



Diseño y modelado de engranajes en SolidWorks.

Por: Guillermo Malagón Zamora.

Introducción.

Sin duda alguna los engranajes son uno de los mejores sistemas de transmisión de potencia y movimiento dentro de la mecánica en todos sus niveles, pero para ser sinceros, su diseño no es muy sencillo o divertido que digamos.

Largas filas de conceptos y ecuaciones son necesarios para diseñar tan solo uno de éstos elementos tan populares dentro de la transmisión, por ello, no es necesario mencionar lo difícil que debe ser el diseñar todo un sistema manejado por tan singulares elementos. Pero ¿qué tal si les dijera que hay una manera mucho más sencilla y amigable de diseñar y construir un engranaje?, esto haría feliz a más de uno, por ello en ésta ocasión presento una forma rápida y sencilla de construir un engranaje, mediante el entorno de diseño de SolidWorks.

A lo largo de éste documento veremos de la manera más gráfica y explicada posible el cómo se puede diseñar un engranaje, tomando en cuenta solo dos de sus elementos: el módulo y el número de dientes.

Debo mencionar que si lo que te apasiona es el diseño a fondo de estos singulares amigos mecánicos, éste documento no es para ti. Pero si eres como yo, de los que pasaron horas y horas tratando de entender el cómo diseñar a estos pequeños demonios de la mecánica, entonces prepárate para dejar a un lado todo lo complejo.

Sin duda alguna, yo no pretendo hacer a un lado los años de práctica y de conocimiento que existe sobre el tema, por ello, si a ti te interesa, te recomiendo que busques los libros en los que he basado ésta pequeña guía y, si sabes inglés, chécate el video que dejaré en la bibliografía del documento, el cuál te ayudará también a diseñar los engranajes helicoidales.

Bueno espero que esta guía te ayude tanto como me ha ayudado a mí.

Contenido

Introducción.	2
Capítulo I	7
Datos importantes para el diseño de engranes en SolidWorks.	7
1.1. Módulo.....	7
1.2. Número de dientes.	8
1.3. Diámetro primitivo o circunferencia primitiva.....	8
1.4. Paso circular.....	8
1.5. Ángulo de presión.....	8
Capitulo II.	10
Diseño de engranajes en SolidWorks.	10
2.1. Generación de variables.	10
2.2. Esquemático de circunferencias del engranaje.....	15
2.3. Extrucción del engranaje.	20
2.4. Perfil del diente.....	23
Conclusión.	46
Bibliografía.	47
 <i>Ilustración 1. 1. Partes de un engranaje.</i>	9
 Ilustración 2. 1. Selección de unidades en milímetros.	10
Ilustración 2. 2 . Submenús para agregar las variables globales.	11

Ilustración 2. 3. Pestaña de variables globales dentro del cuadro de ecuaciones, variables globales y cotas.	12
Ilustración 2. 4. Adición del módulo del engranaje.....	13
Ilustración 2. 5. Inserción de la segunda variable.	14
Ilustración 2. 6. Carpeta de ecuaciones con variables globales.....	15
Ilustración 2. 7. Ecuación para diámetro pitch o circular.	16
Ilustración 2. 8. Diámetro determinado mediante la ecuación.....	17
Ilustración 2. 9. Valor controlado por ecuación.	17
Ilustración 2. 10. Ecuación de la circunferencia de cabeza.....	18
Ilustración 2. 11. Distancia controlada por la ecuación.	20
Ilustración 2. 12. Ubicación de las funciones dentro de la ventana de cota inteligente.	20
Ilustración 2. 13. Función if para determinar la distancia entre circunferencias.	20
Ilustración 2. 14. Cotas controladas por ecuaciones.....	20
Ilustración 2. 15. Operación de extrucción.....	21
Ilustración 2. 16. Se selecciona el diámetro exterior para extruir todos los círculos.	21
Ilustración 2. 17. Se debe seleccionar “plano medio” para que la extrucción se adapte a nuestras necesidades.	22
Ilustración 2. 18. Espesor deseado para la extrucción.....	23
Ilustración 2. 19. Generación de un croquis dentro del plano Alzado.	24
Ilustración 2. 20. Generación de línea constructiva desde el origen, hasta la parte superior de la circunferencia.	24
Ilustración 2. 21. Selección del arco 3 puntos para el coquizado.....	25

Ilustración 2. 22. Al seleccionar la herramienta de simetría de entidades, daremos clic sobre el arco y haremos la simetría con respecto a la línea de construcción que dibujamos anteriormente.	25
Ilustración 2. 23. Para hacer visible el primer croquis, seleccionamos la operación de extrucción y damos clic derecho sobre el croquis, al seleccionar los lentes, el dibujo se hará visible.	26
Ilustración 2. 24. Se selecciona la operación convertir entidades y después el arco base para trabajar en el croquis.	27
Ilustración 2. 25. Coincidencia de los arcos con la circunferencia base.	28
Ilustración 2. 26. Recorte de la circunferencia, para dejar el segmento que une a los arcos.	28
Ilustración 2. 27. Generación de la equidistancia de 1mm.	29
Ilustración 2. 28. Creación de la coincidencia entre el punto superior del arco y la nueva circunferencia.	30
Ilustración 2. 29. Recorte del excedente de la circunferencia.	30
Ilustración 2. 30. Una vez que hagamos visible el primer croquis, dibujamos una línea constructiva debajo del diámetro pitch, cuidando que aparezca el cuadro amarillo a un costado de la línea, el cual indica que esta es horizontal.	31
Ilustración 2. 31. Se crea una intersección entre el punto inicial de la línea, el arco de la izquierda y el diámetro pitch.	32
Ilustración 2. 32. Se crea la misma operación, pero ahora con el punto final de la recta, el arco derecho y el diámetro pitch.	32
Ilustración 2. 33. Línea de tensión para el arco.	33
Ilustración 2. 34. La tensión se da, creando una tangencia entre la línea constructiva y el arco.	34
Ilustración 2. 35. Línea constructiva para el ángulo de presión.	34
Ilustración 2. 36. La línea y el arco deberán de ser tangentes.	35

Ilustración 2. 37. Es importante el asegurar que hay una coincidencia entre la línea y el punto.....	35
Ilustración 2. 38. El ángulo entre la línea que generamos y la línea central deberá de ser de 20°.....	36
Ilustración 2. 39. Línea de referencia para introducir el número de dientes. ...	37
Ilustración 2. 40. Cota conducida por ecuación y con variables globales.....	38
Ilustración 2. 41. Creación de la línea que representa el arco del diente.	38
Ilustración 2. 42. Debemos hacer que la línea que representa el centro del diente y la línea que representa su anchura sean perpendiculares.	39
Ilustración 2. 43. Al hacer que estas líneas sean iguales, el croquis se define por completo.	39
Ilustración 2. 44. La operación de corte deberá tener activadas ambas carillas de dirección y, la condición final deberá ser “Por todo” en ambas.	40
Ilustración 2. 45. Al definir la operación con una ecuación, nos aseguramos que la medida se modifique al cambiar los valores de las variables globales.....	41
Ilustración 2. 46. Dentro de la operación de “Matriz lineal” , seleccionaremos la opción de “Matriz circular”	42
Ilustración 2. 47. Para la selección del eje para la matriz, cualquiera de los tres elementos señalados es correcto.	43
Ilustración 2. 48. En la pestaña de “Operaciones para la matriz” elegiremos las dos últimas de nuestro árbol de operaciones.....	43
Ilustración 2. 49. En la casilla de “Número de instancias” colocamos la variable de “Número de dientes” . Es importante que la casilla “Separación igual” esté activada.....	44
Ilustración 2. 50. Engranaje modelado en SolidWorks, mediante ecuaciones.	45

Capítulo I

Datos importantes para el diseño de engranes en SolidWorks.

1.1. Módulo.

El **módulo** (**m**) de un engranaje, es la relación que existe entre el diámetro primitivo y el número de dientes, que es el mismo que la relación entre el paso y π .

Para que dos engranajes puedan engranar deben de tener el mismo módulo.

El valor del módulo se puede determinar, ya sea en base al diámetro o circunferencia primitiva (**d**) o en caso de no contar con éste dato, también se puede calcular en base al diámetro exterior del engranaje (el cual se obtiene midiéndolo directamente del engranaje con un vernier) y el número de dientes del mismo.

Una vez mencionado lo anterior, tenemos que:

$$m = \frac{p}{\pi} = \frac{d}{z} = \frac{D_e}{z + 2}$$

Donde:

m = Módulo.

d = Circunferencia o diámetro primitivo.

D_e = Diámetro exterior.

z = Número de dientes.

p = Paso circular.

1.2. Número de dientes.

El **número de dientes** (z) por su parte, es el número total de dientes de la corona del engranaje en toda su circunferencia. Éste es uno de los datos (junto al módulo) necesarios para el diseño de engranajes en la plataforma de diseño de SolidWorks, por lo que es de gran importancia el tener muy presente cuál será el número de dientes que se desea para el engranaje.

1.3. Diámetro primitivo o circunferencia primitiva.

Éste término se refiere a la circunferencia a lo largo de la cual engranan los dientes del engranaje. Para el diseño de engranajes mediante cálculos, éste es el dato más importante, ya que con relación a la circunferencia primitiva se determinan todas las características que definen los diferentes elementos de los dientes del engranaje, sin embargo, para el diseño en SolidWorks no es un dato necesario.

1.4. Paso circular.

El **paso circular** (p) es el arco de circunferencia sobre la circunferencia primitiva entre los centros de los dientes consecutivos. Es una manera más práctica de definir el tamaño del diente, relacionándolo con el diámetro de la circunferencia de paso o primitiva.

1.5. Ángulo de presión.

Es el ángulo que forma la línea de engrane con la tangente a las dos circunferencias primitivas, en un par de engranajes. Su valor normalizado más común es de 20° , si empleamos otro distinto es probable que tengamos más problema a la hora de buscar nuestros engranajes. Reducir este ángulo es una forma de evitar la temida interferencia. Tratando engranajes helicoidales, se establece un

ángulo de presión normal ϕ_n que equivale al ángulo de presión de los engranajes rectos, y el tangencial ϕ_t medido en la sección transversal del engranaje.

A continuación se presenta una imagen con la que se podrán identificar los elementos antes mencionados.

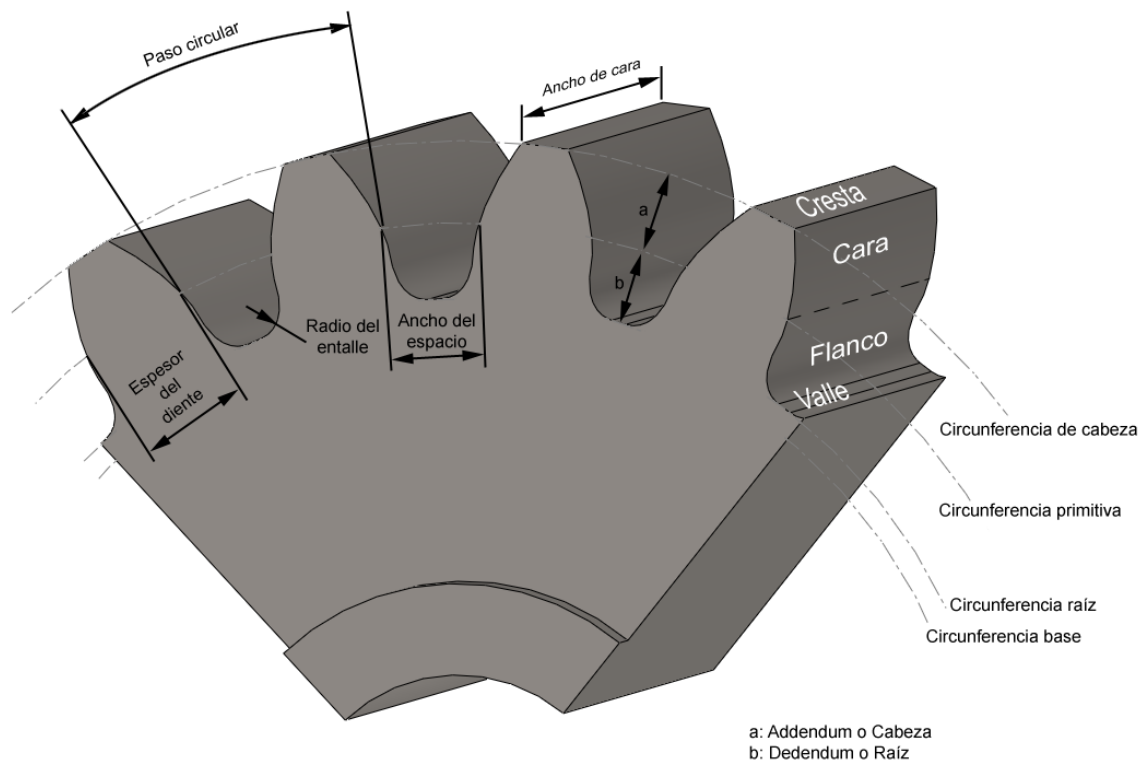


Ilustración 1. 1. Partes de un engranaje.

Capítulo II.

Diseño de engranajes en SolidWorks.

A lo largo de este capítulo, se mostrará de la manera más detallada posible el cómo crear un engranaje en SolidWorks mediante la aplicación de fórmulas dentro del entorno.

Para comenzar a crear el engranaje, se recomienda el crear las piezas en milímetros (tomando en cuenta que si introducimos cualquier otra unidad, si elegimos desde un principio MMGS, SolidWorks hará automáticamente la conversión) tal y como se muestra en la Ilustración 2.1.

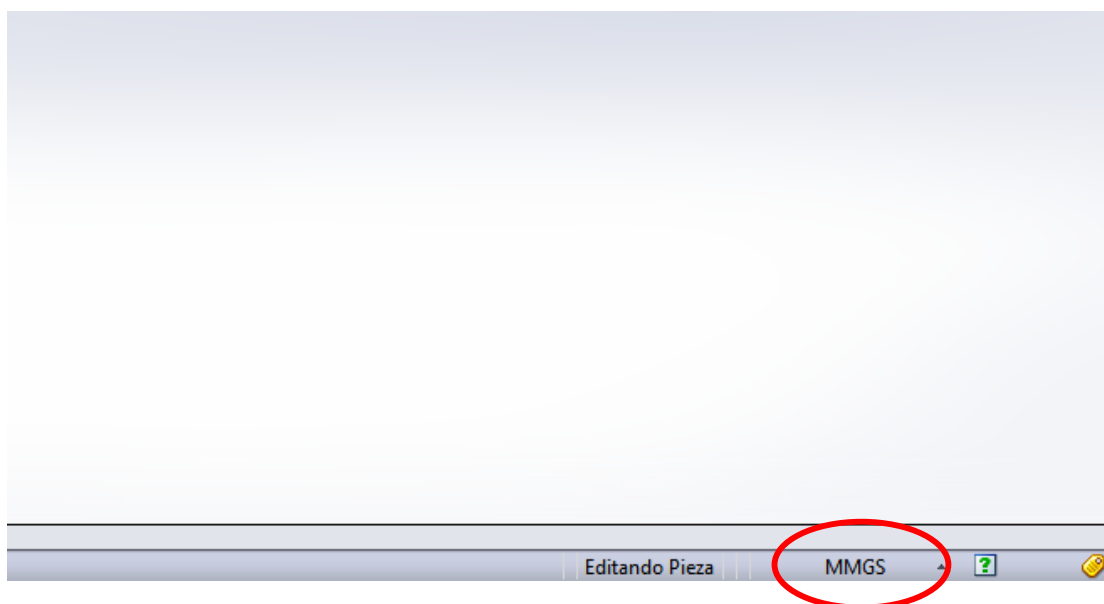


Ilustración 2. 1. Selección de unidades en milímetros.

2.1. Generación de variables.

A continuación, daremos de alta las variables globales que utilizaremos a lo largo de nuestro diseño, que en nuestro caso serán dos: **Módulo y Número de dientes.**

Para dar de alta estos datos como variables globales dentro del programa, debemos agregar la carpeta de ecuaciones dentro del árbol de operaciones, para ello, iremos a la parte superior del mismo y haremos clic derecho con el mouse sobre el nombre de la pieza para desplegar un menú, después moveremos el cursor sobre la opción de “**Elementos ocultos del árbol**”, después iremos con el cursor sobre la carpeta de “**Ecuaciones**” y sobre la opción de “**Administrar ecuaciones**”. Tal y como se muestra en la Ilustración 2.2.

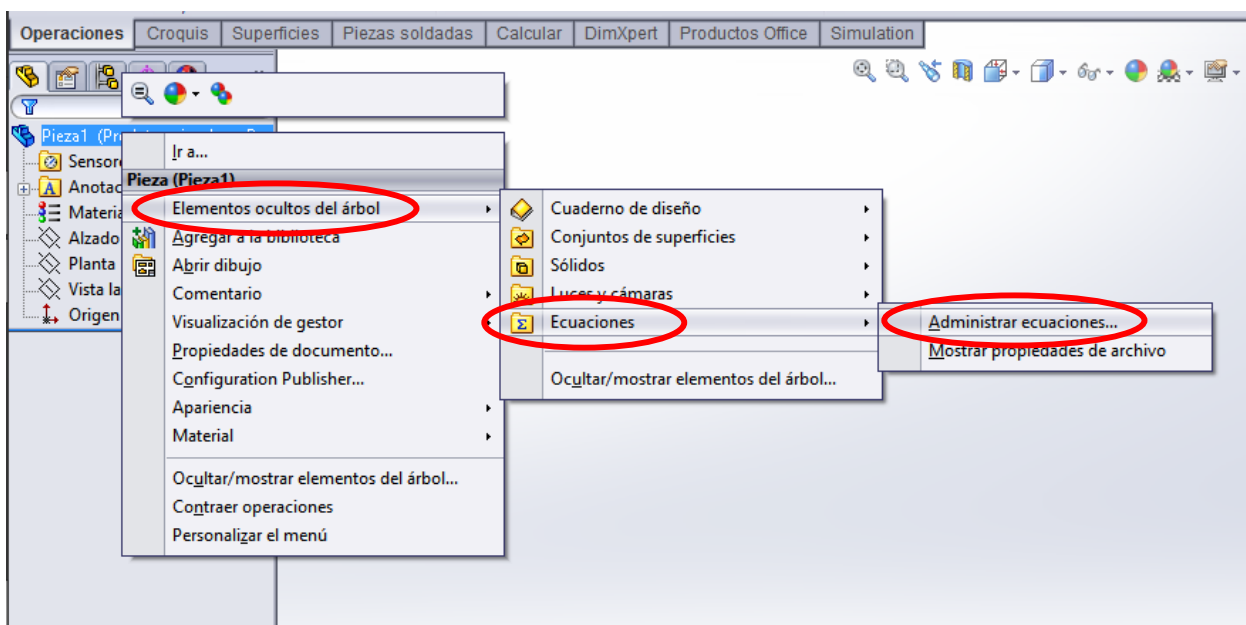


Ilustración 2. 2 . Submenús para agregar las variables globales.

Una vez que damos clic sobre la pestaña de Administrar ecuaciones, se desplegará un ventana de nombre “**Ecuaciones, variables globales y cotas**”, en la cual agregaremos los datos con los que vamos a trabajar.

Como los datos con los que contamos corresponden a variables globales, será únicamente ésta la pestaña que utilizaremos, ya que las ecuaciones que se vayan añadiendo a lo largo del diseño del engranaje en los sketches, se agregarán automáticamente a la pestaña correspondiente a las ecuaciones, tal y como se muestra en la Ilustración 2.3.

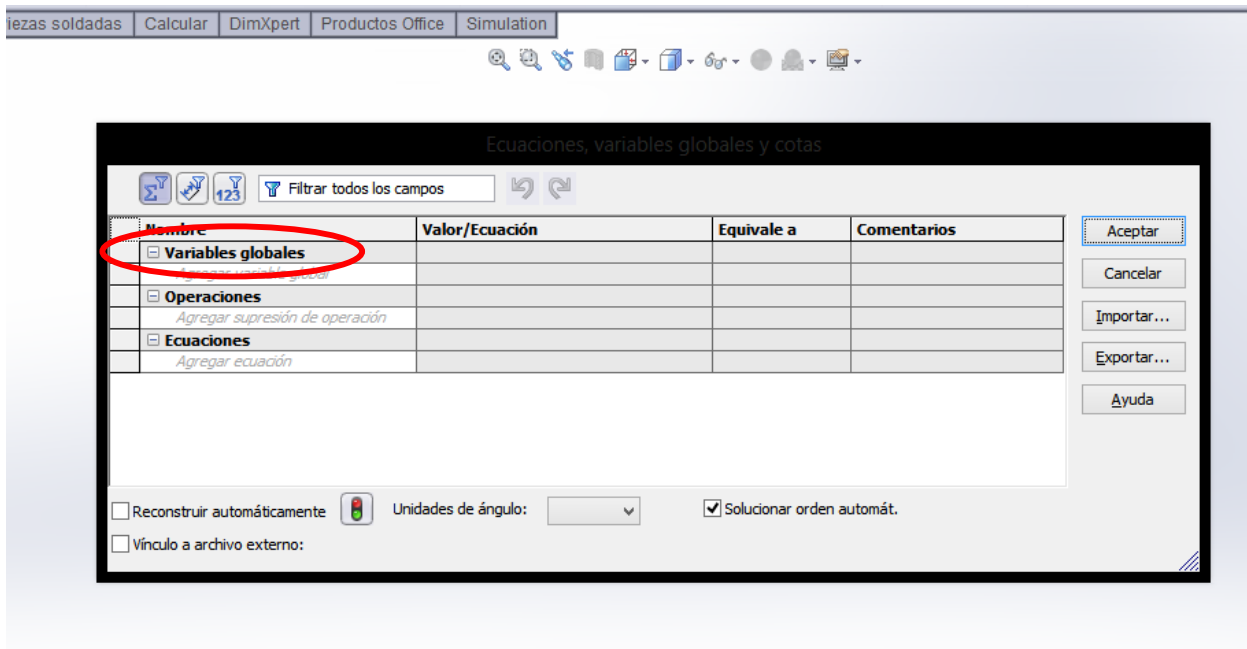


Ilustración 2. 3. Pestaña de variables globales dentro del cuadro de ecuaciones, variables globales y cotas.

Para agregar los datos, daremos clic debajo de la pestaña de variables globales e insertaremos el nombre de nuestra primer variable, que en éste caso, será el módulo. Una vez hecho esto presionaremos la tecla “**TAB**” y agregaremos el valor numérico del módulo (en éste caso 2 mm), tal y como se observa en la Ilustración 2.4.

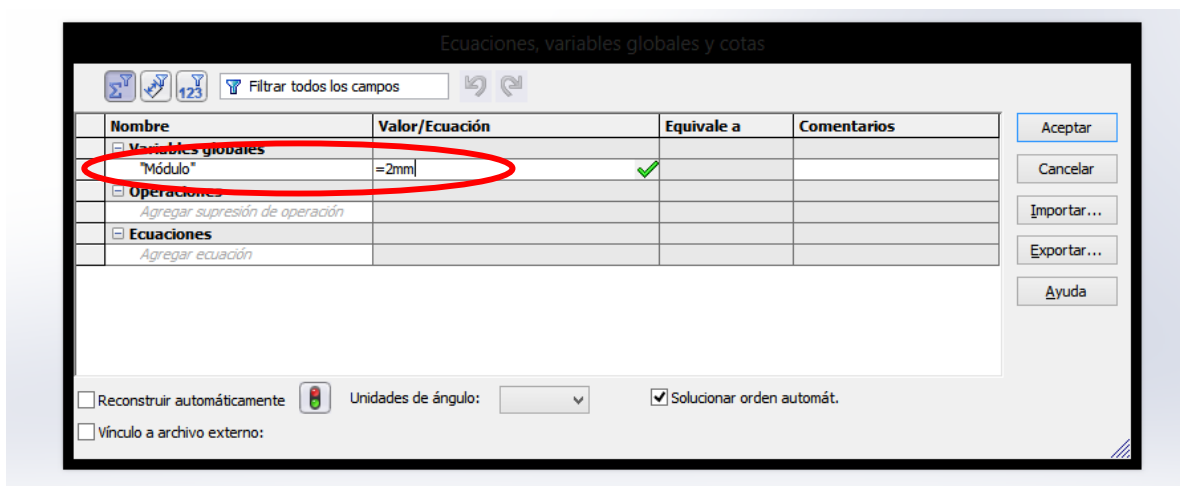


Ilustración 2. 4. Adición del módulo del engranaje.

Es importante saber que al momento de dar de alta valores numéricos, podemos agregar la unidad con la que deseamos trabajar (o sea, que podemos utilizar múltiples unidades), ya sea milímetros, centímetro, pulgadas, etc.

Una vez agregado el valor del módulo, presionamos la tecla TAB y, damos clic debajo del módulo, para así poder agregar nuestro siguiente valor (en éste caso el número de dientes), que como es un número de la variable, no es necesario el indicar unidades, como se observa en la Ilustración 2.5.

Ecuaciones, variables globales y cotas

Nombre	Valor/Ecuación	Equivale a	Comentarios
Variables globales			
Módulo	= 2mm	2mm	
Número de dientes	= 25	25	
<i>Agregar variable global</i>			
Operaciones			
<i>Agregar supresión de operación</i>			
Ecuaciones			
<i>Agregar ecuación</i>			

☐ Reconstruir automáticamente

Unidades de ángulo:

☒ Solucionar orden automát.

Aceptar

Cancelar

Importar...

Exportar...

Ayuda

Ilustración 2. 5. Inserción de la segunda variable.

Luego de haber incorporado nuestras variables, daremos clic en aceptar para salir de la ventana. Una vez que regresemos a la plataforma principal, notaremos que en árbol de operaciones, ahora está la carpeta de ecuaciones, en donde encontraremos nuestras variables como podemos observar en la Ilustración 2.6.

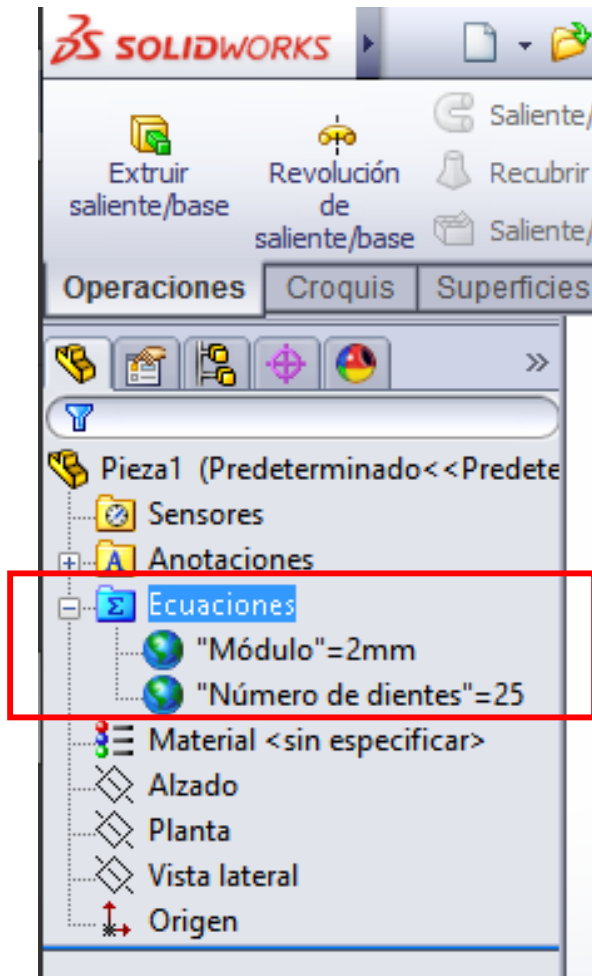


Ilustración 2. 6. Carpeta de ecuaciones con variables globales.

2.2. Esquematzado de circunferencias del engranaje.

Ahora bien, una vez que tenemos la carpeta de ecuaciones pasaremos a crear tres circunferencias en un croquis, cuyos diámetros estarán dados por medio de ecuaciones, las que a su vez estarán basadas en nuestras variables.

El primero de los círculos que crearemos, será el paso circular o diámetro pitch el cual está determinado por la siguiente ecuación:

$$P_d = \text{"Módulo"} * \text{"Número de dientes"}$$

Para poder introducir la ecuación dentro de SolidWorks como medida del diámetro, debemos primeramente, dibujar el círculo, luego con la herramienta de cota inteligente seleccionamos el círculo, pero en vez de teclear un número, tecleamos el signo “igual” (=). Al hacer esto SolidWorks nos dará varias opciones para introducir datos, tales como **Propiedades de archivo, Funciones y Variables globales**. Seleccionando la pestaña de variables globales, podremos ver los datos que introducimos anteriormente, de esta manera podremos introducir la ecuación correspondiente, tal y como vemos en la Ilustración 2.7.

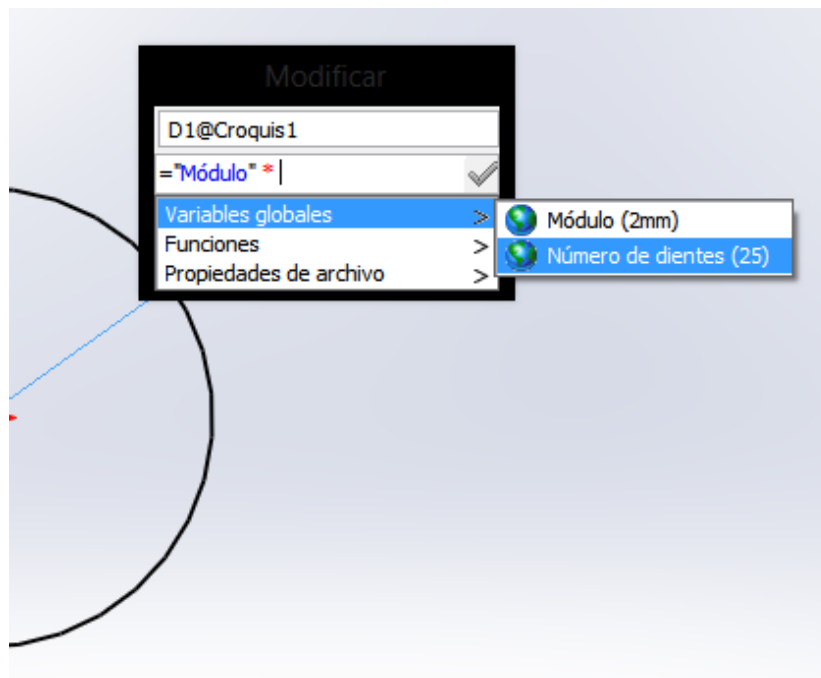


Ilustración 2. 7. Ecuación para diámetro pitch o circular.

Una vez que introducimos la ecuación, presionamos la flecha verde que se encuentra a un costado de la ecuación, para verificar el diámetro que el programa calculó (como se observa en la Ilustración 2.8).

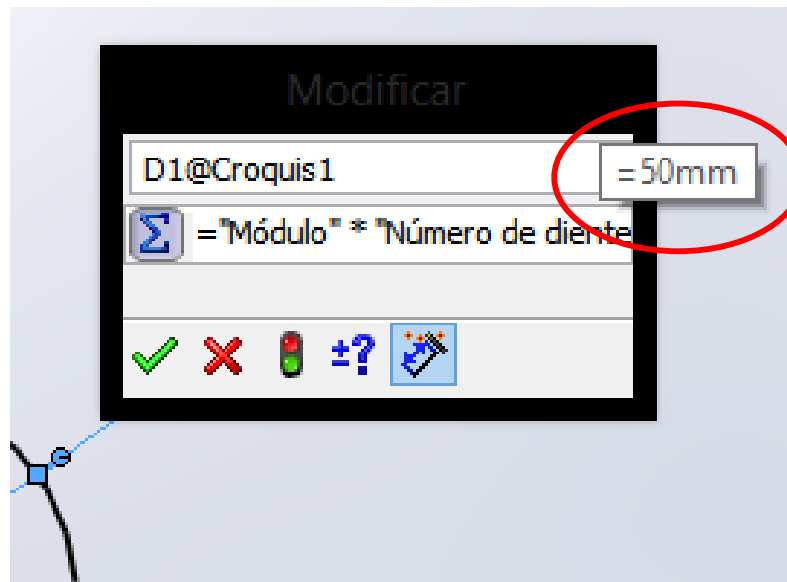


Ilustración 2. 8. *Diámetro determinado mediante la ecuación.*

Al completar el proceso, notaremos que la cota no es como comúnmente la conocemos, sino que, al principio de ésta se encuentra un símbolo en color rojo. Esto nos indica que la cota está controlada por una ecuación. Esto lo podemos observar en la Ilustración 2.9.



Ilustración 2. 9. *Valor controlado por ecuación.*

El siguiente paso será el de dibujar la segunda circunferencia, la cual corresponde a la **circunferencia de cabeza** o **diámetro externo**, el cuál será determinado por la siguiente ecuación:

$$D_e = ("Número\ de\ dientes" + 2) * "Módulo"$$

Al igual que en la circunferencia anterior, la ecuación para controlar el diámetro será introducida en una cota inteligente, comenzando con el símbolo de igual y seguido por la ecuación antes mencionada, tal y como podemos observar en la Ilustración 2.10.

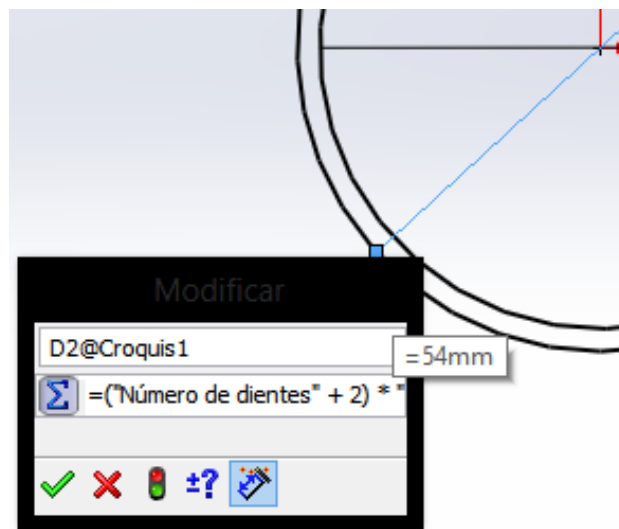


Ilustración 2. 10. Ecuación de la circunferencia de cabeza.

La última de las circunferencias que dibujaremos, es la circunferencia de raíz, a la cual controlaremos con la siguiente ecuación para su diámetro:

$$C_r = "Módulo" * if("Módulo" => 1.25, 2.25, 2.4)$$

Esta ecuación presenta algunos aspectos importantes. El primero de ellos es que la ecuación no controlará al diámetro de manera directa como en los casos anteriores, sino que, será la distancia entre la circunferencia de cabeza y la circunferencia de raíz (Ilustración 2.11).

El otro aspecto a considerar es que en la ecuación encontramos una condicional (en este caso es un **if**). Esta condicional, la encontramos en la ventana de cota inteligente, debajo de la pestaña de variables globales con el nombre de **“Funciones”** (Ilustración 2.12).

Ahora bien, la condicional **if** cuenta con tres estados: **comparación, verdadero** y **falso**. La comparación es la condicional en sí; esta se encarga de evaluar el dato entre los estados “verdadero” y “falso” para así realizar la operación. Una vez dicho esto, en nuestra fórmula tenemos que: *“Si el módulo es mayor o igual a 1.25, el programa lo multiplicará por 2.25; de ser menor a 1.25, entonces el programa lo multiplicará por 2.4 (Ilustración 2.13).”*

Una vez introducida la ecuación, notaremos que todas nuestras cotas están controladas por una ecuación (Ilustración 2.14), por lo que, de desearlo, podremos hacer cambios en la carpeta de ecuaciones (módulo y número de dientes) y el programa ajustará las ecuaciones de forma automática.

El siguiente paso será el extruir nuestro engranaje, para así poder hacer el perfil del diente del mismo.

Lo anteriormente mencionado se muestra en la siguiente tabla de ilustraciones.

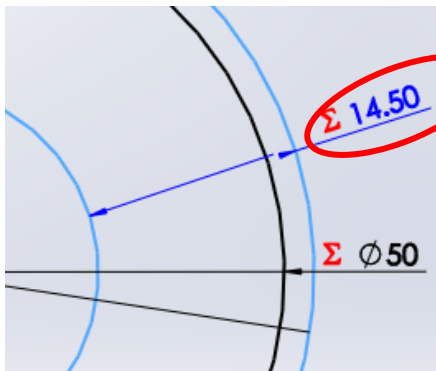


Ilustración 2.11. Distancia controlada por la ecuación.

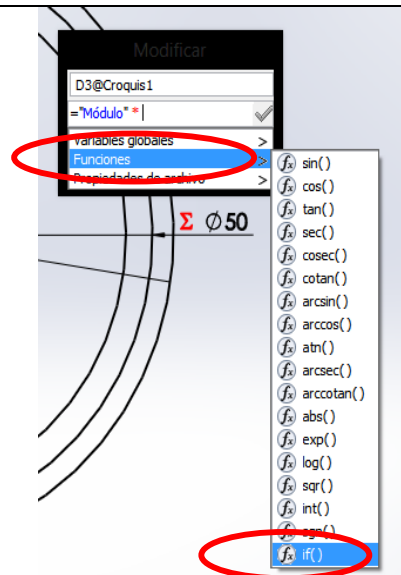


Ilustración 2.12. Ubicación de las funciones dentro de la ventana de cota inteligente.

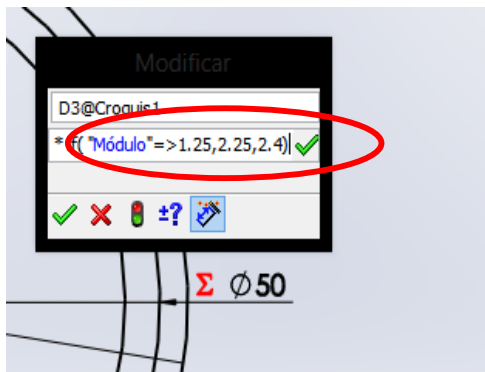


Ilustración 2.13. Función if para determinar la distancia entre circunferencias.

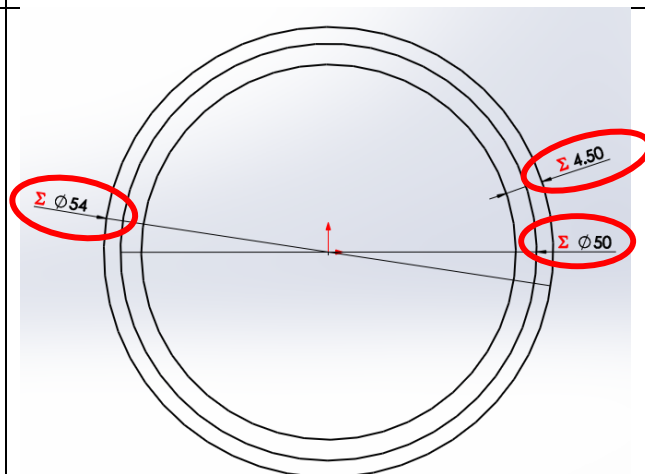


Ilustración 2.14. Cotas controladas por ecuaciones.

2.3. Extrucción del engranaje.

Para extruir la pieza, iremos a la ventana de operaciones con el croquis abierto y seleccionaremos la operación de **Extruir saliente/base** (Ilustración 2.15).

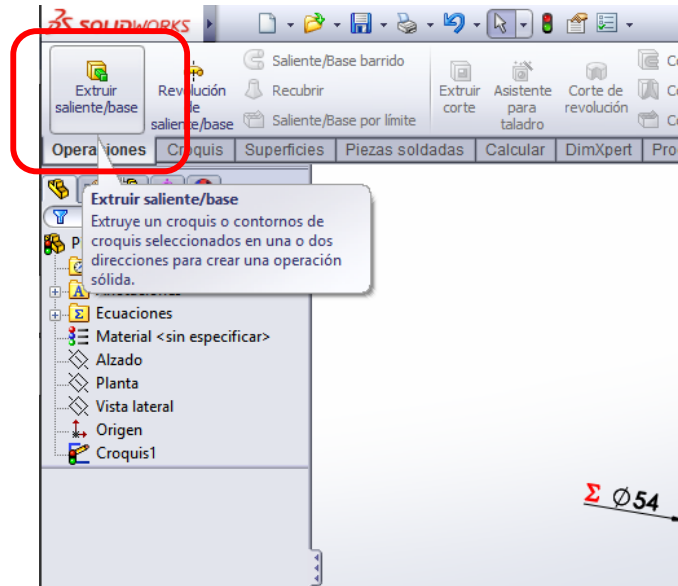


Ilustración 2. 15. Operación de extrucción.

Una vez que hayamos seleccionado la operación, el programa nos pedirá que seleccionemos un contorno para realizar la operación, debido a que nuestro dibujo contiene tres contornos diferentes (cada uno de los tres círculos). Para seleccionar los tres contornos juntos, daremos clic sobre el diámetro exterior como se muestra a continuación en la Ilustración 2.16.

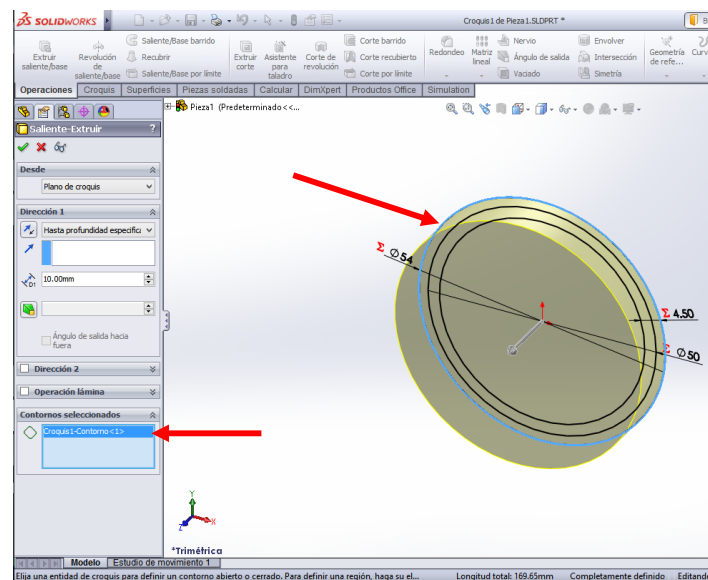


Ilustración 2. 16. Se selecciona el diámetro exterior para extruir todos los círculos.

Hecho lo anterior, deberemos seleccionar la pestaña de condiciones finales dentro de la dirección de extrucción y seleccionar la opción de **plano medio**, para que la extrucción sea equidistante en ambas direcciones a partir del centro (Ilustración 2.17).

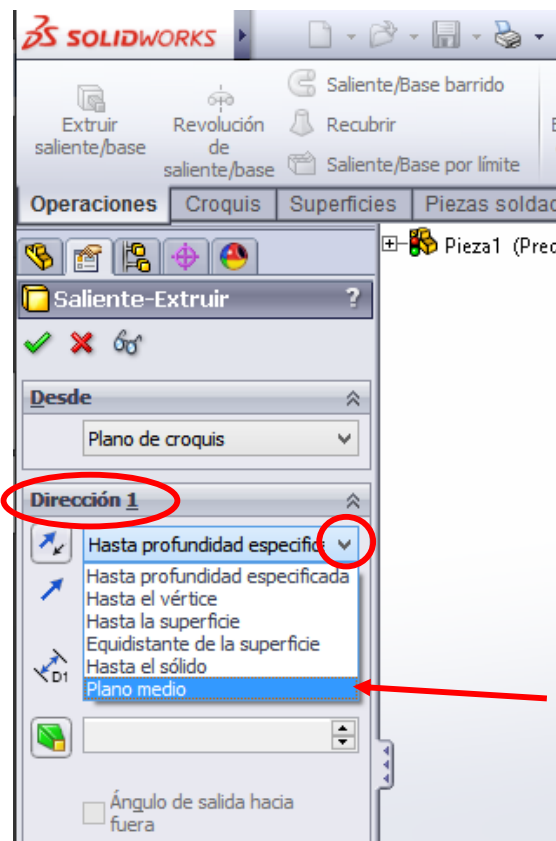


Ilustración 2. 17. Se debe seleccionar “plano medio” para que la extrucción se adapte a nuestras necesidades.

Por último, deberemos de dar el espesor deseado para el engranaje, que en éste caso será de 20 mm, fijándonos de que la dirección de la extrucción esté seleccionada en “**Plano medio**”. De esta manera, terminaremos con la extrucción de la pieza (Ilustración 2.18).

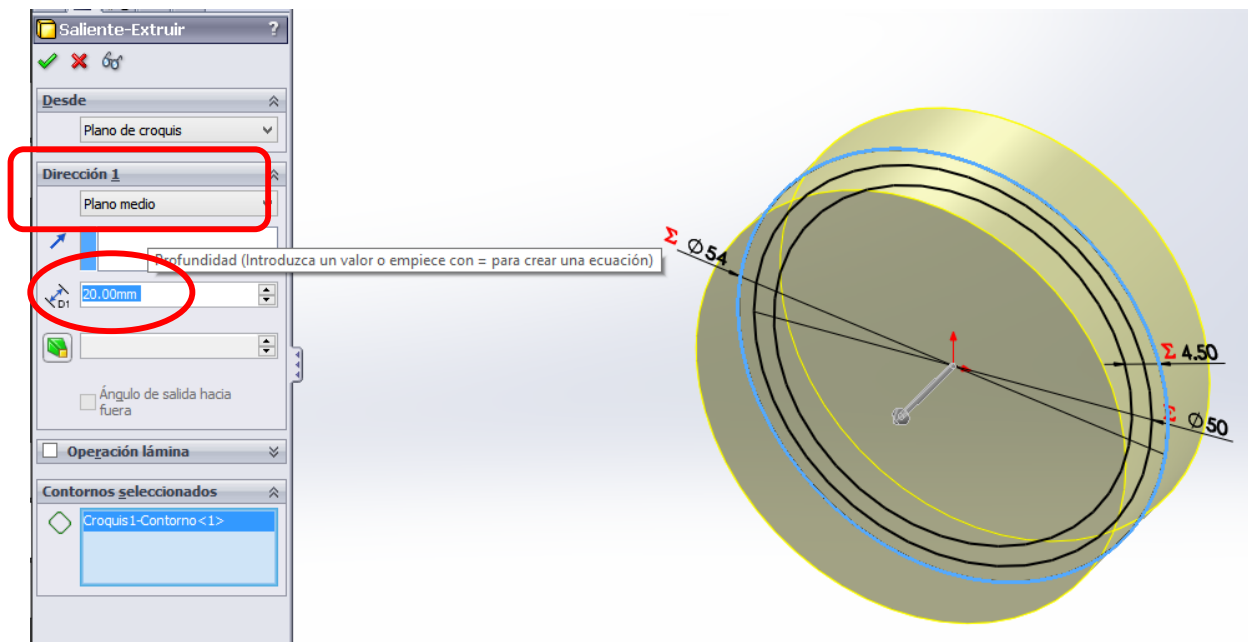


Ilustración 2. 18. Espesor deseado para la extrucción.

2.4. Perfil del diente.

La parte final para el diseño del engranaje, es el perfilado del diente.

El primer paso para perfilar el diente es seleccionar el plano de planta y generar un croquis en él, luego de esto dibujaremos una línea constructiva desde el origen, hasta la parte superior de nuestra circunferencia (para lo cual deberemos de fijarnos bien que se marque el rombo que representa uno de los 4 puntos del círculo), tal y como se muestra en las siguientes ilustraciones.

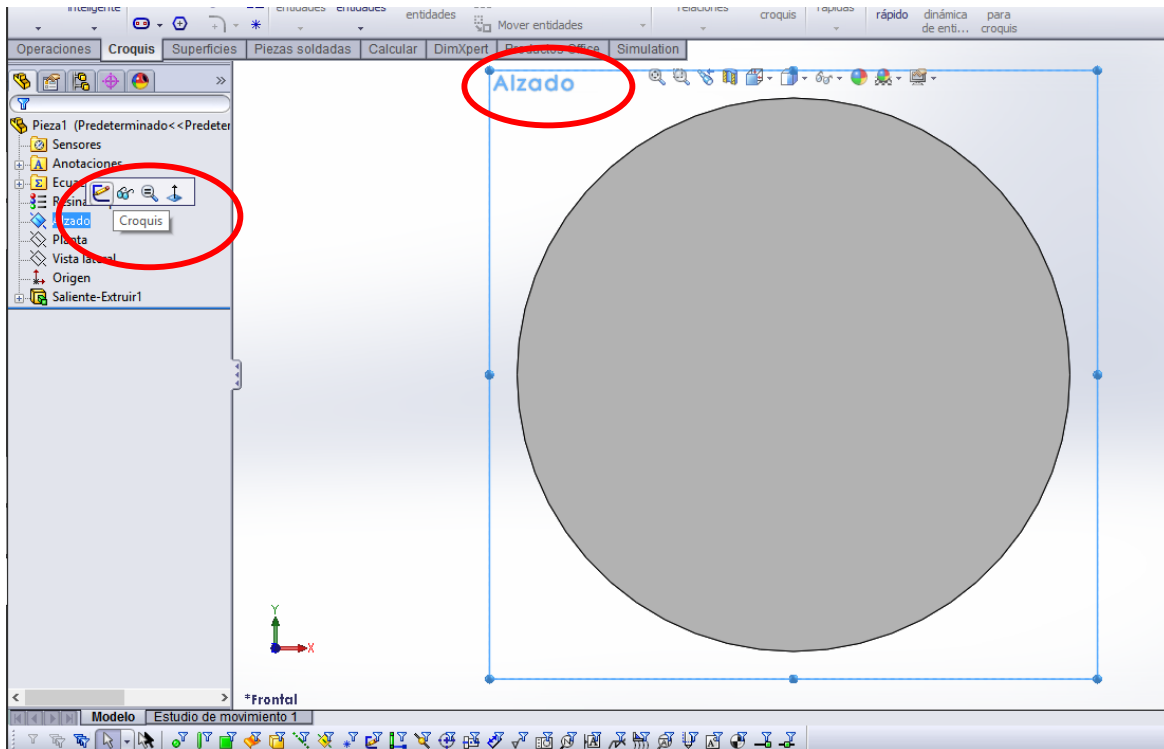


Ilustración 2. 19. Generación de un croquis dentro del plano Alzado.

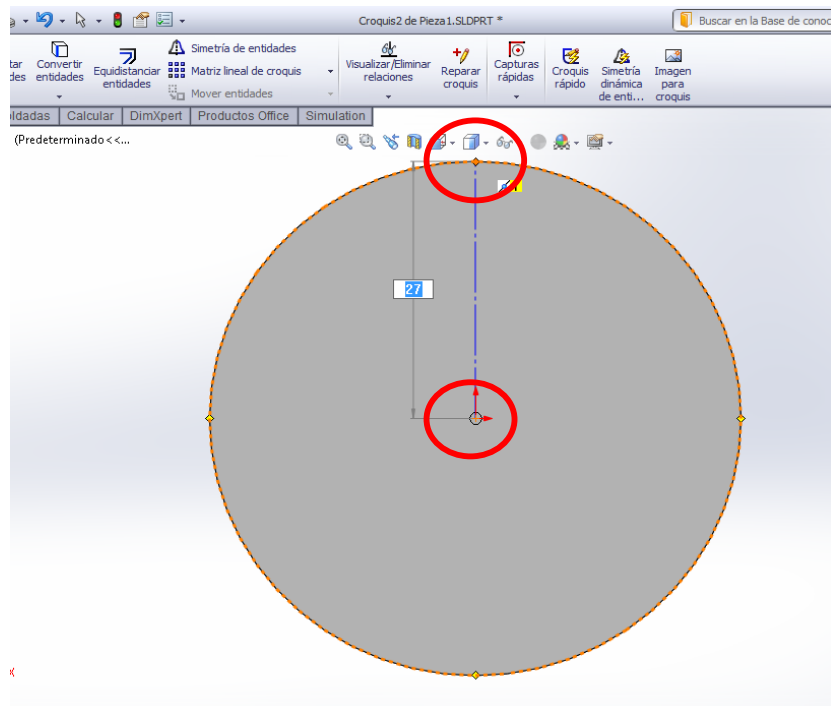


Ilustración 2. 20. Generación de línea constructiva desde el origen, hasta la parte superior de la circunferencia.

El siguiente paso será dibujar un arco de tres puntos en la parte superior a un costado de la línea de construcción y con la herramienta de croquis **“Simetría de entidades”** hacer la simetría hacia el otro lado. Las medidas en éste punto no son importantes, ya que el croquis se irá definiendo más adelante.

Las Ilustraciones 2.21 y 2.22 nos muestran la manera en la que se dibujará el arco.

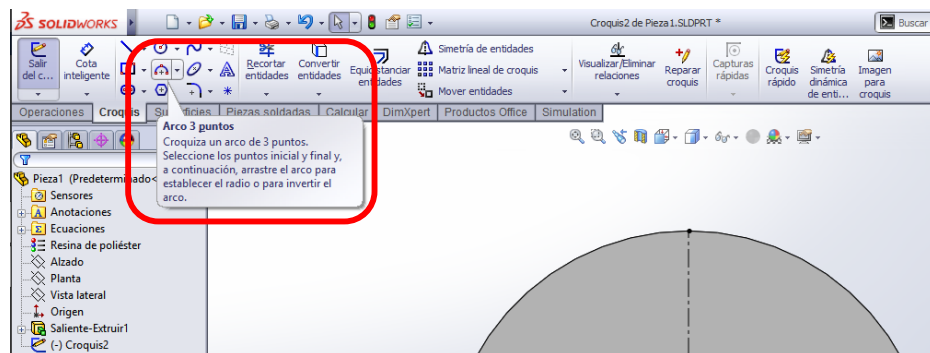


Ilustración 2. 21. Selección del arco 3 puntos para el coquizado.

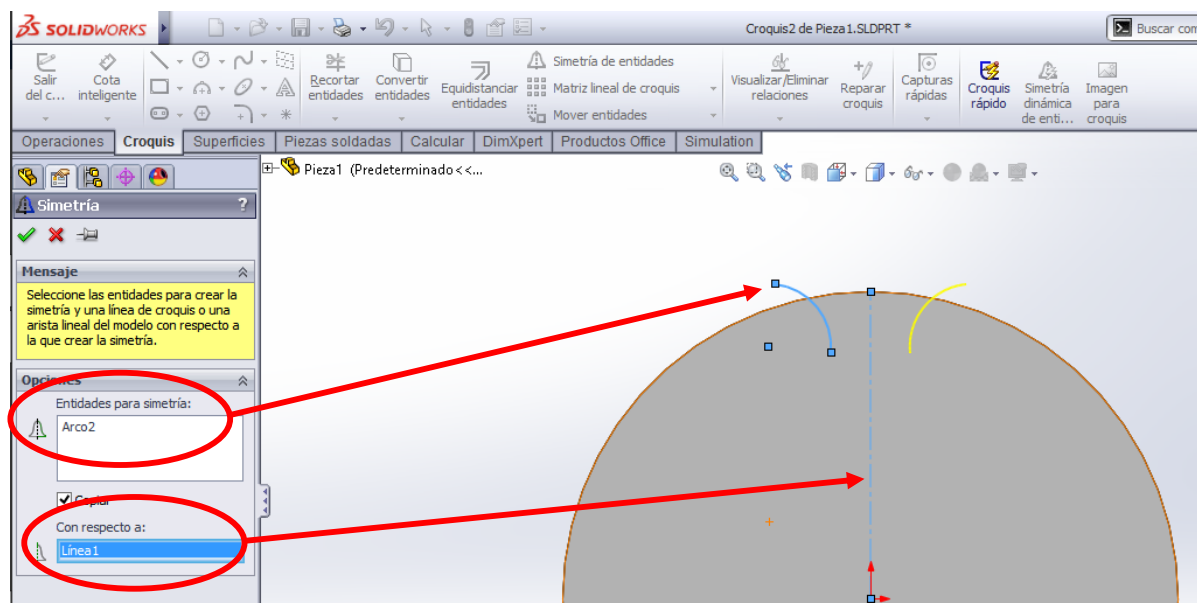


Ilustración 2. 22. Al seleccionar la herramienta de simetría de entidades, daremos clic sobre el arco y haremos la simetría con respecto a la línea de construcción que dibujamos anteriormente.

Ahora bien, como necesitamos la circunferencia base (la cual coquizamos en la primera parte), ahora deberemos de ir al árbol de operaciones y hacer visible el croquis anterior, luego con la herramienta “**Convertir entidades**” seleccionaremos la circunferencia base (el círculo más pequeño), para así poder utilizarlo en el croquis con el que se está trabajando. Las Ilustraciones 2.23 y 2.24 lo mostrarán de mejor manera.

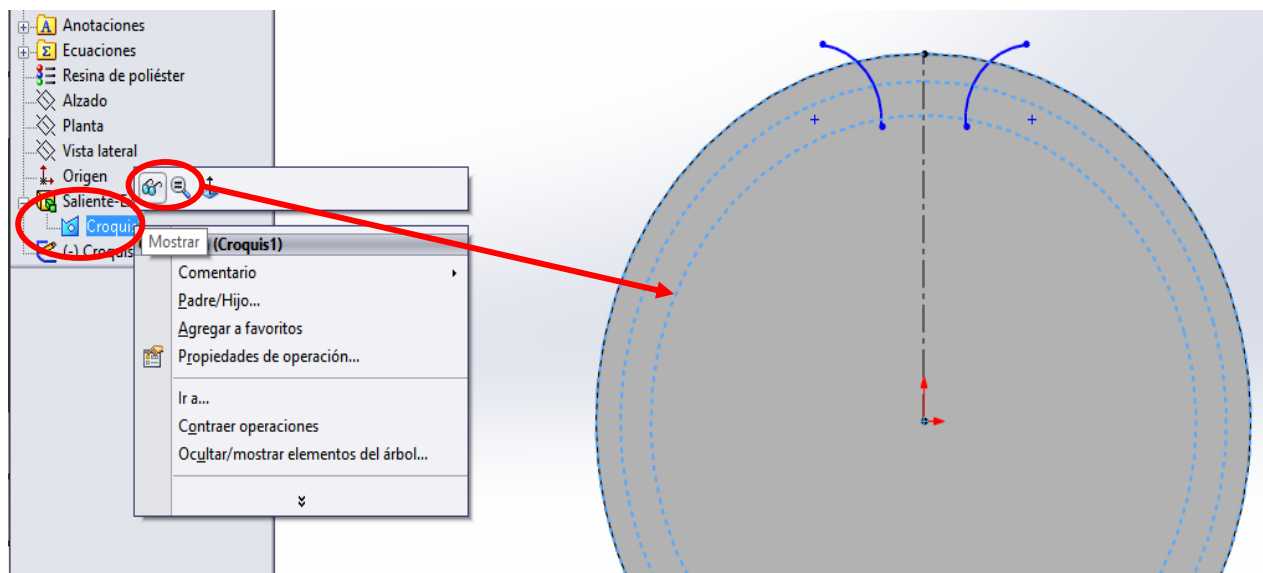
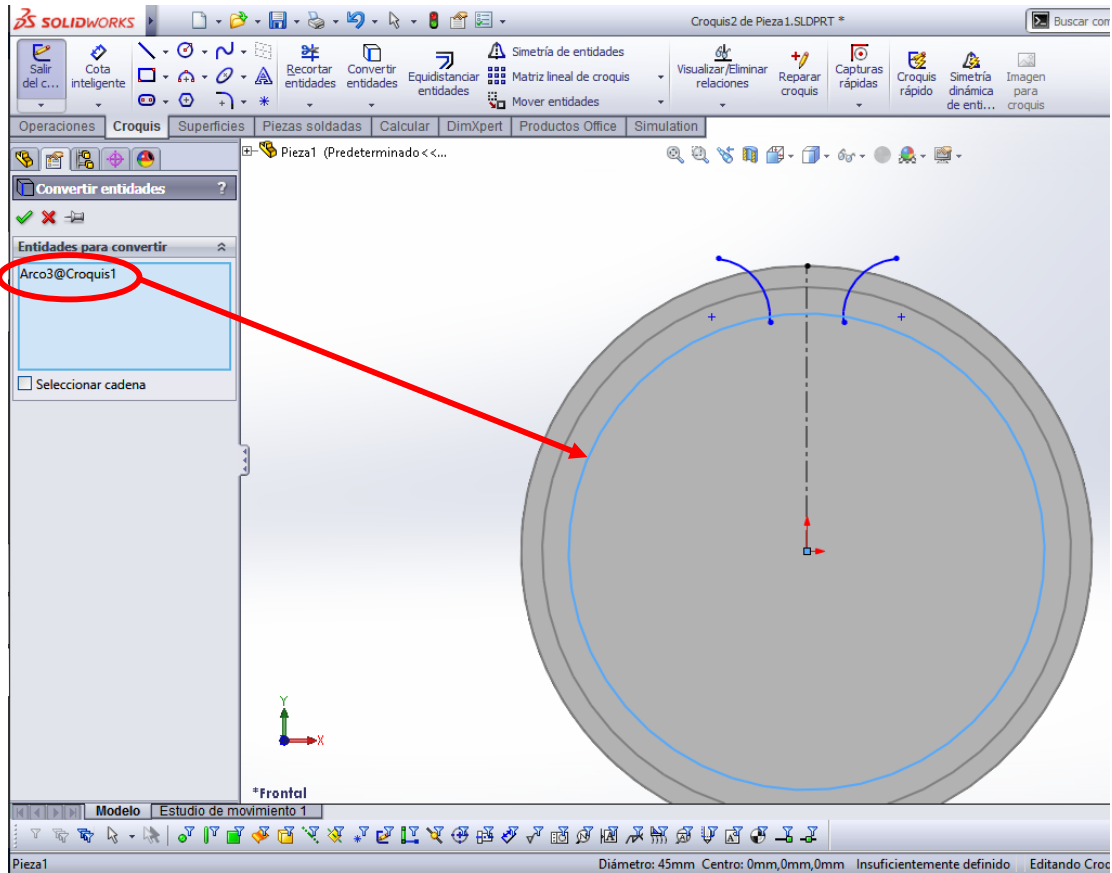


Ilustración 2. 23. Para hacer visible el primer croquis, seleccionamos la operación de extrucción y damos clic derecho sobre el croquis, al seleccionar los lentes, el dibujo se hará visible.



***Ilustración 2. 24.** Se selecciona la operación convertir entidades y después el arco base para trabajar en el croquis.*

Una vez que hemos convertido la circunferencia, seleccionaremos el punto inferior del primer arco y manteniendo la tecla “**CTRL**” presionada, seleccionaremos también la circunferencia para hacerlos así coincidentes (Ilustración 2.25).

Luego de este paso usaremos la operación “**Recortar entidades**” para cortar el excedente de la circunferencia (ya que solo necesitaremos la parte que une a los dos arcos), tal y como veremos en la Ilustración 2.26.

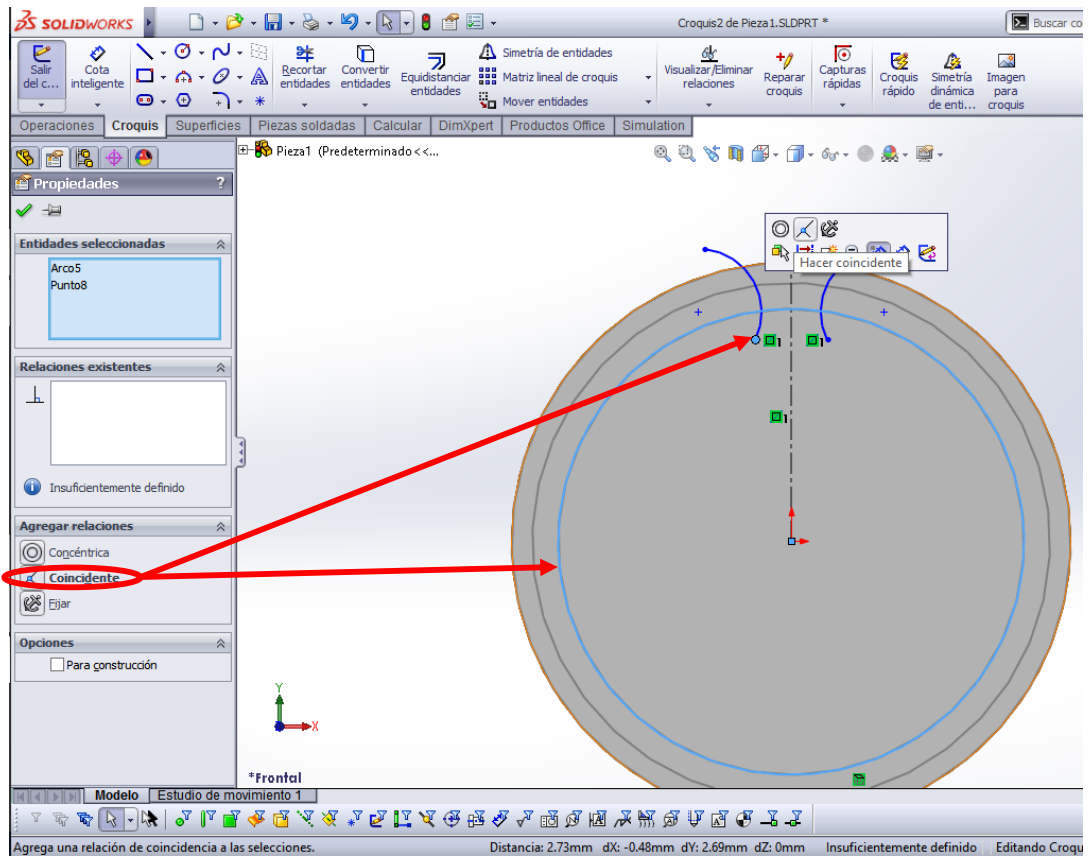


Ilustración 2. 25.coincidencia de los arcos con la circunferencia base.

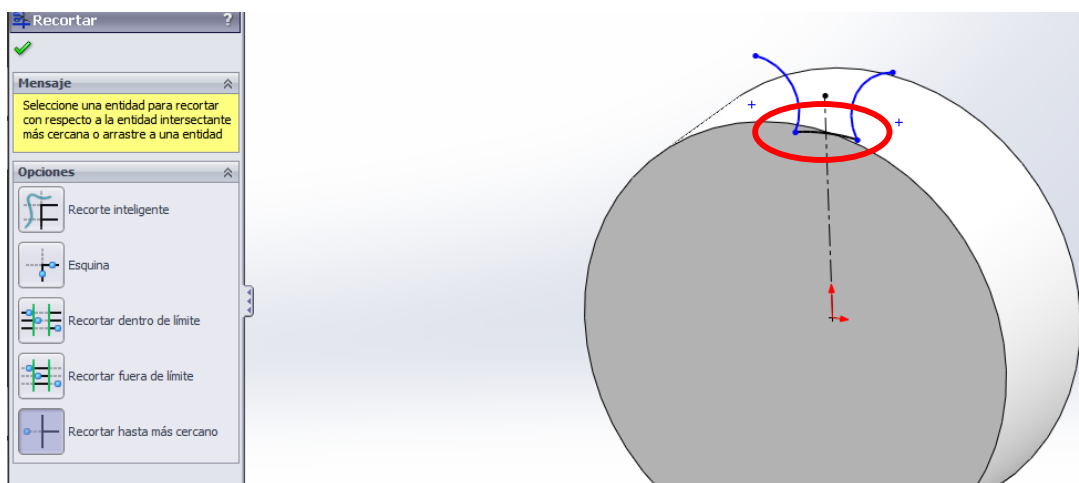


Ilustración 2. 26. Recorte de la circunferencia, para dejar el segmento que une a los arcos.

Ya que se recortó la sección, deberemos de equidistanciar una de las entidades, que en este caso será el borde de la figura que hemos extruido. La equidistancia, será de 1mm hacia afuera (como se muestra en la Ilustración 2.27); si bien no daré los detalles del por qué se hace esto, si comentaré que es necesario hacerlo en cada diseño de engranaje que hagamos, la diferencia estará en que no siempre será la distancia de 1mm, pero si es importante el crear una circunferencia un poco mayor a la de nuestra primer extrucción, ya que será la cresta del diente de nuestro engranaje.

Habiendo pues generado la equidistancia de la circunferencia, deberemos hacer que la parte superior de nuestros arcos sean coincidentes con la misma (Ilustración 2.28), para de esta manera recortar el excedente, tal y como se hizo con anterioridad (Ilustración 2.29).

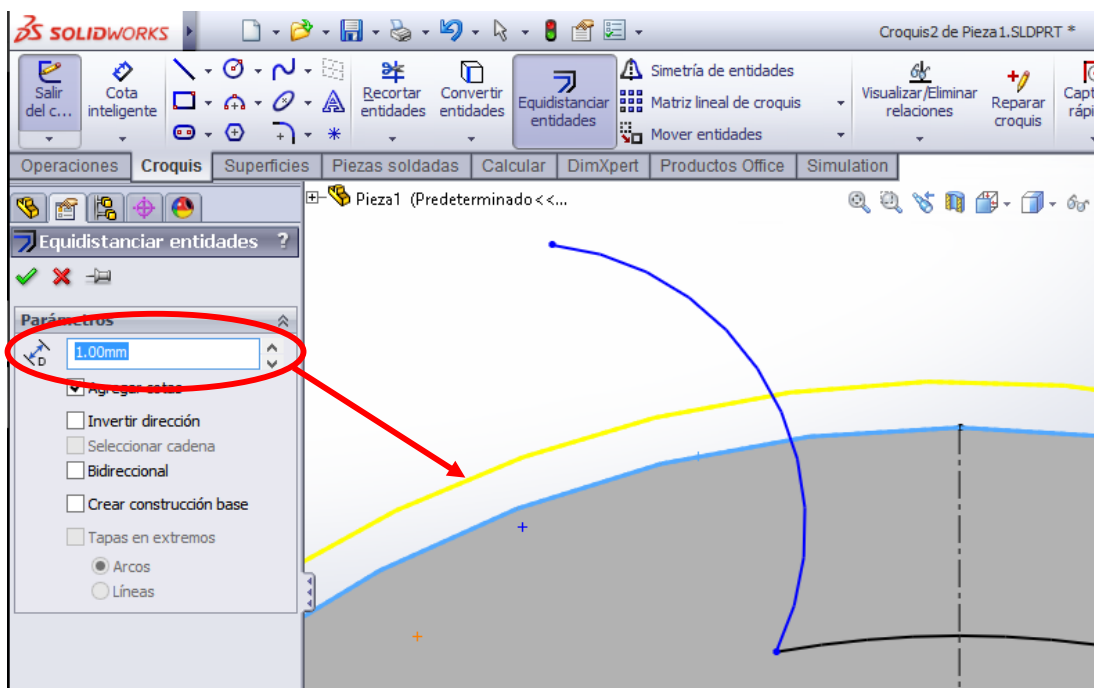


Ilustración 2. 27. Generación de la equidistancia de 1mm.

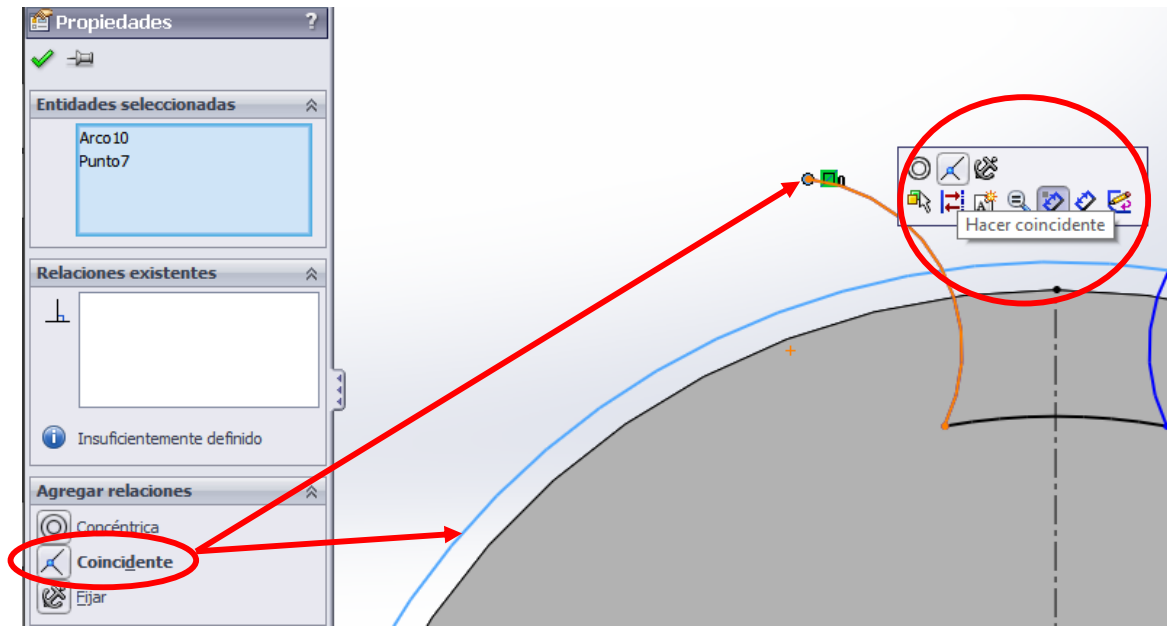


Ilustración 2. 28. Creación de la coincidencia entre el punto superior del arco y la nueva circunferencia.

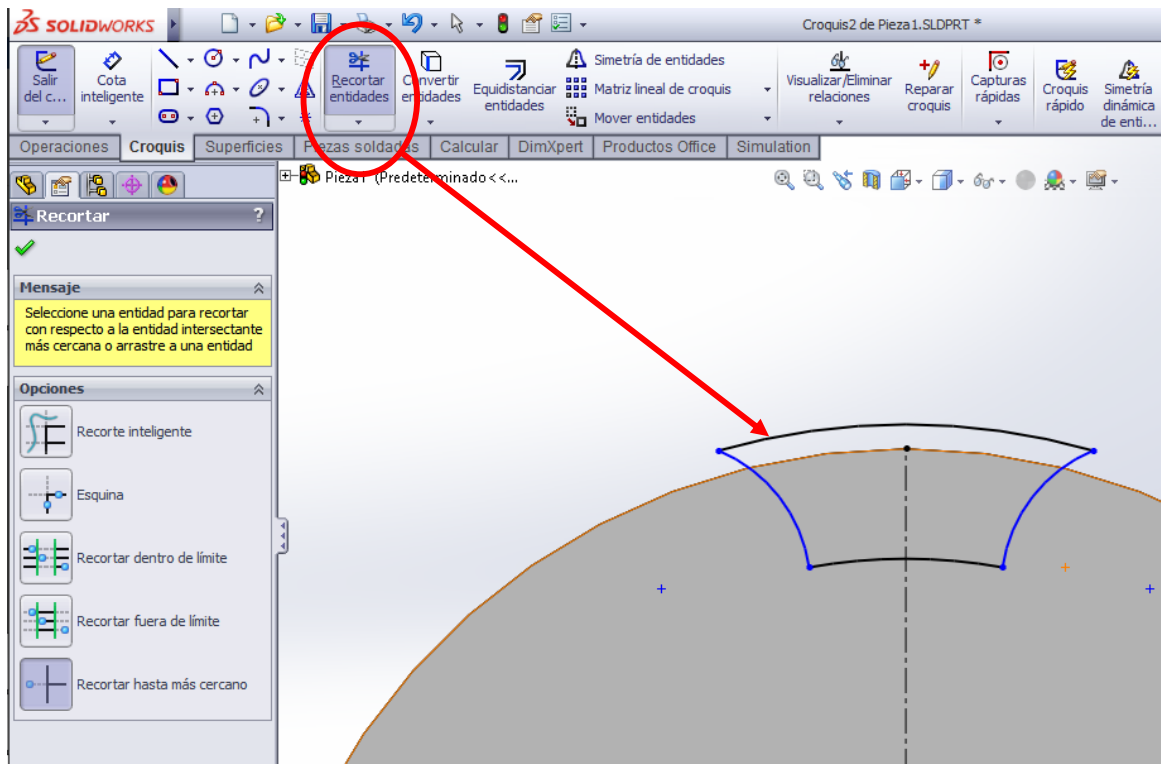


Ilustración 2. 29. Recorte del excedente de la circunferencia.

El siguiente paso, será volver a hacer visible el primer croquis, ya que necesitaremos trabajar de nuevo con él. Una vez hecho esto, dibujaremos una línea horizontal justo debajo del diámetro pitch, la cual deberemos de hacer coincidente con cada uno de los arcos que dibujamos anteriormente y con el mismo diámetro pitch, tal y como se muestra en las Ilustraciones 2.30, 2.31 y 2.32.

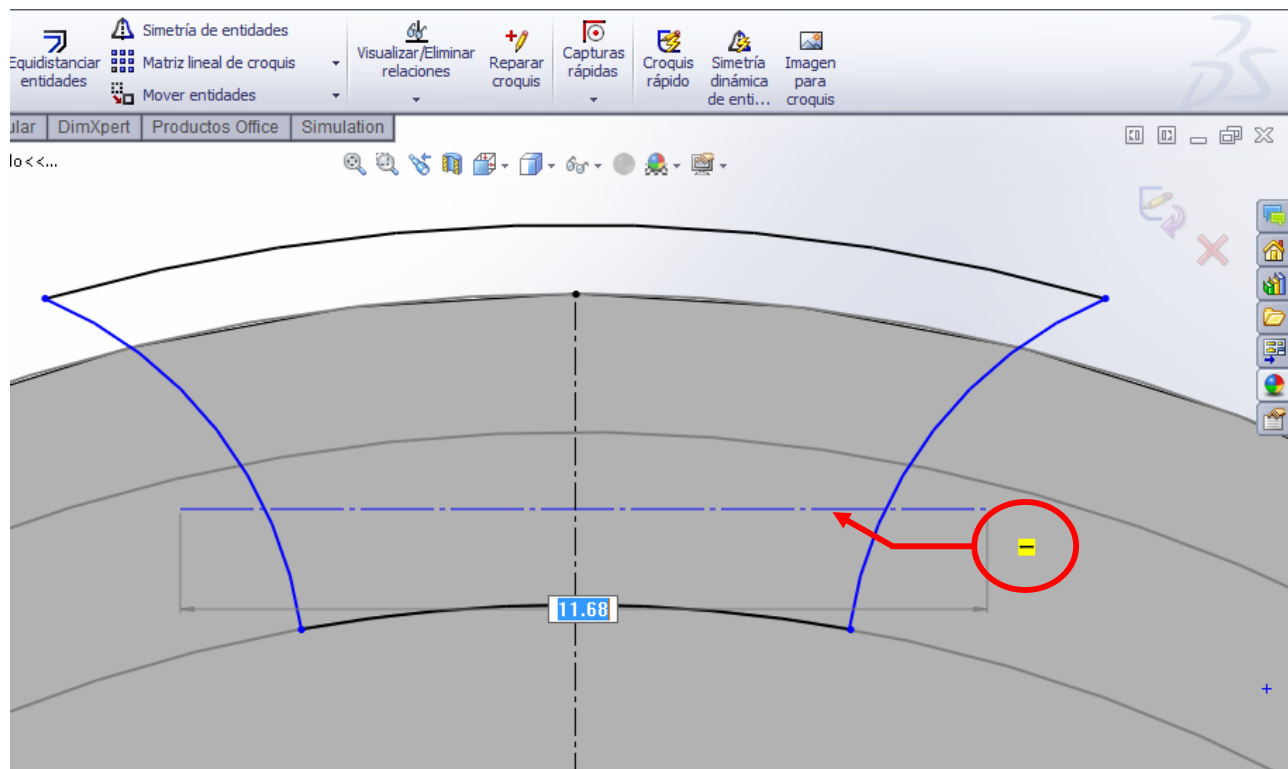


Ilustración 2. 30. Una vez que hagamos visible el primer croquis, dibujamos una línea constructiva debajo del diámetro pitch, cuidando que aparezca el cuadro amarillo a un costado de la línea, el cual indica que esta es horizontal.

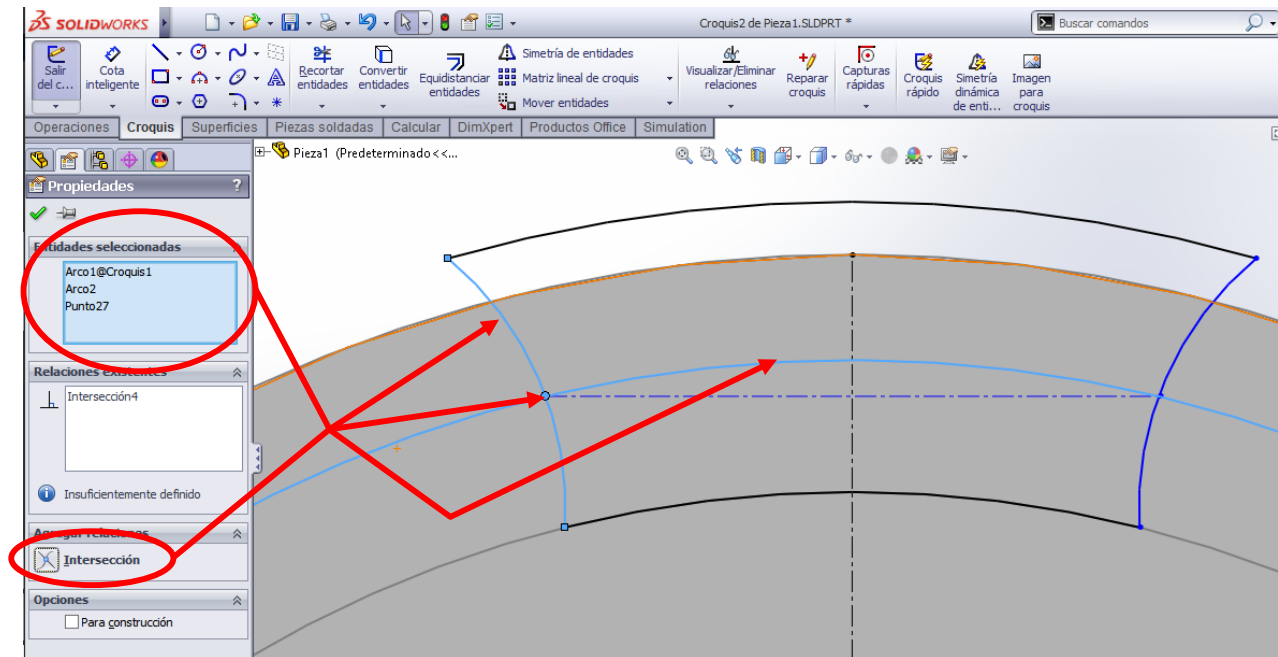


Ilustración 2. 31. Se crea una intersección entre el punto inicial de la línea, el arco de la izquierda y el diámetro pitch.

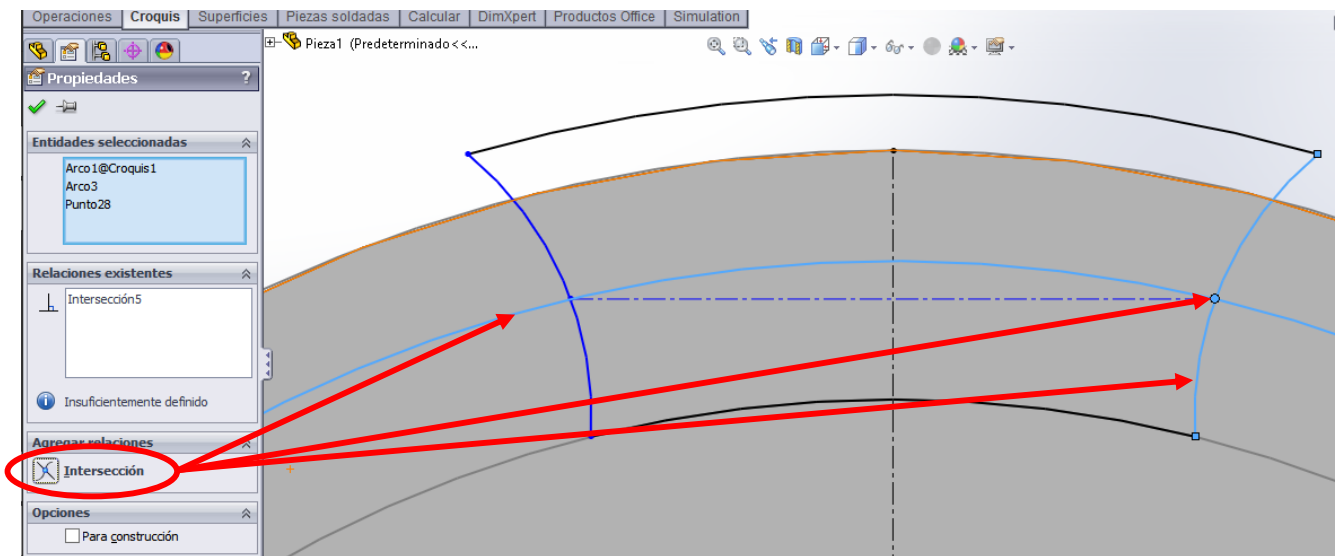


Ilustración 2. 32. Se crea la misma operación, pero ahora con el punto final de la recta, el arco derecho y el diámetro pitch.

El siguiente paso será el crear una tensión entre el arco de la izquierda (usamos este arco porque es el que controla los dos arcos, debido a que en base a éste generamos la simetría de entidades) y el centro u origen del croquis, creando una línea constructiva que va desde el centro del croquis hasta la parte inferior de nuestro arco y haciendo una tangencia entre la línea y el arco, tal y como se muestra en las Ilustraciones 2.33 y 2.34.

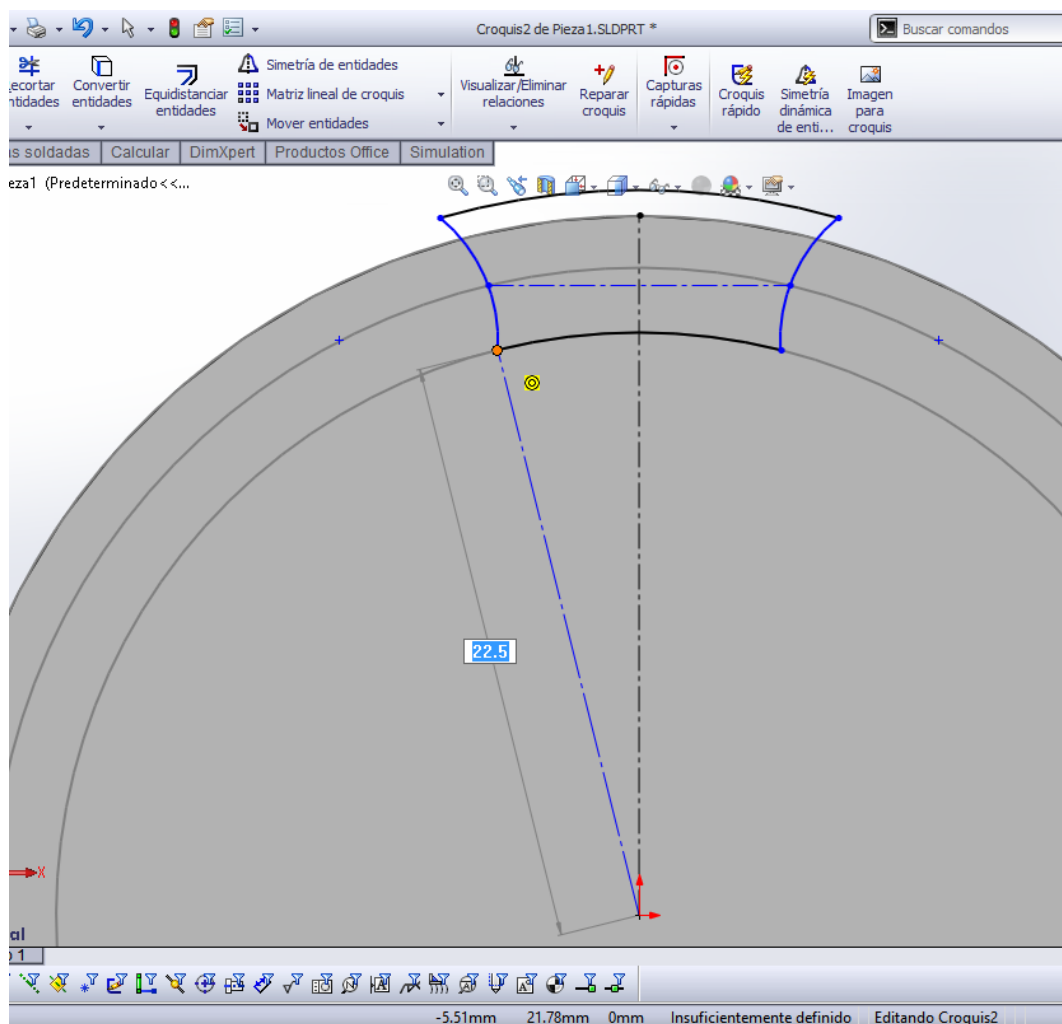


Ilustración 2. 33. Línea de tensión para el arco.

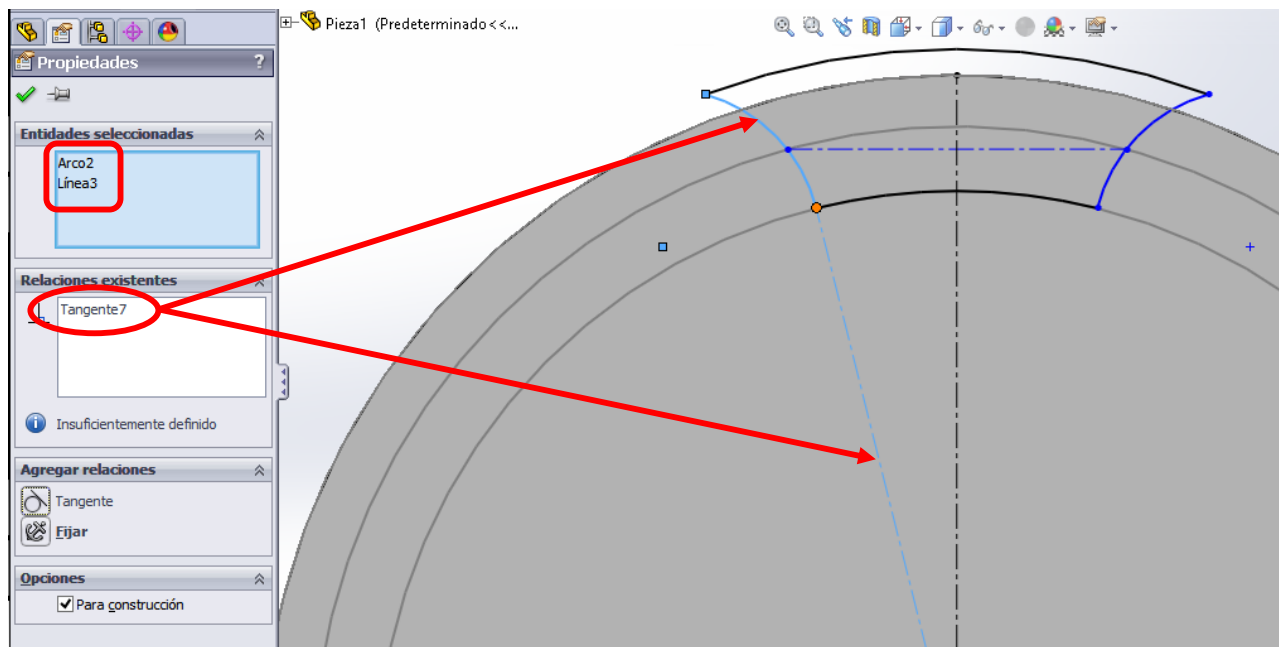


Ilustración 2. 34. La tensión se da, creando una tangencia entre la línea constructiva y el arco.

Ahora bien, a continuación generaremos el ángulo de presión para el diente de nuestro engranaje (que en este caso será de 20°). Para ello, crearemos una línea constructiva que va desde nuestra línea central hasta la parte superior del arco (Ilustración 2.35), luego, haremos que esa línea y el arco sean tangentes (Ilustración 2.36), asegurándonos que el punto inicial de la línea horizontal que creamos con anterioridad y la línea que acabamos de construir sean coincidentes (Ilustración 2.37). Una vez habiendo asegurado lo anterior, lo único restante será darle el ángulo respectivo (Ilustración 2.38).

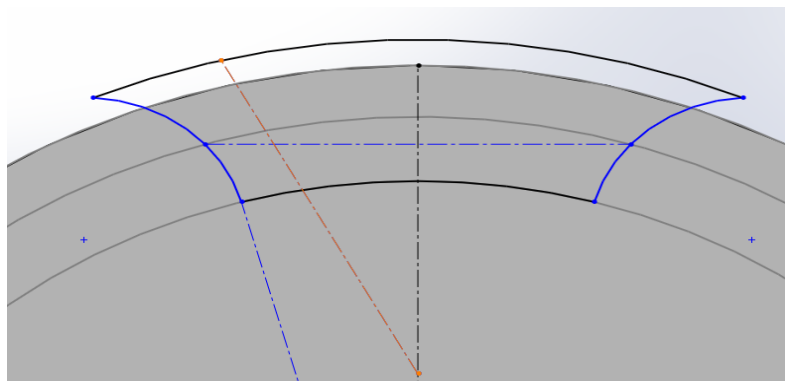


Ilustración 2. 35. Línea constructiva para el ángulo de presión.

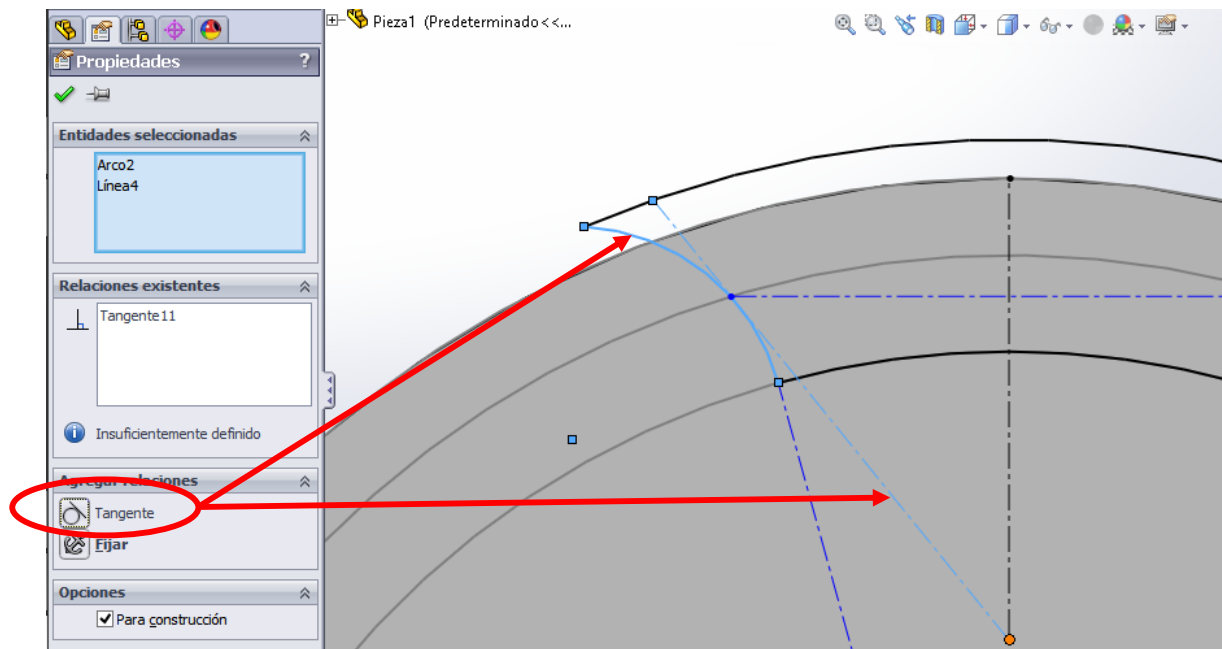


Ilustración 2. 36. La línea y el arco deberán de ser tangentes.

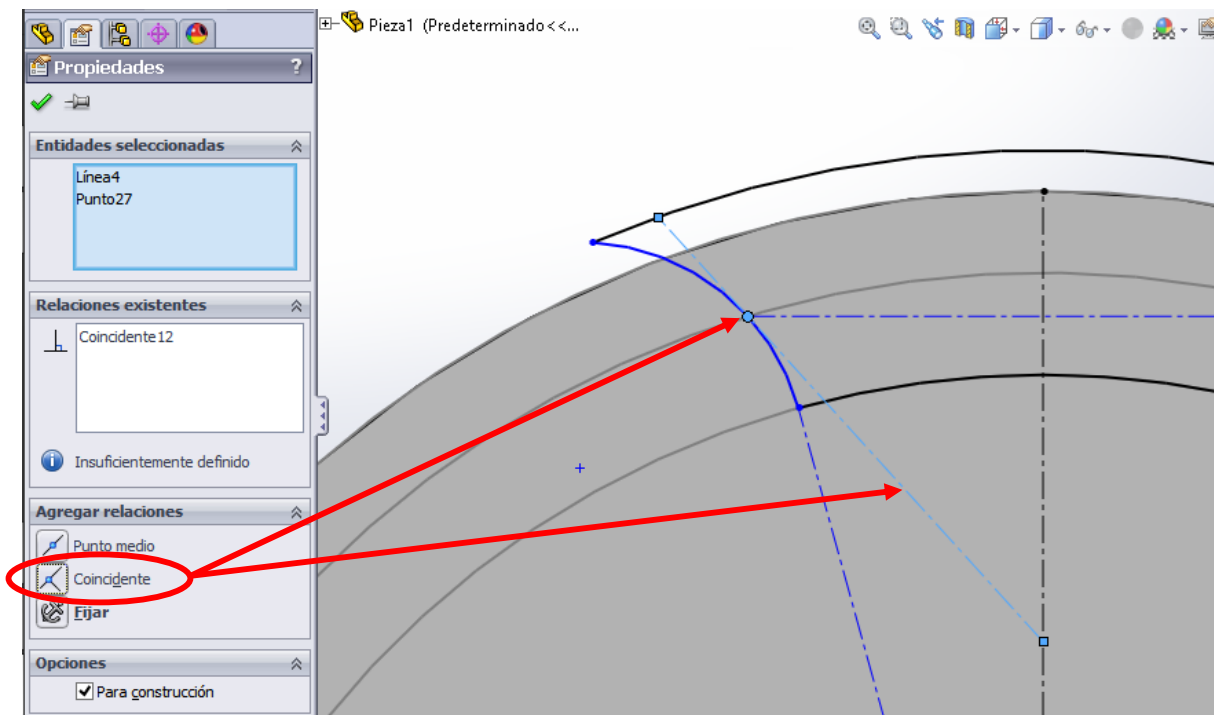


Ilustración 2. 37. Es importante el asegurar que hay una coincidencia entre la línea y el punto.

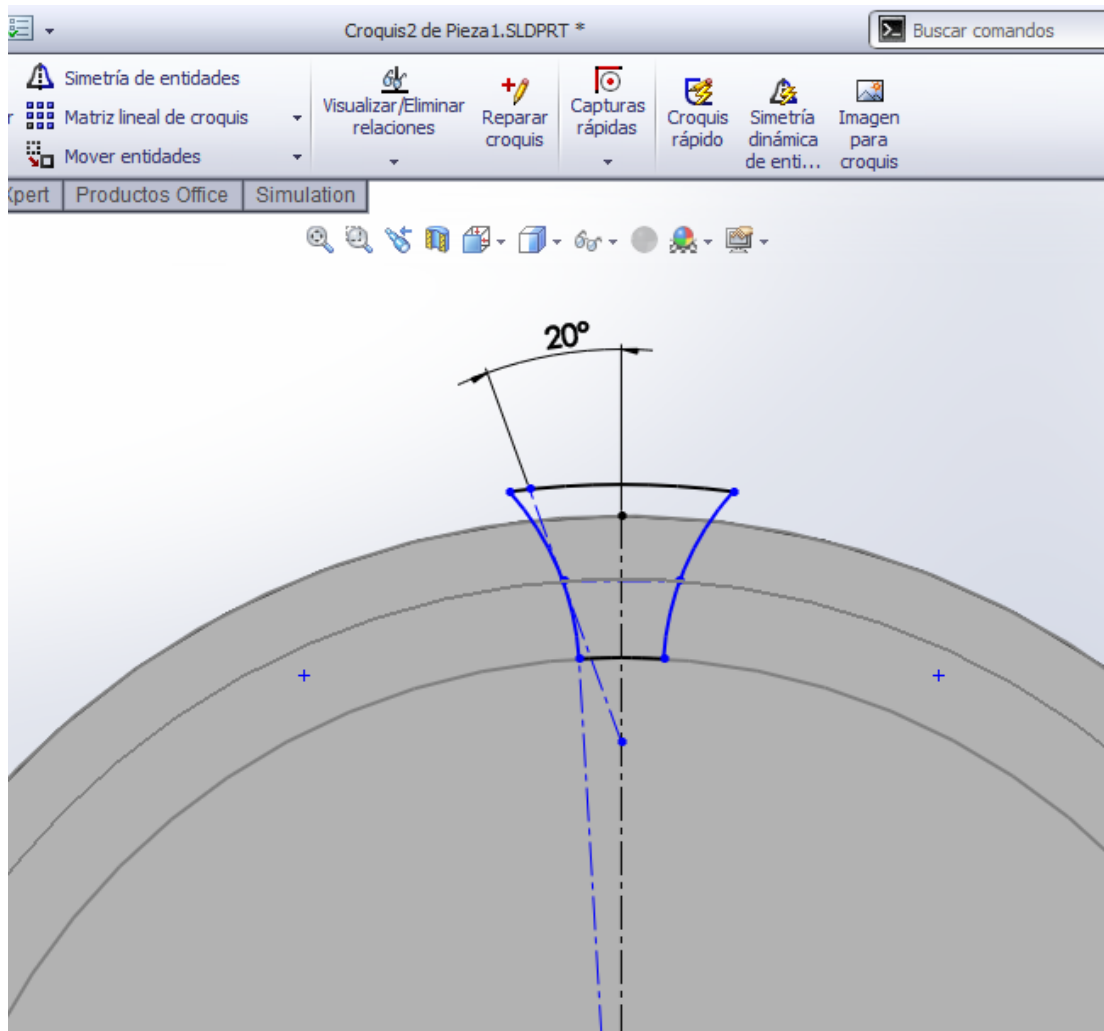


Ilustración 2. 38. El ángulo entre la línea que generamos y la línea central deberá de ser de 20° .

En este punto nos será necesario el introducir el número de dientes mediante una ecuación para poder definir por completo nuestro croquis. Para hacerlo, vamos a dibujar una línea constructiva que vaya desde el origen hasta la circunferencia mayor, procurando que ésta quede un poco separada del arco, tal y como se observa en la Ilustración 2.39.

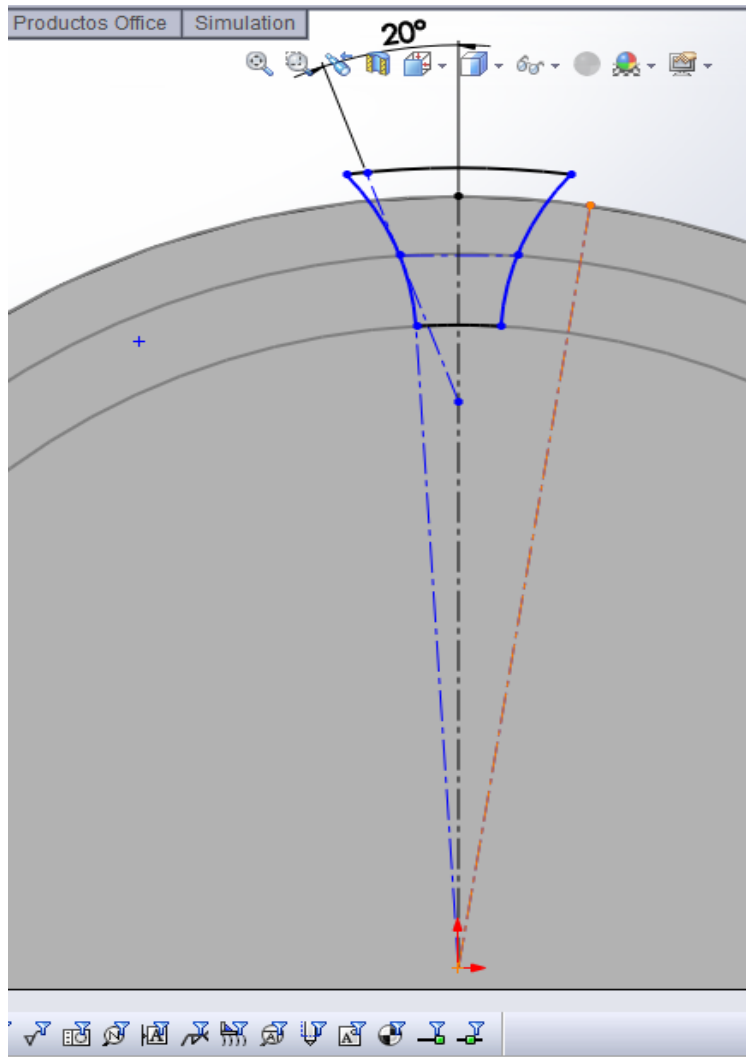


Ilustración 2. 39. Línea de referencia para introducir el número de dientes.

Esta línea que acabamos de construir, representa el centro del diente con respecto al centro de la separación que existe entre cada diente, por lo que para poder acotar ésta distancia con la variable global del número de dientes, deberemos de introducir la fórmula que se muestra en la Ilustración 2.40 y, que representa la distancia entre la línea que creamos y la línea central.

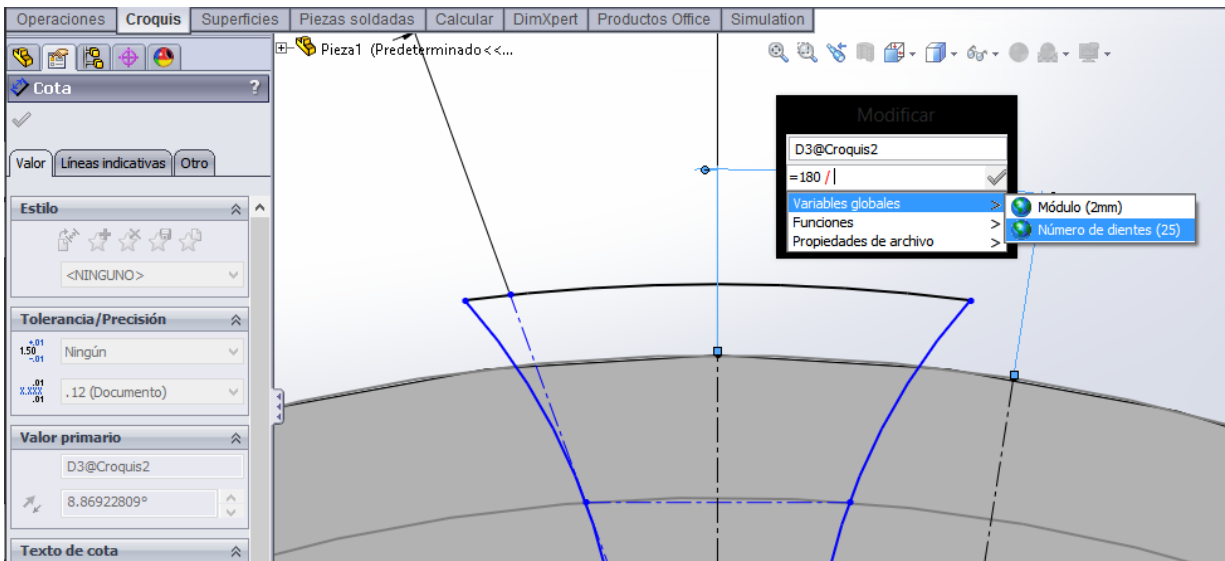


Ilustración 2. 40. Cota conducida por ecuación y con variables globales.

El último paso para definir por completo nuestro croquis, es especificar que tanto el diente, como la separación que hay entre ellos sean iguales. Para esto, deberemos crear una línea constructiva que vaya desde el borde de nuestro diente y que pase por la línea que representa la mitad del mismo; una vez hecho esto solo debemos indicar que éstas dos líneas son perpendiculares (o sea la línea central del diente y la línea que representa su anchura), tal y como se muestra en las Ilustraciones 2.41 y 2.42.

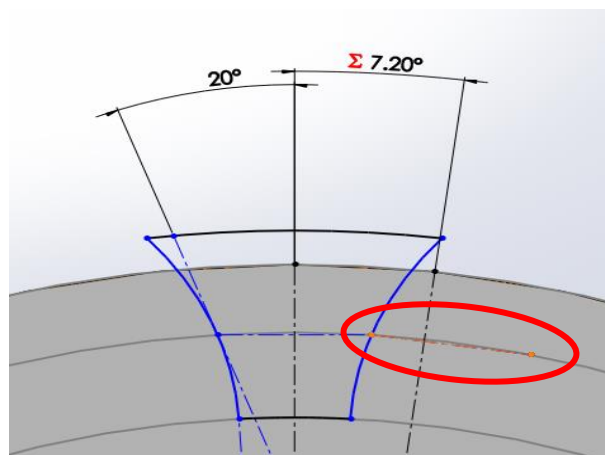


Ilustración 2. 41. Creación de la línea que representa el arco del diente.

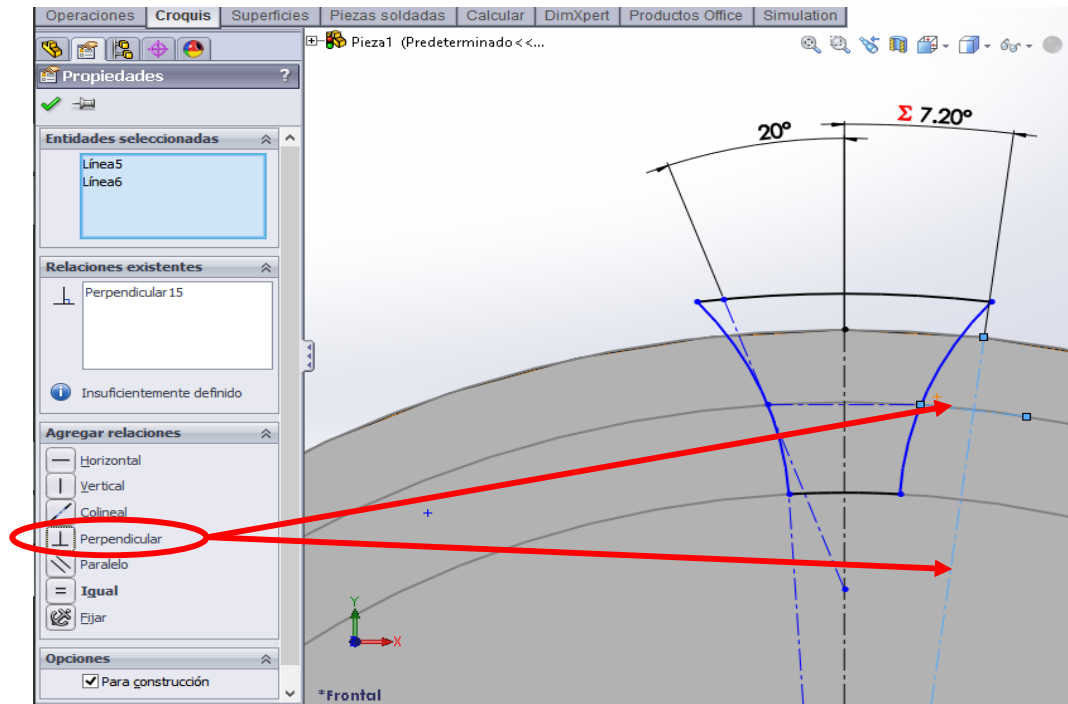


Ilustración 2. 42. Debemos hacer que la línea que representa el centro del diente y la línea que representa su anchura sean perpendiculares.

Por último deberemos hacer que las líneas que representan la anchura tanto del diente como del espacio que los divide sean iguales para que el croquis quede completamente definido, tal y como se ve en la Ilustración 2.43.

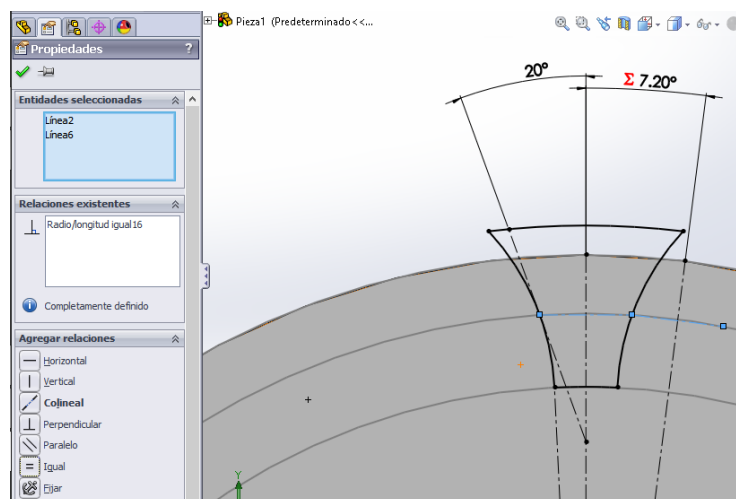


Ilustración 2. 43. Al hacer que estas líneas sean iguales, el croquis se define por completo.

Un vez que terminamos de definir por completo nuestro croquis, podemos ir al árbol de operaciones y ocultar el croquis que estábamos usando como referencia.

Lo que necesitamos hacer ahora, es cerrar nuestro croquis y hacer el corte a través de todo en ambas direcciones, para así generar el espacio entre dientes de nuestro engranaje, como se muestra en la Ilustración 2.44.

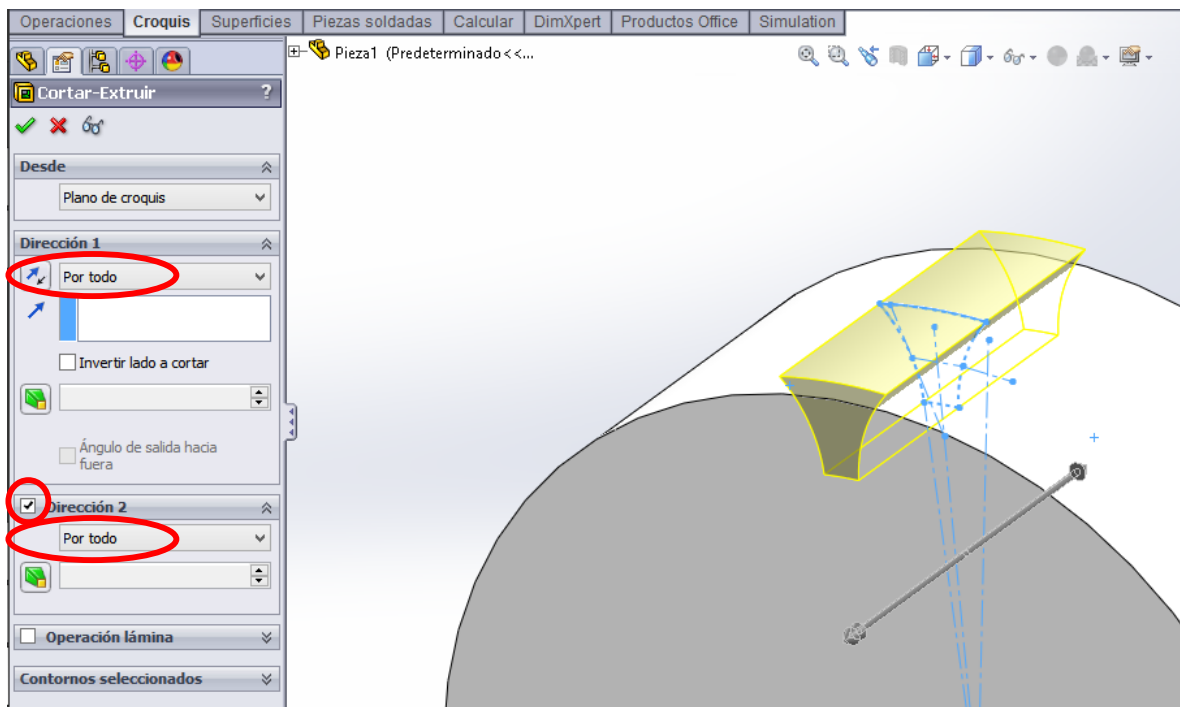


Ilustración 2. 44. La operación de corte deberá tener activadas ambas carillas de dirección y, la condición final deberá ser “**Por todo**” en ambas.

Lo siguiente que haremos, será crear un redondeo en las aristas internas de nuestro corte; esto es, con la finalidad de que no se cree una tensión en nuestro engranaje al momento de que esté trabajando, ya que de lo contrario se rompería.

Para generar dicho redondeo, utilizaremos una ecuación, la cual se encargará de controlar la operación, así, si modifican los valores del engranaje la operación no

entrará en conflicto con los nuevos valores. Dicha ecuación se muestra en la Ilustración 2.45.

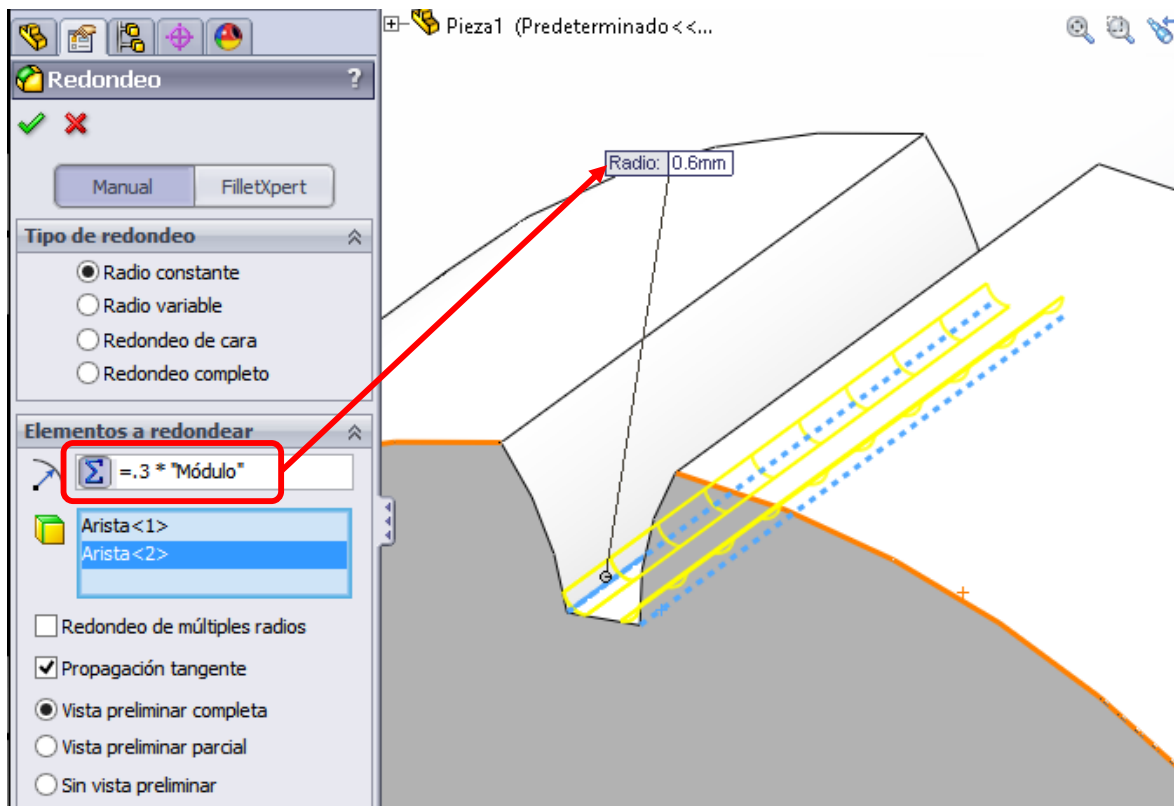


Ilustración 2. 45. Al definir la operación con una ecuación, nos aseguramos que la medida se modifique al cambiar los valores de las variables globales.

Para terminar el diseño del engranaje, solamente falta hacer una matriz circular de las dos últimas operaciones que realizamos, dicha matriz estará controlada por la variable global de **“Número de dientes”**, así si se llegase a cambiar dicha variable dentro de la carpeta de ecuaciones, SolidWorks cambiará automáticamente el valor de la operación.

Para crear la matriz, debemos ir a la pestaña de operaciones, luego daremos clic sobre la flecha desplegable de la operación **“Matriz lineal”** y seleccionaremos la operación **“Matriz circular”**, tal y como se observa en la Ilustración 2.46.

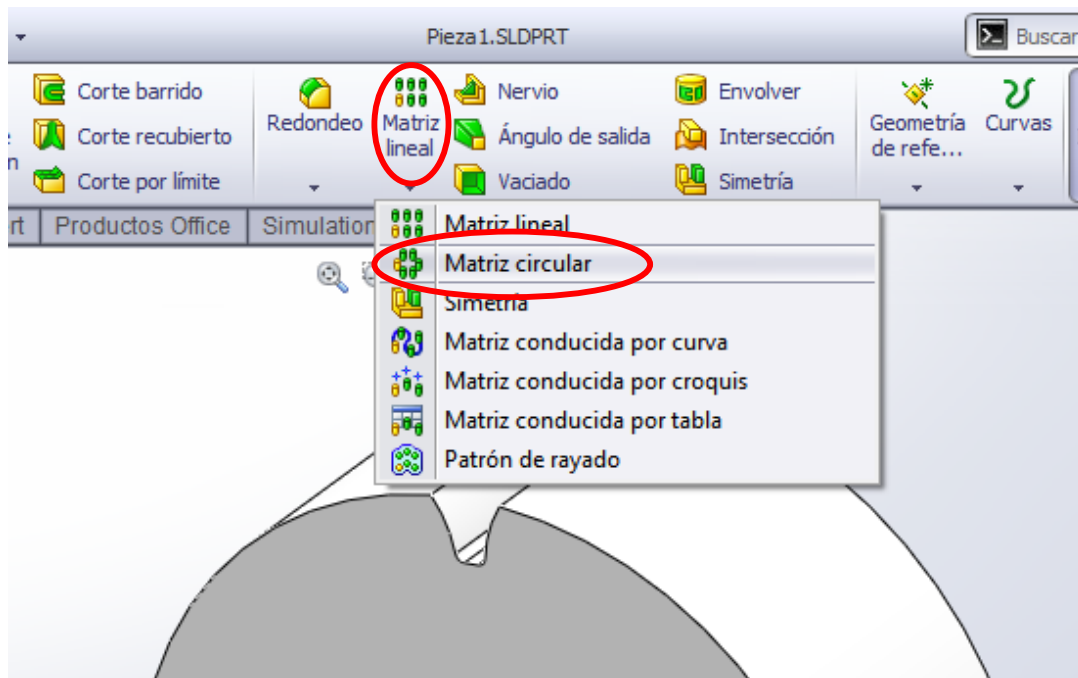


Ilustración 2. 46. Dentro de la operación de “*Matriz lineal*”, seleccionaremos la opción de “*Matriz circular*”.

Dentro de los parámetros de la matriz, la primer casilla corresponde al eje respecto al cuál deseamos que se cree la matriz. En esta sección, podemos seleccionar varias opciones como lo son:

1. El eje de la circunferencia del engranaje.
2. La cara que representa el espesor del engranaje.
3. El borde de la circunferencia del engranaje.

Cualquier opción que se elija, será correcta para la creación de la matriz.

La Ilustración 2.47, nos muestra las tres distintas opciones que se pueden elegir como eje de la matriz.

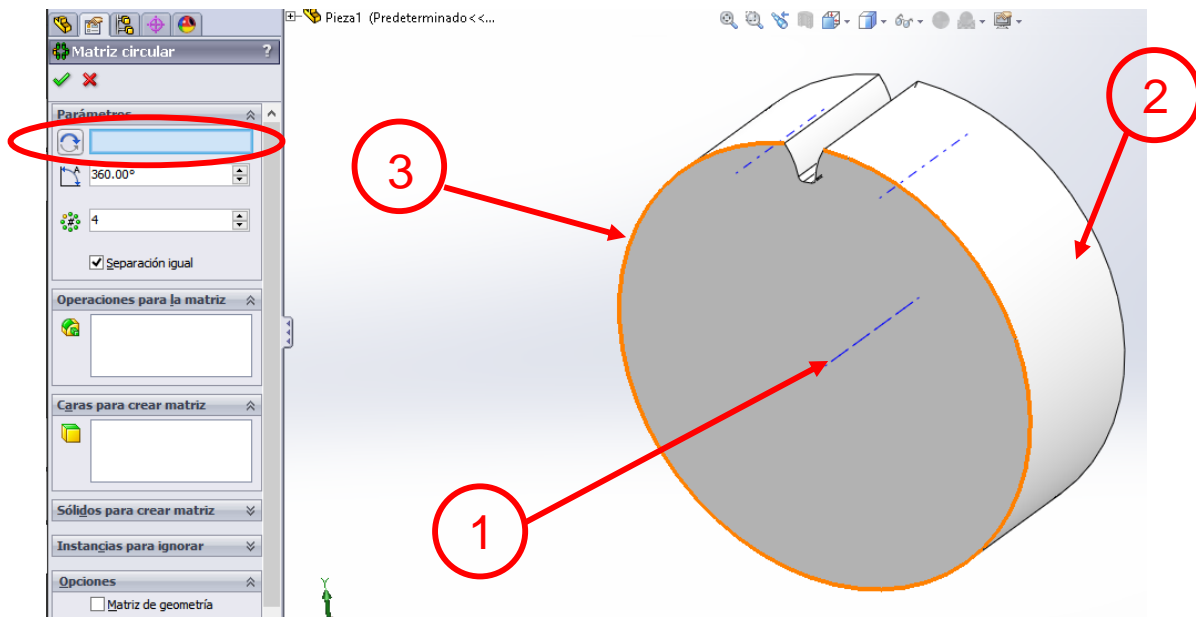


Ilustración 2. 47. Para la selección del eje para la matriz, cualquiera de los tres elementos señalados es correcto.

Una vez elegido el eje que se desea utilizar para crear la matriz, se seleccionarán las operaciones de las que deseamos crear la matriz, que en éste caso serán las dos últimas (el corte por extrucción y el redondeo) tal y como se observa en la Ilustración 2.48.

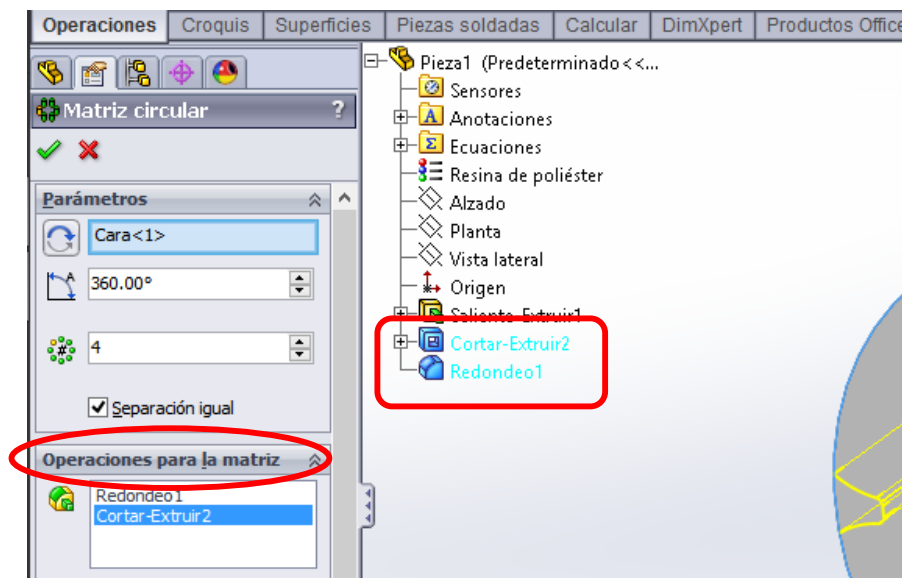


Ilustración 2. 48. En la pestaña de “Operaciones para la matriz” elegiremos las dos últimas de nuestro árbol de operaciones.

Si observamos dentro de la pestaña de “**Parámetros**” hay una casilla que nos indica el número de instancias que deseamos crear en la matriz; es aquí en donde utilizaremos nuestra variable global de “**Número de dientes**”, para que, de ésta manera y como en las anteriores, nuestra operación cambie en caso de que se desee modificar el número de dientes en un futuro. Este paso se muestra en la Ilustración 2.49.

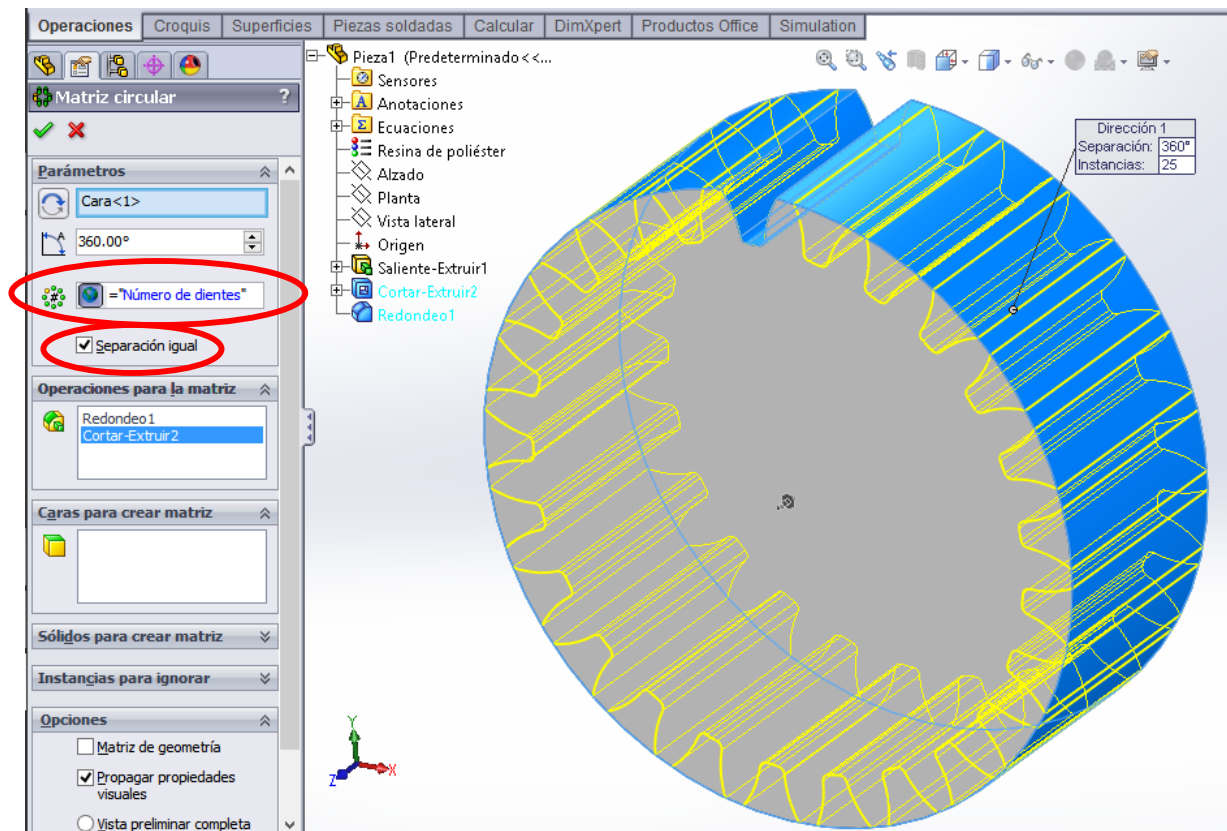


Ilustración 2. 49. En la casilla de “**Número de instancias**” colocamos la variable de “**Número de dientes**”. Es importante que la casilla “**Separación igual**” esté activada.

Si los pasos se siguieron de forma correcta, el resultado final de nuestro modelado será un engranaje, al cual de ser necesario, se le podrán modificar los valores iniciales (número de dientes y módulo) en la carpeta de ecuaciones, tal y como se mostró al principio del modelado. De ésta manera SolidWorks hará las

modificaciones necesarias para ajustar de forma automática todos los parámetros que han sido conducidos por una ecuación.

La Ilustración 2.50, nos muestra el engranaje final del modelado.

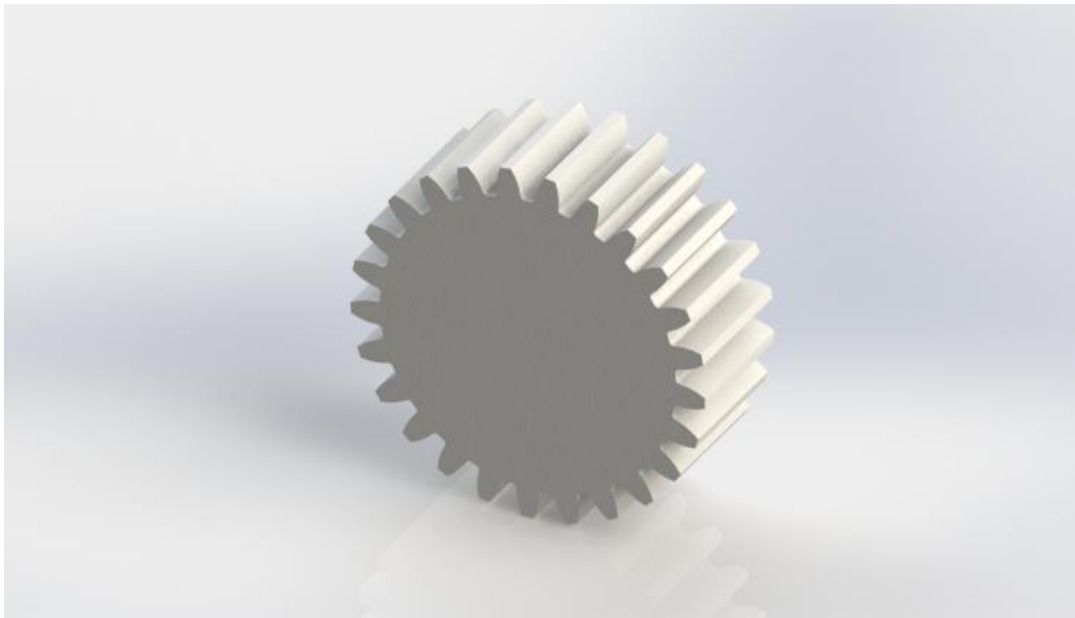


Ilustración 2. 50. *Engranaje modelado en SolidWorks, mediante ecuaciones.*

Conclusión.

No hay dudas de que SolidWorks es una de las plataformas de diseño más amigables con el usuario, es por ello que me di a la tarea de investigar lo más posible el cómo facilitar el diseño de los engranajes en dicha plataforma.

Si ponen atención en los documentos de la bibliografía, notaran que éste documento está basado casi en su totalidad en el video de “**SolidWorks**”. Esto lo he hecho porque no todos tenemos el tiempo o el nivel de inglés necesarios para ver durante 23 minutos el cómo diseñar un engranaje, además que es más fácil el llevar un documento que un video que explique paso a paso el cómo llevar a cabo éste proceso.

Bueno, espero que este documento te saque de algunos apuros así como a mí y que por lo menos te aligere un poco el trabajo si lo que quieres es diseñar elementos complejos de transmisión de potencia, en los que quieras usar engranajes.

Bibliografía.

- Diseño de Maquinas 4ª Edición, Norton.
- Diseño En Ingeniería Mecánica De Shigley - 8va Edición.
- <https://www.youtube.com/watch?v=uNZmLPZHon8>