Tutorial 2. Modelado con operaciones booleanas.

Desarrollo del tutorial: paso 1 de 12

01 Introducción

En este ejercicio aprenderemos a combinar elementos sencillos (como las primitivas básicas) mediante operaciones booleanas para conseguir formas más complejas.

Las operaciones booleanas están basadas en la álgebra de George Boole, la cual fue un elemento clave en la aparición y consolidación de la electrónica moderna. En nuestro caso, las operaciones booleanas nos permitirán sumar, restar, intersecar, etc. objetos que hayamos dibujado previamente.

Para comprender el funcionamiento y peculiaridades de estas operaciones, dibujaremos una llave a partir de formas sencillas. También veremos formas nuevas de mover y rotar objetos y nos introduciremos en algunas herramientas básicas de creación de superficies complejas.

Tutorial 2. Modelado con operaciones booleanas.

Desarrollo del tutorial: paso 2 de 12

02 Configuración de las unidades de dibujo

3ds max trabaja tanto con unidades de dibujo genéricas como con unidades definidas. Puede resultar interesante definir con qué unidades estamos trabajando cuando queremos introducir dimensiones con unidades distintas: así, podemos definir las unidades como metros, pero podemos dibujar algunos elementos en milímetros si lo deseamos, añadiendo *mm* al final del valor.

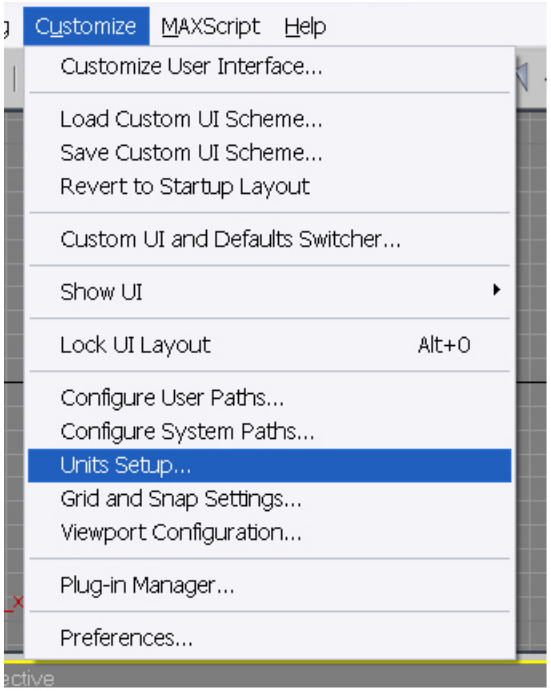
De todas formas, también podríamos introducir directamente las dimensiones en metros, ya que en el mismo momento en el que creamos un objeto en milímetros sus dimensiones en el dibujo se transforman automáticamente en metros, de manera proporcional. Es decir, que definir las unidades de una escena puede facilitar el proceso de dibujo, pero no es necesario para que el dibujo sea correcto.

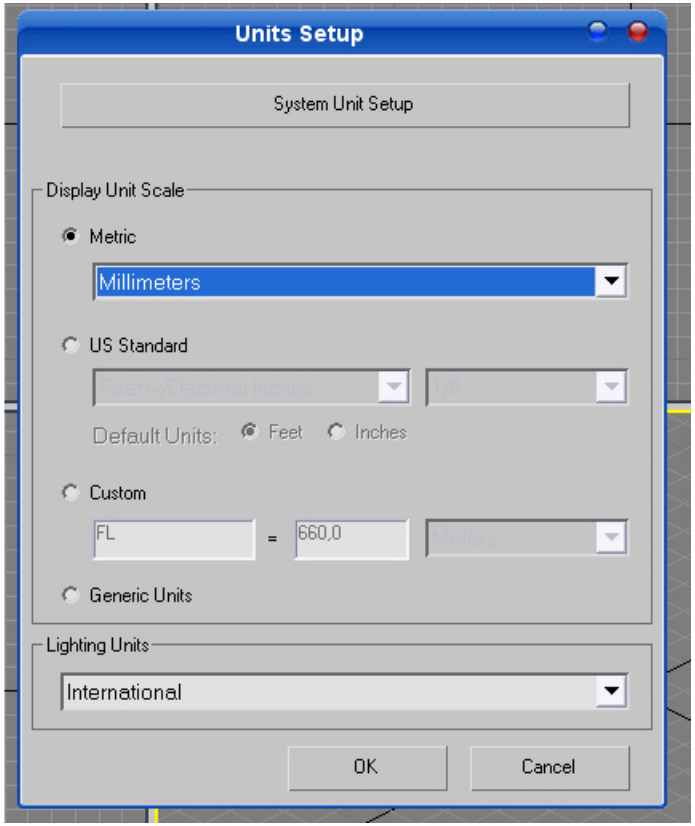
Tutorial 2. Modelado con operaciones booleanas.

Desarrollo del tutorial: paso 2 de 12

Para definir el valor de las unidades de dibujo de la escena, vamos a **Customize / Units Setup** y marcamos la opción que queramos: **Metric** (sistema métrico), **US Standard** (sistema anglosajón) o **Custom**. **Generic Units** es la opción activa por defecto.

De la lista desplegable de **Metric** y **US Standard** podemos escoger una de sus múltiples opciones. Este cambio afecta a las unidades de la escena, no a las del sistema. Seguidamente veremos como cambiar estas últimas.





Tutorial 2. Modelado con operaciones booleanas.

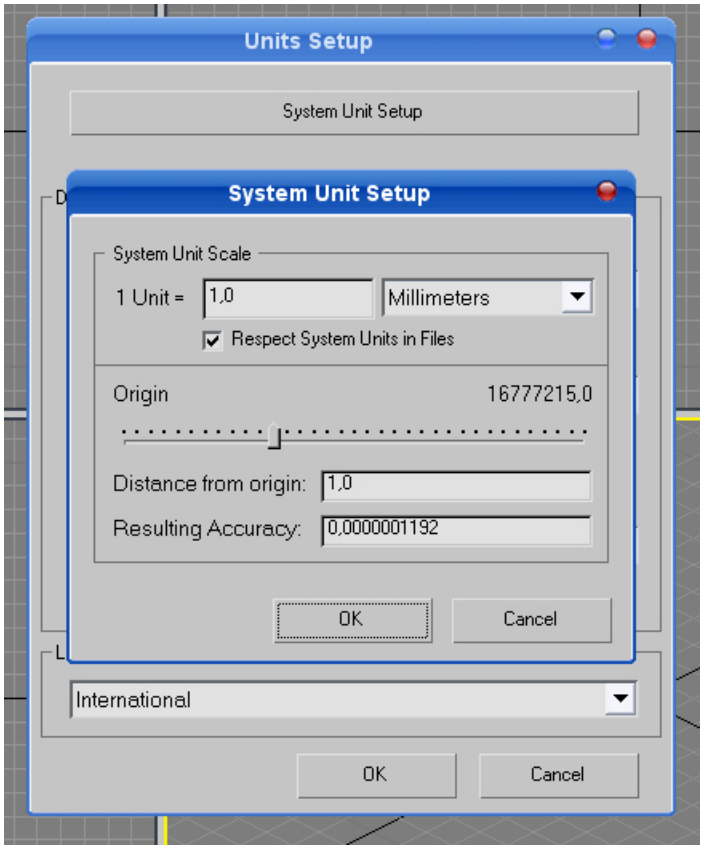
Desarrollo del tutorial: paso 2 de 12

El cambio de unidades que hemos realizado ahora no deja de ser una operación cosmética: el funcionamiento del programa será el mismo, sólo cambian las unidades que acompañan las medidas de los objetos.

Sin embargo, en algunos casos concretos puede ser conveniente modificar las unidades del programa de una manera “real”: cuando trabajamos con objetos de dimensiones inferiores a una unidad o superiores a miles de unidades (esto depende también de las unidades que usemos, es preferible dibujar un objeto de 2km de lado que otro de 2000m).

Debido a la forma en la que trabaja 3ds max, al dibujar objetos que se alejan mucho de las dimensiones normales (entre una y mil unidades, aproximadamente), perdemos precisión en el dibujo y podemos encontrarnos también con problemas en la visualización de la escena.

Para solucionar este inconveniente, podemos modificar las unidades del sistema, pulsando en **System Unit Setup** en el panel de diálogo **Units Setup** al que hemos accedido antes para cambiar las unidades.



Tutorial 2. Modelado con operaciones booleanas.

Desarrollo del tutorial: paso 2 de 12

Aquí podremos definir a cuántas unidades reales representa una unidad de dibujo: así, una unidad del programa pueden ser 10 o 100 kilómetros, con lo que podríamos seguir trabajando en kilómetros sin tener que limitarnos a objetos de menos de 1000km de dimensión, ya que serían menos de mil unidades.

Es importante realizar los cambios de unidades (tanto las de dibujo como las del sistema) siempre antes de empezar a dibujar: realizar estos cambios cuando ya hay algunos elementos en la escena puede producir resultados no deseados.

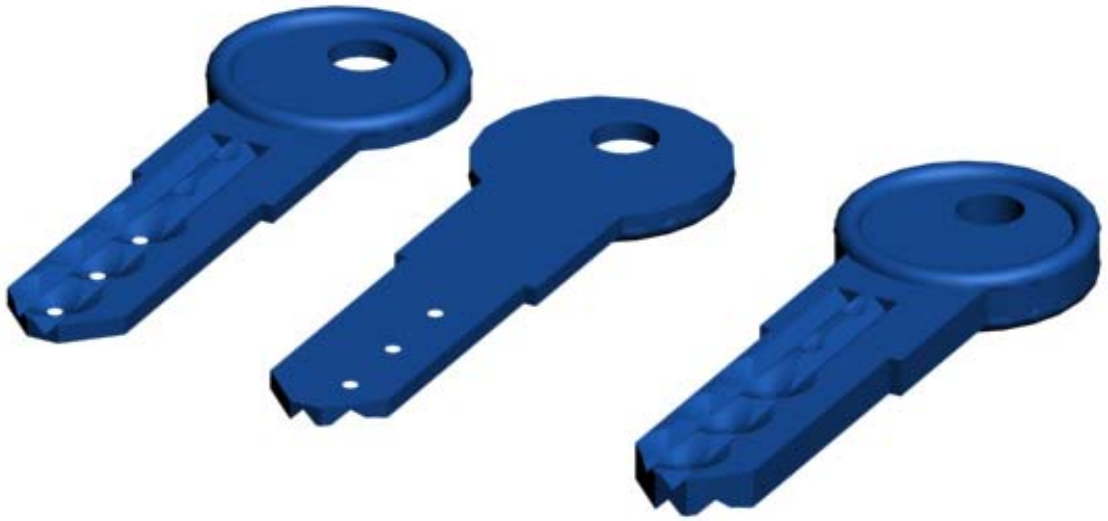
Cambiamos las unidades de la escena a milímetros para dibujar la llave a una escala adecuada.

Tutorial 2. Modelado con operaciones booleanas.

Desarrollo del tutorial: paso 3 de 12

03 Primeros pasos de la llave

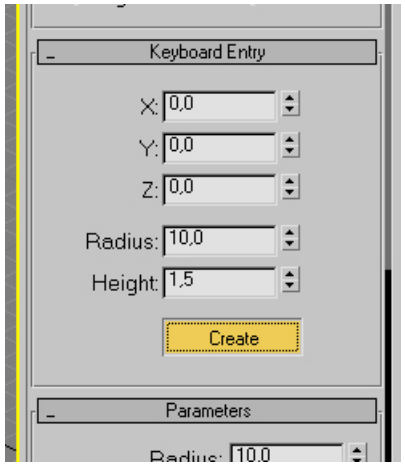
Empezaremos dibujando la llave, en posición horizontal. Por ahora sólo dibujaremos la mitad superior de la llave (la mitad que quedaría en la parte del eje Z positivo partiendo del centro del objeto). Aplicaremos diversas operaciones booleanas a esta parte, y una vez terminada, la copiaremos a la mitad inferior de la llave. Esto nos permitirá no tener que repetir el proceso dos veces.



Tutorial 2. Modelado con operaciones booleanas.

Desarrollo del tutorial: paso 3 de 12

El primer elemento a dibujar será un cilindro, con las dimensiones que se muestran en la imagen. Lo definiremos con la opción **Keyboard Entry**. Por ahora no hace falta cambiarle el nombre, aunque podemos hacerlo si queremos.



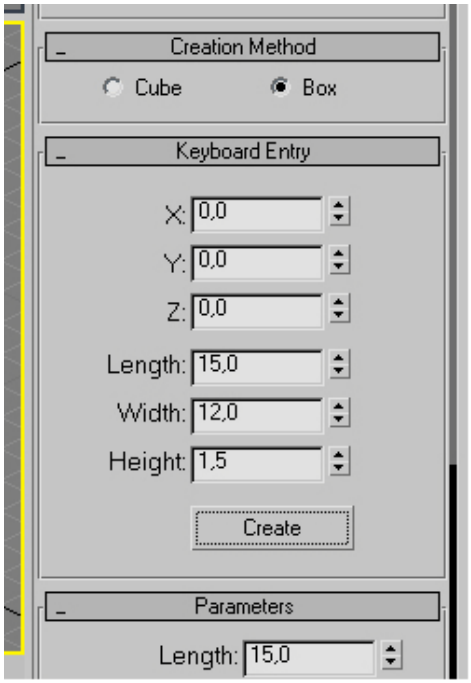
Aprovechamos para guardar el dibujo, con un nombre suficientemente descriptivo (por ejemplo, “Llaves”). Es importante que el estudiante vaya guardando el documento cada cierto tiempo, e incluso que cree copias graduales.

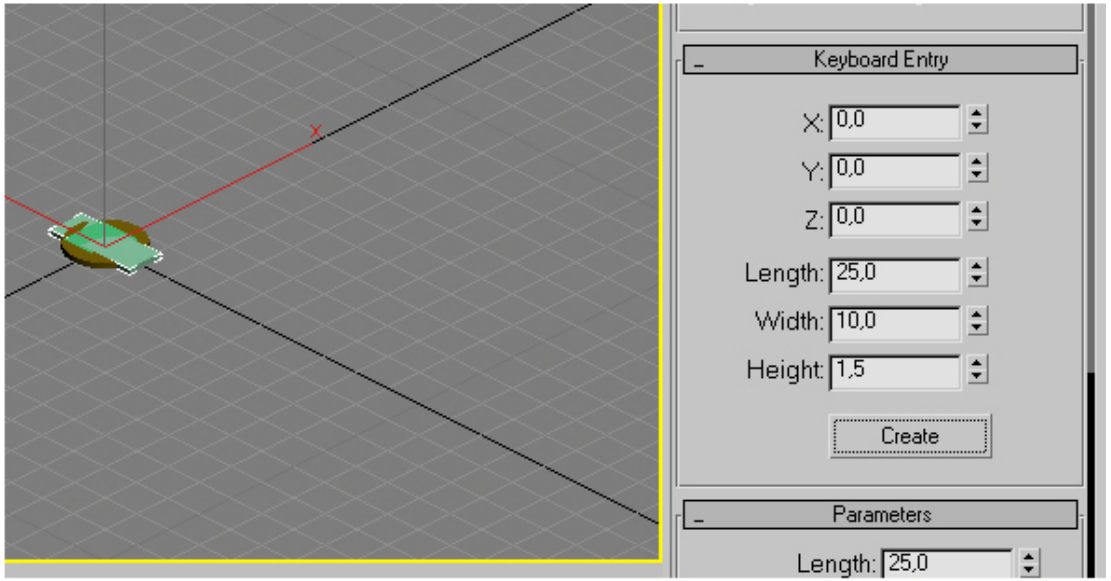
Tutorial 2. Modelado con operaciones booleanas.

Desarrollo del tutorial: paso 4 de 12

04 Las piezas básicas de la llave

Seguidamente, dibujaremos dos cajas que, junto con el cilindro, definirán la forma general de la llave. Se mostrarán los pasos para dibujarlas mediante **Keyboard entry** (aunque deberán ser resituadas más adelante), pero el estudiante puede cambiar de procedimiento si así lo desea. En la imagen se muestran las dimensiones de las dos cajas que vamos a crear. De momento, su posición no nos importa.



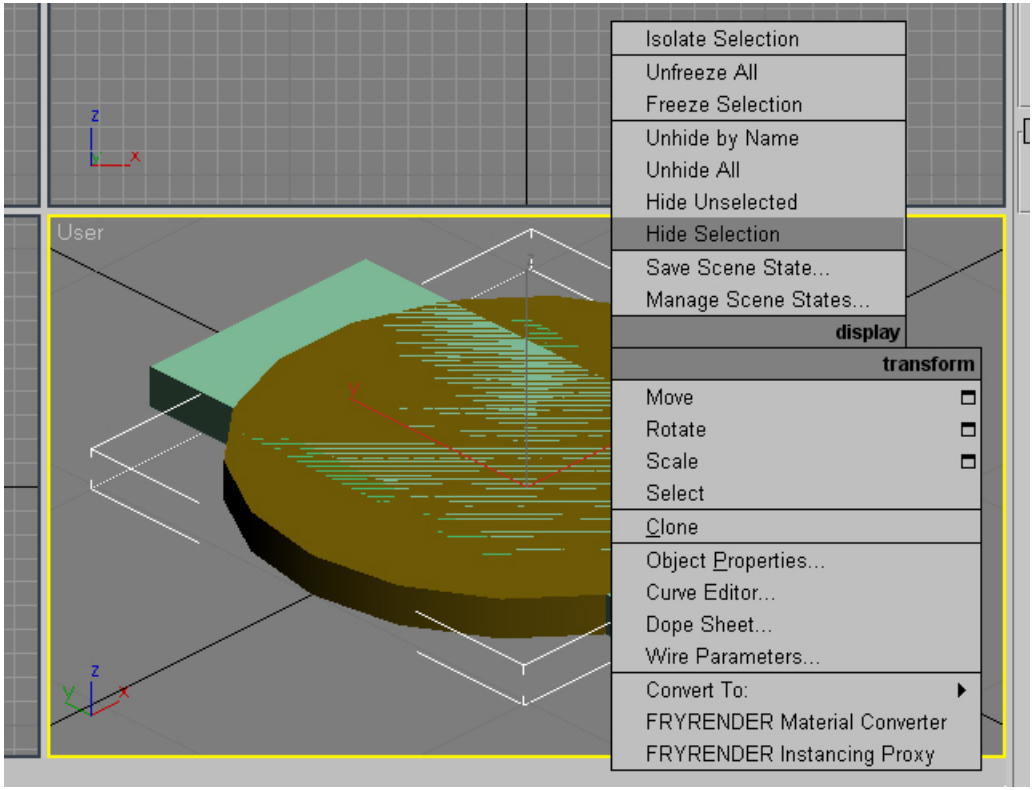


Tutorial 2. Modelado con operaciones booleanas.

Desarrollo del tutorial: paso 4 de 12

Ahora procederemos a situar las cajas en su sitio. Es posible que al intentar seleccionar la caja pequeña haciendo clic encima suyo, nos encontremos con que se selecciona el cilindro en vez de la caja. Para resolver esta situación, vamos a ocultar temporalmente el cilindro. Debemos seleccionarlo primero, y luego hacer clic derecho (en cualquier parte del visor) para que nos aparezca el menú **Quad**.

Este menú nos proporciona un acceso fácil a ciertas herramientas, además de mostrar distintas opciones en función del objeto seleccionado. En este caso, escogemos **Hide Selection**.

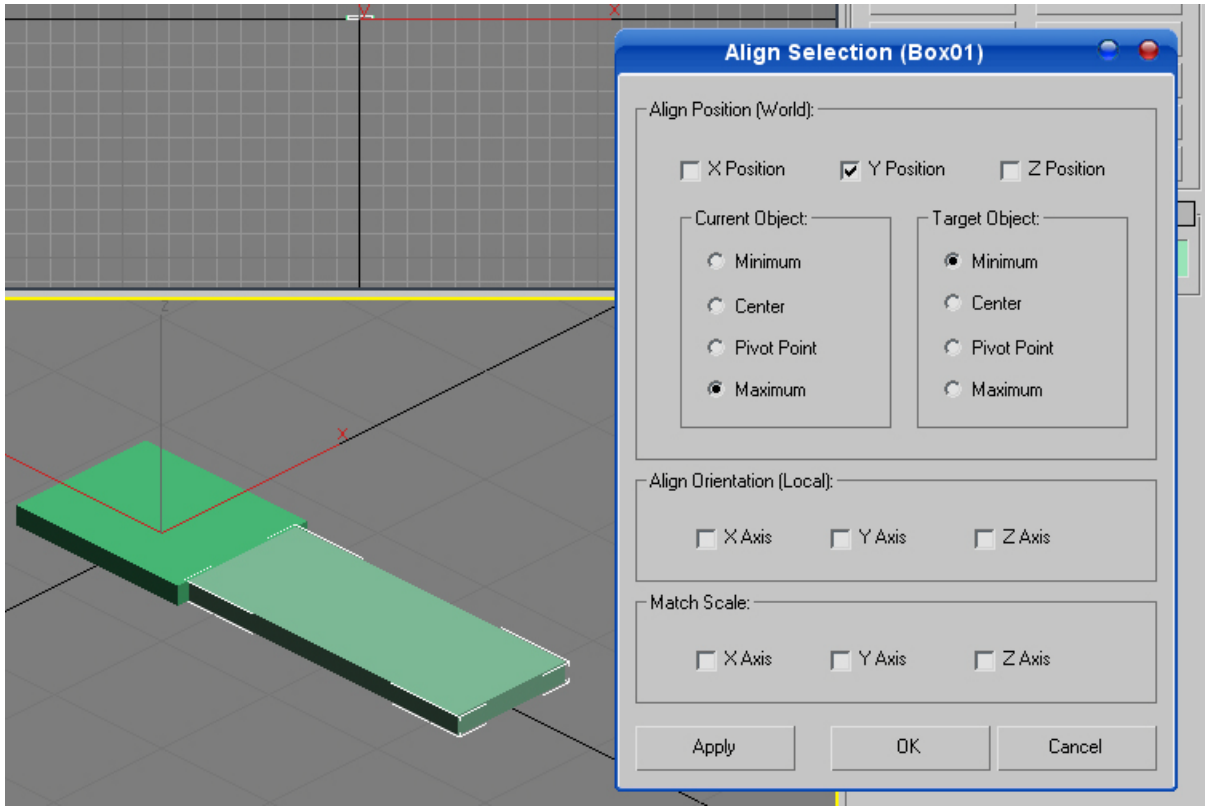


Tutorial 2. Modelado con operaciones booleanas.

Desarrollo del tutorial: paso 4 de 12

Así, el cilindro desaparecerá de los visores. No lo hemos borrado: más adelante lo podremos recuperar sin problemas, haciendo de nuevo clic derecho sobre el visor (no hace falta tener nada seleccionado) y seleccionando **Unhide All** del menú **Quad**. Volvemos a ocultar el cilindro.

Ahora seleccionamos la segunda caja que hemos dibujado (la más alargada) y la alineamos sobre el eje Y con la primera caja, mediante la herramienta **Align**. Aceptamos para cambiar la posición de la caja.

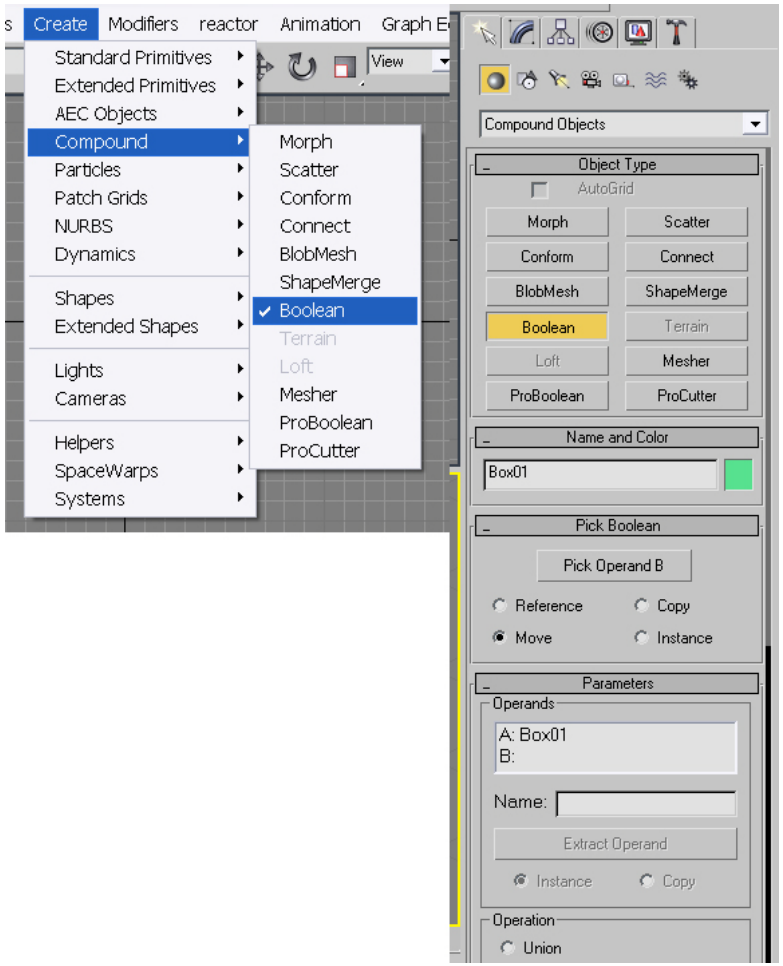


Tutorial 2. Modelado con operaciones booleanas.

Desarrollo del tutorial: paso 4 de 12

Antes de volver a mostrar el cilindro, vamos a convertir las dos cajas en un solo objeto. Nos serviremos de la operación booleana **Union**, que consiste en “sumar” dos objetos, es decir, unir la geometría de los dos, fusionándolos en su punto de encuentro. El resultado final actuará como un solo elemento.

Seleccionamos primero la caja situada sobre el origen de coordenadas (aunque podríamos utilizar cualquiera de las dos) y creamos un objeto **Boolean**, que encontraremos en el menú **Create / Compound / Boolean** o en el panel **Create / Geometry / Compound objects.**



Tutorial 2. Modelado con operaciones booleanas.

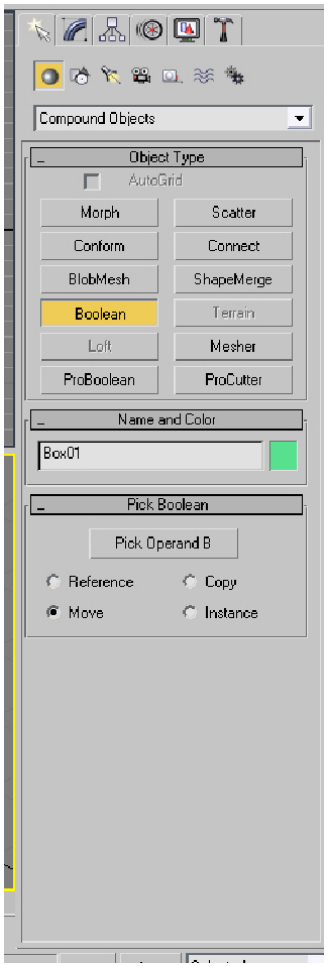
Desarrollo del tutorial: paso 5 de 12

05 Primera operación booleana: unión

Al escoger el objeto Boolean aparecerán nuevas opciones relacionadas con él en el panel derecho. Vamos a describirlas antes del primer uso.

El panel **Pick Boolean** nos sirve para identificar el segundo objeto que vamos a unir, restar o intersecar con el primero, mediante el botón **Pick Operand B**. Tenemos también opciones sobre qué hacer con este operador B: encontraremos las tres opciones habituales de copia (**Copy**, **Reference** e **Instance**), para conservar un duplicado del operador y la opción **Move** (por defecto) si no queremos copia alguna.

Es posible que no veamos el resto de paneles enteros, al quedar parte de ellos por debajo del borde inferior del panel general **Create**. Para poder ver el resto, tenemos dos opciones. La primera consiste en mover el puntero del ratón a algún espacio vacío del panel, y cuando el cursor se convierta en una mano (parecida a la de **Pan**) hacemos clic y arrastramos verticalmente, con lo que podremos ver la parte escondida. La segunda opción es situar el puntero encima de la separación entre el panel y los visores, con lo que nos aparecerá un nuevo cursor en forma de dos flechas opuestas unidas. De nuevo, hacemos clic y arrastramos para ampliar el espacio del panel: la parte inferior se mostrará a la derecha.



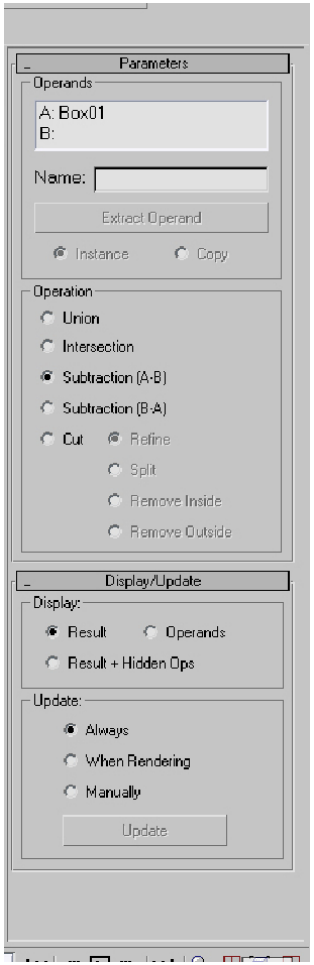
Tutorial 2. Modelado con operaciones booleanas.

Desarrollo del tutorial: paso 5 de 12

En el panel **Parameters** nos encontramos con dos sub-paneles: **Operands** y **Operation**.

En **Operands** vemos una lista de los operadores, es decir, los objetos sobre los que estamos trabajando. De momento sólo aparecerá el operador A, cuando escojamos el operador B éste también se mostrará en la lista. Vemos que al seleccionar uno de los dos operadores, se activa la opción **Extract Operand**. Ésta nos permite hacer una copia del operador en cuestión, quedando esta copia fuera de la operación Booleana (esta opción es especialmente conveniente cuando nos damos cuenta de que necesitamos una copia del objeto y no queremos deshacer la operación). Disponemos de las opciones de copia **Instance** y **Copy**.

En el sub-panel **Operation** podemos elegir qué tipo de operación booleana vamos a realizar con los operadores seleccionados: **Union**, **Intersection**, **Subtraction** y **Cut** (como **Subtraction**, pero sólo nos deja el resultado del operador cortado, no del cortante).



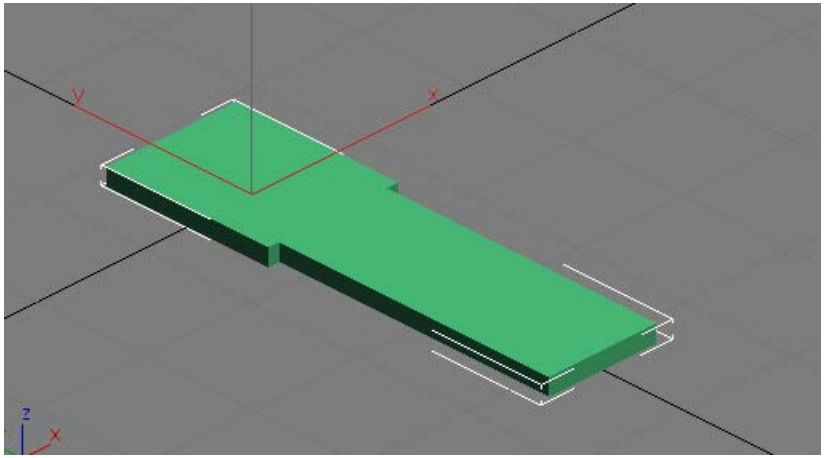
Tutorial 2. Modelado con operaciones booleanas.

Desarrollo del tutorial: paso 5 de 12

Finalmente, tenemos el panel **Display Update**, dónde encontramos las opciones de visualización y actualización de la operación booleana.

Procediremos ahora a usar esta herramienta por primera vez.

En el panel Parameters de la operación booleana, marcamos la opción **Union**. Seguidamente, seleccionamos la otra caja mediante la opción **Pick Operand B** en **Pick Boolean**. Como resultado, veremos que en el visor *Perspective* o *User*, las dos cajas se muestran como un solo objeto, de un mismo color.



Tutorial 2. Modelado con operaciones booleanas.

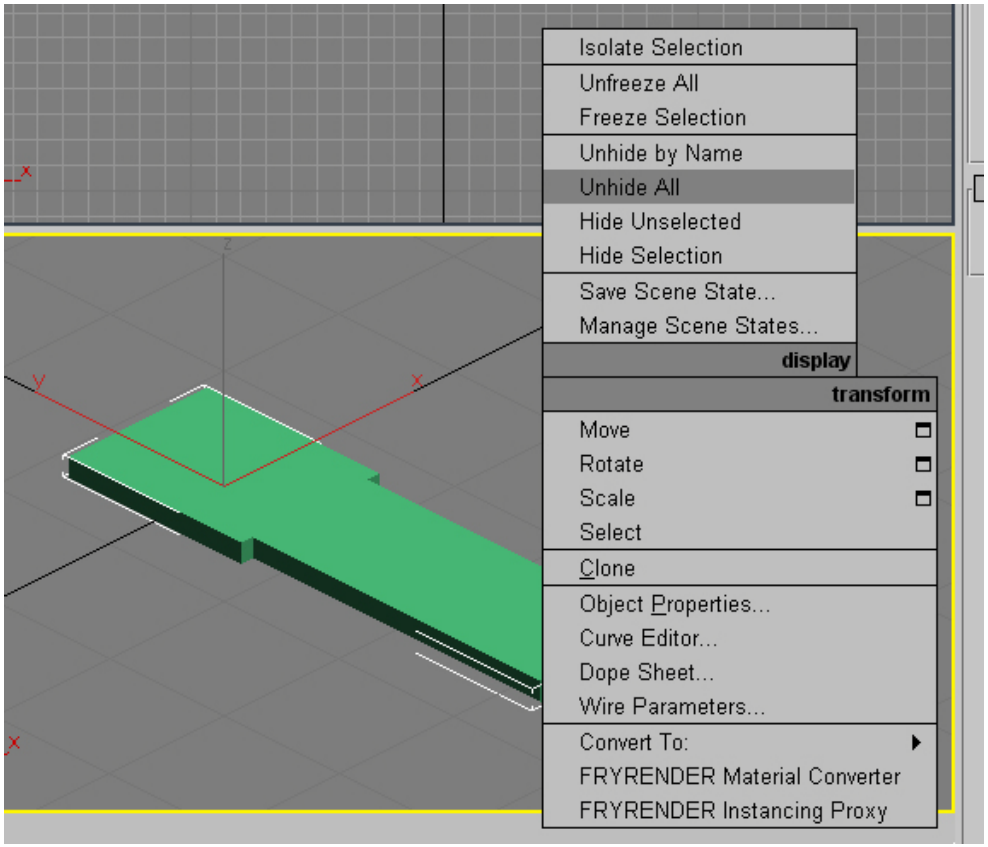
Desarrollo del tutorial: paso 6 de 12

06 Continuación de la llave

Ahora la pieza resultante de la unión de las dos cajas actúa en todos sentidos como un solo objeto.

Así, podremos mover la nueva pieza para hacerla encajar con el cilindro, que antes deberemos volver a mostrar (clic derecho sobre el visor, **Unhide All** en el menú **Quad**).

Ahora podríamos cambiar también el nombre y color del nuevo objeto, aunque no nos interesa hacerlo de momento.

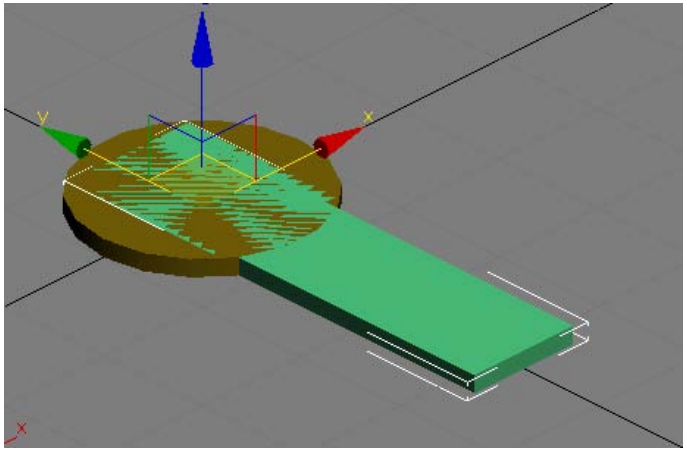


Tutorial 2. Modelado con operaciones booleanas.

Desarrollo del tutorial: paso 6 de 12

Para continuar, es importante que todos los elementos del dibujo estén encuadrados en el visor. Si no es el caso, podemos usar la herramienta **Zoom Extents**, que nos permite alejar o acercar la vista, además de centrarla, para que todos los elementos de la escena queden automáticamente dentro de los límites del visor activo. **Zoom Extents All** realiza esta acción sobre todas las vistas. Otra opción es modificar la vista manualmente, acercando o alejando la cámara con la rueda del ratón y moviendo la escena al hacer clic con la rueda y mantenerla presionada mientras arrastramos el ratón.

Seleccionamos las cajas y hacemos clic izquierdo sobre **Select and Move**. Veremos, en el visor *Perspective* o *User*, que aparecen tres flechas de colores centradas en el objeto. Estas tres flechas, que parten del mismo punto, forman el **Gizmo de movimiento**.

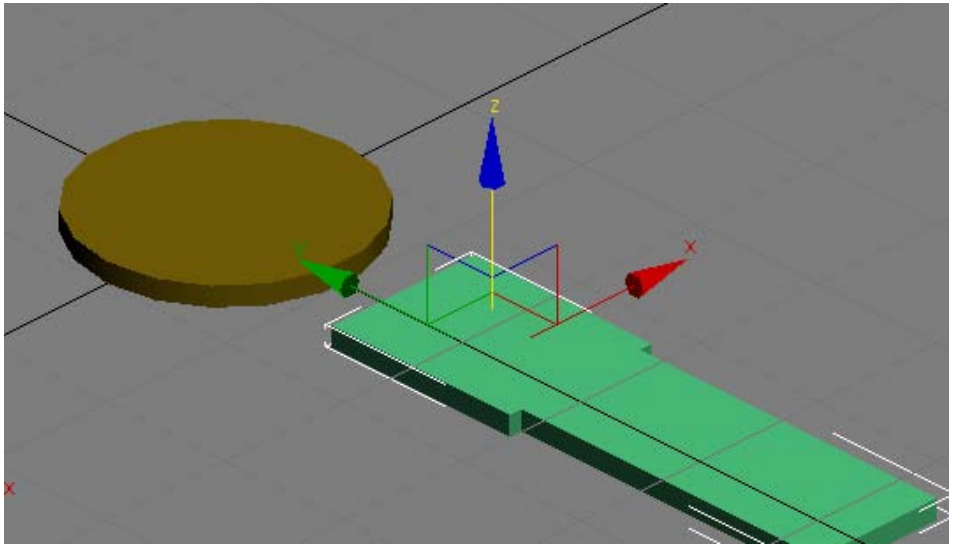


Tutorial 2. Modelado con operaciones booleanas.

Desarrollo del tutorial: paso 6 de 12

Éste nos permitirá mover el objeto seleccionado sobre un solo eje, o sobre dos ejes, controlando así su desplazamiento. Probemos, por ejemplo, a desplazar las cajas sólo sobre el eje vertical. Para hacerlo, situamos el ratón encima de la flecha azul, hasta que se vuelva parcialmente amarilla.

Ahora, hacemos clic izquierdo y, sin soltar el botón, arrastramos el ratón por el dibujo, en todos sentidos. Vemos que el movimiento de las cajas se limita al eje vertical, lo cual podemos comprobar en los otros tres visores. Podemos hacer lo mismo con las otras dos flechas.

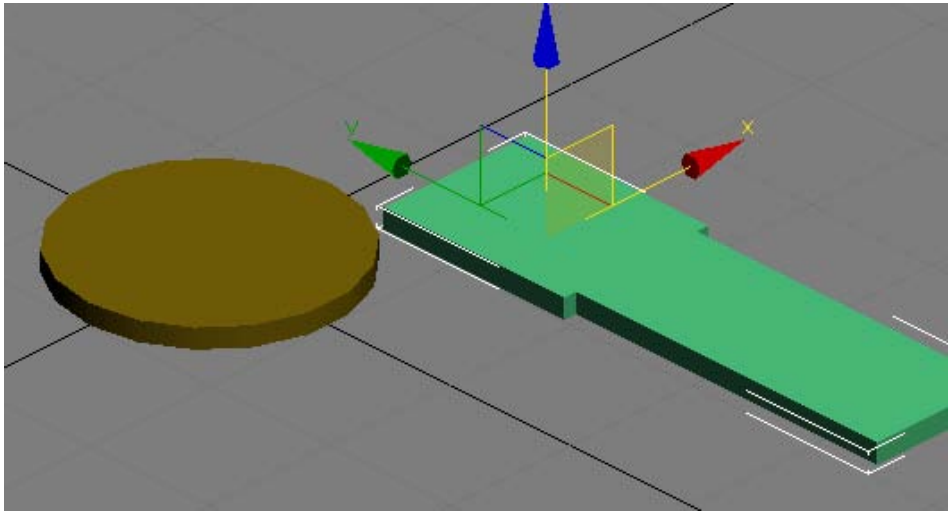


Tutorial 2. Modelado con operaciones booleanas.

Desarrollo del tutorial: paso 6 de 12

Para mover el objeto sobre un plano concreto, nos valdremos de los rectángulos que hay entre las flechas. De forma parecida a como funcionan las flechas, al situar el puntero del ratón encima de uno de estos rectángulos, éste aparece activado, en amarillo. Hacemos clic sobre uno de los tres planos, y sin soltar, arrastramos el ratón.

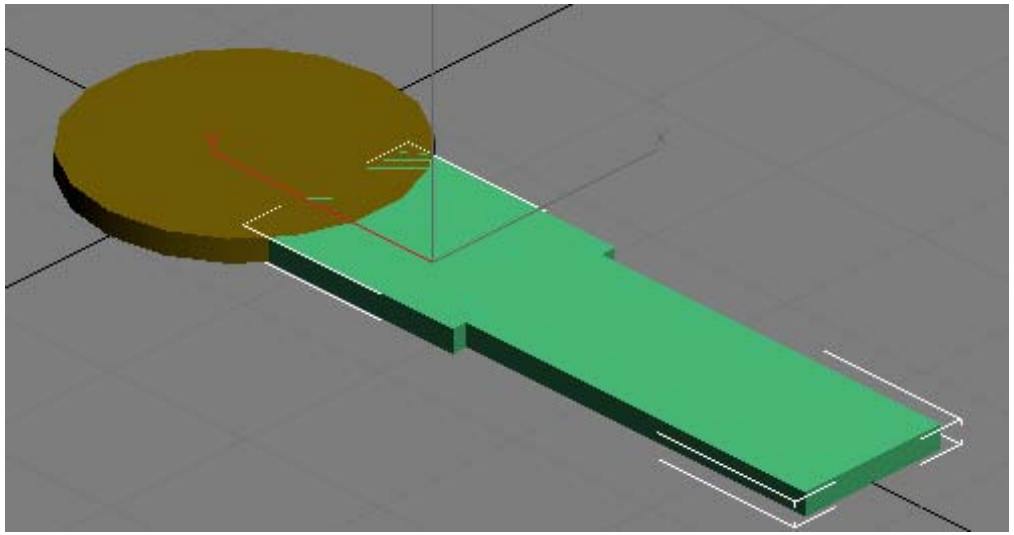
Ahora podemos ver que la pieza se desplaza sobre un plano, es decir, sobre dos ejes. Sin embargo, no se produce movimiento alguno sobre el tercer eje.



Tutorial 2. Modelado con operaciones booleanas.

Desarrollo del tutorial: paso 6 de 12

A diferencia de los métodos de desplazamiento que hemos venido estudiando hasta ahora, éste se caracteriza por ser menos exacto en cuanto a medidas, aunque esto resulta interesante cuando no sabemos exactamente cuales son las medidas, o cuando vamos dibujando y ajustando las dimensiones sobre la marcha.



El siguiente paso será mover las cajas para que se solapen con el cilindro. Si no lo están ya, alineamos cajas y cilindro sobre los ejes X y Z del visor *Perspective* o *User* con la herramienta **Align**.

Ahora procedemos a desplazar las cajas sobre el eje Y mediante el **Gizmo de movimiento**, de manera que queden parcialmente solapadas con el cilindro, tal y como puede verse en la imagen.

Este movimiento se realizará de forma aproximada, a criterio del estudiante.

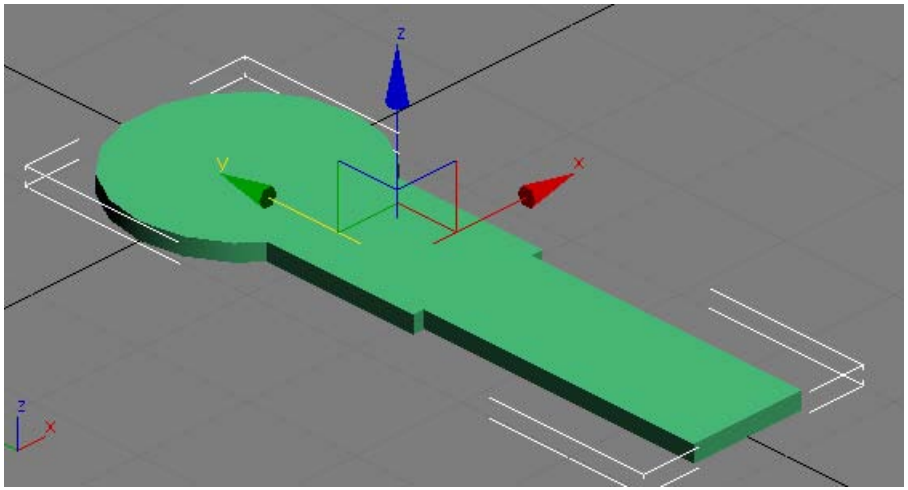
Tutorial 2. Modelado con operaciones booleanas.

Desarrollo del tutorial: paso 7 de 12

07 Adición de detalles a la llave (I)

Ahora uniremos el cilindro con las cajas mediante otra operación booleana. Seleccionamos el cilindro o las cajas y les aplicamos el objeto **Boolean**. Repetimos el proceso anterior.

Cuando hayamos unido el cilindro y las cajas, ya podemos renombrar el nuevo objeto a Llave.

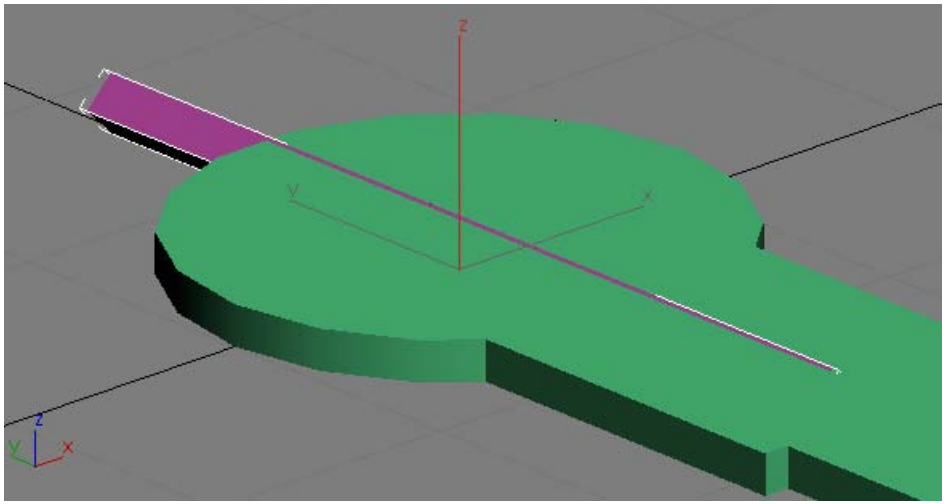


Tutorial 2. Modelado con operaciones booleanas.

Desarrollo del tutorial: paso 7 de 12

A continuación, crearemos surcos longitudinales sobre la llave. Usaremos operaciones booleanas de sustracción. Creamos primero una caja de dimensiones 35 x 1,5 x 1,5. Una vez creada, procedemos a rotarla 45º sobre el eje Y (recordemos hacerlo sobre el eje Y global, no el local de cada visor).

El resultado puede verse en la siguiente imagen.



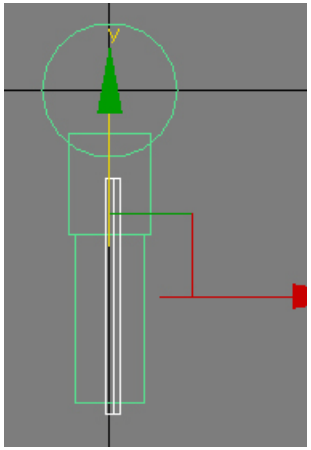
Tutorial 2. Modelado con operaciones booleanas.

Desarrollo del tutorial: paso 7 de 12

El siguiente paso será situar esta caja encima de la llave. El punto de pivote de la caja debe estar a la altura de la cara superior de la llave, para que al restar la caja a la llave a ésta le quede una muesca en forma de V.

Usamos la herramienta **Align** para colocarla en esa posición.

Ahora, en la vista superior, movemos la caja de tal forma que parte de ella sobresalga por la parte estrecha de la llave, es decir, en el eje Y.



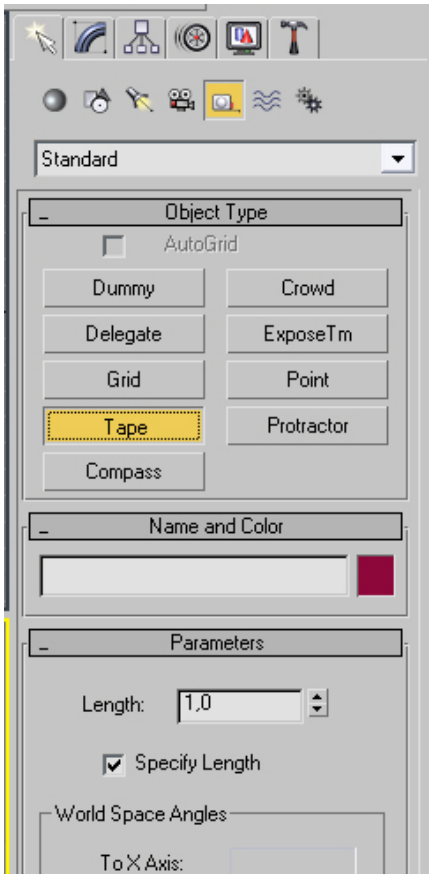
Tutorial 2. Modelado con operaciones booleanas.

Desarrollo del tutorial: paso 7 de 12

Finalmente, situaremos la llave sobre el eje X de tal forma que quede a una distancia de por lo menos 1 unidad del extremo de la llave, por motivos de encaje de las piezas que se verán más adelante. Para asegurarnos de que no esté a menos distancia de la requerida, usaremos un nuevo tipo de objeto: la cinta métrica (**Tape**). La encontraremos en el panel **Create / Helpers / Tape** o a través del menú **Create**.

La cinta métrica nos permite medir la distancia entre dos puntos o situar un punto a una distancia determinada de otro punto existente. Vamos a usar esta segunda opción. Para ello, debemos activar la opción **Specify Length** en el panel **Parameters**. Introducimos 1 en la casilla **Length.**

Ahora debemos marcar en qué dirección se situará la cinta métrica. Para hacerlo, activamos los Ajustes (debemos asegurarnos de que estén en 3D) y hacemos clic en el primer vértice de la llave. Sin soltar el botón, arrastramos el ratón hasta el otro lado y volvemos a hacer clic. A pesar de que la distancia recorrida será mucho mayor que 1mm, la cinta métrica medirá 1mm de distancia desde el primer punto marcado.



Tutorial 2. Modelado con operaciones booleanas.

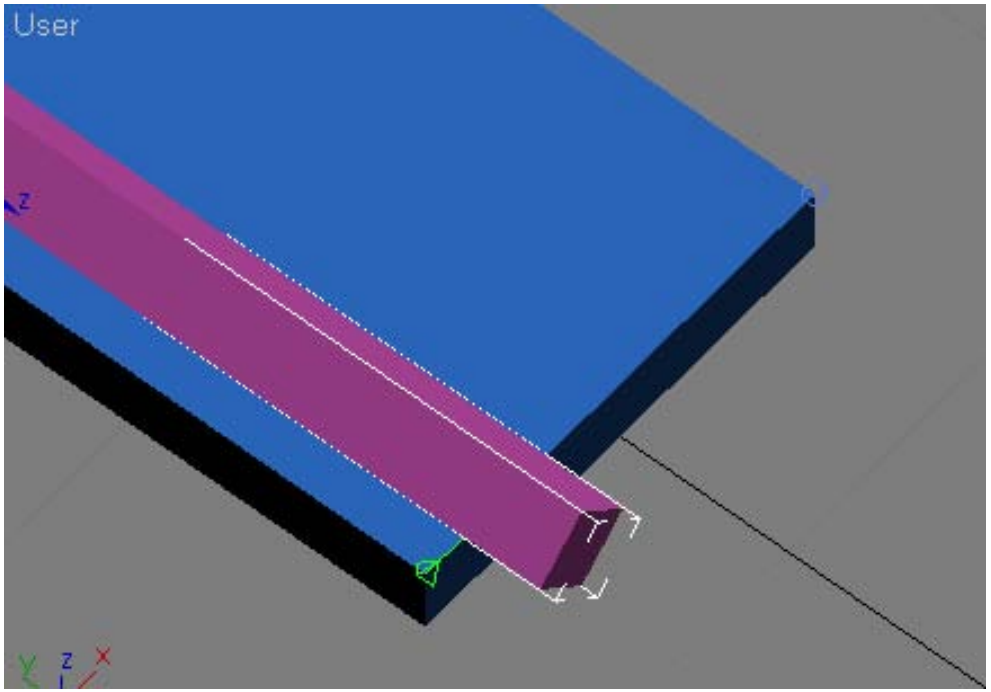
Desarrollo del tutorial: paso 7 de 12

La cinta métrica habrá dibujado una línea verde de 1 unidad de longitud, con una pirámide también verde en el punto inicial.

Ahora podemos mover la caja sobre el X hasta que su arista coincida aproximadamente con el punto final del objeto **Tape**. El visor *Front* es idóneo para este movimiento. Puede ser conveniente cambiar el color de la llave si, como en las imágenes, su color original es verde.

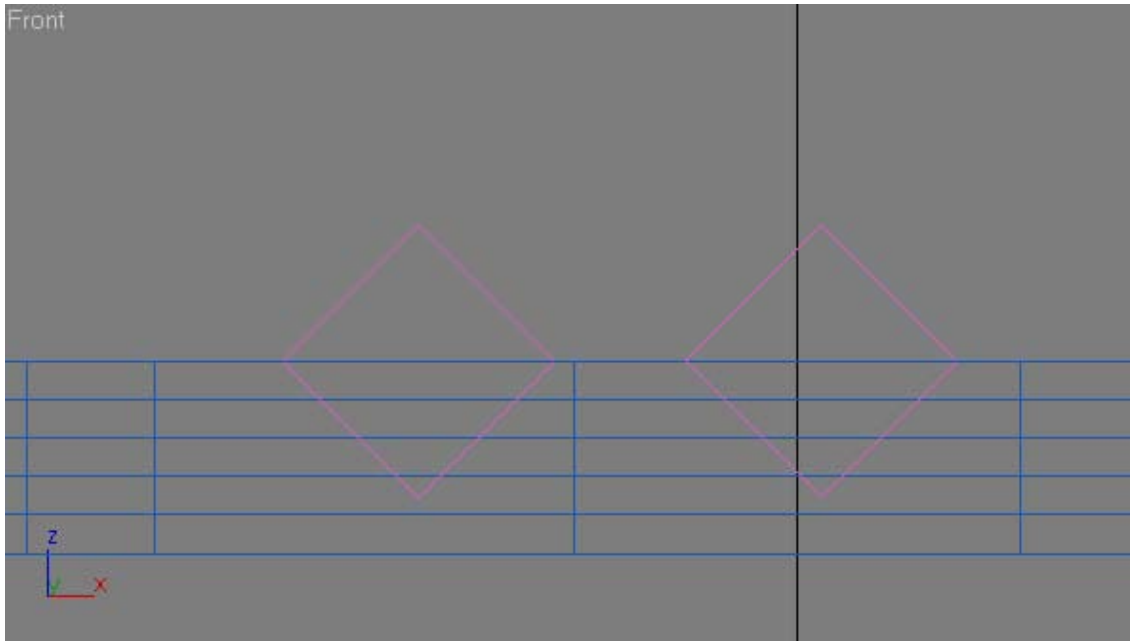
Así evitamos que su color se confunda con el del objeto **Tape**, al que no se le puede cambiar el color.

Cuando hayamos terminado de mover la caja, podemos seleccionar el objeto **Tape** y borrarlo (con la tecla **Supr** del teclado o mediante **Edit / Delete**).



Tutorial 2. Modelado con operaciones booleanas.

Desarrollo del tutorial: paso 7 de 12



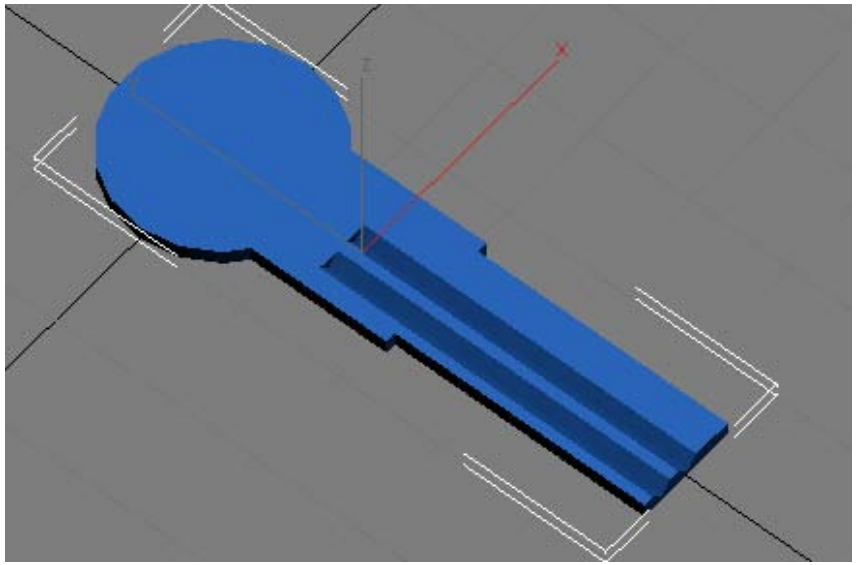
Seguidamente, hacemos una copia de la caja (**Ctrl + V**) y la movemos sobre el eje X de tal forma que quede a una distancia de aproximadamente 1mm de la primera (podemos comparar con la medida anterior de 1mm para hacernos una idea).

Tutorial 2. Modelado con operaciones booleanas.

Desarrollo del tutorial: paso 8 de 12

08 Adición de detalles a la llave (II)

Ahora procederemos a sustraer estas dos cajas de la llave. Seleccionamos la llave y a continuación creamos un nuevo objeto **Boolean**. En las opciones de **Operation**, marcamos **Subtraction (A-B)**. Seguidamente, pulsamos sobre **Pick Operand B** y seleccionamos una de las dos cajas. Deseleccionamos el objeto resultante haciendo clic sobre una parte libre de los visores, y lo volvemos a seleccionar, para que se aplique la operación booleana. Repetimos el proceso anterior, con un nuevo **Boolean**, para restar la segunda caja a la llave.



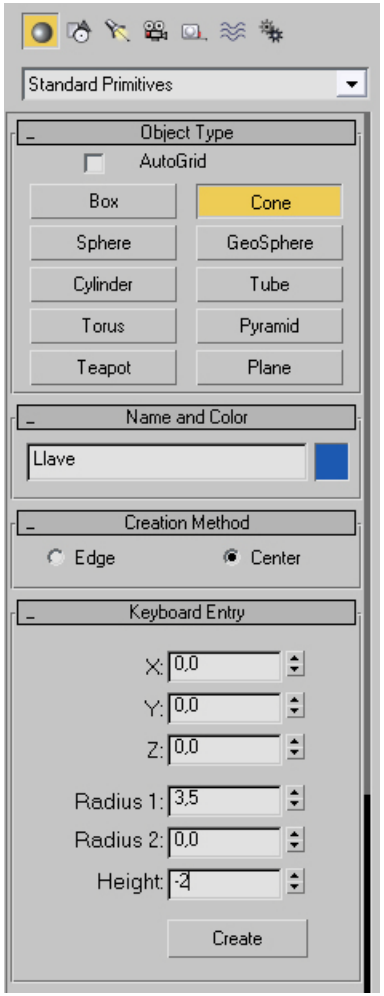
Tutorial 2. Modelado con operaciones booleanas.

Desarrollo del tutorial: paso 8 de 12

Hemos comprobado que los resultados de operaciones booleanas pueden usarse como operadores de nuevas operaciones. Sin embargo, existe una herramienta muy parecida a la herramienta **Boolean** pero con ciertas mejoras: la herramienta **ProBoolean**.

Ahora que ya conocemos el funcionamiento de **Boolean**, podemos aprender a usar **ProBoolean** para trabajar de manera más eficiente. Vamos a verlo en el próximo paso.

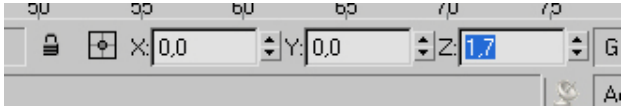
Nos falta añadir agujeros a la llave: vamos a hacerlo restándole unos conos invertidos. Crearemos el primero de estos conos mediante **Keyboard Entry**. Podemos ver sus dimensiones en la imagen.



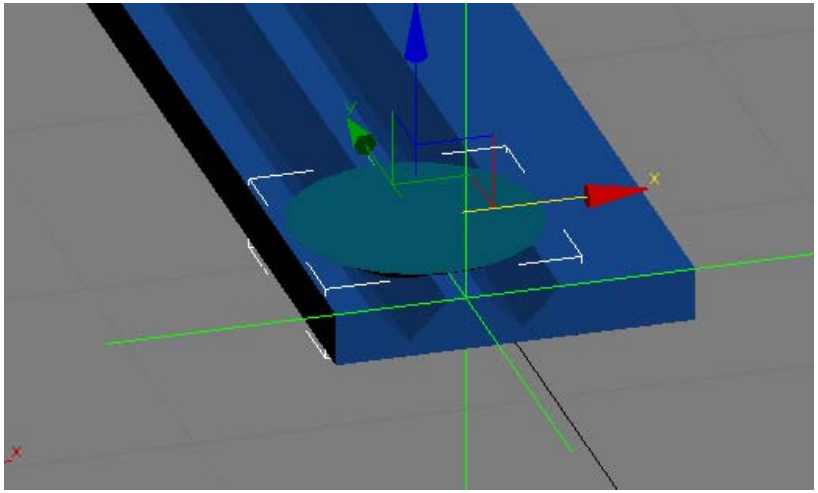
Tutorial 2. Modelado con operaciones booleanas.

Desarrollo del tutorial: paso 8 de 12

Moveremos el cono a una altura de 1,7. Lo podemos mover haciendo clic derecho sobre **Select and Move** para acceder al **Move Transform Type-in** (modificando el valor Z de la columna izquierda) o directamente en la Presentación de coordenadas, en la parte inferior de la ventana del programa.



Ahora centraremos el cono en el punto medio entre los dos muescas. Para hacerlo, crearemos un objeto **Point**, que encontraremos en la categoría **Helpers**, dónde también se encuentra el objeto **Tape**. Esto nos permite insertar un punto en algún lugar del dibujo. Activamos los Ajustes y creamos el objeto **Point** en el punto medio de la arista que queda entre las dos muescas. Así, podremos alinear el cono sobre el eje X con el punto.



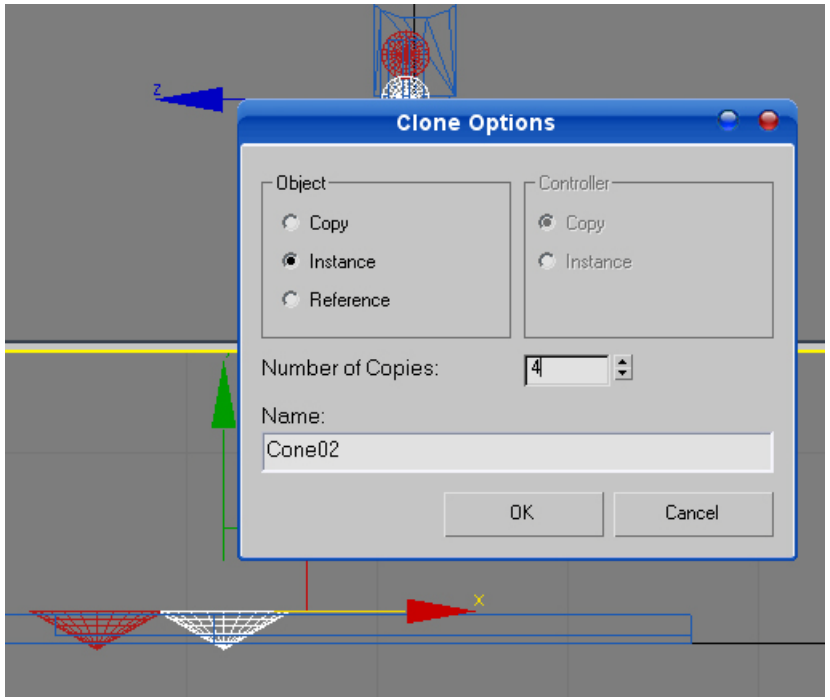
Tutorial 2. Modelado con operaciones booleanas.

Desarrollo del tutorial: paso 8 de 12

Podemos proceder a borrar el punto. Movemos ahora el cono sobre el eje Y para situarlo de manera que sobrepase la parte superior de las muescas, en el visor *Left*.

Seguidamente, desplazamos el cono mediante el **Gizmo de movimiento**. Mantenemos pulsada la tecla **Shift** y arrastramos el cono sobre el eje Y de manera que se solape muy ligeramente con su posición anterior.

Al haber mantenido pulsada la tecla **Shift**, el cono se copiará tantas veces como le digamos, con cada nuevo cono a la misma distancia que el anterior, mediante el cuadro de diálogo **Clone Options** que aparecerá al soltar el ratón. Mantenemos **Instance** como opción de copia e introducimos 4 en **Number of Copies** (no se cuenta la copia inicial, obtendremos 5 conos en total).

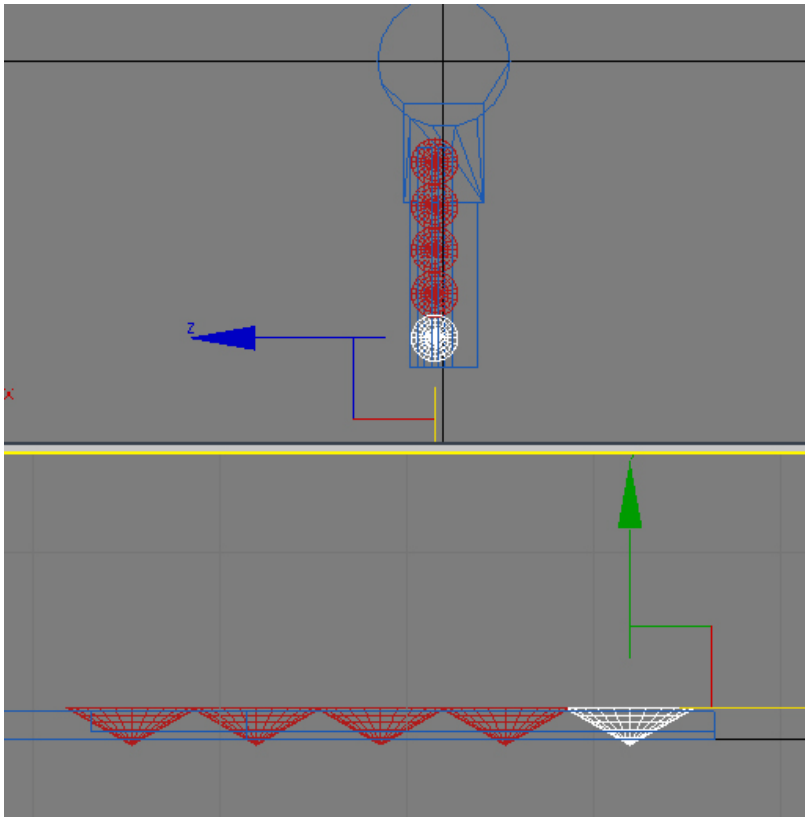


Tutorial 2. Modelado con operaciones booleanas.

Desarrollo del tutorial: paso 8 de 12

Hemos visto que manteniendo pulsada la tecla **Shift** mientras movemos un objeto con el Gizmo, podemos crear varias copias de él distanciadas de manera uniforme. Este procedimiento también funciona con los Gizmos de Rotación y Escalado.

El resultado debería quedar aproximadamente así:

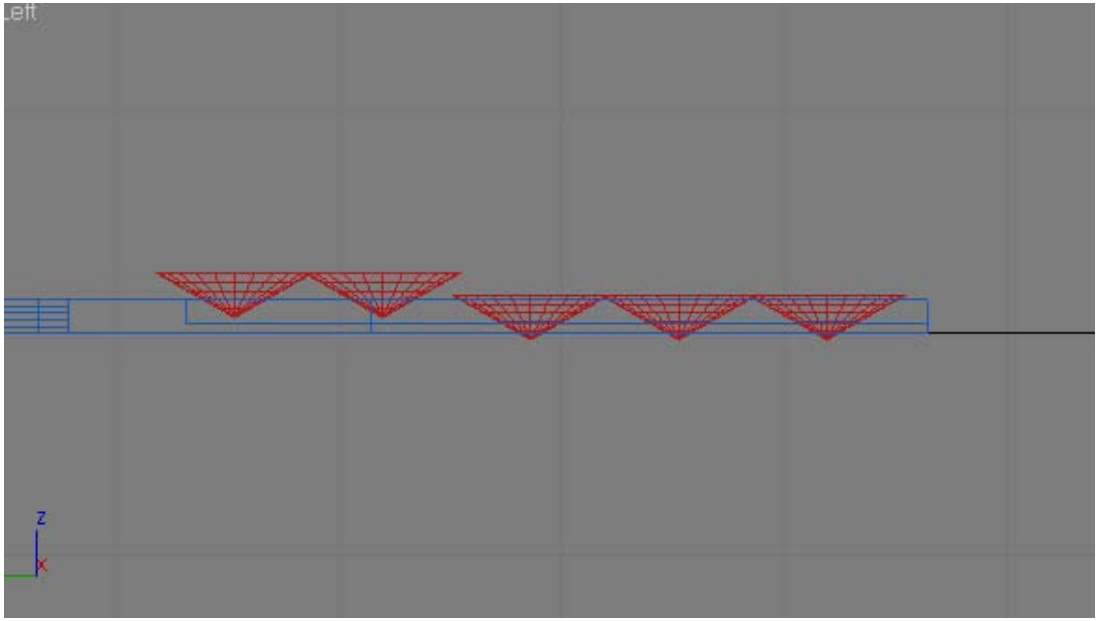


Tutorial 2. Modelado con operaciones booleanas.

Desarrollo del tutorial: paso 9 de 12

09 Adición de detalles a la llave (III)

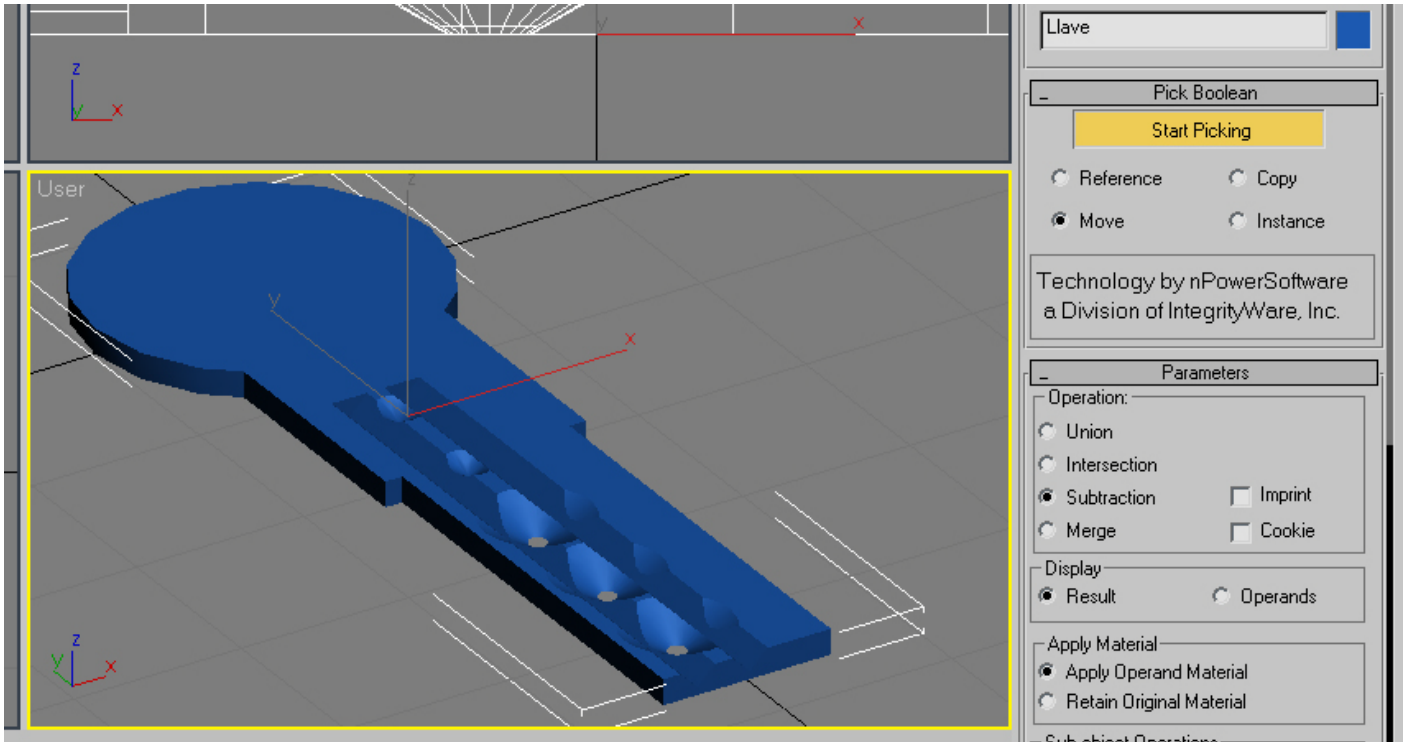
Como no todos los agujeros tendrán la misma profundidad, podemos seleccionar dos o tres de los conos que están más cerca de la parte circular de la llave y subirlos 1 unidad sobre el eje Z.



Tutorial 2. Modelado con operaciones booleanas.

Desarrollo del tutorial: paso 9 de 12

Ahora seleccionamos la llave y le aplicamos un objeto **ProBoolean** (el procedimiento es el mismo que para **Boolean**). Los parámetros de funcionamiento son muy parecidos a los de **Boolean**, así que no hace falta explicarlos. Seleccionamos **Subtraction** (no existen las opciones **A-B** y **B-A**: con **ProBoolean** el primer objeto seleccionado siempre es al que se le restan los seleccionados después). Ahora pulsamos sobre **Start Picking**, y vamos seleccionando los conos haciendo clic sobre ellos, preferentemente por orden.

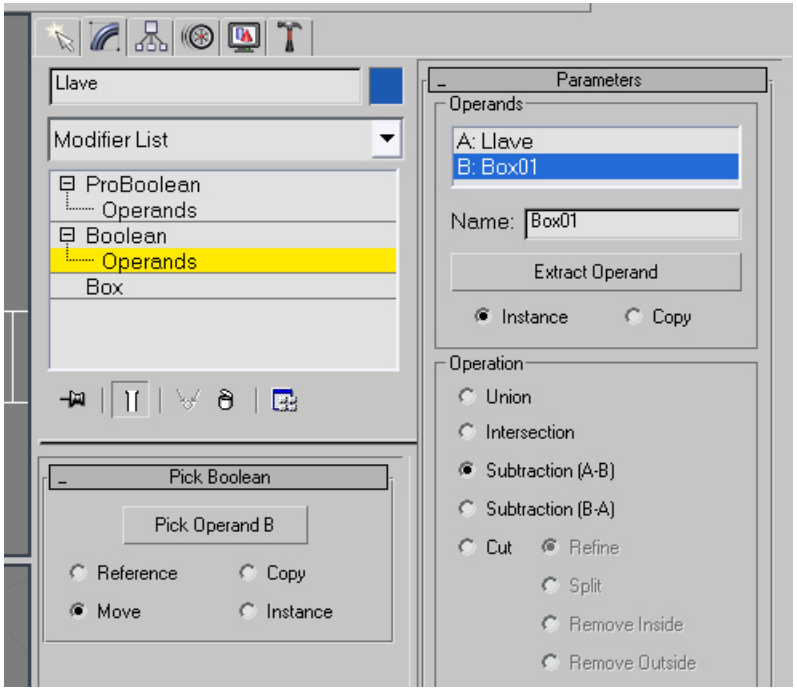


Tutorial 2. Modelado con operaciones booleanas.

Desarrollo del tutorial: paso 9 de 12

Los conos seleccionados se restan automáticamente de la llave y podemos seguir seleccionando otros, sin tener que repetir la operación booleana. En este caso, la utilización de **ProBoolean** nos ha facilitado mucho la tarea.

Imaginemos ahora que queremos cambiar el radio de la base de los conos, por ejemplo hacerlos ligeramente más grandes para que los agujeros sean mayores. Para hacerlo, seleccionamos la llave y accedemos al panel **Modify**. Buscamos el objeto **ProBoolean**, y hacemos clic sobre el símbolo **+** que hay a la izquierda del nombre. Si hacemos clic sobre **Operands**, que acaba de aparecer, podremos ver toda la lista de operadores en la parte inferior del panel **Parameters**. Es posible que tengamos que desplazar el panel o ampliarlo para ver esta parte inferior (como ya hicimos antes). Podemos seleccionar entonces el operador que queramos modificar, y nos aparecerán sus opciones de modificación. En caso de tener otras operaciones booleanas actuando como operadores, al seleccionarlas nos aparecerá **Boolean** debajo de **ProBoolean** en la lista principal de objetos a modificar, con lo que también podremos editar sus operadores, y así sucesivamente.

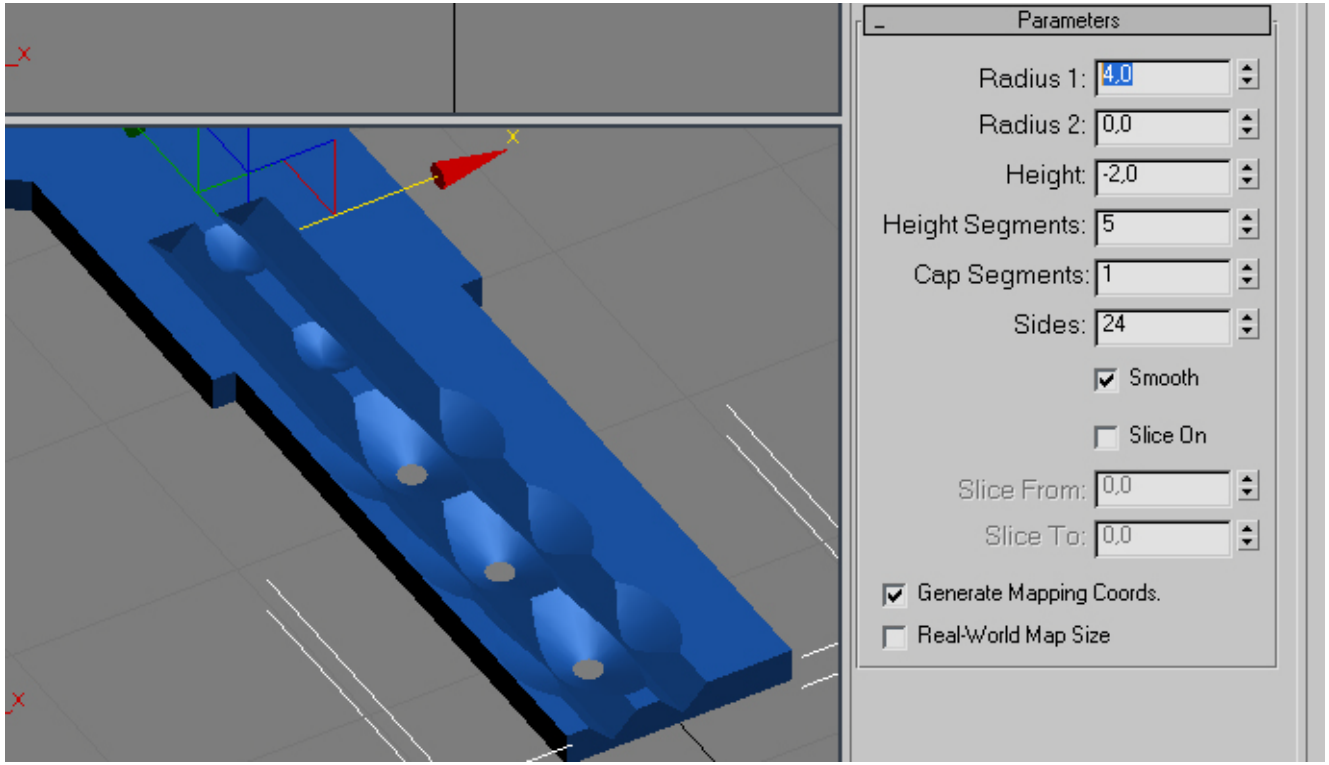


En la imagen se ha ido bajando en la estructura jerárquica de las operaciones booleanas hasta volver a una de las cajas rotadas que se usaron para hacer las muescas de la llave. Sin embargo, incluso podríamos volver a las dos primeras cajas del principio del ejercicio.

Tutorial 2. Modelado con operaciones booleanas.

Desarrollo del tutorial: paso 9 de 12

Ahora seleccionaremos cualquiera de los conos dentro de esta estructura jerárquica (son instancias, podemos modificar uno de ellos y el resto le seguirán) y probamos valores distintos de radio para comprobar el funcionamiento de las instancias y la actualización de la operación booleana. El estudiante puede volver a las medidas iniciales o escoger otras, según su propio gusto.

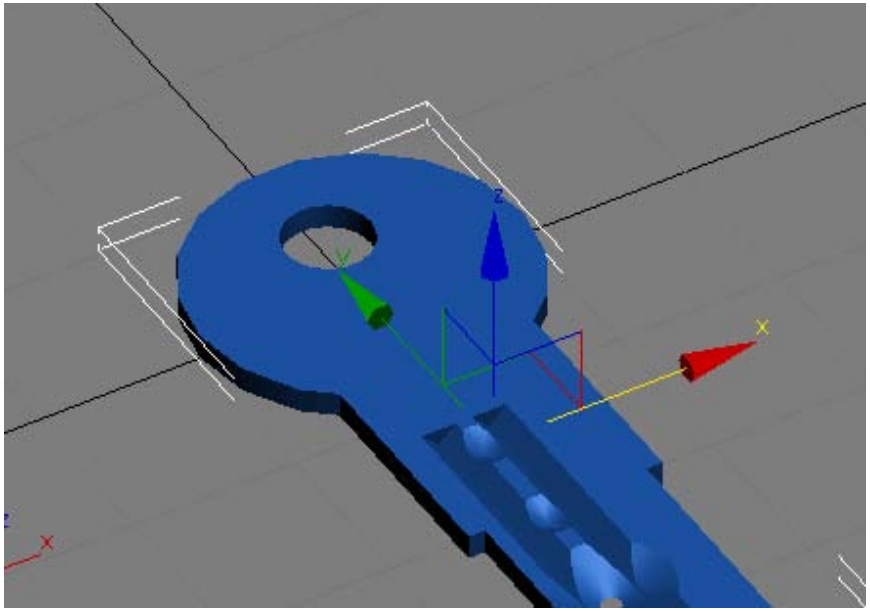


Tutorial 2. Modelado con operaciones booleanas.

Desarrollo del tutorial: paso 10 de 12

10 Finalización de la llave (I)

Debemos dibujar ahora un agujero cilíndrico en la parte superior de la llave, por donde se uniría a un llavero. Dibujamos un cilindro pequeño, con las dimensiones que queramos (excepto la dimensión Z, que debe ser igual o mayor a 1,5 para poder atravesar la llave) y la situamos centrada en los ejes X y Z. Lo movemos a la parte superior del cilindro de la llave. Para restarlo de la llave, no hace falta aplicar otro **ProBoolean**, a través del panel **Modify** podemos añadir el cilindro a los operadores mediante **Start Picking**.



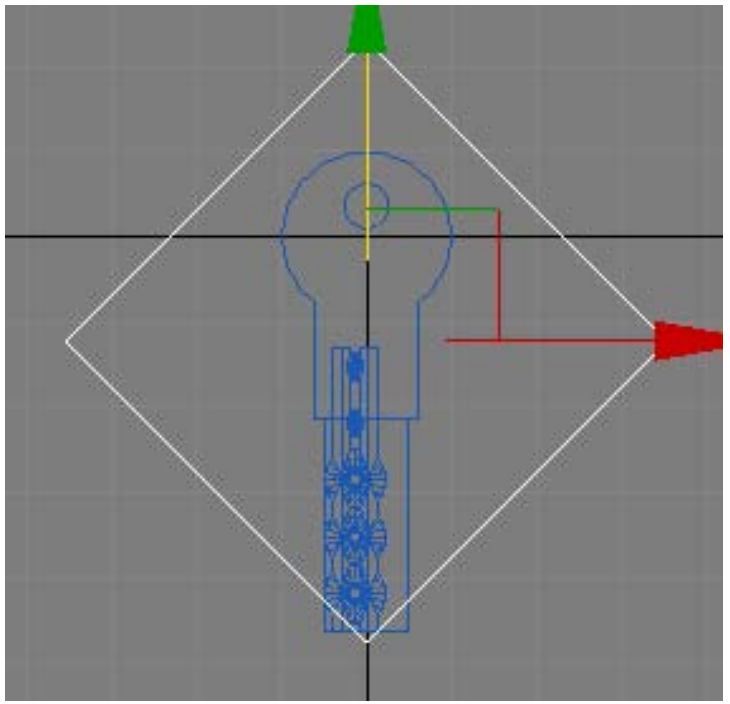
Tutorial 2. Modelado con operaciones booleanas.

Desarrollo del tutorial: paso 10 de 12

Ahora vamos a achaflanar la punta de la llave. Para ello, creamos una caja de dimensiones 50x50x10 y lo centramos en la llave sobre los 3 ejes. Procedemos a rotarla 45º sobre el eje Z. Seguidamente, la movemos mediante el Gizmo sobre el eje Y hasta que sólo sobresalgan las dos puntas inferiores de la llave (ver la imagen).

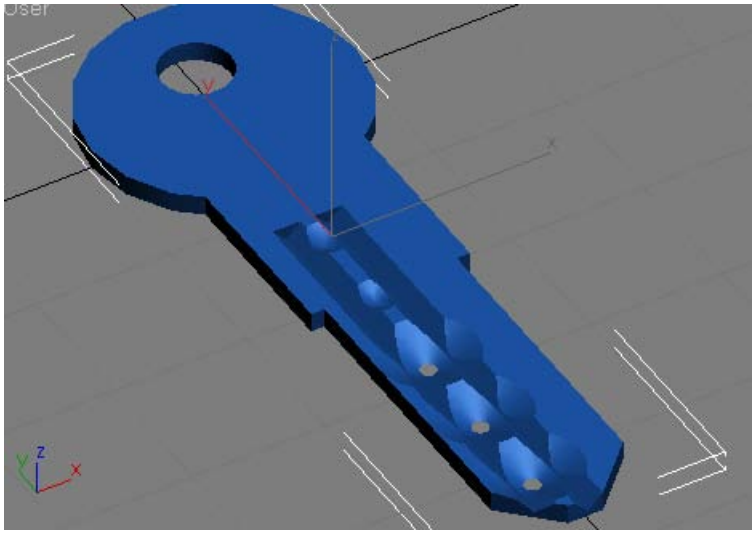
Seleccionamos de nuevo la llave y en el panel **Modify** hacemos clic sobre **ProBoolean**. Cambiamos la opción de **Subtraction** a **Intersection** (este cambio no afectará a las operaciones anteriores) y pulsamos sobre **Start Picking**.

Seguidamente, hacemos clic sobre la caja.



Tutorial 2. Modelado con operaciones booleanas.

Desarrollo del tutorial: paso 10 de 12



La operación **Intersection** mantiene aquellas zonas compartidas por ambos objetos y elimina aquellas en las que sólo existe uno de los dos. En este caso, sólo ha desaparecido la parte de la llave que estaba fuera de la caja. El resto se ha mantenido, ya que la caja era suficientemente grande como para abarcar el resto de la llave.

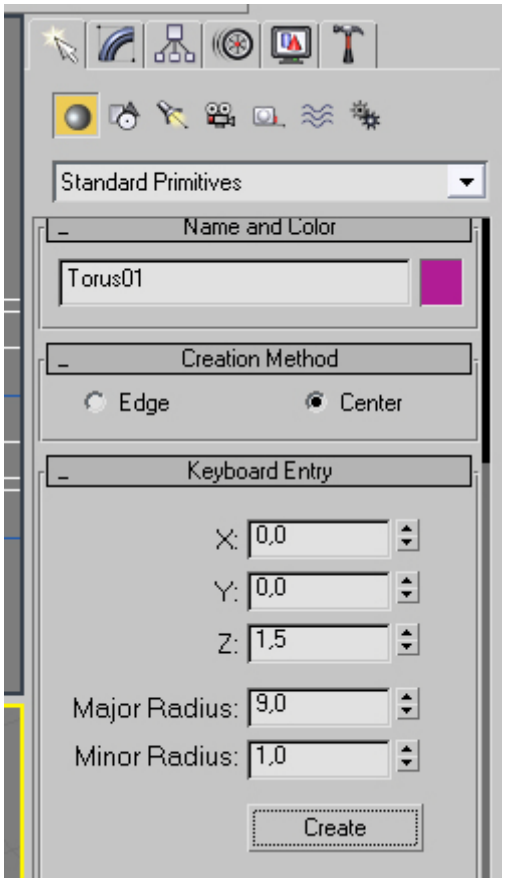
Tutorial 2. Modelado con operaciones booleanas.

Desarrollo del tutorial: paso 11 de 12

11 Finalización de la llave (II)

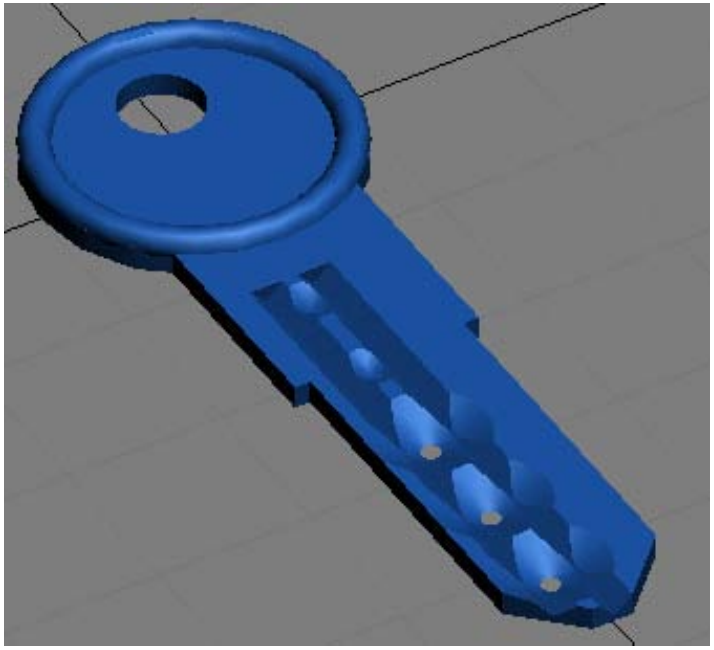
Podemos añadir algunos detalles más a la llave. Por ejemplo, podemos marcar el círculo superior uniendo un toro a la llave. Un toro (en inglés, **Torus**) es una primitiva básica que se corresponde con la forma de una rosquilla. Encontraremos el objeto **Torus** en **Standard Primitives**.

El **Torus** se define numéricamente mediante dos radios: el mayor y el menor. El radio mayor es el radio del círculo que determina el camino por el que recorrerá el otro círculo. El radio menor es el diámetro de este otro círculo. Veamos un ejemplo: creamos el toro mediante **Keyboard entry.**



Tutorial 2. Modelado con operaciones booleanas.

Desarrollo del tutorial: paso 11 de 12



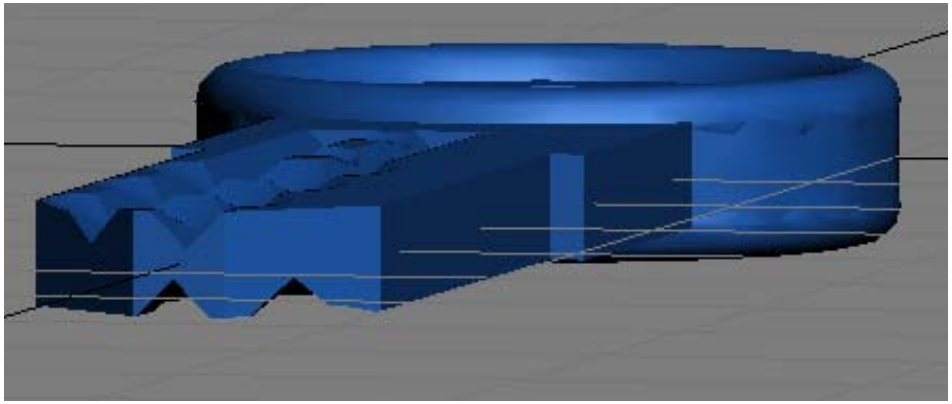
Después, accedemos a las opciones del objeto **ProBoolean** de la llave y unimos el toro al resto del objeto**.**

Tutorial 2. Modelado con operaciones booleanas.

Desarrollo del tutorial: paso 12 de 12

12 Finalización de la llave (III)

Ahora podemos crear una instancia de la llave, para completarla de manera simétrica. Rotamos esta nueva copia 180º sobre el eje Y global, y la hacemos encajar en la parte inferior de la llave original. Si hubiéramos hecho una simetría sobre el plano XY, las ranuras de la llave se hubieran repetido en la parte inferior en la misma posición que en la superior. Para que esto no suceda y las ranuras queden intercaladas, es necesario hacer una copia y rotarla.



Tutorial 2. Modelado con operaciones booleanas.

Desarrollo del tutorial: paso 12 de 12

Finalmente, agruparemos las dos mitades. Un grupo es un objeto dentro del cual hay más objetos, con la ventaja de que se pueden mover, rotar, escalar, etc. como un solo objeto. Sin embargo, y a diferencia de las operaciones booleanas, los subobjetos del grupo siguen siendo independientes y pueden modificarse por separado si es necesario. Seleccionamos las dos unidades y vamos al menú **Group / Group**. En el cuadro de diálogo que aparece, podemos cambiar el nombre del grupo. Seguidamente, aceptamos para que se cree el grupo. La ventaja de hacer un grupo en vez de un **Boolean** en este caso consiste en que ahora podemos modificar una de las dos mitades y la otra, al tratarse de una instancia, se modificará de la misma forma. De hecho, el programa no nos dejaría unir mediante una operación booleana las dos mitades, al ser una de ellas instancia de la otra.

Hemos finalizado ya la llave. Ahora el estudiante puede repasar conceptos añadiéndole (o restándole/intersecándole) detalles. También sería recomendable probar de modificar las dimensiones y los parámetros de los subobjetos que componen la llave, para habituarse a la estructura jerárquica de los objetos booleanos en el panel **Modify**. Para editar los objetos que se encuentran dentro del grupo, es necesario seleccionarlo e ir a **Group / Open**, con lo que aparecerá enmarcado por unas líneas de color rosa. Podremos trabajar de manera normal con los objetos de dentro del grupo. Para cerrarlo, seleccionamos alguno de sus objetos anidados y vamos a **Group / Close.**