



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

UNIDAD ACADÉMICA PROFESIONAL TIANGUISTENCO

***“INGENIERÍA INVERSA PARA UN PROTOTIPO ANATÓMICO DE UN
ARTICULADOR DENTAL PLÁSTICO”***

TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO EN PLÁSTICOS

P R E S E N T A

EMMANUEL ÁLVAREZ SÁNCHEZ

KEVIN SÁNCHEZ GARCÍA

DIRECTOR:

M.C.C CHRISTIAN RUIZ UGALDE

TIANGUISTENCO, MÉX.

OCTUBRE 2016

Índice

INTRODUCCIÓN	11
CAPÍTULO I	19
CONCEPTOS	19
1) CONCEPTOS	20
1.1) Articuladores dentales	20
1.1.1) Clasificación de los articuladores	20
Clase I.	21
Clase II.	21
Clase III	21
Clase IV.....	21
1.1.2) Usos del articulador dental	21
1.2) Ingeniería inversa	22
1.2.1) Softwares	23
1.2.1.1) CATIA	23
1.2.1.2) Creo Parametric	24
1.2.1.3) Geomagics XOS	24
1.3) Escaneo 3D	25
1.3.1) Tipos de escaneo	25
1.3.1.1) Escaneo por patrón de luz o luz estructurada	25
1.3.1.2) Máquina medidora de coordenadas (MMC)	26
1.3.1.3) La holografía conoscópica	28
CAPÍTULO II	30
ESTADO DEL ARTE	30
2) ESTADO DEL ARTE	31
2.1) Ingeniería inversa	31
2.1.1) Programas de la ingeniería inversa	32
2.1.2) La ingeniería inversa y la información	33
2.1.3) Etapas de la ingeniería inversa	34
2.1.4) Ingeniería inversa y escaneo tridimensional	35
2.2) Articuladores dentales	37
2.2.1) Funciones del articulador	40

2.2.2) Articuladores dentales relacionados con el escaneo tridimensional	40
2.2.3) Ventajas	42
2.3) Proceso de escaneo	43
CAPÍTULO III	46
METODOLOGÍA	46
3) MÉTODO	47
3.1) Preparación de piezas para su escaneo	47
3.3) Escaneo	60
3.4) Procedimiento de ingeniería inversa en Creo Parametric “Pieza Hembra”	68
3.4.1) Método 1 para la generación de la hembra.....	68
3.4.2) Método 2 para la generación de la hembra.....	100
3.4.3) Proceso de ingeniería inversa para los cóndilos.....	109
CAPITULO IV ANALISIS DE RESULTADOS	131
4) ANALISIS DE RESULTADOS	132
CONCLUSIONES	133
REFERENCIAS.....	135
Referencias	136
ANEXO	139
GLOSARIO	140

Índice de figuras

Figura 1: vista de una pieza en el software CATIA	23
Figura 2: funcionamiento del escaneo por patrón de luz	26
Figura 3: Máquina medidora de coordenadas	27
Figura 4 Medición de puntos medidos en un objeto	27
Figura 5: Holografía Conoscopica.....	29
Figura 6: Los MMC cuentan con un brazo que se desliza sobre la pieza a copiar, para capturar los datos de geometría con palpado o punto a punto.....	35
Figura 7: Articulador de bisagra simple	38
Figura 8: Articulador semi ajustable.....	39
Figura 9 : Articuladores totalmente ajustables.....	39
Figura 10: Escaneo tridimensional en articuladores dentales	41
Figura 11: Escáner intrabucal, situando sobre los dientes del paciente.	43
Figura 12: con un programa de escaneo tridimensional se diseña la prótesis.....	44
Figura 13: Prótesis de diente.....	45
Figura 14: Preparación de las piezas	47
Figura 15: Pantalla de inicio de programa ATOS	48
Figura 16: Cámaras laterales del escáner.....	49
Figura 17: Enfoque de la cámara izquierda.....	49
Figura 18: Instrucciones de ajuste de la cámara izquierda del software	50
Figura 19: Empalme de ambas cruces	51
Figura 20: Elección del objeto de calibración	51
Figura 21: Temperatura del objeto de calibración.....	52
Figura 22: Toma de temperatura del panel de calibración	52
Figura 23: Instrucciones de calibración del escáner a 0°	53
Figura 24: Instrucción de calibración del escáner, en los puntos adyacentes del centro con inclinación de 0°.	54
Figura 25: Instrucciones de calibración cruzado respecto al lado interior	54
Figura 26: Instrucciones de calibración con inclinación del panel a 40°	55
Figura 27: Calibración con enfoque en el centro con inclinación de 40°, con un giro de 180°	55
Figura 28: calibración en posición V con inclinación de la cámara derecha a 0° con giro de panel 180°.....	56
Figura 29: Posición V de las cámaras con giro del panel a 90° con respecto a la posición original.....	56
Figura 30: Posición V de las cámaras con inclinación de la cámara izquierda, mismas condiciones de la figura anterior.....	57
Figura 31: Condiciones similares de la figura anterior con un giro de 180° con respecto a la posición anterior.....	57
Figura 32: Posición V de la cámara con un giro de 270° con respecto a la posición original del panel.	58
Figura 33: Posición en V de las cámaras en posición original del panel.	58
Figura 34: Valores de calibración del escáner.....	59
Figura 35: Posicionamiento de la pieza y torres.....	59
Figura 36: Pantalla de inicio para el escaneo.....	60
Figura 37: Área de escaneo no reconocida.....	61
Figura 38: Área de escaneo reconocida.	61
Figura 39: Escaneo parcial de la pieza.....	62
Figura 40: Escaneo parcial de la pieza.....	62
Figura 41: Pieza con escaneo alterado por el movimiento de la misma.	62
Figura 42: "Measurement series".....	63

Figura 43: Segunda serie de escaneo.....	63
Figura 44: Selección de números de puntos (3).....	64
Figura 45: Combinación de serie de escaneo	64
Figura 46: “select/ deleted through surface”.....	65
Figura 47: Selección de ruido en el escaneo	65
Figura 48: Selección de “polygonize and recalculate”.....	65
Figura 49: Suavizado de la superficie	65
Figura 50: “close holes interactively”.....	66
Figura 51: Superficie incompleta	66
Figura 52: “Create mesh bridge”.....	66
Figura 53: Selección de puntos para puenteo.....	66
Figura 54: Guardado y exportación de la pieza escaneada	67
Figura 55: Barra de tareas de Creo Parametric.....	68
Figura 56: Pantalla desplegada el seleccionar “Working direction”	68
Figura 57: Generación de plano en la pieza	69
Figura 58: Generación del plano superior	69
Figura 59: Generación del plano frontal.	70
Figura 60: Generación de plano lateral.	71
Figura 61: Pieza con los 3 planos	72
Figura 62: Pieza con los planos escondidos.....	72
Figura 63 : Desplegué del menú.....	73
Figura 64: Planos desactivados.....	73
Figura 65: Selección de la opción “Restyle”.	73
Figura 66: Selección de la superficie con la función “Curve”.	74
Figura 67: Selección de la opción “surface”.....	74
Figura 68: Cambio en la barra de tareas.	74
Figura 69: Selección de la opción “Determine the scope”.	75
Figura 70: Selección de los fragmentos.....	75
Figura 71: Cambio de color de los fragmentos	75
Figura 72: Generación de parches por la función “Determine the scope”	76
Figura 73: Parches sumados a los antes generados (cantidad errónea)	76
Figura 74: Selección de la opción “undo”.	77
Figura 75: Área sin parches	77
Figura 76: Superficie de la cavidad generada.	78
Figura 77: Generación de la superficie de las 4 cavidades.....	79
Figura 78: Arbol de operaciones, selección de la operación “restyle”.	80
Figura 79: Selección de la superficie con el click izquierdo una vez.	81
Figura 80: Selección de la superficie con el click izquierdo por segunda vez.	81
Figura 81: Generación del plano de referencia desde el árbol de operaciones..	82
Figura 82: Menú de orientación del “sketch”	83
Figura 83: Funciones geométrica de “sketching”.....	83
Figura 84: Función de la opción “singles”	84
Figura 85: Resultado de la operación “offset” con un valor negativo.....	86
Figura 86: Silueta de la pieza por la operación offet.....	87
Figura 87: Menu de la operacion extrude	87
Figura 88: Extrusión tipo solido.....	88
Figura 89: Extrusión tipo lamina.....	88
Figura 90: Manipulación de la longitud de la malla	89
Figura 91: Verificación del área del parche.....	89
Figura 92: Ubicación de la opción editing	90
Figura 93: Operación merge sin ningún resultado.....	90
Figura 94: Operación merge con un resultado	90

Figura 95: Herramientas para cambio de dirección.....	91
Figura 96: Cambio de dirección en el resultado	91
Figura 97: Opción para generar una vista preliminar de la operación.....	91
Figura 98: Resultados	92
Figura 99: Modificación de la dictación de la operación “offeste”	92
Figura 100: Modificación de la longitud de la extrusión	93
Figura 101: Generación de un plano.....	94
Figura 102: Vista inferior	95
Figura 103: Visualización de un resultado.....	95
Figura 104: Resultado final de la operación merge.....	95
Figura 105: Selección de “display style”.....	96
Figura 106: Modelo no hermético.....	97
Figura 107: Modelo totalmente hermético	98
Figura 108: Selección de la función “solidify”	98
Figura 109: Pieza solidificada.....	99
Figura 110: Selección de la función “suppress”	101
Figura 111: Selección de las dos cavidades al mismo tiempo.....	101
Figura 112: Determinación de los scopes	102
Figura 113: Parche con un valor de 100	103
Figura 114: Parche con valor de 500.....	103
Figura 115: Parche de la operación cuando tiene un valor 500.....	104
Figura 116: Parche de la operación cuando tiene un valor de 100	104
Figura 117: Resultado de la función “chain” con un valor positivo.....	105
Figura 118: Resultado de la función “chain” con un valor negativo.	105
Figura 119: Extrusión tipo lamina	106
Figura 120: Presencia de un resultado.....	107
Figura 121: Modelo totalmente hermético	107
Figura 122: Generación de la base	108
Figura 123: Modelo solidificado.....	109
Figura 124: Generación del plano superior.....	110
Figura 125: Función Datum para la creación de axis.....	111
Figura 126: Muestra de un axis.....	112
Figura 127: Generación del coordinate system	113
Figura 128: Generación del plano lateral.....	113
Figura 129: Cambio de la orientación en el coordinate system	114
Figura 130: Generación del primer sketch en el plano lateral	115
Figura 131: Generación del segundo sketch en el plano lateral.....	116
Figura 132: Generación del primer sketch en el plano superior	117
Figura 133: Generación del segundo sketch en el plano superior.....	117
Figura 134: Generación de extrusiones	118
Figura 135: Utilización de la función extend	119
Figura 136: Modelos finales después de la utilización de la función extend.....	119
Figura 137: Combinación de los merges y generación del resultado.....	120
Figura 138: Se repite el mismo procedimiento que en la figura 137	121
Figura 139: Generación del merge de la combinación de los resultados de las figuras 137 y 138...	121
Figura 140: Generación de los restyle de los cóndilos.....	122
Figura 141: Creación de los modelos herméticos de los condilos	122
Figura 142: Utilización de la función eclipse.....	123
Figura 143: Utilización de la función proyect	124
Figura 144: Utilización de la función “boundary blend”	124
Figura 145: Verificación de la orientación de la función boundary blend.....	125
Figura 146: Verificación si el modelo está completamente hermetico	126

Figura 147: Combinación de un merge de los condilos con la función boundry	126
Figura 148: Combinación total de las operaciones	127
Figura 149: Modelo totalmente hermético	128
Figura 150: Solidificación del modelo.....	128
Figura 151: Utilización de la función round	129
Figura 152: Modelo final de los cóndilos.....	130

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

El articulador es un dispositivo mecánico con el que se relacionan los modelos de la arcada dentaria de los pacientes, para realizar los procedimientos de diagnóstico y terapéutica fuera de la boca, que utiliza los arcos faciales para transferir el modelo maxilar en idéntica relación que guarda con el cráneo (con respecto al eje de giro de la mandíbula y a un plano de referencia). (Báez, 2011)

A lo largo de la historia, han ido apareciendo numerosos articuladores cuya creación se ha visto motivada por la evolución conceptual de la prótesis. El primero fue ideado por Gairot en 1805 al enfrentar los modelos superior e inferior entre sí, fijándolos con una llave de escayola que permitía su separación. Evans en 1840 y posteriormente Bonwill en 1958 crearon los primeros articuladores multiposicionales, capaces de efectuar movimientos de lateralidad. En este sentido, la principal aportación de Bonwill fue describir un triángulo equilátero entre los cóndilos mandibulares y el punto interincisivo inferior. (Oyagüe, 2009)

Actualmente, se utiliza un modelo más sofisticado que incluye programas informatizados, se han comercializado distintos prototipos, en función del continuo avance en los conocimientos anatomofisiológicos del complejo estomatognático (Oyagüe, 2009)

Estos instrumentos surgieron ante la necesidad de imitar los movimientos mandibulares fuera de la boca del sujeto. Los cuales dependen de los factores rectores de la oclusión dentaria, de los que podemos distinguir cuatro:

- Factores articulares.
- Factores dentarios.
- Factores de arcada.
- Factores musculares.

Los factores articulares solo se pueden modificar quirúrgicamente, son los que hay que ajustarlos para que al actuar sobre los factores dentarios y los de arcada se pueda restaurar la oclusión del paciente.

El proyecto consiste en el escaneo e ingeniería inversa de piezas anatómicas que se implementan en el desarrollo de un articulador dental, mediante un software de diseño.

El diseño del articulador dental, obtendrá mayores ventajas de los que existen actualmente; logrando una mayor fidelidad en la reproducción y simulación de los movimientos mandibulares, y mayor capacidad de registro de movimientos intermedios.

Es un trabajo vinculado con una empresa de desarrollo y con las carreras de odontología e ingeniería en plásticos de la Universidad Autónoma del Estado de México, para afinar el modelo teórico que de solidez conceptual al diseño (odontología) y en apoyo al proceso de fabricación del prototipo (ingeniería en plásticos).

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los articuladores dentales que se usan en la actualidad, son una necesidad en el área médica, específicamente en Odontología, sin embargo, la mayoría de los articuladores dentales no siguen un patrón geométrico natural, es decir, no están adecuados de forma correcta a la anatomía humana, provocando bajo grado de confiabilidad en la reproducción de los movimientos mandibulares al momento de su manipulación, así mismo, se ve reflejado como retrasos y re trabajo en el tratamiento dental, dado por la poca precisión en los movimiento anatómicos mandibulares .

Se indaga la elaboración de un articulador dental, que reproduzca los movimientos de la mandíbula con un patrón natural. Con esto se pretende que el paciente cuente con el tratamiento adecuado y que para el Odontólogo y/o técnico dental ofrezca un mayor grado de confiabilidad al realizar su trabajo, teniendo en cuenta que éste es solo un prototipo.

JUSTIFICACIÓN

Al innovar un articulador dental con mayor fidelidad en los movimientos mandibulares, con mejor capacidad de registro de movimientos intermedios, se lograrán mejores patrones geométricos; mediante la implementación de piezas anatómicas del cuerpo humano, que reproduzcan de manera fiel los movimientos naturales de la mandíbula, con esto, se obtendrá mayor ventaja sobre los articuladores dentales actuales dentro de la odontología moderna, con esto se espera obtener las siguientes características.

Ventajas competitivas:

- Mayor fidelidad en la reproducción de los movimientos mandibulares.
- Amplio rango en la simulación de movimientos mandibulares y mayor capacidad de registro de movimientos intermedios

Mérito tecnológico:

- Propone abandonar algunos paradigmas que tradicionalmente fundamentan el diseño de estos instrumentos, en particular, se modifica la forma convencional de tomar mediciones en un articulador.

HIPÓTESIS

Es posible desarrollar un modelo anatómico a partir de la ingeniería inversa, que dé como resultado un modelo funcional del articulador.

Al desarrollar un modelo anatómico a partir de la ingeniería inversa dará como resultado un modelo funcional del articulador

V.I.: modelo anatómico a partir de la ingeniería inversa

V.D.: un modelo funcional del articulador

OBJETIVO GENERAL

Rediseñar mediante ingeniería inversa partes anatómicas para un articulador dental en conjunto con la organización CGT Consultoría del Valle, S.C., con base en equipo de escaneo y con el empleo de su propio software, para la generación de piezas anatómicas del cuerpo humano a las cuales se les aplicará ingeniería inversa con el software del diseño y la biomecánica aplicable, con el fin de mejorar el tratamiento odontológico.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Escanear piezas del articulador dental con origen anatómico humano
2. Desarrollar la ingeniería inversa a las piezas escaneadas para su mejoramiento
3. Obtención de un modelo 3D reformable para un trabajo futuro.

ORGANIZACIÓN DE LA TESIS

La tesis está organizada en capítulos, en cada uno ellos, se presenta una descripción cualitativa que permite validar la hipótesis:

- **Capítulo 1:** En el primero capítulo se hace referencia a conceptos utilizados en el desarrollo de la tesis para que el lector tenga mayor comprensión sobre el entorno del tema.
- **Capítulo 2:** En el segundo capítulo se hace referencia al entorno relacionado con el desarrollo de la tesis, mejor conocido como “estado del arte”.
- **Capítulo 3:** En el tercer capítulo se desarrolla la metodología empleada para el desarrollo de la tesis, así como los paradigmas utilizados en la construcción de este documento.
- **Capítulo 4:** En el cuarto capítulo se exponen los resultados obtenidos del capítulo anterior.

CAPÍTULO I

CONCEPTOS

1) CONCEPTOS

1.1) Articuladores dentales

Los articuladores dentales son dispositivos mecánicos destinados para la reproducción, así como el registro de los movimientos y posiciones maxilares de una persona, nos referimos a la relación del modelo maxilar inferior con el superior, con el fin de ser utilizados los resultados para el diagnóstico así como tratamiento restaurador.

El articulador es un instrumento imprescindible, su uso surgió bajo la necesidad de los odontólogos para imitar los movimientos mandibulares fuera del sujeto.

El primer articulador fue ideado por Gairot en 1805 al enfrentar los modelos superior e inferior entre sí, fijándolos con una llave de escayola que permitía su separación. Evans en 1840 y posteriormente Bonwill en 1958 crearon los primeros articuladores multiposicionales capaces de efectuar movimientos de lateralidad. En este sentido, la principal aportación de Bonwill fue describir un triángulo equilátero entre los cóndilos mandibulares y el punto interincisivo inferior. (Belmonte, 2001)

Desde entonces y hasta llegar al modelo más sofisticado y actual que incluye programas informatizados, se han ido comercializando distintos prototipos en función del continuo avance en los conocimientos anatomofisiológicos del complejo estomatognático. (Highsmith, 1985) (Llompart, 1991)

1.1.1) Clasificación de los articuladores

Desde la antigüedad, los odontólogos han tenido la curiosidad por ir mejorando estos aparatos, y por esto, los articuladores han ido evolucionando de ser rudimentario y arcaico, pero útil, hasta los que conocemos en la actualidad. Por el

mismo hecho de los constantes cambios que sean suscitados en estos aparatos han surgido clasificaciones de los mismos que son cuatro.

Clase I.

Instrumento simple de sostén capaz de aceptar un solo registro estático. Con capacidad de movimientos de cierre (una sola dirección).

Clase II.

Este reproduce el cierre y apertura, movimientos protusivos y laterales con una angulación fija del articulador

Clase III

Llamados semi-adaptables o semi-ajustables, reproducen posiciones en forma exacta y los movimientos en forma promedio y rectilínea. Son los llamados de tipo Arcón (Ar: articulación, Con: condilar).

Clase IV

Llamados totalmente adaptables, reproducen exactamente las posiciones y los movimientos mandibulares con las mismas angulaciones que las del paciente y en forma curvilínea. (Belmonte, 2001)

1.1.2) Usos del articulador dental

El articulador dental es útil en muchos aspectos de la odontología, por ejemplo se puede realizar

- Estudio de la oclusión* de un paciente a través de los modelos
- Elaboración de un diagnóstico, pronóstico y plan de tratamiento
- Confección de restauraciones protéticas
- Información del paciente. (Belmonte, 2001)

En el articulador podemos ver la oclusión desde distintos ángulos sin que la lengua o saliva o algún otro órgano nos dificulte la visualización, si es que existe una mal posición dentaria, posiciones o movimientos, con este estudio se complementa el estudio clínico realizado con anterioridad para tener un diagnóstico preciso así como dar un pronóstico del resultado que se obtendría con el plan de tratamiento elegido.

1.2) Ingeniería inversa.

La ingeniería inversa es una rama de la ingeniería reciente, es utilizada para descubrir los principios tecnológicos de un objeto mediante el razonamiento abductivo, de su estructura, función y operación, para comprenderlo y así poder copiarlo o mejorarlo. (Borja, 1999)

Esta es una herramienta de aprendizaje, es una manera de compatibilizar nuevos productos con el mercado, así mismo, es un efectivo modelo de enseñanza para obtener competencias de diseño e innovación en la formación de ingenieros donde también podemos encontrar un uso aplicable en la ingeniería inversa, es decir en:

- Documentación inexistente
- Documentación interna de los programas incomprensibles.
- La aplicación está sujeta a cambios frecuentes, que puede afectar al diseño
- Piezas con geometría demasiada complejas para su modelado
- Obtener un modelo de una pieza creada a mano (prototipo).

Esta tiene como objetivo el obtener la mayor cantidad de información de un producto, del cual, no se tiene información de su diseño o construcción y/o funcionamiento de cualquier objeto, software o proceso.

Citando al Profesor David Cass en 1998 “La ingeniería inversa puede extraer información de diseño del código fuente, pero el nivel de abstracción, el grado con

el cual trabajan y al mismo tiempo las herramientas y análisis humano y la direccionalidad de procesos son sumamente variables”

1.2.1) Softwares

1.2.1.1) CATIA

CATIA (**C**omputer **A**ided **T**hree dimensional **I**nteractive **A**pplication), por sus siglas en inglés se define como la aplicación interactiva de tres dimensiones asistida por computadora. Este programa fue desarrollado para dar apoyo desde la creación del diseño hasta el análisis del mismo. Este programa fue creado principalmente para su uso en la industria aeronáutica, aunque su gran desarrollo ha sido dentro de la industria automotriz, aunque la industria de la construcción también la ha empezado adoptar.

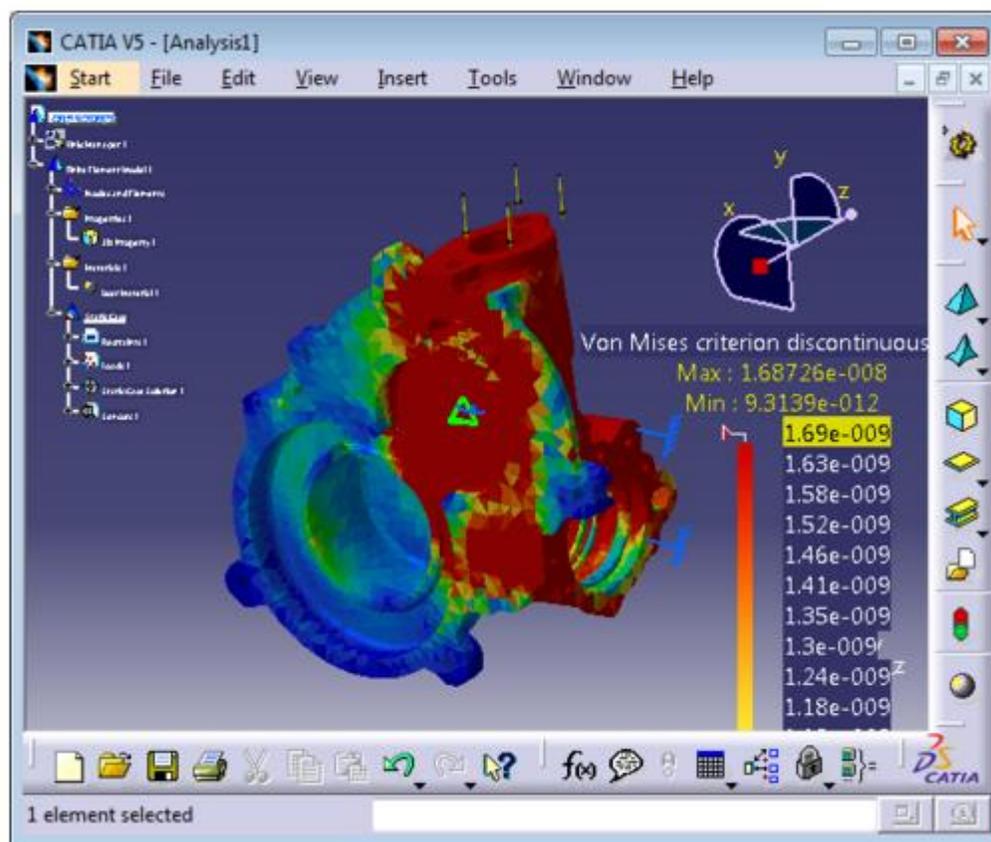


Figura 1: Vista de una pieza en el software CATIA (Intrinsys Intelligent Engineering, 2015)

Hablando propiamente de ingeniería, este programa ofrece distintas operaciones, así como, diseño y posicionamiento de componentes para la creación y simulación de operaciones de automatización en tiempo real, así como esquemas de ensambles y creación de imágenes realistas y más aún.

En el área de diseño ofrece también amplio número de usos como son la creación de modelos en 3D desde 0 o con base en planos en 2D, implementa también en superficies, análisis y visualización de formas estéticas y ergonómicas. Directamente en ingeniería inversa nos facilita herramientas de armonización y de reparación que permite corregir las piezas, para operaciones posteriores como fabricación y análisis. (Dassault Systèmes, 2014) (Intrinsys Intelligent Engeenering, 2015)

1.2.1.2) Creo Parametric

Este software de diseño en 3D, el cual aporta la promoción de prácticas de diseño así como el aseguramiento de la compatibilidad de las normas del sector donde se utilizará. Este software, puede ser ejecutado sin problema en el sistema operativo Windows y proporciona aplicaciones de CAD en 3D para el modelado de sólidos, análisis de elementos finitos y simulaciones, así como ilustraciones técnicas y visualización. (PTC, 2016)

1.2.1.3) Geomagics XOS

“Antes llamado anteriormente Rapidform, es un software utilizado propiamente para la ingeniería inversa, ya que en él se puede capturar información desde el escaneo en 3D, conversión y modelado en 3D, esto quiere decir, que se pueden crear modelos sólidos paramétricos desde los datos obtenidos del escaneo, una ventaja que aporta este software, es que mantiene activo un árbol de datos, esto es, un desglose de las aplicaciones o cambios en el diseño que se ha llevado acabo”. (Systems, 2016)

Una función que tiene en caso de ser requerido usar otro software de diseño como los antes descritos, es que los modelos pueden ser exportados a las aplicaciones ya referidas.

1.3) Escaneo 3D

El escaneo en 3D, se puede definir como la captura de formas y características de un volumen o ambiente, mediante un software específico en el cual se va construyendo un modelo virtual tridimensional del mismo. (Jiménez, 2013)

La formación que va obteniendo un escáner 3D consiste primordialmente en una nube de puntos (podríamos llamarlo como un gas) que tiene que ser procesada, o la solidificación de este gas, para determinar la forma de estos puntos y así obtener el modelo.

Como todo es completamente precisión, es decir, que la captura de un modelo en un escáner 3D no producirá un modelo completo en el primer escaneo, si no que serán necesarios múltiples escaneos desde diferentes ángulos para obtener la mayor información de todos sus lados.

1.3.1) Tipos de escaneo

1.3.1.1) Escaneo por patrón de luz o luz estructurada

“Las técnicas de luz estructurada hacen uso de un proyector para proyectar un patrón sobre la escena a escanear. Al hacer corresponder la imagen captada con el patrón original, es posible triangular la posición de cada píxel y determinar su profundidad con respecto al plano perpendicular a la cámara”. (Pèrez, 2011)

El funcionamiento del patrón de luz, suele consistir en un conjunto de líneas paralelas generadas por láser o proyección, lo que analiza el software es la deformación de la inclinación de la superficie del objeto en que se refleja.

Pero como la mayoría de tecnologías y métodos también tiene sus limitantes o defectos, este tipo de escaneo, tiene problemas con las superficies con transparencias, eso quiere decir, que cuando se tiene un objeto que permite el paso de la luz el escáner no lo detecta, así mismo, tiene problemas para detectar superficies reflexivas, así que los objetos que este escáner detecta tienen que tener una superficie opaca, es decir, la forma de solucionar los problemas anteriores es aplicando una fina capa de pintura opaca en la superficie.

La ventaja de este tipo de escaneo, es su velocidad, es decir, que en lugar de escanear un solo punto en el espacio, se escanean múltiples puntos o el campo completo de visión, esto reduce el ruido por el movimiento.

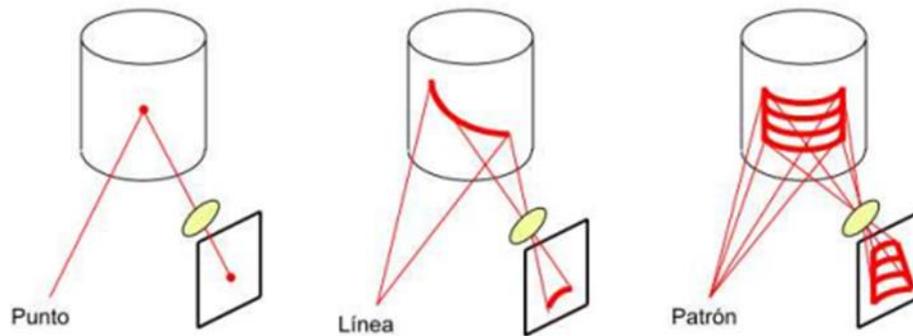


Figura 2: Funcionamiento del escaneo por patrón de luz (Fernández, 2015, pág. 22)

1.3.1.2) Máquina medidora de coordenadas (MMC)

Como su nombre indica, es una máquina que utiliza componentes móviles que se trasladan a lo largo de guías, para medir una pieza en las coordenadas X,Y y Z del componente, las coordenadas de estos puntos se determina con un palpador (ya sea de contacto o no) y un sistema de medición del desplazamiento que se encuentra en sus ejes.

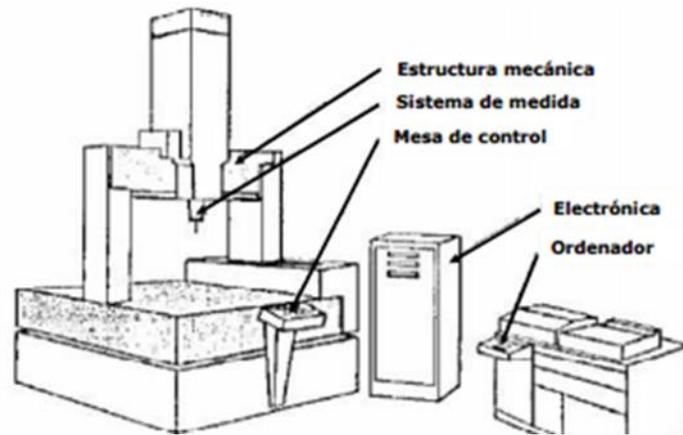


Figura 3: Máquina medidora de coordenadas (Bueno, Introducción a la Metrología, 2011, pág. 8)

Estas máquinas son instrumentos utilizados para realización de mediciones y desviaciones de la geometría de objetos con formas simple o compleja, su función es la de medir puntos en el espacio, donde para que esto suceda es primordial la existencia de un origen para que determine la posición. La limitación de estas máquinas se deriva de su capacidad para calcular, a partir de puntos medidos y magnitudes dimensionales como son: distancia, ángulos, formas etc.

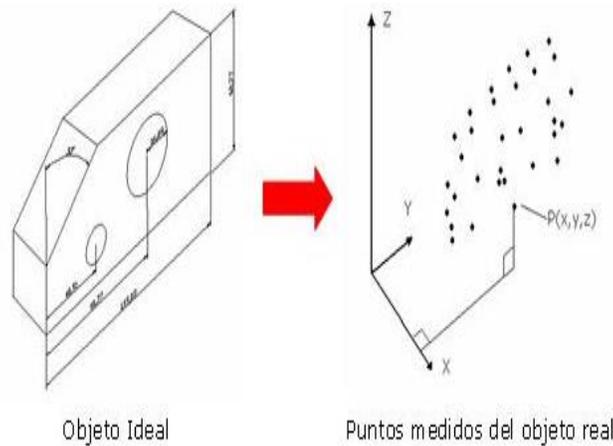


Figura 4 Medición de puntos medidos en un objeto (Bellelli, 2008, pág. 2)

“Su principio de funcionamiento de una máquina medidora por coordenadas es el registro con una técnica de medición punto a punto. Se asigna a cada punto las coordenadas (1,2 o 3) referidas a un sistema de coordenadas en 3D (origen común). Vinculación numérica de las coordenadas asignadas a los puntos, con una

geometría espacial completa de la pieza, a través de un software de medición”.
(Bueno, Introduccion a la Metrologia, 2011, pág. 7)

Normalmente la medición de los patrones numéricos se lleva acabo con la ejecución de programas de control numérico para automatizarlos. Estas máquinas tienen un rango de medida muy amplio, pueden medir piezas muy pequeñas o piezas de grandes volúmenes, pero para hacer esto, y obtener una medición exacta en zonas de difícil acceso o con piezas de gran complejidad existen variedades de cabezales.

1.3.1.3) La holografía conoscópica

Esta es una técnica interferométrica*, que permite la medición de orificios, alcanzando una precisión mayor que el de una micra, la cual consta en el paso de un rayo reflejado sobre una superficie a través de un cristal birrefente, esto es, que tiene dos índices de refracción, uno de estos, es fijo mientras el otro es dependiente del ángulo de incidencia (ángulo que forma una línea recta al incidir en una superficie con la normal a la superficie en el punto de incidencia) esto nos da dos rayos paralelos que con la ayuda de una lente cilíndrica interfieren el uno con el otro, y la interferencia es capturada por un sensor CCD, la frecuencia de esta interferencia determina la posición del objeto. (Fernandèz, 2015)

La ventaja que se tiene al que la luz no tiene que ser necesariamente un láser, aunque solo tiene una restricción y es que la luz tiene que ser monocromática.

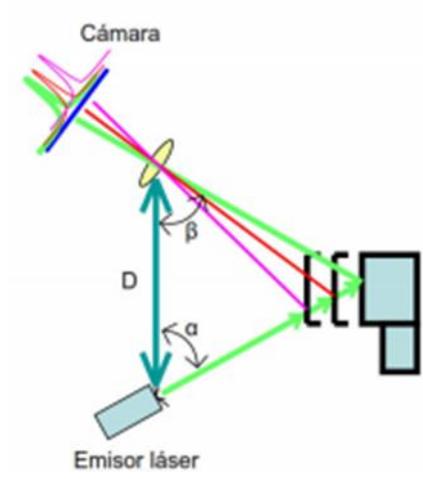


Figura 5: Holografía Conoscopica (Fernandez, 2015, pág. 28)

CAPÍTULO II

ESTADO DEL

ARTE

2) ESTADO DEL ARTE

A continuación se menciona la importancia que ha tenido la ingeniería inversa a lo largo del tiempo, y su importancia en la industria, ya que la ingeniería inversa tiene como objetivo, reproducir o mejorar cualquier proceso o sistema en el desarrollo de nuevos productos y diseños o en la mejora de los productos ya existentes.

Así como también se habla del escaneo tridimensional, cómo es que se relaciona con la ingeniería inversa y la importancia que tienen al juntarse.

Por otro lado, se indica qué es un articulador dental; más adelante se compara con los articuladores dentales, ya con el uso de un escaneo tridimensional del cual se enuncian los beneficios que tiene.

Todo lo anteriormente mencionado, está basado en artículos de revista, artículos de revista en línea y páginas de soporte.

2.1) Ingeniería inversa

“La ingeniería inversa es una metodología de rediseño que puede aplicarse a un producto existente, a un prototipo o un concepto detallado”. (Romero, 2012, p. 204).

De tal manera, que se puede decir que la ingeniería inversa tiene como objetivo, reproducir o mejorar cualquier proceso o sistema en el desarrollo de nuevos productos y diseños; o en la mejora de los productos ya existentes. De esta forma, se podrán mejorar sus características y funciones.

Otro “objetivo de la ingeniería inversa es obtener la información necesaria para desarrollar la ingeniería de la misma, realizar reparaciones o cambios de ingeniería”. (Cadavshmeip, 2016).

Su principal función de la ingeniería inversa, es lograr cambios positivos o reparaciones a cosas que a veces ya no se le dan buen uso o bien que se intente tener una mejora en algún producto en específico.

La ingeniería inversa tiene como estrategia, enfocarse a la reproducción, sustitución de partes o copiado, todo esto con respecto a la manufactura que se requiere para el producto.

La ingeniería inversa se puede aplicar en cualquier parte de las etapas o fases que se llevan a cabo en el proceso del desarrollo del producto. De tal manera, que esta se puede aplicar a cualquier sector industrial que lo requiera, es decir, en productos hechos de plástico, metal, entre muchos otros.

“La ingeniería inversa siempre va a partir de un objeto presente y así su principal función será conocer al objeto más de lo que se conocía en un principio, es por eso que se puede decir que la ingeniería inversa es analítica”. (Borja, 1999)

2.1.1) Programas de la ingeniería inversa

La ingeniería inversa constar de 2 programas:

- Programa analítico
- Programa sintético

La Ingeniería Inversa es sintética en cuanto a su definición, pero analítica en cuanto a su proceder, pues uno de sus objetivos es obtener ciertas propiedades de los objetos de estudio y en ese sentido es analítica. Pero también es sintética puesto que debe obtener un modelo aproximado, una copia equivalente de los objetos; esto es, debe restituir el análisis representado por las formas y las propiedades químicas y físicas de los objetos (Montoya, 2013, p. 24,25).

2.1.2) La ingeniería inversa y la información

Uno de los problemas que se pueden presentar y que afectarán el diseño del producto, es la falta de información o bien la información incorrecta, es por esto, que otro de los objetivos de la ingeniería inversa es: “generar información precisa y funcional y, por tanto, confiable con la cual sea posible caracterizar las ideas y los objetivos para algún propósito específico”. (Montoya, 2013, pág. 27).

La ingeniería inversa adquiere una gran importancia en el ámbito de diseño y manufactura debido a que estos dos procesos requieren de mucha información.

La información que se obtiene en el proceso de la ingeniería inversa se clasifica de manera general como:

- Información geométrica y dimensional
- Información de manufactura; en especial de materiales y procesos.
- Información de funcionalidad de las partes y de sistemas.
- Información de propiedades físicas y químicas del producto.

“La ingeniería inversa en su más sentido general de aplicación se usa para generar información de sistemas y, por tanto, es necesario definir su dominio específico, pues no es lo mismo generar información relacionada con un sistema electrónico que con un sistema mecánico.” (Montoya, 2013, pág. 31).

Por otro lado, la información obtenida a través del proceso de la ingeniería inversa direccionada al diseño y la manufactura, puede usarse para diversos propósitos, como por ejemplo:

- Para reproducir componentes mecánicos.
- Para innovar productos.
- Para generar bases de datos.
- Para generar conocimiento de los sistemas mecánicos.
- Para mejorar y rediseñar componentes o máquinas.

-
- Para corregir fallas en los diseños.

Recapitulando lo anteriormente expuesto, es que se dice que la información es como el cerebro de la ingeniería inversa. Por ello, es necesario aplicar o, en su caso, crear métodos apropiados para generar, recopilar, almacenar, manejar, administrar y transmitir la información de diseño y de manufactura o de la Ingeniería inversa.

Los instrumentos de análisis y las herramientas computacionales son esenciales para generar y manejar la información de los objetos, a partir de la cual se construyen modelos aproximados de los componentes o sistemas analizados.

La ingeniería inversa consta de 4 partes:

- 1) Un sistema de medición usado para digitalizar una parte simple o un modelo de prototipo.
- 2) un software de procesamiento de datos que evalúe los datos de los puntos digitalizados.
- 3) construcción de un modelo en CAD
- 4) Usar sistemas CAM o CAE para construir un modelo.”(Montoya, 2013, pág. 32).

2.1.3) Etapas de la ingeniería inversa

Para la ingeniería inversa se sigue un proceso, el cual incluye 3 etapas:

- La primera etapa es la captura y análisis de la información de un producto original, es decir, existente; en esta primera etapa se puede incluir una recolección de conocimiento de un diseño e información necesaria para así poder tener una idea principal sobre la modificación del producto inicial.
- La segunda etapa consiste en tener la definición clara sobre la funcionalidad del producto; esta etapa, consistirá en la evaluación y especificaciones sobre la modificación del sustituto del producto basándose siempre en el conocimiento que se tiene del producto original.

-
- La tercera etapa es la especificación del proceso de manufactura; consiste en esto la selección de los recursos y procesos de manufactura necesarios para producir el sustituto del producto original. (Borja, 1999)

2.1.4) Ingeniería inversa y escaneo tridimensional

“Escaneado 3D, también llamado Digitalizado 3D es la técnica que permite obtener una malla o nube de puntos tridimensional de cualquier objeto físico para convertirlo en un archivo digital, manipulable con Software CAD 3D, preferiblemente con software específico.” (AsorCAD, 2015)

Esta técnica de escaneo tridimensional, es extremadamente precisa, Permite la conexión entre el mundo físico y el mundo virtual, mediante el procesamiento de datos, tales como posición, diámetro, ángulo y rugosidad de superficies y objetos, capturados por medio de diferentes sistemas de medición 3D, como las máquinas de medición por coordenadas (MMC) (figura 6), proyección de una línea láser, luz blanca, láser tracker o sistemas de Inspección de tubos, con los que se crean modelos virtuales precisos, que permitan el estudio de la pieza, su corrección o una eventual fabricación. (Jiménez, 2013, pág. 43).



Figura 6: Los MMC cuentan con un brazo que se desplaza sobre la pieza a copiar, para capturar los datos de geometría con palpado o punto a punto. (Metrología 3D, 2015, pág. 43).

Es importante definir la precisión y la resolución que se necesita para saber qué escáner es el adecuado para obtener el fichero ideal.

En la actualidad, se ha visto mucho el manejo tridimensional. Ahora bien, la ingeniería inversa es acompañada muchas veces de escaneo tridimensional.

El principio del escaneo tridimensional, se basa en el recorrido que hacen sobre la superficie de la pieza, los diferentes equipos diseñados para tal fin, con el objetivo de capturar la mayor cantidad de datos, para que estos sean capturados por los software de parametrización, que vienen incorporados en estos sistemas y que varían de nombre, dependiendo de la máquina adquirida

Este procesamiento de datos, permite crear un modelo virtual de la pieza y generar los patrones de diseño necesarios para su reproducción.

“De igual manera estos datos pueden ser leídos por sistemas como el CAD (Diseño Asistido por Computadora), y CAM (Manufactura Asistida por Computadora), los cuales asimilan la información del diseño, y permiten generar rutas de corte para la fabricación de piezas en un proceso de mecanizado”. (Jiménez, 2013, pág. 43).

La ingeniería inversa relacionada con el escaneo tridimensional consiste en generar modelos CAD en 3D a partir de objetos existentes, esto con la finalidad de determinar el desarrollo de piezas físicas.

“El software CAD es conocido por su agilidad y facilidad de uso, lo que ayuda a minimizar los costos de capacitación y maximizar la productividad. Es fiable y robusto, incluso cuando se trata de casos complejos del día a día.” (AsorCad Reverse Engineering Experts)

“Como ya se mencionó anteriormente, la ingeniería inversa cada vez se hace más necesaria y popular, con ella, se puede utilizar como método para crear un modelo 3D de una pieza, es decir, la ingeniería inversa reconstruye diseños considerados clásicos, para así poder implementar diseños nuevos. También

“Puede generar documentación perdida o inexistente de diseños y actualizar o crear documentación conforme a obra.”(Faro, 2015).

Algo que está claro, es que por medio del desarrollo de software y la computación; se pueden mejorar diseños y procesos de fabricación de los componentes del producto. Sin embargo, los sistemas computacionales requieren de información avanzada para poder ser utilizados.

Esta información, para el caso de la ingeniería inversa, proviene o es generada por instrumentos y máquinas. Por ello, se necesita de las técnicas y los procedimientos de metodologías para obtener medidas y formas de los componentes, además, de equipo químico y físico que auxilia en la caracterización de los materiales.

2.2) Articuladores dentales

“Los articuladores son auxiliares en la práctica diaria del dentista y del laboratorio dental especializado. Estos aparatos nos presentan la articulación temporomandibular y la relación que existe entre las arcadas maxilar y mandibular, llevando en conjunto los órganos dentarios y/o rehabilitaciones a realizarse” (Articuladores dentales, 2014, pág. 204).

Existen muchos tipos de articuladores por ejemplo:

- “Articulador de bisagra simple (Figura 7): este solo es un instrumento simple de sostén de los modelos, este articulador únicamente permite realizar movimientos verticales y son conocidos comercialmente como posicionador u ocluser.” (Articulador de bisagra simple, 2007, pág. 208).



Figura 7: Articulador de bisagra simple (radiodent, 2012)

- “Articulador semi ajustable (figura 8): este articulador va a simular trayectorias condileas usando valores equivalentes al paciente, además de que los modelos se articulan de acuerdo a algún plano cráneo facial “. (Articuladores semi ajustables, 2007, pág. 208).



Figura 8: Articulador semi ajustable (Técnicas odontológicas, 2012)

- “Articuladores totalmente ajustables (Figura 9): este articulador acepta registros dinámicos tridimensionales, además de que puede reproducir todos los movimientos mandibulares basándose en trazados pantográficos, además de que se utilizan complejos arcos faciales que se ocupan para el montaje del modelo superior en donde se hace un registro de un eje de rotación terminal verdadero el cual es llamado eje cinemático.” (Articuladores totalmente ajustables, 2007, pág. 208)

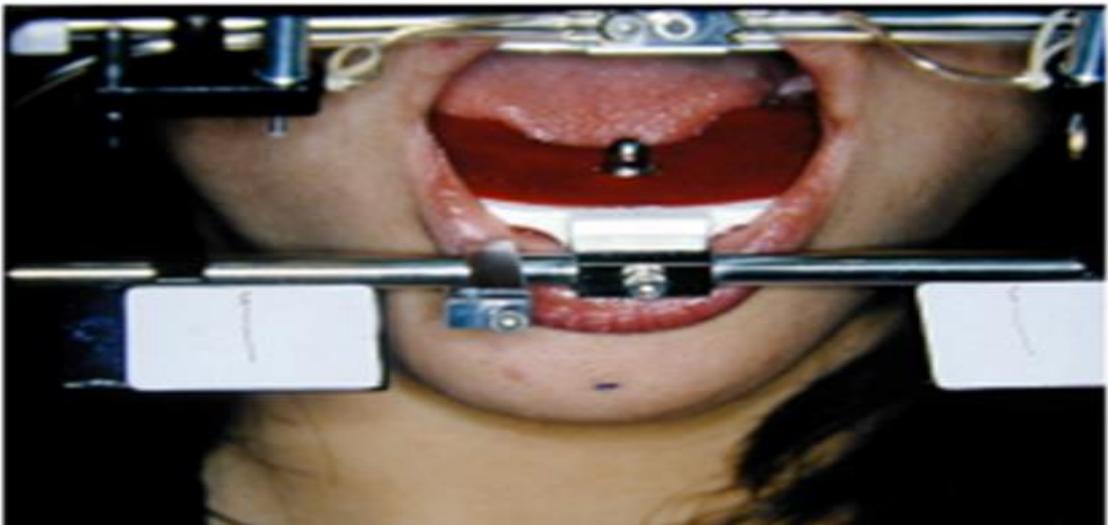


Figura 9 : Articuladores totalmente ajustables (técnicas odontológicas, 2012)

2.2.1) Funciones del articulador

Las principales funciones del articulador es que ayudan a tener un diagnóstico y así poder dar un plan de tratamiento, también, por medio del articulador se puede ir evaluando el tratamiento.

En el diagnóstico se puede hacer un análisis oclusal, además de que se evalúa la posición en la que se hará el tratamiento rehabilitador.

En el aspecto de la ejecución del tratamiento lo que se puede lograr a través del articulador, es la construcción de provisiones y también realizar desgastes tentativos para la valoración del espacio necesario para el metal o porcelana.

En la evaluación del tratamiento se ven aspectos como: estética, evaluar posibles interferencias y evaluar movimientos excéntricos.

2.2.2) Articuladores dentales relacionados con el escaneo tridimensional

Ahora que ya se mencionó qué son los articuladores dentales y que son utilizados actualmente por muchos laboratorios odontológicos, se hablará sobre la importancia que tiene el escaneo tridimensional en el área de odontología (específicamente articuladores). De esta manera se podrá ver cómo por qué es importante el uso de nueva tecnología.

En la actualidad, la odontología está llegando a la era digital más rápidamente de lo que la mayoría había previsto. La digitalización no es simplemente un hecho del sector: si no también es una oportunidad. El CAD/CAM proporciona respuestas directas a los numerosos retos a los que se enfrentan los laboratorios actuales en un mercado altamente competitivo.

“El **CAD/CAM dental** es un sistema tecnológico que permite el diseño y la elaboración de prótesis dentales por ordenador.” (Becerra)

Mediante esta tecnología digital se puede diseñar y fabricar rehabilitaciones odontológicas extremadamente precisas y de la más alta calidad.

Estas características nos permiten reducir enormemente el margen de error humano para conseguir porcentajes de éxito todavía más altos en los tratamientos que requieren piezas artificiales.

Es por esa competitividad en el mercado, que el escaneo tridimensional tiene una gran ventaja en el mundo de la odontología, y es la alta velocidad y precisión de los escáneres.

“Los escáneres y el software CAD están diseñados en conjunto para proporcionar unos flujos de trabajo sin interrupciones y funcionalidades exclusivas, como el escaneado de texturas, el escaneado de impresiones y las cámaras de 5 MP.” (System, pág. 4)

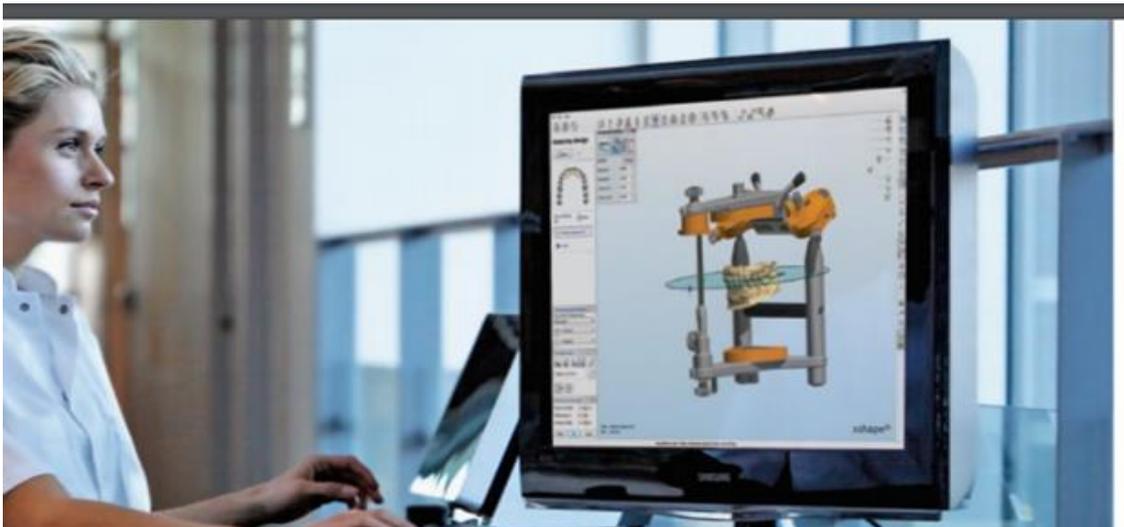


Figura 10: Escaneo tridimensional en articuladores dentales (I System Denta, p. 4)

Con el escaneo tridimensional en los articuladores dentales, se quiere lograr que los laboratorios puedan seguir ofreciendo soluciones para seguir siendo competitivos, además, de que sigan actualizándose y así tengan nuevas funcionalidades y útiles interfaces.

“Además, cada vez más laboratorios producen con éxito indicaciones avanzadas como barras de implantes, modelos, prótesis parciales removibles y aparatos ortodónticos utilizando sistemas CAD/CAM. No hay duda alguna de que, en el futuro, estas tendencias van a acelerarse.” (System, pág. 4)

El desarrollo de nuevas tecnologías en escaneo tridimensional (CAD/ CAM) ayudará a los laboratorios a ser más competitivos en la producción de restauraciones del producto, ya que será de una manera mucho más rápida, además, de que resulta menos costosa y con el escaneo se podrá observar una mejor calidad, lo que permitirá a los laboratorios encargados de las articulaciones tener más auge en la clínica dental y competencia local.

Entonces los escáneres dentales van a ofrecer a los laboratorios una mayor productividad, además de la satisfacción de los clientes, mediante una respuesta más rápida y unos resultados clínicos superiores.

“Los escáneres dentales son tan sencillos de usar que prácticamente no es necesaria formación adicional para la plantilla. La fijación del objeto es rápida y un solo clic en este sencillo software pone en marcha el escaneado.” (System, pág. 5)

“El escaneado 3D en relación con el diseño de puentes y barras de implantes requiere una precisión muy elevada que pocos escáneres pueden ofrecer. Las cámaras de 5,0 megapíxeles, en combinación con pilares de escaneado de alta calidad, permiten la captura exacta de datos tridimensionales tanto de las posiciones como de las orientaciones de los implantes para garantizar un ajuste perfecto y sin tensiones.” (System, pág. 7)

2.2.3) Ventajas

Ahora hablemos de las ventajas que tiene utilizar escaner tridimensional en los articuladores:

Una de las principales ventajas que se observan, es que hay una mayor planificación de la intervención, ya que permite saber con exactitud dónde se debe colocar los implantes y tener una guía para evitar cualquier cambio sobre la posición planificada.

Otra de las ventajas que tiene usar este método, es la alta estética dental debido a que utiliza cerámica altamente translúcida.

Otra ventaja es que los odontólogos pueden presentar visualizaciones del antes y el después de las restauraciones a los pacientes. Los laboratorios pueden proporcionar mejores servicios, mejorar la satisfacción de los odontólogos y de los pacientes, y consolidar las relaciones con sus clientes odontólogos.

2.3) Proceso de escaneo

“El proceso tiene tres fases. En una primera instancia el odontólogo realiza un registro de la boca del paciente. Mediante un escáner intrabucal (situando el cabezal del escaneado directamente sobre los dientes del paciente) Figura 11. Así se obtendrá una serie de imágenes tridimensionales, reproduciendo una dentadura de manera exacta quedando registrada en una computadora.” (Proidental, 2013).



Figura 11: Escáner intrabucal, situando sobre los dientes del paciente. (proidental 2016).

El segundo paso es que con un programa de ordenador se diseña las prótesis sobre la imagen digitalizada de la boca del paciente. Figura 12



Figura 12: Con un programa de escaneo tridimensional se diseña la prótesis (Propdental, 2014).

Una vez diseñados los dientes, el protésico da la orden a la computadora y este empieza a fresar hasta obtener el diente tal y como se había diseñado en el ordenador. (Figura 13)

El diente terminado es enviado por el protésico al dentista, quién lo colocará en el paciente para su rehabilitación con las prótesis dentales.



Figura 13: Prótesis de diente (Propdental, 2014).

Actualmente existen empresas que se encargan de sacar al mercado nuevos productos que tienen que ver con los articuladores dentales en 3D.

“La 3Shape Academy proporciona formación práctica y materiales de aprendizaje para garantizar que los usuarios sepan utilizar todas las funciones de su sistema” (System, pág. 44)

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3) MÉTODO

3.1) Preparación de piezas para su escaneo

Uno de los requisitos para que el escáner pueda detectar la superficie de una pieza, esta debe tener un color blanco, para tener este color la pieza debe ser pintada completamente, lo que se realizó y es lo más recomendable y eficiente, fue pintarlas con óxido de titanio disuelto en alcohol etílico para obtener el color deseado,

Ya teniendo esta disolución se puede apoyar de la ayuda de un aerógrafo para pintar la totalidad de la superficie de la pieza de forma rápida y precisa, se recomienda dejar secar por lo menos 30 minutos, posteriormente teniendo la pieza completamente seca, se aplica una segunda capa para que rellenen las zonas donde se haya diluido un poco o carezca de pintura, pero esto tiene algunos inconvenientes al momento del secado; cuando no se hace de manera uniforme se puede apoyar de un hisopo con la disolución para cubrir las zonas que no fueron bien cubiertas. Como se muestra en la siguiente imagen:

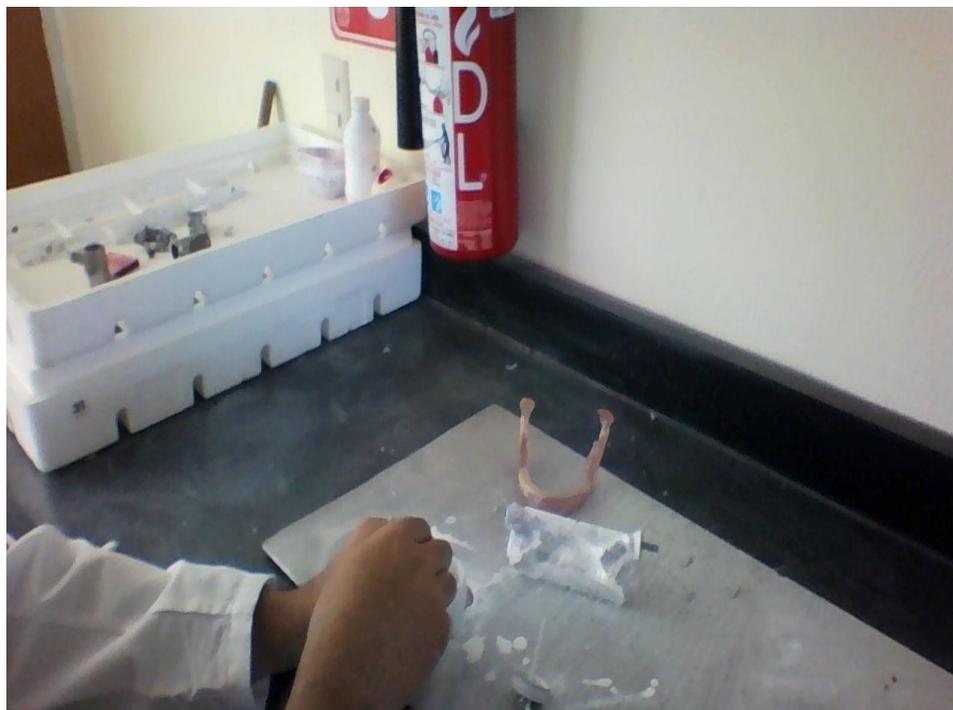


Figura 14: Preparación de las piezas

3.2) Puesta a punto de escáner

Paso 1: Se comienza encendiendo el no break que alimenta al ordenador y el escáner, una vez arrancado el ordenador (el ordenador es exclusivo del escáner) se va al programa ATOS, al abrir el programa se muestra una pantalla, dentro de la pantalla en la esquina superior derecha donde se muestra un ícono parecido al de una bombilla donde se le da un clic y cambia de color (amarillo).

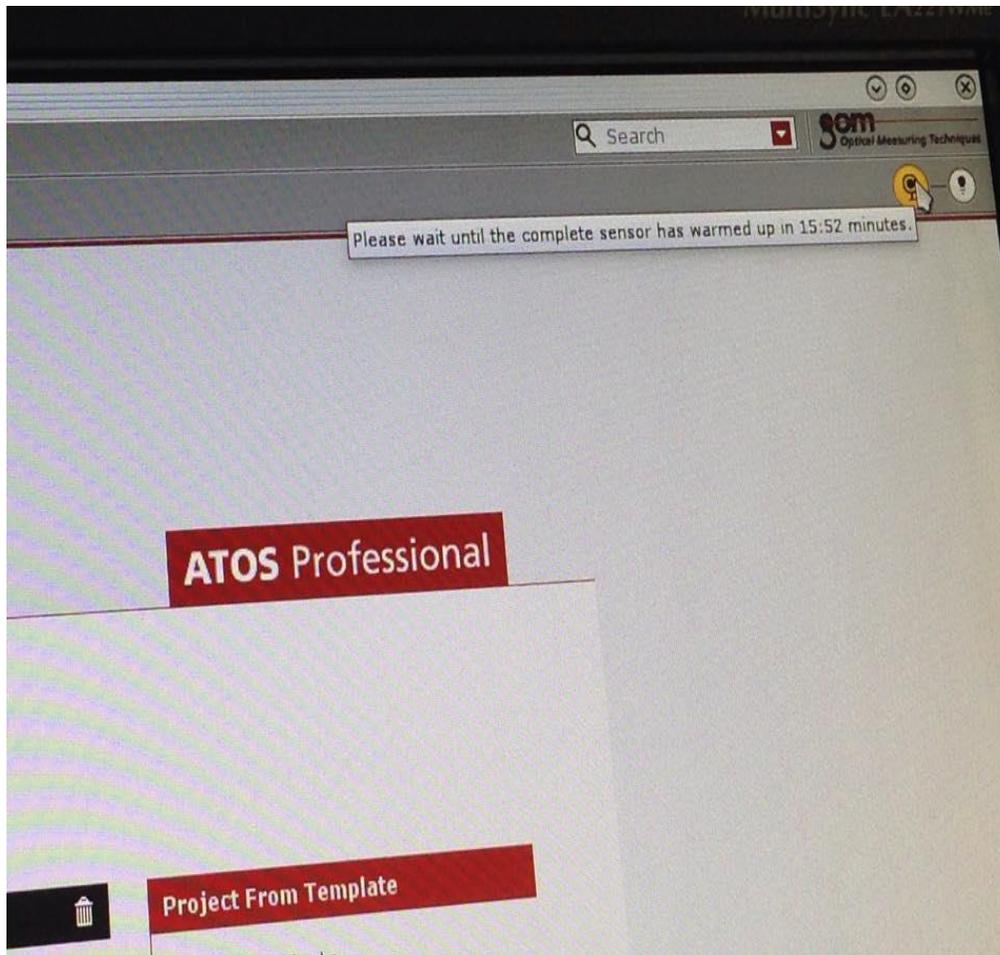


Figura 15: Pantalla de inicio de programa ATOS

Esto referencia que el foco del escáner esta prendido y también hace referencia al tiempo que se tomará para que el escáner este a una temperatura óptima para su uso. Una vez que el ícono vuelve a su color original nos indica que el escáner está listo para su calibración.

Paso 2: En la parte superior izquierda se encuentra un ícono en forma de una llave que tiene en nombre de “set up” (software ATOS).

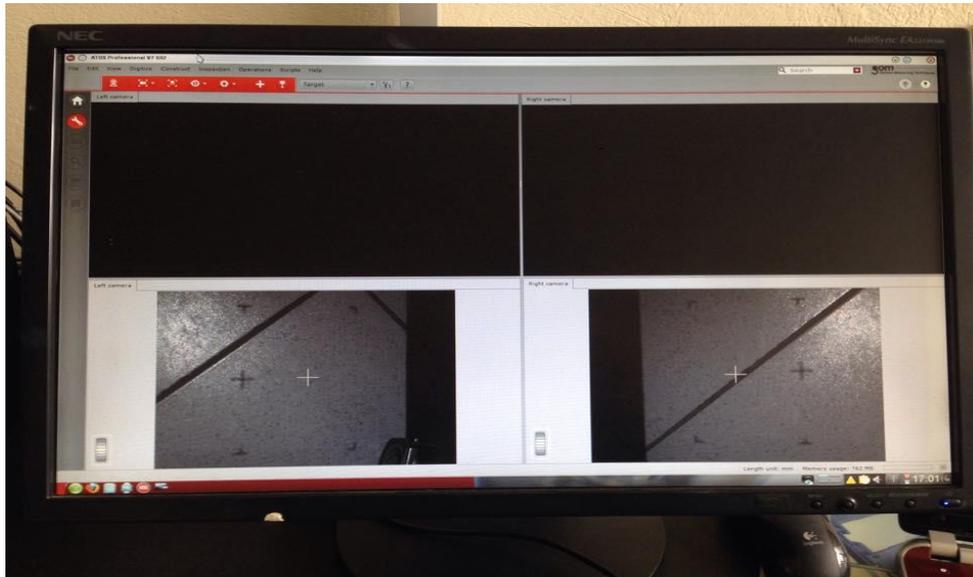


Figura 16: Cámaras laterales del escáner

Paso 3: Se le da clic y nos manda a otra pantalla, donde se nos muestra las imágenes de las cámaras laterales del escáner. Enseguida nos vamos al icono de ajuste que el segundo que se muestra debajo de la barra de tareas y se da clic en “ajuste de enfoque de la cámara izquierda”.

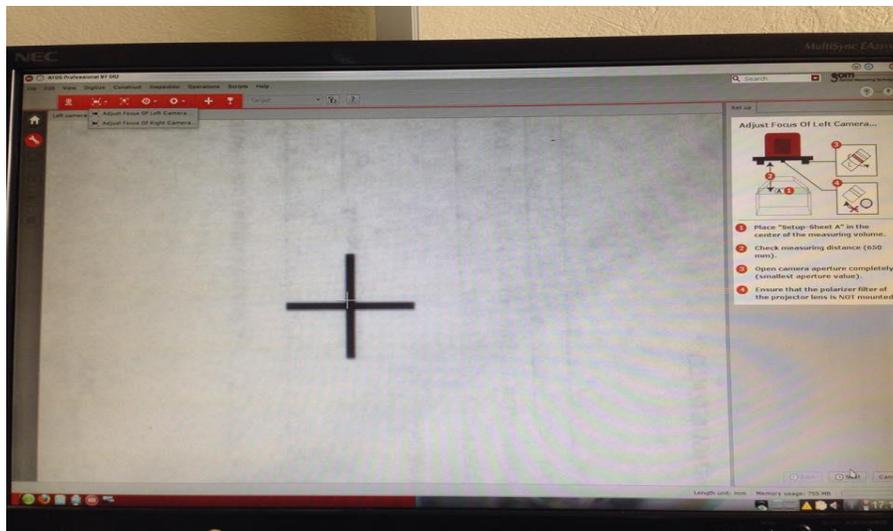


Figura 17: Enfoque de la cámara izquierda

Enseguida se muestra una pantalla con las instrucciones a seguir como se muestra en la siguiente imagen.

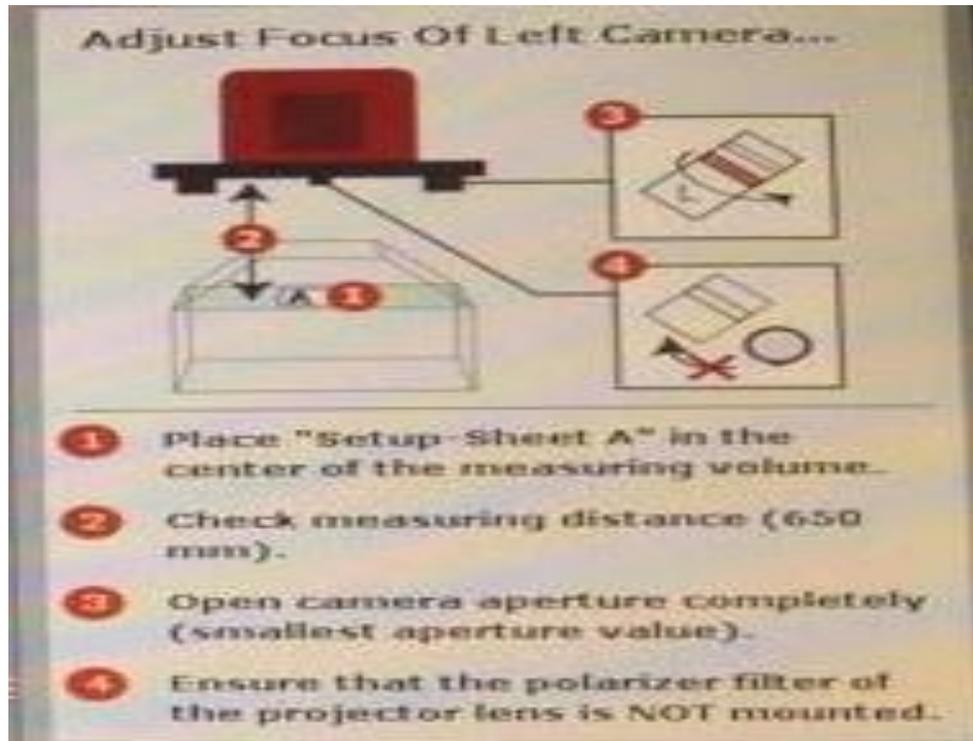


Figura 18: Instrucciones de ajuste de la cámara izquierda del software

Paso 4: Al terminar los ajustes anteriores, la acción siguiente es el empalme de las cruces, para esto se debe utilizar una llave tipo Allen y ajustar manualmente las cámaras. La primer acción es aflojar ligeramente los tornillos de la cámara izquierda con el fin de manipular la cámara y lograr el empalme de los dos cruces, cabe señalar que no es necesario la cruz de menor tamaño, deba estar en el centro de la cruz mayor, únicamente debe de estar dentro del área de la cruz de mayor tamaño, al tener esta condición es necesario apretar los tornillos de la cámara, se sugiere que se realice en de forma cruzada sin aplicar mucha fuerza ya que puede alterar el empalme antes realizado y se tenga que repetir la operación, una vez terminada esta acción se da clic en el botón “next”, si el ajuste fue correcto se mostraran 2 círculos en verde.

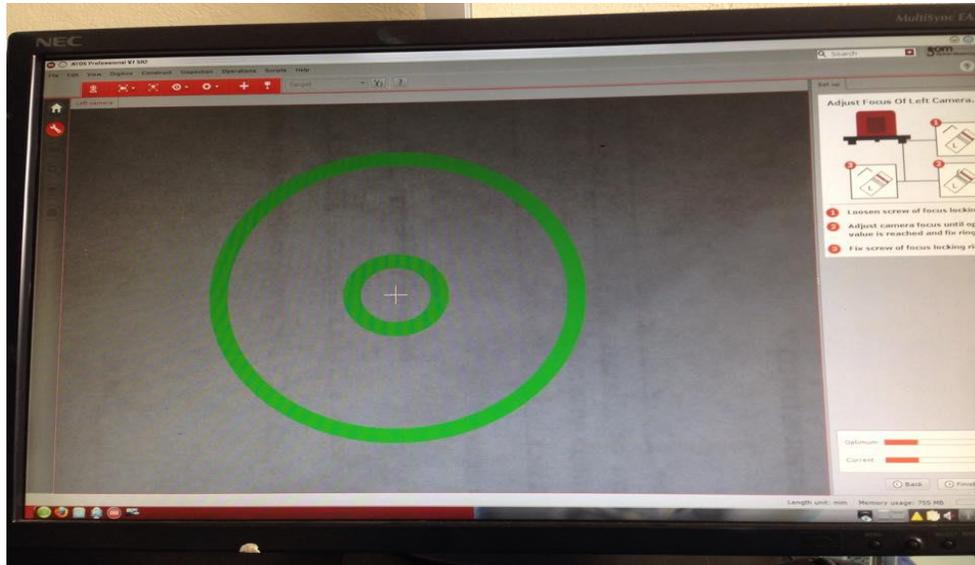


Figura 19: Empalme de ambas cruces

Paso 5: Por ultimo se da clic en el botón “finish”, regresándonos a la pantalla con la vista de las dos cámaras, y se repite el proceso con la cámara derecha.

Paso 6: Una vez terminado el ajuste, regresaremos a la pantalla con la imagen de ambas cámaras, y enseguida vamos al ícono de “calibrate sensor”, debajo de la barra de tareas y se le da clic, muestra un pequeño cuadro donde se elige el objeto de calibración, en este caso elegimos el primero y damos “next”.

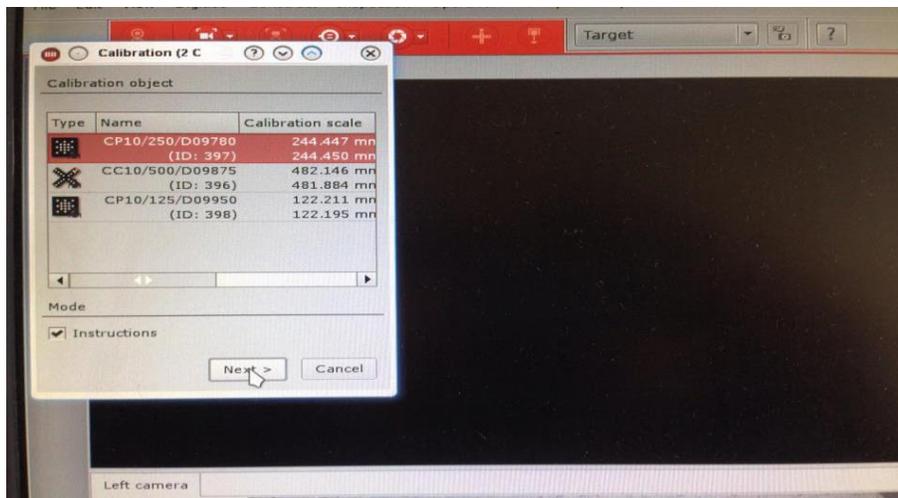


Figura 20: Elección del objeto de calibración

Paso 7: Enseguida se muestra otro cuadro donde se indica la temperatura de la cámara y pidiéndonos la temperatura del objeto de calibración, donde en este caso es un panel.

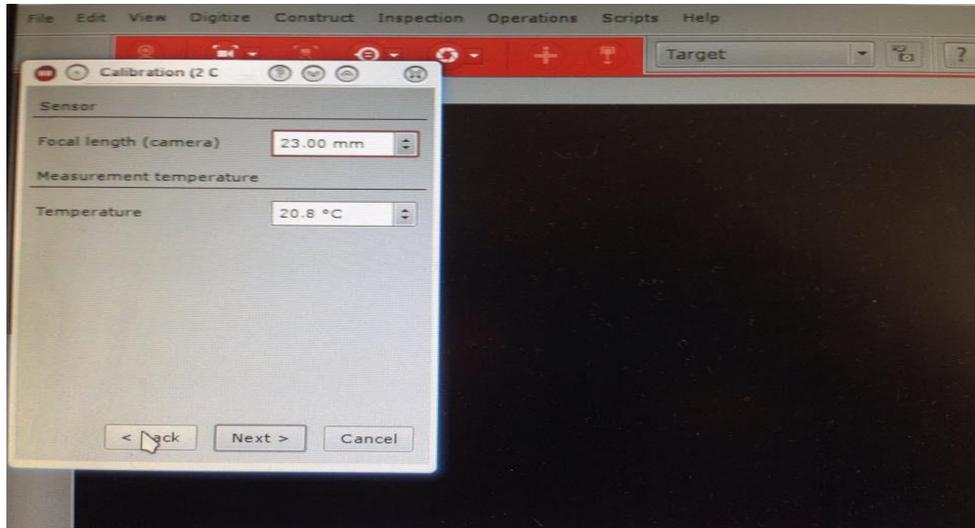


Figura 21: Temperatura del objeto de calibración

Y esto se hace con ayuda de un palpador, se toma la temperatura de una de las esquinas de la tabla.

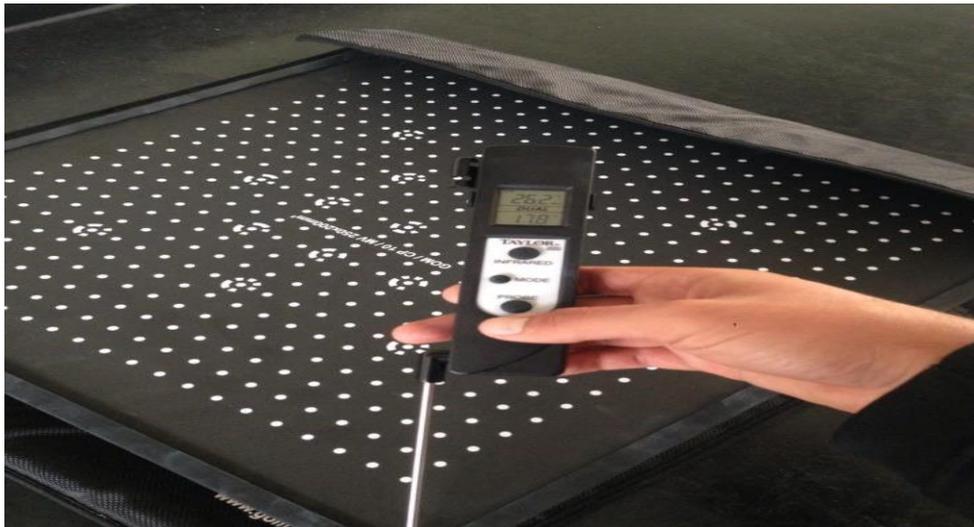


Figura 22: Toma de temperatura del panel de calibración

La temperatura dada se registra y se da clic en “next”, y enseguida se muestra un cuadro con las especificación del panel y al final se da clic en “finish”, para iniciar con la calibración del escáner.

Paso 8: Se muestra otra pantalla con la imagen de las cámaras con instrucciones a seguir en el lado derecho, en este primer paso el panel debe estar a 0° donde el enfoque de la cámaras debe estar en el punto central si es correcto el enfoque, los puntos que conformado el panel aparecerán en ellos cruces rojas lo que indicará que el enfoque fue correcto lo que nos mandará al siguiente paso.

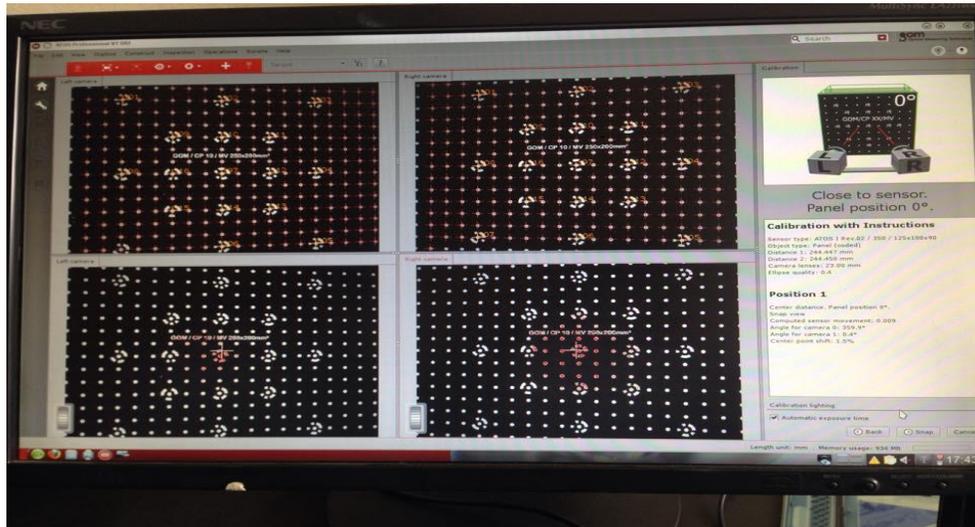


Figura 23: Instrucciones de calibración del escáner a 0°

Paso 9: Ahora se indica que las cámaras tienen que estar situado en los puntos adyacentes del centro con inclinación de 0° , la cámara derecha debe situarse al punto siguiente de lado derecho del centro y la cámara izquierda al punto situado de lado izquierdo del centro, si es correcta la operación sucederá lo mismo que el paso anterior.

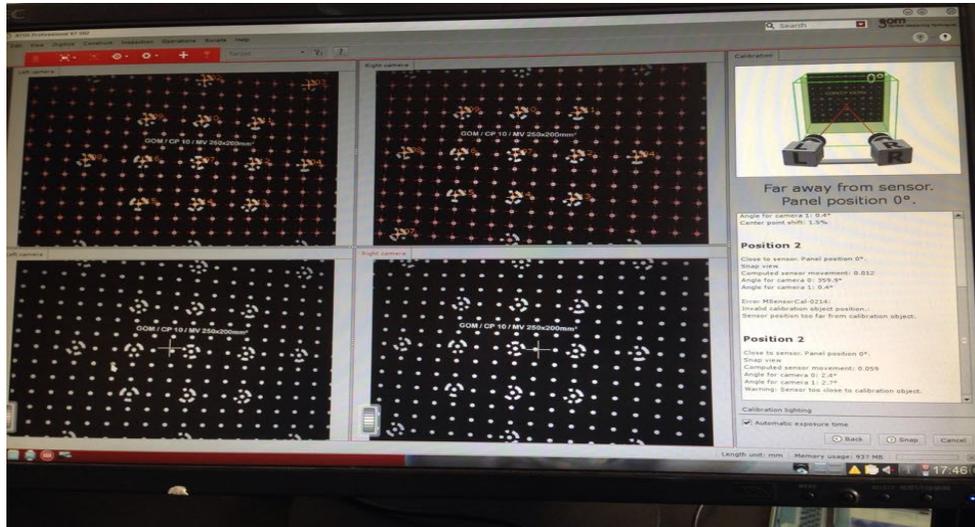


Figura 24: Instrucción de calibración del escáner, en los puntos adyacentes del centro con inclinación de 0°.

Paso 10: En este paso, el enfoque tiene que ser cruzado con respecto al lado interior, la cama izquierda tiene que enfocar el punto de lado derecho del centro y la cámara derecha debe enfocar el punto situado de lado izquierdo del centro.



Figura 25: Instrucciones de calibración cruzado respecto al lado interior

Paso 11: Ahora se repetirá el paso uno pero con una pequeña variante, el panel debe estar inclinado a 40° y ambas caras deben enfocar el punto central del panel.

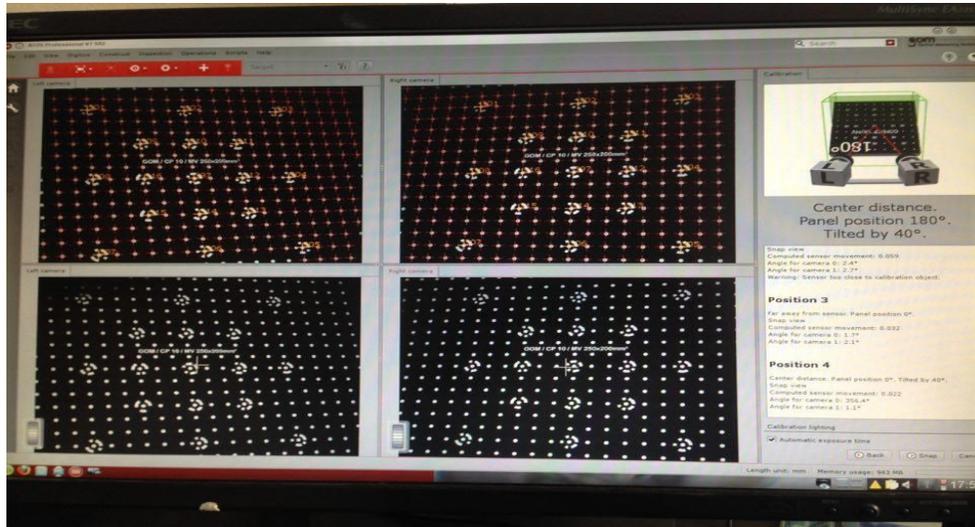


Figura 26: Instrucciones de calibración con inclinación del panel a 40°

Paso 11: En este paso el panel con la misma inclinación que el paso anterior debe enfocar el punto central del panel, pero ahora con un giro de 180° sobre el eje del mismo.

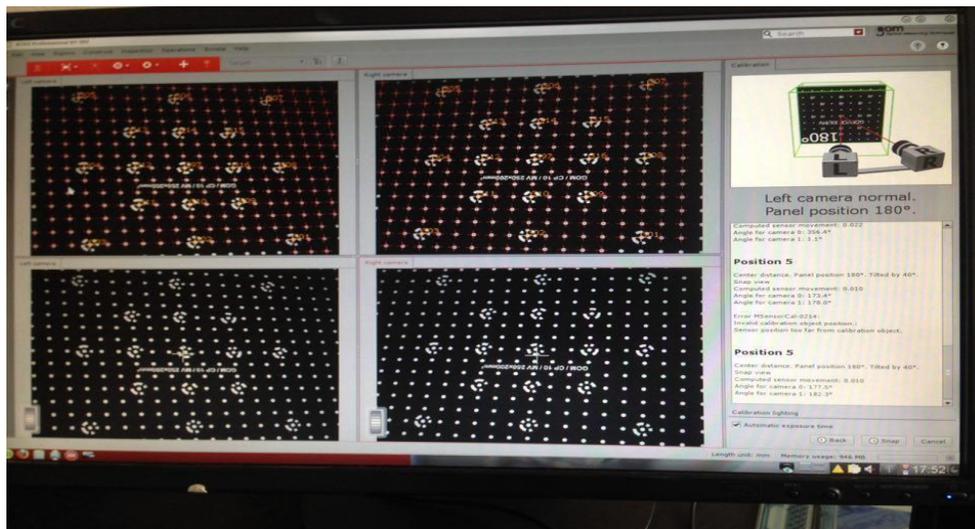


Figura 27: Calibración con enfoque en el centro con inclinación de 40°, con un giro de 180°

Paso 12: Se regresa el panel a su posición original de inclinación (0°) pero manteniendo el giro de 180° hecho en el paso anterior, pero la cámara izquierda debe tener una vista recta al punto central, mientras la cámara derecha debe verlo de lado (posición en V)

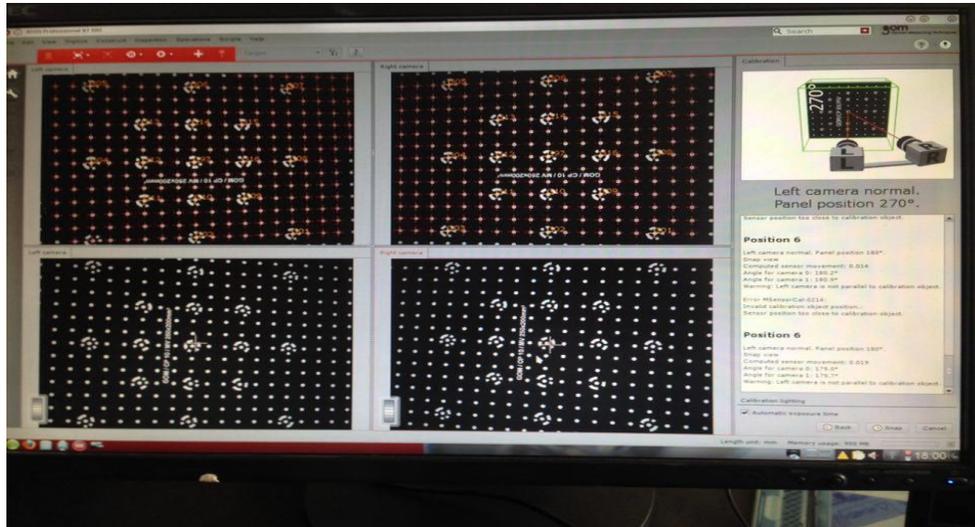


Figura 28: calibración en posición V con inclinación de la cámara derecha a 0° con giro de panel 180°

Pasó 13: Con las mismas condiciones del paso anterior el panel debe tener un giro sobre su eje de 270° con respecto a su posición original.

Paso 14: En este paso con las condiciones de los pasos anteriores solo con un giro de 90° con respecto a la posición original del panel.

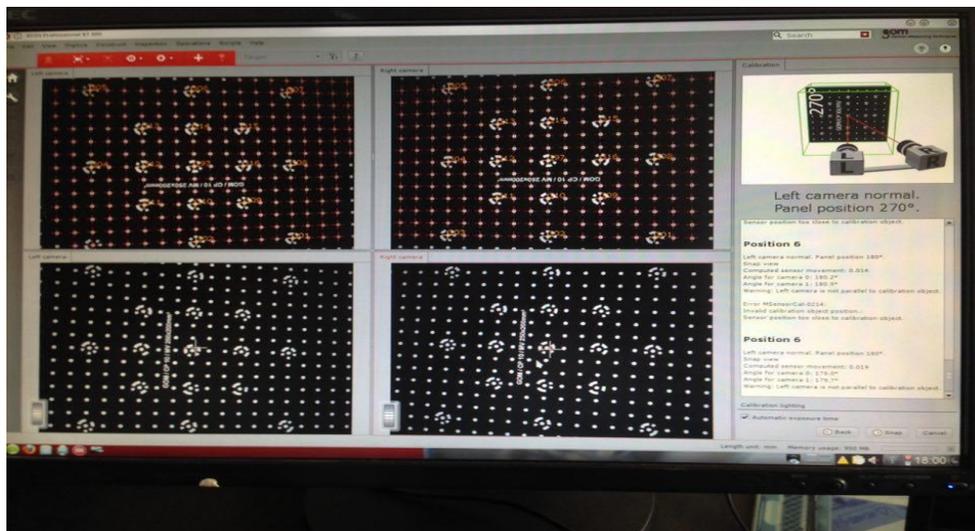


Figura 29: Posición V de las cámaras con giro del panel a 90° con respecto a la posición original

Pasó 15: Ahora se invierte la posición de enfoque de las cámaras, la cámara que ve recto al punto central es la cámara derecha mientras la cámara la izquierda la ve en forma diagonal, junto con las mismas condiciones del paso anterior (posición V).

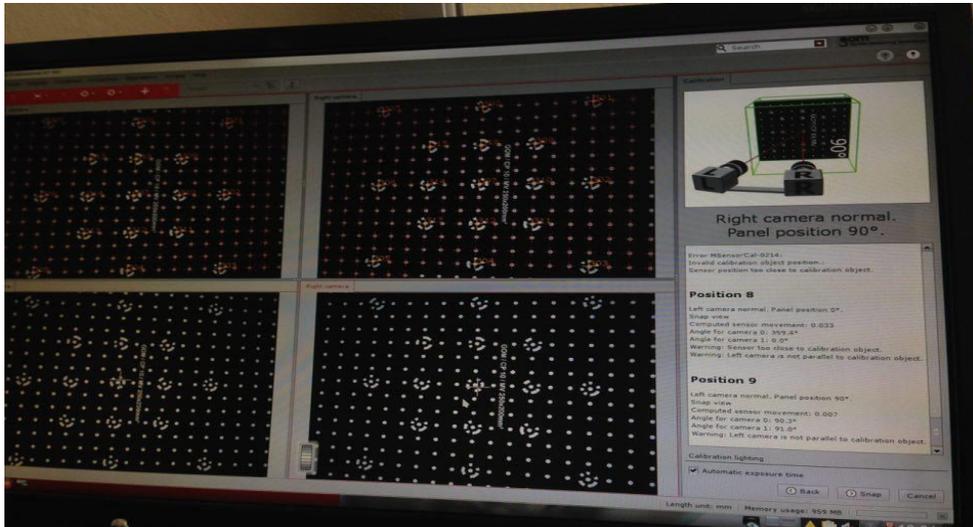


Figura 30: Posición V de las cámaras con inclinación de la cámara izquierda, mismas condiciones de la figura anterior.

Paso 16: Se conservan las mismas condiciones de las cámaras pero ahora el panel debe tener un giro de 180° con respecto a la posición original.

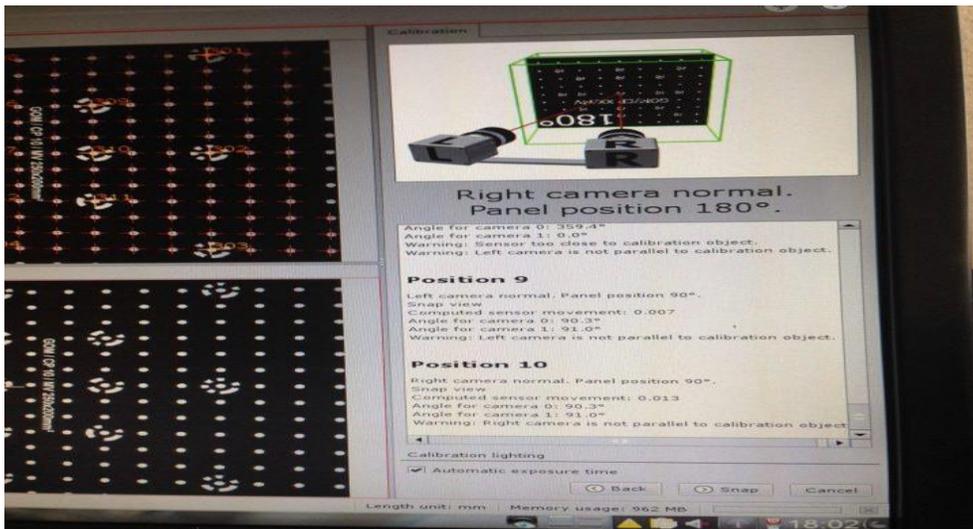


Figura 31: Condiciones similares de la figura anterior con un giro de 180° con respecto a la posición anterior.

Paso 17: Con las mismas condiciones de las cámaras (posición V) solo con un giro de 270° cumplimos este paso

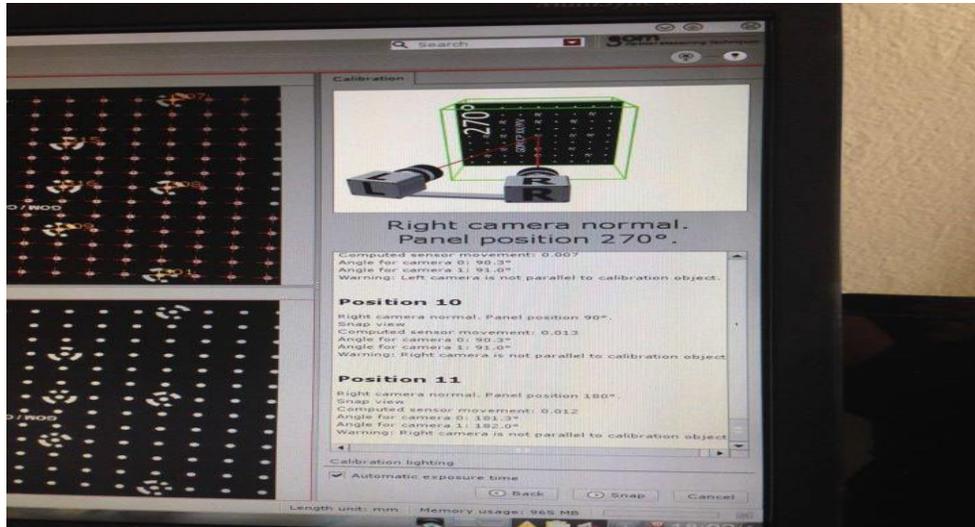


Figura 32: Posición V de la cámara con un giro de 270° con respecto a la posición original del panel.

Paso 17: Ahora se regresa el panel a su posición original, pero manteniendo la posición de las cámaras.



Figura 33: Posición en V de las cámaras en posición original del panel.

Paso 18: Al termino del paso 17 se le da clic en el botón siguiente a continuación aparece una opción de nombre "compute", la cual genera los valores de la variación producida en la calibración de la escáner se da clic en "ok", para finalizar la calibración del escáner.

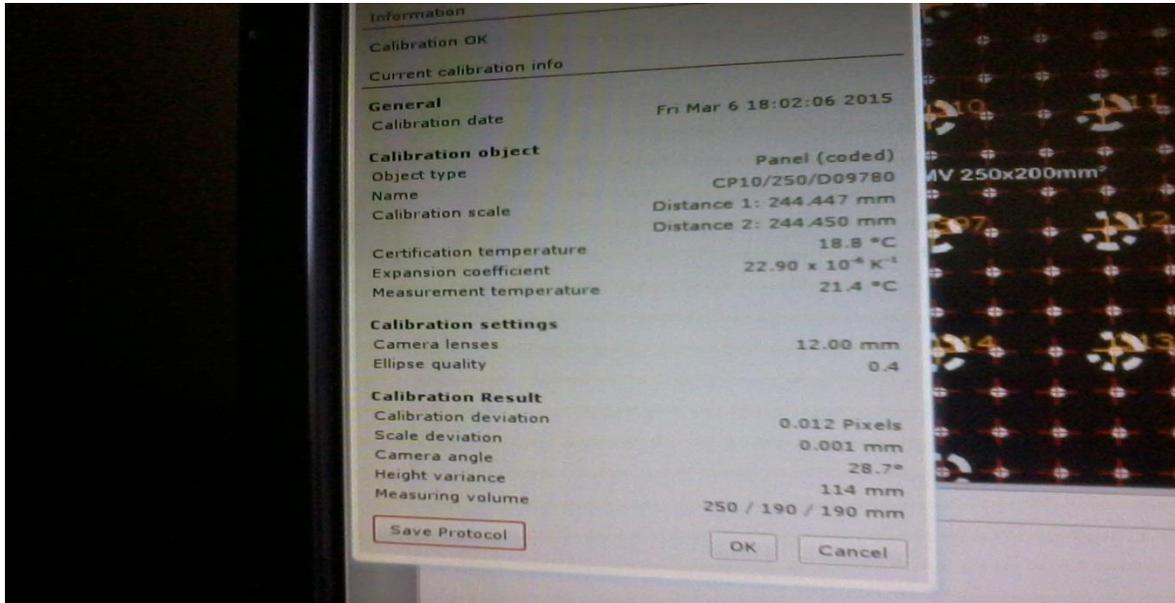


Figura 34: Valores de calibración del escáner.

Cabe mencionar que una parte importante en la puesta punto del escáner son las torres, en este caso son pequeñas pirámides triangulares con sensores (círculos de color blanco) en cada una de sus caras que ayudan al reconocimiento de la pieza, se debe encontrar un lugar estratégico para su colocación. El número mínimo de torres con la que se puede reconocer una pieza, son 6, de otra manera será imposible el reconocimiento de esta.



Figura 35: Posicionamiento de la pieza y torres

3.3) Escaneo

Paso 1: Una vez teniendo las piezas pintadas correctamente así como las torres puestas estratégicamente para que puedan ser detectados por el escáner, nos tenemos que ubicar en la pantalla principal del software e ingresar en la opción de “new project” , para comenzar el escaneo.

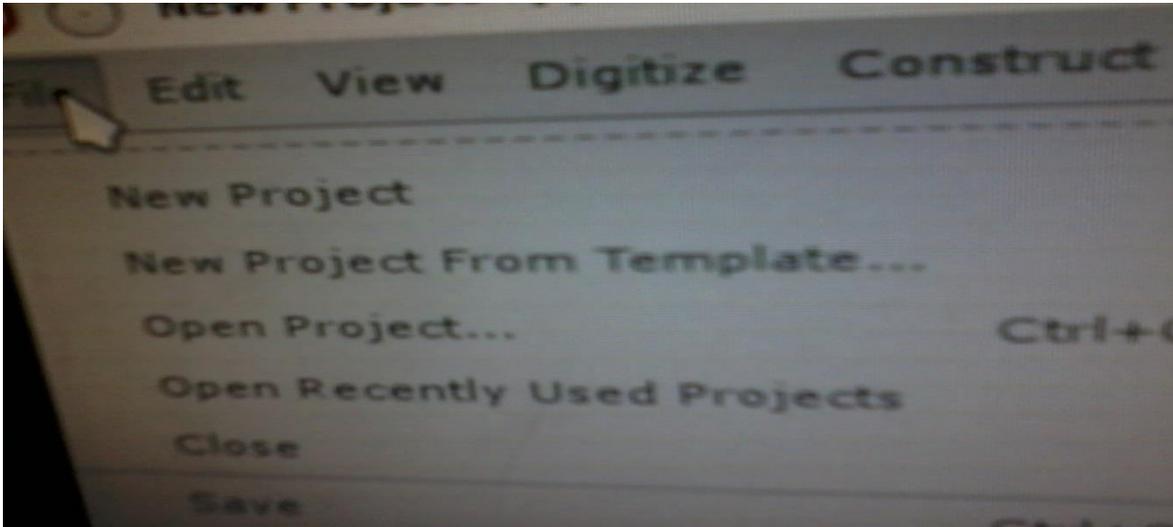


Figura 36: Pantalla de inicio para el escaneo.

La pieza debe ser colocada en el centro de una superficie plana que puede ser móvil, (en nuestro caso utilizamos la superficie de un banco, ya que este tenía la superficie correcta y podíamos darle un giro de 360° beneficiando el escaneo rodeada de las torres, estas deberán tener los mismos sensores que la pieza, deben ser al menos seis pirámides como se mencionó anteriormente, (ver figura 35).

Paso 2: Para que el escáner puedan reconocer el área de escaneo (dentro de esta área deben estar ubicadas las torres, siendo detectados los sensores de sus caras), se debe enfocar el escáner en diferentes ángulos para que este reconozca el área de escaneo, y esto se muestra en la pantalla referenciado como un cubo, que cambia de color, cuando este sea verde indica que el área está reconocida, pero si este aparece en color rojo quiere decir que no reconoce el área de

escaneo y se debe enfocar el escáner para hacer que reconozca el área de manera precisa.

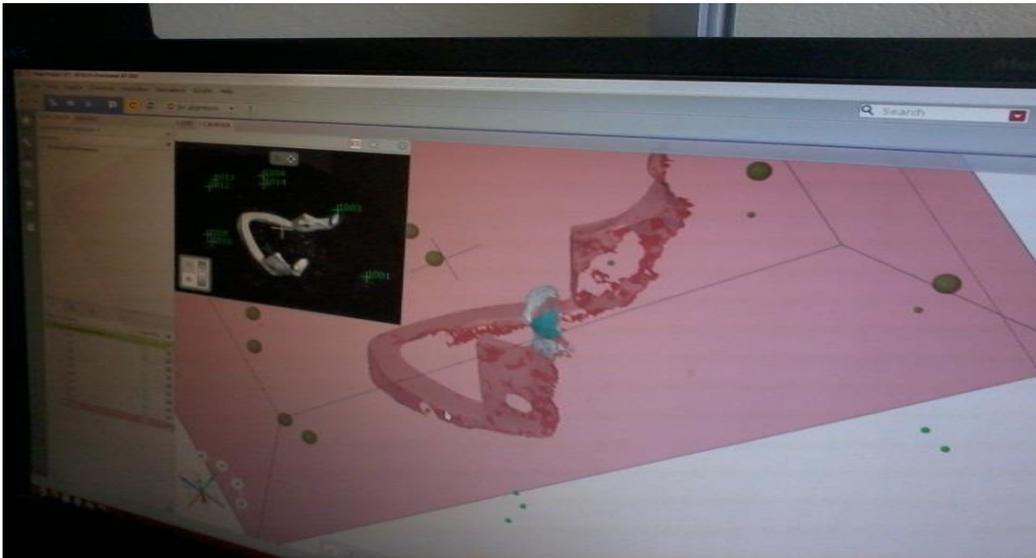


Figura 37: Área de escaneo no reconocida.



Figura 38: Área de escaneo reconocida.

Paso 3: Una vez teniendo la posición correcta y el área reconocida con el control del escáner, se inicia la operación, tomando una “fotografía” de la pieza, empezando a mostrar dentro del cubo una superficie parcial de la pieza, para obtener la superficie total, se debe girar la base donde esta soportada la pieza, cabe mencionar que por cada “fotografía” que se tome de la pieza se genera una parte del modelo final.



FIGURA 39: Escaneo parcial de la pieza

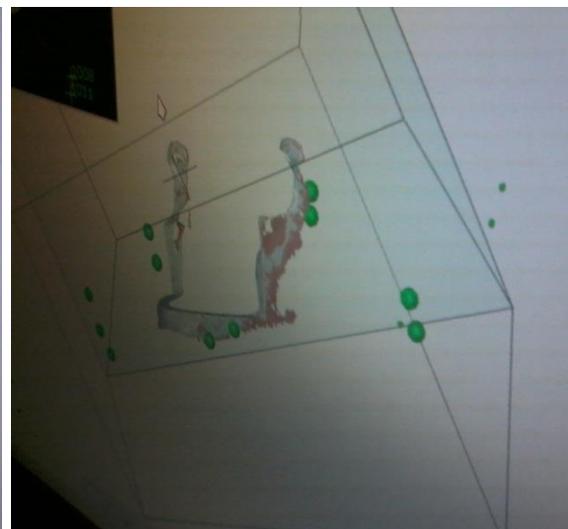


Figura 40: Escaneo parcial de la pieza.

Se debe recalcar en el escaneo es la base, el mismo escáner es el que se mueve ya que la pieza debe permanecer en la misma posición, ya que si se mueve alterará el resultado, ya que el escáner la reconocerá en otra posición respecto a la original, generando un resultado no deseado, en la siguiente imagen se muestra una operación de escaneo alterada por el movimiento de la pieza.

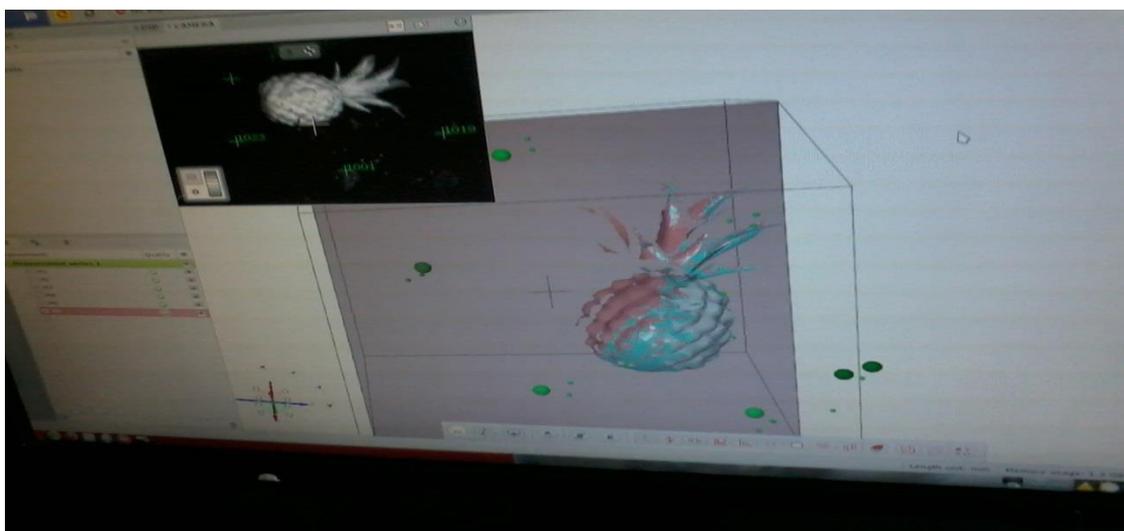


Figura 41: Pieza con escaneo alterado por el movimiento de la misma.

Que se traduce en el reinicio del escaneo, el único movimiento permitido por el escáner con respecto a la pieza, es el giro sobre su propio eje, pero sin afectar su posición; aquí la justificación del por qué se utilizó una superficie con movimiento giratorio, además que el tamaño y peso del escáner es considerable, por ello se optó por esta opción.

Paso 4: Se procura cubrir la superficie total de la pieza solo con el giro de la base, en caso de que no sea así, se puede jugar con la posición del escáner moviéndolo en cualquier parte de un plano x,y,z, en otro caso, que se tenga una geometría más complicada (que es el caso de las estas piezas) se ingresa a la opción “digitalice” ,lo que hace esta herramienta es “suavizar” la superficie de la pieza) seleccionando la opción “measurement series”, inmediatamente seleccionando la opción “new” la que produce una nueva sección para otra serie de escaneo, pero sobre el mismo archivo, solo cambiando la posición de la pieza, considerando que el acomodo de la pieza debe mostrar al menos tres sensores que coincidan con la primer serie de escaneo.

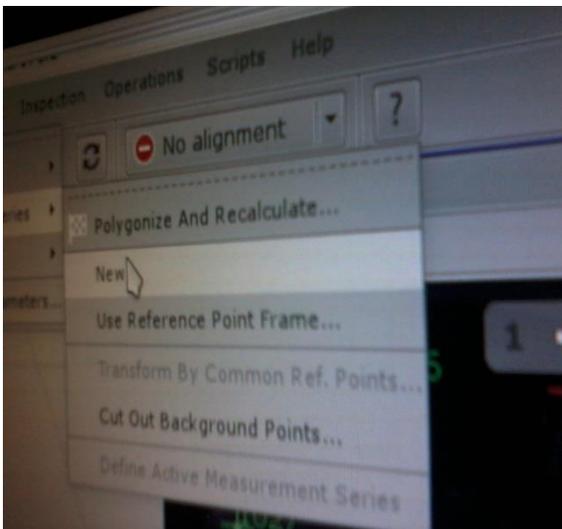


Figura 42: “Measurement series”.

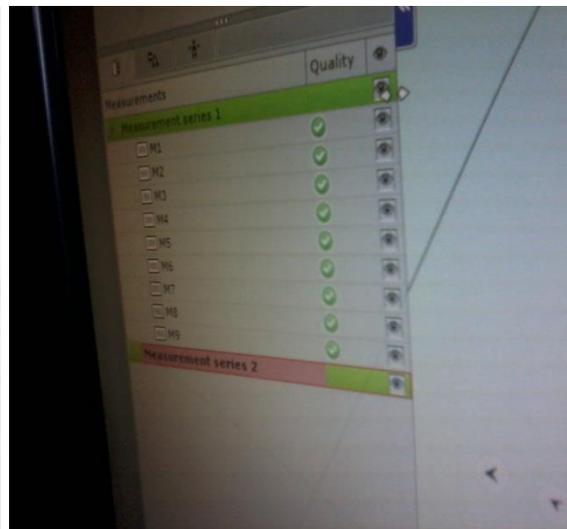


Figura 43: Segunda serie de escaneo.

Paso 5: Una vez terminado la segunda sección de escaneo, se selecciona de nuevo la opción "measurement series" ahora seleccionando "transform by common ref. points" esta opción permite que los resultados de ambas series de escaneo, se combinen generando un solo resultado, cabe mencionar que esta opción pide al menos tres puntos de referencia que coincidan en ambas series de escaneo.

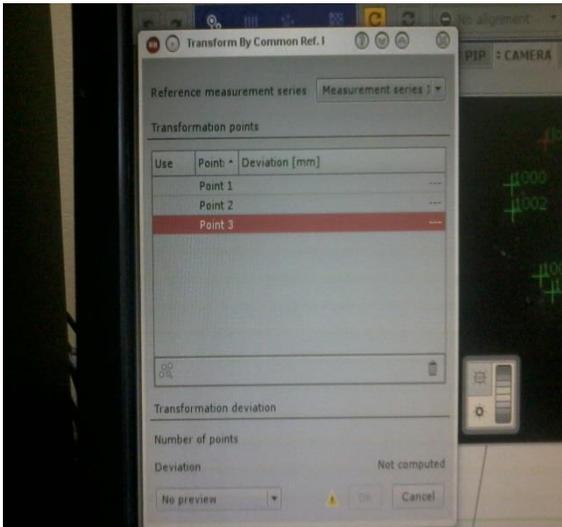


Figura 44: Selección de números de puntos (3)

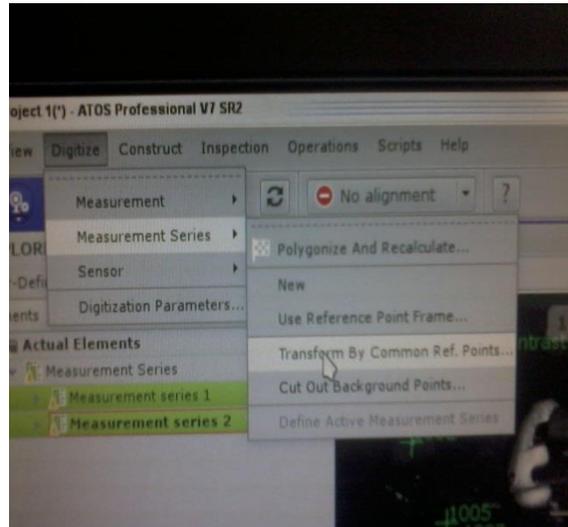


Figura 45: Combinación de serie de escaneo

Paso 6: Teniendo el resultado, se tiene que limpiar el ruido generado durante el escaneo, es decir, residuos que aparecen alrededor de la pieza, que no son parte de ella. Para esto, se da clic derecho en el mouse en la pantalla donde se muestra la pieza, que nos arroja un menú de opciones donde se debe seleccionar la opción "select/ deleted through surface" la cual permite seleccionar y eliminar el ruido, para poder continuar.

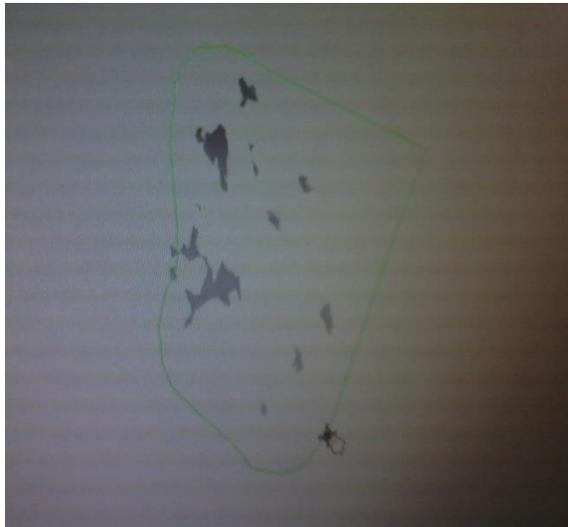
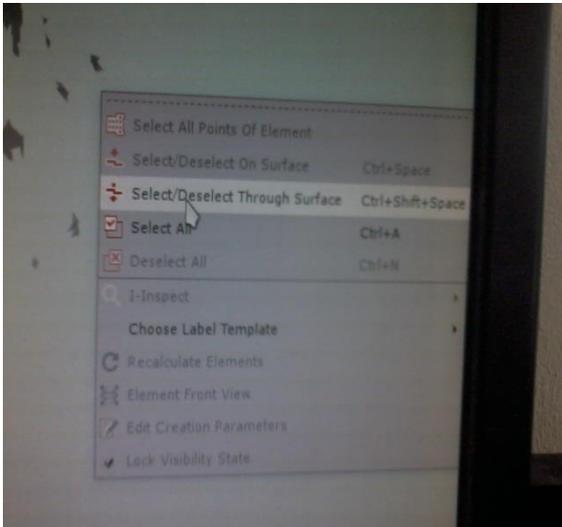


Figura 46: "Select/ deleted through surface". Figura 47: Selección de ruido en el escaneo

Paso 7: Una vez eliminado todo el ruido de la pieza, se va a la barra de herramientas y se selecciona la opción "polygonize and recalculate", esta opción suaviza la superficie de la pieza, dándole un apariencia más lisa en comparación al resultado anterior, esta operación puede tardar un tiempo, todo depende del tamaño de la pieza y el número de "fotografías" tomadas en el transcurso del escaneo.

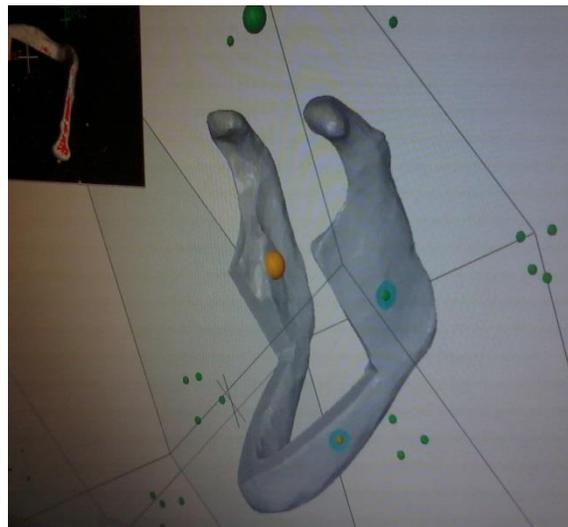
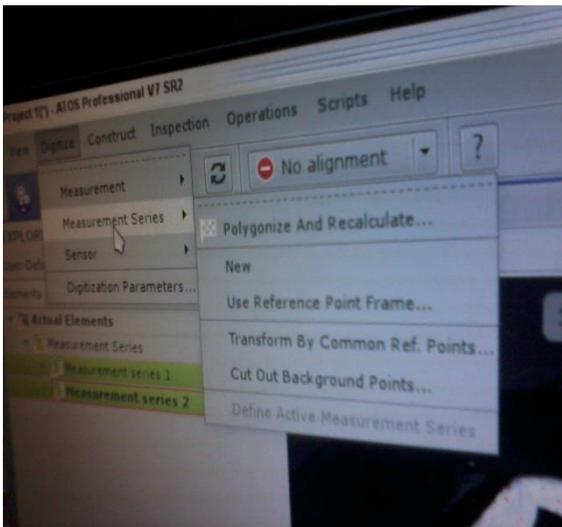


Figura 48: Selección de "polygonize and recalculate". Figura 49: Suavizado de la superficie

Paso 8: Con el nuevo resultado, puede ser que la pieza presente algunas zonas sin llenar que pueden parecer huecos, para solucionar esto, se va a la opción “mesh editing” lo cual, nos despliega una nueva barra de herramientas que ayudarán a reparar la pieza, en el caso que sea un área pequeña se puede seleccionar la opción “close holes interactively” la cual llena el área.

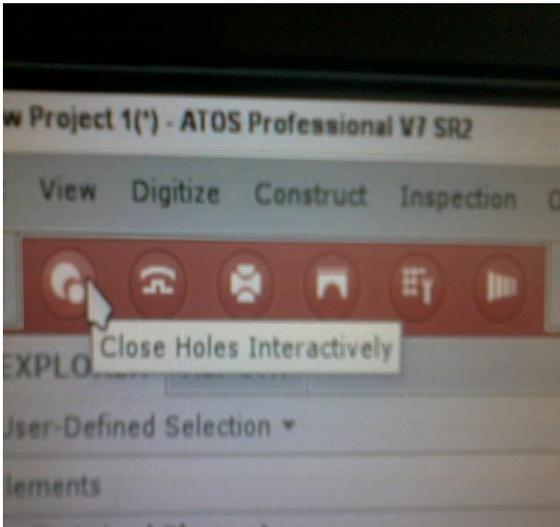


Figura 50: “Close holes interactively”

Figura 51: Superficie incompleta

En el caso que se un área mayor se debe seleccionar “create mesh bridge” , esta permite generar un “puente” en medio del área sin llenar, generando su reducción y así poder utilizar la opción “close holes interactively” .

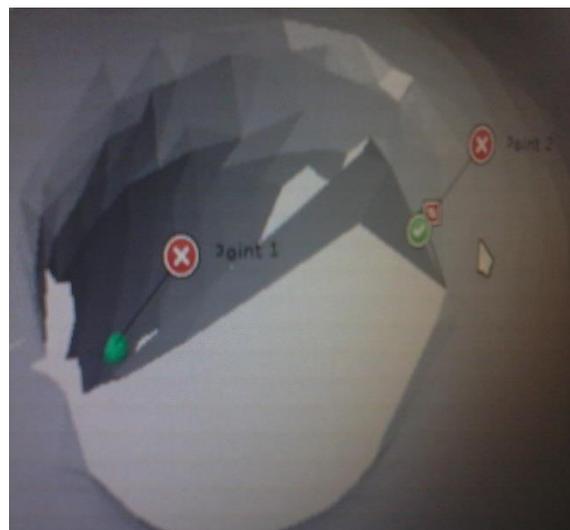
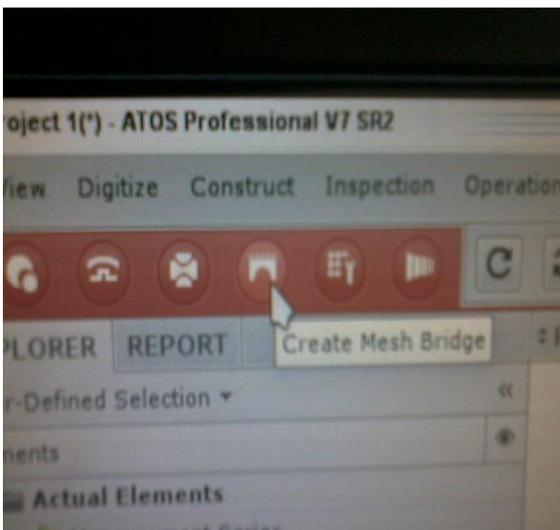


Figura 52: “Create mesh bridge”

Figura 53: Selección de puntos para puenteo.

Paso 9: Una vez reparada completamente la pieza en la opción “File” se desplegará un menú, dentro de este, se va a la opción de nombre “export” , al seleccionarla se desplegará un submenú, en este, se debe seleccionar la opción “mesh” al seleccionarla se desplegará otro submenú, el cual, nos da cinco opciones de estas se escoge STL al concluir la selección, la pieza esta lista para su traslado a los diferentes programas de diseño.

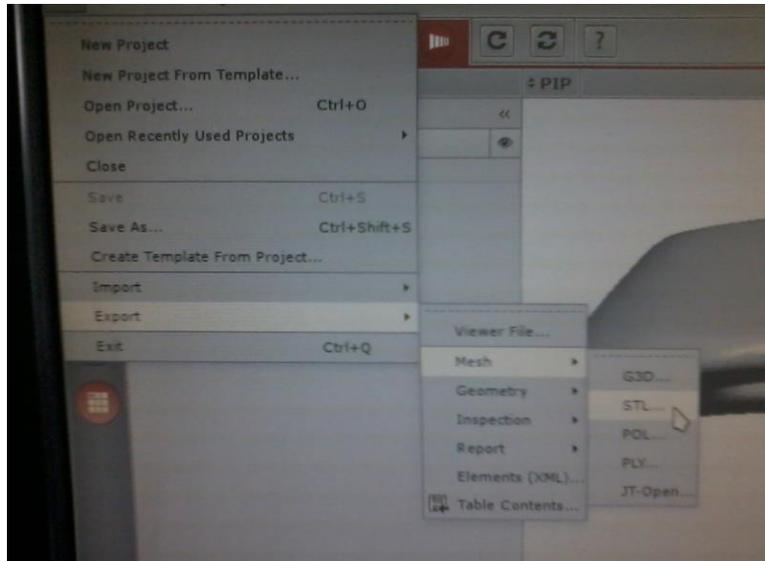


Figura 54: Guardado y exportación de la pieza escaneada

3.4) Procedimiento de ingeniería inversa en Creo Parametric “Pieza Hembra”

3.4.1) Método 1 para la generación de la hembra

1. Abrir, Creo Parametric y seleccionar la opción “open”.

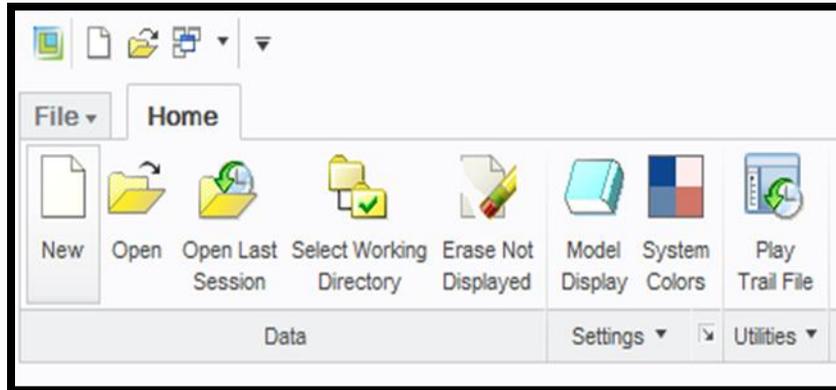


Figura 55: Barra de tareas de Creo Parametric.

2. Seleccionar “open”, se desplegará un menú el cual contiene varias opciones, elegir “Working direction” para escoger el archivo de nombre POM02.

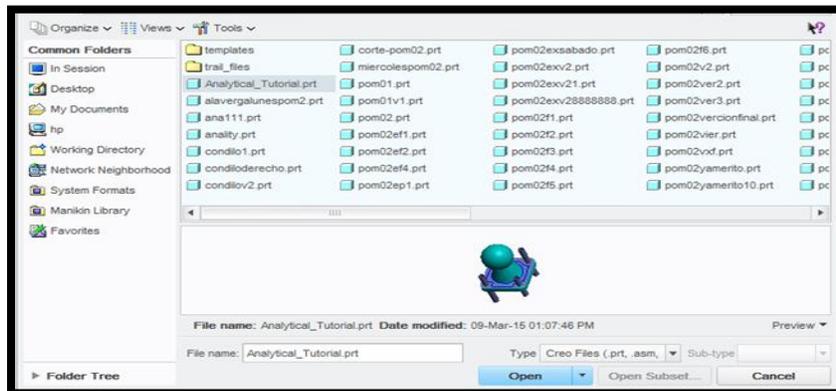


Figura 56: Pantalla desplegada el seleccionar “Working direction”

3. Una vez seleccionado el archivo con el cual se va a trabajar, en primero lugar se generarán planos, los cuales servirán para la reproducción de operaciones necesarias en la pieza; en seguida, se va a barra de tareas a la sección de nombré “Datum” en esta se selecciona la opción “plano”, se desplegará un menú en el cual, se pedirá que se escoja 3 posiciones para genera el plano, es importante mencionar que se debe presionar la tecla

“ctrl” para registrar de manera continua las posiciones, ya que si no se utiliza “ctrl” solo se registrará una y al momento de escoger otra posición, la anterior no se quedará registrada.

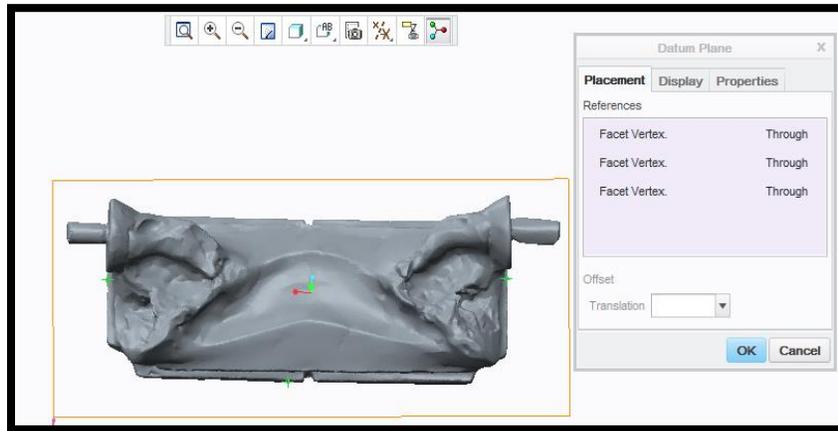


Figura 57: Generación de plano en la pieza

- a. Para generar el plano superior, se selecciona primero la parte lateral izquierda de la pieza, posteriormente se elige la parte lateral derecha de la pieza y por último parte frontal. Se recomienda que los puntos deben estar en la misma área que los otros puntos, para que el plano tenga la posición en la que debe estar como se muestra en la figura:

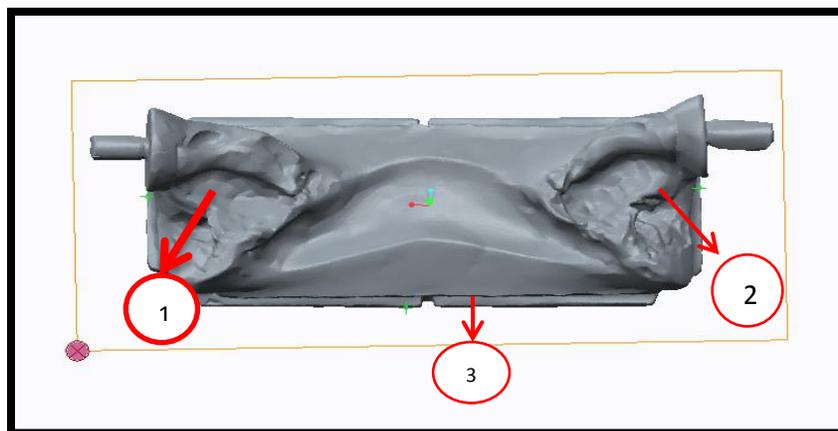


Figura 58: Generación del plano superior

- b. Para la generación del plano frontal, es con respecto a las dos primeras posiciones, ya en la última, se escoge el plano superior

(esto es subjetivo dependiendo la vista), al seleccionarlo en el menú donde se registran las posiciones del plano, debe estar como “normal” para generar el plano frontal como se muestra en la siguiente figura:

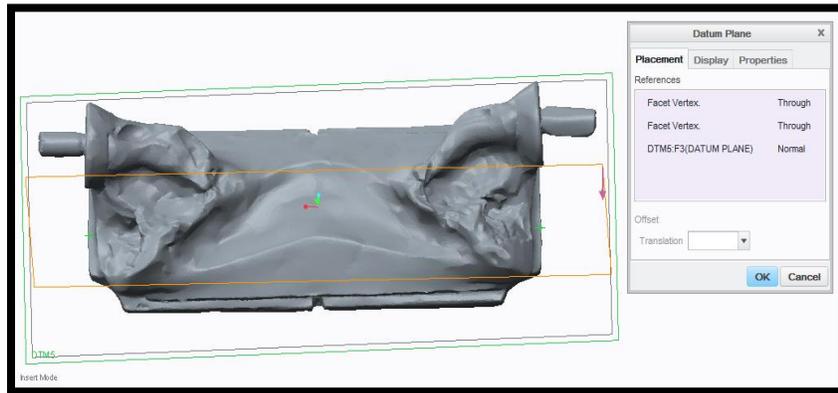


Figura 59: Generación del plano frontal.

- c. Para la generación del tercer plano lateral y último de los planos, primero se selecciona la parte posterior de la pieza, el siguiente punto a seleccionar es la parte frontal y por último, en el centro de la pieza; con esto se obtendrá el plano central, como ya se mencionó, se debe tener cuidado con la selección de la posición para que el plano se genere lo más adecuado posible

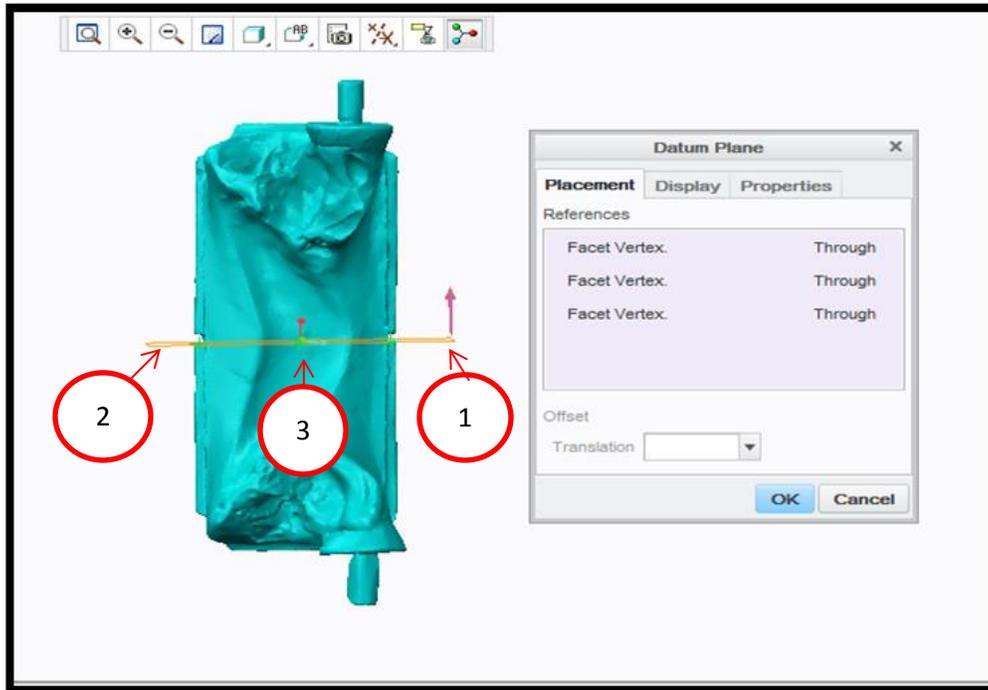


Figura 60: Generación de plano lateral.

Nota: Si durante el proceso de trabajo se considera que los planos son molestos o que interrumpen la visión del modelo hay dos formas de ocultarlos: la primera de ellas, es utilizando “ctrl” y seleccionar los tres planos desde el árbol de operaciones y dar clic derecho, se desplegará un menú en el cual se elegirá “Hide” al hacerlo, el color de las operaciones de los planos cambiarán a un color gris indicando que los planos sean ocultados. Para activarlos nuevamente, se seleccionan los 3 planos con “ctrl” y dando clic derecho, pero en esta ocasión aparece una opción de nombre “unhide” con esta función se volverán o serán visibles los planos.

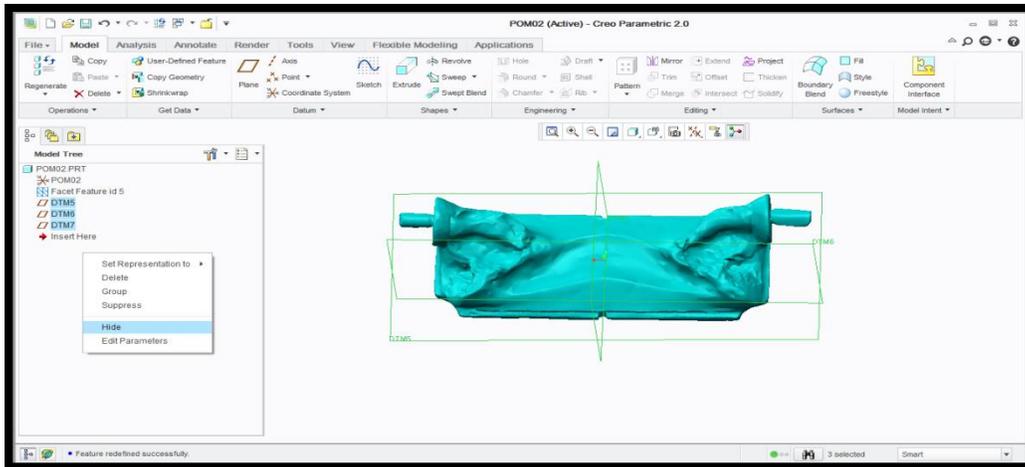


Figura 61: Pieza con los 3 planos

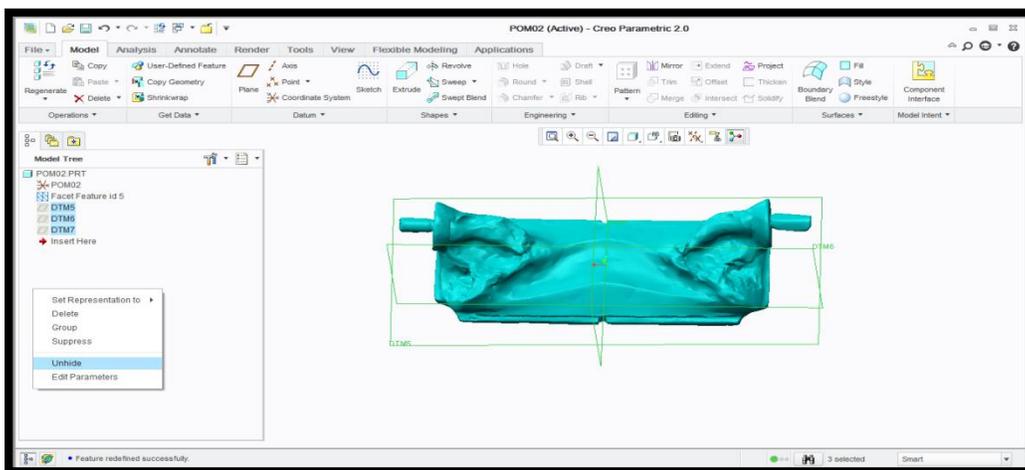


Figura 62: Pieza con los planos escondidos.

La otra forma en la barra, se va a la sección “Datum display Filter” al elegirla, se desplegarán 5 opciones, la última opción de nombre “Plano Display” estará con una paloma que significa que los planos están activos, se selecciona para que se desmarque, al realizar esta operación; los planos se desactivarán al igual que el método anterior, para volver a reactivar los planos se regresan y se elige “Plano Display” para activar otra vez los planos.

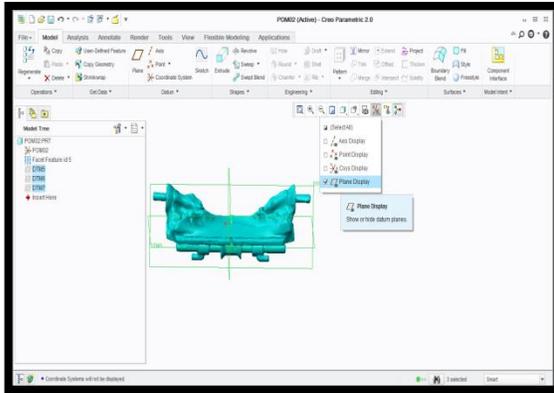


Figura 63 : Desplégue del menú

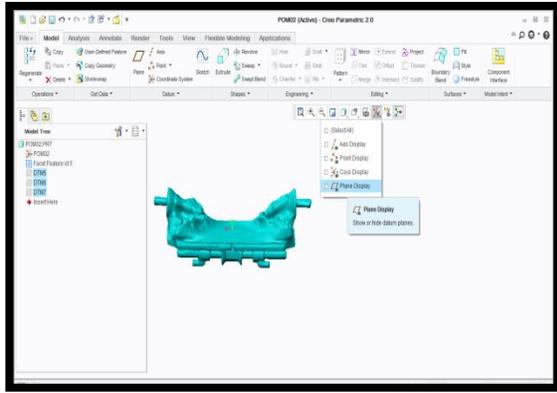


Figura 64: Planos desactivados

Al tener los planos necesarios para trabajar en esta pieza, se puede trabajar mediante dos formas similares pero con una pequeña diferencia entre ellas: la primera, es mediante secciones de pequeñas áreas de la pieza y la segunda, es ocupar secciones de mayor área de la pieza; las dos maneras tienen la misma forma de trabajo, la cual, consiste en utilizar láminas para generar modelos de las secciones similares a la área seleccionada de la pieza. Cada una de estas formas de trabajar tiene sus ventajas y desventajas.

4. Para iniciar a trabajar, se dirige a la barra de herramientas a la sección de nombre "Surface", al seleccionarla se desplegará un menú donde se elige "Restyle". Como se muestra en la siguiente figura:

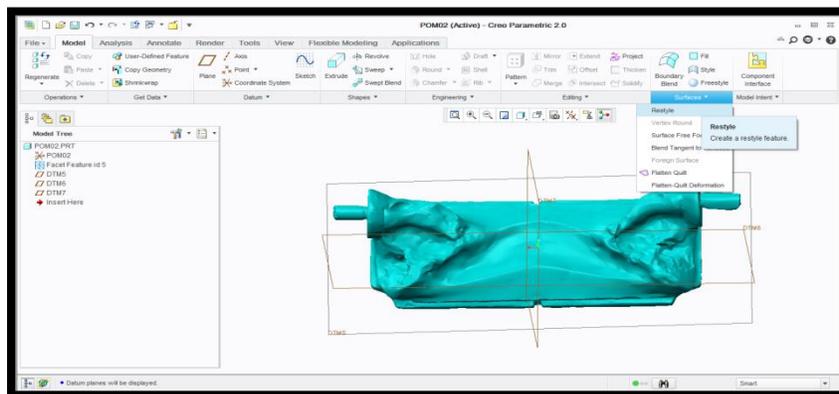


Figura 65: Selección de la opción "Restyle".

Al seleccionar "Restyle", la interface cambia dentro de la nueva interface de trabajo, se elige la función de nombre "curve" esta función tiene como objetivo

crear una área dentro del modelo, la cual nos ayudará para la creación de una superficie idéntica al área que fue seleccionada. Hay que mencionar que para crear la curva, se debe de dar clic sobre el área deseada, al realizar esta operación la distancia entre clic debe ser corta para que la curva sea lo más adecuada a la superficie.

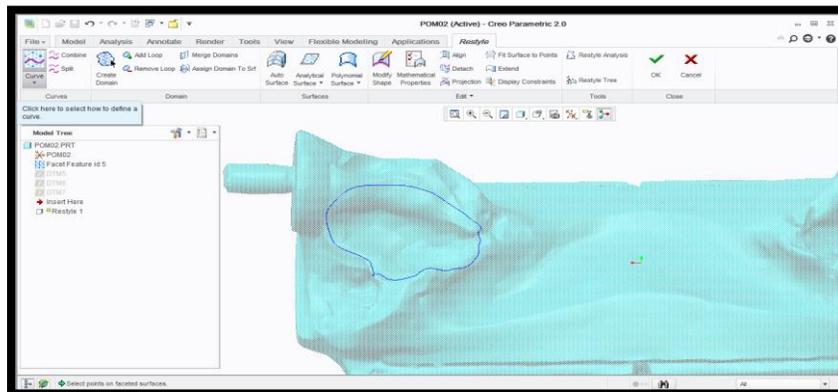


Figura 66: Selección de la superficie con la función “Curve”.

5. Al tener la curva, se elige la opción “surface” esta cuenta con tres opciones, se selecciona la primera: “Autosurfe” esto provocará un cambio en la barra de tareas. Como se muestran las siguientes figuras:

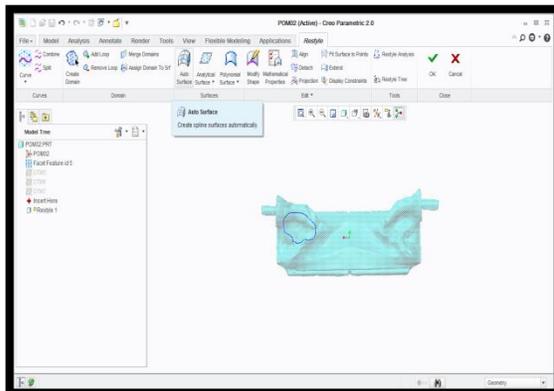


Figura 67: Selección de la opción “surface”.

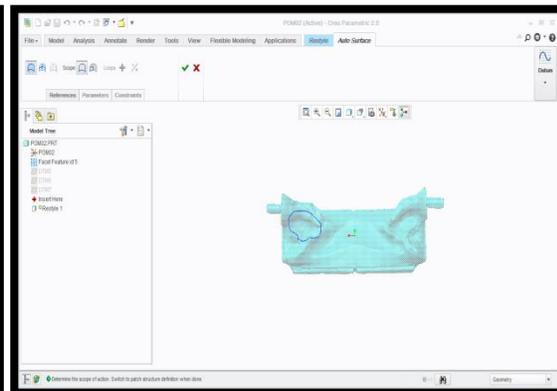


Figura 68: Cambio en la barra de tareas.

Lo siguiente que se debe realizar en este paso, es seleccionar la opción “Define the patch structure” que está a la derecha de “Determine the scope”. Esta opción, permite generar los parches que sustituirán la superficie, el valor que esta por defecto es de 100 pero este se puede modificar, al tener la cantidad deseada se presiona el símbolo de una bandera de color verde con el nombre de “autimatically generate a pach structure” al seleccionarlo tomará un tiempo para la generación de los parches.

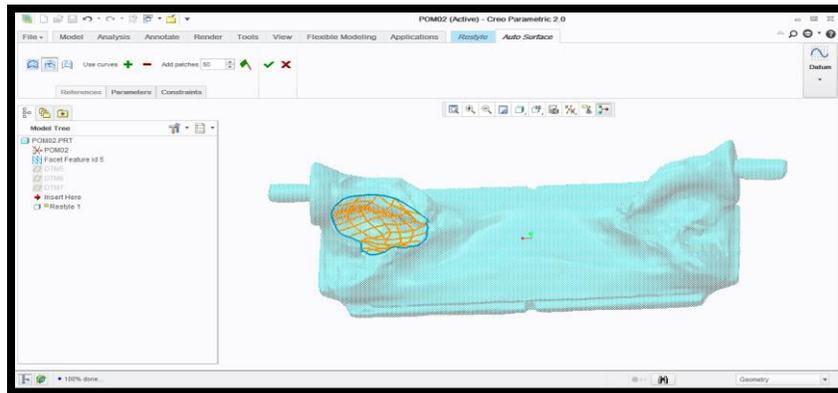


Figura 72: Generación de parches por la función “Determine the scope”

Cabe mencionar, que si el valor que se colocó fue erróneo y se pretende introducir otro donde está la primera cantidad, no se generará la segunda cantidad deseada; si no que se sumarán más parches dentro de la curva. Como se muestra en la siguiente figura.

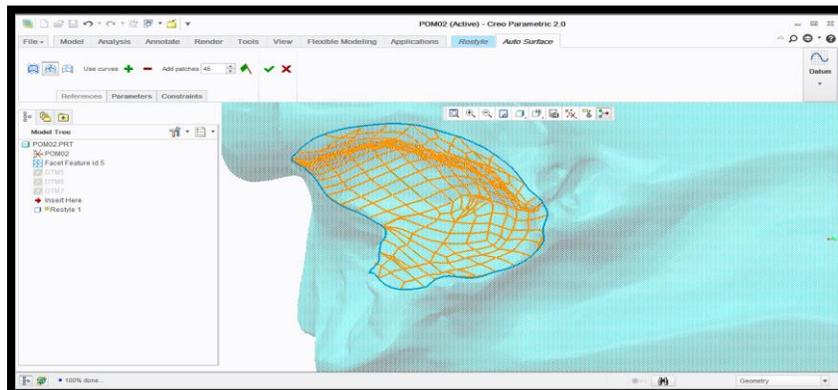


Figura 73: Parches sumados a los antes generados (cantidad errónea)

En el caso que se desee recuperar el primer resultado o antes de introducir el primer valor, se dirige a la barra de herramientas y se selecciona la opción “undo”. Como se muestra en las siguientes figuras.

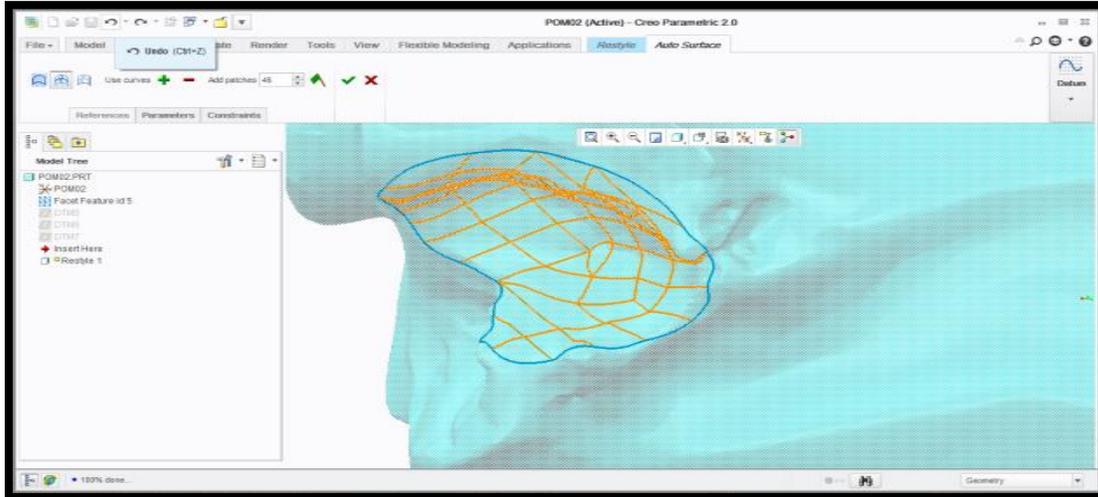


Figura 74: Selección de la opción “undo”.

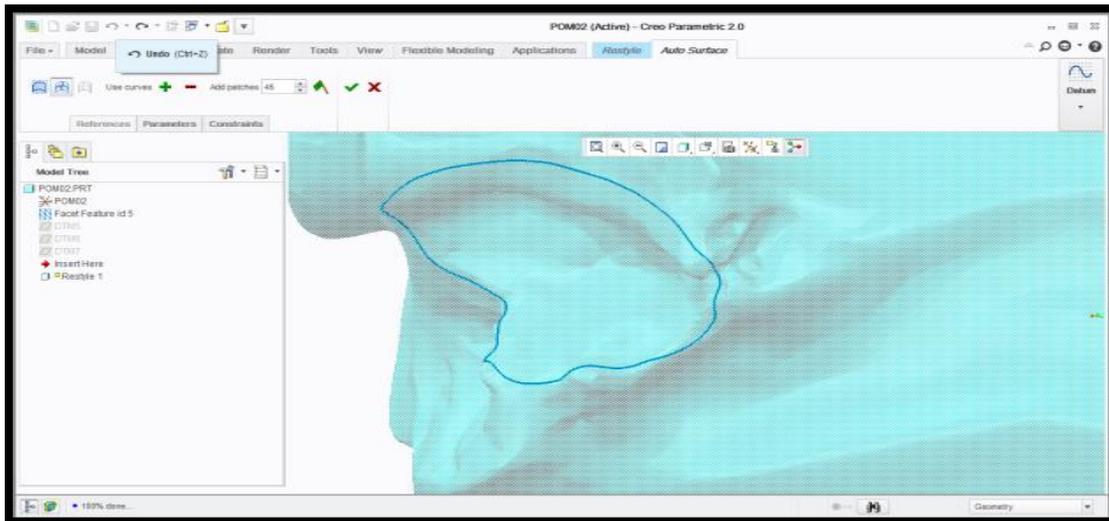


Figura 75: Área sin parches

7. Al tener la cantidad de parche adecuada, se va a la tercera opción “create surface automatically” al seleccionarla desplegará la opción “resolution” esta aparecerá con un valor de 10, este valor no se debe modificar, posteriormente seleccionar el símbolo de una bandera de color verde: “autimatically create surface from the patch struture” con esto, se generará la superficie de esta área, dar clic

en la paloma verde para confirmar este resultado. Como se muestra en la siguiente figura.

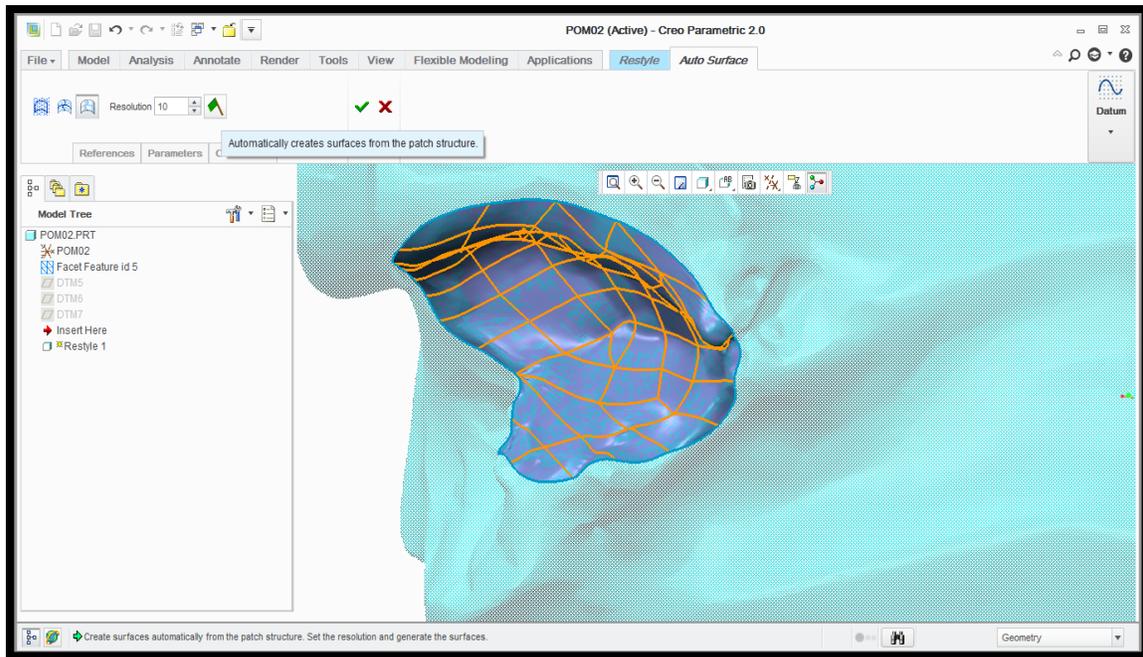


Figura 76: Superficie de la cavidad generada.

Este proceso se realizara en las 3 cavidades restantes. Cabe mencionar que cada una de estas operaciones tiene que tocar el área de la otra cavidad, esto servirá cuando se realice la operación de “mesh”. Como se muestra en la siguiente figura:

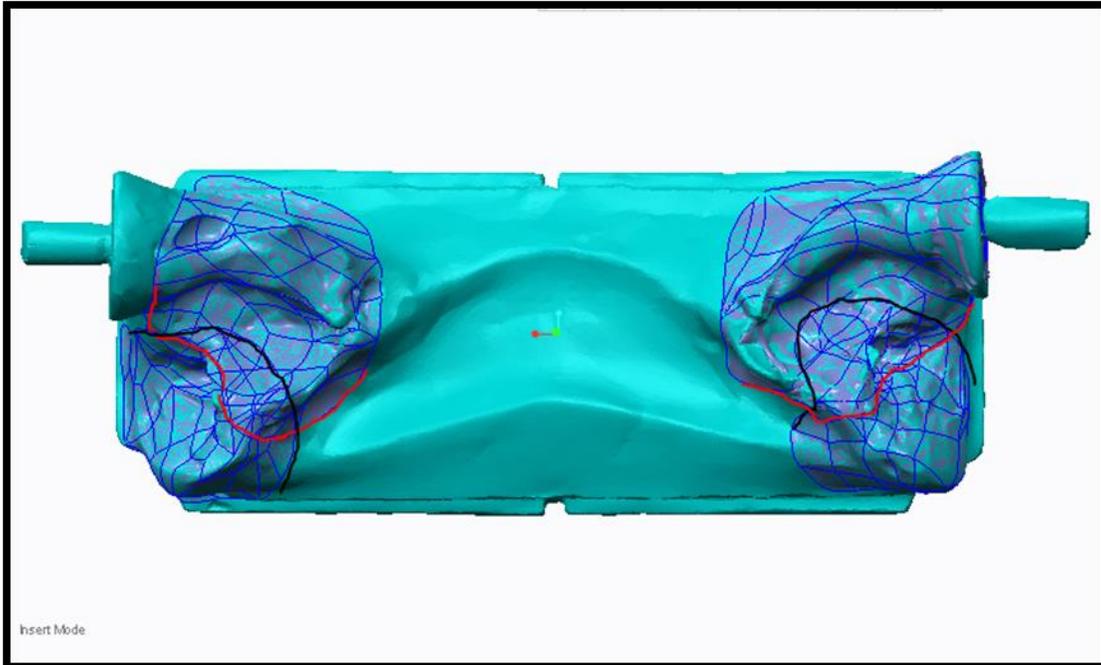


Figura 77: Generación de la superficie de las 4 cavidades.

Se puede iniciar por cualquier de las cuatro cavidades, en este caso se inició con la cavidad superior derecha, en el árbol de operaciones tiene como nombre “restyle”; este nombre que tiene la operación se puede modificar, para hacerlo se da clic derecho del mouse el nombre que se seleccione. Como se puede observar en la siguiente figura.

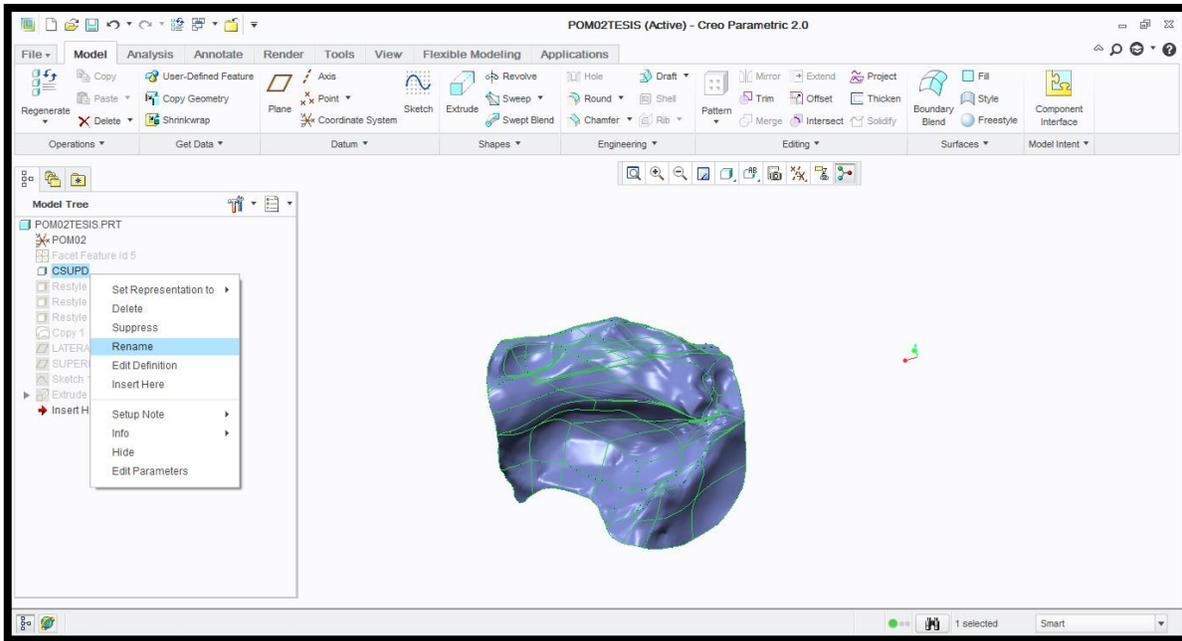


Figura 78: Arbol de operaciones, selección de la operación “restyle”.

Puede ser cualquier nombre que facilite al usuario para ubicar la operación, hay que mencionar que al momento de modificarlo, el programa no acepta espacios por ejemplo “cavidad de derecha” se recomienda que se use guiones bajos en el caso que se quieran colocar alguna palabra, letra, símbolo o número que requiera alguna separación o también escribirlo todo junto.

Para evitar la repetición de los pasos que son necesarios para la obtención de la superficie de la cavidad, solo es necesario copiar la superficie, primero se selecciona con clic izquierdo la superficie dos veces, la primera vez la líneas que conforman los parches se tornarán de un color verde y la segunda vez la superficie se tornará de color verde. Como se muestra en las siguientes figuras.

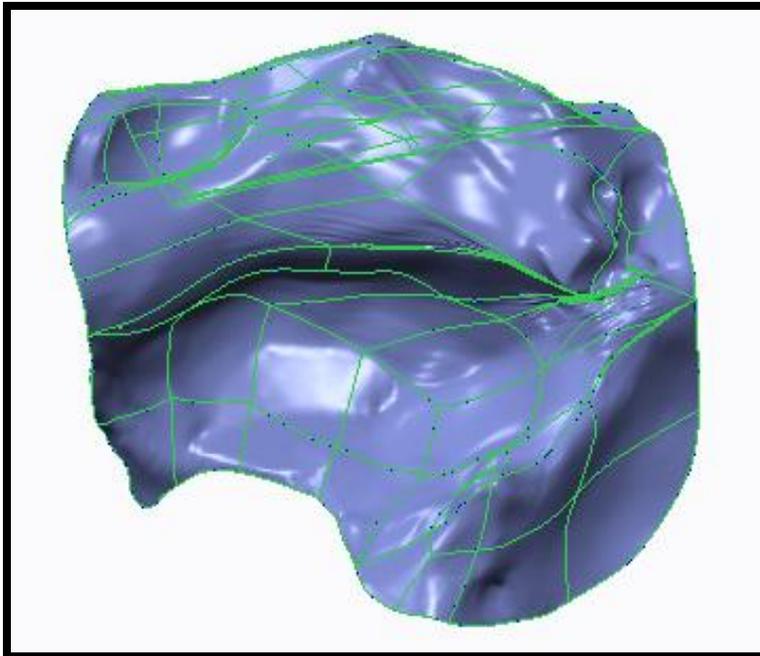


Figura 79: Selección de la superficie con el click izquierdo una vez.

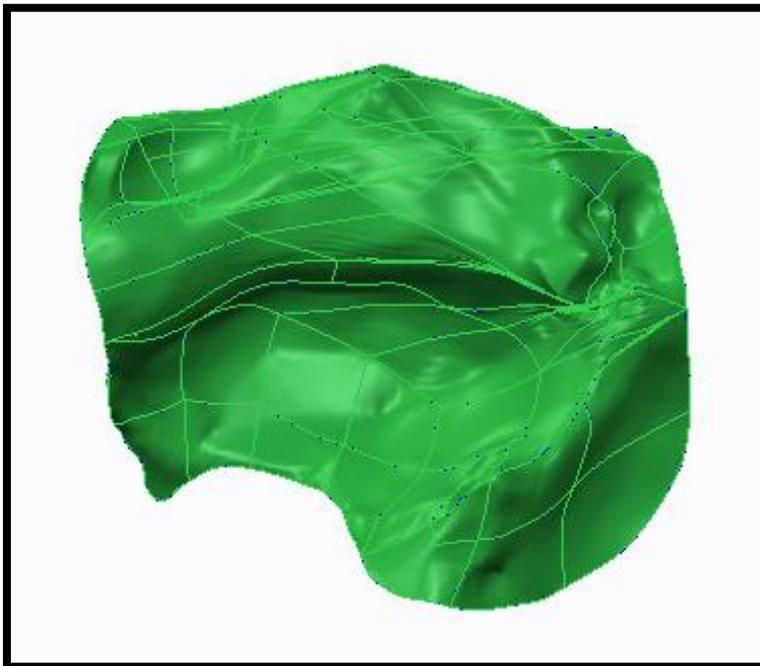


Figura 80: Selección de la superficie con el click izquierdo por segunda vez.

Posteriormente, con la combinación de teclas CTRL+ C seguida de CTRL+V con esta última cambiará a la opción de nombre “surface:copy” en esta parte únicamente se debe seleccionar la paloma de color verde, al concluir este paso se generará una copia de la superficie, esta copia toma el nombre de “Copy 1”; esta

operación aparecerá en “modelo tree” al igual que la operación original, esta se le puede cambiar el nombre; este proceso de copiar se puede realizar múltiples veces.

8. Ya teniendo la copia de la superficie, se selecciona “sketch” en la barra de herramientas, al seleccionarla se desplegará un cuadro de dialogo, en este aparecerá la opción “plane”, se debe escoger el plano que referenciará el sketch, durante el trabajo se inició con el plano superior; la selección del plano se puede realizar desde el árbol de operación o también conocido “Model Tree” o desde la pieza. Como se muestra en la siguiente figura:

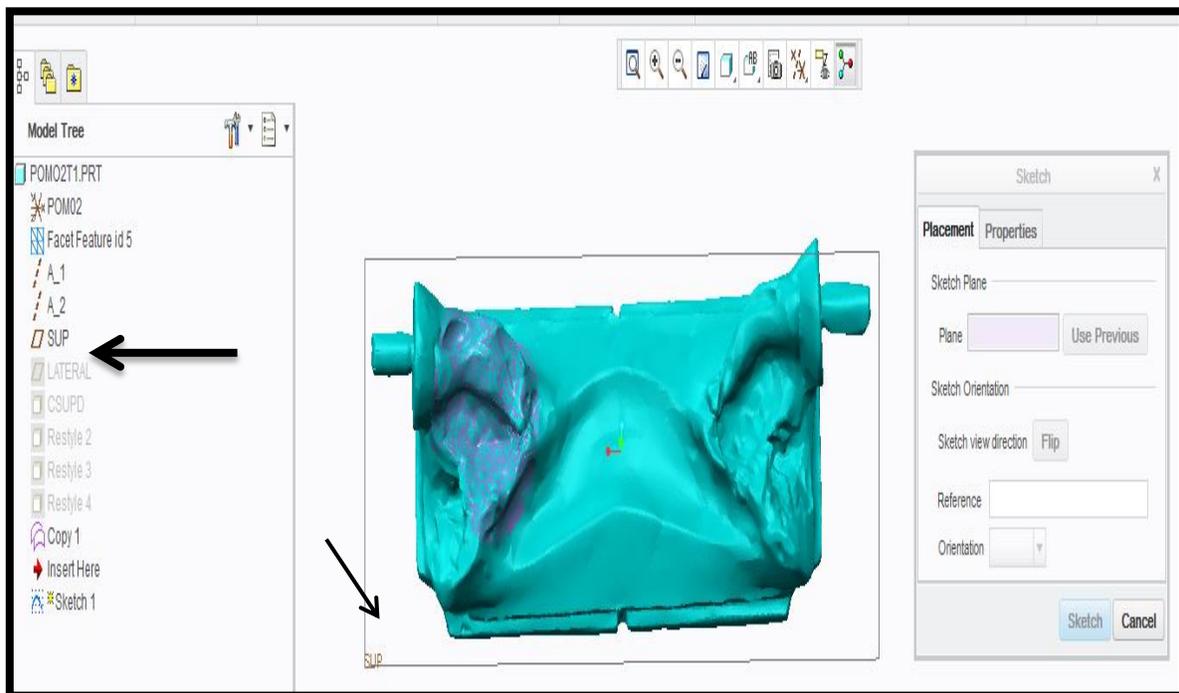


Figura 81:Generación del plano de referencia desde el árbol de operaciones..

Al seleccionar el plano de referencia se activará la opción “flip” esta sirve para la orientación del sketch, para facilitar su visualización aparece un flecha indicando la dirección; para finalizar la operación, se presiona el sketch y se generará la operación de éste, con esto, nos cambiará a la barra de herramientas de “Sketch”.

Con esta barra de herramientas se selecciona “sketch view” ubicada en la parte izquierda de la barra de herramientas y alojada en “set up”. Como se

muestra en la figura; “sketch view” permite orientar el “sketch” y muestra la orientación del “sketch”.

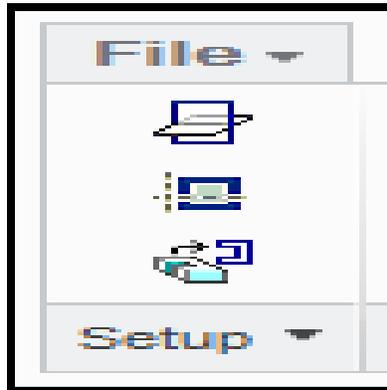


Figura 82: Menú de orientación del “sketch”.

En el caso que la orientación no sea la adecuada en “set up” , se encuentra la función “sketch up”, la cual nos mostrará el cuadro de diálogo donde se seleccionará la orientación, se da clic “flip” y se elige la ubicación deseada. Se dirige a la sección de nombre “sketching” como se muestra en la figura; en esta se encuentran cuatro funciones, que se pueden crear figuras geométricas, las cuales se extruyen para formar láminas, estas funciones son:

- Offset
- Line
- Rectangle
- Circle

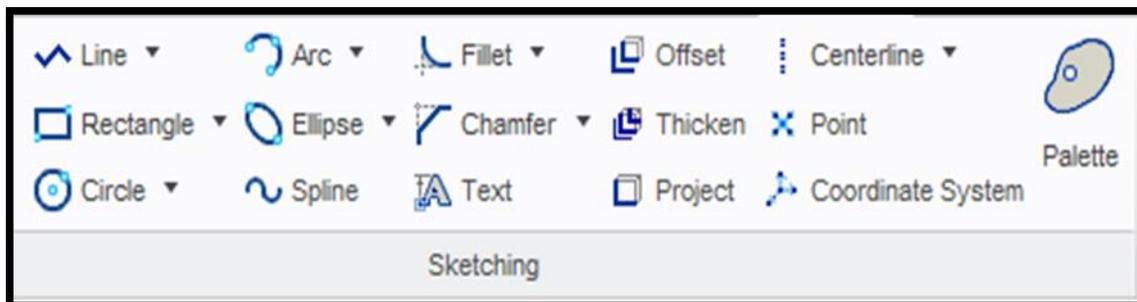


Figura 83: Funciones geométrica de “sketching”.

La función “Offset”, hace una silueta idéntica de la figura, esta silueta puede orientarse hacia dentro de la figura o fuera de esta según sea requerido.

Line, esta función permite crear un conjunto de líneas y a su vez alguna forma geométrica. “Rentangle”, crea rectángulos y por último, “circle”, que crea círculos.

Comenzando con la función offset que se ubica en “sketching” al seleccionarla esta desplegará un cuadro de diálogo que tiene el nombre de “select offset edge”, este contiene tres opciones:

- Single
- Chain
- Loop

La opción de “single”, trabaja seleccionado de forma individual líneas que constituyen la superficie, al seleccionar una de estas líneas, pedirá la dirección de esta, si se coloca un valor positivo, la ubicación será direccionada fuera de la superficie y de forma contraria si es un valor negativo, la ubicación será dentro de la superficie. Como se muestran en las siguientes figuras.

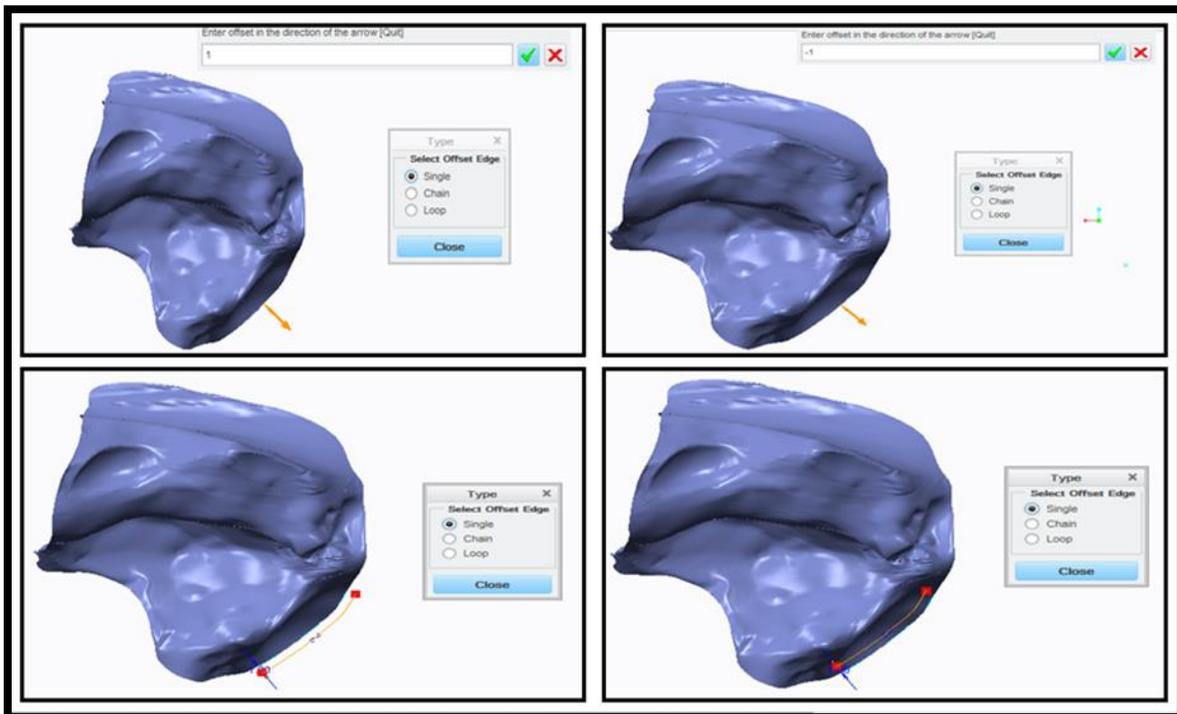


Figura 84: Función de la opción “singles”.

La opción “chain”, se asemeja un poco a single; primero se debe escoger 2 líneas la primera de ellas se tornará de un color verde fosforescente y la segunda

línea que se elija se seleccionará todo el contorno de la superficie; al tener este resultado se desplegará un segundo cuadro de dialogo de nombre “menu manager” en este hay cuatro opciones:

- Accept
- Next
- Previous
- Quit

Con la opción “accept”, al seleccionarla se desplegará un sub cuadro de diálogo de nombre “conver chain to loop” en este, se selecciona la opción “ok” y posteriormente de la misma forma que sucedía con la opción “singler” aparece el cuadro de diálogo, en el cual se introduce una cantidad negativa o positiva que determinar la dirección del resultado, en un valor negativo el resultado estará dentro del área de la superficie y el valor positivo da un resultado contrario al negativo; en el trabajo que se realizó, se escogió un valor negativo ya que el resultado de esta operación offset debe estar dentro del área de la superficie. Como se muestra en la siguiente figura:

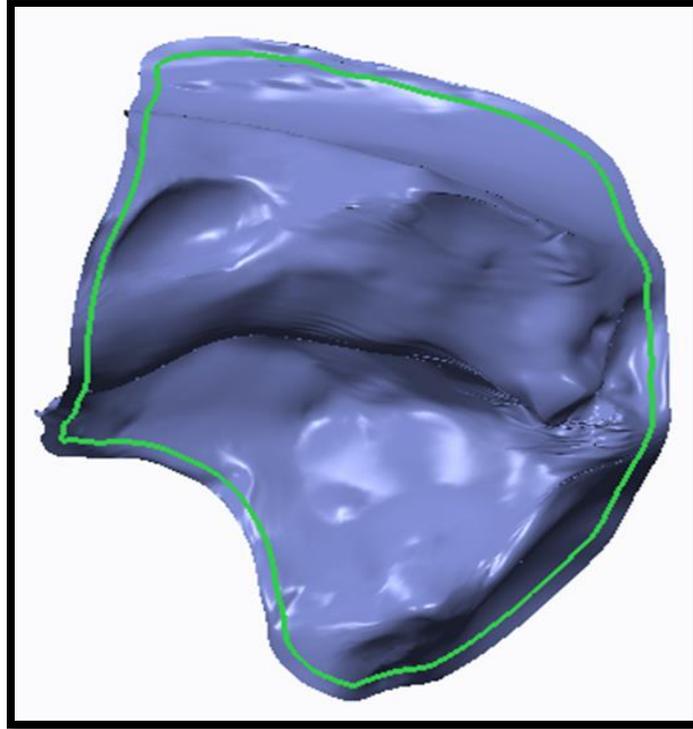


Figura 85: Resultado de la operación “offset” con un valor negativo.

Al tener el resultado de la operación “offset”, se selecciona extrude, esta operación está ubicada en el apartado “shapes” en la barra de herramientas; al seleccionarla se cambiará automáticamente a un apartado donde se encuentran herramientas para la operación extrude, para iniciar esta operación se debe ejecutar los siguientes pasos:

- a) Se selecciona el “sketch” de la operación “offset”, al seleccionarlo se tornará de un color verde. Este paso se realiza si aún no se ha seleccionado la operación “offset”. Posteriormente se elige “extrude” Figura 86.
- b) En el caso que ya se seleccionó extrude únicamente se escoge el “sketch” que se va a extruir figura 87.

Hay que mencionar que la única diferencia entre estos pasos es el orden de cómo se inicia la operación “extrude”.

Estos pasos se ilustran en las siguientes figuras:

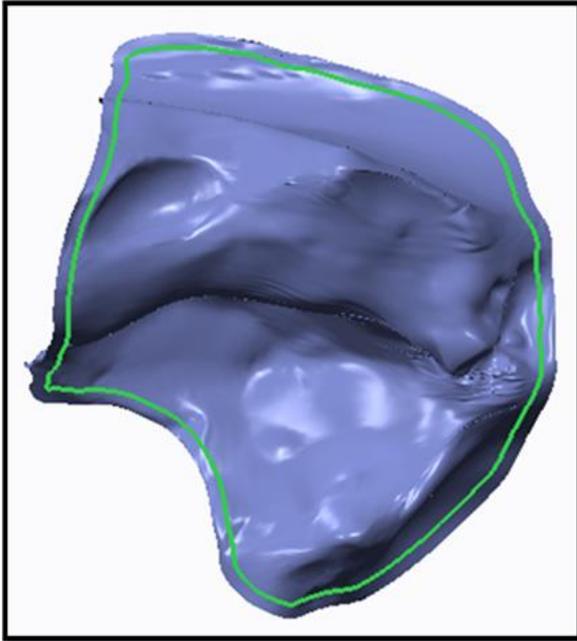


Figura 86: silueta de la pieza por la operación offset

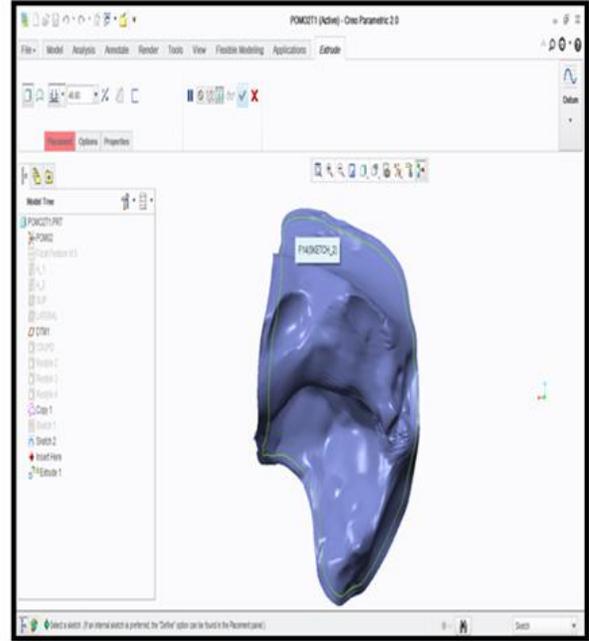


Figura 87: menu de la operacion extrude

En la figura 86 se muestra el resultado de seguir el paso 1 mientras que en la figura 87 es el resultado del paso 2.

- c) Tanto el paso a y b, al momento de seleccionar “extrude” nos generará un resultado de un sólido de color naranja, este resultado que aparece por defecto no es útil para cerrar el modelo; lo que se requiere es una malla; para cambiar el tipo de extrusión en las opciones que contiene extrude, se selecciona la opción de nombre “extrude as surface” esta opción se encuentra al lado derecho de “extrude as solid”. Como se muestra en las siguientes figuras.

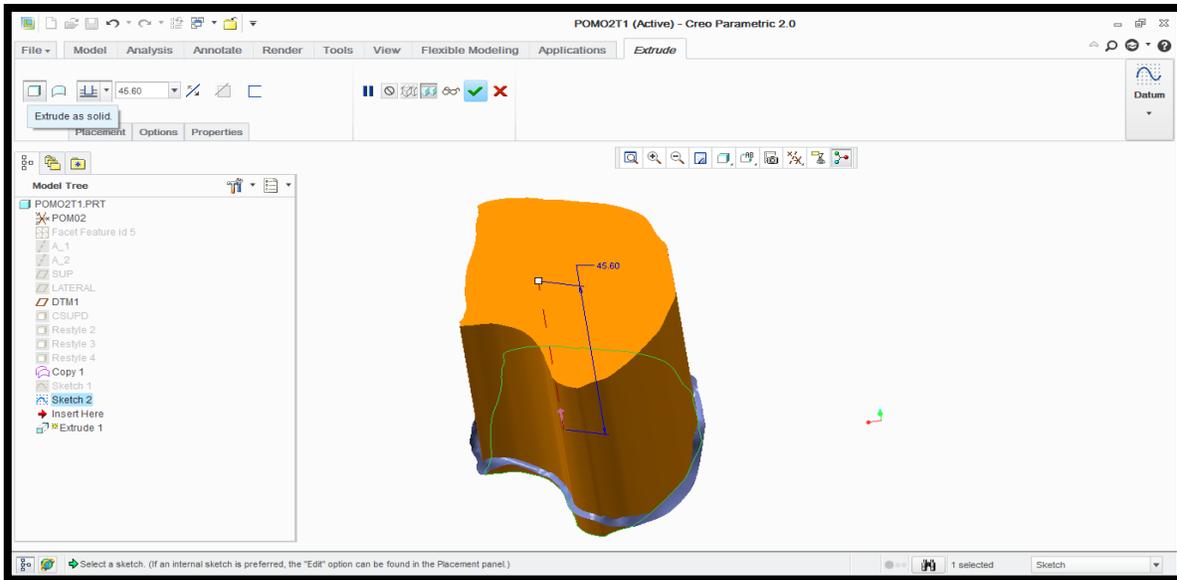


Figura 88: extrusión tipo sólido

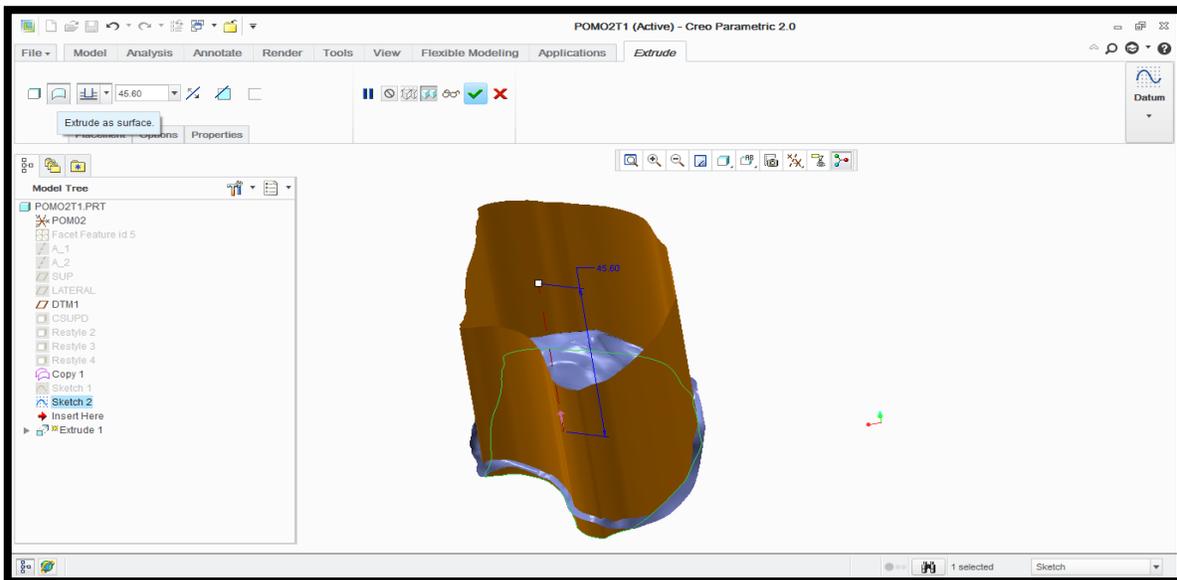


Figura 89: extrusión tipo lámina

d) La longitud de la malla puede manipular directamente en esta, para esto, se debe seleccionar uno de los cuadros o cambiar la cantidad de la longitud presionando dos veces en el valor numérico. Como se muestra en las siguientes figuras:

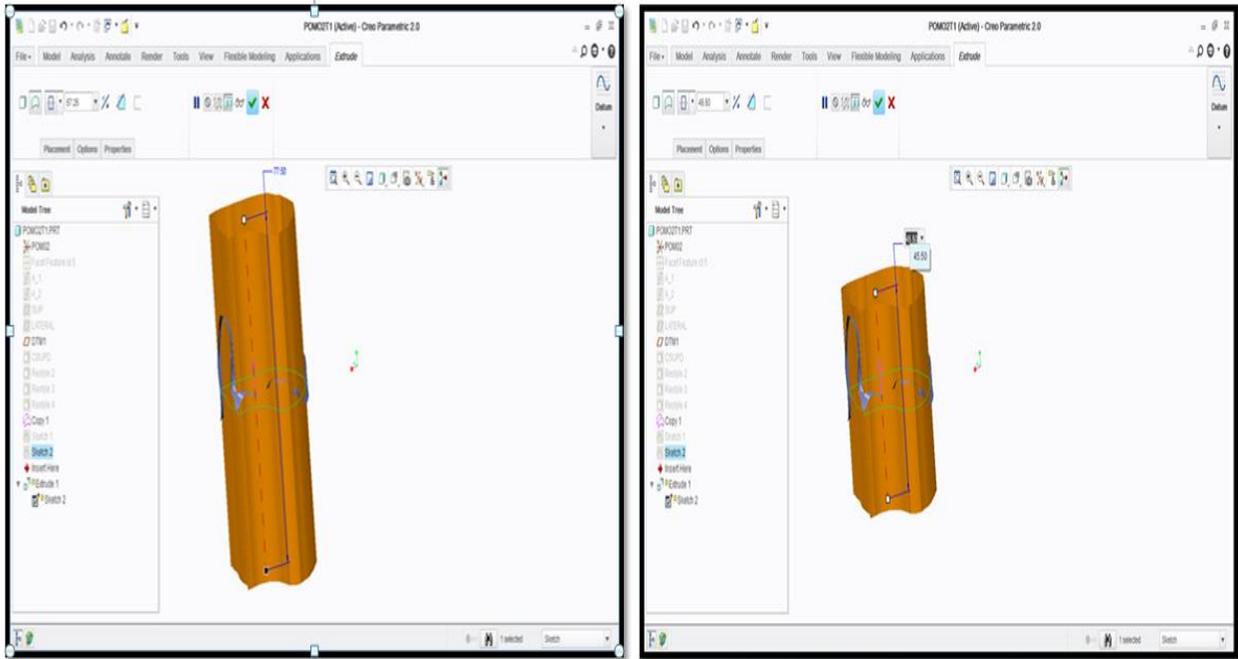


Figura 90: Manipulación de la longitud de la malla

- e) Al generar la extrusión de la malla, se debe observar que esta incluya toda el área vertical del parche evitando dejar áreas sin cubrir, ya que afectarán estas zonas faltantes en la operación de “merge”. Como se muestra en la siguiente figura:

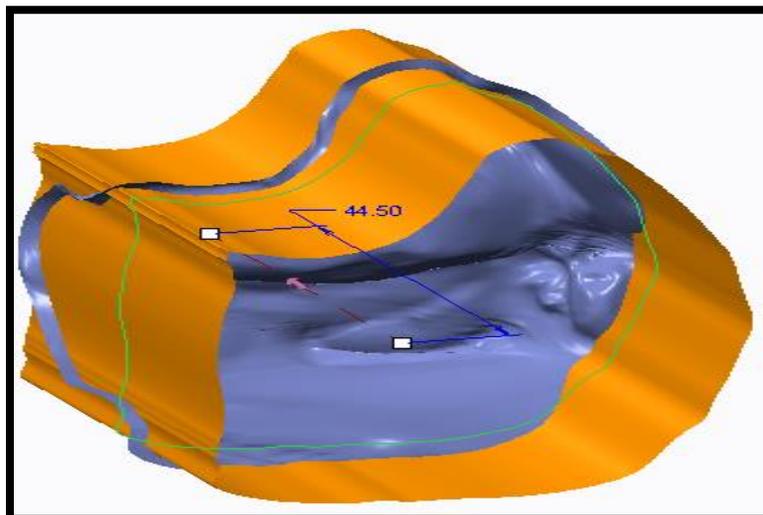


Figura 91: Verificación del área del parche

- f) Ya teniendo el parche y la malla, es importante el orden en el cual se va a seleccionar estos dos elementos, es decir, que el primer elemento que se

seleccionará será el que predomine en la operación; se pretende hacer un elemento cerrado. Ya teniendo los elementos seleccionados, se va a la sección “editing”. Como se muestra en la siguiente figura:

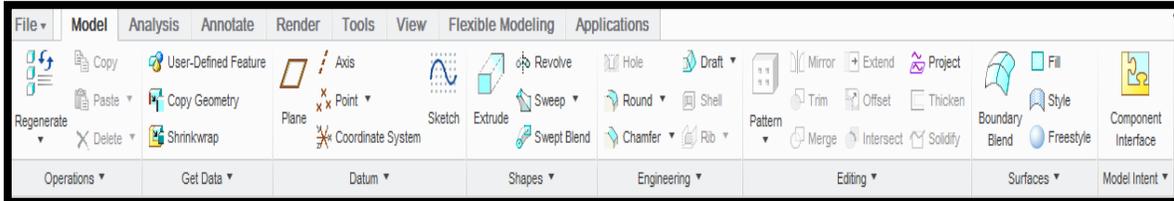


Figura 92: Ubicación de la opción editing

Al seleccionar “merge” se cambiará de interface, en el cual aparecerán opciones de “merge”, el parche y la malla se tornarán de un color verde, en el caso que sea únicamente de un color verde significa que no hay ningún resultado; pero si aparece con un mallado naranja significa que hay un posible resultado. Como se muestra en las figuras 93 y 94 :

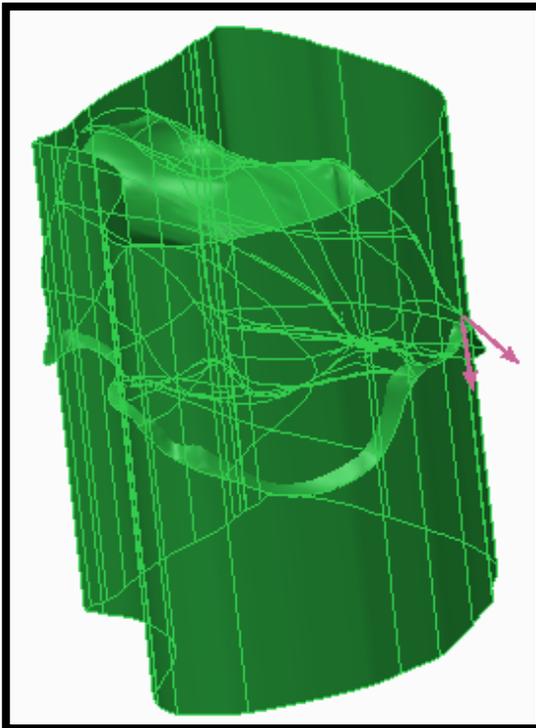


Figura 93: Operación merge sin ningún resultado

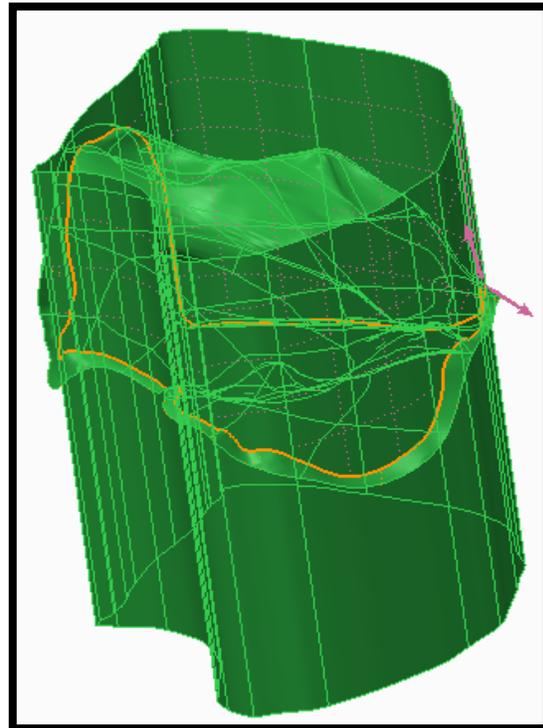


Figura 94: Operación merge con un resultado

Un punto importante de este modelo es que contiene dos flechas, las cuales ayudarán para generar los resultados; la manipulación de estas se puede hacer directamente en el modelo o en opciones de “merge”. Como se muestra en las siguientes figuras:

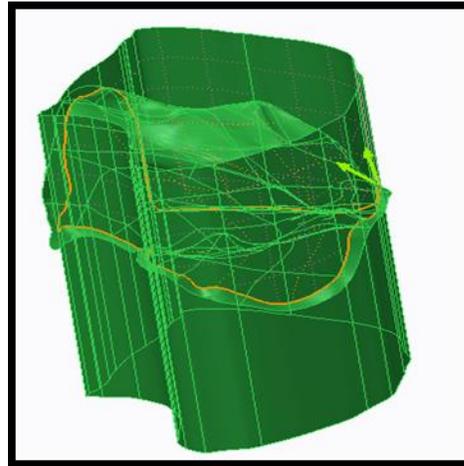
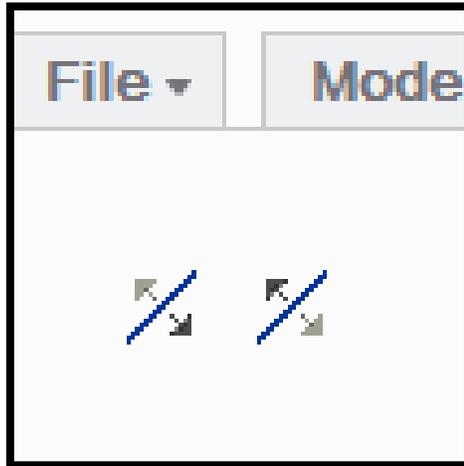


Figura 95: Herramientas para cambio de dirección Figura 96: Cambio de dirección en el resultado

g) Una vez que se tiene el modelo con el mallado naranja, se puede hacer una pre visualización, para esto, se selecciona el icono que tiene por imagen unos lentes, si el resultado no es el adecuado se presiona nuevamente el ícono, para regresar y cambiar la dirección de las flechas y encontrar un resultado más adecuado. Como se muestra en las figuras 97 y 98 :

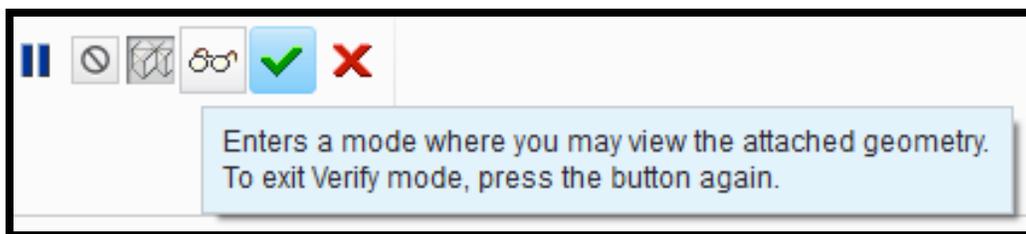


Figura 97: Opción para generar una vista preliminar de la operación



Figura 98: Resultados

Esta opción nos permite visualizar con mayor facilidad el resultado y encontrar el que se busca, en el caso que no se genere el resultado deseado, se tienen que considerar los siguientes puntos:

- El área de la malla insuficiente entra en conflicto con el parche; en este caso se tiene que cambiar la distancia del “offste” para que la malla abarque más del área interna del parche. Como se muestra en la siguiente figura.

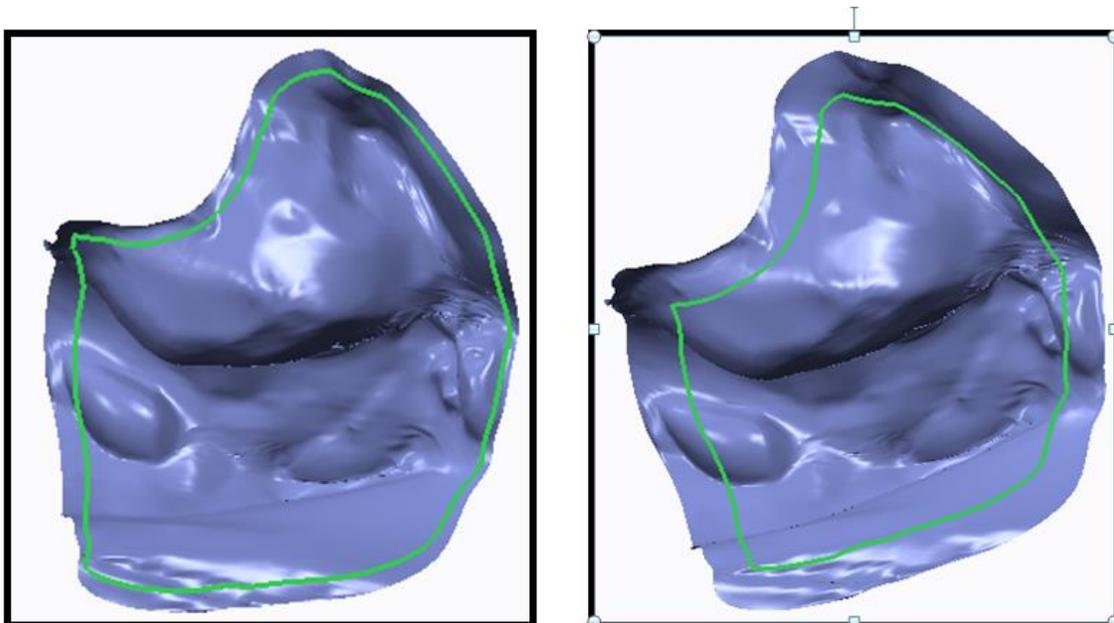


Figura 99: Modificación de la dictación de la operación “offeste”

- Si el parche contiene arrugas produce errores en la generación del resultado, en este caso, lo más recomendable es crear otro parche que no contenga arrugas u otra deformación como salientes de picos o partes.
- Revisar la longitud de la malla, puede estar demasiado larga en algunas de las dos direcciones, en este caso, se debe ajustar la distancia y hacer pruebas.

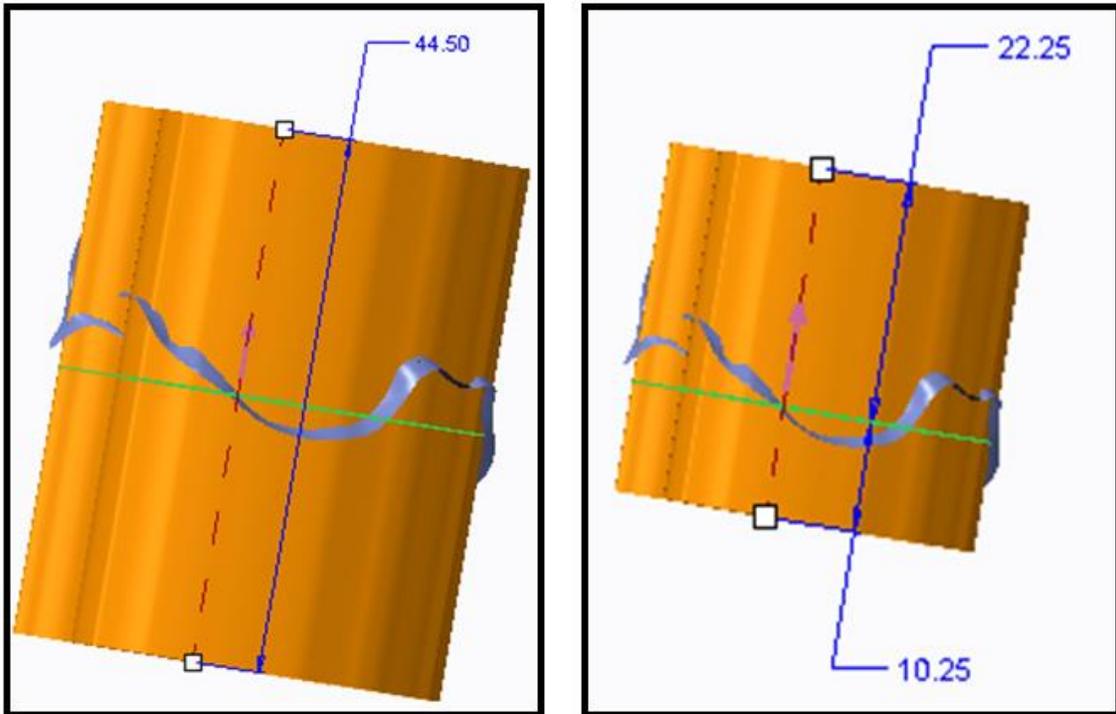


Figura 100: Modificación de la longitud de la extrusión

- h) Al tener el modelo final en el árbol de operaciones, adquiere como nombre “merge 1” al igual con las operaciones pasabas, esta puede ser renombrada; para hacerlo completamente hermético; se realizará un sketch que puede ser lateral o frontal, si se desea que la extrusión este lo más cerca posible del “merge 1”, se crea un nuevo plano; para esto, se elige a “datum” y se selecciona “plane” al hacerlo, aparece una cuadro donde pide referencias para el nuevo plano, solo se debe seleccionar el plano lateral o frontal que ya se tenía; cuando se crea este plano estará en el centro del plano que escogimos, como referencia se puede modificar la distancia de

este, seleccionado el cuadro blanco y posicionarlo en el lugar que deseamos, se da “ok” para finalizar la operación. Como se muestra en la siguiente figura:

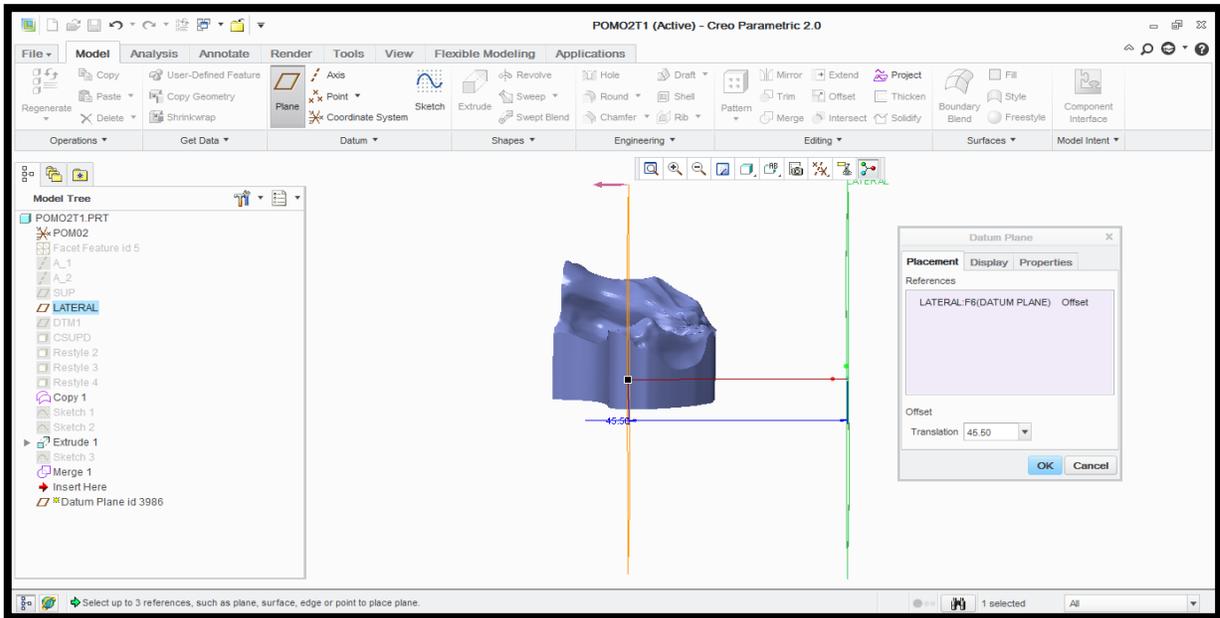


Figura 101: Generación de un plano

Posteriormente que se tenga el nuevo plano, se selecciona “sketch”, se toma el nuevo plano como la referencia de este “sketch”, en esta operación solo se realizará una línea que debe atravesar en su totalidad al merge1 en forma horizontal; además debe estar ubicada a una distancia mínima horizontal que permita dejar un fragmente del “merge 1” que sobresalga de esta nueva extrusión, al igual que con el mallado esta extrusión, debe abarcar la totalidad del área del “merge 1”. Como se muestra en la siguiente figura:

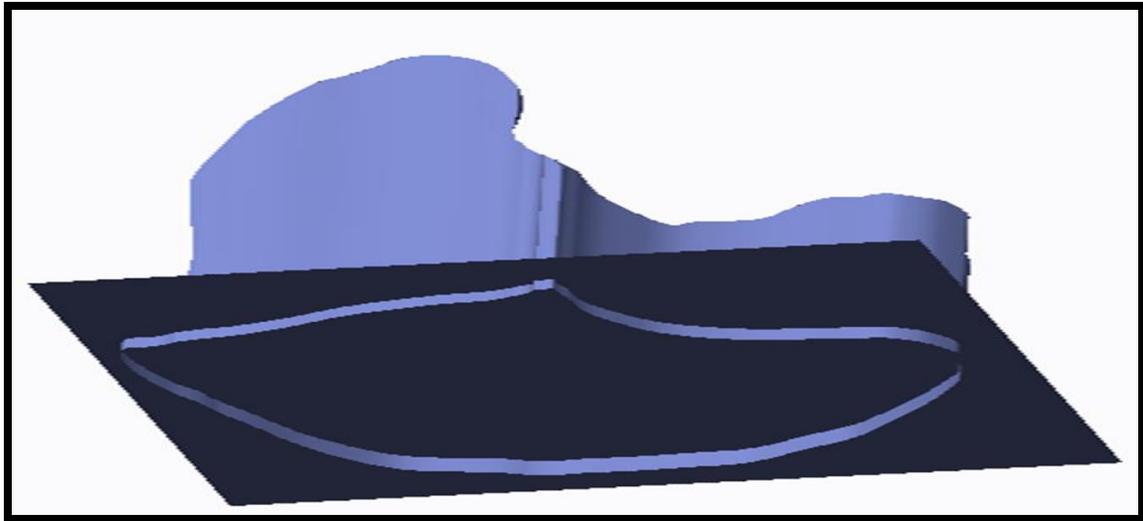


Figura 102: Vista inferior

- i) Con la nueva extrusión, se comienza la última parte para hacer este elemento hermético; al igual como la primera operación de “merge”, en esta ocasión, el primer elemento que se seleccionará es el “merge 1” y posteriormente la nueva extrusión, se selecciona “merge”, se observan los posibles resultados que puede generar el programa, posteriormente se escoge el más apropiado, se selecciona el ícono de los lentes para tener una visualización más adecuado del resultado. Como se muestra en las siguientes figuras:

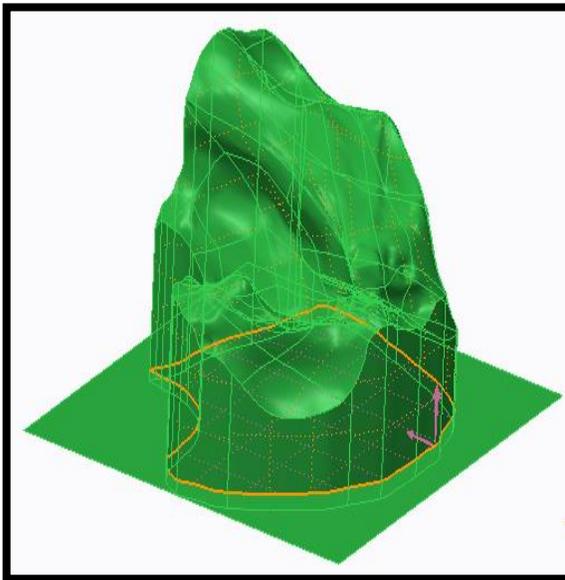


Figura 103: Visualización de un resultado

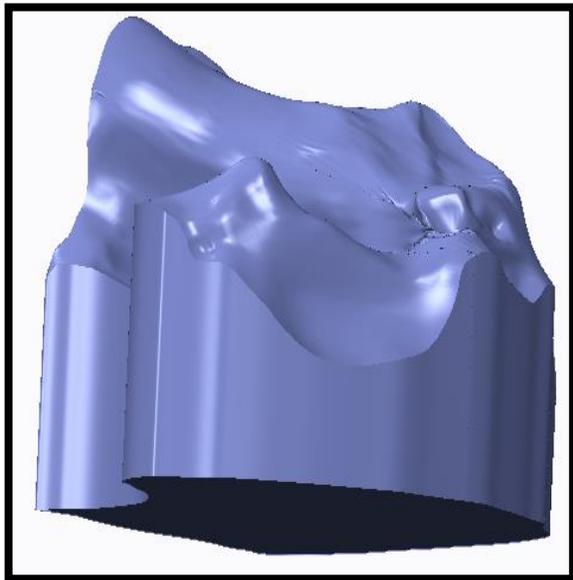


Figura 104: Resultado final de la operación merge

- j) Para saber si el modelo es hermético, se dirige a “graphics toolbar”, en esta parte se selecciona “display style” con esta opción, se puede cambiar la visualización del modelo, se escoge la opción “no hidden”. Como se muestra en la siguiente figura:

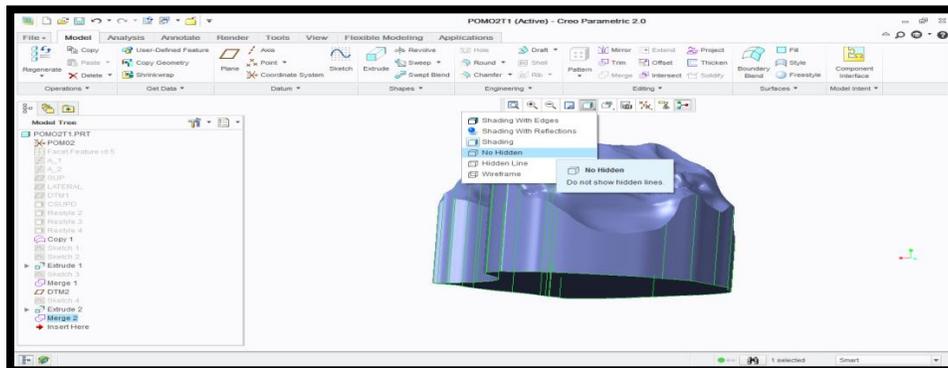


Figura 105: Selección de “display style”

La función de este visor, es mostrar las líneas que constituyen el modelo las cuales son de color púrpura y amarillas, cada uno de estos colores significan algo en el modelo

- Las líneas púrpuras son líneas de un modelo hermético
- Las líneas de color amarillo marca que contiene secciones abiertas en el modelo

Si el modelo cumple con las características que se desean, todas las líneas que lo constituyen serán de color morado, lo cual significa que es un modelo hermético y es posible solidificarlo; en el caso que contenga líneas amarillas, significa que está abierto y no es imposible solidificarlo. Como se muestra en la siguiente figura:

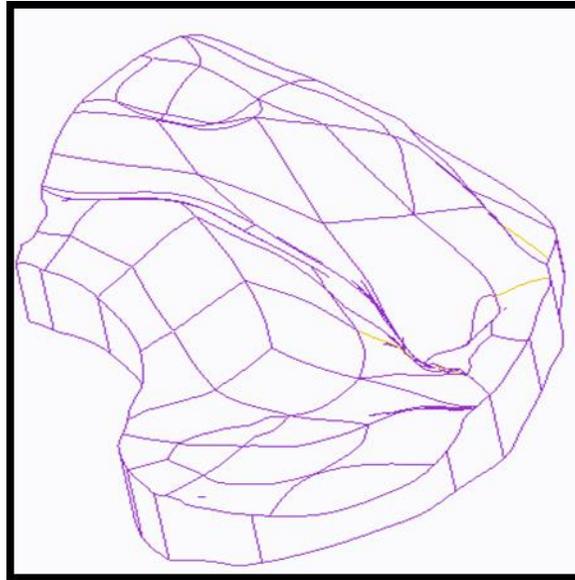


Figura 106: Modelo no hermético

En el caso que este abierto el modelo, es decir, que contenga líneas amarillas; se deberá rehacer el parche de la cavidad afectada y hacer todos los pasos que se mencionaron anteriormente para obtener un modelo hermético, este procedimiento se hace con las 3 cavidades restantes.

- k) Al tener las cuatro cavidades completamente herméticas se pueden hacer dos acciones:
- En la barra de herramientas, primero se dirige al apartado “editing” y seleccionar “solidify” esta opción hace que los “marges” resultantes se vuelvan sólidos, pero con la condición que sea un modelo hermético/cerrado, es decir, que no contenga líneas de color amarillo en su estructura y que en su totalidad tenga líneas de color morado. Para comprobar, se cambia el visor, para esto se dirige a la “graphics toolbar” dentro de esta se va al símbolo con forma de un cubo, a la opción “display style” al seleccionarla, se desplegarán seis opciones elegir la cuarta opción: “no hidden”, esta nos permite ver las líneas que constituyen el modelo. Como se muestra en las siguientes imágenes:

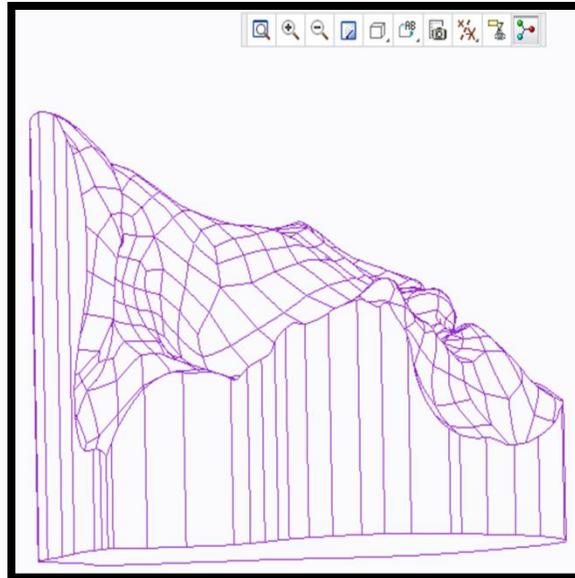


Figura 107: Modelo totalmente hermético

Posteriormente al revisar el modelo, se selecciona nuevamente “display style” tercera opción: “shading”, esta nos regresa al visor normal; ahora para hacer solido el elemento, se selecciona el modelo dos veces; cuando se hace esto se tornará de un color verde y al mismo tiempo la opción “solidify” se activará. Como se muestra en la siguiente:

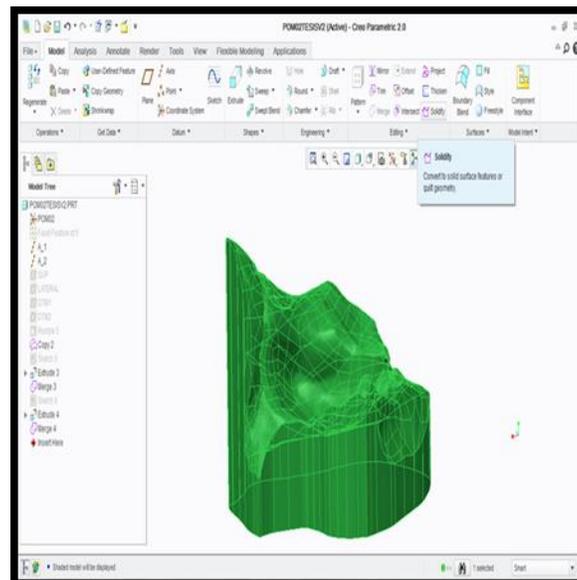


Figura 108: Selección de la función “solidify”

Al seleccionar “solidify” aparecerá una pestaña en la barra de herramientas, la cual contendrá varias opciones, una de estas es un símbolo que tiene como figura unos lentes, esta nos permite ver un resultado parcial y decidir si es aceptable o no, si el modelo es adecuado se presionará el símbolo de una paloma de color verde y se generará el modelo ya sólido y tomará un color gris; este proceso se hace en cada una de las tres cavidades restantes. Como se muestra en la siguiente figura:

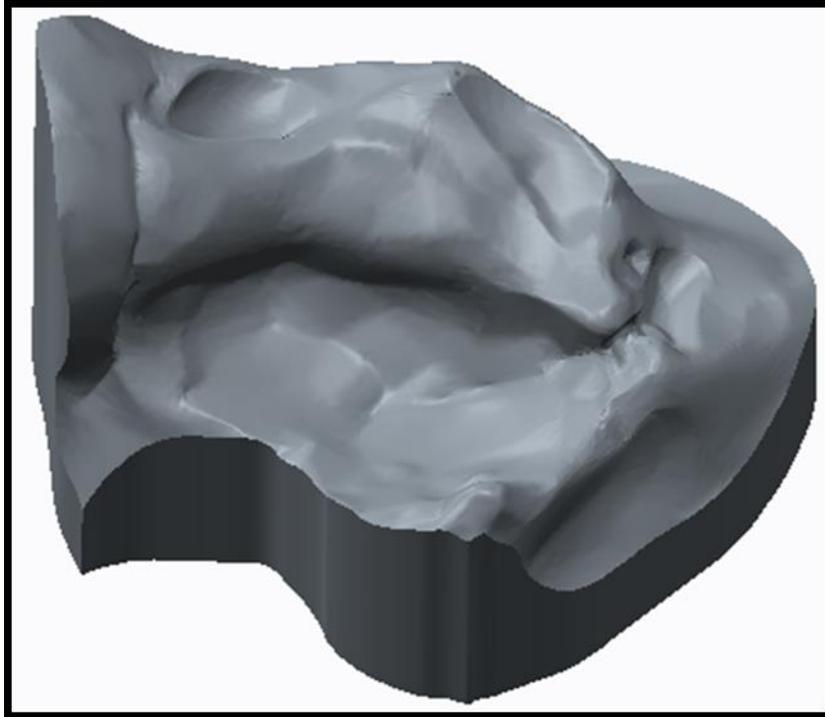


Figura 109: Pieza solidificada

- Segunda opción, teniendo las cuatro cavidades ya terminadas, realizar dos operaciones más de “merge”, uniendo las cavidades, es decir, que en lugar de ser 4 sólidos solo serán 2 elementos, cada elemento tendrá dos cavidades, la única condición para esto, es que alguna de las dos cavidades o ambas cavidades tengan áreas suyas en las otras cavidades, para poder hacer la operación “merge”. Como se muestra en la siguiente imagen:

- l) En el caso de la base, únicamente se debe realizar un rectángulo con la operación línea y posteriormente hacer una extrusión como sólido.

Ventajas y desventajas del primer métodos

Ventajas

- Este método permite trabajar por secciones.
- Las secciones tiene menos arrugas.

Desventajas

- Hay posibilidades que al momento de hacer uniones con otros “merges” no generen resultados.
- La generación de resultados toma mayor tiempo en el caso de unir “merges” de gran tamaño.
- Casos muy especiales por la información que se trabaje durante la unión de 2 o más “merge”, puede generarse un error que provoque el cierre del programa.

3.4.2) Método 2 para la generación de la hembra

Este al igual que el anterior caso, se siguen los ocho pasos, con la diferencia que en este método, las cavidades se obtienen de forma individual y posteriormente solidificarlas o uniendo los “merges” de las cavidades para crear otro, que a su vez se solidificara, en el caso del segundo método en lugar de hacer las cavidades de forma individual se hacen en parejas y ocupando mayor área de la pieza

Se puede utilizar el mismo archivo que se utilizó para el primero método o abrir un nuevo archivo. En el caso que se decida utilizar el mismo archivo, en el árbol de operaciones se hará lo siguiente, seleccionar todas las operaciones excepto los planos, “sketchs” y el modelo de la pieza; las otras operaciones se le darán “suppress” esta operación deshabilitara todas las operaciones que realizamos durante el primer método .Como se muestra en la siguiente figura:

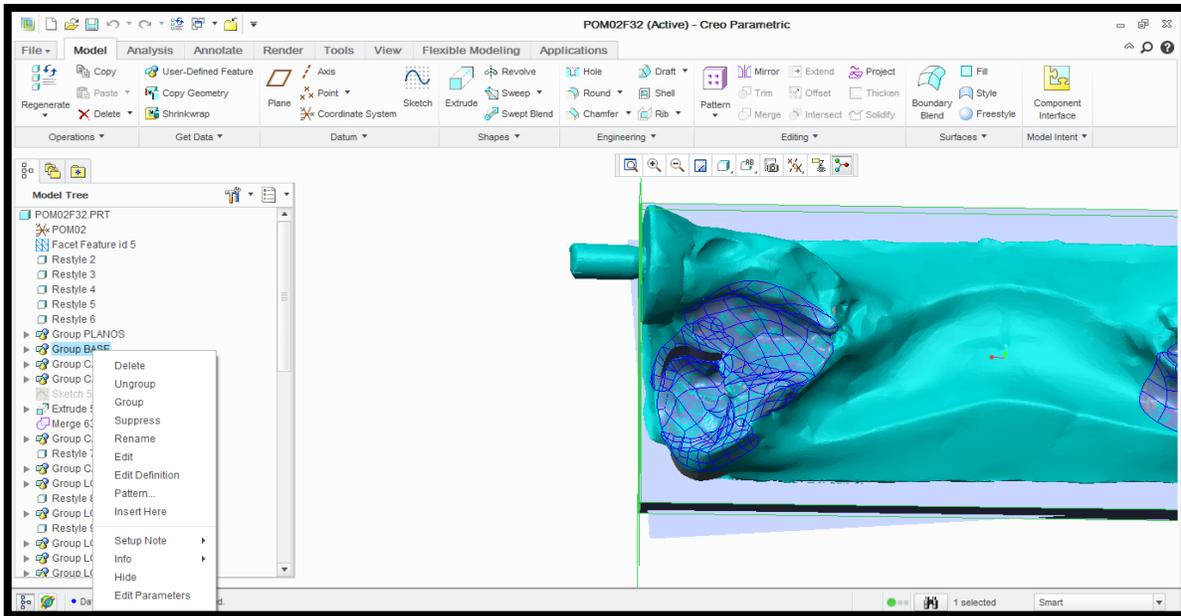


Figura 110: Selección de la función “suppress”

En el caso que se desee hacer desde el inicio con un nuevo archivo se realizaran los pasos del método anterior

Pasos

1. Se realiza las misma acciones que en el paso 3 del primer método, con la diferencia que en este proceso la creación de la curva abarca las dos cavidades en lugar de una, además que el área de la curva tiene una mayor área dentro de la pieza .Como se muestra en la siguiente imagen:

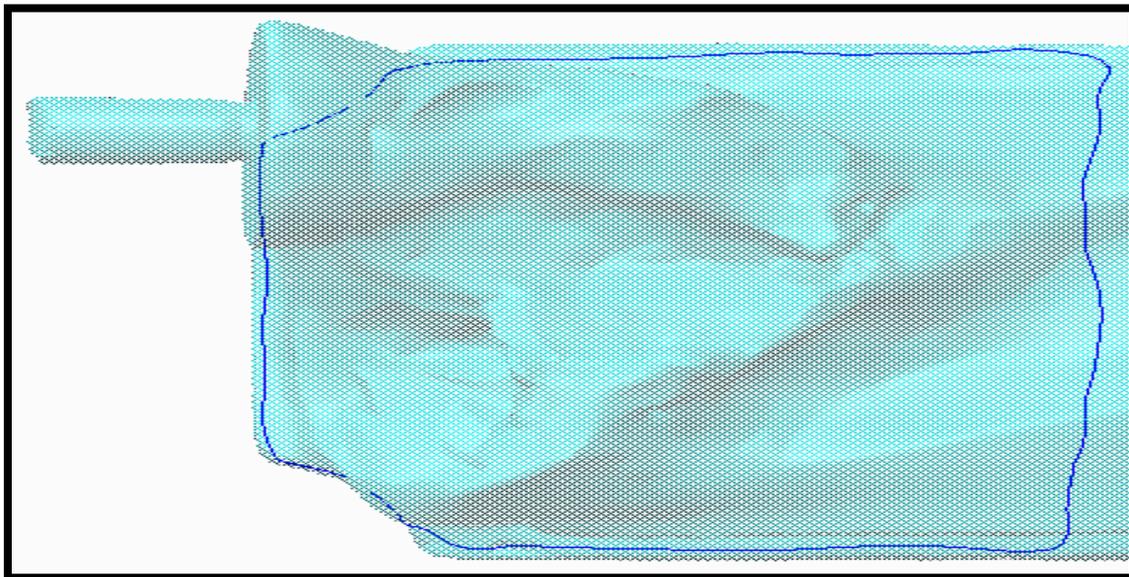


Figura 111: Selección de las das dos cavidades al mismo tiempo

Ya teniendo la curva ahora se dirige a “surfaces” y se selecciona “auto surfaces” y se realizan los mismos procedimientos los cuales son:

- Primero paso: la determinación de los “scopes” es decir la dirección donde se debe dirigir las flecha que es dentro de la curva

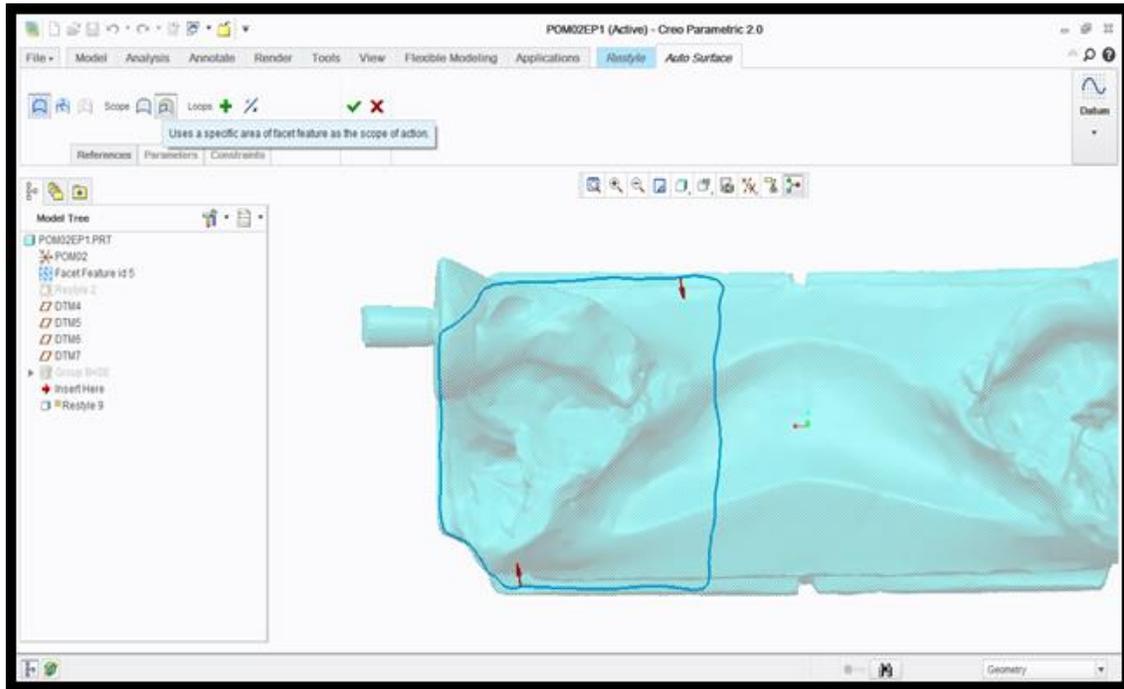


Figura 112: Determinación de los scopes

- Segundo paso: la cantidad de parches que llevará, esto se hace en la opción de nombre “define the patch structure” el valor que esta por defecto es de 100, este valor puede cambiar, puede ser valor o menor, (todo depende de la perspectiva del usuario) ya teniendo el valor, se presiona el símbolo de una bandera verde .Como se muestra en las siguientes figuras:

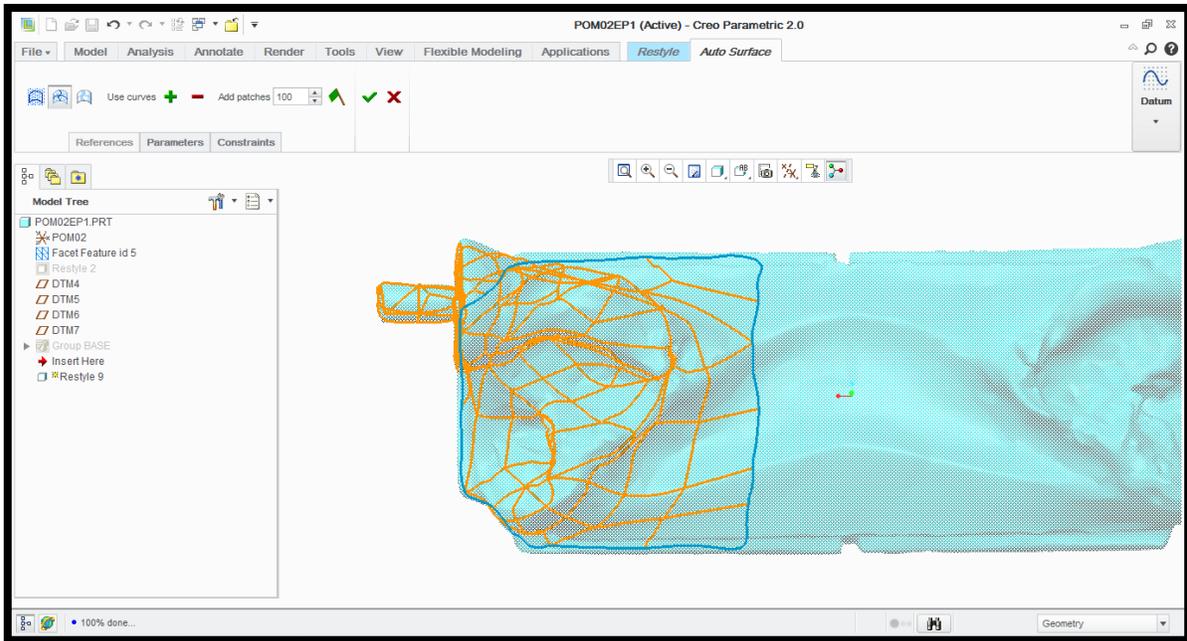


Figura 113: Parche con un valor de 100

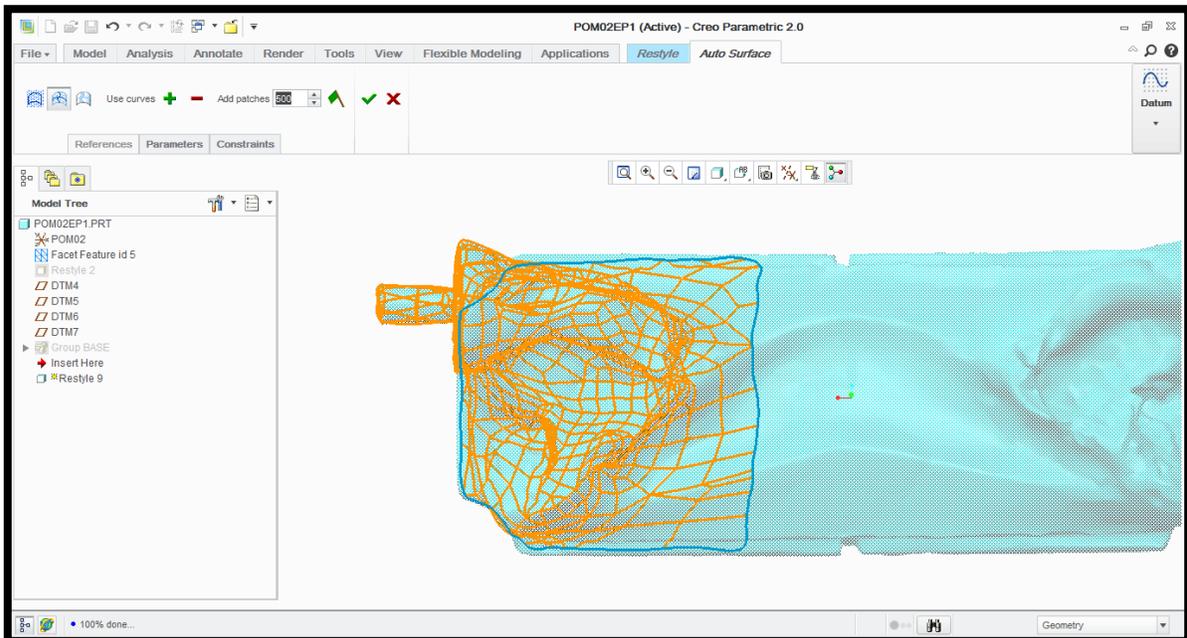


Figura 114: Parche con valor de 500

- Por último se selecciona “create surface automatically”, en esta parte se debe observar la apariencia del parche, en pocas palabras en esta parte es prueba y error es decir es experimentar en la cantidad de parches que contenga la curva y ver que aparecía se genera .Como se muestra en las siguientes figuras:

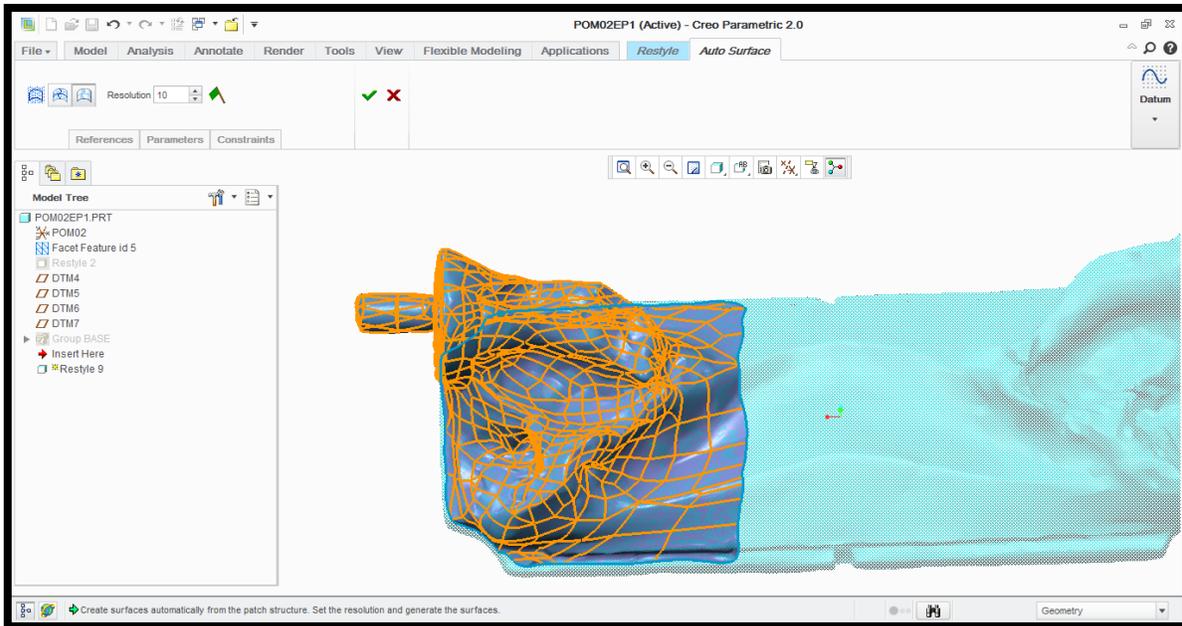


Figura 115: Parche de la operación cuando tiene un valor 500

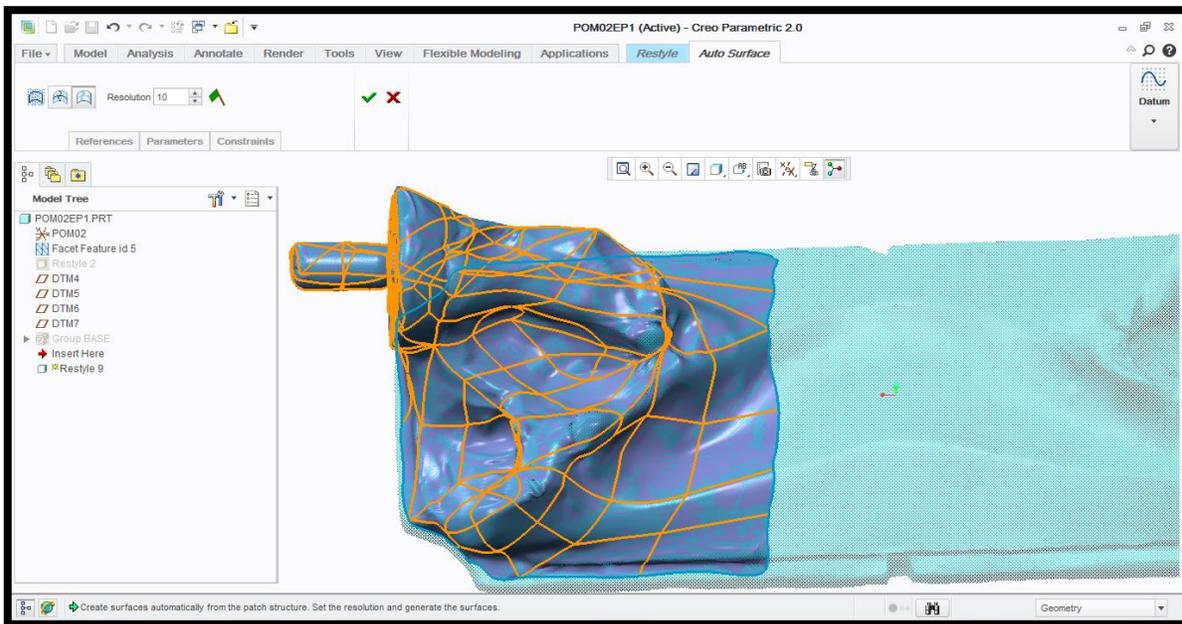


Figura 116: Parche de la operación cuando tiene un valor de 100

2. Al tener los parches listo se utiliza nuevamente la opción “offset”, primero se debe crear el “sketch” para esto se va a sección de “datum” como se mencionó en el paso 7 del primer método ,se debe seguir la misma metodología para crear el offset:

- Seleccionar “chain”, con esto se generara el contorno de la figura y se da aceptar.
- Dependiendo de la ubicación donde se inició el offset puede aparecer un recuadros de nombre “convert chain to to loop”, en este se seleccionará en este caso se le dará un valor negativo, si la flecha apunta hacia afuera para generar el “offset” dentro del parche, en el caso que la flecha apunte hacia adentro de la figura solo se deberá colocar un valor positivo para que se genere el “offset” dentro del parche .Como se muestra en las siguientes figuras :

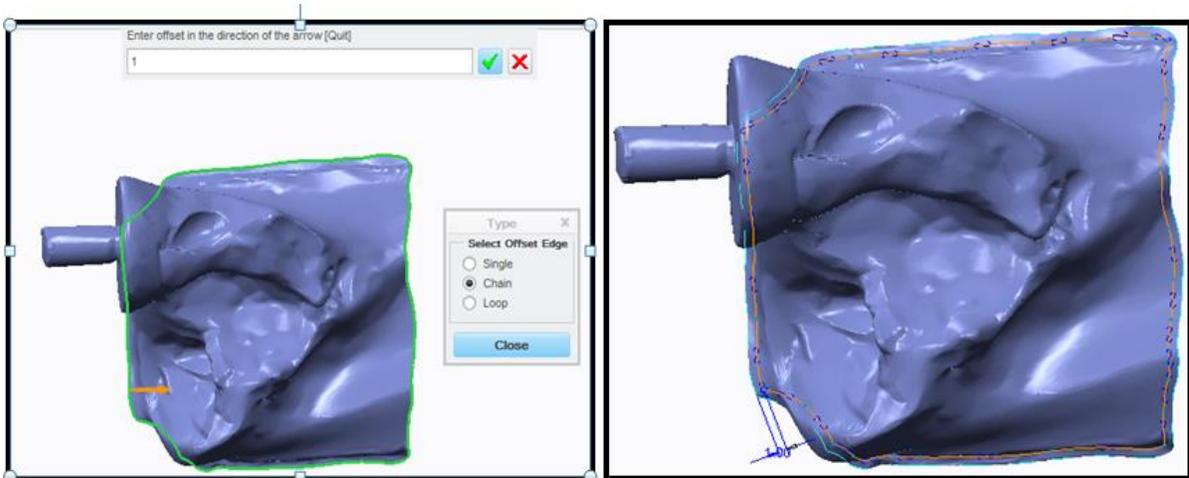


Figura 117: Resultado de la función “chain” con un valor positivo.

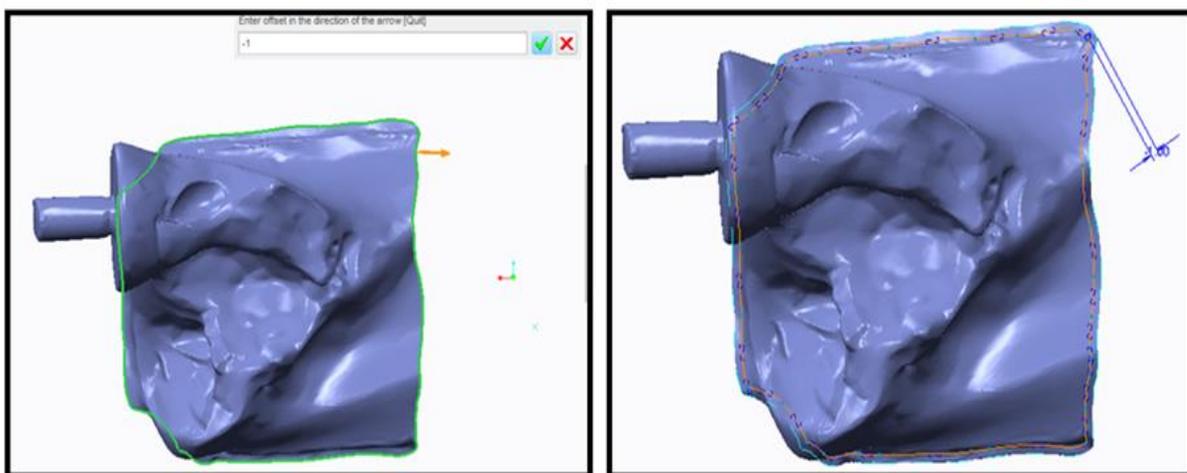


Figura 118: Resultado de la función “chain” con un valor negativo.

-
3. Una vez teniendo el “offset” se seleccionara “extrude” como se mencionó en el anteriormente método, existen dos formas de selección del “offset” resultante para su extrusión, esta forma de selección depende del usuario, estando en la operación de “extrude” el tipo de extrusión por defecto es del tipo sólido, se cambiará al tipo malla; se debe cuidar la distancia de la extrusión, ya que puede afectar el resultado del “merge”. Como se muestra en la siguiente figura:

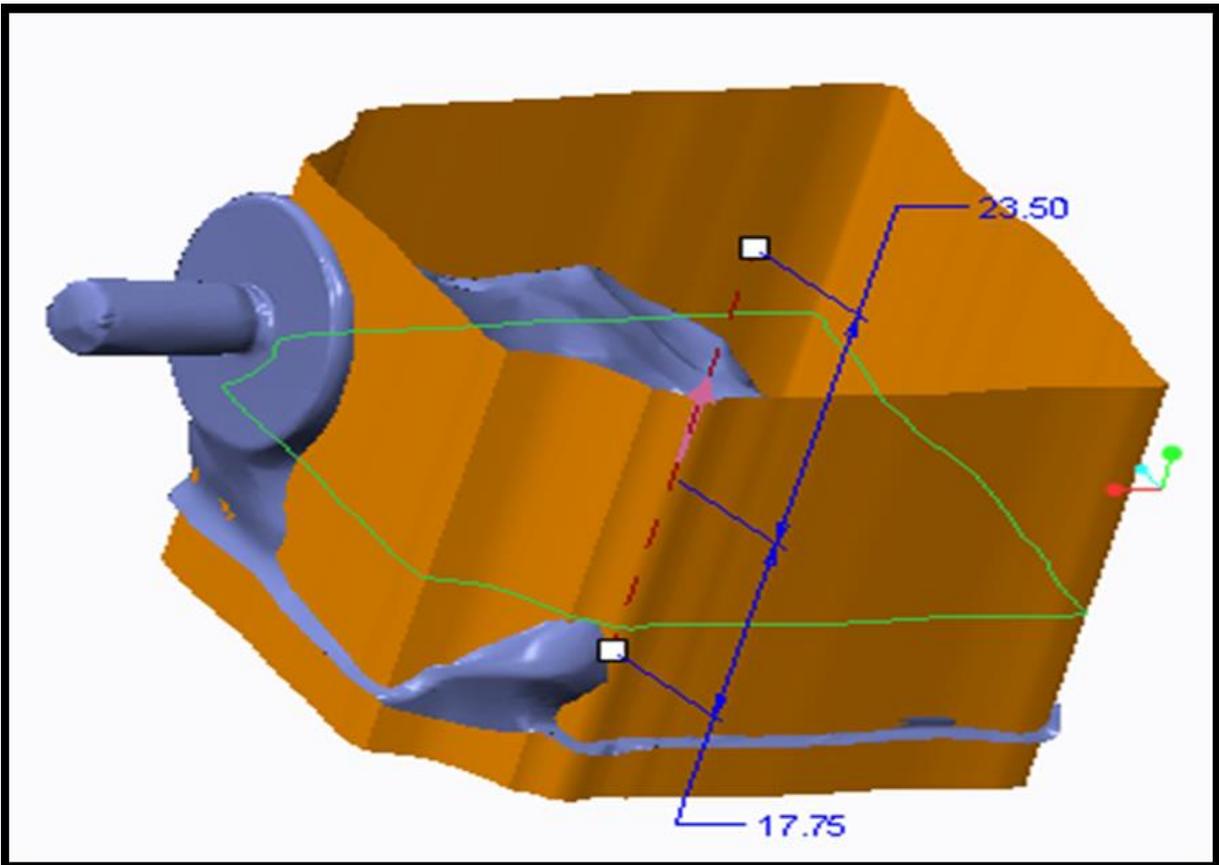


Figura 119: Extrusión tipo lamina

4. Teniendo el parche y la extrusión, se realizará la operación “merge”, como se mencionó en el método anterior, el orden de los elemento influye en el resultado del “merge” en este caso se seleccionará primero el parche y posteriormente la extrusión; si hay un resultado, la pieza se tornara de color verde con un líneas en color naranja .Como se muestra en la siguiente figura :

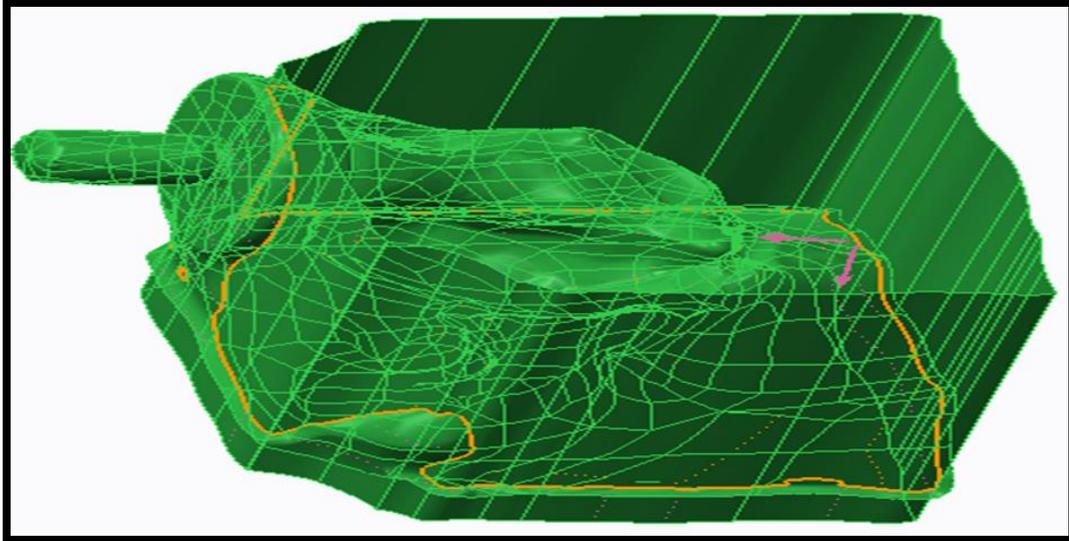


Figura 120: Presencia de un resultado

5. Posteriormente se realizará un extrusión de lado lateral de la pieza, seguido de un “merge”, con esta nueva extrusión con el “merge” resultante del paso anterior; se debe cuidar la distancia de extrusión para evitar errores durante la operación “merge” una vez teniendo el nuevo “merge” se cambiará el visor para verificar si es un modelo hermético, como se menciona en el paso 7 sección “k” del primer método .Como se muestra en la siguiente figura:

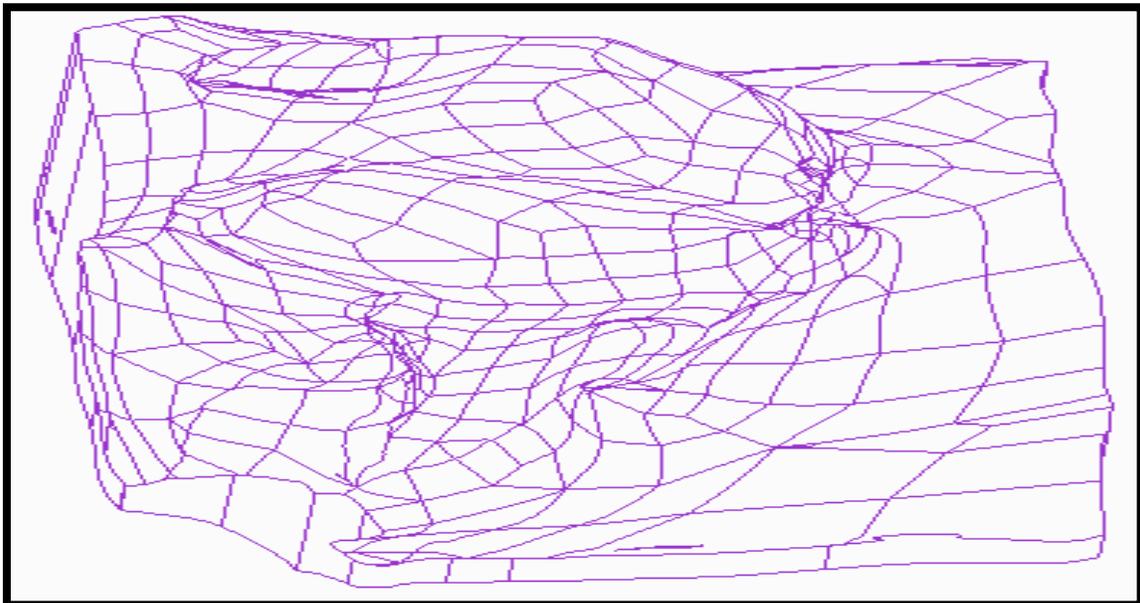


Figura 121: Modelo totalmente hermético

-
6. Finalmente teniendo el modelo con la cualidad de hermeticidad, se puede solidificar como se menciona en el paso 8 sección k del primer método, cabe mencionar que se repetirán los pasos 1 al 6 para la creación de las dos cavidades restantes.
 7. Para la creación de la base, únicamente se realizará un rectángulo con la operación “line” y posteriormente una extrusión, esta será del tipo sólido .Como se muestra en la siguiente imagen:

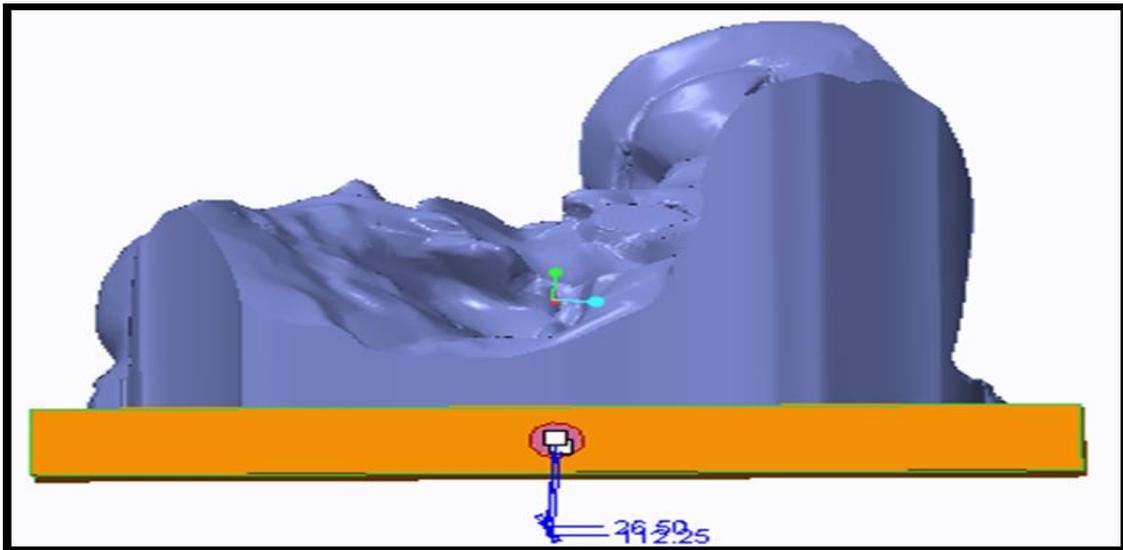


Figura 122: Generación de la base

-
8. Como paso final se solidificarán los “merges”, esta operación de solidificación será de forma individual para cada “merge”, de mismo modo que se menciona en el paso 7 sección “k”, el resultado final de este método 2 se muestra en la siguiente figura:

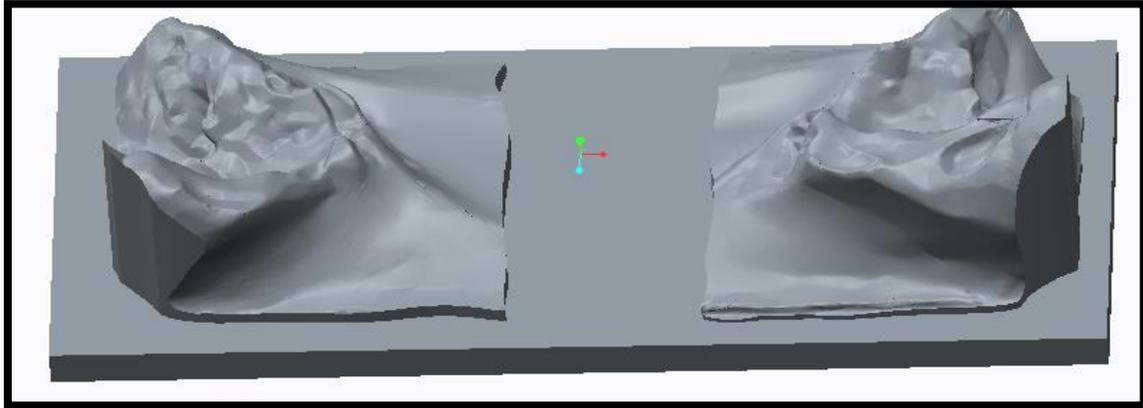


Figura 123: Modelo solidificado

3.4.3) Proceso de ingeniería inversa para los cóndilos

La siguiente pieza que se realizó fue los cóndilos, en esta pieza tiene una semejanza en los pasos 1 al 4 de los primeros 2 métodos anteriormente mencionados los cuales son

- Escoger y abrir el modelo.
 - Creación de los planos.
 - Y la creación de los “restyles”.
1. En la generación de los planos para el modelo de los cóndilos serán los tres pasos siguientes:
- Superior: para el desarrollo de este plano se seleccionará 3 puntos en la zona plana de la figura como se muestra en la siguiente imagen:

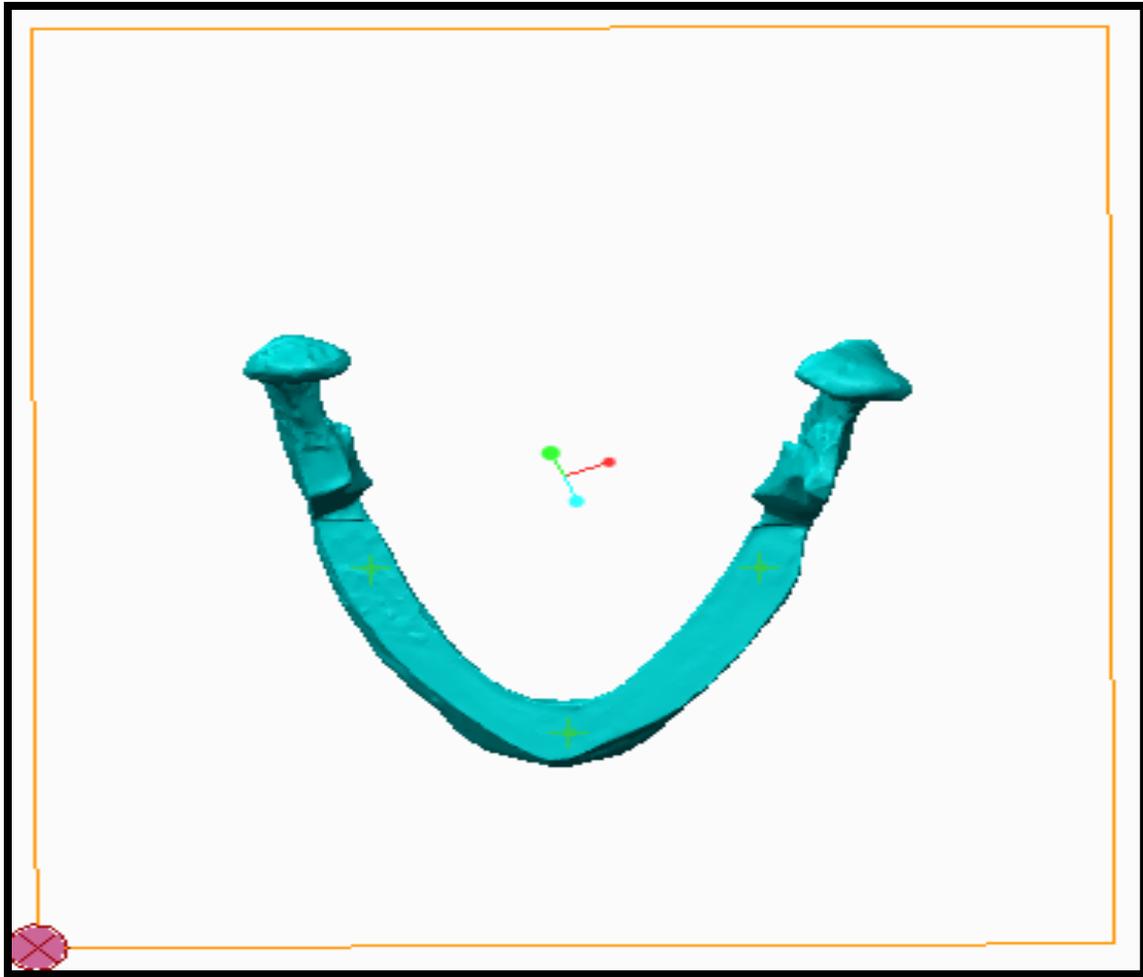


Figura 124: Generación del plano superior

- Lateral: para el desarrollo de este plano se crearán dos operaciones “axis”, esta operación se ubica en el apartado “datum”, al seleccionar “axis” se desplegará un recuadro de nombre “datum axis” este pedirá como mínimo 2 ubicaciones, para la creación del “axisel primer “axis” se seleccionará de forma vertical dos puntos de zona de la barbilla como se muestra en la figura 125, en el caso del segundo “axis” se seleccionarán 2 puntos en la zona horizontal de los cóndilos .Como se muestra en la figura 126:

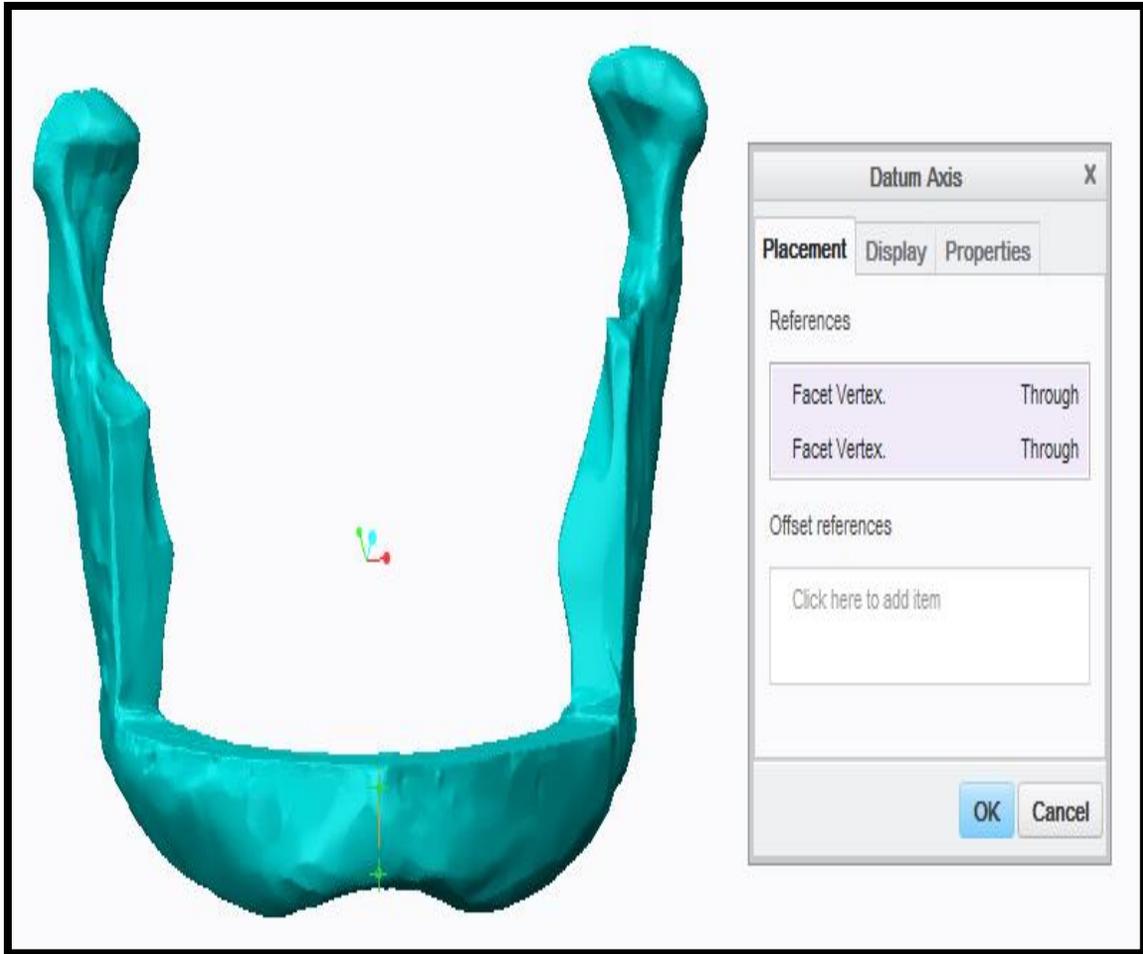


Figura 125: Función Datum para la creación de axis

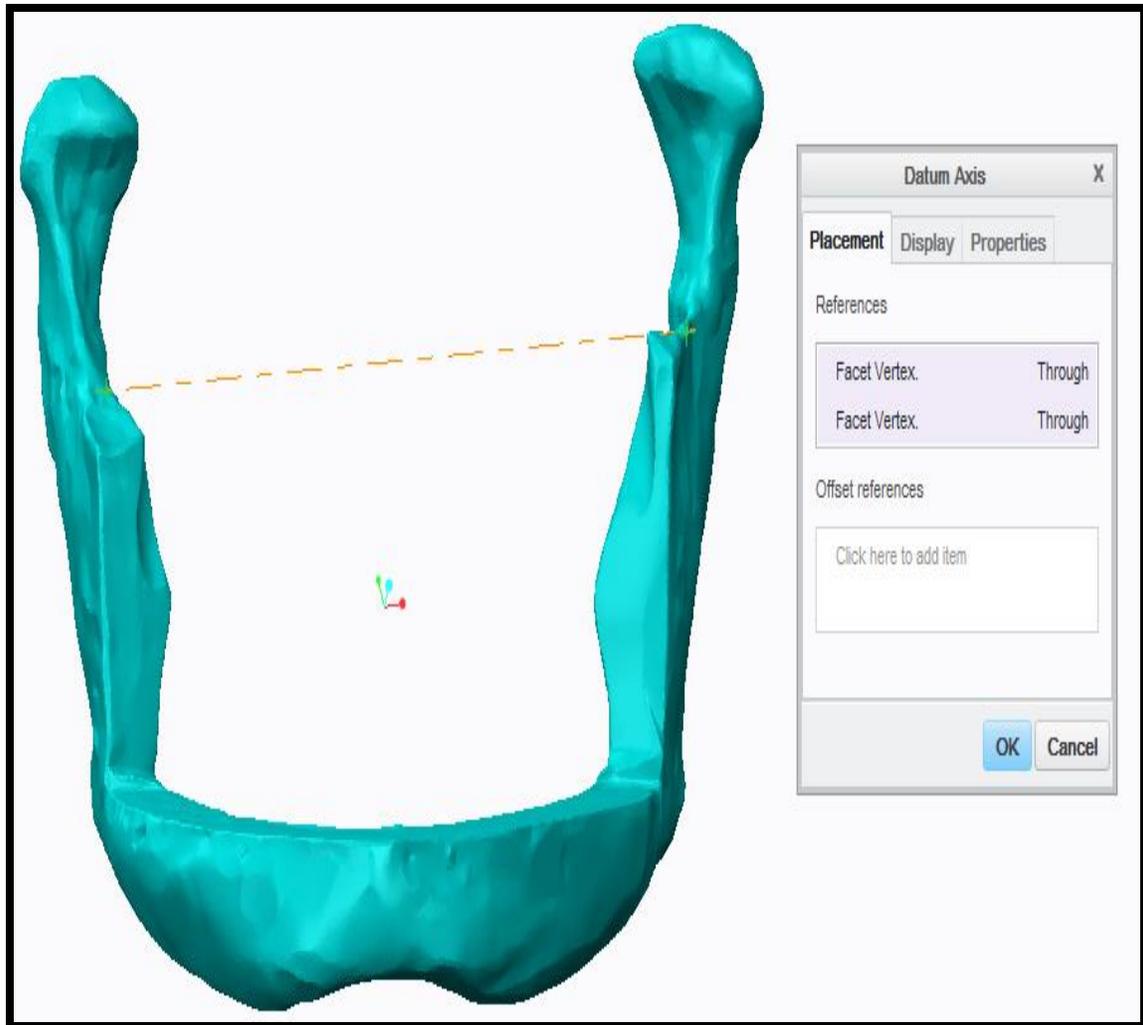


Figura 126: Muestra de un axis

Al tener los dos "axis" el siguiente paso es la creación de un sistema coordenado, la operación para hacer este elemento se encuentra en la misma sección que "axis" y lleva el nombre "coordinate system", se seleccionará esta operación al igual que "axis" al hacer esto se desplegará un recuadro que lleva el mismo nombre que de la operación este nos pedirá dos referencia el primer "axis" que se seleccionara será el que este en la parte superior y seguidamente el que está en la parte inferior .Como se muestra en la siguiente imagen:

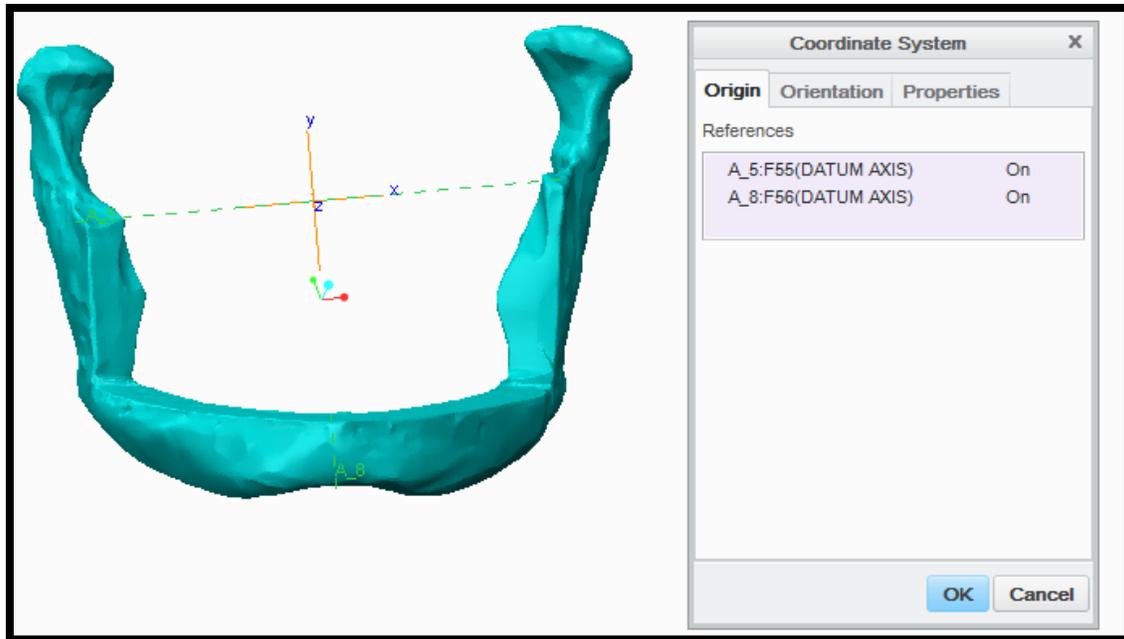


Figura 127: Generación del coordinate system

Ahora se selecciona “plane” y tomaremos el sistema coordinado, con esto se generara el plano lateral .Como se muestra en la siguiente figura:

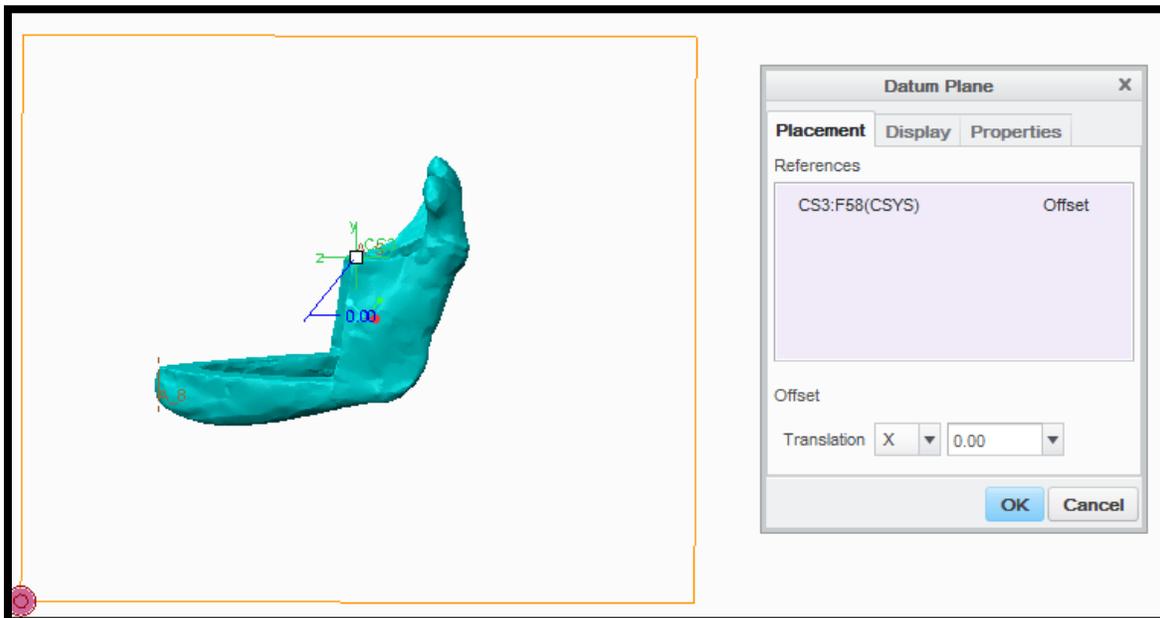


Figura 128 : Generación del plano lateral

- Frontal: para la generación de este plano se utilizaran “axis” como se realizaron en la operación anterior, crear otro sistema coordinado, con el mismo orden de selección, en el cuadro donde se piden las

referencia se selecciona la opción de “orientación” en esta se cambiará la orientación de x por z .Como se muestra en la siguiente imagen:

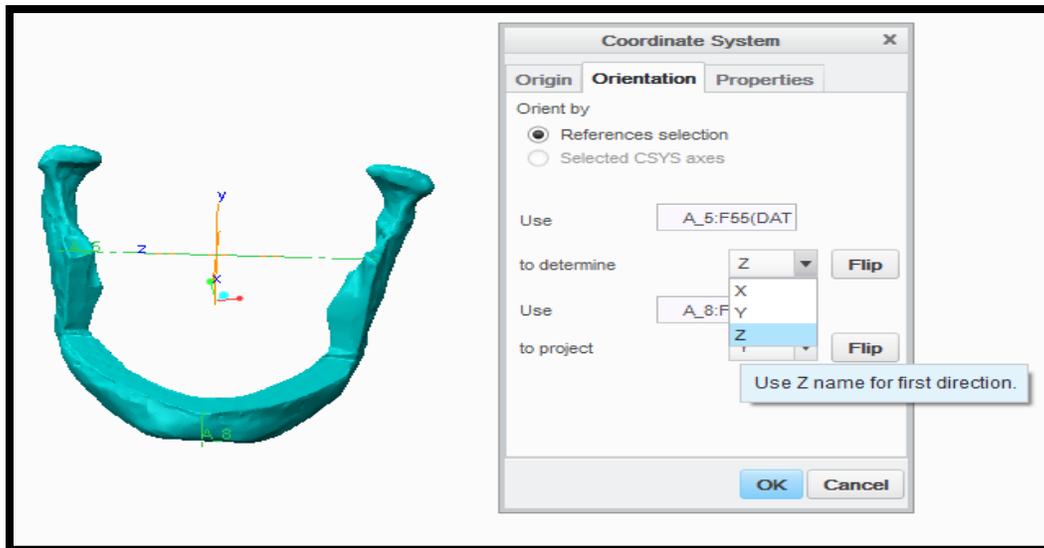
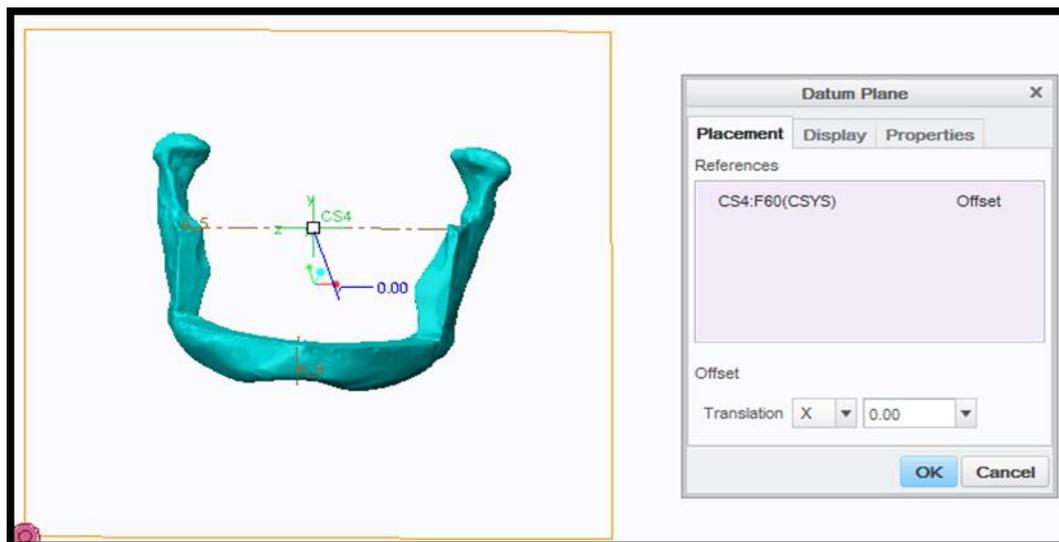


Figura 129: Cambio de la orientación en el coordinate system

Ahora con el nuevo sistema coordenado, selecciona “plane” y se escoge como referencia el nuevo sistema coordenado para generar el plano Frontal .Como se muestra en la siguiente figura:



2. Posteriormente al tener los planos se realizaran los “sketch” la cantidad de estos serán cuatro en total, la distribución será de la siguiente forma:

- Dos “sketch” en el plano lateral, cada uno de estos serán operaciones independientes, es decir se realizará la operación de sketch dos veces.
- Dos “sketch” en el plano superior como en el punto anterior serán operaciones independientes.

Sketch del plano lateral

- El primer “sketch” que se realizará tomara el contorno del modelo, para este proceso se utilizarán las herramientas que aparecen en “sketch”, las herramientas que utilizaremos serán “arc” y “line” al utilizar estas operaciones el resultado será como se muestra en la siguiente figura :

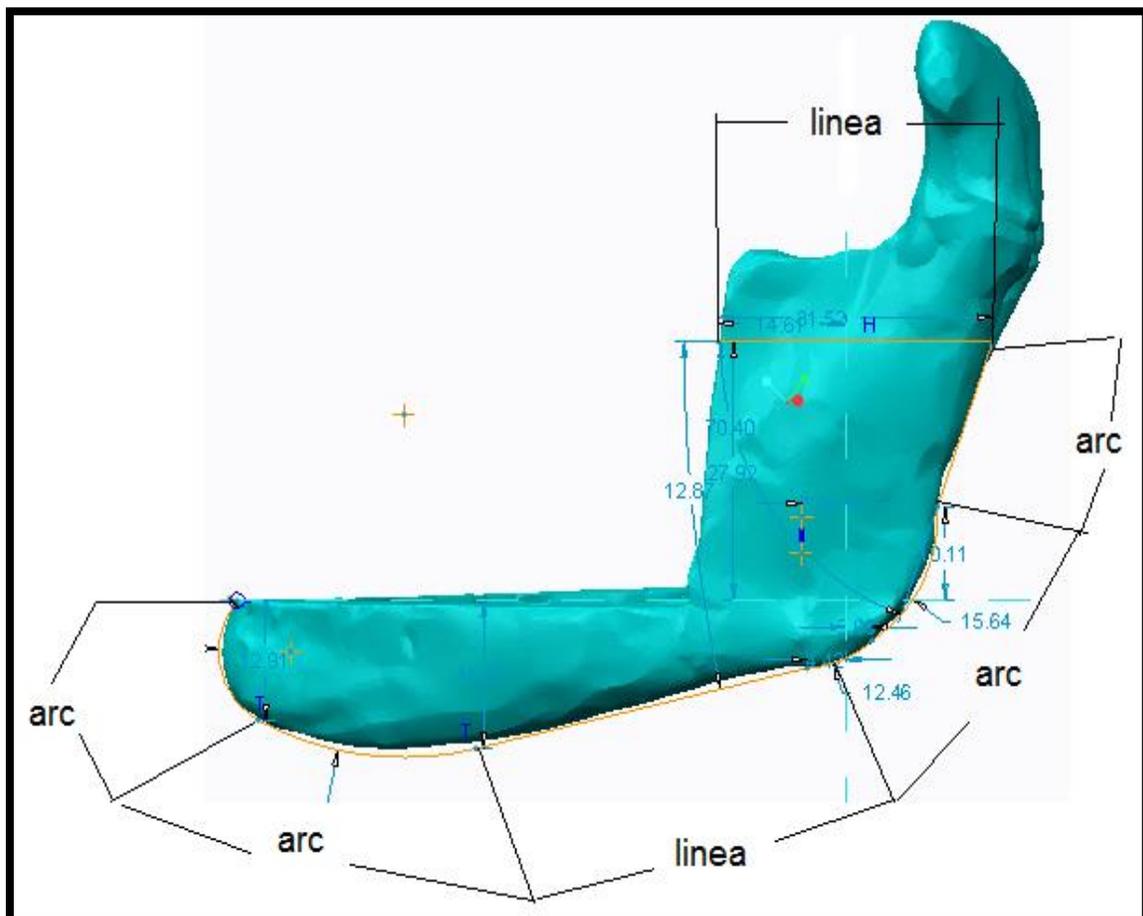


Figura 130: Generación del primer sketch en el plano lateral

-
- El segundo “sketch” se realizará en la zona con forma de L mayúscula invertida, en este segundo sketch solo se utilizara líneas .Como se muestra en la siguiente figura:

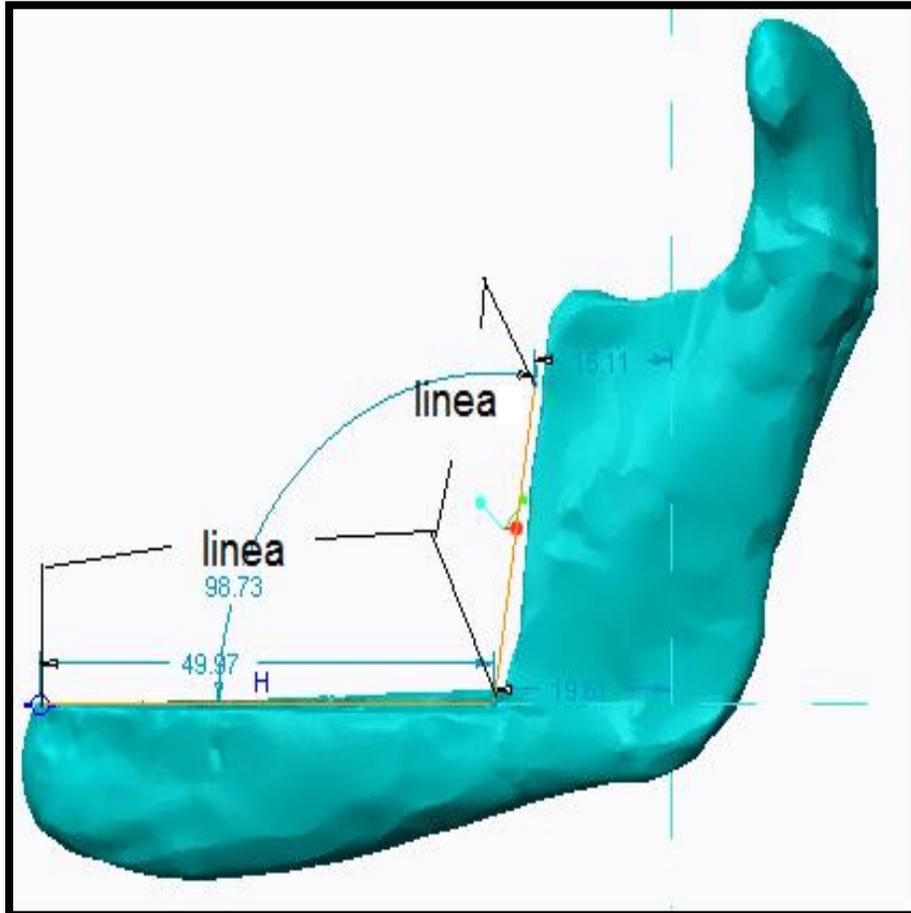


Figura 131: Generación del segundo sketch en el plano lateral

Sketch plano superior

- En el primer “sketch” del plano superior se realizará en la zona externa de la pieza que tiene la forma de U para realizar este “sketch solo se utilizara “conic” que se ubica en “sketching” al seleccionar “arc” se desplegara una serie de opciones que se ubica al final de las opción, al seleccionarla el primer punto donde se ubicara la operación “conic” es la parte derecha exterior y posteriormente en la izquierda exterior, al tener los dos puntos de referencia el elemento resultante se estirara hacia la

parte interior para que tome la figura de U. Como se muestra en la siguiente imagen:

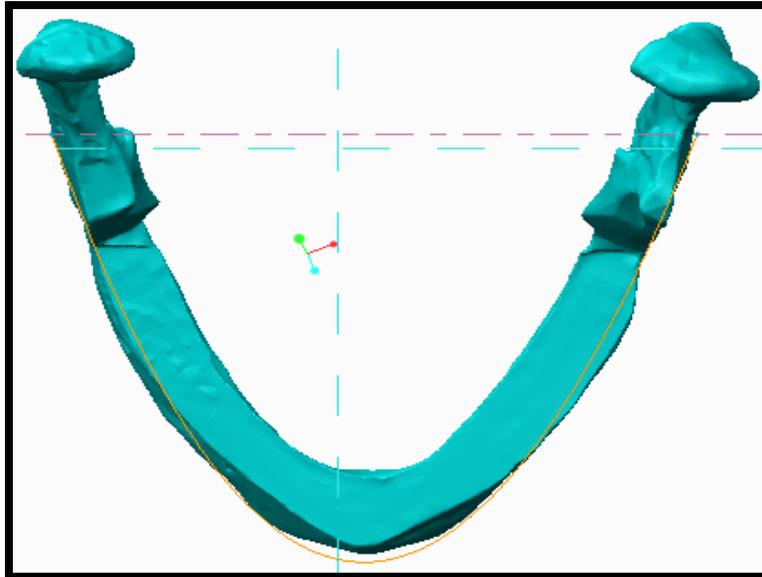


Figura 132: Generación del primer sketch en el plano superior

- En el caso de “sketch” exterior se realiza de la misma manera que el anterior, solo los puntos de referencia se colocan en la parte interna de la figura y se repite la misma operación, el resultado de esto se muestra en la siguiente figura:

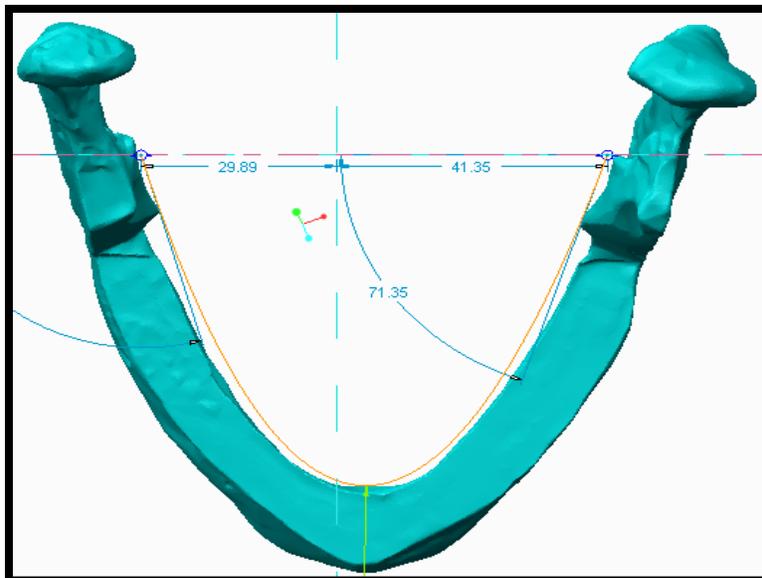


Figura 133 Generación del segundo sketch en el plano superior

-
3. Al tener los cuatro “sketch” la siguiente operación que se debe hacer es la extrusión de estos, pero de forma independiente, cada uno dará el resultado final de la operación “extrude”. Como se presentan la siguiente figura:

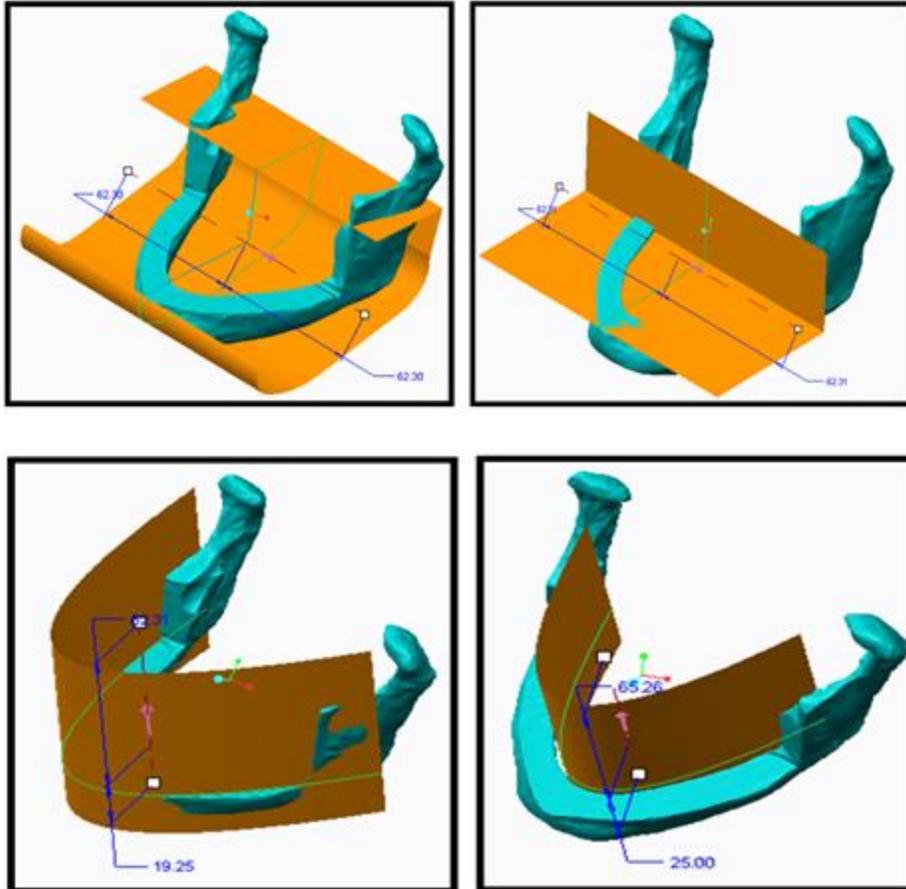


Figura 134: Generación de extrusiones

4. Las extrusiones deben abarcar una sección mayor que el área del “sketch”, si al momento de la extrusión se observa que falta tocar una parte del modelo, lo que se debe hacer es seleccionar un vértice de la extrusión, esta parte se tornara de color verde, al tomar este color se activara una operación de nombre “extend” ubicada en el apartado de “editing” se selecciona la opción “extend” aparecerá una malla cuadriculada de color naranja de la extrusión, en la parte inferior tendrá un cuadrado blanco el cual permite aumentar o disminuir el área como se muestra en la siguiente figura:

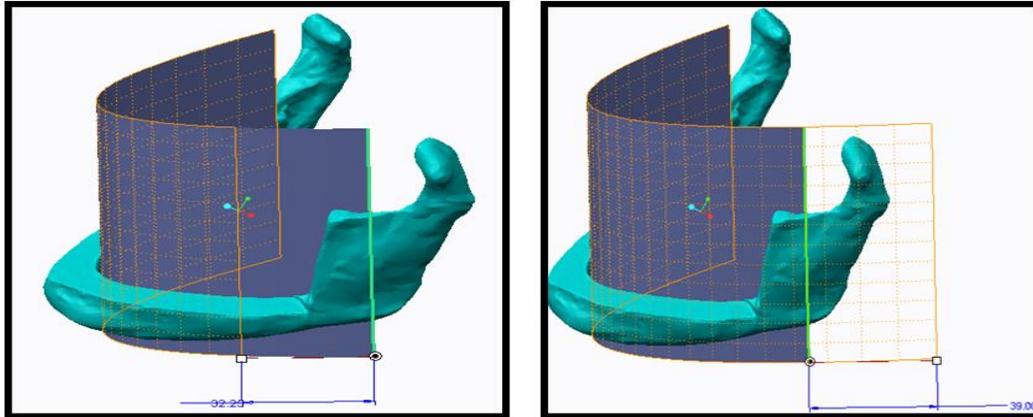


Figura 135: Utilización de la función extend

Se selecciona el símbolo verde para aceptar el cambio, este proceso se realizará en las zonas de la pieza que no tiene contacto con la extrusión, al término de cada “extend” los modelos finales quedan de la siguiente forma como se representan en la figura:

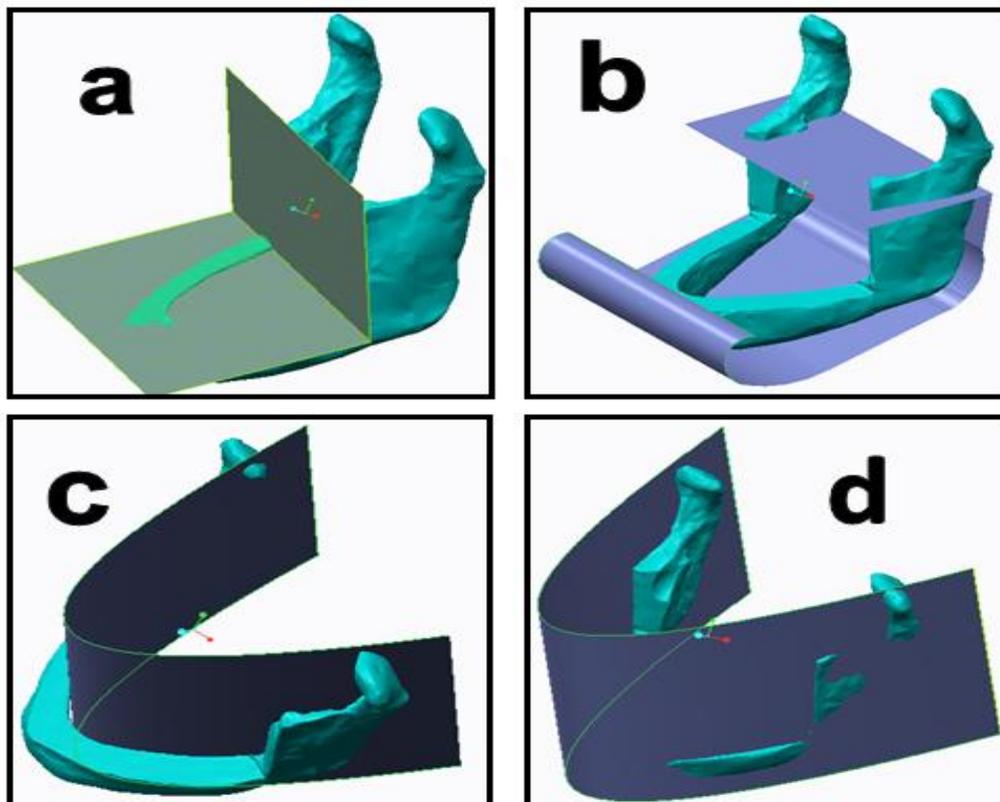


Figura 136: Modelos finales después de la utilización de la función extend

5. Al tener ya las extrusiones el siguiente paso es hacer los "marges" de estas extrusiones, en total de "merges" serán tres los cuales son los siguientes:

- El primer "merge": será con los "marges" b y c de la figura anterior, el orden de este "merge" será primero el b seguido del c, el resultado final será como se presenta en las siguientes figuras:

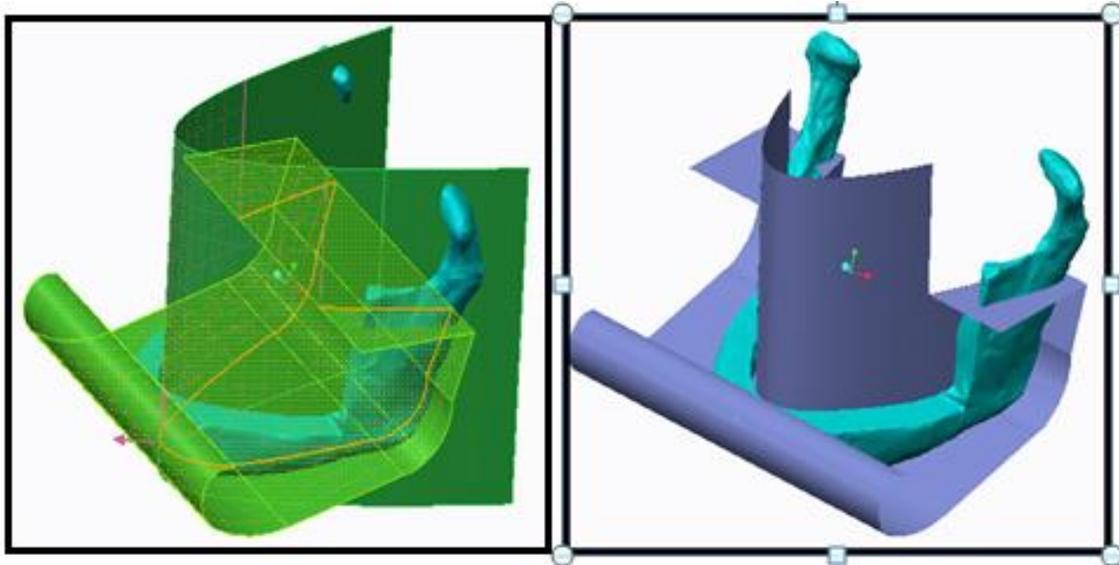


Figura 137: Combinación de los merges y generación del resultado

- Segundo "merge": será la combinación de las extrusiones a y del primer elemento que se debe seleccionar es la extrusión a y posteriormente la d ; el resultado de esta combinación se muestra en la siguiente figura:

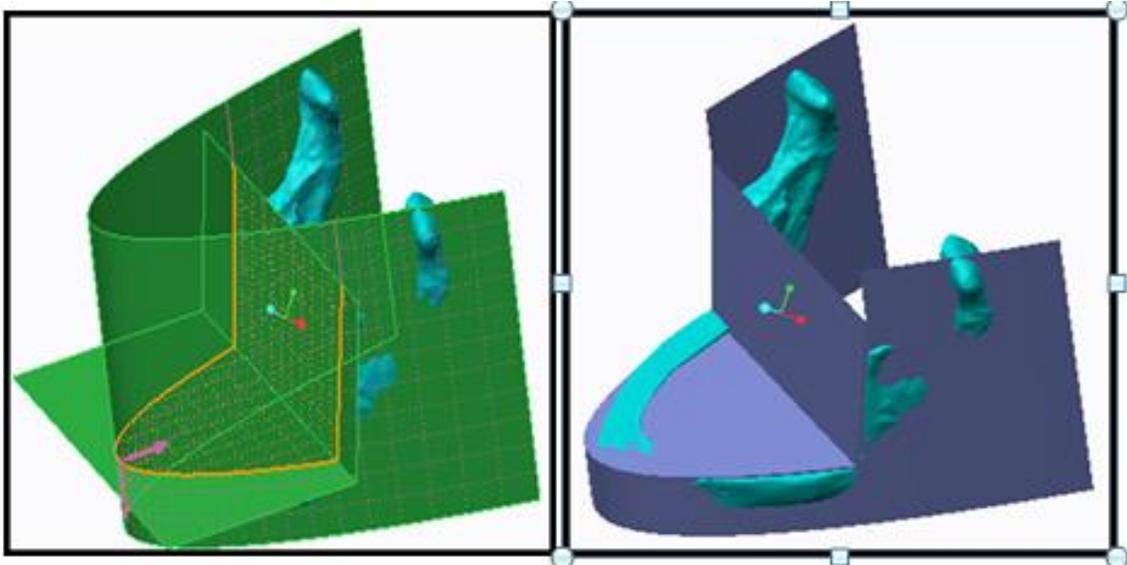


Figura 138: Se repite el mismo procedimiento que en la figura 137

- El ultimo “merge”: dentro de este paso será la combinación de los anteriores 2, el primer elemento que se debe seleccionar es el “merge” de la combinación bc, seguido del “merge” de la combinación ad, el resultado de esta combinación se muestra en las siguientes figuras :

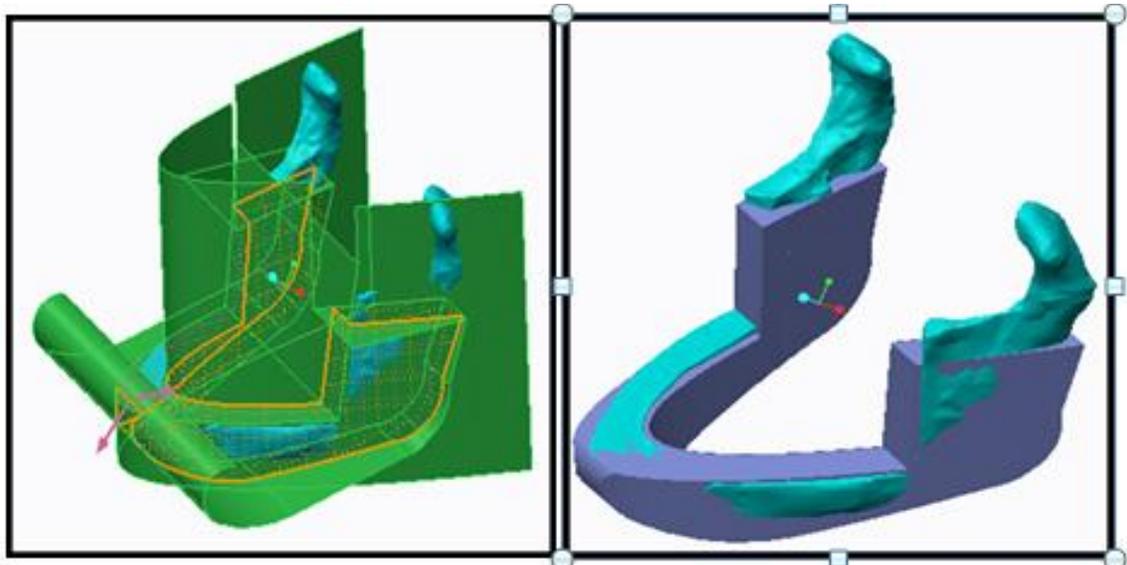


Figura 139: Generación del merge de la combinación de los resultados de las figuras 137 y 138

6. El siguiente paso es crear los parches de los cóndilos, para realizar esta operación se selecciona la opción “restyle” esta operación se inicia creando la curva, posteriormente se selecciona “auto surface” como se muestran en el

método 1 y 2 para crear los parches en la hembra, este mismo procedimiento se realizará dos veces, uno por cóndilo; para completar la creación de los parches, el producto de esta operación se muestra en la siguiente figura:



Figura 140: Generación de los restyle de los cóndilos

Al tener los cóndilos se realizará dos operaciones en el plano lateral, para cerrar los modelos, el cual consiste en crear un línea que toque a un cóndilo, esta línea posteriormente se le hará un extrusión y a su vez un “merge” este resultado se hará en el otro cóndilo, el resultado final se muestra en la siguiente figura:

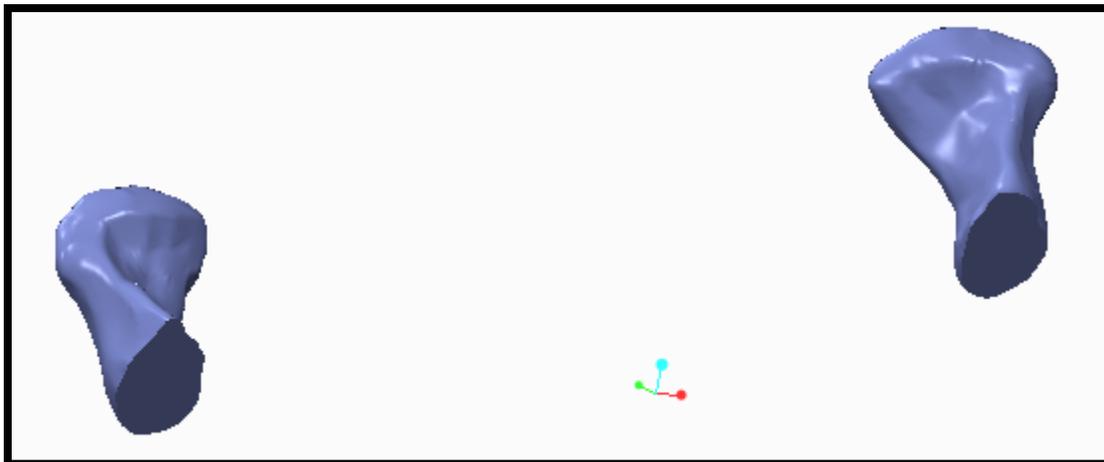


Figura 141: creación de los modelos herméticos de los condilos

7. Una vez obteniendo el modelo de los cóndilos y el modelo de la mandíbula, se unirán estas dos partes, se utilizara la opción “boundary blend” ubicada en el

apartado de “surfaces”, para utilizar esta función se realizaran los siguientes paso:

- Primero: seleccionar “sketch” al hacerlo seleccionado la parte superior derecha o izquierda de la mandíbula, se seleccionara la opción “ellipse” con esta podremos crear un elipse en la parte sección donde se seleccionó para crear el “sketch” este procedimiento se realiza también en la otro lado contrario, según sea el caso, como se muestra en las siguientes imágenes:

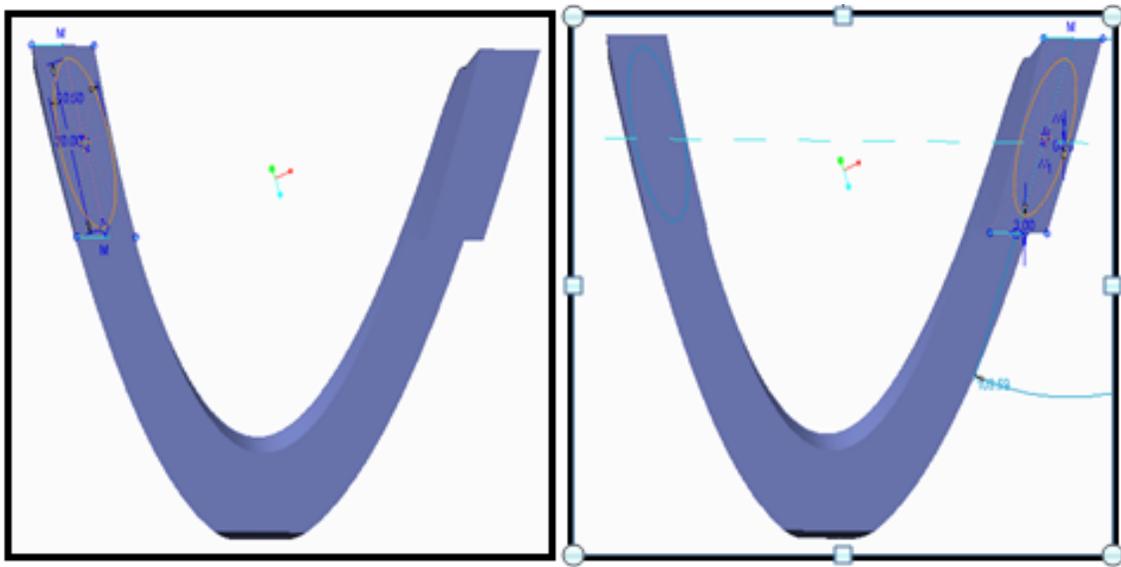


Figura 142: Utilización de la función ecllipse

- Este mismo proceso se debe realizar en los cóndilos, al seleccionar “sketch” y posteriormente seleccionar la parte inferior de estos, con la diferencia que se debe utilizar la opción “project” que se ubica en “sketching” , esta crea una silueta alrededor de la pieza, este proceso se realiza en los cóndilos, el resultado de esta operación se muestra en la figura 143 :

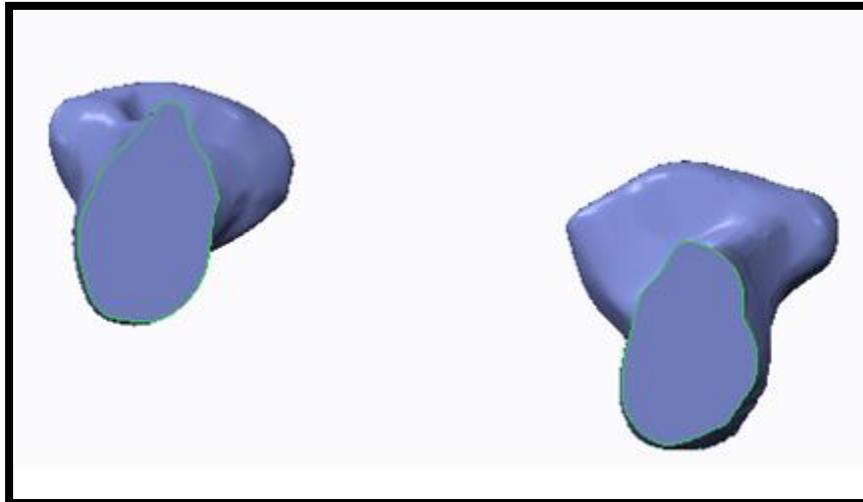


Figura 143: Utilización de la función project

- Al tener los nuevos “sketch” se utilizara la opción “boundary blend”, se seleccionara el “sketch” del cóndilo derecho, seguido con el “sketch” del mismo lado, que se ubica en la parte superior de la mandíbula, al hacerlo se generará una superficie que conecta la parte superior con la parte inferior .Como se muestra en la figura 144 :

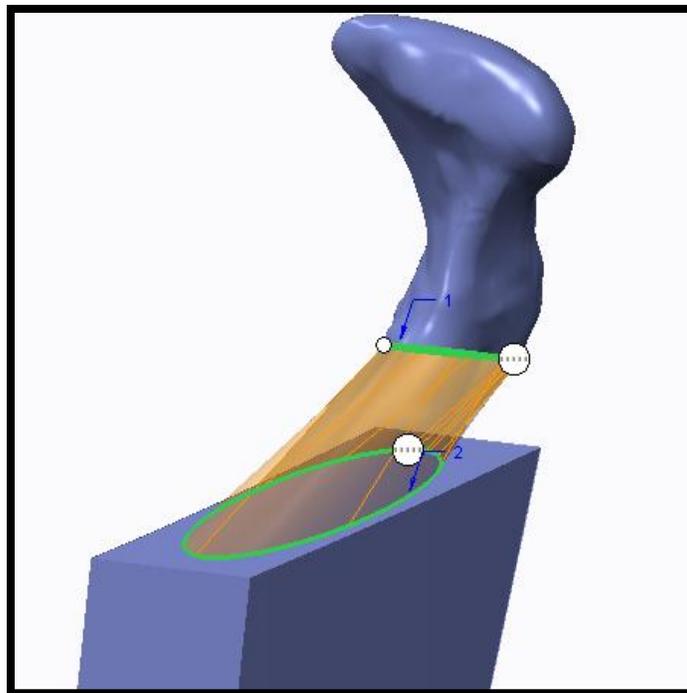


Figura 144: Utilización de la función “boundary blend”

-
- Al momento de seleccionar los “sketch”, se debe de tener cuidado ya que si se escoge en una zona contraria al otro “sketch” puede generar una torcedura al resultado, para corregir esto aparece un circulo blanco el cual corrige este resultado, en el caso que salga mal .Como se muestra en la siguiente imagen:

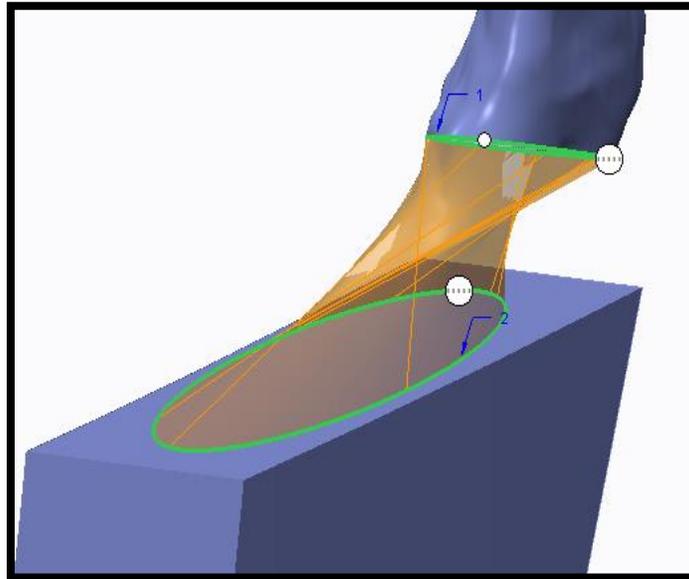


Figura 145: Verificación de la orientación de la función boundary blend

- Este proceso se debe realizar también con el lado faltante,pero cabe mencionar que este elemento creado por “boundary blend” está abierto .Como se muestra en la figura 146:

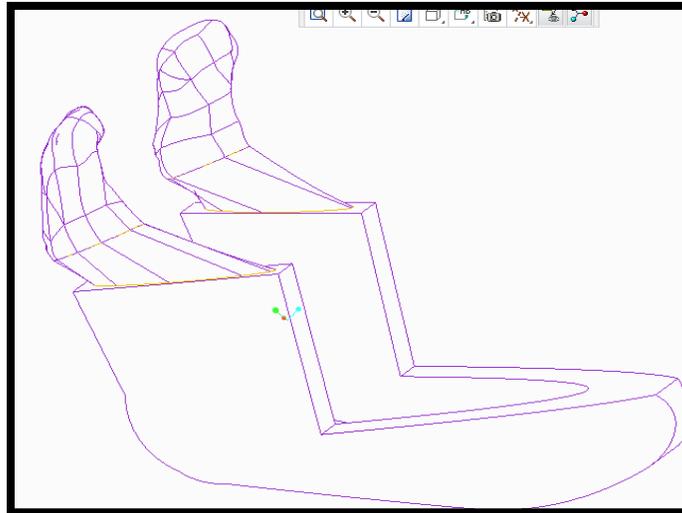


Figura 146: Verificación si el modelo está completamente hermetico

Para cerrar este elemento se realizaran cuatro “merges” los cuales son:

- Los primeros dos “merges” son para unir los cóndilos con el “boundary”, el primer elemento que se debe escoger son los cóndilos, seguido del “boundary”. Como se muestra en las siguientes figuras:

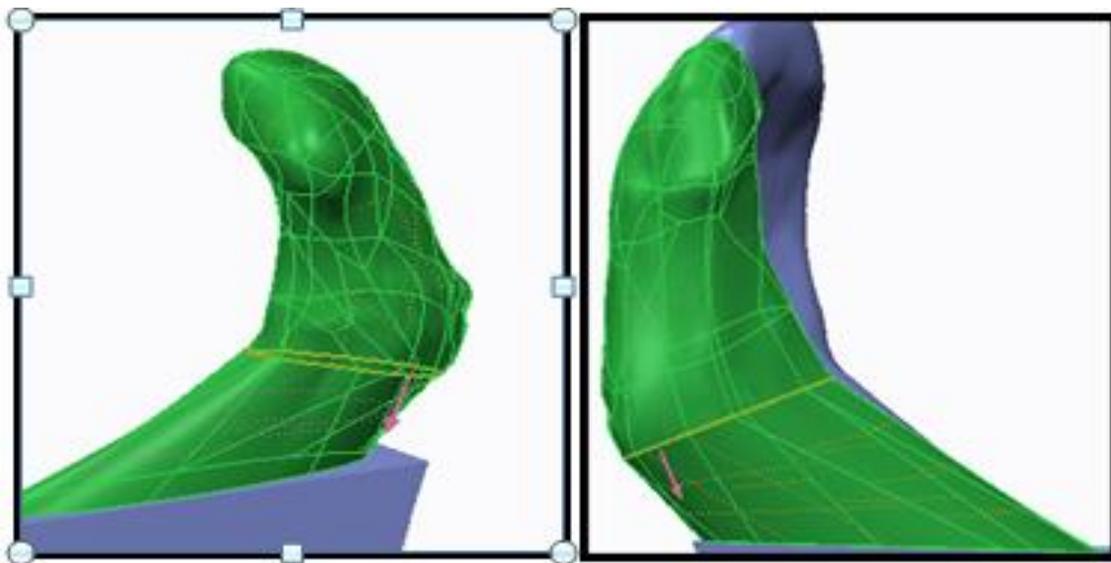


Figura 147: Combinación de un merge de los condilos con la función boundary

- El tercer “merge” es la combinación de uno de los dos “merges” anteriores, se escogió el “merge” del cóndilo izquierdo, para unirlo

con el “merge” de la mandíbula, el orden para iniciar la operación del “merge” es primero escoger el “merge” del cóndilo seguido de la mandíbula .Como se muestra en la siguiente figura:

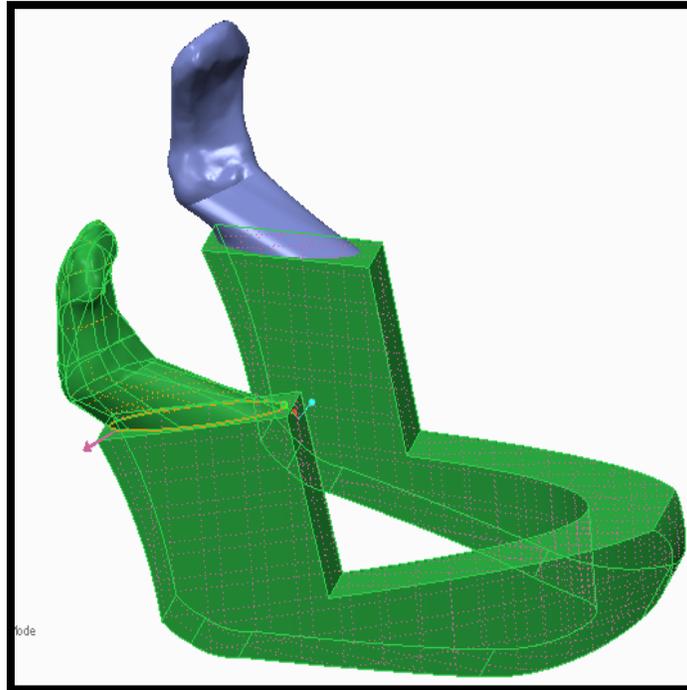


Figura 148: Combinación total de las operaciones

- Por último se selecciona el “merge” del cóndilo derecho junto con el “merge” del paso anterior, el primer elemento que se debe seleccionar es el cóndilo derecho y posteriormente el “merge” del paso anterior, con este último “merge” el modelo está totalmente hermético como se muestra en las siguientes figuras:

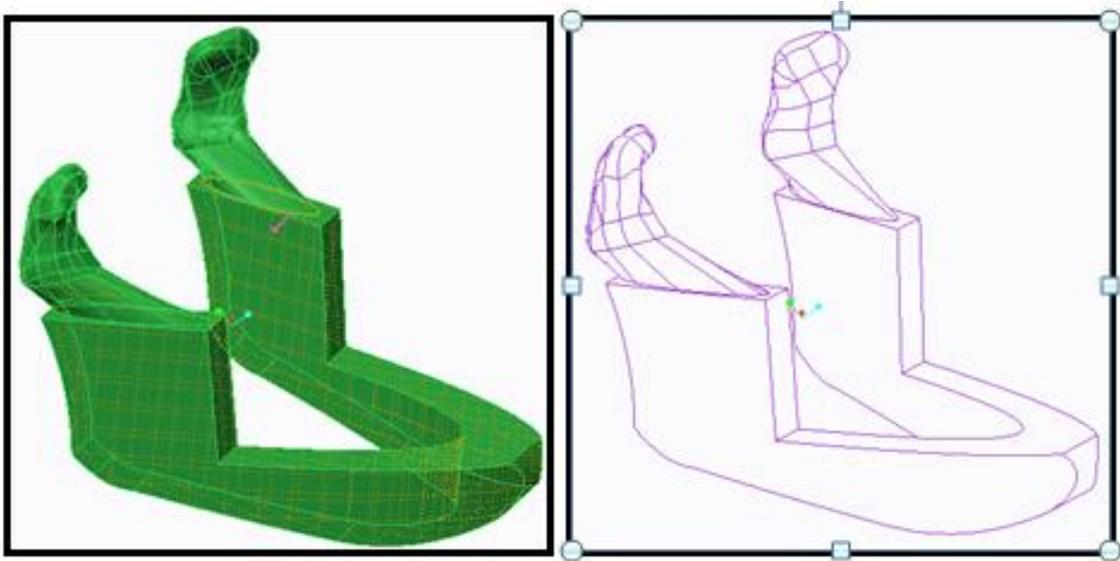


Figura 149: Modelo totalmente hermético

- Finalmente el modelo se puede solidificar, para esto nos dirigimos a “solidify” para genera la solidificación del modelo como se muestra en las siguientes figuras:

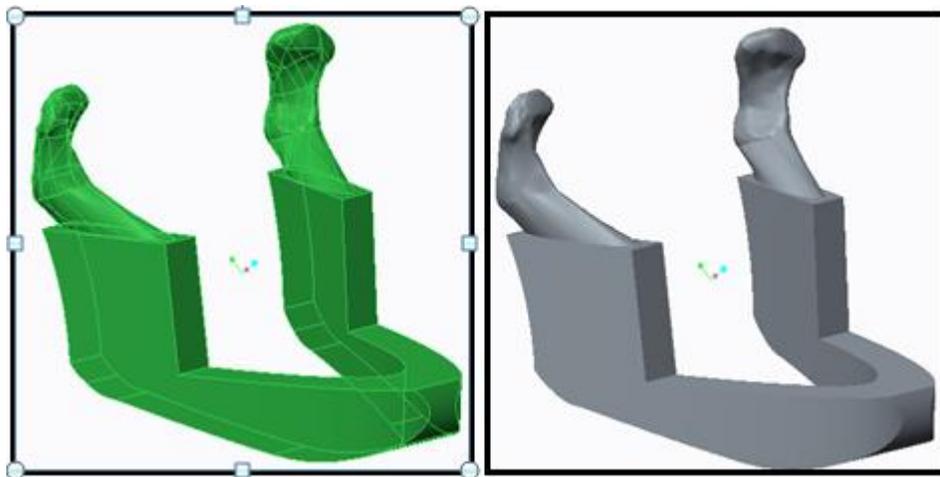


Figura 150: Solidificación del modelo

- El modelo de los cóndilos ya está terminado, este paso es opcional si se quiere dar una mejor apariencia al modelo se utilizara la opción “round”, que se ubica en la sección de nombre “engineering”, esta opción de nos permite dar redondeos a la pieza, se sugiere que solo se haga en la las zonas recta de la sección de la mandíbula, este proceso se puede hacer

individualmente o seleccionado varias partes, cabe mencionar que cuando se selecciona esta opción aparece un diámetro para los redondeos, se debe probar varios valores para conocer cuál es el máximo valor que se pueda ingresar, lo más recomendable es colocar uno de menor valor para que no afecte otras operaciones de “round”, en pocas palabras este último paso es de prueba y error, en la siguiente imagen se muestra la interface de la opción round;

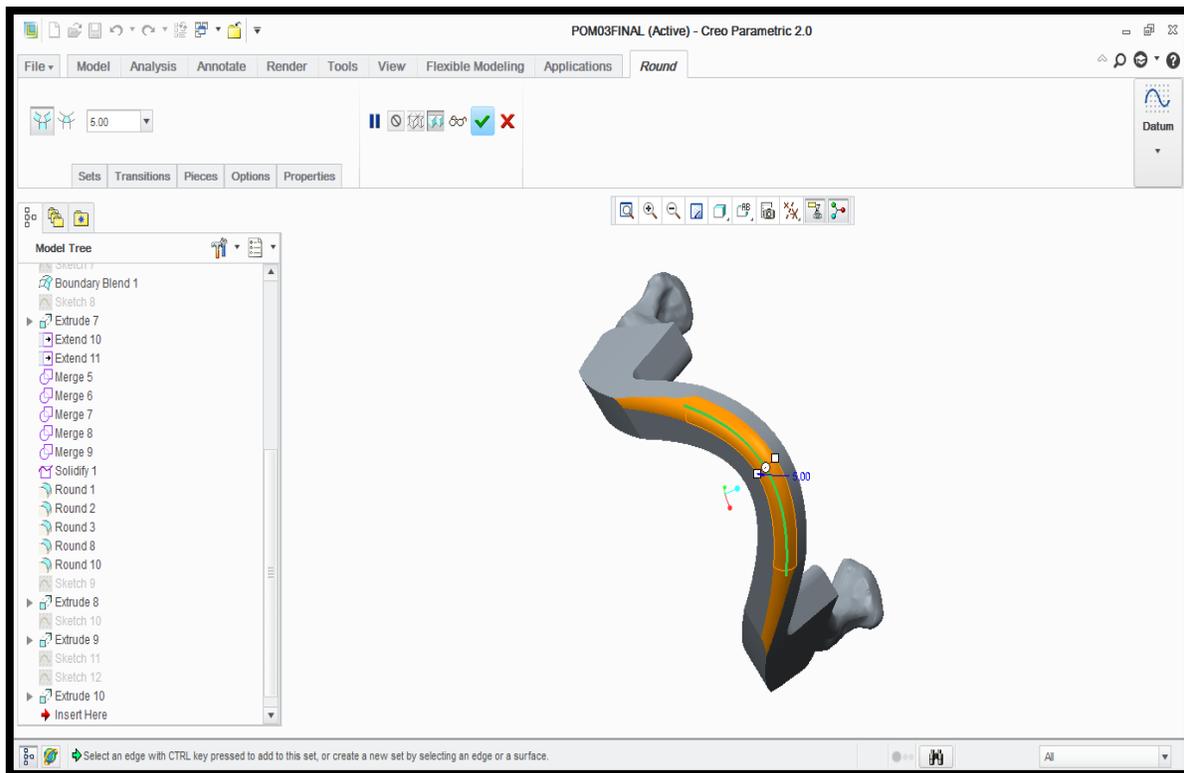


Figura 151: Utilización de la función round

Al finalizar los “rounds” en el modelo el resultado final se muestra en la siguiente figura:

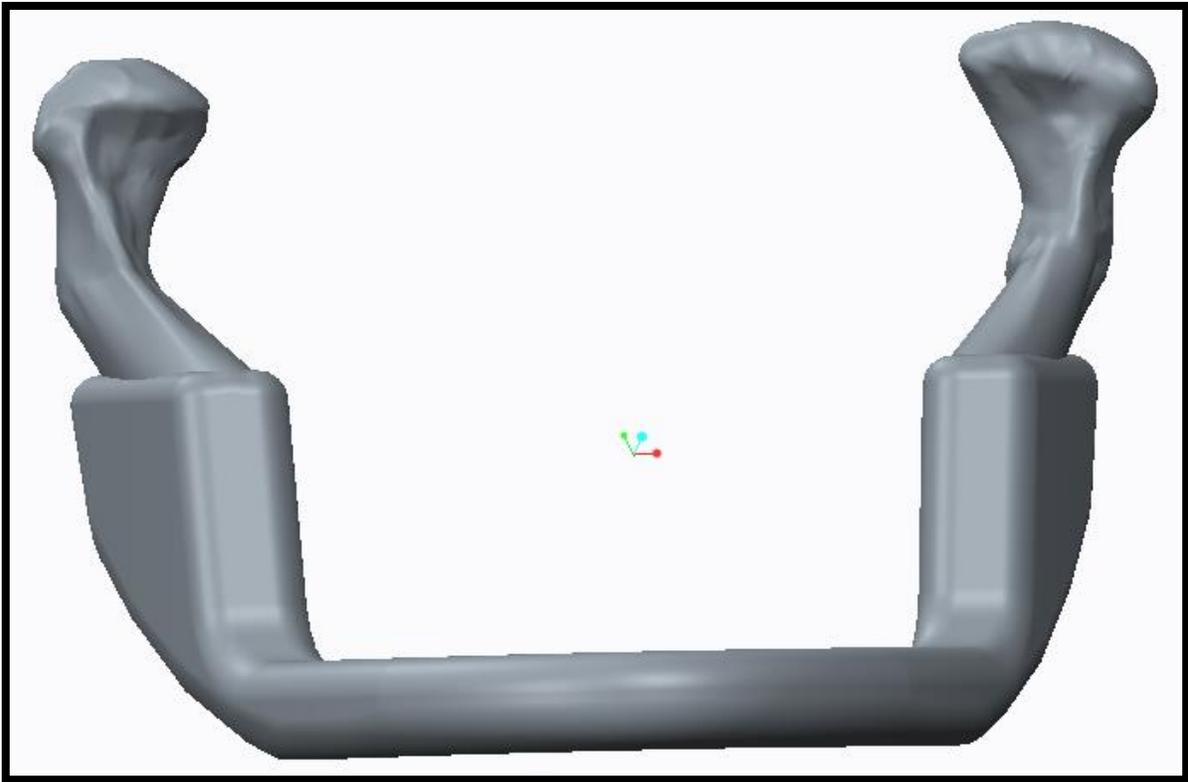


Figura 152: Modelo final de los cóndilos

*Todas las figuras que aparecen en este capítulo hasta la conclusión del mismo son fuente propia de los autores de esta tesis.

CAPITULO IV

ANALISIS DE

RESULTADOS

4) ANALISIS DE RESULTADOS

Una vez terminado el proyecto que dio pie a la realización de esta tesis, y considerando la hipótesis planteada al inicio: Es posible desarrollar un modelo anatómico a partir de la ingeniería inversa. Así como el objetivo general: Rediseñar mediante ingeniería inversa partes anatómicas para un articulador dental en conjunto con la organización CGT Consultoría del Valle, S.C., con base en equipo de escaneo y con el empleo de su propio software, para la generación de piezas anatómicas del cuerpo humano a las cuales se les aplicará ingeniería inversa con el software del diseño y la biomecánica aplicable, con el fin de mejorar el tratamiento odontológico. Y los específicos:

1. Escanear piezas del articulador dental con origen anatómico humano
2. Desarrollar la ingeniería inversa a las piezas escaneadas para su mejoramiento
3. Desarrollar el prototipo en impresiones 3D para determinar las variables de ingeniería.

Los resultados obtenidos son:

- En primera instancia con la hipótesis, únicamente es posible desarrollar un modelo anatómico humano a partir de ingeniería inversa, con la interrogativa si este da como resultado un modelo funcional aplicable para un articulador dental, ya que el tiempo estimado para su realización no fue suficiente, ya que el tiempo utilizado solo fue durante el periodo de prácticas profesionales (aproximadamente cuatro meses), esto impidió que se llegara al resultado pretendido y dejando hasta aquí este trabajo para su posible continuidad.
- En segundo término el objetivo general fue concluido al 100%, es decir se llevó a cabo el escaneo de las piezas anatómicas humanas, así como también, la aplicación de ingeniería inversa de las mismas deseado.
- En tercer lugar se obtuvo un modelo 3D capas de ser reformable para su uso para un trabajo futuro como se muestran en la figura 123 y152.

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

Al término de esta tesis podemos concluir que el aprendizaje obtenido durante su realización debido a:

- Se adquirió conocimiento sobre el manejo del escáner en 3D (ATOS), desde su preparación para su uso (hardware), así como de su software de manejo.
- Los modelos generados por el escáner ATOS permiten la visualización de las piezas viendo en estos detalles que al ojo humano no vería con facilidad así detectar defectos en la pieza.
- Se conoció que el modelo tridimensional generado por el software de ATOS no se puede modificar ya que este modelo no se considera sólido y a su vez por esta característica impide que se modifique.
- En el trascurso del proyecto se adquirió conocimiento sobre ingeniería inversa en el programa Creo Parametric2.0, así como conocimiento en la generación de ingeniería inversa a modelos con una geometría irregular y de gran complejidad, como lo son partes anatómicas humanas.
- Al momento de trabajar con el programa Creo Parametric2.0 se debe considerar el salvar el trabajo en lazos continuos y avances significativos y evitar periodos largos de tiempo sin salvar debido a la gran información que se maneja puede ocasionar en el programa que se cierre o se pierda el trabajo.
- Se aprendió a buscar diferentes fuentes de solución a problemas específicos y ver de diferentes perspectivas un problema.
- Al desarrollar esta tesis, se generó una satisfacción por todo lo que se logró alcanzar pero dejando este trabajo para su continuación en un futuro .

REFERENCIAS

Referencias

- 3D CAD Portal. (2016). Recuperado el 22 de mayo de 2016, de <http://www.3dcadportal.com/rapidform-xos-scan.html>
- Acosta, D. A. (2013). *USO DE LA INGENIERÍA INVERSA COMO METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA EN LA FORMACIÓN PARA LA INNOVACIÓN*. Bogota: World Engineering Education Forum.
- Ameneyro, L. (2004). *Colección de Tesis Digitales Universidad de las Américas Puebla*. Recuperado el 24 de octubre de 2015, de http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lis/lopez_a_aa/capitulo_4.html
- Articuladores dentales. (2014). *Altatecnicaldental*, 204.
- Articulador de bisagra simple. (2007). *Alta técnica dental*, 208.
- Articuladores semi ajustables. (2007). *Alta técnica dental*, 208.
- Articuladores totalmente ajustables. (2007). *Alta técnica dental*, 208.
- AsorCad Reverse Engineering Experts. (s.f.). Recuperado el 3 de marzo de 2016, de <http://www.asorcad.es/material-3d/escaneres-3d-profesionales-creaform-y-geomagic-de-asorcad#>
- Báez, A. (11 de Noviembre de 2011). *REDOE*. (ASH MA, RAMFJORD SP) Recuperado el 14 de Julio de 2015, de <http://www.redoe.com/ver.php?id=117>
- Becerra, M. (s.f.). *CLINICA DENTAL SEOANE PAMPIN*. Recuperado el 23 de noviembre de 2015, de <http://madriddental.es/sistema-cad-cam/>
- Bellelli, D. (2008). *Control y correccion de maquinas de medir en tres coordenadas (MMC) maquinas-herramientas (MH)*. Cordoba.
- Belmonte, I. S. (2001). Estudio del triángulo de Bonwill y su aplicación a los articuladores semiajustables. *Revista europea de odonto-estomatología*, 13(3), 123-130.
- Borja. (1999). *Redesign Supported By Data Models with Particular Reference to reverse Engineering*.
- Bueno, R. M. (diciembre de 2011). *INDUSTRIALES ESTII UPM*. Obtenido de <http://faii.etsii.upm.es/dfaii/Docencia/Libre%20eleccion/Material%20Docente%20Libre%20Eleccion/Introduccion%20a%20la%20Metrologia/TEMA%209.%20M%C3%A1quinas%20medidoras%20por%20coordenadas.pdf>
- Bueno, R. M. (2011). *Introduccion a la Metrologia*.
- CADAVSHMEIP CAD CAM CAE E INGENIERIA INVERSA. (s.f.). Recuperado el 12 de febrero de 2016, de www.cadavshmeip.com/servicios/ingenieria-inversa/?gclid=CMH44tLNyssCFQyHaQod_DYBGA

-
- Cavero, J. (s.f.). *ResearchGate*. Recuperado el 28 de septiembre de 2015, de https://www.researchgate.net/publication/39390005_Uso_de_un_escaner_3D_para_aplicaciones_en_ingenieria_de_riegos
- Dassault Systèmes. (2014).
- Escaner e Impresión 3D*. (12 de mayo de 2016). Obtenido de <http://sabia.tic.udc.es/gc/Contenidos%20adicionales/trabajos/Hardware/scanner3D/Esca-ner3D.html>
- Espada, O. F. (s.f.). *ORTODONCIA, WS*. Recuperado el 16 de enero de 2016, de <https://www.ortodoncia.ws/publicaciones/2014/pdf/art14.pdf>
- FARO. (s.f.). Recuperado el 12 de agosto de 2015, de <http://www.faro.com/es-es/sistemas-de-medicion/resumen-de-aplicaciones/ingenieria-inversa>
- Fernandez, A. M. (2015). *Desarrollo de prótesis ortopédicas personalizadas mediante tecnologías láser escàner·D*. Madrid.
- Fernandèz, A. M. (2015). *Desarrollo de prótesis ortopédicas perzonalizadas mediante tecnologias lasèr escàner 3D*. Madrid.
- Highsmith, J. L. (1985). Filosofía de la oclusión dentaria. *Revista Espanola de Estomatologia*, 1(34), 19-25.
- Intrinsys Intelligent Engeenering*. (2015). Obtenido de <http://www.intrinsys.com/engineering>
- Intrinsys. (s.f.). *Intrinsys intelligent engineering*. Recuperado el 11 de mayo de 2016, de <http://www.intrinsys.com/software/catia>
- Jiménez, J. L. (abril de 2013). Metrología 3D:Exactitud de 30.000 puntos de información. *METAL ACTUAL*, 124.
- Llompart, J. R. (1991). *Tratamiento del desdentado total*. Madrid: BNE.
- López, E. J. (2010). LA INGENIERÍA INVERSA COMO METODOLOGÍA PARA POTENCIA LA ENSEÑANZA DE LA METROLOGÍA. *Simposio de Metrología*, 8.
- odo.unc.edu.ar*. (3 de junio de 2014). Recuperado el 20 de marzo de 2016, de <http://www.odo.unc.edu.ar/documentos/catedras/occlusion/Unidad7.pdf>
- Oyagüe, R. C. (23 de abril de 2009). *Ganceta Dental*. Recuperado el 14 de julio de 2015, de <http://www.gacetadental.com/2009/04/el-articulador-semiajustable-31041/>
- Parametric, C. (febrero de 2013). *Creo Parametric*. Recuperado el 13 de abril de 2016, de <http://www.creoparametric.com/>
- Patel, A. (19 de junio de 2014). *Intrinsys intelligent engineering*. Recuperado el 10 de mayo de 2016, de <http://www.intrinsys.com/blog/what-is-catia>
- Pèrez, L. F. (2011). *Adquisicion de informacion de profundidad mediante la tecnica " Structured Light, Three Phase-Shift"*. Madril.

Piedrahita, Romero. (2012). Ingeniería inversa de un reductor de tornillo sinfín - corona. *Scientia Et Technica*, 204-210.

Propdental. (2013). *Propdental*. Recuperado el 12 de abril de 2016, de <https://www.propdental.es/cad-cam-dental/>

PTC. (enero de 2016). *Creo Parametric PTC*. Recuperado el 12 de abril de 2016, de <http://www.ptc.com/cad/creo/parametric>

Quezada, Montoya. N. (2013). *DISEÑO MECÁNICO ALGUNAS CONSIDERACIONES SOBRE LA INTEGRACIÓN DE LA INGENIERÍA INVERSA, EL CAD Y LOS PROTOTIPOS RÁPIDOS*. Distrito Federal: Universidad Nacional Autónoma De México.

Raúl, E. d. (2012). La Guarda Oclusal Gnatológica, odontología actual. *Revista odontología actual*, 1-4.

Sardiña, J. F. (abril de 2011). *Dolor Orofacial*. Recuperado el 5 de diciembre de 2015, de <https://jfoyarzo.files.wordpress.com/2011/04/texto-clase-articuladores.pdf>

Schwartz, M. (12 de noviembre de 2012). *COMPUTERWORLD*. Recuperado el 20 de abril de 2016, de <http://www.computerworld.com/article/2585652/app-development/reverse-engineering.html>

Sistema formación y empleo. (20 de enero de 2013). Recuperado el 20 de mayo de 2016, de <http://www.sistemaformacion.com/utilidades-de-catia-para-la-ingenieria-y-el-diseno>

System, 3. D. (2015). El movimiento digital en el mundo de la odontología. *3Shape Dental System™*, 4,5,7,44.

Systems, 3. (12 de Marzo de 2016). *Geomagic Products*. Obtenido de <http://www.rapidform.com/products/>

TM, 3. D. (marzo de 2012). *3Shape*. Recuperado el 14 de diciembre de 2015, de http://support.3shape.com/media/109132/March2012-Dental_Brochure_ES_Ultra%20Lowres.pdf

ANEXO

GLOSARIO

ABDUCTIVO: Fenómeno que tiene lugar cuando alguna porción del cuerpo se acerca al plano de simetría del mismo.

ARCADA: Se refiere al grupo de dientes que forman la mandíbula. (Los dientes están en la mandíbula, y esta tiene forma de arco). Hay una arcada superior, refiriéndose a los dientes que están en el maxilar; y una arcada dentaria inferior, refiriéndose a los dientes que están en la mandíbula.

CONDILO: Prominencia redondeada en la extremidad de un hueso, que forma articulación encajando en el hueco correspondiente de otro hueso.

ESCAYOLA: Yeso calcinado que, mezclado con agua, se emplea como material de escultura, para hacer moldes, etc.

ESTOMATOGNATICO: combinación de todas aquellas estructuras, sistema nervioso, y órganos que tienen una participación activa en el habla y en la masticación y deglución de la comida y bebida, su ubicación está en la región cráneo-facial, en la cavidad oral.

INTERFEROMETRICA: Técnica física que se basa en los fenómenos de interferencia entre ondas para obtener mediciones.

INTERINCISIVO: Distancia entre incisivos, que se localizan en la arcada inferior.

OCLUSION: Cierre o estrechamiento que impide o dificulta el paso de un fluido por una vía o conducto del organismo.

PANTOGRAFICOS: sistema de dibujo, de grabación o de corte, que utiliza un pantógrafo y permite copiar, grabar, cortar o modelar, en distintas escalas, un diseño artístico o dibujo técnico de un plano.

PROTUSIVO: Desplazamiento de un órgano más allá de su ubicación o de sus límites habituales.

TEMPOROMANDIBULAR: Articulación elipsoide de movilidad compleja, articula el maxilar inferior con el temporal, permite el cierre y apertura de la boca.