



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

Escuela técnica superior ingenieros industriales valencia

Diseño y programación del procedimiento de verificación dimensional de la bandeja tibial, de una prótesis de rodilla

Trabajo Fin de Grado

Grado en Tecnologías Industriales

Alumno: Javier Hurtado Miguel

Tutora: Dña María Dolores Navarro más

Septiembre 2016

RESUMEN

En cualquier proceso de mecanizado de metales debe de asegurar el correcto estado de las piezas mecanizadas, tanto visual como dimensional.

El presente documento recoge el procedimiento de medición de una pieza del sector biomédico, concretamente una bandeja tibial de una prótesis de rodilla.

Se emplea una máquina de medición por coordenadas por visión y por contacto para obtener un proceso robusto y semiautomático.

La mayor parte del proyecto está dedicado al aprendizaje de la máquina y a la programación de los programas de dichas piezas.

Palabras Clave: Bandeja tibial, máquina de medición por coordenadas (MMC), sistema por visión y sistema por contacto.

RESUM

En qualsevol procés de mecanitzat de metalls deu d'assegurar el correcte estat de les peces mecanitzades, tant visual com dimensional.

El present document arreplega el procediment de mesurament d'una peça del sector biomèdic, concretament una safata tibial d'una pròtesi de genoll.

S'empra una màquina de mesurament per coordenades per visió i per contacte per a obtindre un procés robust i semiautomàtic.

La major part del projecte està dedicat a l'aprenentatge de la màquina i a la programació dels programes de les dites peces.

Paraules clau: Safata tibial, màquina de mesurament per coordenades (MMC) , sistema per visió i sistema per contacte.

ABSTRACT

In any process of mechanized of metals it must assure the correct condition of the mechanized, both visual and dimensional pieces.

The present document gathers the procedure of measurement of a piece of the biomedical sector, concretely a tibial tray of a prothesis of knee.

A machine of measurement is used by coordinates by vision and by contact to obtain a robust and semiautomatic process.

Most of the project is dedicated to the learning of the machine and to the programming of the programs of the above mentioned pieces.

Keywords: Tibial tray, machine of measurement for coordinates (MMC), system for vision and system for contact.

ÍNDICE

Documentos contenidos en el TFG

- Memoria
- Planos
- Presupuesto
- Anexos

MEMORIA

1.	OBJETIVOS	9
1.1	OBJETIVO GENERAL	9
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
2.	JUSTIFICACIÓN	10
3.	ALCANCE	12
4.	PRESENTACIÓN EMPRESA	13
5.	ANTECEDENTES.....	15
6.	DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	16
7.	MARCO TEÓRICO GENERAL.....	17
7.1	CONCEPTOS DE METROLOGÍA	17
7.2	CARACTERÍSTICAS DE INSTRUMENTOS DE MEDIDA.....	18
7.3	CALIBRACIÓN DE EQUIPOS. PLAN DE CONTROL.....	18
7.4	PLAN DE CONTROL Y CALIDAD DE LA PIEZA	20
7.5	MÁQUINAS DE MEDICIÓN POR COORDENADAS. TIPOS:.....	22
7.6	DEFINICIÓN DE MÁQUINAS DE MEDICIÓN POR COORDENADAS.....	24
7.7	APLICACIÓN DE LAS MÁQUINAS DE MEDICIÓN POR COORDENADAS.....	24
7.8	COMO FUNCIONAN LAS MÁQUINAS DE MEDICIÓN POR COORDENADAS.....	24
7.9	SISTEMA DE REFERENCIA.....	25
7.10	ALINEAMIENTO	25
7.11	ORIGEN DE MEDICIONES	25
7.12	SISTEMA DE PALPADO	26

7.13	SISTEMA DE VISIÓN.....	26
7.14	SECUENCIA DE MEDICIÓN.....	26
7.15	CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE ELEMENTOS MECÁNICOS.....	26
8.	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA MÁQUINA DE MEDICIÓN POR COORDENADAS.....	29
8.1	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	29
8.2	FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA	30
8.2.1	MODO PALPADO/CONTACTO	30
8.2.2	MODO VISIÓN	31
9.	PROCEDIMIENTO DE VERIFICACIÓN	34
9.1	PREPARACIÓN DE MÁQUINA	34
9.2	CALIBRACIÓN DE LA MÁQUINA DE VISIÓN Y PALPADO.....	34
9.3	DISEÑO DE UTILLAJES.....	36
9.4	TIPOS DE PALPADORES DISPONIBLES	37
9.5	SELECCIÓN Y CALIBRACIÓN DE PALPADORES	38
9.6	LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN	40
9.7	TIPOS DE PUNTOS. COMANDOS DE LA MÁQUINA	43
10.	ANÁLISIS DE LAS PIEZAS A VERIFICAR.....	44
10.1	PRODUCTO A VERIFICAR.....	44
10.2	DISEÑO DE LA CONFIGURACIÓN DEL PALPADOR	44
10.3	DISEÑO Y CONFIGURACIONES DEL PROGRAMA DE MEDICIÓN.....	45
11.	INSTRUCCIÓN DE TRABAJO PARA LA MEDICIÓN DE BANDEJAS TIBIALES	60
	PLANOS.....	71
	Plano Bandeja Tibial	71
	Plano utillajes	77
	PRESUPUESTO	80
	ANEXOS.....	82
	Pauta de inspección	82
	Certificado de calibración (máquina visión).....	85
	Certificado de calibración (máquina de palpación).....	91
	Registro de calibración de máquina.....	97
	Listado del programa de verificación de la pieza.....	98
	BIBLIOGRAFÍA	102

DOCUMENTO N°1

**DISEÑO Y PROGRAMACION DEL PROCEDIMIENTO
DE VERIFICACIÓN DIMENSIONAL DE LA
BANDEJA TIBIAL, DE UNA PROTESIS DE RODILLA**

MEMORIA DESCRIPTIVA

MEMORIA

1.	OBJETIVOS	9
1.1	OBJETIVO GENERAL	9
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
2.	JUSTIFICACIÓN	10
3.	ALCANCE	12
4.	PRESENTACIÓN EMPRESA	13
5.	ANTECEDENTES.....	15
6.	DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	16
7.	MARCO TEÓRICO GENERAL.....	17
7.1	CONCEPTOS DE METROLOGÍA	17
7.2	CARACTERÍSTICAS DE INSTRUMENTOS DE MEDIDA.....	18
7.3	CALIBRACIÓN DE EQUIPOS. PLAN DE CONTROL.....	18
7.4	PLAN DE CONTROL Y CALIDAD DE LA PIEZA	20
7.5	MÁQUINAS DE MEDICIÓN POR COORDENADAS. TIPOS:.....	22
7.6	DEFINICIÓN DE MÁQUINAS DE MEDICIÓN POR COORDENADAS.....	24
7.7	APLICACIÓN DE LAS MÁQUINAS DE MEDICIÓN POR COORDENADAS.....	24
7.8	COMO FUNCIONAN LAS MÁQUINAS DE MEDICIÓN POR COORDENADAS.....	24
7.9	SISTEMA DE REFERENCIA.....	25
7.10	ALINEAMIENTO	25
7.11	ORIGEN DE MEDICIONES	25
7.12	SISTEMA DE PALPADO	26
7.13	SISTEMA DE VISIÓN.....	26
7.14	SECUENCIA DE MEDICIÓN.....	26
7.15	CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE ELEMENTOS MECÁNICOS.....	26
8.	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA MÁQUINA DE MEDICIÓN POR COORDENADAS.....	29
8.1	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	29
8.2	FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA	30
8.2.1	MODO PALPADO/CONTACTO	30
8.2.2	MODO VISIÓN	31
9.	PROCEDIMIENTO DE VERIFICACIÓN	34
9.1	PREPARACIÓN DE MÁQUINA	34

9.2	CALIBRACIÓN DE LA MÁQUINA DE VISIÓN Y PALPADO.....	34
9.3	DISEÑO DE UTILAJES.....	36
9.4	TIPOS DE PALPADORES DISPONIBLES	37
9.5	SELECCIÓN Y CALIBRACIÓN DE PALPADORES	38
9.6	LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN	40
9.7	TIPOS DE PUNTOS. COMANDOS DE LA MÁQUINA	43
10.	ANÁLISIS DE LAS PIEZAS A VERIFICAR.....	44
10.1	PRODUCTO A VERIFICAR	44
10.2	DISEÑO DE LA CONFIGURACIÓN DEL PALPADOR	44
10.3	DISEÑO Y CONFIGURACIONES DEL PROGRAMA DE MEDICIÓN.....	45
11.	INSTRUCCIÓN DE TRABAJO PARA LA MEDICIÓN DE BANDEJAS TIBIALES	60

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Medir e inspeccionar piezas del sector biomédico con una máquina de coordenadas

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desarrollar de forma específica el procedimiento de verificación dimensional de una pieza para el sector biomédico. Se debe de tener muy presente que está en riesgo la salud humana.
- Desarrollar instrucciones de trabajo y dar formaciones para que el proceso lo pueda realizar cualquier operario.
- Fabricación de utillajes para poder desarrollar el procedimiento de verificación

2. JUSTIFICACIÓN

El TFG va referido a una prótesis de rodilla. La prótesis de rodilla consta de tres partes, una prótesis de unión femoral, la rótula y la bandeja tibial (la parte inferior de la prótesis, que es la que se encarga de unir la tibia con la rótula). Esta última es la que es objeto de estudio en el presente documento. (Fig 1)

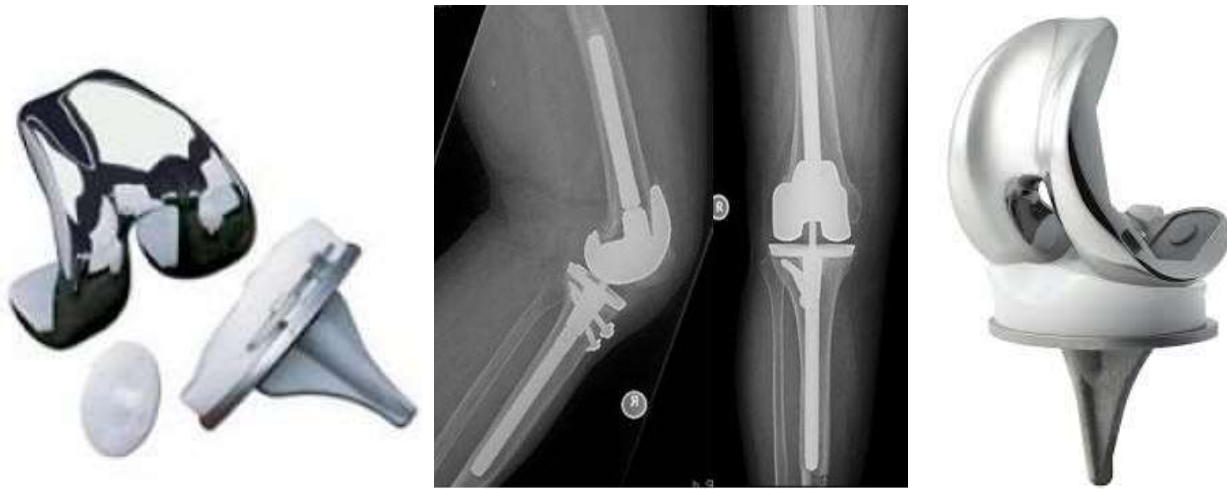


Figura 1. Detalle de la prótesis de rodilla

Como se puede observar en la siguiente imagen con más claridad (Fig 2), la pieza tiene una geometría compleja.



Figura 2. Bandeja tibial

Además se pueden diferenciar dos partes significativas en la misma:

1. La parte superior se encuentra en contacto con la rótula, que está completamente pulida.

2. La parte del vástago, zona que se introduce en el hueso, tiene un proceso de arenado especial para aumentar su rugosidad y que facilite el asentamiento en el hueso.

La parte pulida de la pieza (parte 1) es en la que se realizan las mediciones, ya que es donde se deben realizar la mayoría de inspecciones y verificaciones para poder dar una pieza como buena (dentro de tolerancias).

Al tratarse de una pieza del sector biomédico, encontramos unas exigencias dimensionales altas, que nos conducen a utilizar equipos de gran nivel tecnológico y elevada precisión para la verificación de dichas piezas.

Otro punto a tener en cuenta es que son piezas fabricadas en grandes cantidades “relativamente”, por ello se tienen que realizar una gran suma de mediciones, para esto se requiere emplear un equipo de medición permitiendo en la mayor parte de lo posible, automatizar el proceso de verificación de las piezas.

Emplear un sistema automático de medición da ciertas ventajas, no solo agiliza el proceso de verificación de las piezas, sino que además, nos reduce notablemente el riesgo de fallo humano a la hora de la comprobación de las piezas. Es un proceso más estandarizado y simple a favor de los operarios, en este caso inspectores.

3. ALCANCE

Este proyecto se considerará finalizado cuando:

- Se desarrolle una instrucción de trabajo que muestre el proceso de verificación dimensional de la bandeja tibial en su totalidad.
- Se realice la formación pertinente a los operarios.
- Se verifique que el proceso sea firme y no permita fallos.

4. PRESENTACIÓN EMPRESA

El presente TFG está basado en un proyecto realizado en la empresa Zimmer Biomet aprovechando las prácticas en la empresa.

El objetivo principal es definir el proceso de verificación y criterio de aceptación de una pieza fabricada en la empresa.



Figura 3. Logotipo empresa

La empresa es una multinacional que fabrica diferentes tipos de piezas del sector biomédico. Con más de 30 años de experiencia se aplican avanzados métodos de ingeniería y tecnología de mecanización para el desarrollo de soluciones de gran duración para los pacientes. Actualmente una gran parte de la producción está basada en la fabricación de diferentes tipos de implantes dentales, incluso dispone de un departamento específico donde se realizan implantes a medida para los pacientes con necesidades especiales. Además, es una empresa especializada en la fabricación de prótesis de cadera, hombro, codo y rodillas.

La empresa dispone de 40 tornos para la fabricación de los implantes por lotes, 3 centros de CNC para la fabricación de barras e implantes a medida, tornos especiales para la fabricación de prótesis de reconstrucción y equipos de limpieza por ultrasonidos entre otros.



Diferentes tipos de implantes dentales



Departamento de piezas dentales a medida

Figura 4. Implantes dentales



Vástago para prótesis de cadera



Prótesis para hombro

Figura 5. Elementos para prótesis

5. ANTECEDENTES

La empresa dispone de un departamento de calibración donde se mantienen el control de todos los equipos e instrumentos de medida. Algunos son calibrados por el personal de la empresa, pero otros requieren de calibración externa.

Se dispone de una máquina tridimensional, la cual dispone del sistema de palpación, cuatro máquinas de medición por visión para el control de los implantes por lotes y dos máquinas con sistema de medición por visión y palpación, además de la empleada para este proyecto.

La máquina empleada es de la marca Mitutoyo y tiene un lenguaje de programación diferente a las otras máquinas que son marca Vertex. Además, las otras máquinas se emplean para la medición de otro tipo de piezas.

La máquina en cuestión no se utiliza en ningún proceso productivo, ni se ha utilizado hasta el momento, por lo que en el inicio del proyecto se necesitó una puesta a punto de la misma.

6. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La empresa Zimmer Biomet, adquirió la máquina Mitutoyo en el año 2012 con el fin de sustituir las empleadas Vertex, ya que la medición por visión de la Mitutoyo tiene mayor precisión.

No se habían asignado suficientes recursos humanos para la implantación de esta herramienta, por lo que la máquina quedó en desuso y sin nadie que supiese manejarla.

En septiembre de 2014 se decide retomar la tarea de implantar la máquina de medición por coordenadas Mitutoyo aprovechando las prácticas en empresa de Javier Hurtado Miguel.

En primer lugar, se tenía que hacer una puesta a punto de la máquina ya que se encontraba desajustada y no estaba a punto.

Además se tenía que emplear tiempo en aprender a manejar la máquina, ya que nadie de la empresa tenía conocimiento alguno.

Finalmente, se realizan los programas de un tipo de pieza que se estaban inspeccionando mediante una máquina de coordenadas de visión de marca Vertex.

7. MARCO TEÓRICO GENERAL

7.1 CONCEPTOS DE METROLOGÍA

La metrología es la rama de la física que estudia las mediciones de las magnitudes garantizando su normalizado mediante la trazabilidad.

Medir supone determinar numéricamente una magnitud. Pero antes de realizar una medida, es necesario elegir correctamente el instrumento a emplear. Tal elección deberá hacerse en función de una serie de características, como son la tolerancia de fabricación, incertidumbre de medida, división de escala y rango de medida.

- **Tolerancia de fabricación:** Es la diferencia entre los valores máximo y mínimo que puede tomar una medida en un elemento, para que resulte acorde con sus especificaciones. Aplicando el concepto a las medidas dimensionales, resulta ser la diferencia entre la cota superior y la cota inferior de una pieza.
- **Incertidumbre de medida:** Es una característica propia de cada instrumento de medida, y da una idea del intervalo de valores en el que se sitúa el verdadero valor de la magnitud medida, obteniéndose de la calibración del instrumento. La incertidumbre de medida incluye todos los errores que influyen en el resultado de una medida: errores de ambiente, error del propio equipo, errores del usuario, etc.
- El valor de la incertidumbre de medida es obtenido por el departamento de calibración tras haber realizado los estudios y pruebas pertinentes y en muchas ocasiones con la ayuda del fabricante del equipo
- **División de escala:** Es el intervalo entre los valores sucesivos de la escala, y por tanto la lectura o apreciación mínima que el usuario de un instrumento puede discernir.
- **Rango de medida:** Es la capacidad o amplitud que tiene el equipo de medición.

7.2 CARACTERÍSTICAS DE INSTRUMENTOS DE MEDIDA

Para la elección de un adecuado instrumento de medida seguiremos unos pasos básicos:

1. En primer lugar, el instrumento de medida que se va a utilizar, debe tener el rango de medida y la morfología adecuada para ser capaz de realizar las mediciones deseadas en la pieza.
2. En segundo lugar, el equipo debe de tener la división de escala suficiente.
3. Por último, ver que las tolerancias de fabricación y la incertidumbre cumplen con una ecuación básica para poder demostrar la exactitud de la medición. La incertidumbre del instrumento tiene que ser menor o igual que $1/6^*$ de la tolerancia de fabricación más restrictiva de la pieza.

**El 1/6 es lo recomendable, aunque se puede variar y ser menos restrictivo si tiene justificación.*

7.3 CALIBRACIÓN DE EQUIPOS. PLAN DE CONTROL

Todos los equipos de medida requieren de calibraciones periódicas. La frecuencia de calibración depende del uso del equipo. La calibración es una técnica de verificación del estado del equipo de medición.

Las calibraciones de equipos se realizan mediante patrones de atributos con una incertidumbre como mínimo de $1/6$ de la incertidumbre del equipo, para asegurar que el error de la medida es lo suficientemente pequeño y que el equipo se encuentra apto para realizar mediciones, aunque se recomienda utilizar una relación de $1/10$.

La empresa dispone de una gran variedad de equipos de medición, todos ellos incluidos en un sistema de calibración en el cual quedan registrados y bien documentados todos los equipos y patrones, así como la periodicidad de dichas calibraciones. Un gran número de equipos y patrones se calibran en la misma empresa como pies de rey, micrómetros analógicos y digitales, relojes comparadores, tampones cilíndricos, tampones roscados, hexagonales, etc.

Pero también hay otros que se envían fuera o va una empresa externa a calibrarlos, como son el caso de anillos lisos, máquinas tridimensionales, máquinas de coordenadas CNC por video o palpado, etc.



Calibre pie de rey



Micrómetro digital



Tampón liso y Tampón roscado



Reloj comparador



Máquina de coordenadas por CNC con cámara de Visión y Palpación

Figura 6. Instrumentos de metrología dimensional

7.4 PLAN DE CONTROL Y CALIDAD DE LA PIEZA

Para asegurar la calidad de la pieza tras la mecanización, se realiza una inspección de las cotas críticas.

Las cotas críticas son aquellas que pueden afectar a la funcionalidad de la pieza. En el caso de la bandeja tibial, son aquellas que están en contacto o pueden afectar a la unión con la otra pieza (rótula), o el asentamiento en la tibia directamente.

Una vez establecidas las cotas a verificar, se estudia qué equipo o equipos pueden emplearse y son más eficientes por las necesidades del proceso de verificación.

Como se ha nombrado anteriormente, se deben inspeccionar diferentes cotas de cierta complejidad geométrica, por lo que el equipo más aconsejable para estos casos son las máquinas de medición por coordenadas de visión y palpación, donde además se puede hacer un proceso semiautomático.

Para el caso de las bandejas tibiales es necesario usar la visión y la palpación, por ello, se emplea un equipo que dispone de las dos opciones de medición, la máquina de visión por CNC Mitutoyo modelo QVT1 con la palpación incluida.

RE	01	DISTANCIA (F5)		M							MAQUINA VISION VERTEX (157)
RE	01	ANCHO (F6), (F7) ALTURA (F8)		M							MAQUINA VISION VERTEX (157)
RE	01	PLANITUD (NOTA 2)		M							MAQUINA VISION VERTEX (157)
RE	01	LONGITUD (F10)		M							MAQUINA VISION VERTEX (157)

Figura 7.Pauta para maquina visión vertex

Un punto a tener en cuenta es que al ser piezas pulidas, se deben medir con partes no metálicas para no rallarlas, lo que obliga a hacer casi total uso de la máquina para todas las medidas.

Todas estas especificaciones quedan reflejadas en un registro de inspección de la pieza, que debe cumplimentar el inspector.

En el anexo “pauta de inspección” se muestra con más claridad, pero a continuación se observa una pequeña imagen para ver el aspecto de dicho registro.

7.5 MÁQUINAS DE MEDICIÓN POR COORDENADAS. TIPOS:

1. **Tipo puente:** Máquina de medición de uso general para la medición de piezas de tamaño pequeño o mediano.



Figura 8. Máquina tipo puente

2. **Tipo brazo horizontal:** Máquina de uso especialmente para procesos en línea de piezas de tamaño mediano o grande.



Figura 9. Máquina tipo brazo horizontal

3. **Tipo Granty:** Tienen un sistema de medición muy similar a la de tipo puente, pero para piezas mucho más grandes.



Figura 10. Máquina tipo Granty

4. **Tipo brazo portátil:** Está basada en articulaciones móviles que le permiten tener una gran versatilidad de medición. Además pueden ser portátiles.



Figura 11. Máquina tipo brazo portátil

5. **Por visión:** Basada en una cámara con autoenfoque y varias posiciones e intensidades de luces. Genera procesos de medición muy rápidos y precisos.



Figura 12. Máquina por visión

7.6 DEFINICIÓN DE MÁQUINAS DE MEDICIÓN POR COORDENADAS.

Son máquinas que disponen de tres componentes móviles correspondientes a los ejes X, Y, Z, para medir una pieza por determinación de puntos en coordenadas X, Y, Z.

Estos equipos se pueden emplear para realizar mediciones dimensionales de formas simples o complejas con gran exactitud.

Hay de diferentes tipos, dimensiones, incertidumbres y para distintas aplicaciones.

El principio de funcionamiento es el registro de una pieza con una técnica de medición punto a punto asignando un sistema de coordenadas en 3D y con vinculación numérica de esas coordenadas de las piezas a través de un software de medición de proceso de datos.

Los software comerciales suelen manejar elementos geométricos regulares como el punto, línea, plano, esfera, círculo,...

Una máquina de medición por coordenadas es un instrumento de medida de gran precisión que puede determinar la dimensión, forma, posición y "actitud" de un objeto.

7.7 APLICACIÓN DE LAS MÁQUINAS DE MEDICIÓN POR COORDENADAS.

La aplicación principal de las máquinas de medición por coordenadas es realizar el control dimensional geométrico de un objeto físico correspondiente a sus especificaciones teóricas en términos de posición, forma, dimensión y "actitud".

7.8 COMO FUNCIONAN LAS MÁQUINAS DE MEDICIÓN POR COORDENADAS.

Se realizan mediciones referidas a punto, línea, plano, círculo, esfera, cono... y con las medidas directamente u obteniendo distancias entre ellas, puede realizarse la medición completa de estas piezas.

El principio físico básico es captar mediante palpado o visión, un punto en la coordenada (X, Y, Z) que la máquina lo registra como dato de medición y pueda ser procesa por el software.

7.9 SISTEMA DE REFERENCIA

Las máquinas de medición por coordenadas tienen su propio cero del sistema de coordenadas referido a máquina (0, 0, 0) a partir del cual la máquina siempre se referencia al encenderla y a través del cual opera.

Además, se puede asignar el sistema de referencia pieza, a partir del cual se obtienen valores relativos al origen de coordenadas de máquina.

Cuando se realiza una medición puntual no es necesario sacar el sistema de referencia de pieza, sin embargo, si se desea volver a realizar otra medición de esa pieza es necesario coger el sistema de referencia de pieza.

7.10 ALINEAMIENTO

Teniendo en cuenta que son máquinas de alta precisión, el alineamiento es una parte fundamental para no tener desviación en la medida.

Para obtener un buen alineamiento se requiere de un sistema de utillajes que permita que las piezas se coloquen siempre de la misma forma y que el sistema de referencia de pieza se coja para cada pieza en referencia a dos elementos que lo permitan de la misma o del utillaje.

7.11 ORIGEN DE MEDICIONES

El origen de mediciones es el punto a partir del cual, el software de medición opera, ya bien sea el sistema de referencia de máquina o el sistema de referencia de pieza.

Como se ha comentado anteriormente suele emplearse el sistema de referencia de pieza en la mayoría de los casos.

Es muy importante escoger con acierto el origen para que los resultados de las mediciones sean correctos y fiables.

7.12 SISTEMA DE PALPADO

Cuando la máquina de medición por coordenadas adquiere datos mediante el sistema de palpado, se debe de asegurar que el diámetro de bola escogido es el correcto y calibrar periódicamente el diámetro de bola mediante una esfera y un anillo patrón.

7.13 SISTEMA DE VISIÓN

Cuando la máquina de medición por coordenadas adquiere datos mediante el sistema de visión, se debe de asegurar que el enfoque y la iluminación es la correcta para captar una buena imagen y asegurar una correcta medición.

Es necesario al igual que el sistema de palpación, realizar calibraciones periódicas mediante un anillo patrón para comprobar el estado de las lentes de la cámara.

7.14 SECUENCIA DE MEDICIÓN

Las mediciones de geometría, podrían resultar muy difíciles de medir si no fuese por este tipo de máquinas, donde se pueden obtener jugando con el paralelismo y perpendicularidad entre planos, intersecciones entre líneas y distancias entre líneas, puntos, planos o elementos geométricos simples.

7.15 CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE ELEMENTOS MECÁNICOS

Es necesario la completa descripción de la geometría de las piezas que se fabrican. Por ello, existen normas para asignar símbolos a las tolerancias de fabricación:






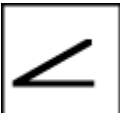
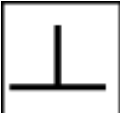

SIMBOLO	INTERPRETACION
	Rectitud: Condición en la que todos los puntos forman una línea recta, la tolerancia se especifica con la representación de dos líneas paralelas.
	Plano: Todos los puntos en una superficie están en un plano, la tolerancia se especifica con dos planos paralelos.
	Redondez o circularidad: Todos los puntos de una superficie forman un círculo. La tolerancia se especifica con la definición de dos círculos concéntricos.
	Cilindricidad: Todos los puntos de una superficie son equidistantes a un eje común. Una tolerancia cilíndrica especifica una zona de tolerancia definida por dos cilindros concéntricos.
	Perfil: Es un método de tolerancia para controlar superficies irregulares, líneas, arcos o planos normales. Los perfiles se pueden aplicar a elementos de líneas individuales o a toda la superficie de la pieza. La tolerancia del perfil especifica un límite uniforme a lo largo del perfil real dentro del que se deben situar los elementos de la superficie.
	Angularidad: La condición de una superficie o eje que forma un ángulo específico (aparte de 90°) con otro eje o plano. La zona de tolerancia está definida por dos planos paralelos al ángulo básico específico desde el eje o plano de un dato.
	Perpendicularidad: La condición de una superficie o eje que forma un ángulo recto con otro plano o eje. La tolerancia de perpendicularidad especifica una zona definida por dos planos perpendiculares al otro plano o eje del dato o una zona definida por dos planos paralelos perpendiculares al eje del dato.
	Paralelismo: La condición de una superficie o eje equidistantes a todos los puntos desde el plano o eje del dato. La tolerancia del paralelismo especifica una zona definida por dos planos o líneas paralelas al plano o eje del dato o una zona de tolerancia cilíndrica cuyo eje es paralelo al eje de un dato.

Figura 13. Tabla tolerancias geométricas





SIMBOLO	INTERPRETACION
	<p>Concentricidad: Los ejes de todos los elementos locales cruzados de una superficie de revolución son comunes a la característica del eje del dato.</p>
	<p>Posición: Una tolerancia de posición define una zona en la que el eje central o plano central puede variar desde la posición real (teóricamente exacta). Las dimensiones básicas establecen la posición real a partir de las características de los datos y entre características interrelacionadas. Una tolerancia de posición es la variación total admisible entre la situación de una característica y su situación exacta. Para características cilíndricas como agujeros y diámetros externos, la tolerancia de posición es, por lo general, el diámetro de la zona de tolerancia, donde se deben situar los ejes de la característica. Para las características que no sean redondeadas, como ranuras y lengüetas, la tolerancia de posición es el ancho de la zona de tolerancia donde se debe situar el centro del plano de la característica.</p>
	<p>Control circular: Permite controlar los elementos circulares de una superficie. La tolerancia se aplica independientemente a cualquier posición circular de medición ya que la pieza se puede rotar 360°. Una tolerancia de control circular aplicada a superficies construidas alrededor del eje de un dato controla las variaciones acumulativas de circularidad y axialidad. Cuando se aplica a superficies construidas en ángulos rectos al eje del dato, controla elementos circulares de la superficie de un plano.</p>
	<p>Control total: Ofrece control compuesto de todos los elementos de la superficie. La tolerancia se aplica de forma simultánea a elementos circulares y longitudinales ya que la pieza se rota 360°. El control total permite controlar la variación acumulativa de circularidad, cilindricidad, rectitud, coaxialidad, angularidad, conicidad y perfil siempre que se aplique a superficies construidas alrededor del eje de un dato. Cuando se aplica a superficies construidas en ángulo recto en relación con el eje del dato, controla las variaciones acumulativas de perpendicularidad y de plano.</p>

Figura 13. Tabla tolerancias geométricas

8. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA MÁQUINA DE MEDICIÓN POR COORDENADAS

8.1 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Máquina de visión:

Campo de medida: X=250mm Y=200mm Z=200mm

División de escala: 0.0001mm

Temperatura: 24.5-26 °C

Humedad: 20-80% sin condensación.

Conexión al PC: USB//Wireless.

Fuente de alimentación: 220V.

Lente: 10x a tres niveles.

Incertidumbre:

- Máquina de visión (eje X y eje Y): $\pm 0.70 \mu\text{m}$
- Máquina de visión (eje Z): $\pm 0.80 \mu\text{m}$

Máquina de palpado:

Campo de medida: X=250mm Y=200mm Z=200mm

División de escala: 0.0001mm

Temperatura: 24.5-26 °C.

Humedad: 20-80% sin condensación.

Conexión al PC: USB//Wireless.

Fuente de alimentación: 220V.

Autocambiador de 3 posiciones.

Configuración de los palpadores personalizada.

Incertidumbre:

- Especificación para los ejes de medida: $4+ (7 \cdot L / 1000) \mu\text{m}$ (L en mm).
- Especificación para el error de palpado: $4 \mu\text{m}$

8.2 FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA

8.2.1 MODO PALPADO/CONTACTO



En este sistema de medición, la mayor problemática viene en la configuración de los palpadores. Ya que se debe escoger aquellos en la dirección, longitud y diámetro de bola necesarios, y si es posible, en los mínimos cabezales posibles para evitar cambios de cabezales en los programas y optimizar tiempos.

Este sistema, es más lento y tiene mayor incertidumbre en ejecución que el sistema por visión, pero es más versátil, y permite acceder a puntos que con la cámara no se puede o es más complicado.

Es habitual realizar distintas configuraciones antes de encontrar la óptima.

Este sistema permite configurar la medición a realizar antes de ejecutarla y solamente con palpar el primer punto, directamente realiza las demás palpaciones. Esto se suele utilizar para formas geométricas simples (círculos, esferas, cilindros, etc) con el fin de palpar todas las caras en la misma distancia o a los mismos grados.

Otra forma es ir midiendo punto a punto y posteriormente generar las figuras geométricas o calcular distancias.

Un detalle a tener en cuenta para la buena medición con la palpación es usar el comando oportuno para la medición requerida, es decir, al medir un punto, se puede usar el comando punto  o el punto de contorno . El punto siempre da el valor de palpado sin tener en cuenta el diámetro de la bola o la dirección de la medición, por ello este comando se usa exclusivamente para la parte por visión y para la palpación está el punto de contorno, que permite registrar el punto tomado en cualquier dirección y en cualquier posición de la bola.

Lo más empleado es usar en todo momento como referencia el centro de la bola, así se pueden relacionar mediciones con palpadores de diámetro de bola distintos, tomados en distintas direcciones y sentidos.

Cuando se programa con la parte de palpación, es muy importante tomar bien la trayectoria de la máquina para obtener buenas mediciones, pero sobretodo, para no realizar ningún tipo de colisión.

8.2.2 MODO VISIÓN

El concepto de medición por visión consiste en obtener la imagen de los elementos geométricos y formas de pieza a medir en pantalla.

La mayor dificultad reside en conseguir la configuración de luces y posición exacta para obtener una imagen clara y nítida, que no proporcione resultados erróneos de medición.

La cámara dispone de tres posiciones o aumentos, con los cuáles, dependiendo de las necesidades de la parte de la pieza a medir se debe ampliar o reducir la distancia.

Además, alrededor de la cámara, hay un anillo de luces LED y en el interior de la mesa hay otra luz. La configuración de las luces del anillo proporciona la imagen nítida y clara.

Mesa: Luz en la base de mesa (abajo).

Coaxial: Luces en la parte interior del anillo (más cercana a la cámara).

Frontal, Posterior, Derecha e Izquierda: Luces en las respectivas posiciones de la parte más externa del anillo.

Posición del anillo: Sirve para desplazar hasta 10mm el anillo en dirección Z.

Se debe de obtener una imagen como se muestra a continuación.

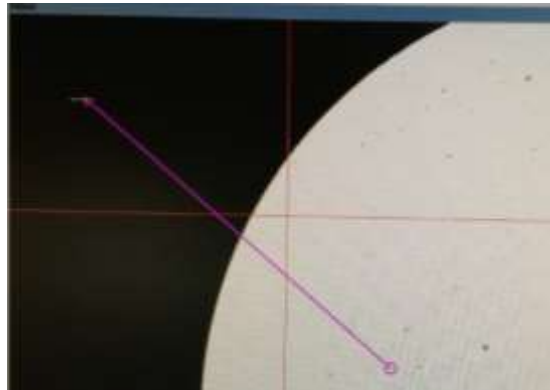


Figura 14. Imagen máquina de visión

En el sistema de visión se necesita marcar el rango de medida y siempre se debe de medir de blanco a negro como muestra la figura. Para medir captar un punto se emplea una flecha, pero también se puede medir líneas, círculos,...

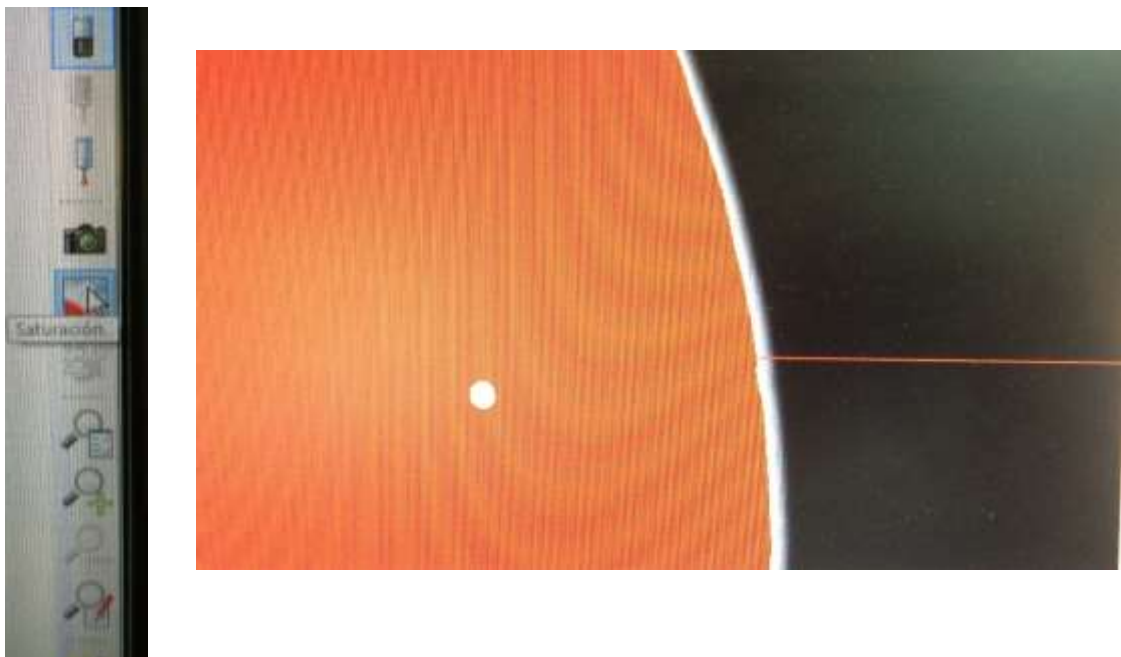


Figura 15. Imagen máquina de visión

Una opción que da este sistema para observar si la luminosidad es la correcta, es la opción “saturación”, que indica si hay demasiada luz cuando la imagen sale en rojo.

Este sistema es necesario para la medición de las bandejas tibiales, ya que algunos eran imposibles con el palpador.

Además, en algunos puntos, encontrar la imagen nítida fue muy complicado por el hecho de ser una pieza pulida con brillo espejo.

9. PROCEDIMIENTO DE VERIFICACIÓN

9.1 PREPARACIÓN DE MÁQUINA

La Mitutoyo QVT1 fue adquirida por la empresa en 2012 con el fin de introducirla en un proceso productivo, pero no se le dedicó el tiempo suficiente para su aprendizaje y puesta en marcha por lo que quedó en desuso.

Al retomar la tarea, la máquina de medición por coordenadas se encontraba descalibrada y desajustada por lo que se necesitaba una puesta a punto.

9.2 CALIBRACIÓN DE LA MÁQUINA DE VISIÓN Y PALPADO

Para realizar la calibración y el mantenimiento de la máquina de medición por coordenadas es necesario acudir a una empresa externa especializada. En este caso se contacta siempre con SARIKI.

Primero, el técnico realizó un mantenimiento de la máquina, básicamente engrases y comprobaciones de los movimientos mecánicos de la máquina.

Segundo, comprobó y verificó de software. Para este punto se requiere la licencia de la empresa Mitutoyo, Esto obliga a que sea un técnico homologado y con acreditación de dicha empresa sea quién realice dicha calibración.

Y por último, el técnico calibró por un lado la parte de visión y por otro la de palpación, las cuáles se tratan como dos máquinas distintas en el momento de la calibración, ya que cada una tiene una incertidumbre distinta.

Incluso cada eje tiene incertidumbres distintas:

- Máquina de visión (eje X y eje Y): $\pm 0.70 \mu\text{m}$
- Máquina de visión (eje Z): $\pm 0.80 \mu\text{m}$
- Máquina de palpación: $4 + (7 \cdot L / 1000) \mu\text{m}$ (L en mm).

Estos datos pueden observarse mejor los datos anexos de una calibración de 2012.

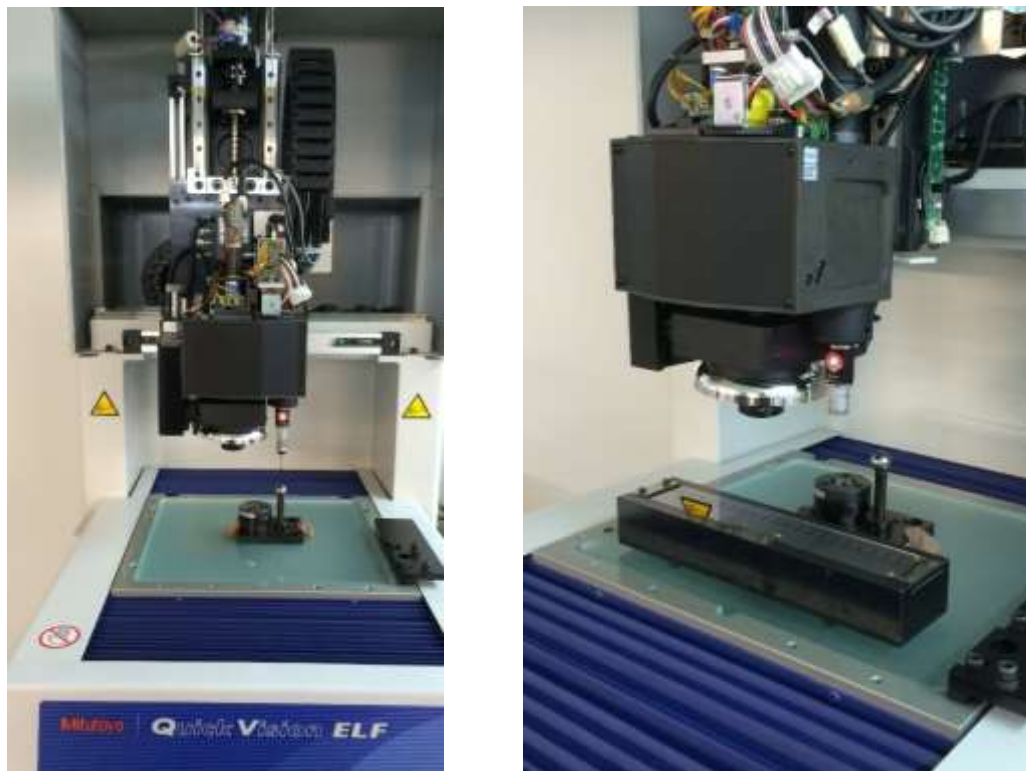


Figura 16. Calibración máquina de visión

La parte de visión se calibra mediante el uso de un patrón graduado a trazos como se observa en la imagen derecha.

Se ejecutan diferentes mediciones en la calibración modificando la posición del patrón: horizontal, vertical y angulado.

Además, se emplean bloques patrón para la calibración en eje Z.

La parte de palpación, se calibra mediante el anillo y la esfera patrón de la imagen izquierda. Se ejecuta un programa donde ajusta los diámetros y configuraciones del palpador.

9.3 DISEÑO DE UTILLAJES

Un punto importante en el proceso de medición, es el empleo de utillajes fiables que den robustez a dicho proceso de verificación dimensional de las piezas.

El primer paso es el diseño de una escuadra de metacrilato para poder posicionar el útil con la pieza en el centro de la mesa, siempre en la misma posición. Además, debe de ser translúcida para poder obtener buenos resultados con la cámara de visión.

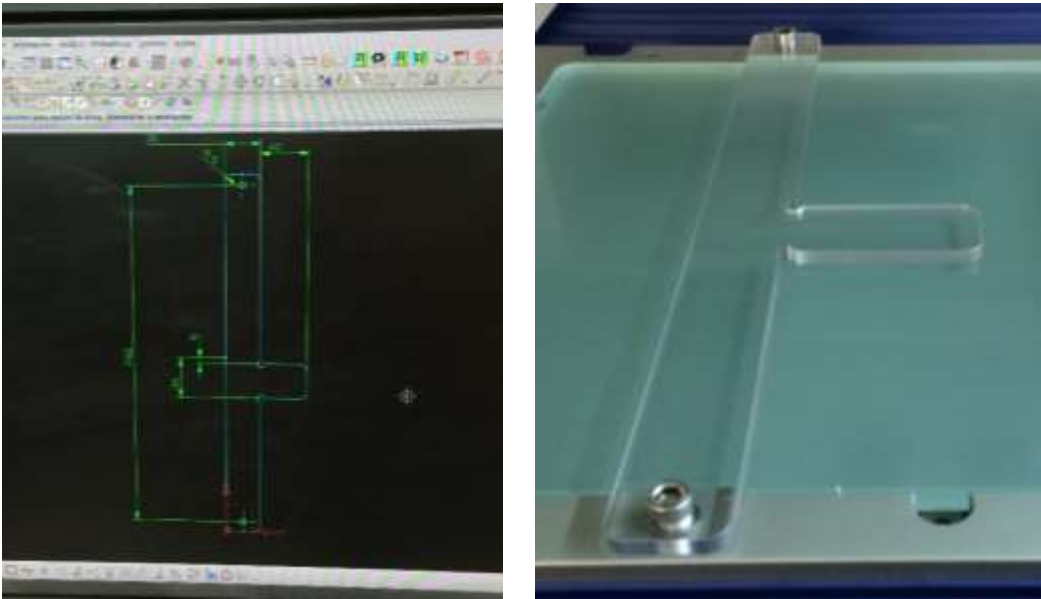


Figura 17. Utillaje para máquina

A continuación, se diseña un utillaje de forma que facilite y asegure la repetitividad y reproducibilidad de la medición de las piezas.

La empresa fabrica bandejas tibiales de nueve tamaños distintos y con dos tipos de vástagos, quilla y cuadrado. Por ello, se decidió diseñar y fabricar dos útiles distintos, uno para cada conjunto de piezas.

Los planos de dichos útiles se quedan registrados en el sistema de utillaje de la empresa, para poder emplearlos en un futuro y tener los utillajes controlados. Estos planos se encuentran en los anexos del final.



Figura 18. Utillaje para pieza



Figura 19. Pieza con utillajes

9.4 TIPOS DE PALPADORES DISPONIBLES

Se pueden encontrar tres tipos de palpadores o módulos, diferenciados claramente por el color: negro, gris y rojo. La diferencia entre ellos es la sensibilidad de medición a la hora de la palpación.

Ordenados de mayor sensibilidad a menos son: rojo > gris > negro.

9.5 SELECCIÓN Y CALIBRACIÓN DE PALPADORES

Dependiendo del tamaño, la geometría de la pieza y las cotas a verificar se configuran los palpadores de la máquina.

El primer inconveniente que surgió era que la altura de la pieza no dejaba realizar la operación de cambio automático del palpador sin provocar una colisión.

La máquina tiene la opción de configurar el cambio de palpador automático o manual (externo).

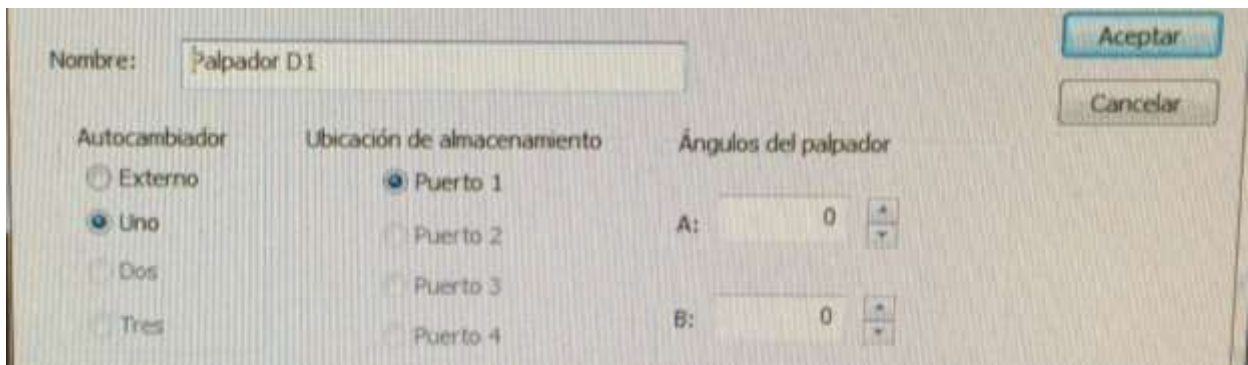


Figura 20. Configuración de palpadores

Esto fue una solución rápida al problema, pero no era eficiente.

Como solución, se mecanizó unas varillas, de forma que suplementaran el autocambiador y se ejecutasen los cambios de palpador con éxito.

Al realizar esta modificación, se reconfiguró el autocambiador. Esta es la operación para que la máquina obtenga las coordenadas correctas de este y realice los cambios de palpador correctamente.



Figura 21. Autocambiador de máquina

A continuación se busca la configuración de palpadores óptima para la programación de las mediciones.

Una vez configurados físicamente a las necesidades de la medición, se necesita configurarlos en máquina y calibrarlos para poder obtener resultados correctos.

La configuración en máquina consiste en introducir los valores físicos de todos los palpadores, indicando la posición, longitud y el diámetro de la esfera. La longitud siempre va referenciada al centro de la esfera y la posición se indica mediante dos ángulos (A y B).

La operación de calibración se debe de realizar periódicamente para asegurar la estabilidad del sistema.

Para la calibración se necesita una esfera, un anillo patrón y seguir los pasos que se indican en el manual de la máquina.

Existe la posibilidad de calibrar solamente uno o varios palpadores, independientemente de la cámara de visión. Aunque lo recomendable es realizar la calibración de todo el sistema para minimizar errores.



Figura 22. Esfera y anillo patrón.

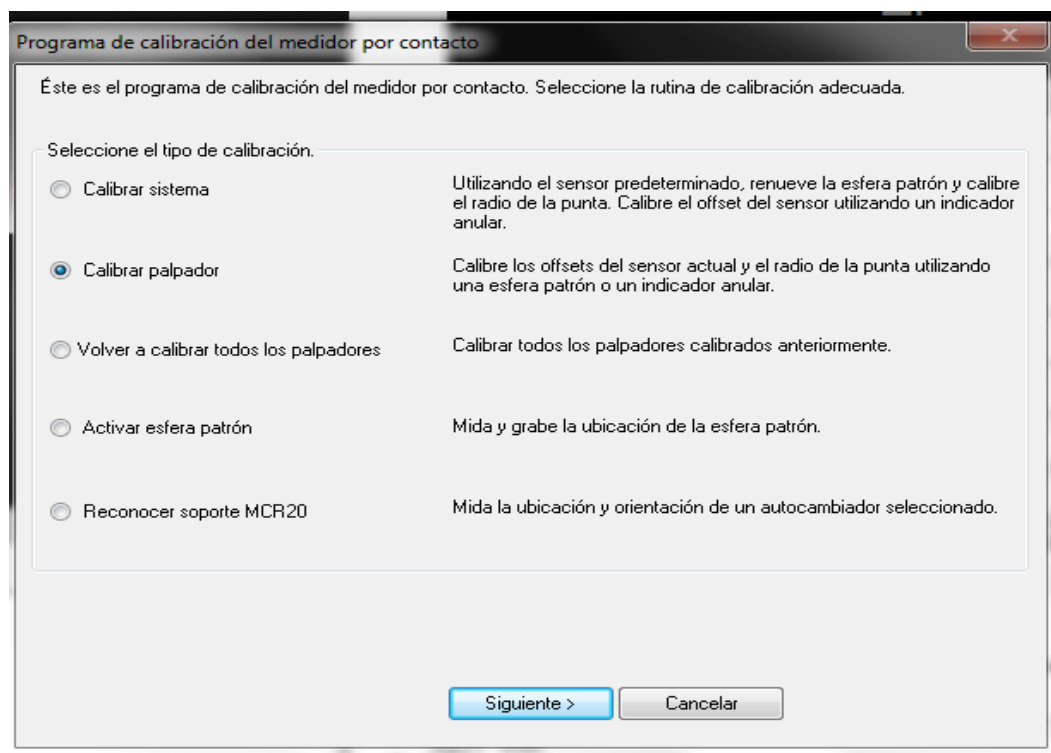


Figura 23. Programa de calibración de máquina

9.6 LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN

La máquina dispone de dos lenguajes de programación diferentes pero con las mismas prestaciones: Visual Basic y Easy Editor.

9.7 TIPOS DE PUNTOS. COMANDOS DE LA MÁQUINA

La máquina dispone de una barra de herramientas. Éstas se emplean tanto en Visual Basic como en Easy editor, facilitan y agilizan la programación en máquina.



Figura 26. Barra de herramientas

Los comandos son:

Punto, línea, círculo, plano, esfera, cambio de diámetro, cilindro, cono, buffer de puntos, ángulo, distancia, intersección entre líneas, intersección de planos, intersección cilindro plano, punto medio, bisectriz, línea paralela, plano paralelo, punto de contorno, poner plano referencia, punto de referencia, línea de referencia, importar sistema de coordenadas, exportar sistema de coordenadas e importar origen.

El rango de medición, cantidad de puntos a coger, dirección, autoenfoco, etc son formas de realizar los comandos anteriores.



Figura 27. Barra de comandos

10. ANÁLISIS DE LAS PIEZAS A VERIFICAR

10.1 PRODUCTO A VERIFICAR

Las piezas a verificar son prótesis de reconstrucción con un acabado pulido brillo espejo, por lo que se deben de tratar con guantes y sumo cuidado.

La pieza a medir se llama bandeja tibial y es la parte que se introduce en la tibia empleándose de unión entre la tibia y la rótula.

La parte de unión con la tibia es un vástago de dos formas, quilla o cuadrado. El cuál, tiene un acabado rugoso para que el hueso pueda solidificar sobre él y quede bien fijado.

La parte pulida es la que se une con la rótula y es donde se realizan todas las mediciones.

Se deben de medir más de quince cotas diferentes incluyendo algunas geométricas.

Dentro de los dos tipos de piezas, se tienen nueve tamaños distintos de pieza, por lo que al final resulta tener 18 tipos de pieza distintos y se deben de realizar 18 programas de medición.

10.2 DISEÑO DE LA CONFIGURACIÓN DEL PALPADOR

Se escogió un módulo con tres palpadores en cruz, los horizontales son de diámetro 1mm y el vertical de diámetro 4mm. Además se configuró otro módulo con un solo palpador vertical de diámetro 1mm. Este último solamente realiza una operación, mientras que el módulo con tres palpadores realiza el resto.

Como el módulo de tres palpadores realizaba unas operaciones más complejas, se hizo uso de uno rojo, mientras que el otro, solamente realizaba una operación sencilla en vertical, se empleó negro.

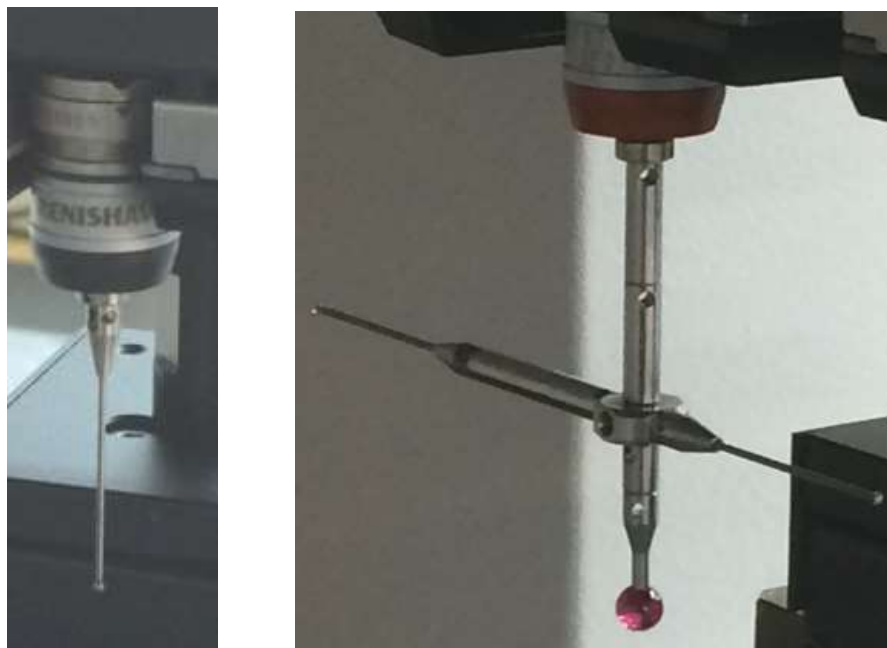


Figura 28. Palpadores de máquina

10.3 DISEÑO Y CONFIGURACIONES DEL PROGRAMA DE MEDICIÓN

A continuación se muestra el tipo de mediciones realizadas en los programas de bandejas tibiales.

Se combinó la función de palpación con la de visión para la obtención de ciertas cotas. Esta opción siempre es una ventaja, pero también conlleva un riesgo, y es que la incertidumbre de medida es más elevada que si la cota se obtiene solamente por palpación o solamente por visión. Esto es sencillo de entender si observamos, como se mencionó anteriormente, ya que las incertidumbres en la máquina varían dependiendo de distintos factores: sistema de medición y dirección de medición.

La máquina permite realizar movimientos desde comandos del teclado, pero dispone de un joystick que facilita el trabajo.



Figura 29. Yoystick máquina

Power: Botón para encender máquina.

Potenciómetro (SPEED): Variador de velocidad de la máquina

Cancel: Botón para eliminar la última acción

TS: Botón que permite crear un punto sin necesidad de programarlo desde ordenador

GOTO: Botón que registra el punto de coordenadas de la máquina.

MEAS: Botón para la configuración automática de medición. Velocidad de medida reducida. Se emplea únicamente para el sistema de palpación y es imprescindible ejecutarlo para poder realizar la medición.

Pulsador Rojo: Botón de parada de emergencia.

Pantalla Digital: Muestra la posición del potenciómetro (en %)

El joystick: Movimiento de la máquina en los ejes X, Y, Z.

Configuraciones necesarias para el correcto funcionamiento de los programas:

La pieza a medir, está definida en pulgadas, por ello es necesario modificar dicho parámetro en la máquina.

Simplemente accediendo al menú de opciones de la barra principal, aparece esta opción.

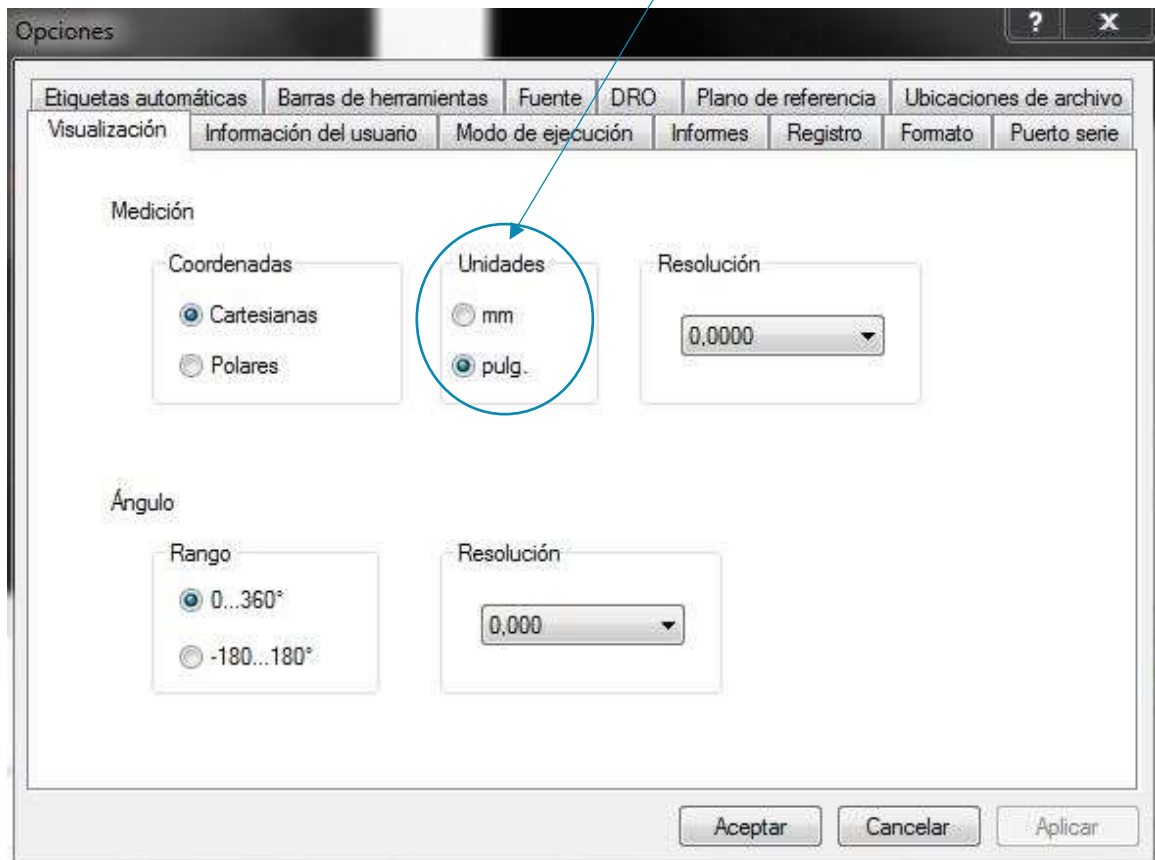


Figura 30. Configuraciones de máquina

Como se desarrolló anteriormente, el programa se programó en Easy Editor. Cualquier cota descrita a continuación se puede observar en el plano de la pieza.

En el prólogo aparecen las configuraciones estandarizadas de la máquina para posicionarse a cero cada vez que se renicializa el programa, así como empezar con el sistema de visión. Esto viene por defecto al cagar el Easy Editor.

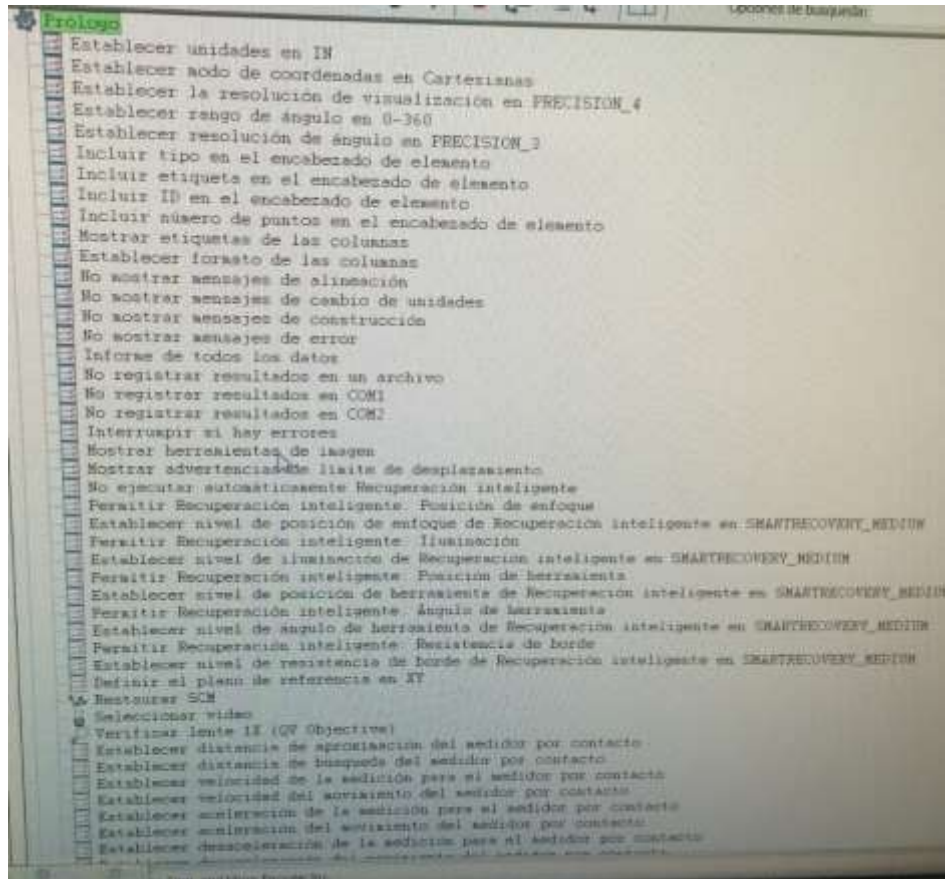


Figura 31. Prólogo de programa

Posteriormente se programó una tolerancia llamada Tol1. Se podrían haber programado todas juntas al comenzar el programa, pero para seguir una secuencia se programaron según necesidad para verificar cotas, resultaba más cómodo de esta manera, aunque es intrascendente. De este momento en adelante, ya no se nombrará la programación de las tolerancias, ya que con dejar bien definido una es suficiente para entender el funcionamiento de las demás.

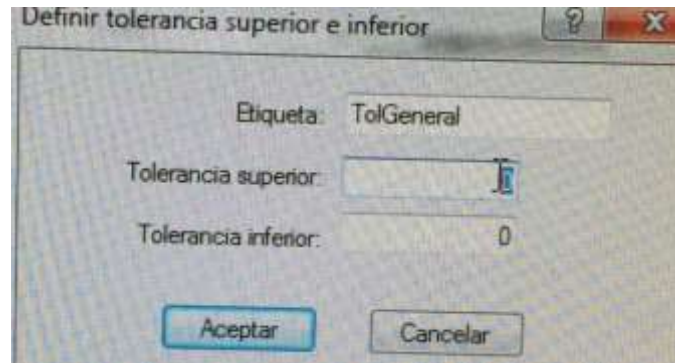


Figura 33. Definir Tolerancia

Las partes que llevan desplegable son aquellas que afectan directamente al movimiento y a la medición de la máquina. Todas las demás partes programadas son cálculos que hace directamente el programa, lo cual hace que no afecten a la trayectoria ni perjudiquen al ciclo de medición.

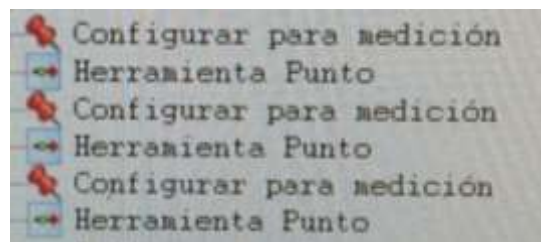


Figura 34. Configurar medición

La primera parte esta formada por la medición con la cámara, empezando por la cota 1. Por ello, las siguientes programaciones son: medir una línea 1 y un punto 1.

Este es el desplegable abierto cuando se programa una línea, círculo, punto, etc, con la parte por visión. Donde la configuración es la parte de la iluminación y posición y la

herramienta es el comando a emplear en la medición. En este programa se usa siempre la herramienta punto.

Seguidamente se calcula el punto intermedio entre la línea1 y el punto1 llamado puntomedio-22 y se proyecta sobre el plano Z para poder obtener correctamente el valor de una tolerancia geométrica (F61), como se verá más adelante.

Después, se define la primera cota F1, que no importa el momento en el que se programe ya que son cálculos que no suman tiempo al programa, siempre y cuando se esté configurando con mediciones ya medidas, evidentemente. En este programa se fueron calculando por norma general según se podía, por comodidad de ver resultados lo antes posible y no tener que esperar hasta la ejecución final del programa.

Más adelante, se puede observar la cota F11. Esta es una cota bastante complicada, ya que es la distancia entre las almenas pequeñas de una parte, y la almena grande de la otra. Como las almenas pequeñas acaban en curva y están en pulido brillo espejo, sacar la imagen de forma automática generaba errores de medición, por ello se decidió la medición manual de los puntos; punto-línea11a y punto-línea11b con ayuda de una imagen que salta a la pantalla para ayudar al operario a obtener correctamente los puntos. Además para obtener la cota se generó una línea con los puntos ya calculados en las almenas pequeñas (Línea-11) y posteriormente se programó dos puntos independientes en la almena grande, para obtener la distancia entre dichos puntos y la Línea-11. Se cogieron dos puntos y se calcularon dos distancias, ya que el plano pedía que se obtuviese las dos mediciones.

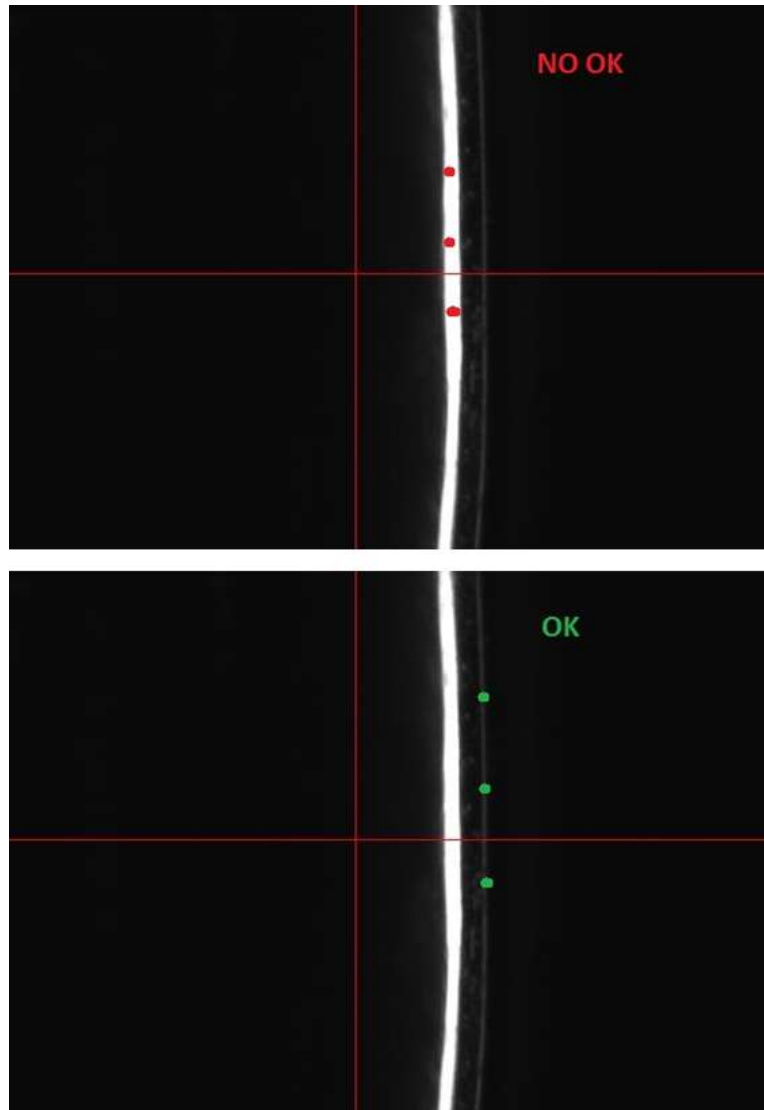


Figura 35. Imagen de programa

El siguiente punto a nombrar sobre el programa es la configuración del cambio de sistema, donde se programa el cambio para trabajar con el sistema de palpación.

La primera medición con la palpación es el círculo-40. Para después obtener la distancia entre el círculo (parte más cercana) y Línea-40 y de esta manera obtener la cota F40.

Se ha marcado en paréntesis la parte cercana, porque la máquina da la posibilidad de sacar la distancia entre una recta y un círculo a la parte más cercana, la más alejada y el centro, según interés.

En este caso es un arco, pero se generó un círculo teniendo en cuenta este detalle a la hora de calcular la distancia. Además, esta es de las cotas que se obtienen con una medición en el sistema de visión y otra en el sistema de palpación.

Tras medir el círculo 40, que es la parte curva de la almena grande, se mide el ancho de la almena con la distancia entre un punto y una recta que es línea-7 y punto de contorno-7.

Retomando el tema de la tolerancia geométrica F61 (tolerancia de simetría), no existen comandos que muestren dichas tolerancias directamente, sino que se debe sacar distancias entre elementos para obtenerla. Por ello, se calcula el puntomedio-22 que es el centro de las caras B que indica el plano de pieza. Se obtiene la bisectriz proyectada de la línea-7 y el punto de contorno-7, se obtiene la distancia entre el puntomedio-22 y dicha bisectriz, si esta distancia se encuentra dentro de ± 0.005 inch, cumple con la tolerancia de simetría.

A continuación se programa con el comando punto algunas medidas y se obtuvo dos cotas. Como se explicó en el apartado anterior, lo recomendable es emplear el comando punto de contorno cuando se usa el sistema de palpado, ya que el comando punto está más limitado y solamente se puede emplear cuando se van a tomar medidas en la misma dirección y sentido como es el caso de las cotas F-8 y F49. Se programó de esta forma para dar la explicación, ya que no afecta al programa, aunque posteriormente se emplearán todas las cotas como puntos de contorno, que es lo recomendable.

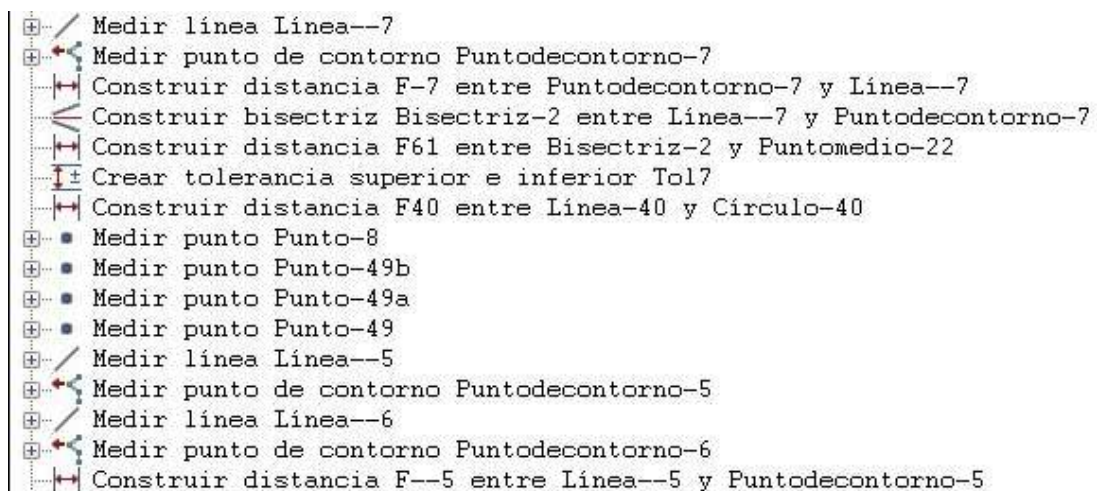


Figura 36. Programa

En el desplegable de la medición en los sistema de palpación aparece los movimientos de mesa configurados y la medición por contacto.

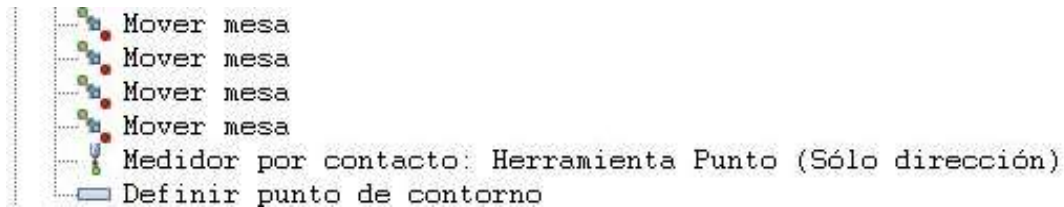


Figura 37. Programa

Los movimientos de mesa, también podrían configurarse fuera del desplegable, pero de esta forma queda más ordenado y es más sencillo editar y modificar la trayectoria de la máquina una vez finalizado el programa.

Por último, antes de realizar el cambio de palpador, se mide otra tolerancia geométrica, que es la planitud. En este caso, la máquina sí que tiene un comando para calcular dicha tolerancia directamente.

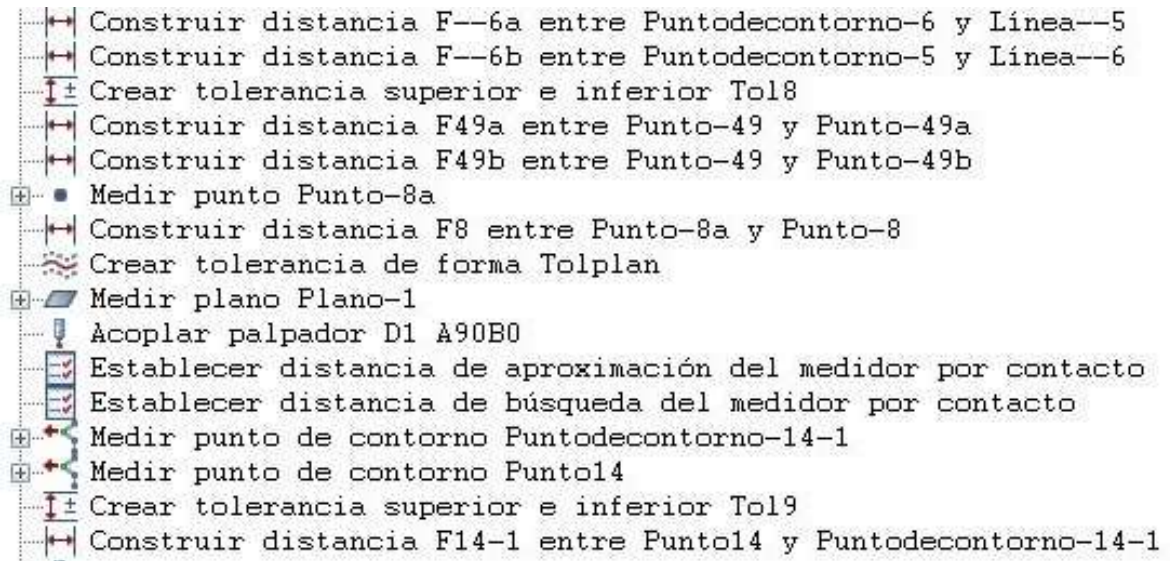


Figura 38. Programa

El siguiente cambio de palpador es sin cambio de cabezal, ya que simplemente, se configura una de las bolas que está en horizontal para poder acceder a puntos de la pieza que con la bola de diámetro 4mm en vertical no se podía. Esta configuración no supone ningún incremento de tiempo en el ciclo de máquina.

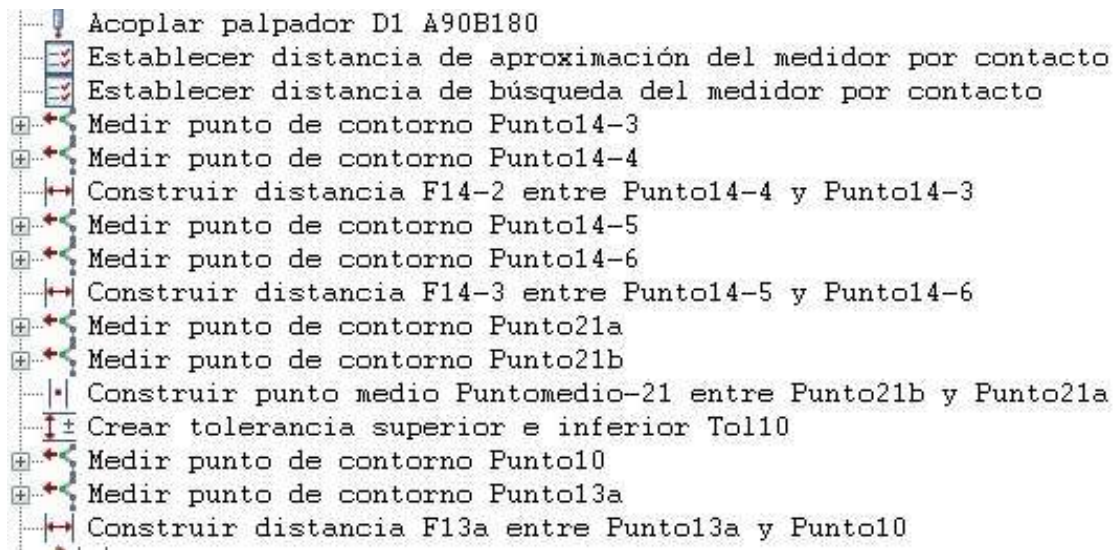


Figura 39. Programa

Se toman dos mediciones y se vuelve a realizar un cambio de palpador, configurando la bola que se encuentra en horizontal también, pero en el sentido contrario.

Se realizan varias mediciones y se vuelve a cambiar al palpador anterior, para volver posteriormente otra vez a este.

Hay esa variedad de cambios para optimizar la trayectoria de la máquina y hacer eficiente el movimiento de esta. Hay que tener en cuenta que estos cambios de palpador no suponen un cambio de cabezal, lo cual no supone tiempo extra de máquina.



Figura 40. Programa

A continuación se realiza el cambio otra vez al sistema de visión, y salta un mensaje al usuario que detiene la ejecución del programa hasta que el operario lee el mensaje y pulsa a aceptar.

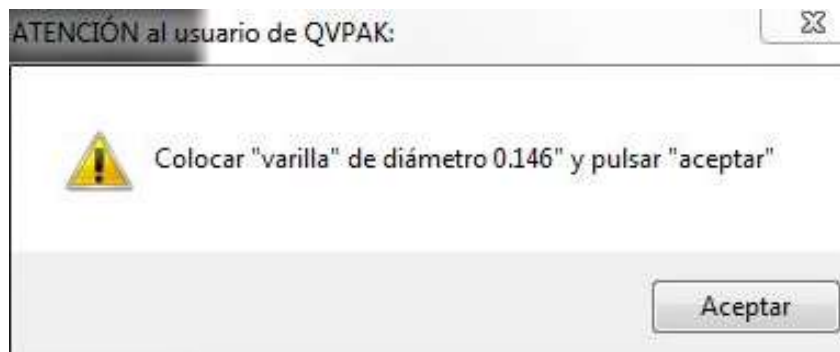


Figura 41. Programa

Esta medida es para obtener la cota F9, donde también combina el sistema de visión con el de palpado.



Figura 42. Varilla en pieza

Se emplea una varilla de peek, para no dejar marcas en el acabado pulido de la pieza.

Además, es una varilla controlada, ya que está calibrada, registrada y documentada por el departamento de calibración de la empresa.



Figura 43. Varilla de peek

Por último se establece el cambio de configuración al sistema de palpación, a un cabezal diferente al empleado anteriormente. Este está configurado especialmente para la cota F15, ya que se necesitaba una diámetro de bola en vertical muy pequeño para acceder a la zona de medición. Se usa una bola de diámetro 1mm.

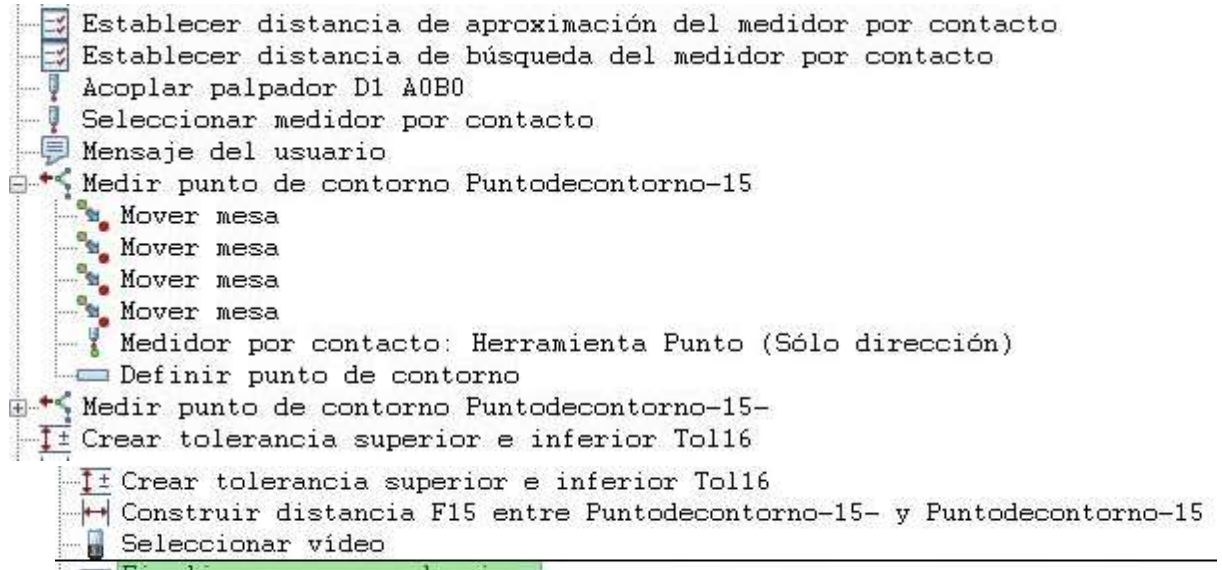
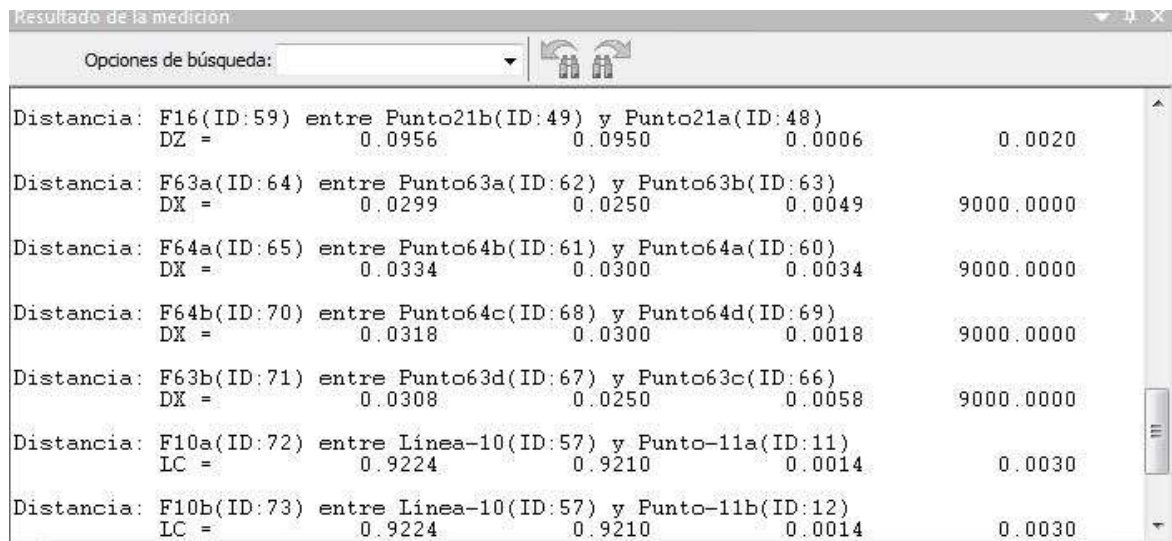


Figura 44. Programa

Para finalizar el programa se configura el sistema de visión. Siempre que se cierra un programa, si se encuentra en sistema de palpación, la máquina configura la visión por seguridad.

Para observar el resultado de las mediciones, se configura la tabla de resultados para tener información sobre: el nombre de la cota a medir, el valor real medido, valor nominal, diferencia entre real y nominal, tolerancia superior, tolerancia inferior y resultado (OK o NOK). Además el valor de las cotas NOK sale en rojo.



Resultado de la medición

Opciones de búsqueda:

Distancia: F16(ID:59) entre Punto21b(ID:49) y Punto21a(ID:48)	DZ =	0.0956	0.0950	0.0006	0.0020
Distancia: F63a(ID:64) entre Punto63a(ID:62) y Punto63b(ID:63)	DX =	0.0299	0.0250	0.0049	9000.0000
Distancia: F64a(ID:65) entre Punto64b(ID:61) y Punto64a(ID:60)	DX =	0.0334	0.0300	0.0034	9000.0000
Distancia: F64b(ID:70) entre Punto64c(ID:68) y Punto64d(ID:69)	DX =	0.0318	0.0300	0.0018	9000.0000
Distancia: F63b(ID:71) entre Punto63d(ID:67) y Punto63c(ID:66)	DX =	0.0308	0.0250	0.0058	9000.0000
Distancia: F10a(ID:72) entre Línea-10(ID:57) y Punto-11a(ID:11)	LC =	0.9224	0.9210	0.0014	0.0030
Distancia: F10b(ID:73) entre Línea-10(ID:57) y Punto-11b(ID:12)	LC =	0.9224	0.9210	0.0014	0.0030

Figura 45. Resultado medición

11. INSTRUCCIÓN DE TRABAJO PARA LA MEDICIÓN DE BANDEJAS TIBIALES

En este apartado se muestra un borrador de la instrucción de trabajo que se realizó para facilitar y estandarizar la operación a los operarios en el puesto de trabajo.

TÍTULO WORK INSTRUCTION: MEDICIÓN BANDEJAS TIBIALES


Sección A: Preparación medición con máquina Mitutoyo

Sección B: Ejecución de programas de bandejas tibiales

- 1.0 INTRODUCCION:** El objetivo de esta instrucción de trabajo es definir y documentar el proceso de medición de las bandejas tibiales en R.E.
- 2.0 REFERENCIAS:**
 - 2.1 Estándares:
 - 2.2 Documentos internos:
 - 2.3 Otros:
- 3.0 PRERREQUISITOS:** Estar formado en la máquina Mitutoyo.
- 4.0 RECURSOS NECESARIOS:** Máquina Mitutoyo, guantes, varilla de peek, útiles y llave allen 6.
- 5.0 SEGURIDAD:** La requerida para el puesto de trabajo
- 6.0 CALIDAD:** La requerida para el puesto de trabajo
- 7.0 HORA Y LUGAR:** R.E

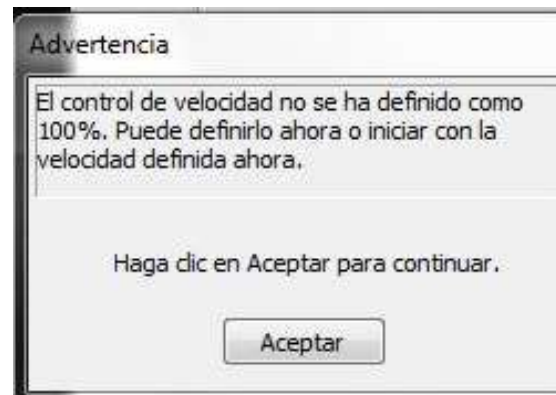
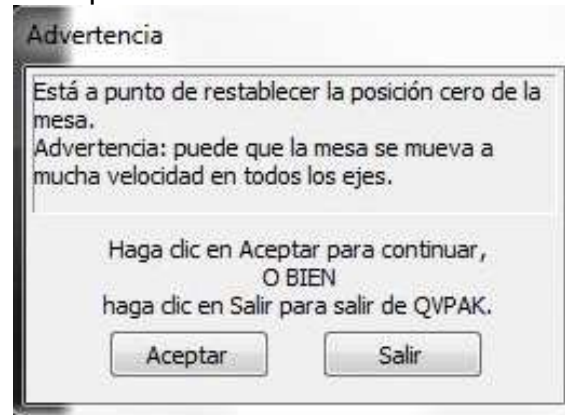
8.0 PROCEDIMIENTO:

SECCION A - Preparación medición con máquina Mitutoyo

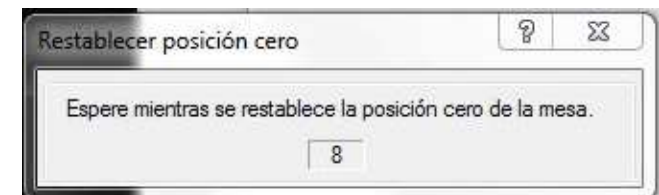
Paso	Comentario de realización	Comentarios adicionales (Seguridad/ Calidad/Visual/Recursos...)
1. Encender CPU		
2. Encender máquina	La máquina se enciende desde el joystick	 The image shows the control panel of a Mitutoyo machine. It features a blue top section with a digital display showing '8.8.8.8'. To the left of the display is a 'SPEED' knob. To the right is a red emergency stop button. A red arrow points to a small green power button located to the left of the display. Below the display are three green buttons labeled 'CANCEL', 'Y', 'HOME', and 'RECALL'. At the bottom, there are three joysticks labeled 'Y', 'Z', and 'X' with directional arrows.




3. Abrir programa
QVPAK8000.Ver10.002

Asegurarse que no hay nada en la mesa que provoque alguna colisión y pulsar aceptar en las dos advertencias consecutivas que aparecen.

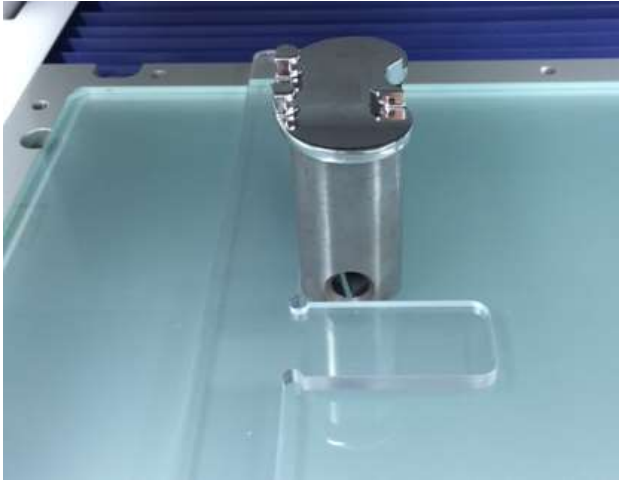


Esperar a que se establezca el cero de mesa

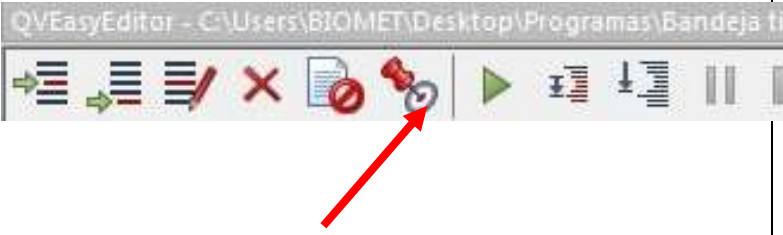


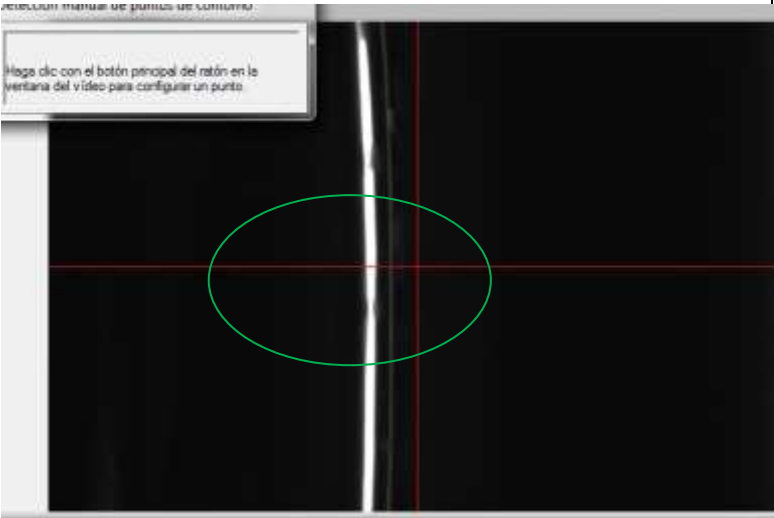
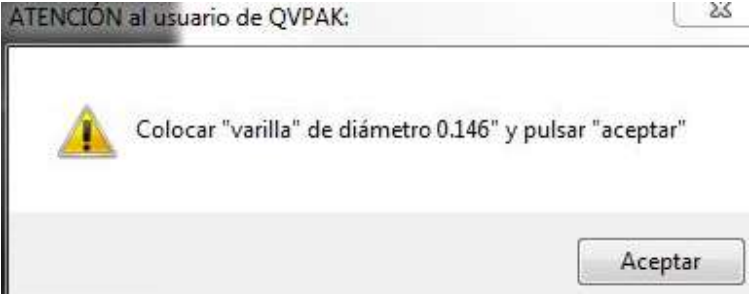
Paso	Comentario de realización	Comentarios adicionales (Seguridad/ Calidad/Visual/Recursos...)
4. Colocar pieza en el útil	<p>Dependiendo del tipo de pieza emplearemos un útil determinado.</p> <p>NOTA: Las piezas deben de quedar bien asentadas en el útil para no fallar en la medición</p>	<p>Vástago cuadrado</p>  <p>Vástago quilla</p>  

Diseño y programación del procedimiento de verificación dimensional de la bandeja tibial, de una prótesis de rodilla

Paso	Comentario de realización	Comentarios adicionales (Seguridad/ Calidad/Visual/Recursos...)
5. Posicionar útil en máquina	Colocar como muestra la imagen.	

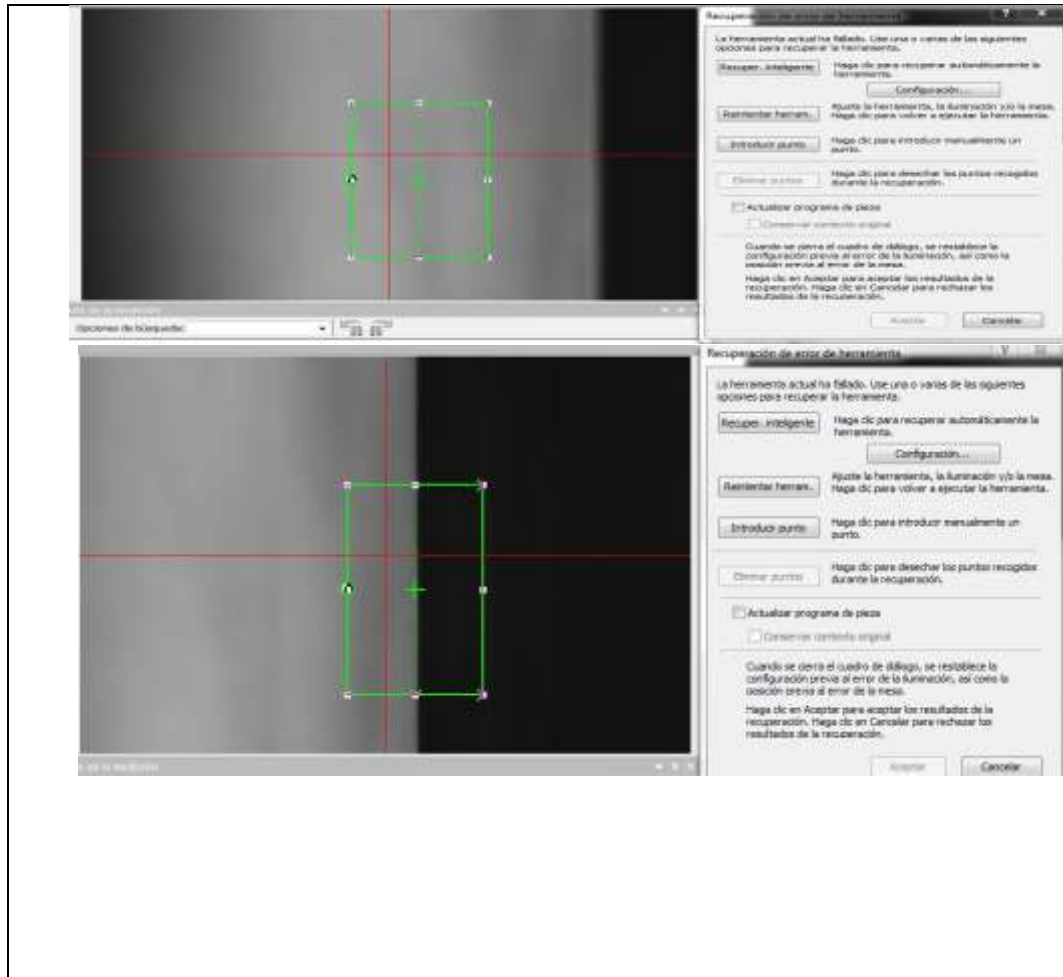
SECCION B - Ejecución de programas de bandejas tibiales

Paso	Comentario de realización	Comentarios adicionales (Seguridad/ Calidad/Visual/Recursos...)
1. Abrir programa de pieza	Abrir el programa de la talla requerida con la ruta: Escritorio:/Programas:/Elegir carpeta del vástago requerido (cuadrado o quilla):/Elegir programa de la talla requerida	
2. Ejecución del programa	Click en el botón de ejecutar	 A screenshot of a software toolbar from a window titled 'QVEasyEditor - C:\Users\BIOMET\Desktop\Programas\Bandeja ti'. The toolbar contains several icons: a green arrow pointing right, a red arrow pointing right, a pencil, a red 'X', a document with a red circle and slash, a red pushpin, a green play button, a vertical double-headed arrow, a downward arrow, and a vertical double bar. A red arrow points to the green play button.

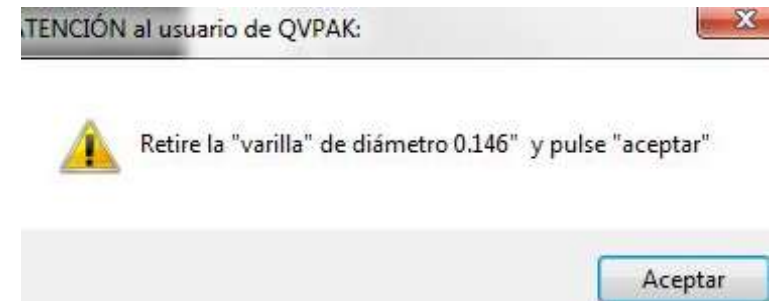
<p>3. Control de ejecución</p>	<p>Es una ejecución semiautomática, por lo que se debe de controlar en todo momento el programa.</p> <p>NOTA: Se requiere formación de la máquina para ajustar la medición manual.</p> <p>NOTA: Seguir los siguientes pasos para ajustar medición de la máquina por visión en ocasiones puntuales donde se encuentra fuera de rango la medición.</p> <ol style="list-style-type: none">1. Ajustar la imagen con joystick2. Pulsar “recuperación inteligente”3. Aceptar si ha sido satisfactorio.	<p>-Colocar puntos manuales como muestra la imagen, en la línea fina:</p>  <p>-Colocar la varilla de peek de 0.146” cuando lo indique el programa como muestra la imagen</p> 
--------------------------------	--	---



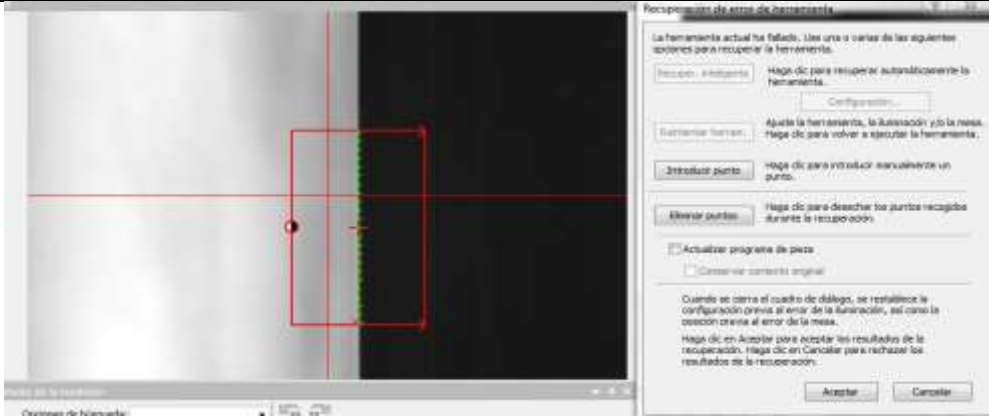
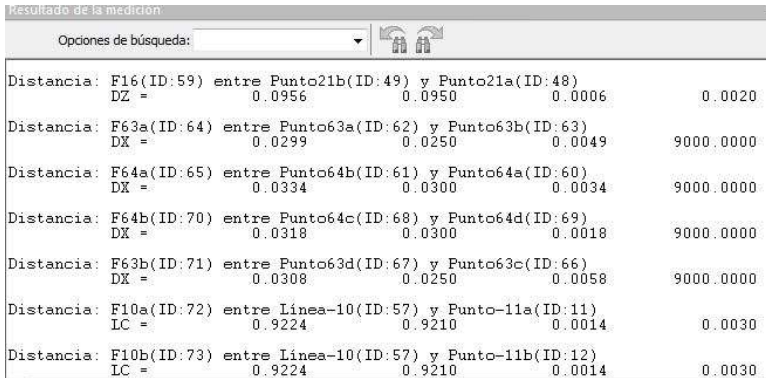
Diseño y programación del procedimiento de verificación dimensional de la bandeja tibial, de una prótesis de rodilla



-Quitar varilla de peek de 0.146" cuando lo indique el programa como muestra la imagen



Diseño y programación del procedimiento de verificación dimensional de la bandeja tibial, de una prótesis de rodilla

																																																																																																																					
<p>4. Comprobación mediciones</p>	<p>Una vez finalizado el programa se comprobará el resultado de las mediciones.</p>	 <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="5">Resultado de la medición</th> </tr> <tr> <th colspan="5">Opciones de búsqueda:</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Distancia:</td> <td>F16(ID:59)</td> <td>entre</td> <td>Punto21b(ID:49)</td> <td>y Punto21a(ID:48)</td> </tr> <tr> <td>DZ =</td> <td>0.0956</td> <td></td> <td>0.0950</td> <td>0.0006</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0.0020</td> </tr> <tr> <td>Distancia:</td> <td>F63a(ID:64)</td> <td>entre</td> <td>Punto63a(ID:62)</td> <td>y Punto63b(ID:63)</td> </tr> <tr> <td>DX =</td> <td>0.0299</td> <td></td> <td>0.0250</td> <td>0.0049</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>9000.0000</td> </tr> <tr> <td>Distancia:</td> <td>F64a(ID:65)</td> <td>entre</td> <td>Punto64b(ID:61)</td> <td>y Punto64a(ID:60)</td> </tr> <tr> <td>DX =</td> <td>0.0334</td> <td></td> <td>0.0300</td> <td>0.0034</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>9000.0000</td> </tr> <tr> <td>Distancia:</td> <td>F64b(ID:70)</td> <td>entre</td> <td>Punto64c(ID:68)</td> <td>y Punto64d(ID:69)</td> </tr> <tr> <td>DX =</td> <td>0.0318</td> <td></td> <td>0.0300</td> <td>0.0018</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>9000.0000</td> </tr> <tr> <td>Distancia:</td> <td>F63b(ID:71)</td> <td>entre</td> <td>Punto63d(ID:67)</td> <td>y Punto63c(ID:66)</td> </tr> <tr> <td>DX =</td> <td>0.0308</td> <td></td> <td>0.0250</td> <td>0.0058</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>9000.0000</td> </tr> <tr> <td>Distancia:</td> <td>F10a(ID:72)</td> <td>entre</td> <td>Linea-10(ID:57)</td> <td>y Punto-11a(ID:11)</td> </tr> <tr> <td>IC =</td> <td>0.9224</td> <td></td> <td>0.9210</td> <td>0.0014</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0.0030</td> </tr> <tr> <td>Distancia:</td> <td>F10b(ID:73)</td> <td>entre</td> <td>Linea-10(ID:57)</td> <td>y Punto-11b(ID:12)</td> </tr> <tr> <td>IC =</td> <td>0.9224</td> <td></td> <td>0.9210</td> <td>0.0014</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0.0030</td> </tr> </tbody> </table>	Resultado de la medición					Opciones de búsqueda:					Distancia:	F16(ID:59)	entre	Punto21b(ID:49)	y Punto21a(ID:48)	DZ =	0.0956		0.0950	0.0006					0.0020	Distancia:	F63a(ID:64)	entre	Punto63a(ID:62)	y Punto63b(ID:63)	DX =	0.0299		0.0250	0.0049					9000.0000	Distancia:	F64a(ID:65)	entre	Punto64b(ID:61)	y Punto64a(ID:60)	DX =	0.0334		0.0300	0.0034					9000.0000	Distancia:	F64b(ID:70)	entre	Punto64c(ID:68)	y Punto64d(ID:69)	DX =	0.0318		0.0300	0.0018					9000.0000	Distancia:	F63b(ID:71)	entre	Punto63d(ID:67)	y Punto63c(ID:66)	DX =	0.0308		0.0250	0.0058					9000.0000	Distancia:	F10a(ID:72)	entre	Linea-10(ID:57)	y Punto-11a(ID:11)	IC =	0.9224		0.9210	0.0014					0.0030	Distancia:	F10b(ID:73)	entre	Linea-10(ID:57)	y Punto-11b(ID:12)	IC =	0.9224		0.9210	0.0014					0.0030
Resultado de la medición																																																																																																																					
Opciones de búsqueda:																																																																																																																					
Distancia:	F16(ID:59)	entre	Punto21b(ID:49)	y Punto21a(ID:48)																																																																																																																	
DZ =	0.0956		0.0950	0.0006																																																																																																																	
				0.0020																																																																																																																	
Distancia:	F63a(ID:64)	entre	Punto63a(ID:62)	y Punto63b(ID:63)																																																																																																																	
DX =	0.0299		0.0250	0.0049																																																																																																																	
				9000.0000																																																																																																																	
Distancia:	F64a(ID:65)	entre	Punto64b(ID:61)	y Punto64a(ID:60)																																																																																																																	
DX =	0.0334		0.0300	0.0034																																																																																																																	
				9000.0000																																																																																																																	
Distancia:	F64b(ID:70)	entre	Punto64c(ID:68)	y Punto64d(ID:69)																																																																																																																	
DX =	0.0318		0.0300	0.0018																																																																																																																	
				9000.0000																																																																																																																	
Distancia:	F63b(ID:71)	entre	Punto63d(ID:67)	y Punto63c(ID:66)																																																																																																																	
DX =	0.0308		0.0250	0.0058																																																																																																																	
				9000.0000																																																																																																																	
Distancia:	F10a(ID:72)	entre	Linea-10(ID:57)	y Punto-11a(ID:11)																																																																																																																	
IC =	0.9224		0.9210	0.0014																																																																																																																	
				0.0030																																																																																																																	
Distancia:	F10b(ID:73)	entre	Linea-10(ID:57)	y Punto-11b(ID:12)																																																																																																																	
IC =	0.9224		0.9210	0.0014																																																																																																																	
				0.0030																																																																																																																	
<p>5. Quitar el útil de máquina.</p>																																																																																																																					
<p>6. Quitar pieza del útil.</p>																																																																																																																					

DOCUMENTO N°2

**DISEÑO Y PROGRAMACION DEL PROCEDIMIENTO
DE VERIFICACIÓN DIMENSIONAL DE LA
BANDEJA TIBIAL, DE UNA PROTESIS DE RODILLA**

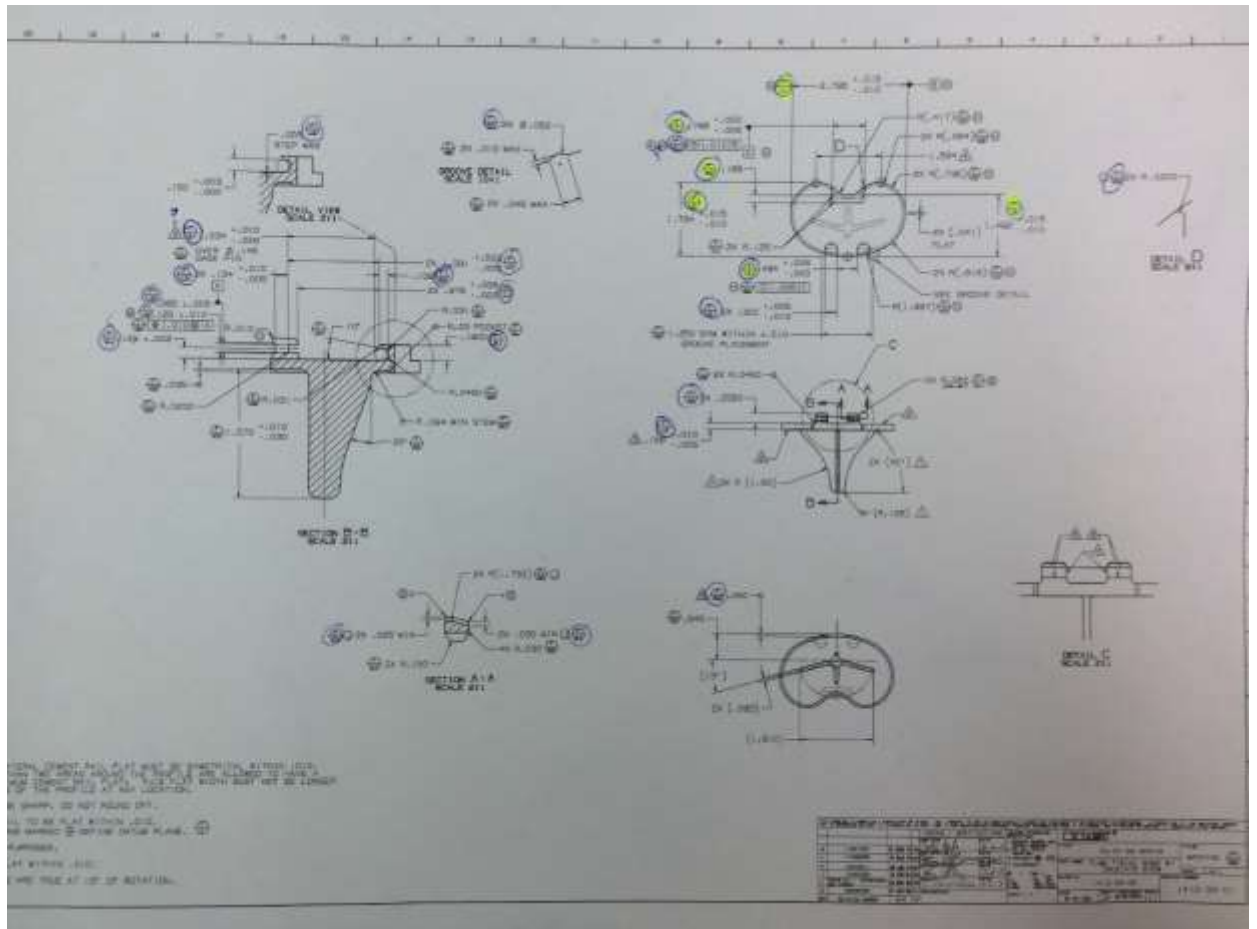
PLANOS

INDICE DE PLANOS

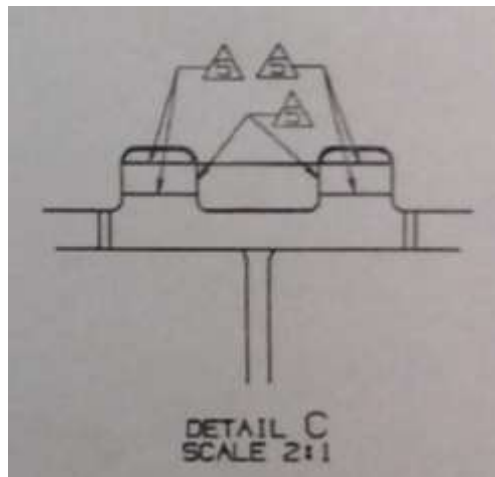
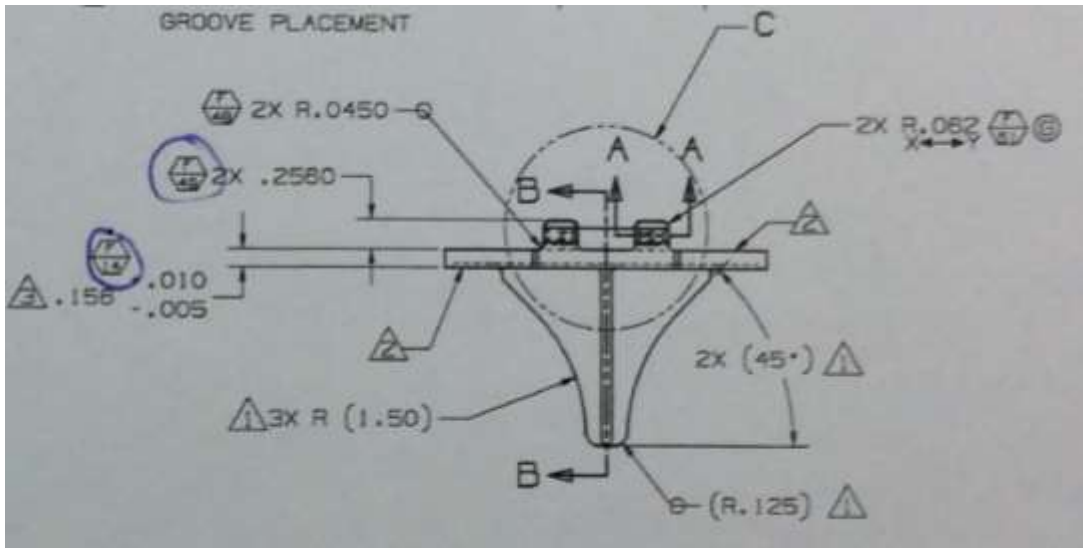
PLANOS.....	71
Plano Bandeja Tibial	71
Plano utillajes	77

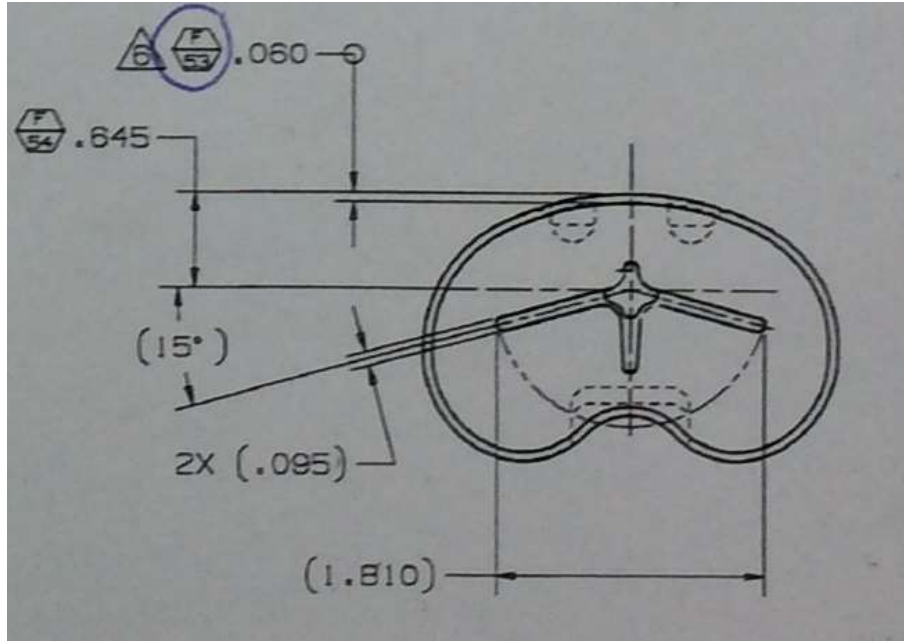
PLANOS

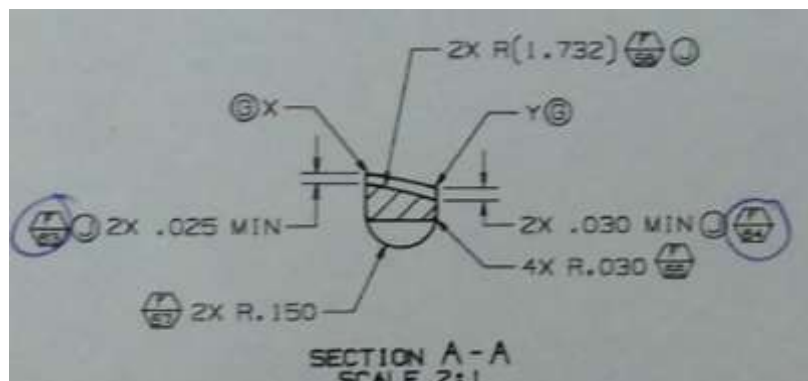
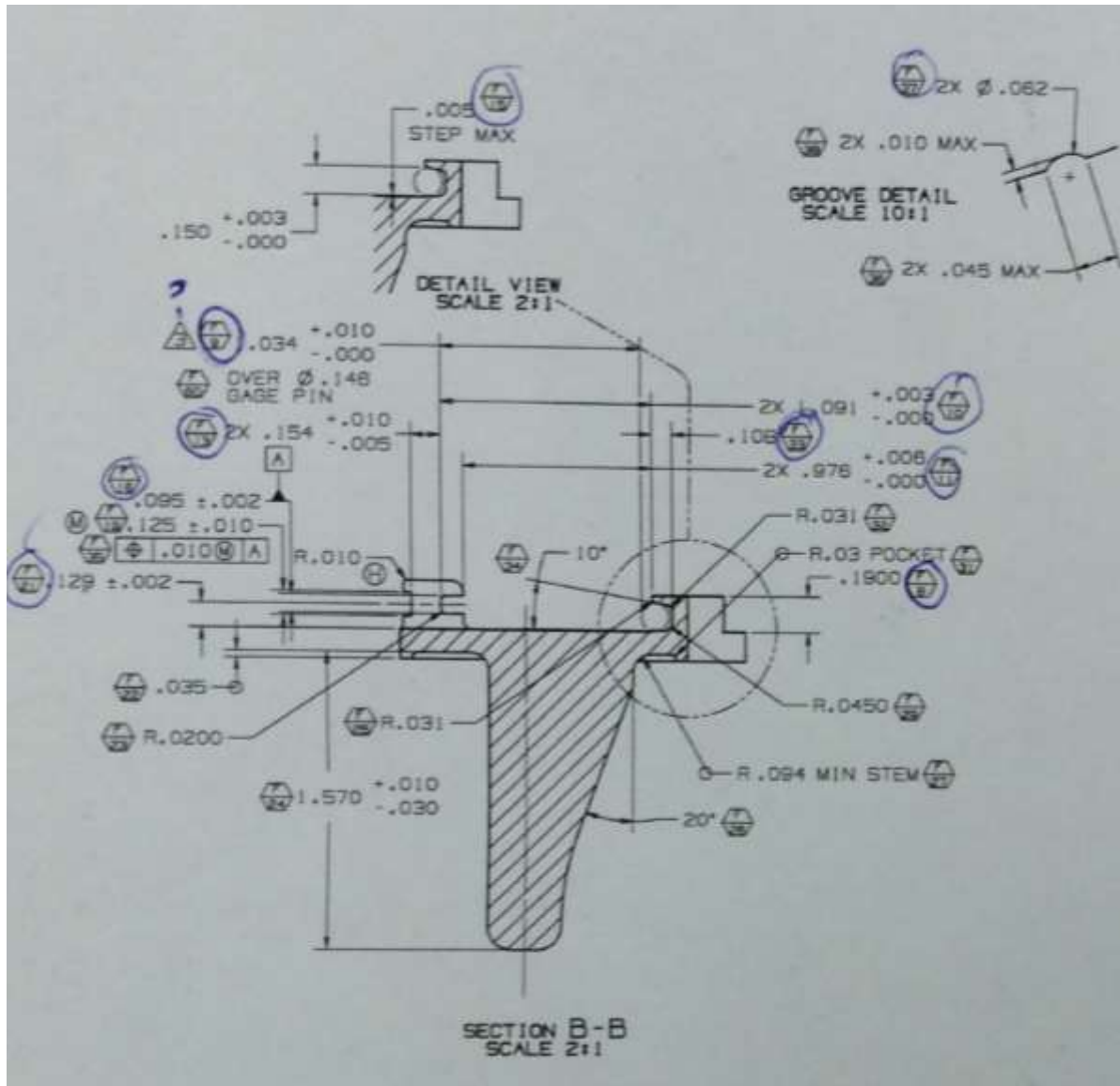
Plano Bandeja Tibial



Diseño y programación del procedimiento de verificación dimensional de la bandeja tibial, de una prótesis de rodilla







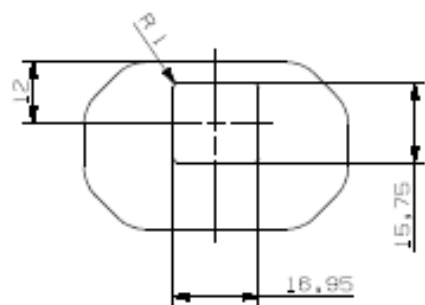
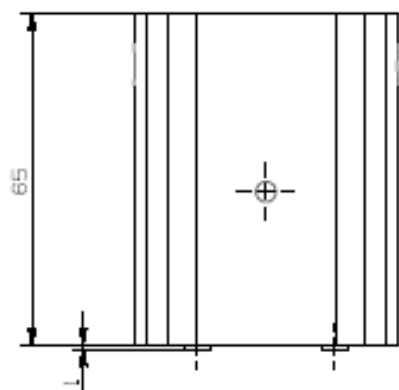
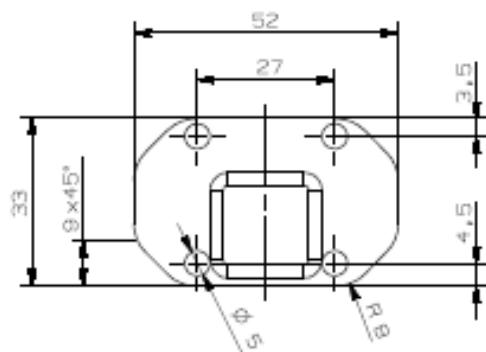
Diseño y programación del procedimiento de verificación dimensional de la bandeja tibial, de una prótesis de rodilla

CHECKS / VERIFICATIONS		DATE		MATERIAL	
M	11061006	15 APR 1978	5-6-11	CO-CR-MO MAXIM	71MM TIBIAL BASE W/ CRUCIATE STEM
L	11062000	21 MAR 1978	5-6-11	1412-33-02	1412-33-01
K	11063001	28 APR 1978	7-6-11		
J	11064000	18 FEB 1978	7-6-11		
H	11065000	25 NOV 1978	7-6-11		
G	11066000	21 APR 1978			
F	11067000				
E	11068000				
D	11069000				
C	11070000				
B	11071000				
A	11072000				

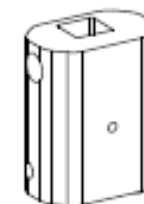
- ⊕ CHAMFER ON .3 RADIUS.
 - ⊕ .031 RADIUS EXISTS WHERE .100 X 25° CHAMFER IS NOT PRESENT.
 - ⊕ MEDIAL LATERAL CEMENT RAIL FLAT MUST BE SYMMETRICAL WITHIN .010.
 - ⊕ NO MORE THAN TWO AREAS AROUND THE PROFILE ARE ALLOWED TO HAVE A .025 MINIMUM CEMENT RAIL FLAT; THIS FLAT WIDTH MUST NOT BE LONGER THAN .125 OF THE PROFILE AT ANY LOCATION.
 - ⊕ LEAVE EDGE SHARP. DO NOT ROUND OFF.
 - ⊕ BOTTOM RAIL TO BE FLAT WITHIN .010.
 - ⊕ 3 POSITIONS MARKED ⊕ DEFINE DATUM PLANE. ⊕
 - ⊕ FOR GAGE PURPOSES.
 - ⊕ SURFACE FLAT WITHIN .010.
 - ⊕ DIMENSIONS ARE TRUE AT 15° OF ROTATION.
- NOTE:

Diseño y programación del procedimiento de verificación dimensional de la bandeja tibial, de una prótesis de rodilla

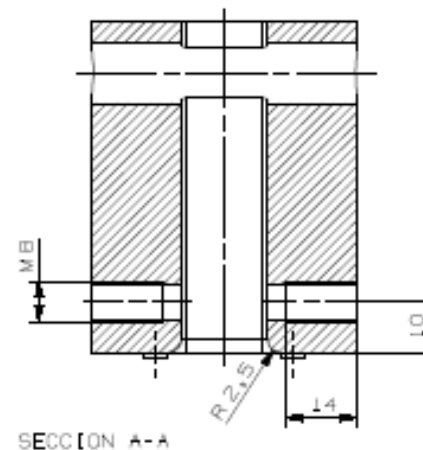
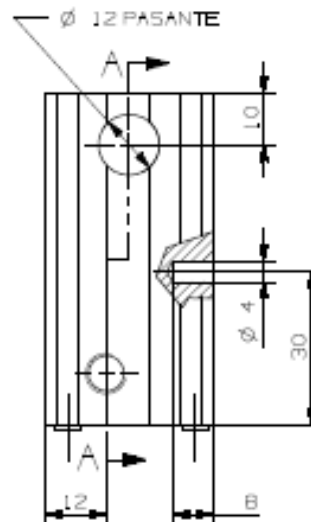
REF.
URM I - 002



DOCUMENT No.	
3	URM I - 002 A
FILE URM I - 002_A.dwg	



ESCALA 1:2



SECCION A-A

REV.	CON.	DESCRIPTION	DATE	APPR.

DESARROLLO TÉCNICO DISEÑO Y PROGRAMACIÓN DISEÑO TÉCNICO DISEÑO 2D DISEÑO 3D DISEÑO 2D DISEÑO 3D DISEÑO 2D DISEÑO 3D	DRAWN J.M. OJEDA CHECKED M. MEDRANO APPROVED A. SERRA	DATE 02 DEC 2017 DATE 02 DEC 2017 DATE 02 DEC 2017
NO OBRAR EN COPIAL NO OBRAR EN FOTOCOPIA NO OBRAR EN REPRODUCCIÓN NO OBRAR EN REPRODUCCIÓN NO OBRAR EN REPRODUCCIÓN NO OBRAR EN REPRODUCCIÓN	MEDICAL F-0002 SCALE 1/2	STANDARD F-0002 PARTS DT

		Comet Spain Orthopedics, S.L. 48968 Puente del Jero Valencina - SPAIN
TITLE • UTILIAJE RECON		
UTIL MEDICION BANDEJA TIBIAL PERFIL EN I		
3	URM I - 002 A	

DOCUMENTO N°3

**DISEÑO Y PROGRAMACION DEL PROCEDIMIENTO
DE VERIFICACIÓN DIMENSIONAL DE LA
BANDEJA TIBIAL, DE UNA PROTESIS DE RODILLA**

PRESUPUESTO

PRESUPUESTO

Concepto	Cantidad	Coste/unidad	Coste total
<i>Máquina De Visión</i>	1	40.000€	40.000€
<i>Licencia De Software</i>	1	20.000€	20.000€
<i>CPU + Pantalla + Ratón + Teclado</i>	1	800€	800€
<i>Utillajes (Diseño y Producción)</i>	1	450€	450€
<i>Horas ingeniero</i>	1	12.600€	12.600€
<i>Calibración de máquina</i>	1	4.000€	4.000€
<i>Herramientas</i>	1	50€	50€
TOTAL			77.900€

DOCUMENTO N°4

**DISEÑO Y PROGRAMACION DEL PROCEDIMIENTO
DE VERIFICACIÓN DIMENSIONAL DE LA
BANDEJA TIBIAL, DE UNA PROTESIS DE RODILLA**

ANEXOS

INDICE ANEXOS

ANEXOS.....	82
Pauta de inspección	82
Certificado de calibración (máquina visión)	85
Certificado de calibración (máquina de palpación).....	91
Registro de calibración de máquina.....	97
Listado del programa de verificación de la pieza	98

ANEXOS

Pauta de inspección

Diseño y programación del procedimiento de verificación dimensional de la bandeja tibial, de una prótesis de rodilla

REGISTRO DE AUTOINSPECCIÓN ADICIONAL AL MATERIAL

REGISTRO DE AUTOINSPECCIÓN	N° Documento: RA-5119	Revisión: E
	Preparado por:	Revisado por:
	Conforme Inspección	Conforme Ingeniería:
	Conforme Producción	Conforme I + D
	Aprobado por:	

DESCRIPCIÓN: BAND VAST QUILLA TIRIN PULIDA	Referencia: 1412538F	Cantidad: 0,000
	Orden de Producción:	Lote:

Operaciones

Cod. Op.	Descripción de Operación	Cod. Puesto	Descripción Puesto de Trabajo
----------	--------------------------	-------------	-------------------------------

OP	CARACTERÍSTICAS	n	CL	AC	REC	AC RE	AC DE	FIRMA Y FECHA	Em p N°	INSTRUMENTOS DE CONTROL	N° SERIE
✓ RE 01	DOCUMENTACIÓN Y CERTIFICADOS		C							VISUAL/MANUAL	
RE 01	LONGITUD (F9)		M							MAQUINA VISION VERTEX (157)	
RE 01	LONGITUD (F13)		M							MAQUINA VISION VERTEX (157)	
RE 01	DISTANCIA (F5)		M							MAQUINA VISION VERTEX (157)	
RE 01	ANCHO (F6), (F7) ALTURA (F8)		M							MAQUINA VISION VERTEX (157)	
RE 01	PLANITUD (NOTA 2)		M							MAQUINA VISION VERTEX (157)	
RE 01	LONGITUD (F10)		M							MAQUINA VISION VERTEX (157)	
RE 01	LONGITUD (F11)		M							MAQUINA VISION VERTEX (157)	
RE 01	DISTANCIA (F16)		M							MAQUINA VISION VERTEX (157)	
RE 01	ALTURA (F21)		M							MAQUINA VISION VERTEX (157)	
RE 01	ALTURA F49		M							MAQUINA VISION VERTEX (157)	
RE 01	CENTRADO (F61)		C							MAQUINA VISION VERTEX (157)	
RE 01	ANCHO RAIL (F53)		M							MAQUINA VISION VERTEX (157)	
RE 01	ANCHO F1 ANCHO F2		C							MAQUINA VISION VERTEX (157)	
RE 01	PASO MAXIMO (F15)		M							MAQUINA VISION VERTEX (157)	

Diseño y programación del procedimiento de verificación dimensional de la bandeja tibial, de una prótesis de rodilla

REGISTRO DE AUTOINSPECCIÓN ADICIONAL AL MATERIAL											
REGISTRO DE AUTOINSPECCIÓN						N° Documento: RA-5119			Revisión: E		
DESCRIPCIÓN: BAND VAST QUILLA 71MM PULIDA						Referencia: 141253SF			Cantidad: 0,000		
						Orden de Producción:			Lote:		
OP	CARACTERÍSTICAS	n	CL	AC	REC	AC RE	AC DE	FIRMA Y FECHA	Em p N°	INSTRUMENTOS DE CONTROL	N° SERIE
										VERTEX (157)	
RE	01 DISTANCIA (F40)		M							MAQUINA VISION VERTEX (157)	
RE	01 ESPESOR (F14) EN 3 PUNTOS		M							MAQUINA VISION VERTEX (157)	
RE	01 PROFUNDIDAD (F63), (F64)		M							MAQUINA VISION VERTEX (157)	
RE	01 DIMENSIONES (F33), (F34)		M							TAMPON CILINDR. GPP-1723 (430)	
RE	01 RUGOSIDAD MINIMA Ra 4.3 S/NOTA 5		M							RUGOSIMETRO (22)	
RE	01 RANURA (F37)		M							VISUAL	
RE	01 RADIO (F68) X2		C							VISUAL	
RE	01 ACABADO COSMETICO ARENADO		C							VISUAL	
RE	01 ACABADO COSMETICO PULIDO		C							VISUAL	

MATERIALES ASOCIADOS A LA PAUTA 5119

N° Material	Descripción Material
141250SF	BAND VAST QUILLA 59MM PULIDA
141251SF	BAND VAST QUILLA 63MM PULIDA
141252SF	BAND VAST QUILLA 67MM PULIDA
141253SF	BAND VAST QUILLA 71MM PULIDA
141254SF	BAND VAST QUILLA 75MM PULIDA
141255SF	BAND VAST QUILLA 79MM PULIDA
141256SF	BAND VAST QUILLA 83MM PULIDA
141257SF	BAND VAST QUILLA 87MM PULIDA
141258SF	BAND VAST QUILLA 91MM PULIDA

Certificado de calibración (máquina visión)



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Certificate of calibration
Número 2012/1586
Number
Pagina 1 de 6 paginas
Page of pages

SARIKAL LABORATORIO, S.A.

C/ San Antolin, Nº9
20870 Elgoibar - GIPUZKOA
Tel. 943 743830 - Fax 943 743801
Email: sarikal@sarikal.es
http://www.sarikal.es



OBJETO MÁQUINA DE VISIÓN
Item

MARCA MITUTOYO
Mark

MODELO QVT1-E202P1L-C
Model

IDENTIFICACIÓN 001181107
Identification

SOLICITANTE BIOMET SPAIN ORTHOPAEDICS, S.L.
Applicant C/ Islas Baleares 50
46988 PATERNA
VALENCIA

FECHA/S DE CALIBRACIÓN 23/05/2012
Date/s of Calibration

Signatario/s autorizado/s
Authorized signatory/ies

Fecha de emisión: 4 de junio de 2012
Date of issue



Firmado digitalmente por
NOMBRE IGARTUA
ARRAZOLA AGA ENRIQUE -
Nº 15309432
Fecha: 2012.06.06 09:58:39
+0200

Enrique Igartua
Responsable Técnico

Este certificado se expide de acuerdo con las condiciones de la acreditación concedida por ENAC, que ha comprobado las capacidades de medida del laboratorio y su trazabilidad a patrones nacionales e internacionales.

ENAC es firmante de Acuerdo de Reconocimiento Mutuo (MRA) de calibración de European Cooperation for Accreditation (EA) y de International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC).

This certificate is issued in accordance with the conditions of accreditation granted by ENAC which has assessed the measurement capability of the laboratory and its traceability to national or international standards.

ENAC is one of the signatories of the Multilateral Agreement of the European Cooperation for Accreditation (EA) and the International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC).



1. IDENTIFICACIÓN DEL EQUIPO A CALIBRAR

DENOMINACIÓN: MÁQUINA DE VISIÓN
MARCA: MITUTOYO
MODELO: QVT1-E202P1L-C
Nº DE SERIE: 001181107
COD. CLIENTE: 001181107
CAMPO DE MEDIDA: X= 250 mm Y= 200 mm Z= 200 mm
RANGO CALBRADO: X= 250 mm Y= 200 mm Z= 200 mm
DIVISIÓN DE ESCALA: 0.0001 mm
FECHA DE RECEPCIÓN: No aplica.
ACCESORIOS: No aplica.
LUGAR DE CALIBRACIÓN: BIOMET SPAIN ORTHOPAEDICS, S.L.(C/ Islas Baleares 50;46988 PATERNA;VALENCIA)
OBSERVACIONES: No aplica.

2. PATRONES UTILIZADOS EN LA CALIBRACIÓN

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	TRAZABILIDAD	Fecha prox. cal.
321	REGLA DE VIDRIO	CEM	27/02/2013
100009	BLOQUES LONGITUDINALES GRA	ENAC	17/01/2014
311 0000 0198Tb	TERMÓMETRO DIGITAL	ENAC	15/03/2014

NOTA: Los patrones e instrumentos empleados en la calibración tienen garantizada su trazabilidad a través de los Laboratorios reconocidos por ENAC u otra entidad de EAL.

3. CONDICIONES AMBIENTALES

TEMPERATURA: 25,0 -25,5 °C
HUMEDAD RELATIVA: —

4. METODOLOGÍA DE CALIBRACIÓN

Se realiza la calibración colocando la cala de referencia alineado con el eje a calibrar en cada uno de los casos: ejes X, Y. Para la calibración del eje Z, se utiliza el juego de 10 bloques patrón. En cada uno de los casos se toman 10 medidas en cada uno de los puntos de calibración.

La toma de datos se realiza en pasos de 20 o 40 mm, dependiendo de la longitud del eje a calibrar. Y cada 100mm para los ejes de medida superiores a 400mm.

PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN: PC/03

5. RESULTADOS OBTENIDOS EN LA CALIBRACIÓN

A continuación se presentan los datos obtenidos en la calibración del equipo, recogiendo dichos resultados en las siguientes tablas, divididas por cada eje de medida.

EJE X: Se comienza en el cero del eje X y se mide en dirección positiva.

		Puntos de calibración (mm)													
		0	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200			
Desviación (µm)	1	0.0	0.5	0.6	1.3	1.8	2.2	3.1	3.3	4.0	5.1	5.2			
	2	-0.1	0.4	0.8	1.7	2.1	3.1	3.0	3.7	4.2	5.4	5.7			
	3	-0.6	1.0	1.2	1.8	2.7	3.2	3.2	3.9	4.5	5.5	6.1			
	4	0.4	0.6	1.0	1.8	2.7	3.2	3.0	3.8	4.7	5.6	5.7			
	5	0.4	0.8	0.8	1.6	2.3	2.5	2.8	3.4	4.0	5.1	5.3			
	6	0.1	0.9	0.9	1.3	1.8	2.9	3.0	3.2	4.3	5.1	5.5			
	7	0.1	0.3	0.9	1.5	1.8	2.9	2.8	3.6	3.9	5.1	5.7			
	8	0.2	0.7	0.8	1.3	2.4	2.8	2.7	3.1	4.3	5.1	5.1			
	9	0.0	0.3	0.8	1.4	1.7	2.5	3.3	3.7	4.3	5.2	5.5			
	10	0.3	0.5	1.0	1.4	2.2	2.6	2.6	3.4	3.8	4.9	5.2			
	X	0.06	0.57	0.89	1.52	2.14	2.81	2.97	3.52	4.19	5.20	5.50			
	C	-0.06	0.05	0.28	0.24	0.32	0.21	0.66	0.83	0.86	0.40	0.67			
	Sc	0.27	0.24	0.16	0.20	0.35	0.33	0.22	0.29	0.27	0.23	0.29			
	U	0.30	0.30	0.40	0.40	0.50	0.50	0.50	0.60	0.60	0.70	0.70			

TEMPERATURA: 25.20 °C
 Incertidumbre Calibración (U): ± 0.70 µm (k=2)

EJE Y: Se comienza en el cero del eje Y y se mide en dirección positiva.

		Puntos de calibración (mm)												
		0	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200		
Desviación (µm)	1	0.0	0.9	1.8	2.5	3.4	4.1	4.6	4.7	5.7	6.6	7.0		
	2	-0.2	1.0	1.8	2.4	3.3	4.1	4.7	4.8	5.6	6.5	7.1		
	3	0.2	1.0	2.0	2.5	3.3	4.1	4.8	4.8	5.8	6.6	7.0		
	4	0.0	1.2	2.2	2.6	3.6	4.2	5.1	5.0	6.0	6.8	7.2		
	5	0.1	1.0	2.0	2.3	3.4	4.0	4.8	4.8	5.8	6.6	7.0		
	6	-0.1	1.0	2.0	2.4	3.4	4.3	4.9	4.9	5.8	6.5	7.1		
	7	0.0	1.0	2.0	2.4	3.2	4.0	4.7	4.7	5.7	6.5	6.9		
	8	-0.1	0.9	2.1	2.4	3.4	4.0	4.8	4.8	5.9	6.7	6.9		
	9	0.0	1.1	2.2	2.6	3.6	4.1	5.0	5.0	5.8	6.7	6.9		
	10	0.2	1.1	1.7	2.5	3.2	3.8	4.8	4.7	5.7	6.5	6.9		
X	0.01	1.02	1.98	2.46	3.38	4.08	4.83	4.81	5.79	6.60	7.00			
C	-0.01	-0.43	-0.87	-0.80	-1.05	-1.22	-1.40	-0.69	-1.00	-1.29	-1.16			
Sc	0.12	0.10	0.17	0.10	0.14	0.13	0.13	0.12	0.10	0.09	0.11			
U	0.30	0.30	0.40	0.40	0.40	0.50	0.50	0.60	0.60	0.70	0.70			

TEMPERATURA: 25.00 °C
 Incertidumbre Calibración (U): ± 0.70 µm (k=2)

EJE Z: Se comienza en el cero del eje Z y se mide en dirección positiva.

		Puntos de calibración (mm)													
		0	20	40	60	80	100	120	140	160	180				
Desviación (µm)	1	-0.5	3.3	4.3	4.4	3.6	5.5	4.3	8.8	6.6	7.7				
	2	-0.3	2.8	2.7	4.8	3.5	4.9	5.7	7.0	7.2	7.2				
	3	-0.2	2.0	3.7	4.3	4.1	4.8	5.8	6.4	6.5	7.8				
	4	-0.4	2.5	3.4	3.9	4.6	5.7	5.9	6.5	7.2	7.6				
	5	-0.6	2.8	3.8	3.5	5.3	4.8	5.5	6.2	6.8	7.1				
	6	-0.7	2.9	3.5	3.7	3.1	5.4	5.6	5.7	6.3	7.7				
	7	-0.7	3.0	2.8	4.0	3.8	4.8	4.9	6.1	7.2	7.1				
	8	0.1	2.2	3.7	4.8	4.8	4.8	4.9	6.0	6.3	7.5				
	9	-0.5	3.2	4.3	5.1	5.1	4.6	5.7	6.4	5.7	7.2				
	10	0.0	3.2	4.2	3.6	5.0	4.2	4.7	6.0	5.9	8.0				
X	-0.38	2.79	3.64	4.21	4.29	4.95	5.30	6.51	6.57	7.49					
C	0.38	-1.56	-1.20	-0.71	0.45	0.98	1.71	1.71	2.71	3.03					
Sc	0.28	0.44	0.57	0.56	0.77	0.45	0.55	0.88	0.54	0.32					
U	0.20	0.40	0.50	0.50	0.60	0.50	0.60	0.80	0.70	0.70					

TEMPERATURA: 25.50 °C
 Incertidumbre Calibración (U): ± 0.80 µm (k=2)

Donde:

- X: Valor medio obtenido de las 10 repeticiones realizadas.
- C: Corrección (Valor del patrón incluyendo la corrección por temperatura - media de las medidas obtenidas)
- Sc: Desviación típica.
- U: Incertidumbre expandida para k=2 (k:factor de cobertura)

La incertidumbre expandida de medida (U) se ha obtenido multiplicando la incertidumbre típica de medición por el factor de cobertura k=2 que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente un 95%. La medida de la incertidumbre típica de medida se ha determinado conforme al documento EA-4/02.

En el cálculo de incertidumbre de calibración no se ha tenido en cuenta la corrección.

Los valores e incertidumbres asignadas corresponden al momento de la medida, no considerándose la estabilidad del instrumento a más largo plazo.



6. OBSERVACIONES

La etiqueta de calibración a sido colocada en su equipo.

Se compensa los errores por la dilatación por temperatura del patrón respecto a su temperatura de calibración de 20°C.

Certificado de calibración (máquina de palpación).



CERTIFICADO DE CALIBRACION

Certificate of calibration

Número 2012/1587
Number

Página 1 de 6 páginas
Page of pages

SARIKAL LABORATORIO, S.A.

C/ San Antolin, Nº9
20870 Elgoibar - GIPUZKOA
Tel: 943 743830 - Fax 943 740635
Email: sarikal@sarikal.es
www.sarikal.es
CIF: A20660460



OBJETO Máquina de Medir por Coordenadas
Item

MARCA MITUTOYO
Mark

MODELO QVT1-E202 P1L-C
Model

IDENTIFICACIÓN 001181107
Identification

SOLICITANTE BIOMET SPAIN ORTHOPAEDICS, S.L.
Applicant
C/ISLAS BALEARES,50
46986- PATERNA- VALENCIA

FECHA/S DE CALIBRACIÓN 24/05/2012
Date/s of Calibration

Signatario/s autorizado/s
Authorized signatory/ies

Fecha de emisión : 04 de junio de 2012
Date of Issue



Firmado digitalmente por
ENRIQUE IGARTUA
ARRAZALAGA ENRIQUE
NIF 15360890Z
Fecha: 2012.06.06
095804+0200'

Enrique Igartua
Responsable Técnico

Este certificado se expide de acuerdo con las condiciones de la acreditación concedida por ENAC, que ha comprobado las capacidades de medida del laboratorio y su trazabilidad a patrones nacionales o internacionales.
ENAC es firmante del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo (MLA) de calibración de European Cooperation for Accreditation (EA) y de International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC).
This certificate is issued in accordance with the conditions of accreditation granted by ENAC which has assessed the measurement capability of the laboratory and its traceability to national or international standards.
ENAC is one of the signatories of the Multilateral Agreement of the European Cooperation for Accreditation (EA) and the International Laboratories Accreditation Cooperation (ILAC).

1. IDENTIFICACIÓN DEL EQUIPO A CALIBRAR

DENOMINACIÓN: Máquina de Medir por Coordenadas
MARCA: MITUTOYO
MODELO: QVT1-E202 P1L-C
Nº SERIE: 001181107
CODIGO CLIENTE : 001181107
CAMPO DE MEDIDA: X= 250 mm Y= 200 mm Z= 200 mm
RANGO CALIBRADO: X= 250 mm Y= 200 mm Z= 200 mm
DIVISION DE ESCALA: 0,0001 mm
FECHA DE RECEPCION: No Aplica
ACCESORIOS: No Aplica
LUGAR CALIBRACIÓN: BIOMET SPAIN ORTHOPAEDICS, S.L.; C/ISLAS BALEARES,50; 46988-PATERNA- VALENCIA
OBSERVACIONES: No Aplica

2. PATRONES UTILIZADOS EN LA CALIBRACIÓN

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	TRAZABILIDAD	Fecha Próx. Cal.
870501	Patrón de Calas Insertas 870501	Mitutoyo Holanda (RVA)	11/08/2012
100017	Esfera Patrón 100017	Calibración Interna (ENAC)	16/05/2014
311 0000 0198Tp	Termómetro Digital 311 0000 0198Tp	ACS Metrología (ENAC)	15/03/2014

NOTA : Los patrones e instrumentos empleados en la calibración tienen garantizada su trazabilidad a través de los Laboratorios reconocidos por ENAC u otra entidad de EAL.

3. CONDICIONES AMBIENTALES

TEMP. (Inl. - Fin.): 24,8 -25,8 °C

4. METODOLOGÍA DE CALIBRACIÓN

Se realiza la calibración situando el patrón de calas insertas en cada una de las 7 posiciones definidas para la calibración. Se toman 5 puntos aproximadamente equidistantes para cada eje de medida y se realizan 3 reiteraciones para cada punto.

Además se mide una esfera patrón con 25 puntos y se obtiene el radio de cada uno de los puntos con respecto al centro de la esfera. Se dará como resultado la media de las 25 medidas además de la diferencia entre el punto máximo y mínimo.

La calibración se realiza según la Norma UNE-EN ISO 10360-2:2002.

PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN: PC/02

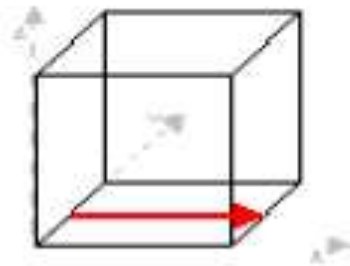
5. RESULTADOS OBTENIDOS EN LA CALIBRACIÓN

A continuación se presentan los datos obtenidos en la calibración del equipo, recogiendo dichos resultados en las siguientes tablas :

Eje 1

		PUNTOS DE CALIBRACION (mm)				
		10	50	90	150	190
Desv (μm)	1	0,8	0,1	0,4	0,8	1,5
	2	0,0	0,0	0,1	0,4	1,6
	3	-0,2	-0,2	0,2	0,5	1,5
U_{95}		0,52	0,55	0,62	0,75	0,85

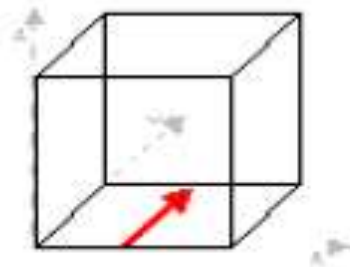
Temperatura de patrón: 25 °C



Eje 2

		PUNTOS DE CALIBRACION (mm)				
		10	50	90	110	150
Desv (μm)	1	0,6	-1,6	-1,4	-1,9	-2,0
	2	0,6	-1,3	-1,9	-1,6	-2,0
	3	0,6	-1,6	-1,7	-1,8	-1,8
U_{95}		0,5	0,53	0,59	0,63	0,72

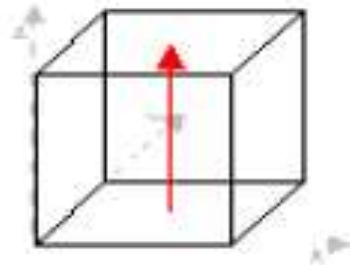
Temperatura de patrón: 24,8 °C



Eje 3

		PUNTOS DE CALIBRACION (mm)				
		10	50	90	110	150
Desv (μm)	1	0,6	-1,7	-1,7	-2,3	-2,5
	2	0,6	-1,4	-2,2	-2,0	-2,5
	3	0,6	-1,7	-2,0	-2,2	-2,3
U_{95}		0,5	0,53	0,6	0,64	0,73

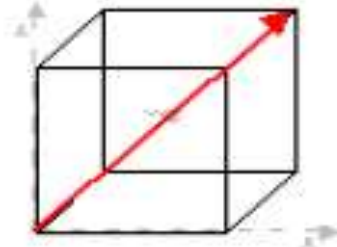
Temperatura de patrón: 25,1 °C



Eje 4

		PUNTOS DE CALIBRACION (mm)				
		10	70	130	190	250
Desv (μm)	1	-1,6	-1,0	-0,3	0,5	0,4
	2	-1,1	-0,5	0,2	0,9	0,3
	3	-0,6	-0,7	-0,2	0,6	0,1
U_0		0,52	0,59	0,73	0,9	1,09

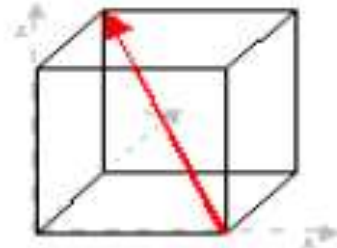
Temperatura de patrón: 25,6 °C



Eje 5

		PUNTOS DE CALIBRACION (mm)				
		10	70	130	190	250
Desv (μm)	1	1,0	0,8	0,8	0,3	-0,3
	2	0,6	0,8	0,6	-0,1	-0,5
	3	0,9	0,4	0,9	0,0	-0,4
U_0		0,52	0,59	0,73	0,9	1,09

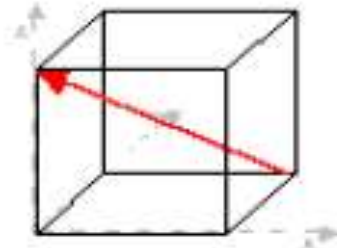
Temperatura de patrón: 25,6 °C



Eje 6

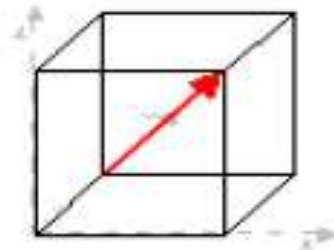
		PUNTOS DE CALIBRACION (mm)				
		10	70	130	190	250
Desv (μm)	1	-0,3	-0,4	-2,0	-4,1	-3,5
	2	-0,8	-1,2	-3,1	-3,8	-3,7
	3	-0,3	-2,1	-2,2	-3,9	-4,2
U_0		0,49	0,57	0,71	0,88	1,08

Temperatura de patrón: 25,7 °C



Eje 7

		PUNTOS DE CALIBRACION (mm)				
		10	70	130	190	250
Desv (μm)	1	-0,1	-0,3	-0,7	-0,4	-0,1
	2	1,0	0,1	-0,3	-1,1	-1,0
	3	0,4	-1,0	-0,9	-1,3	-0,9
U_i		0,49	0,57	0,71	0,89	1,09



Temperatura de patrón: 25,8 °C

DONDE:

U_i : Incertidumbre de uso de los patrones.

Desviaciones: Valores E correspondientes a cada recorrido para cada uno de los puntos de medida en los diferentes ejes de calibración.

Se ha utilizado un factor de cobertura de $k=2$, para una distribución normal, que corresponda a una probabilidad de aproximadamente un 95%. la medida de la incertidumbre típica de medida se ha de terminado al documento EA-4/02.

En el cálculo de la incertidumbre no se ha tenido en cuenta la corrección.

Los valores e incertidumbres asignadas corresponden al momento de la medida, no considerándose la estabilidad del instrumento a más largo plazo.

P: Verificación del sistema de palpado de la MMC

Medidas Obtenidas (p' mm)	
14,99575	14,9964
	14,9951
	14,9953
	14,9961
	14,9964
14,9962	
14,9962	
14,9965	
14,9950	
14,9955	
14,9954	
14,9966	
14,9961	
14,9960	
14,9960	
14,9971	
14,9945	
0,0026	
0,06	

Los Valores e Incertidumbres asignadas corresponden al momento de la medida, no considerandose la estabilidad del Instrumento a más largo plazo

6. RESUMEN DE RESULTADOS

ESPECIFICACIONES DEL CLIENTE:

Especificación para los ejes de medida (MPE_L) $4+(7*L/1000)$ μm (L:mmm)

Especificación para el error de palpado (MPE_p) 4 μm

$$E < =MPE_L -U_L \quad \text{y} \quad P < =MPE_p -U_p$$

Debido a que los resultados obtenidos mas la incertidumbre de uso de los patrones, son menores a las especificaciones definidas por el cliente, se considera que el equipo se encuentra dentro de especificaciones.

7. OBSERVACIONES

Junto al certificado de calibración se adjuntan etiquetas de calibración para colocar al equipo calibrado.

Se compensa los errores por la dilatación de temperatura del patrón respecto a su temperatura de calibración de 20°C

Diseño y programación del procedimiento de verificación dimensional de la bandeja tibial, de una prótesis de rodilla

Registro de calibración de máquina.

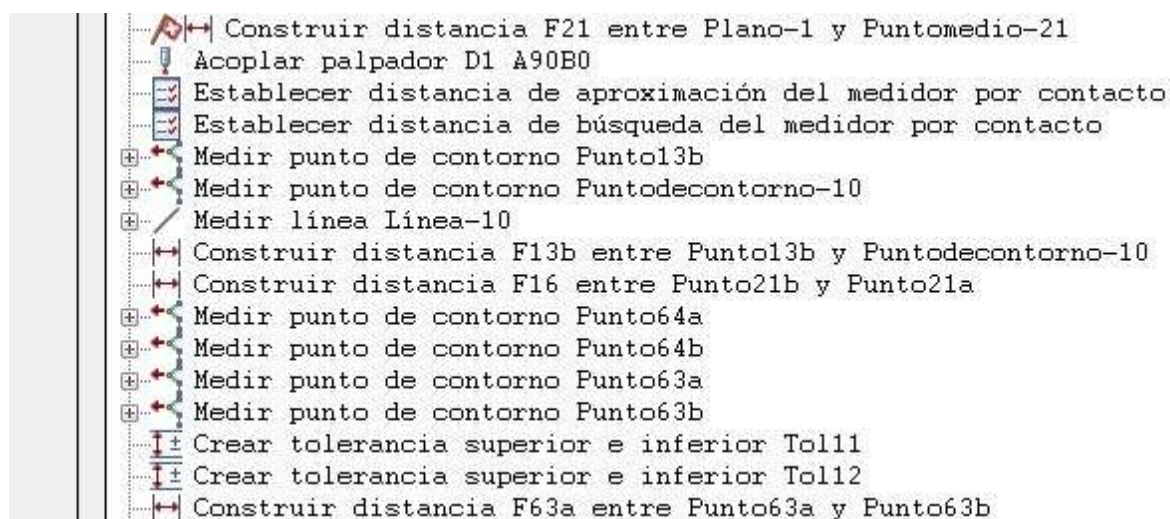
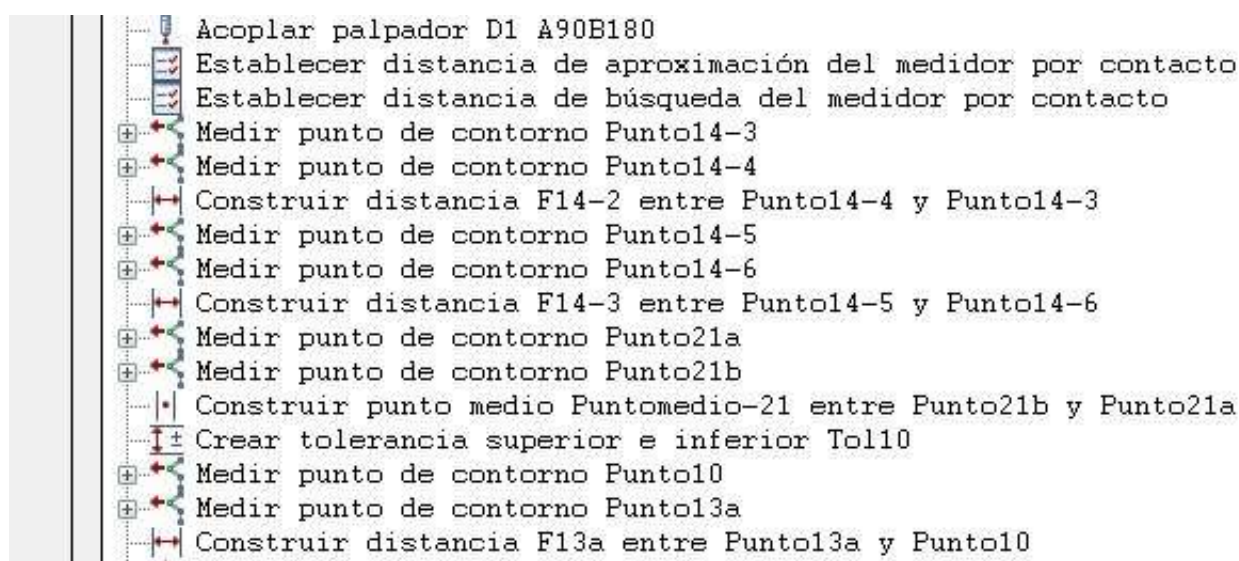
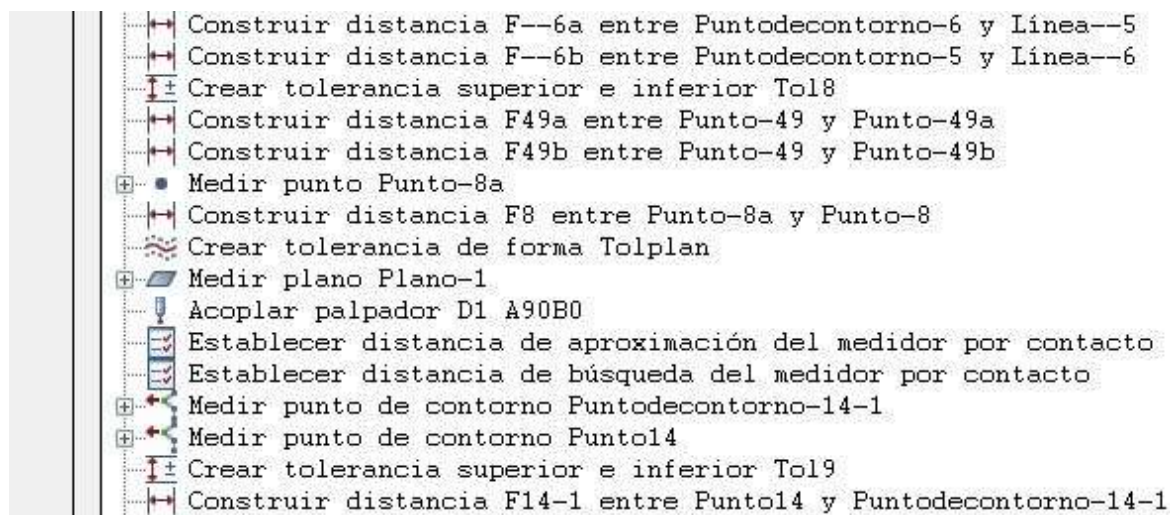
COMET										REGISTRO DE CALIBRADO POR INSTRUMENTO / FICHA DE EQUIPO					
Identificación		INS-DI-048				Descripción		MAQUINA DE MEDICIÓN FOCAL							
Área Metrológica		DIMENSIONAL				Marca		MITUTOYO							
Nivel de Diagrama		EQUIPO DE MEDICIÓN				Modelo		QVT1							
Zona de uso		INSPECCIÓN				Número de serie		00181107							
Elementos Relacionados		---				Fecha alta		24/05/2012							
						Fecha de retirada		---							
						Fecha de compra		24/05/2012							
						Coste (I)		55.758,97							
						Identificación antigua		---							
Notas										Operaciones a Realizar		A Realizar por...		Frecuencia	
..										Calibraciones		Lab. externo		12 meses	
										Controles		---		--- meses	
										Mantenimiento		---		--- meses	
EQUIPO DE MEDIDA						CALIBRE DE LÍMITES									
		Mínimo	Máximo	E	R	Ud.	Lado PASA		Lado NO PASA		Ud.				
Rango de medida	0	250	0,0001	0,0001	mm	Nominal	---	---	---	---					
	0	200	0,0001	0,0001	mm		---	---	---	---					
	0	200	0,0001	0,0001	mm		---	---	---	---					
Rango de uso	0	200	0,0001	0,0001	mm	Tolerancia	---	---	---	---					
	0	200	0,0001	0,0001	mm		---	---	---	---					
	0	100	0,0001	0,0001	mm		---	---	---	---					
Ucc			X±4,5		µm	---	---	---	---	---					
			Y±4,5		µm	---	---	---	---	---					
			Z±4,5		µm	---	---	---	---	---					
HISTORICO DE OPERACIONES															
Fecha	Operación	Realizado por	Toler.	Corrección	Result.	Res. Oper.	Sº	Pres. Operación	Observaciones						
24/05/2012	Calibración	SARIKI	X,Y: 4,5 2:4,5	...	OK	CC	2012/1587	24/05/2014	..						
24/05/2012	Calibración	SARIKI	X,Y: 4,5 2:4,5	...	OK	CC	2012/1586	24/05/2014	SE PROLONGA UN AÑO MÁS AL NO HABERSE UTILIZADO DURANTE ESTE AÑO						
24/05/2014	Atalado	R. Pérez	MÁQUINA PARADA AL NO UTILIZARSE						
...						
...						
...						
...						
...						
...						

QA/RA-004 Rev.0

Referencia: 50/030/0030

Listado del programa de verificación de la pieza

- Prólogo
- No mostrar advertencias de límite de desplazamiento
- Importar SCP
- Crear tolerancia superior e inferior Tol1
- Establecer iluminación
- Medir línea Línea-1
- Medir punto Punto-1
- Construir punto medio Puntomedio-22 entre Línea-1 y Punto-1
- Crear tolerancia superior e inferior Tol15
- Crear tolerancia superior e inferior Tol2
- Construir distancia F1 entre Punto-1 y Línea-1
- Medir línea Línea-2
- Medir punto Punto-2
- Crear tolerancia superior e inferior Tol2inv
- Crear tolerancia superior e inferior Tol4
- Crear tolerancia superior e inferior Tol3
- Crear tolerancia superior e inferior Tol5
- Crear tolerancia superior e inferior Tol6
- Construir distancia F-2 entre Punto-2 y Línea-2
- Medir punto Punto-linea1a
- Medir punto Punto-linea1b
- Medir línea Línea-11
- Medir punto Punto-11a
- Medir punto Punto-11b
- Construir distancia F11--a entre Línea-11 y Punto-11a
- Construir distancia F11--b entre Línea-11 y Punto-11b
- Medir línea Línea-40
- Establecer distancia de aproximación del medidor por contacto
- Establecer distancia de búsqueda del medidor por contacto
- Acoplar palpador D4 A0B0
- Seleccionar medidor por contacto
- Medir círculo Círculo-40
- Medir línea Línea--7
- Medir punto de contorno Puntodecontorno-7
- Construir distancia F-7 entre Puntodecontorno-7 y Línea--7
- Construir bisectriz Bisectriz-2 entre Línea--7 y Puntodecontorno-7
- Construir distancia F61 entre Bisectriz-2 y Puntomedio-22
- Crear tolerancia superior e inferior Tol7
- Construir distancia F40 entre Línea-40 y Círculo-40
- Medir punto Punto-8
- Medir punto Punto-49b
- Medir punto Punto-49a
- Medir punto Punto-49
- Medir línea Línea--5
- Medir punto de contorno Puntodecontorno-5
- Medir línea Línea--6
- Medir punto de contorno Puntodecontorno-6
- Construir distancia F--5 entre Línea--5 y Puntodecontorno-5



- Construir distancia F64a entre Punto64b y Punto64a
- Acoplar palpador D1 A90B180
- Establecer distancia de aproximación del medidor por contacto
- Establecer distancia de búsqueda del medidor por contacto
- Medir punto de contorno Punto63c
- Medir punto de contorno Punto63d
- Medir punto de contorno Punto64c
- Medir punto de contorno Punto64d
- Construir distancia F64b entre Punto64c y Punto64d
- Construir distancia F63b entre Punto63d y Punto63c
- Crear tolerancia superior e inferior Tol13
- Construir distancia F10a entre Línea-10 y Punto-11a
- Construir distancia F10b entre Línea-10 y Punto-11b
- Seleccionar video
- Mensaje del usuario
- Medir línea Línea-9

- Crear tolerancia superior e inferior Tol14
- Construir distancia F9 entre Línea-9 y Puntodecontorno-10
- Establecer distancia de aproximación del medidor por contacto
- Establecer distancia de búsqueda del medidor por contacto
- Acoplar palpador D1 A0B0
- Seleccionar medidor por contacto
- Mensaje del usuario
- Medir punto de contorno Puntodecontorno-15
- Mover mesa
- Mover mesa
- Mover mesa
- Mover mesa
- Medidor por contacto: Herramienta Punto (Sólo dirección)
- Definir punto de contorno
- Medir punto de contorno Puntodecontorno-15-
- Crear tolerancia superior e inferior Tol16

- Crear tolerancia superior e inferior Tol16
- Construir distancia F15 entre Puntodecontorno-15- y Puntodecontorno-15
- Seleccionar video

**DISEÑO Y PROGRAMACION DEL PROCEDIMIENTO
DE VERIFICACIÓN DIMENSIONAL DE LA
BANDEJA TIBIAL, DE UNA PROTESIS DE RODILLA**

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFÍA

Manual de instrucciones de máquina de medición por coordenadas: QVPAK8000

Documentación interna de empresa (registros, planos, pautas de inspección, estándares de trabajo, etc.)

- Página web de empresa, Zimmer Biomet: <http://www.biomet.es>

- Imágenes generales web. <https://www.google.es>.