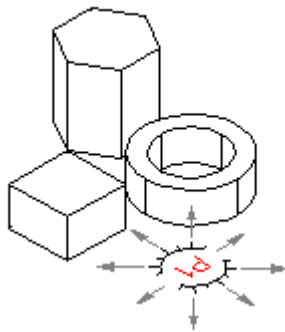
b) Renderizado con luz distante

Fig. 61

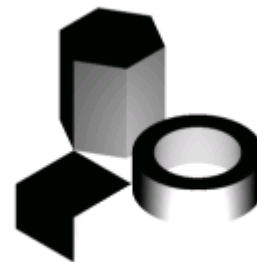
Las luces distantes son muy usadas para iluminar objetos uniformemente, o simular la luz solar. El renderizado fotorrealístico posee un calculador de ángulos de caída del sol a partir de en la hora del día y la posición geográfica.

5.6.4 – Luz puntual.

Una fuente de luz puntual (*point light*) es un punto que irradia luz en todas las direcciones a partir de su posición. La intensidad de la luz puntual disminuye con la distancia en correspondencia con su atenuación.



a) Luz puntual



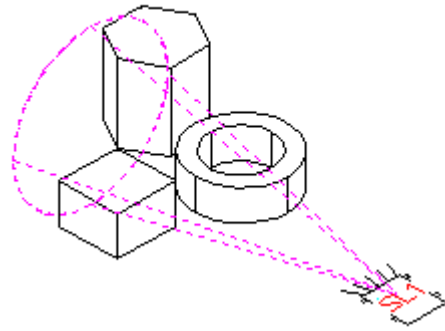
b) Renderizado con luz puntual

Fig. 62

La luz puntual es usada para simular luz proveniente de bombillos o lámparas. Es el tipo de luz que permite lograr mejores efectos de iluminación.

5.6.5 – Luz de proyección.

La luz de proyección (*spotlight*) es una fuente de iluminación que proyecta un cono de luz en una dirección determinada. Para las luces de proyección pueden regularse tanto la dirección como la amplitud del cono, además de la intensidad y la atenuación.



a) Luz de proyección.



b) Renderizado con luz de proyección.

Fig. 63

Cuando una luz de proyección incide sobre una superficie, el área de mayor iluminación está rodeada de otra de menor claridad. Los conos que definen estas áreas se denominan cono de alta iluminación (*hot spot cone*) y cono de zona apagada (*fall off cone*), respectivamente (Fig. 64). La zona incluida entre los dos conos se conoce como área de atenuación rápida (*rapid decay area*).

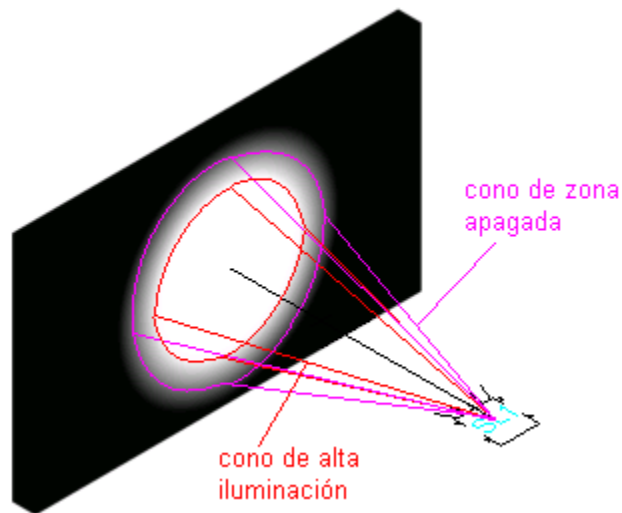


Fig. 64

Las luces de proyección son usadas para iluminar una zona específica del modelo, que se desee destacar.

5.6.6 – Adicionar y modificar luces.

A cada modelo o dibujo pueden adicionarle cualquier cantidad de luces, y pueden modificarse el color, la posición y la dirección de cada una de ellas. Para las luces puntuales y de proyección, además, puede modificarse la atenuación.

Para adicionar una nueva luz al dibujo y variar su intensidad y posición:

1. Teclear el comando *LIGHT*, o seleccionar la opción *Render > Light* del submenú *View*.
2. En el cuadro de diálogo de Luces (Lights), en el recuadro Luz Ambiental (Ambient Light), modificar el color y la intensidad de la misma. En la mayoría de los casos, un valor de intensidad entre 0 y 0,3 da resultados satisfactorios. Si se establecen valores mayores, se obtiene una imagen con un contraste muy pobre.
3. Seleccionar el tipo de luz que se desea añadir (puntual, distante o de proyección) y seleccionar Nueva (New). Inmediatamente AutoCAD coloca un bloque sin nombre al centro de la vista actual y abre el diálogo Nueva Luz (New Light).
4. En el diálogo Nueva Luz, establezca el nombre de la luz. El nombre debe ser único y no tener más de ocho caracteres.
5. Establecer la intensidad de la luz. Una intensidad igual a cero, apaga la luz. Las intensidades que aparecen por defecto están diseñadas para producir un efecto de iluminación razonable en el dibujo, por lo que es una buena práctica realizar una renderización de prueba antes de variar la intensidad de las luces. También debe establecerse el tipo de atenuación (ninguna, lineal o cuadrática).
6. Establecer, para las luces de proyección, los ángulos de los conos de alta iluminación y de zona apagada.
7. Para luces puntuales y de proyección, establezcer la posición adecuada.
8. Presionar Aceptar (OK). AutoCAD confirma la inserción de la nueva luz, colocando el nombre de la misma en el centro del bloque que la identifica.
9. Seleccionar Nueva para agregar otra luz, o Aceptar (OK) para terminar.

No importa establecer luces adicionales en un dibujo, siempre se pueden borrar, o apagar, dado a su intensidad valor cero.

Para asegurarse de que no habrá luces con nombres repetidos, no deben adicionarse luces a los bloques.

5.7 – Materiales.

5.7.1 – Los Materiales y sus Propiedades.

El uso de materiales es una de las técnicas que permite lograr una mayor ilusión de realidad en las representaciones fotorrealísticas. En realidad, para AutoCAD, los materiales no son más que una combinación de propiedades visuales.

Color.

Hay varias formas de componer un color cualquiera; quizás, la más común, es mediante la combinación de tres colores primarios: rojo, verde y azul, en determinadas proporciones. Este sistema recibe el nombre de RGB (por las siglas de los colores que lo forman, en inglés). Otro sistema es el llamado HLS, en el cual cada color se forma como combinación de determinados niveles de tonalidad (*hue*), luminosidad (*lightness*) y saturación (*saturation*).

A los efectos del renderizado, la apariencia de cada material está definido por tres colores: el color principal, que es el color que adoptan las partes del material iluminadas directamente; el color ambiente, que adoptan las partes del material que sólo están iluminadas por luz ambiental; y el color de reflexión, que determina el color de la luz que refleja el material.

Transparencia y Refracción.

Los valores de transparencia (*transparency*) de un material pueden variar entre 0 (completamente opaco) y 1 (completamente transparente). La aplicación de transparencias aumenta notablemente el tiempo de renderizado, por lo que debe usarse con moderación. En la Fig. 65, se muestran dos ejemplos de renderizados con valores diferentes de transparencia en uno de sus objetos.

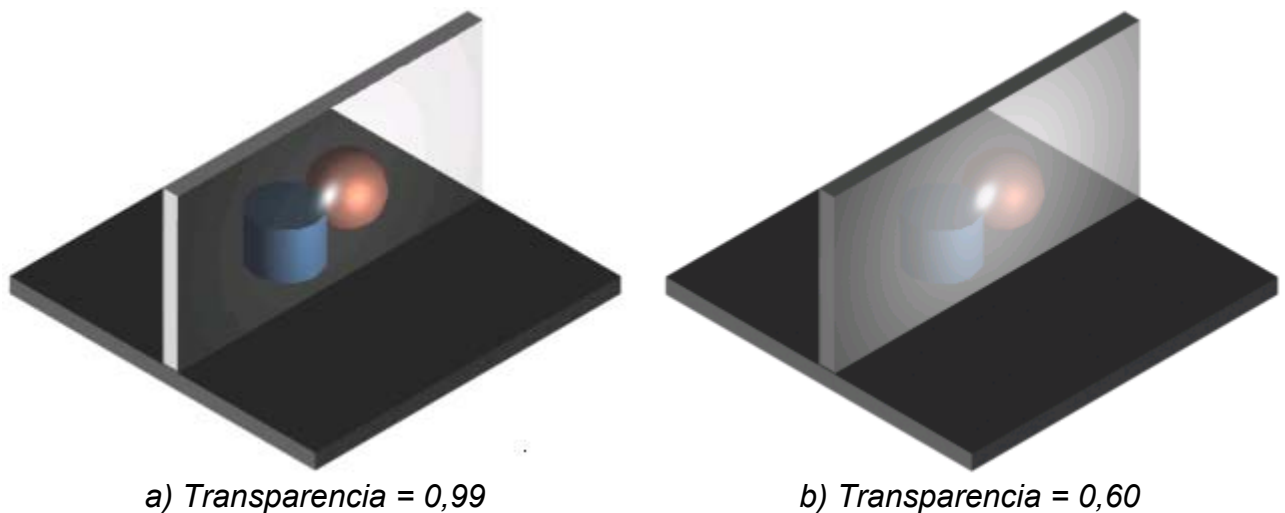
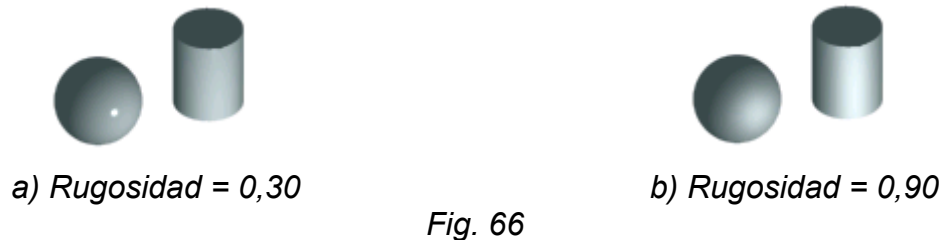


Fig. 65

También se puede modificar el índice de refracción (*refraction*), de modo que los cuerpos dejen pasar la luz a través de ellos, aunque no sean transparentes. Los efectos refractivos sólo se tienen en cuenta en los renderizados de Foto de Trazos de Rayos.

Rugosidad.

La rugosidad (*roughness*) de los materiales influye, sobre todo, en la forma en que se observan la luz reflejada en él. Sus valores pueden variar entre 0 (muy liso) y 1 (muy rugoso). En la Fig. 66 se muestran dos renderizados de modelos con rugosidades diferentes.



Mapeado.

Cuando la superficie de los objetos es más compleja que un simple color uniforme, se puede asignar una imagen a la misma. Esto se puede usar, por ejemplo, para superficies de metal con manchas de óxido. Las imágenes pueden ser de formato BMP, TIFF, GIF y JPEG.

Los tipos de renderizado Foto Real y Foto de Trazos de Rayos permiten aplicar cuatro tipos de mapeados diferentes:

- Mapeado de texturas (*color/pattern*): Define la imagen de la superficie de un objeto a partir del mapa de puntos.
- Mapeado de reflexión (*reflection*): Define la forma en que otros objetos se reflejan en el objeto en cuestión.
- Mapeado de transparencia (*transparency*): Define áreas de opacidad y transparencia en el cuerpo
- Mapeado de relieve (bump map): Define un efecto de relieve basándose en las diferencias de intensidad de los colores del mapa de puntos usado. Puede usarse para simular construcciones de ladrillos o metal afectado por picadura, por ejemplo.

Los diferentes tipos de mapeado pueden superponerse para dar lugar a combinaciones.

5.7.2 – Definición de Materiales.

Para definir un nuevo material:

1. Teclear el comando RMAT o seleccionar la opción *Render > Materials...* del submenú *View*.

2. En el cuadro de diálogo Materiales (*Materials*), seleccionar Nuevo (New). Hay tres clases de materiales: estándar (*standard*), granito (*granite*), mármol (*marble*) y madera (*wood*). Las propiedades de los mencionadas en el epígrafe anterior corresponden a los materiales estándar, las del resto difieren ligeramente.
3. En el cuadro de diálogo Nuevo Material (ver Fig. 67) se establecerán las propiedades del material.

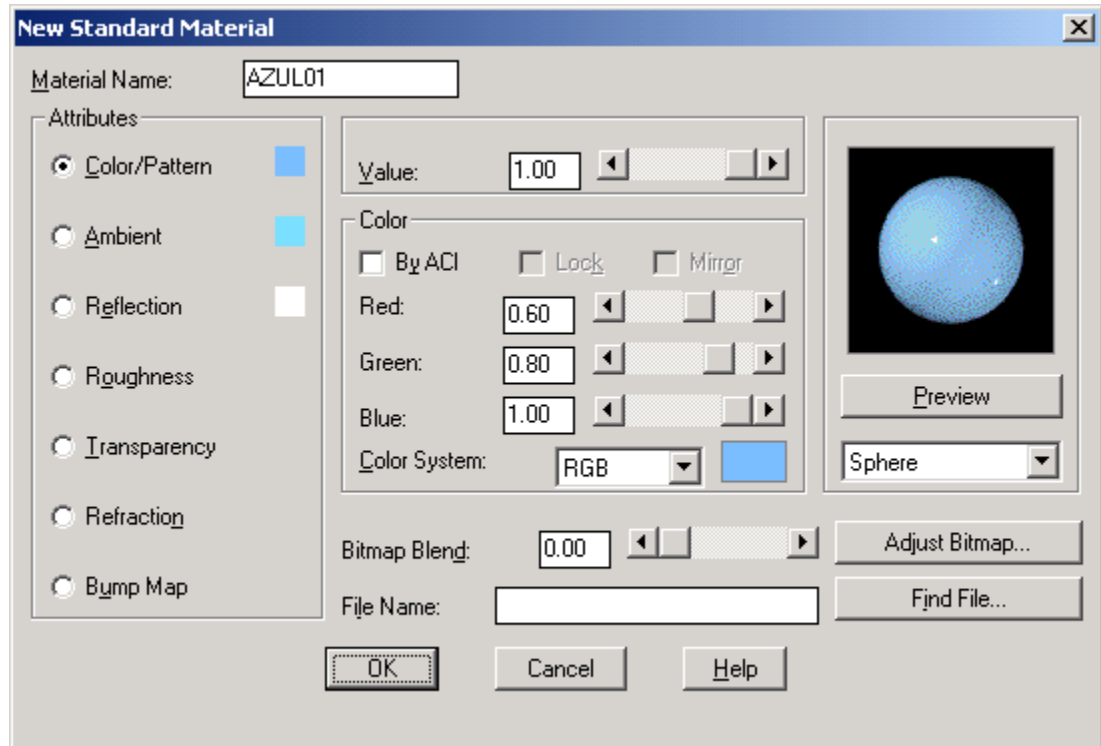


Fig. 67

4. Seleccionar Aceptar (OK) para volver al cuadro de diálogo Materiales.
5. Presionar el botón Vincular (Attach) y seleccionar todos los objetos que a los cuales se les aplicará el material. También la aplicación puede hacerse por capas, presionando el botón Por Capa... (*By Layer...*).
6. Presionar Aceptar (OK) para terminar.

5.7.3 – Bibliotecas de materiales

Para almacenar la información sobre materiales y sus propiedades, AutoCAD dispone de las bibliotecas de materiales.

Las bibliotecas de materiales se almacenan en archivos de extensión .MLI. AutoCAD cuenta con una biblioteca por defecto llamada RENDER.MLI que incluye materiales como cobre, latón, oro y plásticos de diferentes colores.

Para gestionar las bibliotecas se emplea el comando *MATLIB* o la opción *Render > Material Library* del submenú *View*, con lo cual se accede al cuadro de diálogo Biblioteca de Materiales (*Materials Library*).

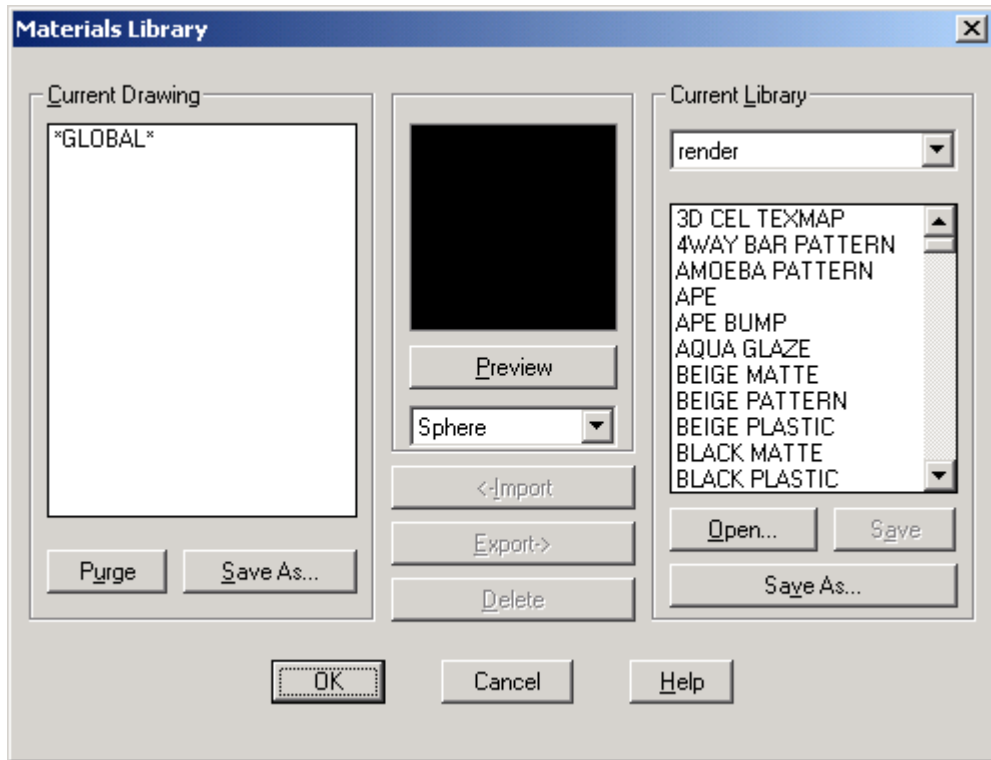


Fig. 68.

Entre las opciones que ofrece este cuadro de diálogo están las siguientes:

- Importar (*Import*): Permite agregar un material de la biblioteca a nuestro modelo.
- Exportar (*Export*): Permite agregar un material del modelo a la biblioteca abierta.
- Borrar (*Delete*): Permite eliminar los materiales seleccionados de cualquiera de las dos listas.
- Vista previa (*Preview*): Genera una vista preliminar del material seleccionado de la biblioteca.
- Abrir (*Open*): Abre una biblioteca desde su archivo correspondiente.
- Guardar como... (*Save as...*): Guarda la biblioteca abierta con un nombre diferente.

En general, la compatibilidad de las bibliotecas de materiales de AutoCAD con las de 3dStudio es amplia, aunque existen algunos aspectos que se deben tener en cuenta y que pueden consultarse en la ayuda AutoCAD.

6. – Generación de vistas a partir de modelos sólidos.

6.1 – Espacios de trabajo.

AutoCAD cuenta con dos espacios de trabajo básicos: el espacio de modelo (*model space*) y el espacio de papel (*paper space*). El espacio de modelo es el espacio tridimensional donde son ubicados los modelos geométricos. Los modelos son diseñados utilizando la pestaña de modelo (*model tab*) (Fig. 69)..

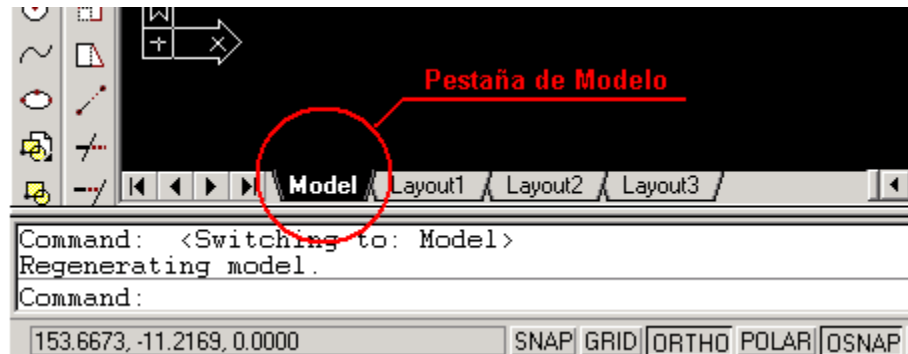


Fig. 69

El espacio de papel es usado para crear un plano acabado para imprimir o plotear. Las vistas del modelo de papel se diseñan usando una de las pestañas de planos (*layout tabs*) (Fig. 70).

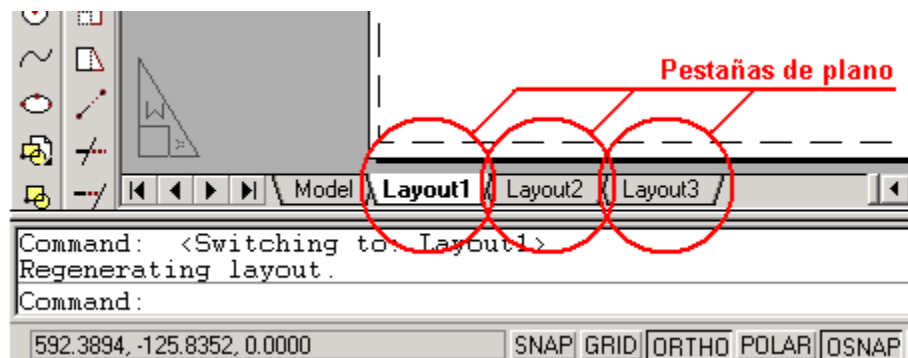


Fig. 70

En cada dibujo de AutoCAD pueden existir tantas pestañas de plano como sean necesarias. Para crear una nueva pestaña de plano se debe hacer clic derecho sobre la barra de pestañas (cualquiera de las pestañas de modelo o plano) y seleccionar la opción Nuevo Plano (*New Layout*).

El espacio de modelo es accesible mediante la pestaña de modelo o mediante las vistas flotantes (*floating viewports*) en la pestañas de papel activa. La mayor parte del tiempo dedicado al desarrollo de un dibujo se emplea en el espacio de modelo. La

pestaña de modelo puede dividirse, si se desea, en varias vistas (*viewports*) dispuestas en forma de mosaico, para facilitar el trabajo. Aunque los modelos de papel están creados especialmente para imprimir o plotear, también puede hacerse desde el espacio de modelo.

Cuando se está listo para configurar el dibujo con vistas a la impresión, es muy recomendable usar una pestaña de papel. Cada pestaña de papel provee un ambiente donde pueden crearse vistas y especificar una configuración de página.

6.2 – Obtención de vistas por el UCS.

AutoCAD permite obtener, cómodamente, las vistas y secciones a partir de un sólido, y situarlas en vistas flotantes sobre uno de las pestañas de papel.

La forma más cómoda de obtener las vistas es comenzar por la superior y a partir de ella obtener el resto; pero no necesariamente tiene que ser así (como casi siempre ocurre, el método más fácil es aquel que uno domina mejor).

Para obtener la vista superior empleamos el comando *SOLVIEW* o seleccionamos la opción *Solids > Setup > View* del submenú *Draw* del menú estándar de AutoCAD. Este comando nos ofrece una serie de opciones [*Ucs/Ortho/Auxiliary/Section*]. Para obtener la vista superior utilizamos la opción *Ucs*, que nos permite determinar la proyección del cuerpo sobre el plano XY de uno de los sistemas de coordenadas definidos por el usuario. A su vez, esta opción ofrece cuatro opciones [*Named/World/?/Current*] la primera (*Named*) permite definir el Ucs según su nombre; la segunda (*World*), permite relizar la proyección con referencia al sistema de coordenadas universal (*WCS*); la tercera (?) ofrece una lista de todos los UCS definidos en el dibujo; y la cuarta (*Current*) realiza la proyección sobre el UCS activo.

En la figura 71 se muestra se muestra un sólido es su espacio de modelo. Téngase en cuenta la orientación del sistema de coordenadas según lo muestran el ícono del UCS.

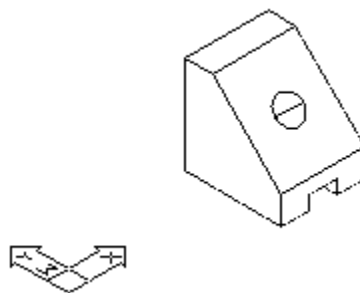


Fig. 71

Luego de seleccionar una de las opciones, AutoCAD solicitará la escala de la vista (*Enter view scale <1>*). Después pedirá el punto central de la vista (*Specify view center*); para ello se hará clic sobre el espacio de papel. Se pueden hacer varios intentos hasta lograr una disposición adecuada de la vista, y después de establecida la

posición correcta, dar retorno (*ENTER*). Seguidamente, hay que señalar una esquina de los límites de la vista (*Specify first corner of viewport*) y, después, la esquina (*Specify opposite corner of viewport*). El último paso es especificar el nombre de la vista (*Enter view name*) (ver Fig. 72).

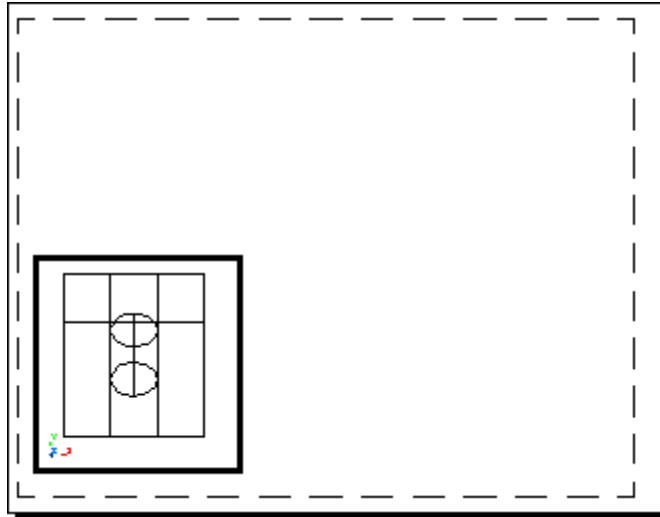


Fig. 72

6.3 – Obtención de vistas ortogonales.

La forma de realizar las otras vistas es algo diferente, ya que se obtienen mediante proyecciones ortogonales con respecto a la anterior. Una vez tecleado el comando SOLVIEW, se selecciona la opción *Ortho*. Ante el requerimiento de seleccionar un lado de la vista para proyectar (*Specify side of viewport to project*) se especifica un punto desde en cual se realizará la proyección ortogonal correspondiente.

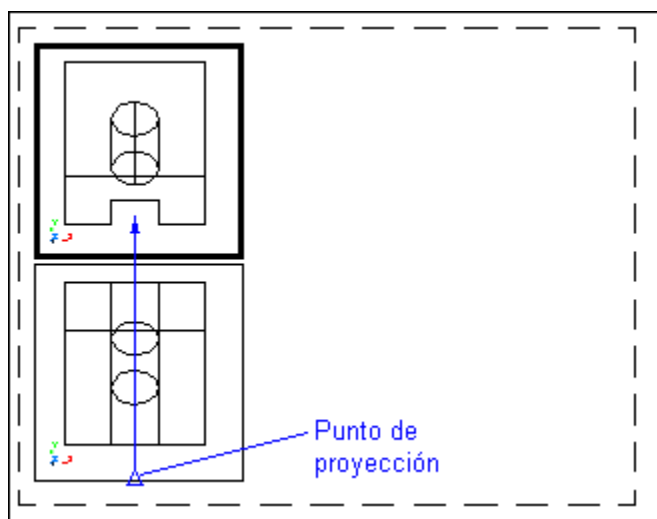


Fig. 73

Si se quiere obtener la vista frontal, se debe seleccionar el punto medio de la línea inferior de la vista superior (ver Fig. 73). Luego, se especifica la escala, el centro de la vista, sus límites y un nombre para la misma, igual que para la superior.

6.4 – Obtención de cortes.

Para la obtención de cortes, se utiliza la opción *Section*, del comando *SOLVIEW*. En la misma se requiere especificar dos puntos que definan el plano de corte por el cual se obtendrá la sección (*Specify first point of cutting plane* y *Specify second point of cutting plane*), y otro punto que establezca el lado de proyección. Al igual que en las anteriores, hay que especificar la escala, el centro de la vista, sus límites y un nombre para ella.

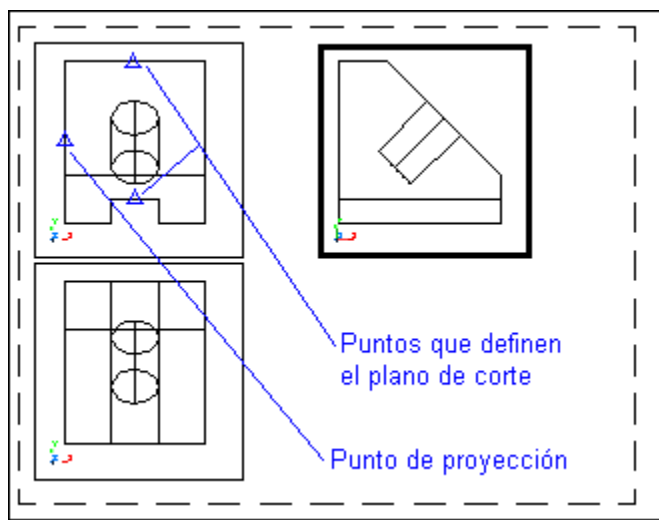
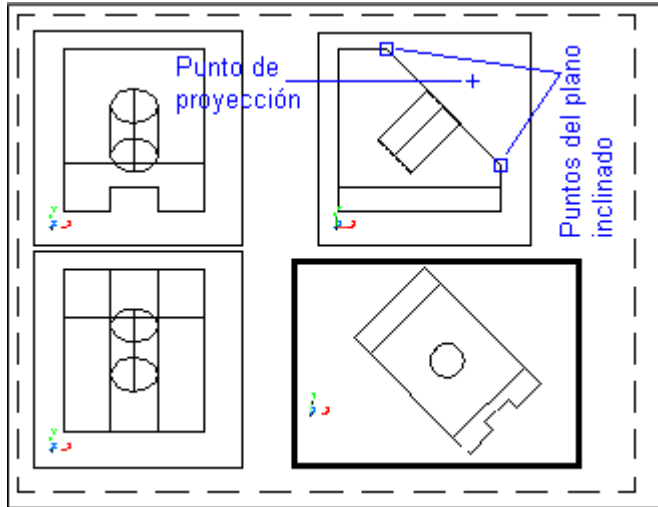


Fig. 74

6.5 – Obtención de vistas auxiliares.

Las vistas auxiliares se emplean, fundamentalmente, para mostrar la verdadera magnitud de superficies inclinadas con respecto a los ejes de coordenadas, en aras de acotar o destacar detalles en las mismas.

Para la obtención de vistas auxiliares, se emplea la opción *Auxiliary* del comando *SOLVIEW*. En ella hay que especificar dos puntos que definan el plano inclinado de proyección (*Specify first point of inclined plane* y *Specify second point of inclined plane*), y un tercer punto que establezca el lado desde el cual se hará la proyección (*Specify side to view from*). Por último, establecemos el centro de la vista, sus límites y su nombre.



NOTA: En la Figura, la vista auxiliar está representada en una escala de reducción, con vistas a que quepa cómodamente en el área de trabajo.

Fig. 75

6.6 – Dibujo de las vistas generadas.

Una vez generadas las vistas, hay que proceder a “dibujarlas”, o sea, a establecer capas (*layers*) diferentes para cada tipo de línea, realizar el rayado de las áreas que corresponda, etcétera. Afortunadamente, AutoCAD hace la mayor parte de ese trabajo de forma automática. EL dibujo de vistas se lleva a cabo mediante el comando **SOLDRAW**.

Antes de dibujar las vistas, es necesario establecer las condiciones o preferencias de rayado. Esto se hace mediante las variables de entorno **HPNAME**, **HPSCALE** y **HPANG**, que controlan el nombre del patrón de rayado, su escala, y el ángulo que forman las rayas con la horizontal. Para el rayado más comúnmente se usa en los dibujos, se pueden tomar como valores adecuados **HPNAME = LINE**, **HPSCALE = 0.7** y **HPANG = 45**.

Después de establecidos los valores anteriores podemos ejecutar el comando **SOLDRAW**. Se pedirá que se seleccione las vistas o los objetos que se desea dibujar. Aparte del rayado, la acción fundamental que el comando **SOLDRAW** realiza es asignar a cada vista tres capas: una para las líneas visibles, otra para las ocultas y una tercera para las cotas. Estas capas se nombrarán **X-VIS**, **X-HID** y **X-DIM** respectivamente (X es el nombre de vista respectiva). En las secciones, se agrega una capa más, que se denomina **X-HAT** y que contiene los rayados.

Luego de que AutoCAD haya terminado el dibujo de cada vista, se deberán establecer las propiedades correspondientes (color, tipo de línea, grueso de línea, etc.) de cada una de las capas. En la Figura 76 se muestran las vistas anteriores con colores y tipos de líneas asignados a sus capas.

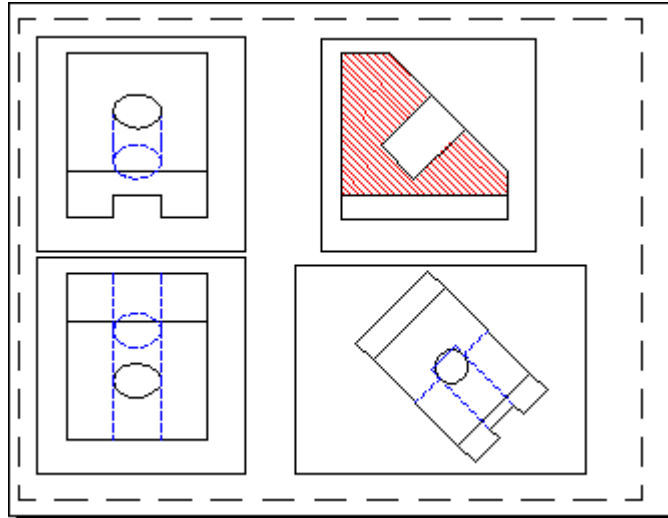


Fig. 76

Después de obtenidas las vistas de esta forma, sólo resta incluir las cotas, cajetines y otras indicaciones en cada una de las vistas flotantes.

ANEXO: Ejemplo de modelación y renderizado de una pieza.

Primera Parte: Generación del Sólido.

1 – Creación de la base.

La base se obtendrá mediante la intersección de los sólidos correspondientes a sus vistas frontal y superior. Primeramente, crearemos el sólido correspondiente a la vista superior.

Para dibujar el perfil de la base, primeramente se crean las entidades básicas que los forman, para lo cual se construye una línea auxiliar horizontal de 50 mm de longitud. Luego, en cada extremo se dibuja un círculo de radio 5 mm. En el punto medio de la línea se dibuja otro círculo de 15 mm de radio. Por último, se trazan cuatro líneas tangentes a los círculos como muestra la figura.

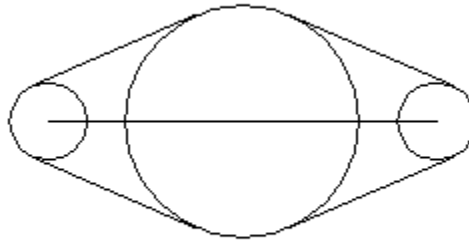


Fig. A-1

Una vez construidas estas entidades, se procede a cortar (comando *TRIM*) los pedazos sobrantes de los círculos; para ello como objetos de corte debemos usar las líneas tangentes. También borramos la línea auxiliar.

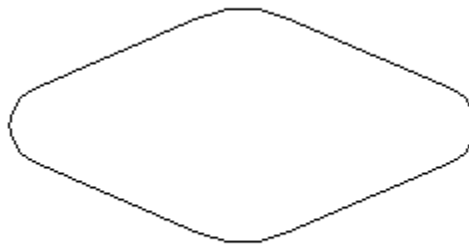


Fig. A-2

El siguiente paso, consiste en convertir el conjunto de arcos y líneas que resultaron de la operación anterior, en una polilínea. Utilizamos, para ello, el comando *PEDIT*, seleccionando, seguidamente, una de las líneas. A la pregunta *El objeto seleccionado no es una polilínea. ¿Desea convertirlo en una?* (*Object selected is not a polyline. Do you want to turn it into one?*), responda que sí. Luego, seleccione la opción *Juntar* (*Join*) y seleccione todos los arcos y las líneas. Damos retorno nuevamente para finalizar el comando.

Por ultimo, realizamos una extrusión de nuestro perfil. Primero, cambiamos el punto de vista y el modo de visualización, para hacer más cómodo el trabajo. Seleccionamos la opción *3D Views > NE Isometric* del submenú *View* para obtener una vista isométrica de nuestro modelo. Luego, ejecutamos la opción *Shade > 3D Wireframe* del submenú *View*, con lo cual se pasa al modo de visualización de modelo de alambre tridimensional.



Fig. A-3

El último paso para obtener el sólido correspondiente a la vista superior es realizar la extrusión. Para ello tecleamos el comando *EXTRUDE* y seleccionamos el perfil. Especificamos una altura de extrusión igual a 20 mm y un ángulo de inclinación de 0° .

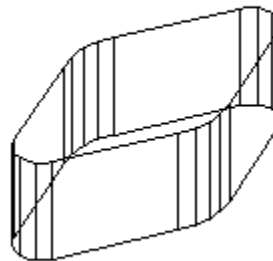
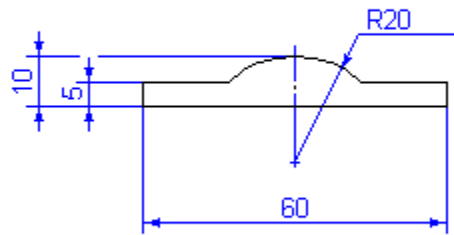


Fig. A-4

Para crear el sólido correspondiente a la vista lateral, volvemos al punto de vista anterior (opción *3D Views > Top* del submenú *View*).

Para crear el perfil del sólido correspondiente a la vista frontal, se puede usar una polilínea o construirlo con arcos y líneas y luego convertir a polilínea, como en el sólido anterior.



Nota: Las dimensiones y ejes (en color azul) no hay que realizarlos; sólo se muestran como orientación.

Fig. A-5

Una vez creado el perfil, volvemos al punto de vista isométrico (*NE Isometric*), y realizamos una extrusión del perfil, especificando una altura de 40 mm y un ángulo de inclinación de 0°.

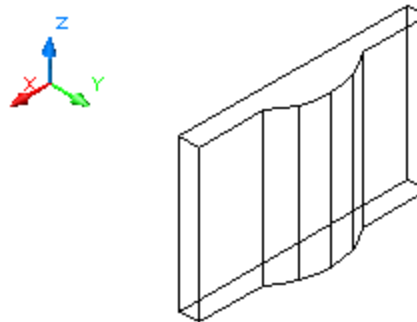


Fig. A-6

Para colocar el nuevo sólido generado en la posición correcta, la aplicamos una rotación utilizando como eje una de las aristas laterales (ver Fig. A-7a). La rotación la realizamos mediante el comando *ROTATE3D*; seleccionamos el objeto y, a continuación los dos puntos extremos del eje de rotación (ver Fig. A-7a). Como ángulo de rotación establecemos 90°. El resultado de la rotación se muestra en la Fig. A-7b.

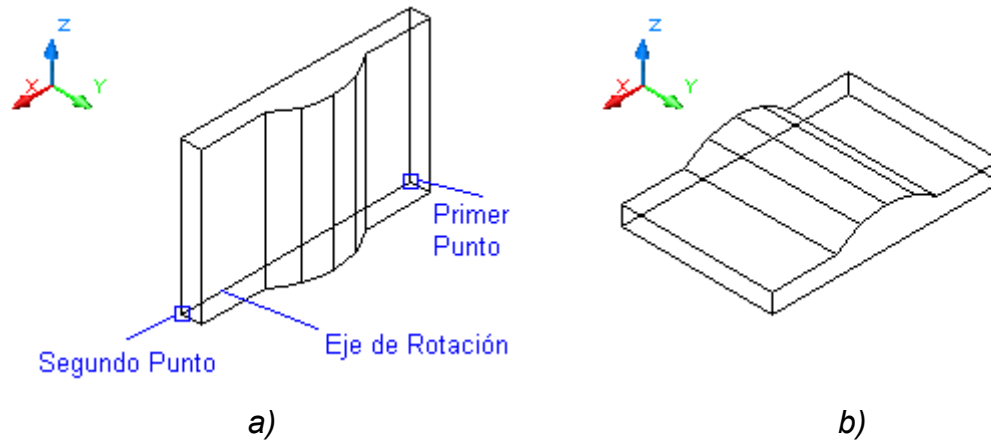


Fig. A-7

El siguiente paso es realizar la intersección de ambos sólidos. El primer paso es colocarlos en la posición correcta, para ello, trazamos una línea auxiliar entre los extremos del segundo sólido.

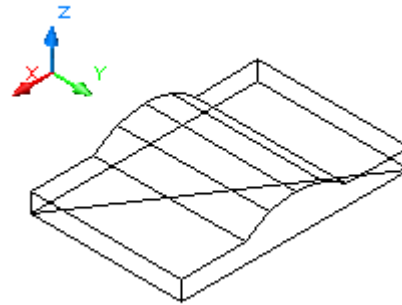


Fig. A-8

Ahora, movemos el sólido utilizando como referencia el punto medio (middle point) de la línea auxiliar y colocándolo en el punto central de la circunferencia del otro sólido.

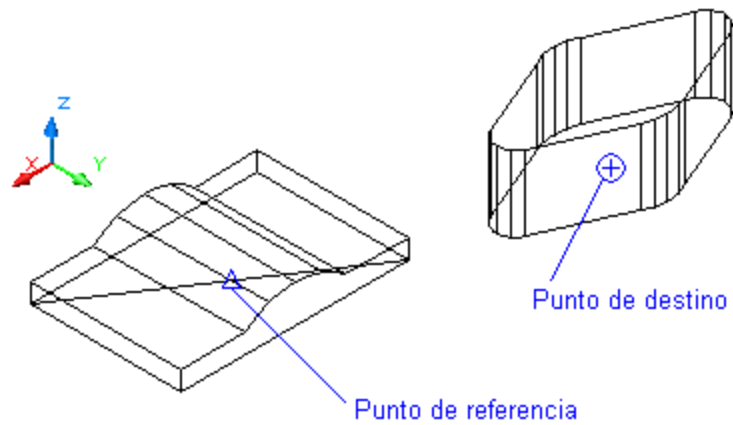


Fig. A-9

Luego de mover el sólido, se borra la línea auxiliar. El resultado se muestra en la Fig. A-10.

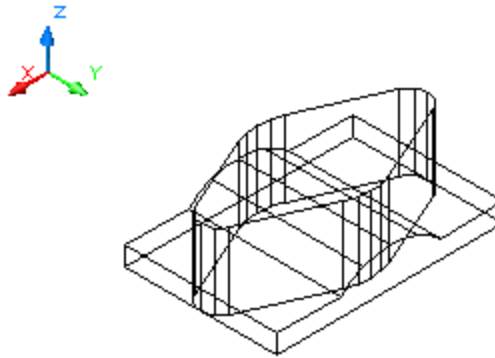


Fig. A-10

Ahora podemos pasar a intersectar ambos sólidos. Ejecutamos el comando *INTERSECT*, luego seleccionamos el sólido correspondiente a la vista superior y luego a la frontal. Por último, damos retorno para terminar el comando.

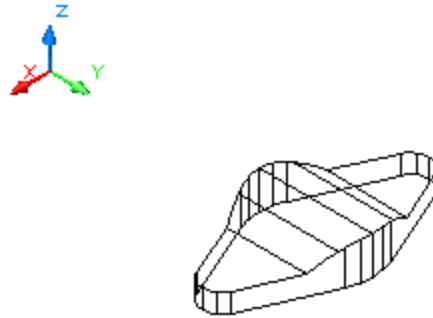


Fig. A-11

2. – Creación del cilindro.

Para generar el cilindro, crearemos el perfil de su sección transversal (sólo la mitad) y luego le aplicaremos una revolución (barrido) alrededor de su eje.

Volvemos al plano superior. En ella dibujamos el perfil mediante una polilínea tal y como muestra la Fig. A-12. También trazamos una línea vertical, separada a 5 mm de la figura, para que sirva de eje de rotación.

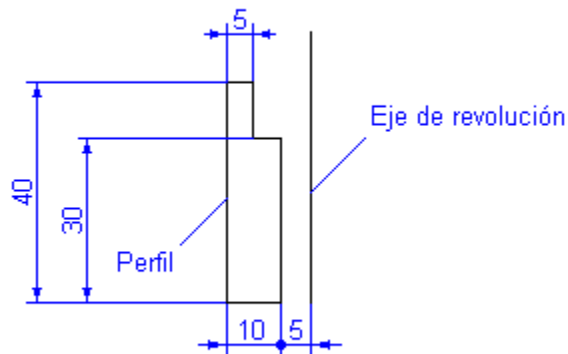


Fig. A-12

Después, volvemos al punto de vista isométrico. En el aplicamos una revolución a nuestro perfil (comando *REVOLVE*). Como objeto a revolucionar, seleccionamos el perfil; también seleccionamos los puntos extremos de la línea auxiliar como puntos que definen el eje de rotación (ver Fig. A-13). Por último, indicamos los grados que serán barridos como 360°.

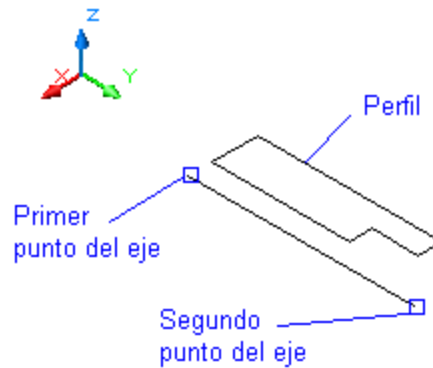


Fig. A-13

Después de completada la revolución, se borra la línea auxiliar. El resultado se muestra en la Fig. A-14.

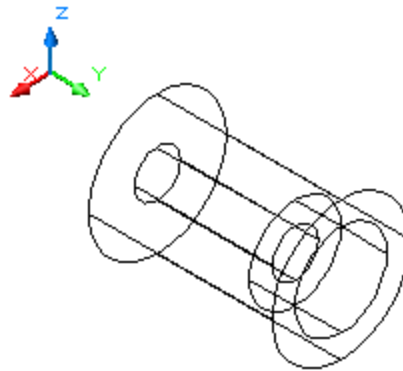


Fig. A-14

Ahora, procedemos a rotar el cilindro hasta la posición vertical. Para ello ejecutamos el comando *ROTATE3D*; luego seleccionamos el cilindro. Como punto inicial del eje de rotación, seleccionamos el centro (*center point*) de la circunferencia de la base; el segundo punto lo especificamos en coordenadas relativas al primero de la forma @10,0,0. Esto representará un eje paralelo al eje de las X. Por último, especificamos un ángulo de rotación de 90°.

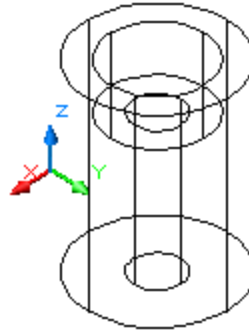


Fig. A-15

Finalmente, debemos realizar una unión entre el sólido obtenido anteriormente y el cilindro generado ahora. Para ello movemos el cilindro de modo que en punto central de la circunferencia de la base coincida con el centro de la base del otro sólido.

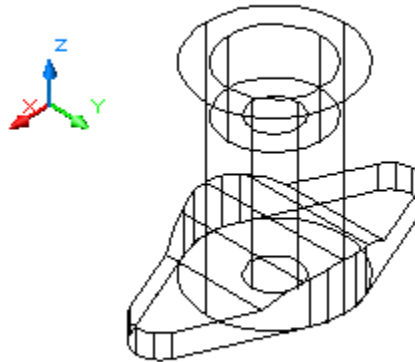


Fig. A-16

Ahora aplicamos una unión a ambos sólidos (comando *UNION*).

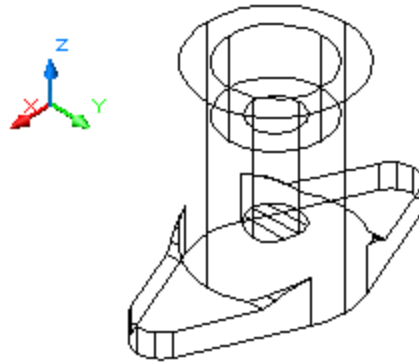


Fig. A-17

3. – *Agujeros laterales.*

Para realizar los agujeros laterales, crearemos dos cilindros de diámetro 5 mm y altura 10 mm, y luego los sustraeremos del sólido principal.

Los cilindros serán creados en los centros de los arcos de los extremos.

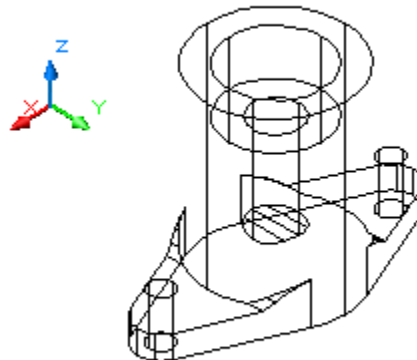


Fig. A-18

Una vez creados los cilindros, procedemos a sustraerlos del cuerpo principal. Para ello, ejecutamos el comando *SUBTRACT*; a la indicación *Seleccione los sólidos y las regiones para sustraer de ellos (Select solids and regions to subtract from)*, seleccionamos el cuerpo principal. Luego, ante la indicación *Seleccione los sólidos y las regiones para sustraer (Select solids and regions to subtract)*, seleccione ambos cilindros. Presione retorno para terminar el comando.

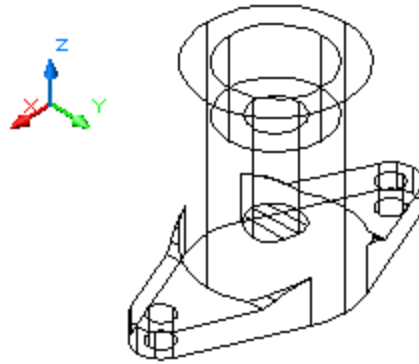


Fig. A-19

Con esto termina la creación del sólido. Para tener una visión más cómoda del mismo, pasamos al modo de visualización de sombreado suave (*Gouraud Shaded*), seleccionamos la opción *Shade > Gouraud Shaded* del submenú *View*. En la Fig. A-20 se muestra la visualización final del sólido.

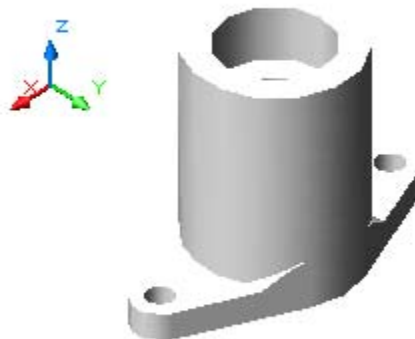


Fig. A-20

Segunda Parte: Renderizado.

1. Definición y aplicación del material.

Para el cuerpo generado, definiremos un material completamente nuevo. Para acceder a la ventana de Materiales tecleamos el comando *RMAT*. Luego oprimimos el botón Nuevo (*New*), teniendo cuidado de que en el cuadro combinado que aparece debajo esté seleccionado el tipo de material Estándar (*Standard*); esta acción abrirá la ventana Nuevo Material Estándar (*New Standard Material*).

En la ventana abierta, se establecerán las propiedades del material. En la casilla Nombre del Material (*Material Name*) escribimos *STEEL* (ACERO).

Luego procedemos a cambiar los colores del material. Para variar el color principal (*color/pattern*) marcamos el botón de opción correspondiente, y en el marco de la derecha, movemos la barra de desplazamiento hasta que el valor (*value*) se establezca en 0,70 (ver Fig. A-21).

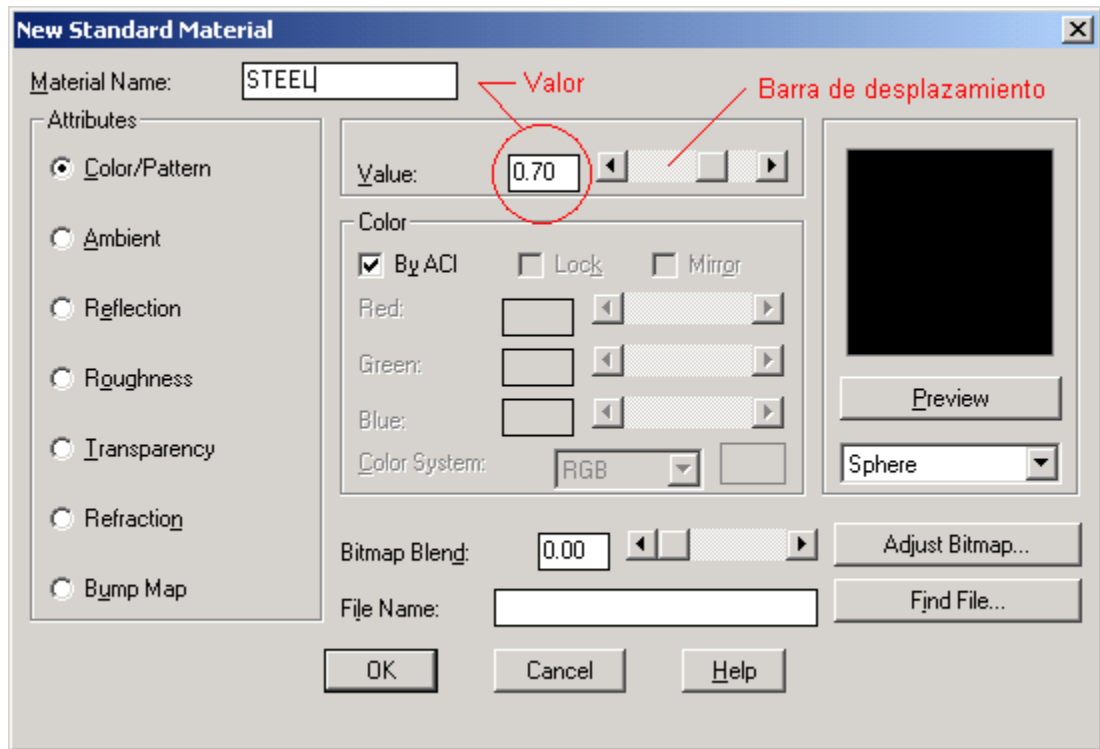


Fig. A-22

Luego, establecemos los colores primarios que formarán el color principal. Primeramente, dechequemos la casilla Según ACI (*By ACI*), para que se activen las barras de desplazamiento. Luego, establecemos los valores de 0,84; 0,89 y 1,00 para los colores rojo (red), verde (green) y azul (blue) respectivamente (ver Fig. A-22).

De igual modo procedemos con el color ambiente (*ambient*) haciendo la salvedad que hay que dechequear también la casilla bloqueado (*lock*), de lo contrario AutoCAD tomará como color ambiente el mismo color principal. La combinación de colores primarios que formarán el color ambiente será rojo 0,65; verde 0,90 y azul 1,00. EL valor se establecerá en 0,10.

El último color que hay que establecer es el de reflexión (*reflection*). Se procede de la misma manera que en el caso anterior. Los valores de colores primarios serán todos iguales a 1 (lo que corresponde al color blanco). El valor de intensidad (*value*) se fija en 0,20.

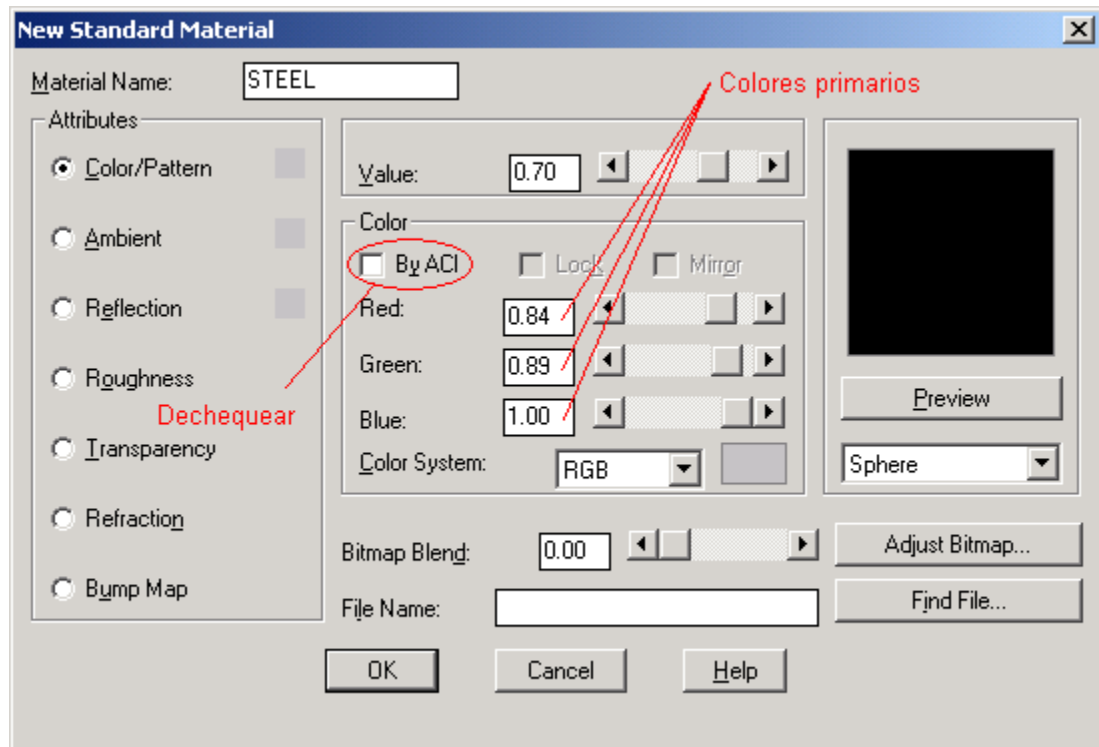


Fig. A-22

Por último, establecemos los valores de las propiedades restantes. La rugosidad (*roughness*) la fijamos en 0,30; la transparencia (*transparency*) en 0 y la refracción (*refraction*) en 1.

Finalmente, podemos dar una vista previa (*preview*) para observar el aspecto que tendrá nuestro material (ver Fig. A-23).

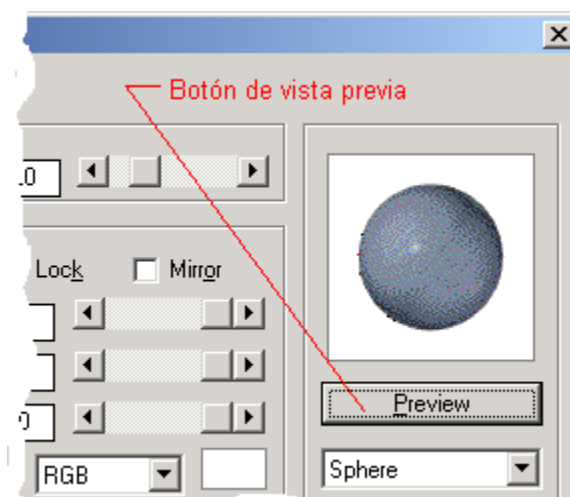


Fig. A-23

Finalmente, oprimimos el botón Aceptar (*OK*) para agregar nuestro nuevo material a la lista, y volver a la ventana Materiales.

Una vez de regreso en la ventana Materiales, sólo nos resta adjuntar el material definido a nuestro sólido; para esto oprimimos el botón Adjuntar (*Attach*) con lo que retornamos de nuevo al área de trabajo de AutoCAD, en la cual seleccionamos nuestro sólido; después damos RETORNO (*ENTER*) para volver a la ventana Materiales.

Para terminar, apretamos el botón Aceptar (*OK*).

2. Luces.

Para iluminar la escena, estableceremos una luz puntual. La posición de la luz la fijaremos mediante una recta auxiliar.

La recta tendrá su origen en el centro inferior del agujero izquierdo, y finalizará desplazado 50 unidades en los ejes Y y Z (ver Fig. A-24).

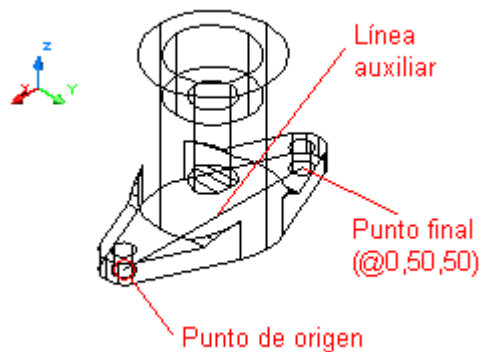


Fig. A-24

Para crear la luz se tecldea el comando *LIGHT* que muestra la Ventana de Luces. En esta ventana se hará clic sobre el botón Nuevo (*New*), asegurándose que el cuadro combinado de su derecha esté especificado Luz Puntual (*Point Light*), con lo cual aparece la ventana Nueva Luz Puntual (*New Point Light*).

Establecemos como nombre de la luz PL1. Fijamos una intensidad de 100 y mantenemos como color el blanco. Para fijar la posición, oprimimos el botón Modificar (*Modify*) del recuadro Posición (*Position*), seleccionamos, en el área de trabajo de AutoCAD, el punto final de la línea auxiliar trazada.

Mantenemos la opción de Sombra (*Shadow*) desactivada. Aunque esto resta realismo al renderizado, permite, en nuestro caso, observar los detalles interiores.

Para terminar oprimimos Aceptar (*OK*), y luego, de regreso a la ventana de luces, volvemos a oprimir Aceptar.

3. Renderizado.

El primer paso para lograr un buen renderizado es establecer un valor alto para la variable *FACETRES*, de modo que la apariencia de las circunferencias sea buena. En nuestro caso, como el sólido no es muy complejo, podemos establecer el valor más alto (10). Tecleamos *FACETRES* y damos retorno. Ante la respuesta Entre un valor nuevo para *FACETRES* (*Enter new value for FACETRES*), se tecléa 10.

Después, ejecutamos el comando *RENDER*, con lo cual se abre la ventana Preferencias del Renderizado. Como tipo de renderizado establecemos Foto de Trazos de Rayos (*Photo Raytrace*). En las Opciones de Renderizado (*Render Options*) se debe chequear Sombreado Suave (*Smooth Shade*) y Aplicar Materiales (*Apply Materials*). También, mediante el botón Opciones Adicionales (*More Options*), establecemos la propiedad *Anti-Aliasing* en su valor Alto (*High*).

También modificamos el fondo, apretando el botón correspondiente (*Background*). En el cuadro de diálogo que se muestra, mantenemos el tipo de color Sólido (*Solid*), pero deschequeamos la opción Fondo de AutoCAD (*AutoCAD Background*). Luego, fijamos el color de fondo en blanco mediante la combinación de colores primarios donde todos tienen valor de 1. Para aceptar los cambios y cerrar la ventana damos *OK*.

Una vez establecidas todas las propiedades, hacemos clic sobre el botón aceptar (*OK*), con lo que se comenzará a ejecutar el renderizado.

El proceso de renderizado de nuestro modelo, debe tardar menos de un minuto, pero puede consumir más o menos tiempo, en dependencia de las características técnicas de la PC utilizada.

El resultado del renderizado se muestra en la Fig. A-25.



Fig. A-25

Bibliografía.

- [1] OMURA, G., La Biblia del AutoCAD 2000. Editorial Anaya Multimedia S.A., Madrid 1999. 959 pp.
- [2] SABATER, I., Guía de AutoCAD 2000. (*Formato digital*).
- [3] AUTODESK, AutoCAD User's Guide. (*Formato digital*).

Índice.

Prefacio	1
1. – Sistemas de coordenadas en 3D	2
1.1 – Generalidades.....	2
1.2 – Regla de la mano derecha.....	2
1.3 – Coordenadas rectangulares.....	3
1.4 – Filtros para puntos XYZ.....	3
1.5 – Coordenadas cilíndricas.....	4
1.6 – Coordenadas esféricas.....	4
2. – Sistemas de coordenadas definidos por el usuario (UCS)	5
2.1 – Introducción.....	5
2.2 – Ícono del UCS.....	5
2.3 – Manejo de los UCS's.....	6
2.4 – Vistas y UCS's.....	7
3. – Creación de objetos en 3D	8
3.1 – Introducción.....	8
3.2 – Modos de visualización.....	8
3.3 – Creación de modelos de alambre.....	10
3.4 – Creación de modelos de mallas.....	11
3.4.1 – <i>Características generales del mallado</i>	11
3.4.2 – <i>Construcción de objetos predefinidos</i>	12
3.4.3 – <i>Mallas rectangulares</i>	13
3.4.4 – <i>Mallas poligonales</i>	14
3.4.5 – <i>Mallas regladas</i>	14
3.4.6 – <i>Superficies tabuladas (extrusión)</i>	15
3.4.6 – <i>Superficies generadas por revolución</i>	16
3.4.7 – <i>Superficies definidas por lados</i>	16
3.4.8 – <i>Elevación y grosor</i>	17
3.5 – Sólidos.....	18
3.5.1 – <i>Introducción</i>	18
3.5.2 – <i>Formas elementales</i>	19
3.5.3 – <i>Creación de sólidos por extrusión</i>	20
3.5.4 – <i>Creación de sólidos por revolución</i>	21
3.5.5 – <i>Combinación de sólidos</i>	22
4. – Edición de objetos en 3D	24
4.1 – Rotación en 3D.....	24
4.2 – Arreglos de objetos en 3D.....	25
4.3 – Reflexión en 3D.....	26
4.4 – Biselado de aristas.....	26
4.5 – Redondeado de aristas.....	27
4.6 – Obtención de secciones a partir de sólidos.....	27

4.7 – Corte de sólidos.....	28
4.8 – Edición de caras.....	29
4.8.1 – <i>Extrusión de caras</i>	29
4.8.2 – <i>Movimiento de caras</i>	30
4.8.3 – <i>Rotación de caras</i>	31
4.8.5 – <i>Desfaje de caras</i>	32
4.8.5 – <i>Inclinación de caras</i>	32
4.8.6 – <i>Borrado de caras</i>	33
4.8.7 – <i>Copiado de caras</i>	34
4.8.8 – <i>Cambio del color de una cara</i>	35
4.9 – Edición de aristas.....	35
4.9.1 – <i>Copiado de aristas</i>	35
4.9.2 – <i>Cambio del color de una arista</i>	36
4.10 – Estampado de sólidos.....	36
4.11 – Separación de sólidos.....	37
4.12 – Vaciado de sólidos.....	37
4.13 – Limpieza de sólidos.....	38
4.14 – Chequeo de sólidos.....	38
5. – Renderizado.....	39
5.1 – Introducción.....	39
5.2 – Preparación del modelo para el renderizado.....	40
5.2.1 – <i>Eliminación de las caras traseras</i>	40
5.2.2 – <i>Consistencia de las entidades dibujadas</i>	41
5.2.3 – <i>Construcción de mallas para renderizado suave</i>	41
5.2.4 – <i>Control de la resolución y la exactitud del display</i>	41
5.3 – Configuración del renderizado para diferentes pantallas.....	42
5.3.1 – <i>Resolución de pantalla</i>	42
5.3.2 – <i>Anti-aliasing</i>	42
5.3.3 – <i>Calidad del color</i>	43
5.4 – Cargando, parando y descargando el Renderizador de AutoCAD.....	43
5.5 – Establecimiento de las condiciones del renderizado.....	43
5.5.1 – <i>Cuadro de diálogo “Preferencias de Renderizado”</i>	43
5.5.2 – <i>Tipos de renderizado</i>	44
5.5.3 – <i>Procedimiento de renderizado</i>	44
5.5.4 – <i>Ángulo de suavizado</i>	45
5.5.5 – <i>Opciones del renderizado</i>	45
5.5.6 – <i>Destino del Renderizado</i>	46
5.5.7 – <i>Color de fondo</i>	46
5.5.8 – <i>Indicación de niebla/profundidad</i>	47
5.5 – Luces.....	48
5.6.1 – <i>Generalidades</i>	48
5.6.2 – <i>Luz ambiente</i>	48
5.6.3 – <i>Luz distante</i>	48
5.6.4 – <i>Luz puntual</i>	49
5.6.5 – <i>Luz de proyección</i>	50

5.6.6 – <i>Adicionar y modificar luces</i>	51
5.7 – <i>Materiales</i>	51
5.7.1 – <i>Los Materiales y sus Propiedades</i>	51
5.7.2 – <i>Definición de Materiales</i>	53
5.7.3 – <i>Bibliotecas de materiales</i>	54
6. – Generación de vistas a partir de modelos sólidos	56
6.1 – <i>Espacios de trabajo</i>	56
6.2 – <i>Obtención de vistas por el UCS</i>	57
6.3 – <i>Obtención de vistas ortogonales</i>	58
6.4 – <i>Obtención de cortes</i>	59
6.5 – <i>Obtención de vistas auxiliares</i>	59
6.6 – <i>Dibujo de las vistas generadas</i>	60
ANEXO: Ejemplo de modelación y renderizado de una pieza	62
Primera Parte: <i>Generación del Sólido</i>	62
Segunda Parte: <i>Renderizado</i>	71
Bibliografía	76