

**ESTUDIO DEL EFECTO DE LOS PULSOS DE ALTA DENSIDAD DE CORRIENTE  
SOBRE EL DESGASTE DE FLANCO EN INSERTOS DE CARBURO METALICO HM**

**JUAN DAVID LONDOÑO ZAPATA**

**Trabajo de grado realizado como requisito para aspirar  
al título de Tecnólogo Mecánico**

**Director:  
M.Sc. Carlos Alberto Montilla Montaña**

**UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DE PEREIRA  
ESCUELA DE TECNOLOGIA MECANICA  
PEREIRA  
2016**

| <b>CONTENIDO</b>  | <b>PAG.</b> |
|---|-------------|
| 1. Resumen.....   | 6           |
| 2. Introducción.....  | 7           |
| • 2.1 Planteamiento del problema.....                             | 7           |
| • 2.2 Justificación.....  | 10          |
| 3. Metodología.....   | 12          |
| 4. Objetivos.....   | 13          |
| • 4.1 Objetivo general.....                                       | 13          |
| • 4.2 Objetivos específicos.....                                  | 13          |
| 5. Marco referencial.....   | 14          |
| • 5.1 Primeras máquinas y herramientas.....                       | 14          |
| • 5.3 Tecnología de grupos (GT).....                              | 14          |
| • 5.4 Manufactura integrada por computador (CIM).....             | 15          |
| • 5.5 Electroplasticidad.....                                     | 15          |
| 6. Marco teórico.....   | 17          |
| 7. Planteamiento, desarrollo y resultados de la experiencia ..... | 19          |
| 8. conclusiones.....  | 46          |
| 9. Recomendaciones.....   | 47          |
| 10. Bibliografía.....   | 48          |
| 11. Anexos.....   | 51          |

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Vista general de torno revolver ZPS de la UTP, y conexión del generador de pulsos a barra de acero
- Figura 2.** Montaje entre copa y punta
- Figura 3.** Esquema coordenadas cartesianas
- Figura 4.** Torno revolver ZPS, R%, utilizado en la experimentación
- Figura 5.** Codificación Norma ISO
- Figura 6.** Inserto HM utilizado en los ensayos
- Figura 7.** Especificaciones del inserto utilizado
- Figura 8.** Material y condiciones de uso
- Figura 9.** Esquema real de montaje para torneado con inserto HM
- Figura 10.** Montaje del generador de pulsos. Parte superior: osciloscopio Fluke 123; parte intermedia: generador de pulsos. Parte inferior: transformador de voltaje de alimentación del generador de pulsos
- Figura 11.** Equipo DSP Logger MX 300 utilizado
- Figura 12.** Esquema de montaje de los acelerómetros
- Figura 13.** Rugosímetros JS201 P utilizado
- Figura 14:** Material en suministro
- Figura 15:** Elemento prismático
- Figura 16:** Soporte metálico
- Figura 17.** Ruta de trabajo
- Figura 18.** Formato para recolección de información
- Figura 19:** Montaje y conexión de los instrumentos de medida para la experimentación
- Figura 20.** Medición del desgaste de flanco con el software *Draftsight* 2015.
- Figura 21.** Información HM-S EPT
- Figura 22.** Información HM-EPT

**Figura 23.** Ajuste de puntos raros

**Figura 24.** Desgaste de flanco SETP

**Figura 25.** Desgaste de flanco EPT

**Figura 26.** Comparación de desgaste de flanco

**Figura 27.** HM SEPT viruta obtenida de la experimentación sin pulsos

**Figura 28.** HM EPT viruta obtenida de la experimentación sin pulsos

**Figura 29.** Relación entre la rugosidad real y la rugosidad superficial ideal para varias clases de superficies

## LISTA DE TABLAS

**Tabla 1** valores de esfuerzo para  $\sigma_r$

**Tabla 2.** Programación para estudio del efecto de EP sobre vida útil de herramienta de carburo metálico

**Tabla 3.** Variables de entrada elegidas

**Tabla 4.** Detalle de cálculos para determinación de geometría de viruta, muestra 75B (37,5 min de corte HM EPT)

**Tabla 5.** Dimensiones principales de virutas HM SEPT y HM EPT

**Tabla 6.** Valores pico de vibración durante estudio de desgaste de flanco  $h_f$  a herramienta HM

**Tabla 7.** Rugosidad promedio  $R_a$ , máximas y mínimas durante ensayo de desgaste de flanco de herramienta HM

## RESUMEN

Un ensayo de maquinabilidad se utiliza para determinar la facilidad de un material para ser mecanizado, en unas determinadas condiciones. En sentido amplio, un ensayo de maquinabilidad, involucra la capacidad del material de la pieza para ser mecanizado, el desgaste que se crea en el filo de la herramienta y el tipo de viruta obtenido.

“La mayor parte de las evaluaciones de la maquinabilidad de un cierto material se realizan utilizando ensayos prácticos y los resultados se determinan por relación con otros ensayos realizados en otro tipo de material bajo condiciones similares” [1].

En el presente estudio se aplicó un *ensayo específico de maquinabilidad*, destinado a conocer el comportamiento de una determinada herramienta de corte (inserto de carburo metálico), con un determinado material de pieza (acero AISI/SAE 1045), pero introduciendo una variante al proceso, la afectación con un tren de pulsos de alta densidad de corriente. Se tomaron como referencia los resultados de la condición de ensayo, *torneado convencional con inserto metálico*, y luego se comparan los resultados con la condición de ensayo *torneado con inserto metálico, asistido con pulsos de corriente de alta densidad*.

Se aplicó un *ensayo aproximado* (buscando tiempo de ensayo reducido del orden de 60min) para determinar vida de herramienta en torneado, en las dos condiciones de ensayo mencionadas; se midió el desgaste de flanco  $h_f$  (en la cara de incidencia), las vibraciones y la variación del acabado superficial. Se procesó la información obtenida, y se obtuvo un modelo matemático por regresión, que correlaciona desgaste  $h_f$  de flanco y vida útil de la herramienta.

Los resultados obtenidos muestran que el desgaste de flanco es inferior cuando el proceso de torneado con carburo metálico ha sido asistido con electropulsos. También se encontraron cambios en las dimensiones de las virutas, en los acabados superficiales, y en las vibraciones del torno, dependiendo de la asistencia o no de los electropulsos.

## 2. INTRODUCCIÓN

### 2.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

Desde el año 2012, y en el marco de un trabajo colaborativo entre profesores de la Universidad Politécnica de Cataluña UPC (España), y la Universidad Tecnológica de Pereira UTP, se viene desarrollando una investigación orientada al “Estudio y aplicación del fenómeno de la electroplasticidad en procesos de torneado de metales”.

En esta investigación se tornea una pieza, bien sea con buril HSS o con inserto metálico HM, mientras simultáneamente se hace pasar un tren de pulsos eléctricos, a una cierta frecuencia, y con determinado ancho. Los pulsos son proporcionados con un generador de pulsos diseñado y construido específicamente para esta investigación (Figura 1). La intención del proyecto de investigación original es indagar sobre los efectos (benéficos o no) de los electropulsos en relación a varios aspectos: la maquinabilidad del material, el consumo de potencia de la máquina, los acabados dimensionales y superficiales de la pieza maquinada, y propiedades mecánicas del material torneado.

**Figura 1.** Vista general de torno revolver ZPS de la UTP, y conexión del generador de pulsos a barra de acero [2]



El torneado de metales con la asistencia de pulsos de corriente de alta densidad, es un proceso novedoso, y es modelado parcialmente por la mecánica convencional de corte de metales por arranque de viruta, razón por la cual su estudio y modelado es pertinente [2].

Para el desarrollo de la investigación se han planteado una serie de cuestionamientos e hipótesis [2]:

**Cuestionamiento 1.1** ¿Qué propiedades mecánicas y metrológicas de la pieza torneada mejorarán o empeorarán después de ser expuesta al torneado asistido por pulsos de corriente de alta densidad?

**Cuestionamiento 1.2** ¿Qué parámetros de trabajo del generador de pulsos de corriente eléctrica, afectan el fenómeno de la electroplasticidad en los materiales metálicos?

**Hipótesis 1.** El acabado superficial, las tensiones residuales superficiales y el comportamiento a fatiga, entre otros parámetros, mejoran con la aplicación de la electroplasticidad.

**Cuestionamiento 2** ¿Permitirá la aplicación de la electroplasticidad en los procesos de torneado, mejorar parámetros de fabricación tales como la fuerza de corte, la potencia necesaria para el corte, las velocidades de rotación y avance?

**Hipótesis 2.** La maquinabilidad de un material se puede mejorar temporalmente en un proceso de torneado asistido por electroplasticidad, modificando los valores de densidad de corriente, la frecuencia y duración de los pulsos de corriente eléctrica.

**Cuestionamiento 3.1** ¿Ocurrirán cambios físicos en las herramientas de corte, al torner con la asistencia de pulsos de corriente de alta densidad?

**Cuestionamiento 3.2** ¿Será posible que el proceso de torneado asistido por electroplasticidad, pueda realizarse a mayores velocidades y menores esfuerzos que en el torneado convencional, obteniendo iguales o mejores resultados en cuanto a propiedades mecánicas (dureza) y metrológicas (rugosidad) del material?

**Hipótesis 3.** Al asistir el torneado con electroplasticidad, se mejora transitoriamente la maquinabilidad del material, disminuyendo las fuerzas ejercidas por la herramienta y la correspondiente potencia suministrada por la máquina, haciendo que el proceso sea más rentable.

**Cuestionamiento 4.1** ¿Se podrá establecer alguna explicación teórica del comportamiento físico del material frente a este fenómeno?

**Cuestionamiento 4.2** ¿Se dispondrán de las suficientes premisas para elaborar un modelo físico y matemático del proceso de torneado asistido con electroplasticidad?

**Cuestionamiento 4.3** ¿Está al alcance del conocimiento actual, elaborar un modelo físico y matemático del proceso de torneado asistido con electroplasticidad?

**Hipótesis 4.** Las simulaciones computacionales por métodos de elementos finitos o diferencias finitas permitirán aportar más información del comportamiento físico de los metales, ante la influencia del fenómeno de la electroplasticidad, además de ayudar a optimizar los parámetros de operación del proceso de torneado asistido por electroplasticidad.

Para dar respuesta a los cuestionamientos **1.1**, **1.2** e hipótesis **1**, se ha venido desarrollando el proyecto de investigación titulado “Desarrollo de una metodología para torner piezas, con la asistencia de pulsos de corriente de alta densidad (teoría de corte y electroplasticidad), código 8 – 13 – 3. Este proyecto de investigación está financiado por



la Vicerrectoría de investigaciones, innovación y extensión de la UTP, y ya dispone de resultados, los cuales se pueden consultar en las referencias [3], [4] y [5].

Para dar respuesta al cuestionamiento 2 e hipótesis 2, se ha venido desarrollando el proyecto de investigación titulado “Estudio de los efectos de los pulsos de corriente eléctrica en el comportamiento mecánico y metalúrgico en metales ensayados a tracción”, código 8-15-1. Este proyecto de investigación igualmente está financiado por la Vicerrectoría de investigaciones, innovación y extensión de la UTP, ya se ha llevado a cabo su ejecución física y en laboratorio, y está en la etapa de procesamiento de información, para poder publicar resultados.

Para dar respuesta al cuestionamiento 3.1, se hace necesario desarrollar el estudio objeto del presente trabajo de grado, titulado: **ESTUDIO DEL EFECTO DE LOS PULSOS DE ALTA DENSIDAD DE CORRIENTE SOBRE EL DESGASTE DE FLANCO EN INSERTOS DE CARBURO METALICO HM**

La ejecución del presente proyecto pretende entonces servir de apoyo en el desarrollo del proyecto de tesis titulado “Estudio y aplicación del fenómeno de la electroplasticidad en procesos de torneado de metales”.

## 2.2 JUSTIFICACIÓN

Desde mediados del siglo XX y en lo que va del siglo XXI numerosos investigadores en el mundo, continúan refinando los componentes científicos y tecnológicos de las *Teorías de corte de materiales* para ponerse a la par con los sucesivos avances en las ingenierías de materiales, de máquinas y de herramientas de corte, con el objetivo de optimizar o desarrollar los siguientes componentes del proceso tecnológico:

- Los materiales de las herramientas de corte ([6], [7], [8], [9])
- Lubricantes de corte, nuevos y más amigables desde el punto de vista del medio ambiente [10]
- Los parámetros o condiciones de corte, en aras de minimizar las deformaciones en las piezas fabricadas [11] y [12]
- Las condiciones o parámetros de corte, ([13], [14], [15] y [16]), en función de minimizar el consumo e impacto energético, dadas las nuevas necesidades del mundo, bajo el enfoque de Desarrollo sostenible.

Dadas las actuales tendencias de desarrollo sostenible en maquinado, dirigidas a propiciar la creación y aplicación de procesos de manufactura amigables desde los puntos de vista de los consumos de energéticos y de la generación y disposición de residuos finales ([13], [14] y [15] y [16]), diversos investigadores han hecho esfuerzos interesantes en la creación de procesos *híbridos* entre procesos convencionales PC y procesos no convencionales PNC, con el fin de atender dichos requerimientos; el esfuerzo de dichos investigadores está orientado a desarrollar procesos *híbridos* de aplicación en el ámbito industrial, con lo cual se impacte positivamente el consumo energético y la generación y disposición de residuos finales.

En relación con lo anterior, se encuentran estudios con resultados muy interesantes en los campos de *Fresado de carburo de silicio SiC asistido con descargas eléctricas* ([17]), *Procesos de rectificado y acabado electroquímico aplicados en torneado* ([18]), *Diseño de acabado superficial de formas libres en acabado electroquímico asistido por bruñido* ([19]) y *Nuevos usos de corrientes y campos eléctricos en el procesamiento por metalurgia de polvos metálicos* ([20] 2000).

El nuevo proceso de *torneado de piezas, asistido por el fenómeno de pulsos de corriente de alta densidad* quedaría enmarcado entonces como un *proceso híbrido*, (combinación de corte y arranque de viruta con proceso electrofísico), y bajo un enfoque de sostenibilidad, en el cual como hipótesis preliminares frente al torneado convencional, se espera mejorar el acabado superficial y disminuir la potencia necesaria para el corte.

Al mezclar exitosamente el torneado convencional con el fenómeno de electroplasticidad, a futuro se estaría impactando favorablemente la productividad de las industrias dado que:

- Se disminuirá la potencia de maquinado, por lo tanto el consumo energético y el costo del proceso.
- Se preservará la vida útil de la herramienta, con lo cual disminuirán tiempos muertos para su recambio, con la consecuente reducción de costos.
- Dada la reducción transitoria de los esfuerzos de fluencia y rotura, será posible mecanizar ciertos materiales duros o templados, sin necesidad de recocerlos, templearlos y revenirlos, o de acudir a PNC.

Se espera que los resultados del presente proyecto sirvan de base para definir de manera preliminar, los beneficios que se pueden adquirir con la aplicación de los electropulsos en los procesos de arranque de viruta y en el desgaste de la herramienta utilizada para ello.

### 3 METODOLOGÍA

**Etapa 1. Definición de las variables de entrada del experimento: material (tipo, tamaño y forma) a mecanizar, velocidad de rotación, profundidad de corte, velocidad de avance, ancho de pulsos, frecuencia de pulsos.**

**Actividad 1.1:** Realización de un diseño básico de experimento, para definir las variables de entrada del experimento. Este diseño debe prever el montaje real en máquina.

**Actividad 1.2:** De acuerdo al material seleccionado, se determinarán los parámetros de corte.

**Actividad 1.3:** Selección de ancho y frecuencia de pulsos de corriente.

**Etapa 2. Definición de un protocolo de experimentación en cuanto a variables de salida.**

**Actividad 2.1:** Definición de las variables de salida a ser medidas, durante y después de la ejecución de la experimentación, teniendo en cuenta su disponibilidad en la Universidad Tecnológica de Pereira.

**Actividad 2.2:** Definición de aplicativos de software a ser empleados en el post procesamiento de información.

**Etapa 3. Preparar probetas e instrumentación necesaria para la experimentación.**

**Actividad 3.1:** Definición de forma y tamaño de las probetas. Fabricación de las mismas.

**Actividad 3.2:** Fabricación de utillajes necesarios para completar el montaje físico previo en los numerales 1.1 y 2.1.

**Etapa 4. Ejecutar pruebas preliminares.**

**Actividad 4.1:** Montaje y puesta a punto del equipamiento.

**Actividad 4.2:** Pruebas real de ensayos y correcciones necesarias.

**Etapa 5. Desarrollo del experimento y registro de lecturas.**

**Actividad 5.1:** Definición de formatos necesarios para el registro y recolección de la información.

**Actividad 5.2:** Ejecución del ensayo planteado.

**Etapa 6. Procesar la información entrada /salida.**

**Actividad 6.1:** Recolectar, organizar y compilar información de entrada/salida.

**Actividad 6.2:** Análisis de datos obtenidos.

**Etapa 7. Presentar la información de variación del desgaste de flanco, con y sin asistencia de pulsos de corriente de alta densidad.**

**Actividad 7.1:** Desarrollar un informe con todos los datos conseguidos.

**Actividad 7.2:** Publicación de resultados.

## **4 OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS.**

### **4.1 Objetivo general:**

Estudiar el efecto de los pulsos de alta densidad de corriente sobre el desgaste de flanco en inserto de carburo metálico HM.

### **4.2 Objetivos específicos:**

- Definir un protocolo de experimentación en cuanto a variables de entrada: material (tipo, tamaño y forma) a mecanizar, velocidad de rotación, profundidad de corte, velocidad de avance, ancho de pulsos, frecuencia de pulsos.
- Definir un protocolo de experimentación en cuanto a variables de salida: vibraciones pico radial y axial, acabado superficial de la pieza y desgaste de flanco.
- Preparar probetas e instrumentación necesaria para la experimentación.
- Ejecutar pruebas preliminares.
- Desarrollar la experimentación y registrar las correspondientes lecturas.
- Procesar la información entrada /salida.
- Presentar la información de variación del desgaste de flanco, al torneear con inserto de carburo metálico HM, con y sin asistencia de pulsos de corriente de alta densidad.

## **5 MARCO REFERENCIAL**

### **5.1 Primeras Máquinas Herramientas.**

Las primeras máquinas herramientas creadas por el hombre se remontan a la prehistoria, cuando se comenzaron a usar para tallar madera y esculpir piedras usadas para elaborar utensilios de caza y labranza.

Las primeras máquinas herramientas para remoción de metal (viruta) se comenzaron a desarrollar en el siglo XVIII durante la Revolución Industrial en Inglaterra, y la primera necesidad fehaciente de su utilización surgió durante la construcción de la máquina de Vapor de Watt, consistente en elaborar los agujeros de los cilindros (camisas), con muy buena precisión, para evitar los escapes de vapor. Se ha reconocido que la primera máquina herramienta como tal fue construida en 1775, llamada la "Máquina Perforadora de Wilkinson", con la cual se pudo construir la Máquina de Vapor de Watt.

Los primeros tornos paralelos datan de 1800 en Inglaterra, creados por Henry Maudsley. La primera fresadora data de 1818 en Estados Unidos, creada por Eli Whitney. El cepillo mecánico se construyó en Inglaterra en el periodo comprendido entre 1800 y 1835.

El diseño de las máquinas herramientas convencionales actuales es esencialmente el mismo de las primeras máquinas herramientas.

### **5.2 Máquinas de Control Numérico (NC).**

El desarrollo de las máquinas de Control Numérico surgió a raíz de la necesidad de realizar piezas de trazados complejos con muy buena precisión y exactitud. Las primeras investigaciones fueron patrocinadas por la fuerza aérea de Estados Unidos, en asocio con el M. I. T. (Instituto Tecnológico de Massachusetts).

Las primeras máquinas de Control Numérico fueron puestas al servicio entre 1958 y 1960.

El Control numérico se basa en la programación de operaciones de una máquina herramienta, usando un lenguaje de programación, el cual tiene un sistema de referencia (coordenadas) para la realización de los diferentes movimientos y acciones.

A partir de las máquinas de Control Numérico se crearon los Centros de Mecanizado, que en esencia son máquinas NC que pueden realizar tareas de fresado y otras adicionales (por ej. Roscado ó taladrado) y poseen cambio automático de herramientas (la alimentación automática de piezas en bruto es opcional).

### **5.3 Tecnología de Grupos (GT)**

La Tecnología de Grupos es un enfoque para la optimización de la Manufactura que comenzó a ser estudiado desde 1925 y dio sus primeros frutos en Plantas industriales a finales de la década de los 50.

El Concepto de Tecnología de Grupo tiene su base en identificar y agrupar partes similares a fabricar (similitudes de tamaño, forma geométrica ó secuencia tecnológica de fabricación) en "familias" de partes o piezas.

#### **5.4 Manufactura integrada por Computador (CIM).**

Más que una tecnología es la aplicación y desarrollo de una visión filosófica integradora a la Manufactura, apoyada en la computación. El CIM pretende aplicar las ventajas de las computadoras a toda la fábrica, desde los niveles más bajos (de piso, las máquinas) hasta llegar a los ámbitos corporativos.

El corazón del CIM es el MRP (*Manufacturing Resource Planning*) ó Planeación de insumos de Manufactura, que en últimas, pretende planear todo lo que tenga que ver con la producción, con miras a alcanzar unos objetivos corporativos, es decir, planeación de operaciones, de adquisición de insumos, de previsiones financieras, de administración del personal, del Mantenimiento, etc.

El CIM permite que la información fluya a través de todos los niveles de la Compañía (con las debidas restricciones por niveles), permitiendo asimismo la debida realimentación.

El concepto y la aplicación del CIM está ligado a otras técnicas modernas tales como el JIT (Justo a tiempo), el Control Total de la Calidad, entre otras.

#### **5.5 Electroplasticidad**

La investigación de cómo la electricidad afecta a los materiales se remonta a la mediados del siglo XX en la unión soviética.

En 1959, Machlin examinó el efecto de la electricidad en el grupo 1A sales (NaCl), determino que una corriente eléctrica aplicada afecta significativamente la ductilidad y el límite elástico del material. En 1969, Troitskii estudio cómo los electrones influyen en el movimiento de las dislocaciones en aleaciones de cinc, estaño, plomo, concluyendo que los pulsos de electricidad podrían bajar la tensión de fluencia dentro de los materiales. Años después, en 1982, Klimov explica que los efectos de la electricidad sobre la estructura de un metal no están relacionados con las causadas por el calentamiento Joule. En el futuro, en 1988, un análisis de la microestructura se llevó a cabo por Xu descubrió que una corriente eléctrica continua en materiales de titanio causó aumento en la tasa de recristalización y el tamaño de grano de los materiales. A continuación, Chen desarrollo una relación entre el flujo eléctrico y la formación de compuestos intermetálicos (Sn / Cu y sistemas de Sn / Ni). Más tarde, en 2000, Conrad determinó que pulsos de muy alta densidad de corriente eléctrica de corta duración puede afectar la plasticidad y la fase transformaciones de metales y cerámicos. En 2005, Heigel examinó las alteraciones microestructurales en Al 6061 como resultado de corriente continua.

En los últimos años, muchas investigaciones experimentales se han realizado para establecer cómo la electricidad afecta el comportamiento mecánico de las diferentes aleaciones metálicas. En 2007, Andrawes fue capaz de concluir que la corriente eléctrica puede significativamente reducir la energía necesaria para la deformación a la tracción uniaxial de Al-6061 T6511 sin calentar en gran medida la pieza de trabajo. Perkins estudio los efectos de la aplicación de la corriente eléctrica de forma continua en diversas aleaciones sometidas a un proceso de recalcado y encontró que la electricidad incrementa la cantidad de compresión permisible y deformación antes de la fractura y bajó las fuerzas de compresión requeridas. De nuevo en 2007, Ross examinó la aplicación de corriente eléctrica suministrada continuamente sobre muestras de tracción, sólo para la conclusión de que, aunque las fuerzas de deformación se redujeron, el alargamiento alcanzable se redujo, lo que lleva a un fallo prematuro.

En 2008, Roth logro aumentar la elongación en casi 400% mediante la aplicación de onda cuadrada por impulsos (en lugar de continua) Después de esto, Salandro examinó el efecto de la electricidad pulsada en tres tratamientos térmicos diferentes de dos aleaciones de aluminio (5052 y 5083). Por otra parte, en 2009, Salandro descubrió una relación lineal entre densidad de corriente y la duración del pulso en muestras de tracción Mg AZ31B-S que pudiera utilizarse para conseguir de forma fiable elongaciones destinadas a una variedad de condiciones pulsantes. La investigación realizada por McNeal examinó alteraciones microestructurales en las mismas muestras de tracción Mg AZ31B-S. Green determinó que la recuperación elástica en Al 6111 podría ser eliminado por completo con solo una corriente alta de corta duración de pulsos eléctricos. Siopis examinó cómo las diferentes propiedades de microestructura afectan a la eficacia de procesos asistidos eléctricamente en experimentos de micro-extrusión. Específicamente, se concluyó que un material de grano fino, con más grano límites, mejor será el efecto electroplasticidad, mientras que un material de mayor tamaño de grano, con un menor número de límites de grano, disminuyó el efecto. Dzialo examinó el efecto de la densidad de corriente y el contenido de zinc durante procesos asistidos por la electricidad en aleaciones de cobre.



## 6 MARCO TEÓRICO

Debido a la falta de conocimiento sobre el efecto de la electroplasticidad, los investigadores no han tenido éxito en el modelado de precisión y predecir efectos del formado asistido eléctricamente para el control de procesos. Sin embargo, estos investigadores han hecho un trabajo previo en este campo, La teoría postula que podría explicarse a nivel de la microestructura, donde se llevan a cabo enlaces metálicos, constituidos por las nubes de electrones que rodean núcleos que contienen protones y neutrones. Debido a esto, es realista que la aplicación de la electricidad (es decir, la aplicación de electrones que fluyen a) a cualquier metal y tener efectos notables. Específicamente, cuando la electricidad es aplicada a un metal durante la deformación.

Estos fenómenos ocurren simultáneamente, transformando así el material en un estado más fácil de deformar, conocido como el efecto electroplasticidad. Este efecto se ha atribuido a los siguientes aspectos:

- localizada a nivel atómico efectos de calentamiento que se han mejorado por la resistividad del material (es decir, los electrones se dispersan fuera de defectos interfaciales dentro de la red, tales como huecos, impurezas, los límites de grano) [31] Es importante recordar que este calentamiento se produce a nivel atómico (a menos de la celosía del metal), y aunque esto contribuye hacia el calentamiento global de la pieza de trabajo, esta temperatura aumento no es el mismo que el aumento de la temperatura a granel que se testigo en el la superficie de la parte (conocido como calentamiento global o mayor). Específicamente, la temperatura de la masa de un metal es el resultado de todos los lugares de calentamiento a nivel atómico. Este efecto expande la red local y permite un fácil movimiento de la dislocación (es decir, de plástico deformación) a través de la difusión mejorada. Los efectos de calentamiento resistivo dependen de la resistividad; por lo tanto, un material con una resistencia mayor experimentará mayores cantidades de calentamiento por resistencia localizada y potencialmente alcanzar una mayor capacidad de conformación se beneficia cuando se aplica la técnica EP.
- Interacción dislocación-electrón directa se produce cuando los electrones que fluyen afectan las líneas de dislocación, la asistencia en "empujar" las líneas de dislocación y además de mejorar la deformación plástica y la ductilidad del material [30]. Kravchenko, [27] en su explicación de electroplasticidad, sucintamente explico que, si hay una corriente eléctrica que fluye y los electrones están viajando a un ritmo más rápido que las dislocaciones dentro de la red, la energía de los electrones se transfiere a las dislocaciones.

El impacto global de este efecto puede ser significativo o mínimo, en función de la dirección de los electrones que fluyen y la dirección de la deformación. Esta tiene como objetivo explicar por qué la temperatura de una prueba de horno de arco eléctrico, donde se aplica electricidad durante deformación, es menor que una prueba eléctrica estacionaria, donde se aplica la electricidad cuando ninguna deformación tiene lugar. En

la prueba de horno de arco eléctrico, parte de la energía se utiliza para ayudar a la deformación plástica, en lugar de contribuir plenamente hacia el calentamiento resistivo.

- La adición de un exceso de electrones a la microestructura del metal es un aspecto importante. Dado que controlan las nubes de electrones la fuerza con un metal está unido y esencialmente actuar como el "pegamento" que mantiene un metal junto, los electrones en exceso (obtenido a partir de la aplicación de la electricidad) ayudará a romper y reformar los bonos mediante la reducción de la resistencia de la unión entre los electrones. Como los enlaces metálicos son capaces de romper y la reforma más fácil, la ductilidad del metal es mejorado; por lo tanto, se hace más viable. **[33]**

## 7. PLANTEAMIENTO Y DESARROLLO DEL ESTUDIO EXPERIMENTAL

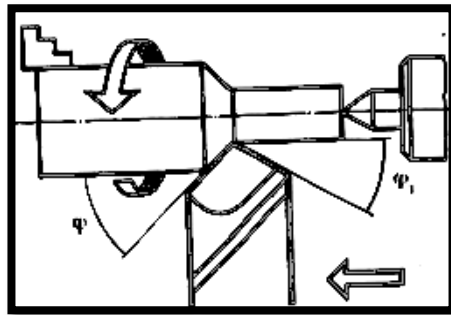
Para la ejecución del presente proyecto se definió una metodología dividida en 7 etapas, las cuales seguidamente serán explicadas de manera resumida.

**Etapla 1.** Definición de las variables de entrada del experimento: material (tipo, Tamaño y forma) a mecanizar, velocidad de rotación, profundidad de corte, Velocidad de avance, ancho de pulsos, frecuencia de pulsos.

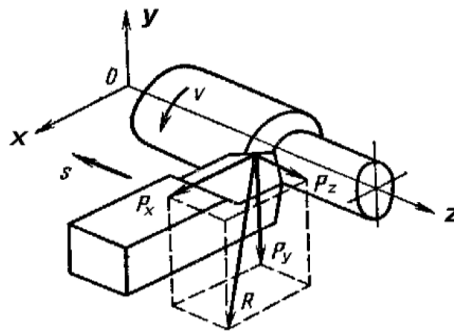
**Actividad 1.1:** Realización de un diseño básico de experimento, para definir las variables de entrada del experimento. Este diseño debe prever el montaje real en máquina.

La experimentación está basada en seguir un esquema de montaje como el mostrado en las figuras 2 y 3, el cual corresponde a un *montaje entre copa y punta*.

**Figura 2.** Montaje entre copa y punta [21]



**Figura 3.** Esquema coordenadas cartesianas [21]



Consecuentemente se deben definir:

- Material de la pieza
- Material, forma y montaje de la herramienta a utilizar
- Parámetros de corte: velocidad de rotación de la pieza, velocidad de avance de la herramienta y profundidad de corte.
- Parámetros eléctricos del generador de pulsos

La selección de las variables anteriormente mencionadas, obedeció a cálculos aplicando la teoría clásica del corte de metales, y teniendo en cuenta las disponibilidades en la máquina.

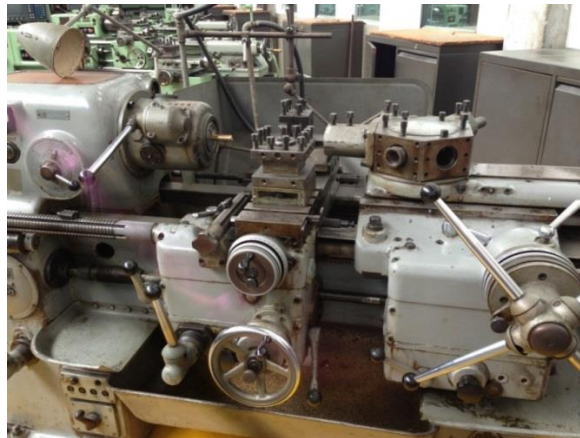
#### **Máquina a utilizar:**

Torno revolver marca ZPS, modelo R5 (**Figura 4**), volteo sobre bancada 400mm. Largo torneable 750mm. Potencia de 7,8kW.

Rango real de velocidades angulares (rpm): 38 / 45 / 57 / 71 / 89 / 114 / 142 / 177 / 227 / 290 / 361 / 460 / 573 / 716 / 914 / 1133 / 1415 / 1803 rpm.

Rango real de velocidades angulares: 0,046 / 0,064 / 0,089 / 0,138 / 0,174 / 0,254 / 0,356 / 0,508 / 0,711 / 1,016 / 1,422 / 2,032 mm/rev

**Figura 4.** Torno revolver ZPS, R%, utilizado en la experimentación [2]



#### **Material de la pieza:**

Se eligió acero AISI/SAE 1045 de  $\phi 1/2$ ". Se trata de un acero al carbono, apto para temple, de mediano contenido de carbono.

Se eligió este material debido a que se trata de un material de amplia utilización en la industria, de fácil consecución en el comercio, ligeramente aleado, y bastante estudiado de acuerdo a diferentes bibliografías consultadas.

## Herramienta de corte:

Se utilizaron pastillas HM hard metal, como las mostradas en la figura 5. Existen diversos tipos de materiales para elaborar herramientas de corte, los insertos de carburo son una evolución en la tecnología del metal, conservan su dureza dentro de un amplio margen de temperaturas y al ser piezas individuales de corte con varias puntas disminuyen la operación de cambio de herramienta reduciendo tiempos muertos durante el trabajo.

Para la estandarización de estas herramientas hay dos normas de la Organización Internacional de Normalización (ISO) que ayudan a seleccionar la herramienta adecuada para cada aplicación, estas son: ISO 3002/1 y la ISO 513. La norma ISO 3002/1 [22] define las características de cada herramienta de acuerdo a su forma, ángulo de incidencia, espesor, entre otros y la norma ISO 513 [23] caracteriza las herramientas con un código de colores y números que diferencian el material del que está hecho la herramienta y sus condiciones de uso.

**Figura 5.** Codificación Norma ISO [23]



Se utilizó el Inserto SNMG 120404 SH NX2525 ver figura 6 (A105 catalogoNX2525, A070 SH).Lo que estas siglas significan se puede dividir en tres partes principales:

- SNMG 120404: Hacen referencia a la norma ISO 1823. En la figura 7 se puede ver resaltadas las siglas y su significado.
- NX2525: Hace referencia a la norma ISO 513. Haciendo uso del catálogo de Mitsubishi [5] (Figura 8) se encontró el material y condiciones de uso de la herramienta.
- Las siglas SH hace referencia a la forma del rompevirutas el cual no se encuentra establecido dentro de la norma ISO en este específico caso, ya que el fabricante tiene su propia nomenclatura.

Figura 6. Inserto HM utilizado en los ensayos [24]



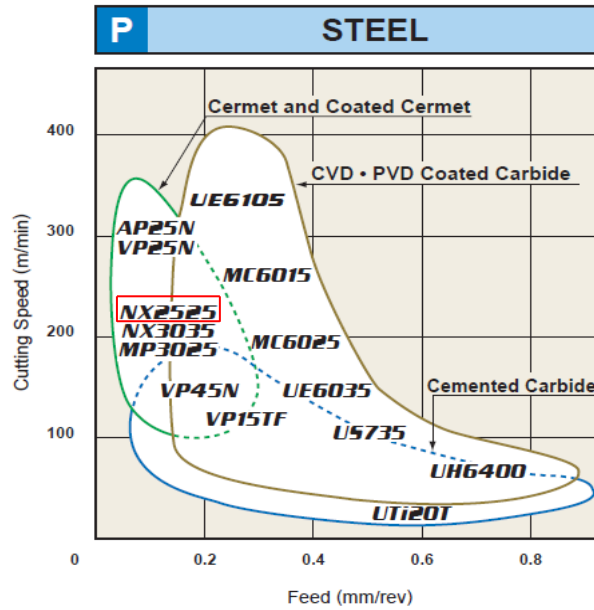
Figura 7. Especificaciones del inserto utilizado [23]

| Símbolo                    | 1ª Forma del Inserto                 | Símbolo | 2ª Ángulo de alivio fronal o ángulo de incidencia | 3ª Tolerancia en las dimensiones  |  |   |                  | Símbolo | 4ª Sistema de sujeción u rompeviruta |         |         |         |                    |         |                            |         |         |                                      |         |                         |        |                                      |        |                                      |      |                              |        |        |        |       |        |        |        |        |       |        |        |        |        |       |        |        |        |        |       |        |        |        |        |   |                                     |
|----------------------------|--------------------------------------|---------|---|---|--|---|------------------|---------|--------------------------------------|---------|---------|---------|--------------------|---------|----------------------------|---------|---------|--------------------------------------|---------|-------------------------|--------|--------------------------------------|--------|--------------------------------------|------|------------------------------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|---|-------------------------------------|
| R                          |                                      | N       | 0°  | <table border="1"> <thead> <tr> <th>SÍMBOLO</th> <th>m</th> <th>s</th> <th>d</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E</td> <td>± 0,025</td> <td>± 0,025</td> <td>± 0,025</td> </tr> <tr> <td>G</td> <td>± 0,025</td> <td>± 0,13</td> <td>± 0,025</td> </tr> <tr> <td>M</td> <td>De ± 0,08<br/>a ± 0,18<sup>(1)</sup></td> <td>± 0,13</td> <td>a ± 0,13<sup>(1)</sup></td> </tr> <tr> <td>U</td> <td>De ± 0,13<br/>a ± 0,38<sup>(1)</sup></td> <td>± 0,13</td> <td>De ± 0,08<br/>a ± 0,25<sup>(1)</sup></td> </tr> </tbody> </table> | SÍMBOLO  | m | s                | d       | E                                    | ± 0,025 | ± 0,025 | ± 0,025 | G                  | ± 0,025 | ± 0,13                     | ± 0,025 | M       | De ± 0,08<br>a ± 0,18 <sup>(1)</sup> | ± 0,13  | a ± 0,13 <sup>(1)</sup> | U      | De ± 0,13<br>a ± 0,38 <sup>(1)</sup> | ± 0,13 | De ± 0,08<br>a ± 0,25 <sup>(1)</sup> | A    | Sin rompevirutas con taladro |        |        |        |       |        |        |        |        |       |        |        |        |        |       |        |        |        |        |       |        |        |        |        |   |                                     |
| SÍMBOLO                    | m                                    | s       | d   |   |  |   |                  |         |                                      |         |         |         |                    |         |                            |         |         |                                      |         |                         |        |                                      |        |                                      |      |                              |        |        |        |       |        |        |        |        |       |        |        |        |        |       |        |        |        |        |       |        |        |        |        |   |                                     |
| E                          | ± 0,025                              | ± 0,025 | ± 0,025   |   |  |   |                  |         |                                      |         |         |         |                    |         |                            |         |         |                                      |         |                         |        |                                      |        |                                      |      |                              |        |        |        |       |        |        |        |        |       |        |        |        |        |       |        |        |        |        |       |        |        |        |        |   |                                     |
| G                          | ± 0,025                              | ± 0,13  | ± 0,025   |   |  |   |                  |         |                                      |         |         |         |                    |         |                            |         |         |                                      |         |                         |        |                                      |        |                                      |      |                              |        |        |        |       |        |        |        |        |       |        |        |        |        |       |        |        |        |        |       |        |        |        |        |   |                                     |
| M                          | De ± 0,08<br>a ± 0,18 <sup>(1)</sup> | ± 0,13  | a ± 0,13 <sup>(1)</sup>                           |   |  |   |                  |         |                                      |         |         |         |                    |         |                            |         |         |                                      |         |                         |        |                                      |        |                                      |      |                              |        |        |        |       |        |        |        |        |       |        |        |        |        |       |        |        |        |        |       |        |        |        |        |   |                                     |
| U                          | De ± 0,13<br>a ± 0,38 <sup>(1)</sup> | ± 0,13  | De ± 0,08<br>a ± 0,25 <sup>(1)</sup>              |   |  |   |                  |         |                                      |         |         |         |                    |         |                            |         |         |                                      |         |                         |        |                                      |        |                                      |      |                              |        |        |        |       |        |        |        |        |       |        |        |        |        |       |        |        |        |        |       |        |        |        |        |   |                                     |
| S                          |                                      | B       | 5°  |   | <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Ø</th> <th colspan="4">Tolerancia en mm</th> </tr> <tr> <th colspan="2">Con m</th> <th colspan="2">Con d<sub>1</sub></th> </tr> <tr> <th>Círculo int d<sub>1</sub></th> <th>Clase M</th> <th>Clase U</th> <th>Clase M</th> <th>Clase U</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>6,35</td> <td>± 0,08</td> <td>± 0,13</td> <td>± 0,05</td> <td>± 0,08</td> </tr> <tr> <td>9,52</td> <td>± 0,08</td> <td>± 0,13</td> <td>± 0,05</td> <td>± 0,08</td> </tr> <tr> <td>12,70</td> <td>± 0,13</td> <td>± 0,20</td> <td>± 0,08</td> <td>± 0,13</td> </tr> <tr> <td>15,87</td> <td>± 0,15</td> <td>± 0,27</td> <td>± 0,10</td> <td>± 0,18</td> </tr> <tr> <td>19,05</td> <td>± 0,15</td> <td>± 0,27</td> <td>± 0,10</td> <td>± 0,18</td> </tr> <tr> <td>25,40</td> <td>± 0,18</td> <td>± 0,38</td> <td>± 0,13</td> <td>± 0,25</td> </tr> </tbody> </table> | Ø | Tolerancia en mm |         |                                      |         | Con m   |         | Con d <sub>1</sub> |         | Círculo int d <sub>1</sub> | Clase M | Clase U | Clase M                              | Clase U | 6,35                    | ± 0,08 | ± 0,13                               | ± 0,05 | ± 0,08                               | 9,52 | ± 0,08                       | ± 0,13 | ± 0,05 | ± 0,08 | 12,70 | ± 0,13 | ± 0,20 | ± 0,08 | ± 0,13 | 15,87 | ± 0,15 | ± 0,27 | ± 0,10 | ± 0,18 | 19,05 | ± 0,15 | ± 0,27 | ± 0,10 | ± 0,18 | 25,40 | ± 0,18 | ± 0,38 | ± 0,13 | ± 0,25 | M | Rompevirutas unilateral con taladro |
| Ø                          | Tolerancia en mm                     |         |   |   |  |   |                  |         |                                      |         |         |         |                    |         |                            |         |         |                                      |         |                         |        |                                      |        |                                      |      |                              |        |        |        |       |        |        |        |        |       |        |        |        |        |       |        |        |        |        |       |        |        |        |        |   |                                     |
|                            | Con m                                |         | Con d <sub>1</sub>                                |   |  |   |                  |         |                                      |         |         |         |                    |         |                            |         |         |                                      |         |                         |        |                                      |        |                                      |      |                              |        |        |        |       |        |        |        |        |       |        |        |        |        |       |        |        |        |        |       |        |        |        |        |   |                                     |
| Círculo int d <sub>1</sub> | Clase M                              | Clase U | Clase M   | Clase U   |  |   |                  |         |                                      |         |         |         |                    |         |                            |         |         |                                      |         |                         |        |                                      |        |                                      |      |                              |        |        |        |       |        |        |        |        |       |        |        |        |        |       |        |        |        |        |       |        |        |        |        |   |                                     |
| 6,35                       | ± 0,08                               | ± 0,13  | ± 0,05  | ± 0,08  |  |   |                  |         |                                      |         |         |         |                    |         |                            |         |         |                                      |         |                         |        |                                      |        |                                      |      |                              |        |        |        |       |        |        |        |        |       |        |        |        |        |       |        |        |        |        |       |        |        |        |        |   |                                     |
| 9,52                       | ± 0,08                               | ± 0,13  | ± 0,05  | ± 0,08  |  |   |                  |         |                                      |         |         |         |                    |         |                            |         |         |                                      |         |                         |        |                                      |        |                                      |      |                              |        |        |        |       |        |        |        |        |       |        |        |        |        |       |        |        |        |        |       |        |        |        |        |   |                                     |
| 12,70                      | ± 0,13                               | ± 0,20  | ± 0,08  | ± 0,13  |  |   |                  |         |                                      |         |         |         |                    |         |                            |         |         |                                      |         |                         |        |                                      |        |                                      |      |                              |        |        |        |       |        |        |        |        |       |        |        |        |        |       |        |        |        |        |       |        |        |        |        |   |                                     |
| 15,87                      | ± 0,15                               | ± 0,27  | ± 0,10  | ± 0,18  |  |   |                  |         |                                      |         |         |         |                    |         |                            |         |         |                                      |         |                         |        |                                      |        |                                      |      |                              |        |        |        |       |        |        |        |        |       |        |        |        |        |       |        |        |        |        |       |        |        |        |        |   |                                     |
| 19,05                      | ± 0,15                               | ± 0,27  | ± 0,10  | ± 0,18  |  |   |                  |         |                                      |         |         |         |                    |         |                            |         |         |                                      |         |                         |        |                                      |        |                                      |      |                              |        |        |        |       |        |        |        |        |       |        |        |        |        |       |        |        |        |        |       |        |        |        |        |   |                                     |
| 25,40                      | ± 0,18                               | ± 0,38  | ± 0,13  | ± 0,25  |  |   |                  |         |                                      |         |         |         |                    |         |                            |         |         |                                      |         |                         |        |                                      |        |                                      |      |                              |        |        |        |       |        |        |        |        |       |        |        |        |        |       |        |        |        |        |       |        |        |        |        |   |                                     |
| T                          |                                      | C       | 7°  | G   | Rompevirutas unilateral, con taladro   |   |                  |         |                                      |         |         |         |                    |         |                            |         |         |                                      |         |                         |        |                                      |        |                                      |      |                              |        |        |        |       |        |        |        |        |       |        |        |        |        |       |        |        |        |        |       |        |        |        |        |   |                                     |
| C                          | 80°/100°                             | P       | 11°   | R   | Rompevirutas unilateral sin taladro  |   |                  |         |                                      |         |         |         |                    |         |                            |         |         |                                      |         |                         |        |                                      |        |                                      |      |                              |        |        |        |       |        |        |        |        |       |        |        |        |        |       |        |        |        |        |       |        |        |        |        |   |                                     |
| E                          | 75°                                  |         |   | B   | Sin rompevirutas con taladro avellanado unilateral   |   |                  |         |                                      |         |         |         |                    |         |                            |         |         |                                      |         |                         |        |                                      |        |                                      |      |                              |        |        |        |       |        |        |        |        |       |        |        |        |        |       |        |        |        |        |       |        |        |        |        |   |                                     |
| D                          | 55°                                  |         |   | T,H   | Rompevirutas unilateral con taladro avellanado   |   |                  |         |                                      |         |         |         |                    |         |                            |         |         |                                      |         |                         |        |                                      |        |                                      |      |                              |        |        |        |       |        |        |        |        |       |        |        |        |        |       |        |        |        |        |       |        |        |        |        |   |                                     |
| V                          | 35°                                  |         |   | P   | Neg/Pos., unilateral o bilateral, con taladro  |   |                  |         |                                      |         |         |         |                    |         |                            |         |         |                                      |         |                         |        |                                      |        |                                      |      |                              |        |        |        |       |        |        |        |        |       |        |        |        |        |       |        |        |        |        |       |        |        |        |        |   |                                     |
| W                          | 80°                                  |         |   | Z,X   | Ejecucion especial   |   |                  |         |                                      |         |         |         |                    |         |                            |         |         |                                      |         |                         |        |                                      |        |                                      |      |                              |        |        |        |       |        |        |        |        |       |        |        |        |        |       |        |        |        |        |       |        |        |        |        |   |                                     |

| 5ª Longitud de borde del filo   |                          |         |    |        |    |                       |    | Símbolo             | 6ª Espesor                                  | Símbolo | 7ª Tamaño de radio | Símbolo | 8ª Condiciones del filo | Símbolo | 9ª Sentido del corte | 10ª Designación del rompe virutas (opcional) |   |   |   |   |   |   |   |      |  |  |  |  |  |  |    |      |    |  |  |  |  |    |  |      |    |    |  |  |    |    |    |      |  |  |  |  |  |    |  |      |  |  |    |  |  |  |  |      |    |    |  |    |    |    |    |       |  |  |    |  |  |  |  |       |  |  |    |  |  |  |  |       |    |    |  |    |    |    |    |       |    |  |  |    |    |  |  |       |  |  |    |  |  |  |  |       |    |  |  |    |    |    |  |       |  |  |    |  |  |  |  |       |  |  |    |  |  |  |  |       |  |  |  |    |  |  |  |    |         |    |        |   |      |   |         |   |  |  |
|---|--------------------------|---------|----|--------|----|-----------------------|----|---------------------|---|---------|--------------------|---------|-------------------------|---------|----------------------|--|---|---|---|---|---|---|---|------|--|--|--|--|--|--|----|------|----|--|--|--|--|----|--|------|----|----|--|--|----|----|----|------|--|--|--|--|--|----|--|------|--|--|----|--|--|--|--|------|----|----|--|----|----|----|----|-------|--|--|----|--|--|--|--|-------|--|--|----|--|--|--|--|-------|----|----|--|----|----|----|----|-------|----|--|--|----|----|--|--|-------|--|--|----|--|--|--|--|-------|----|--|--|----|----|----|--|-------|--|--|----|--|--|--|--|-------|--|--|----|--|--|--|--|-------|--|--|--|----|--|--|--|----|---------|----|--------|---|------|---|---------|---|--|--|
| <table border="1"> <thead> <tr> <th>d<sub>1</sub></th> <th colspan="7">Letra característica (l)</th> </tr> <tr> <th>mm</th> <th>C</th> <th>D</th> <th>R</th> <th>S</th> <th>T</th> <th>V</th> <th>W</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3,97</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>02</td> </tr> <tr> <td>5,56</td> <td>05</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>09</td> <td></td> </tr> <tr> <td>6,35</td> <td>06</td> <td>07</td> <td></td> <td></td> <td>11</td> <td>11</td> <td>03</td> </tr> <tr> <td>7,94</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>13</td> <td></td> </tr> <tr> <td>8,00</td> <td></td> <td></td> <td>08</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>9,52</td> <td>09</td> <td>11</td> <td></td> <td>09</td> <td>16</td> <td>16</td> <td>06</td> </tr> <tr> <td>10,00</td> <td></td> <td></td> <td>10</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>12,00</td> <td></td> <td></td> <td>12</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>12,70</td> <td>12</td> <td>15</td> <td></td> <td>12</td> <td>22</td> <td>22</td> <td>08</td> </tr> <tr> <td>15,88</td> <td>16</td> <td></td> <td></td> <td>15</td> <td>27</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>16,00</td> <td></td> <td></td> <td>16</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>19,05</td> <td>19</td> <td></td> <td></td> <td>19</td> <td>33</td> <td>13</td> <td></td> </tr> <tr> <td>20,00</td> <td></td> <td></td> <td>20</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>25,00</td> <td></td> <td></td> <td>25</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>25,40</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>25</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> |                          |         |    |        |    |                       |    | d <sub>1</sub>      | Letra característica (l)                    |         |                    |         |                         |         |                      | mm   | C | D | R | S | T | V | W | 3,97 |  |  |  |  |  |  | 02 | 5,56 | 05 |  |  |  |  | 09 |  | 6,35 | 06 | 07 |  |  | 11 | 11 | 03 | 7,94 |  |  |  |  |  | 13 |  | 8,00 |  |  | 08 |  |  |  |  | 9,52 | 09 | 11 |  | 09 | 16 | 16 | 06 | 10,00 |  |  | 10 |  |  |  |  | 12,00 |  |  | 12 |  |  |  |  | 12,70 | 12 | 15 |  | 12 | 22 | 22 | 08 | 15,88 | 16 |  |  | 15 | 27 |  |  | 16,00 |  |  | 16 |  |  |  |  | 19,05 | 19 |  |  | 19 | 33 | 13 |  | 20,00 |  |  | 20 |  |  |  |  | 25,00 |  |  | 25 |  |  |  |  | 25,40 |  |  |  | 25 |  |  |  | 01 | 1,59 mm | 02 | 0,2 mm | F | Vivo | R | Derecha | R. Desbastado<br>M. Mecanizado<br>medio<br>F. Acabado |  |  |
| d <sub>1</sub>  | Letra característica (l) |         |    |        |    |                       |    |                     |   |         |                    |         |                         |         |                      |  |   |   |   |   |   |   |   |      |  |  |  |  |  |  |    |      |    |  |  |  |  |    |  |      |    |    |  |  |    |    |    |      |  |  |  |  |  |    |  |      |  |  |    |  |  |  |  |      |    |    |  |    |    |    |    |       |  |  |    |  |  |  |  |       |  |  |    |  |  |  |  |       |    |    |  |    |    |    |    |       |    |  |  |    |    |  |  |       |  |  |    |  |  |  |  |       |    |  |  |    |    |    |  |       |  |  |    |  |  |  |  |       |  |  |    |  |  |  |  |       |  |  |  |    |  |  |  |    |         |    |        |   |      |   |         |   |  |  |
| mm  | C                        | D       | R  | S      | T  | V                     | W  |                     |   |         |                    |         |                         |         |                      |  |   |   |   |   |   |   |   |      |  |  |  |  |  |  |    |      |    |  |  |  |  |    |  |      |    |    |  |  |    |    |    |      |  |  |  |  |  |    |  |      |  |  |    |  |  |  |  |      |    |    |  |    |    |    |    |       |  |  |    |  |  |  |  |       |  |  |    |  |  |  |  |       |    |    |  |    |    |    |    |       |    |  |  |    |    |  |  |       |  |  |    |  |  |  |  |       |    |  |  |    |    |    |  |       |  |  |    |  |  |  |  |       |  |  |    |  |  |  |  |       |  |  |  |    |  |  |  |    |         |    |        |   |      |   |         |   |  |  |
| 3,97  |                          |         |    |        |    |                       | 02 |                     |   |         |                    |         |                         |         |                      |  |   |   |   |   |   |   |   |      |  |  |  |  |  |  |    |      |    |  |  |  |  |    |  |      |    |    |  |  |    |    |    |      |  |  |  |  |  |    |  |      |  |  |    |  |  |  |  |      |    |    |  |    |    |    |    |       |  |  |    |  |  |  |  |       |  |  |    |  |  |  |  |       |    |    |  |    |    |    |    |       |    |  |  |    |    |  |  |       |  |  |    |  |  |  |  |       |    |  |  |    |    |    |  |       |  |  |    |  |  |  |  |       |  |  |    |  |  |  |  |       |  |  |  |    |  |  |  |    |         |    |        |   |      |   |         |   |  |  |
| 5,56  | 05                       |         |    |        |    | 09                    |    |                     |   |         |                    |         |                         |         |                      |  |   |   |   |   |   |   |   |      |  |  |  |  |  |  |    |      |    |  |  |  |  |    |  |      |    |    |  |  |    |    |    |      |  |  |  |  |  |    |  |      |  |  |    |  |  |  |  |      |    |    |  |    |    |    |    |       |  |  |    |  |  |  |  |       |  |  |    |  |  |  |  |       |    |    |  |    |    |    |    |       |    |  |  |    |    |  |  |       |  |  |    |  |  |  |  |       |    |  |  |    |    |    |  |       |  |  |    |  |  |  |  |       |  |  |    |  |  |  |  |       |  |  |  |    |  |  |  |    |         |    |        |   |      |   |         |   |  |  |
| 6,35  | 06                       | 07      |    |        | 11 | 11                    | 03 |                     |   |         |                    |         |                         |         |                      |  |   |   |   |   |   |   |   |      |  |  |  |  |  |  |    |      |    |  |  |  |  |    |  |      |    |    |  |  |    |    |    |      |  |  |  |  |  |    |  |      |  |  |    |  |  |  |  |      |    |    |  |    |    |    |    |       |  |  |    |  |  |  |  |       |  |  |    |  |  |  |  |       |    |    |  |    |    |    |    |       |    |  |  |    |    |  |  |       |  |  |    |  |  |  |  |       |    |  |  |    |    |    |  |       |  |  |    |  |  |  |  |       |  |  |    |  |  |  |  |       |  |  |  |    |  |  |  |    |         |    |        |   |      |   |         |   |  |  |
| 7,94  |                          |         |    |        |    | 13                    |    |                     |   |         |                    |         |                         |         |                      |  |   |   |   |   |   |   |   |      |  |  |  |  |  |  |    |      |    |  |  |  |  |    |  |      |    |    |  |  |    |    |    |      |  |  |  |  |  |    |  |      |  |  |    |  |  |  |  |      |    |    |  |    |    |    |    |       |  |  |    |  |  |  |  |       |  |  |    |  |  |  |  |       |    |    |  |    |    |    |    |       |    |  |  |    |    |  |  |       |  |  |    |  |  |  |  |       |    |  |  |    |    |    |  |       |  |  |    |  |  |  |  |       |  |  |    |  |  |  |  |       |  |  |  |    |  |  |  |    |         |    |        |   |      |   |         |   |  |  |
| 8,00  |                          |         | 08 |        |    |                       |    |                     |   |         |                    |         |                         |         |                      |  |   |   |   |   |   |   |   |      |  |  |  |  |  |  |    |      |    |  |  |  |  |    |  |      |    |    |  |  |    |    |    |      |  |  |  |  |  |    |  |      |  |  |    |  |  |  |  |      |    |    |  |    |    |    |    |       |  |  |    |  |  |  |  |       |  |  |    |  |  |  |  |       |    |    |  |    |    |    |    |       |    |  |  |    |    |  |  |       |  |  |    |  |  |  |  |       |    |  |  |    |    |    |  |       |  |  |    |  |  |  |  |       |  |  |    |  |  |  |  |       |  |  |  |    |  |  |  |    |         |    |        |   |      |   |         |   |  |  |
| 9,52  | 09                       | 11      |    | 09     | 16 | 16                    | 06 |                     |   |         |                    |         |                         |         |                      |  |   |   |   |   |   |   |   |      |  |  |  |  |  |  |    |      |    |  |  |  |  |    |  |      |    |    |  |  |    |    |    |      |  |  |  |  |  |    |  |      |  |  |    |  |  |  |  |      |    |    |  |    |    |    |    |       |  |  |    |  |  |  |  |       |  |  |    |  |  |  |  |       |    |    |  |    |    |    |    |       |    |  |  |    |    |  |  |       |  |  |    |  |  |  |  |       |    |  |  |    |    |    |  |       |  |  |    |  |  |  |  |       |  |  |    |  |  |  |  |       |  |  |  |    |  |  |  |    |         |    |        |   |      |   |         |   |  |  |
| 10,00   |                          |         | 10 |        |    |                       |    |                     |   |         |                    |         |                         |         |                      |  |   |   |   |   |   |   |   |      |  |  |  |  |  |  |    |      |    |  |  |  |  |    |  |      |    |    |  |  |    |    |    |      |  |  |  |  |  |    |  |      |  |  |    |  |  |  |  |      |    |    |  |    |    |    |    |       |  |  |    |  |  |  |  |       |  |  |    |  |  |  |  |       |    |    |  |    |    |    |    |       |    |  |  |    |    |  |  |       |  |  |    |  |  |  |  |       |    |  |  |    |    |    |  |       |  |  |    |  |  |  |  |       |  |  |    |  |  |  |  |       |  |  |  |    |  |  |  |    |         |    |        |   |      |   |         |   |  |  |
| 12,00   |                          |         | 12 |        |    |                       |    |                     |   |         |                    |         |                         |         |                      |  |   |   |   |   |   |   |   |      |  |  |  |  |  |  |    |      |    |  |  |  |  |    |  |      |    |    |  |  |    |    |    |      |  |  |  |  |  |    |  |      |  |  |    |  |  |  |  |      |    |    |  |    |    |    |    |       |  |  |    |  |  |  |  |       |  |  |    |  |  |  |  |       |    |    |  |    |    |    |    |       |    |  |  |    |    |  |  |       |  |  |    |  |  |  |  |       |    |  |  |    |    |    |  |       |  |  |    |  |  |  |  |       |  |  |    |  |  |  |  |       |  |  |  |    |  |  |  |    |         |    |        |   |      |   |         |   |  |  |
| 12,70   | 12                       | 15      |    | 12     | 22 | 22                    | 08 |                     |   |         |                    |         |                         |         |                      |  |   |   |   |   |   |   |   |      |  |  |  |  |  |  |    |      |    |  |  |  |  |    |  |      |    |    |  |  |    |    |    |      |  |  |  |  |  |    |  |      |  |  |    |  |  |  |  |      |    |    |  |    |    |    |    |       |  |  |    |  |  |  |  |       |  |  |    |  |  |  |  |       |    |    |  |    |    |    |    |       |    |  |  |    |    |  |  |       |  |  |    |  |  |  |  |       |    |  |  |    |    |    |  |       |  |  |    |  |  |  |  |       |  |  |    |  |  |  |  |       |  |  |  |    |  |  |  |    |         |    |        |   |      |   |         |   |  |  |
| 15,88   | 16                       |         |    | 15     | 27 |                       |    |                     |   |         |                    |         |                         |         |                      |  |   |   |   |   |   |   |   |      |  |  |  |  |  |  |    |      |    |  |  |  |  |    |  |      |    |    |  |  |    |    |    |      |  |  |  |  |  |    |  |      |  |  |    |  |  |  |  |      |    |    |  |    |    |    |    |       |  |  |    |  |  |  |  |       |  |  |    |  |  |  |  |       |    |    |  |    |    |    |    |       |    |  |  |    |    |  |  |       |  |  |    |  |  |  |  |       |    |  |  |    |    |    |  |       |  |  |    |  |  |  |  |       |  |  |    |  |  |  |  |       |  |  |  |    |  |  |  |    |         |    |        |   |      |   |         |   |  |  |
| 16,00   |                          |         | 16 |        |    |                       |    |                     |   |         |                    |         |                         |         |                      |  |   |   |   |   |   |   |   |      |  |  |  |  |  |  |    |      |    |  |  |  |  |    |  |      |    |    |  |  |    |    |    |      |  |  |  |  |  |    |  |      |  |  |    |  |  |  |  |      |    |    |  |    |    |    |    |       |  |  |    |  |  |  |  |       |  |  |    |  |  |  |  |       |    |    |  |    |    |    |    |       |    |  |  |    |    |  |  |       |  |  |    |  |  |  |  |       |    |  |  |    |    |    |  |       |  |  |    |  |  |  |  |       |  |  |    |  |  |  |  |       |  |  |  |    |  |  |  |    |         |    |        |   |      |   |         |   |  |  |
| 19,05   | 19                       |         |    | 19     | 33 | 13                    |    |                     |   |         |                    |         |                         |         |                      |  |   |   |   |   |   |   |   |      |  |  |  |  |  |  |    |      |    |  |  |  |  |    |  |      |    |    |  |  |    |    |    |      |  |  |  |  |  |    |  |      |  |  |    |  |  |  |  |      |    |    |  |    |    |    |    |       |  |  |    |  |  |  |  |       |  |  |    |  |  |  |  |       |    |    |  |    |    |    |    |       |    |  |  |    |    |  |  |       |  |  |    |  |  |  |  |       |    |  |  |    |    |    |  |       |  |  |    |  |  |  |  |       |  |  |    |  |  |  |  |       |  |  |  |    |  |  |  |    |         |    |        |   |      |   |         |   |  |  |
| 20,00   |                          |         | 20 |        |    |                       |    |                     |   |         |                    |         |                         |         |                      |  |   |   |   |   |   |   |   |      |  |  |  |  |  |  |    |      |    |  |  |  |  |    |  |      |    |    |  |  |    |    |    |      |  |  |  |  |  |    |  |      |  |  |    |  |  |  |  |      |    |    |  |    |    |    |    |       |  |  |    |  |  |  |  |       |  |  |    |  |  |  |  |       |    |    |  |    |    |    |    |       |    |  |  |    |    |  |  |       |  |  |    |  |  |  |  |       |    |  |  |    |    |    |  |       |  |  |    |  |  |  |  |       |  |  |    |  |  |  |  |       |  |  |  |    |  |  |  |    |         |    |        |   |      |   |         |   |  |  |
| 25,00   |                          |         | 25 |        |    |                       |    |                     |   |         |                    |         |                         |         |                      |  |   |   |   |   |   |   |   |      |  |  |  |  |  |  |    |      |    |  |  |  |  |    |  |      |    |    |  |  |    |    |    |      |  |  |  |  |  |    |  |      |  |  |    |  |  |  |  |      |    |    |  |    |    |    |    |       |  |  |    |  |  |  |  |       |  |  |    |  |  |  |  |       |    |    |  |    |    |    |    |       |    |  |  |    |    |  |  |       |  |  |    |  |  |  |  |       |    |  |  |    |    |    |  |       |  |  |    |  |  |  |  |       |  |  |    |  |  |  |  |       |  |  |  |    |  |  |  |    |         |    |        |   |      |   |         |   |  |  |
| 25,40   |                          |         |    | 25     |    |                       |    |                     |   |         |                    |         |                         |         |                      |  |   |   |   |   |   |   |   |      |  |  |  |  |  |  |    |      |    |  |  |  |  |    |  |      |    |    |  |  |    |    |    |      |  |  |  |  |  |    |  |      |  |  |    |  |  |  |  |      |    |    |  |    |    |    |    |       |  |  |    |  |  |  |  |       |  |  |    |  |  |  |  |       |    |    |  |    |    |    |    |       |    |  |  |    |    |  |  |       |  |  |    |  |  |  |  |       |    |  |  |    |    |    |  |       |  |  |    |  |  |  |  |       |  |  |    |  |  |  |  |       |  |  |  |    |  |  |  |    |         |    |        |   |      |   |         |   |  |  |
|   | 02                       | 2,38 mm | 04 | 0,4 mm | E  | Redondeado            | L  | Izquierda           | -R1 -F1<br>-R2 -F2                          |         |                    |         |                         |         |                      |  |   |   |   |   |   |   |   |      |  |  |  |  |  |  |    |      |    |  |  |  |  |    |  |      |    |    |  |  |    |    |    |      |  |  |  |  |  |    |  |      |  |  |    |  |  |  |  |      |    |    |  |    |    |    |    |       |  |  |    |  |  |  |  |       |  |  |    |  |  |  |  |       |    |    |  |    |    |    |    |       |    |  |  |    |    |  |  |       |  |  |    |  |  |  |  |       |    |  |  |    |    |    |  |       |  |  |    |  |  |  |  |       |  |  |    |  |  |  |  |       |  |  |  |    |  |  |  |    |         |    |        |   |      |   |         |   |  |  |
|   | 03                       | 3,18 mm | 08 | 0,8 mm | T  | Biselado (negativo)   | N  | Derecha e izquierda | -M1 -F3<br>-M2 -F4<br>-M3 -F5<br>-F6<br>-F8 |         |                    |         |                         |         |                      |  |   |   |   |   |   |   |   |      |  |  |  |  |  |  |    |      |    |  |  |  |  |    |  |      |    |    |  |  |    |    |    |      |  |  |  |  |  |    |  |      |  |  |    |  |  |  |  |      |    |    |  |    |    |    |    |       |  |  |    |  |  |  |  |       |  |  |    |  |  |  |  |       |    |    |  |    |    |    |    |       |    |  |  |    |    |  |  |       |  |  |    |  |  |  |  |       |    |  |  |    |    |    |  |       |  |  |    |  |  |  |  |       |  |  |    |  |  |  |  |       |  |  |  |    |  |  |  |    |         |    |        |   |      |   |         |   |  |  |
|   | T3                       | 3,97 mm | 12 | 1,2 mm | S  | Biselado + redondeado |    |                     |   |         |                    |         |                         |         |                      |  |   |   |   |   |   |   |   |      |  |  |  |  |  |  |    |      |    |  |  |  |  |    |  |      |    |    |  |  |    |    |    |      |  |  |  |  |  |    |  |      |  |  |    |  |  |  |  |      |    |    |  |    |    |    |    |       |  |  |    |  |  |  |  |       |  |  |    |  |  |  |  |       |    |    |  |    |    |    |    |       |    |  |  |    |    |  |  |       |  |  |    |  |  |  |  |       |    |  |  |    |    |    |  |       |  |  |    |  |  |  |  |       |  |  |    |  |  |  |  |       |  |  |  |    |  |  |  |    |         |    |        |   |      |   |         |   |  |  |
|   | 04                       | 4,76 mm | 16 | 1,6 mm |    |                       |    |                     |   |         |                    |         |                         |         |                      |  |   |   |   |   |   |   |   |      |  |  |  |  |  |  |    |      |    |  |  |  |  |    |  |      |    |    |  |  |    |    |    |      |  |  |  |  |  |    |  |      |  |  |    |  |  |  |  |      |    |    |  |    |    |    |    |       |  |  |    |  |  |  |  |       |  |  |    |  |  |  |  |       |    |    |  |    |    |    |    |       |    |  |  |    |    |  |  |       |  |  |    |  |  |  |  |       |    |  |  |    |    |    |  |       |  |  |    |  |  |  |  |       |  |  |    |  |  |  |  |       |  |  |  |    |  |  |  |    |         |    |        |   |      |   |         |   |  |  |
|   | 06                       | 6,35 mm | 20 | 2,0 mm |    |                       |    |                     |   |         |                    |         |                         |         |                      |  |   |   |   |   |   |   |   |      |  |  |  |  |  |  |    |      |    |  |  |  |  |    |  |      |    |    |  |  |    |    |    |      |  |  |  |  |  |    |  |      |  |  |    |  |  |  |  |      |    |    |  |    |    |    |    |       |  |  |    |  |  |  |  |       |  |  |    |  |  |  |  |       |    |    |  |    |    |    |    |       |    |  |  |    |    |  |  |       |  |  |    |  |  |  |  |       |    |  |  |    |    |    |  |       |  |  |    |  |  |  |  |       |  |  |    |  |  |  |  |       |  |  |  |    |  |  |  |    |         |    |        |   |      |   |         |   |  |  |
|   | 07                       | 7,94 mm | 24 | 2,4 mm |    |                       |    |                     |   |         |                    |         |                         |         |                      |  |   |   |   |   |   |   |   |      |  |  |  |  |  |  |    |      |    |  |  |  |  |    |  |      |    |    |  |  |    |    |    |      |  |  |  |  |  |    |  |      |  |  |    |  |  |  |  |      |    |    |  |    |    |    |    |       |  |  |    |  |  |  |  |       |  |  |    |  |  |  |  |       |    |    |  |    |    |    |    |       |    |  |  |    |    |  |  |       |  |  |    |  |  |  |  |       |    |  |  |    |    |    |  |       |  |  |    |  |  |  |  |       |  |  |    |  |  |  |  |       |  |  |  |    |  |  |  |    |         |    |        |   |      |   |         |   |  |  |

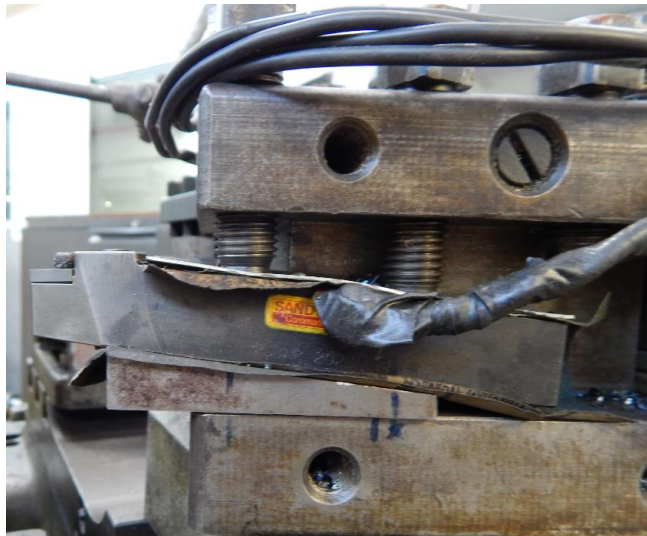
**Figura 8.** Material y condiciones de uso



**Fuente:** Organización Internacional de Normalización.

Ya precisados los parámetros de la herramienta, es necesario hacer lo propio con los parámetros de montaje en máquina. Solo se contaba con un porta-insertos positivo por lo cual fue necesario realizar un montaje para reducir los efectos de esta ubicación, logrando así minimizar el cambio que este producía en los parámetros del inserto y obteniendo como resultado una geometría de montaje, como se puede observar en la figura 9.

**Figura 9.** Esquema real de montaje para torneado con inserto HM [24]



De acuerdo con lo mostrado en la figura 9, los ángulos de la herramienta fueron los siguientes:

- Ángulo de incidencia:  $\alpha = 3^\circ$
- Ángulo de ataque:  $\gamma = -3^\circ$
- Ángulo de posición principal:  $\varphi = 30^\circ$

**Actividad 1.2: De acuerdo al material seleccionado, se determinarán los parámetros de corte.**

Los valores de velocidad de rotación, velocidad de avance y profundidad de corte, se determinaron aplicando la teoría clásica del corte de metales, fórmulas 1, 2 y 3.

$$V_c = \frac{\pi \cdot D \cdot N}{1000} \quad (1)$$

Donde:

- **N**: Velocidad angular del husillo, en RPM
- **D**: Diámetro de la pieza, en mm
- **Vc**: Velocidad de corte, en m/min

$$f_d = \frac{1}{8} t \quad (2)$$

Dónde:

- **t**: profundidad de pasada
- **f<sub>d</sub>**: avance de la herramienta, en mm/rev

$$P = \frac{3 \sigma_r t f V_c}{4500} * 1,015 \quad (3)$$

Dónde:

- **σ<sub>r</sub>**: Resistencia a la rotura del material a mecanizar, en kgf/cm<sup>2</sup> (**ver tabla 1**)
- **t**: profundidad de pasada, en mm
- **f**: avance de la herramienta, en mm/rev
- **Vc**: Velocidad de corte, en m/min
- **P**: Potencia de mecanizado, en kW

**Tabla 1** valores de esfuerzo para σ<sub>r</sub>: [el Autor]

| Material                              | Acero 1045 | Aluminio comercial | Latón |
|---------------------------------------|------------|--------------------|-------|
| σ <sub>r</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> ) | 38 a 36    | 10 a 16            | 24    |

Se eligió un espesor radial **t = 1mm**, y de tablas, en operación de torneado en desbaste de un acero **AISI/SAE 1045**, se eligió una velocidad de corte **Vc = 40m/min**. Se despeja la variable N, que es la que se requiere.



$$N = \frac{1000 * VC}{\pi * D} \quad (4)$$

Se reemplaza los valores de las variables seleccionadas en la fórmula despejada (4)

$$N = \frac{1000 * 40 \text{ m/min}}{\pi * 12,7 \text{ mm}}$$

Se obtiene el número de revoluciones necesarias para realizar el mecanizado.

$$N = 1002,55 \text{ RPM}$$

Tomando como base el rango de velocidades de avance disponibles en la máquina (ver numeral 1.1), se eligió una velocidad de avance real de 914RPM.

Nuevamente, tomando como base  $t = 1\text{mm}$ , y aplicando en la fórmula 2,

$$f_d = \frac{1}{8}(1\text{mm}) \quad (2)$$

Se obtiene el avance en mm/rev.

$$f_d = 0,125\text{mm/ rev} \quad (2)$$

De la tabla 1, y para un **acero 1045**, se ha elegido un valor de  $\sigma_r = 38 \text{ kgf/cm}^2$ , reemplazando en la fórmula 3, reemplazando los valores de variables en la ecuación.

$$P = \frac{3(38\text{kgf/cm}^2)(1\text{mm})(0.125\text{mm/ rev})(40\text{m/min})}{4500} * 1,015$$

Como se resultado se obtiene el valor de la potencia del mecanizado.

$$P = 0,1286\text{kW}$$

De acuerdo con los resultados obtenidos anteriormente se tomarán como referencia para elegir los parámetros de corte que estén más cercanos a estos resultados teóricos y que sean convenientes para el estudio del desgaste de flanco en las herramientas de corte HM. Los parámetros elegidos para este estudio están incluidos en la programación para el estudio del efecto de electroplasticidad sobre la vida útil de herramienta de carburo metálico en la tabla 2.

**Tabla 2.** Programación para estudio del efecto de EP sobre vida útil de herramienta de carburo metálico [el Autor]

| Ítem  | Nombre operación                           | Descripción                          | Observación                | Herramienta | Profundidad de corte (mm) | Diámetro inicial (mm) | Diámetro final (mm) | Velocidad angular | Vc (m/min) | Avance (mm/rev) |
|---|--|--------------------------------------|----------------------------|-------------|---------------------------|-----------------------|---------------------|-------------------|------------|-----------------|
| 1   | Cilindrado                                 | Cilindrar sobre una longitud de 75mm | Montaje entre copa y punta | Buril 1 HM  | 1                         | 12,7                  | 10,7                | 914               | 40         | 0,17            |
| 1A  | Medir y registrar vibraciones              |                                      |                            |             |                           |                       |                     |                   |            |                 |
| 2   | Observar y fotografiar el flanco           |                                      |                            |             |                           |                       |                     |                   |            |                 |
|   | Medir rugosidad del trozo cortado          |                                      |                            |             |                           |                       |                     |                   |            |                 |
|   | Tomar decisiones                           |                                      |                            |             |                           |                       |                     |                   |            |                 |
| 3   | Desmontar probeta e instalar probeta nueva |                                      |                            |             |                           |                       |                     |                   |            |                 |
| Iterar pasos 1 a 3, hasta que se cumpla el criterio de desgaste de flanco |  |                                      |                            |             |                           |                       |                     |                   |            |                 |

### Actividad 1.3: Selección de ancho y frecuencia de pulsos de corriente.

El generador de pulsos corresponde a un equipo como el mostrado en la figura 10. Sus capacidades de trabajo son:

- Frecuencia variable entre (0-400) Hz
- Ancho de pulso variable entre (0-200) us
- Corriente máxima entregada por el equipo: 120A

En búsqueda de obtener la máxima potencia del generador de pulsos, se eligieron:

$F = 300\text{Hz}$  y  $B=200\text{us}$ .

**Figura 10.** Montaje del generador de pulsos. Parte superior: osciloscopio Fluke 123; parte intermedia: generador de pulsos. Parte inferior: transformador de voltaje de alimentación del generador de pulsos [24]



Los resultados de las actividades 1.1, 1.2 y 1.3, han sido resumidos en la tabla 3.

**Tabla 3.** Variables de entrada elegidas [el Autor]

| VARIABLES DE ENTRADA         |                                 |   |
|------------------------------|---------------------------------|---|
| Variable                     | Valor o selección               | Criterio                                  |
| Material                     | Acero AISI/SAE 1045 $\phi$ 1/2" | Comercial                                 |
| Velocidad de rotación (rpm)  | 914                             | Teoría de corte clásica                   |
| Velocidad de avance (mm/rev) | 0.174                           | Teoría de corte clásica                   |
| Ancho de pulsos( $\mu$ s)    | 200                             | Para máxima potencia de los electropulsos |
| Frecuencia de pulsos (Hz)    | 300                             | Para máxima potencia de los electropulsos |

**Etapla 2. Definición de un protocolo de experimentación en cuanto a variables de salida.**

**Actividad 2.1: Definición de las variables de salida a ser medidas, durante y después de la ejecución de la experimentación, teniendo en cuenta su disponibilidad en la Universidad Tecnológica de Pereira.**

Pensando en evaluar el efecto de los pulsos de corriente de alta densidad en el torneado con inserto HM, se eligieron como variables de salida:

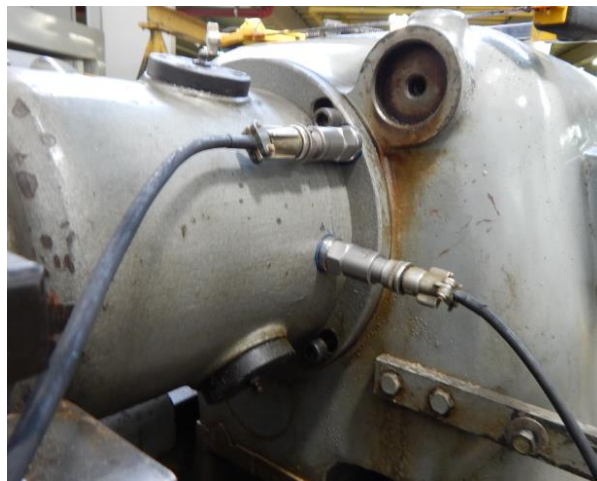
- Vibraciones mecánicas axiales y radiales
- Rugosidad superficial de las probetas mecanizadas.
- Altura de desgaste de flanco  $h_f$ .

Las vibraciones mecánicas fueron medidas con un equipo DSP Logger MX 300 (**figura 11**). Las vibraciones axiales y radiales, fueron medidas en el husillo de la máquina, lo más cerca posible a la acción de la herramienta, tal como se parecía en la **figura 12**.

**Figura 11.** Equipo DSP Logger MX 300 utilizado [24]



**Figura 12.** Esquema de montaje de los acelerómetros [24]



La rugosidad o acabado superficial fue medida con un Rugosímetro SJ 201 P (**figura 13**), con las siguientes especificaciones:

- Palpador de diamante, con un radio de  $5\mu\text{m}$  ( $200\mu\text{in}$ ).
- Fuerza de medición de  $4\text{mN}$  ( $0,4\text{gf}$ )
- Campo de medición:  $300\mu\text{m}$  ( $\pm 150\mu\text{m}$ ) ó  $1200\mu\text{in}$  ( $\pm 6000\mu\text{in}$ )
- Recorrido del palpador  $21\text{mm}$  ( $0,82\text{in}$ )
- Velocidad de desplazamiento. En medición:  $0,25$  a  $0,5\text{mm/s}$ . Retroceso:  $0,8\text{mm/s}$ .
- Realiza la medición bajo normas JIS, DIN, ISO y ANSI.

**Figura 13.** Rugosímetro JS201 P utilizado [24]



Para las mediciones de las variables eléctricas frecuencia, ancho de pulso y forma del pulso, se utilizó un osciloscopio Fluke 123, 20MHz 196C (**ver figura 10**).

Finalmente, el desgaste de la herramienta  $h_f$  fue medido de manera indirecta, tomando fotografías en la cara de trabajo del inserto metálico, con una cámara Nikon L830. Posteriormente, a las imágenes tomadas se les hizo un tratamiento con el software draftsight (**ver numeral 2.2**)

### **Actividad 2.2: Definición de aplicativos de software a ser empleados en el posprocesamiento de información.**

Los siguientes aplicativos fueron utilizados para el posprocesamiento de la información:

Excel: este software permite elaborar tablas y formatos que incluyan cálculos matemáticos mediante fórmulas; las cuales pueden usar operadores matemáticos además de poder utilizar elementos denominados funciones.

*DraftSight 2015*: DraftSight es una alternativa a AutoCAD desarrollada por *Dassault Systems* que ofrece un software multiplataforma y gratuito para visualizar y editar archivos con formato DWG.

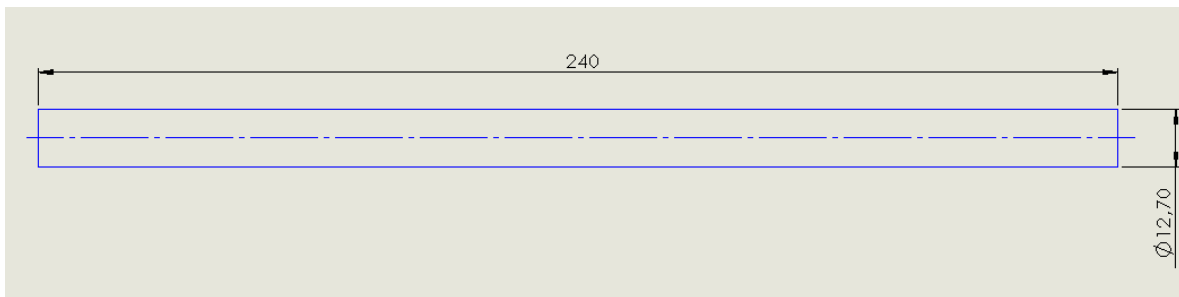
Software del Fluke 123, para visualizar los pulsos entregados por el generador de pulsos.

### **Etapas 3. Preparar probetas e instrumentación necesaria para la experimentación.**

#### **Actividad 3.1: Definición de forma y tamaño de las probetas. Fabricación de las mismas.**

Se utilizaron barras de acero AISI/SAE 1045 con un diámetro de 12,7 mm (1/2 pulgada) que se cortaron con sierra mecánica dejándolas de un tamaño de 242 mm luego de esto se montaron en el torno para realizarles un refrentado en las caras posteriormente se les practicaron los agujeros de centros, para propiciar el montaje entre copa y punta, y garantizar cilindricidad durante el mecanizado longitudinal.

**Figura 14:** Material en suministro [el Autor]

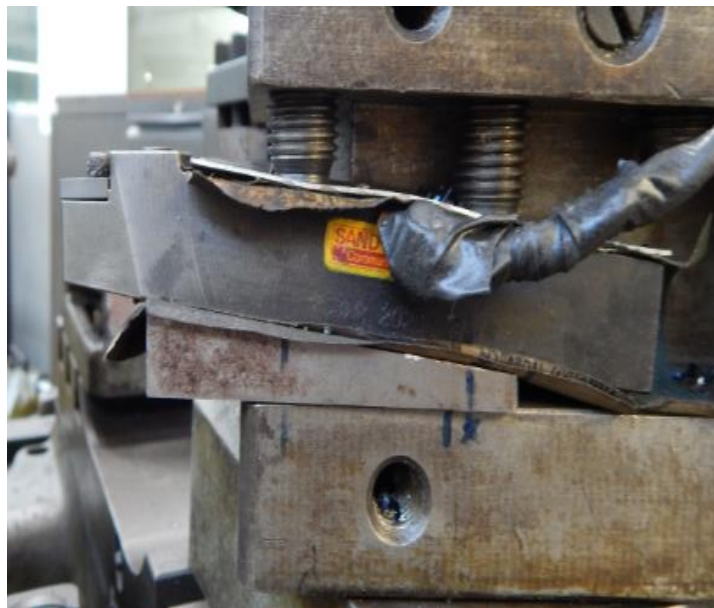


**Actividad 3.2: Fabricación de utilajes necesarios para completar el montaje físico previo en los numerales 1.1 y 2.1.**

**Fue necesario fabricar:**

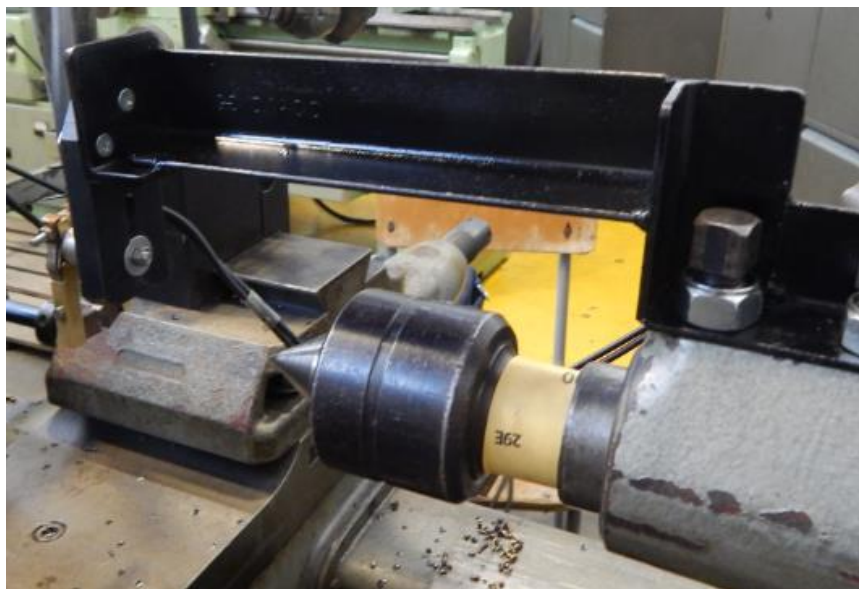
El elemento prismático fue construido para montar la porta buril y que el ángulo de incidencia, en lo posible fuese neutro, de acuerdo a la geometría original del inserto metálico.

**Figura 15:** Elemento prismático [24]



Soporte metálico (**figura16**) para montar el posta-escobillas permitir que recorriera la región de la probeta sin mecanizar, evitando saltos y dañ


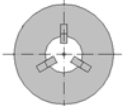
**Figura 16:** Soporte metálico [24]



**Etapa 4. Ejecutar pruebas preliminares.**

**Actividad 4.1:** Montaje y puesta a punto del equipamiento.

**Figura 17.** Ruta de trabajo

|   |   |   |   |  |  |                                   |                 |                     |             |                        |
|---|---|---|---|--|--|-----------------------------------|-----------------|---------------------|-------------|------------------------|
|  | UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA<br>FACULTAD DE TECNOLOGÍAS<br>ESCUELA DE TECNOLOGÍA MECÁNICA |   | HOJA 1  | NOMBRE DE LA PIEZA   |  |                                   |                 |                     |             |                        |
|   |   |   | RUTA DE TRABAJO   | MATERIAL: Acero AISI/SAE 1045  |  |                                   | REFERENCIA:     |                     |             |                        |
|   |   |   |   | MEDIDAS: ● 1/2" x mm   |  |                                   | CANTIDAD:       |                     |             |                        |
| COLOCACIÓN  | PROCESO   | PASOS   | MAQUINAS: Torno revolver  |  |  |                                   |                 |                     |             |                        |
|   |   |   | TRABAJO A REALIZAR  | ESQUEMA SIMPLIFICADO   | HERRAMIENTAS DE CORTE, INSTRUMENTOS DE MEDIDA Y ACCESORIOS | VALORES DE ORIENTACION DE TRABAJO |                 |                     |             |                        |
|   |   |   |   |  | VEL DE CORTE (mm/min)                                      | N (RPM)                           | AVANCE (mm/rev) | PROF. DE CORTE (mm) | No. PASADAS | TIEMPO POR PIEZA (min) |
| A   | 1   | Preparar la máquina montando la copa de tres mordazas, y alinear el buril al nivel del punto giratorio. |  | Copa de tres mordazas<br>Buril 5/16 HSS<br>Porta buril<br>Llave para el porta buril<br>Punto giratorio | .  | .                                 | .               | .                   | .           |                        |

Ver anexo 1



#### Actividad 4.2: Pruebas real de ensayos y correcciones necesarias

Para el alistamiento de la maquina se tomaron las medidas necesarios para el buen funcionamiento del experimento como comprobar los niveles de aceite de torno revolver, el montaje y la alineación de las probetas siendo necesario corregir solo algunos detalles como la posición del porta inserto para que no afectara el ángulo de incidencia de la herramienta de corte y la ubicación de los topes de la máquina para evitar algún tipo de choque que pueda ocasionar alguna anomalía en el desarrollo de la experiencia.

#### Etapa 5. Desarrollo del experimento y registro de lecturas.

#### Actividad 5.1: Definición de formatos necesarios para el registro y recolección de la Información.

Para el registro y procesamiento de datos se utilizó el siguiente formato:

**Figura 18.** Formato para recolección de información

Herramienta: \_\_\_\_\_ EPT: \_\_\_\_\_

| Probeta | Rugosidad | Lectura   | Foto | Vibración     |              | Vibración |      | Altura | Flanco | hf | T | Observación |
|---------|-----------|-----------|------|---------------|--------------|-----------|------|--------|--------|----|---|-------------|
|         | promedio  | vibración |      | radial (mm/s) | axial (mm/s) | UCAD      | UCAD | (mm)   | (min)  |    |   |             |
|         |           |           |      | RMS           | Pico         | RMS       | Pico |        |        |    |   |             |
|         |           |           |      |               |              |           |      |        |        |    |   |             |
|         |           |           |      |               |              |           |      |        |        |    |   |             |
|         |           |           |      |               |              |           |      |        |        |    |   |             |
|         |           |           |      |               |              |           |      |        |        |    |   |             |
|         |           |           |      |               |              |           |      |        |        |    |   |             |
|         |           |           |      |               |              |           |      |        |        |    |   |             |
|         |           |           |      |               |              |           |      |        |        |    |   |             |
|         |           |           |      |               |              |           |      |        |        |    |   |             |
|         |           |           |      |               |              |           |      |        |        |    |   |             |
|         |           |           |      |               |              |           |      |        |        |    |   |             |
|         |           |           |      |               |              |           |      |        |        |    |   |             |
|         |           |           |      |               |              |           |      |        |        |    |   |             |
|         |           |           |      |               |              |           |      |        |        |    |   |             |
|         |           |           |      |               |              |           |      |        |        |    |   |             |
|         |           |           |      |               |              |           |      |        |        |    |   |             |
|         |           |           |      |               |              |           |      |        |        |    |   |             |
|         |           |           |      |               |              |           |      |        |        |    |   |             |
|         |           |           |      |               |              |           |      |        |        |    |   |             |
|         |           |           |      |               |              |           |      |        |        |    |   |             |
|         |           |           |      |               |              |           |      |        |        |    |   |             |
|         |           |           |      |               |              |           |      |        |        |    |   |             |
|         |           |           |      |               |              |           |      |        |        |    |   |             |

#### Actividad 5.2: Ejecución del ensayo planteado.

Se realizó un estudio experimental con el fin de recoger información sobre los cuestionamientos e hipótesis que se tienen acerca del desgaste del flaco en las herramientas de corte HM con y sin pulsos de alta densidad de corriente.

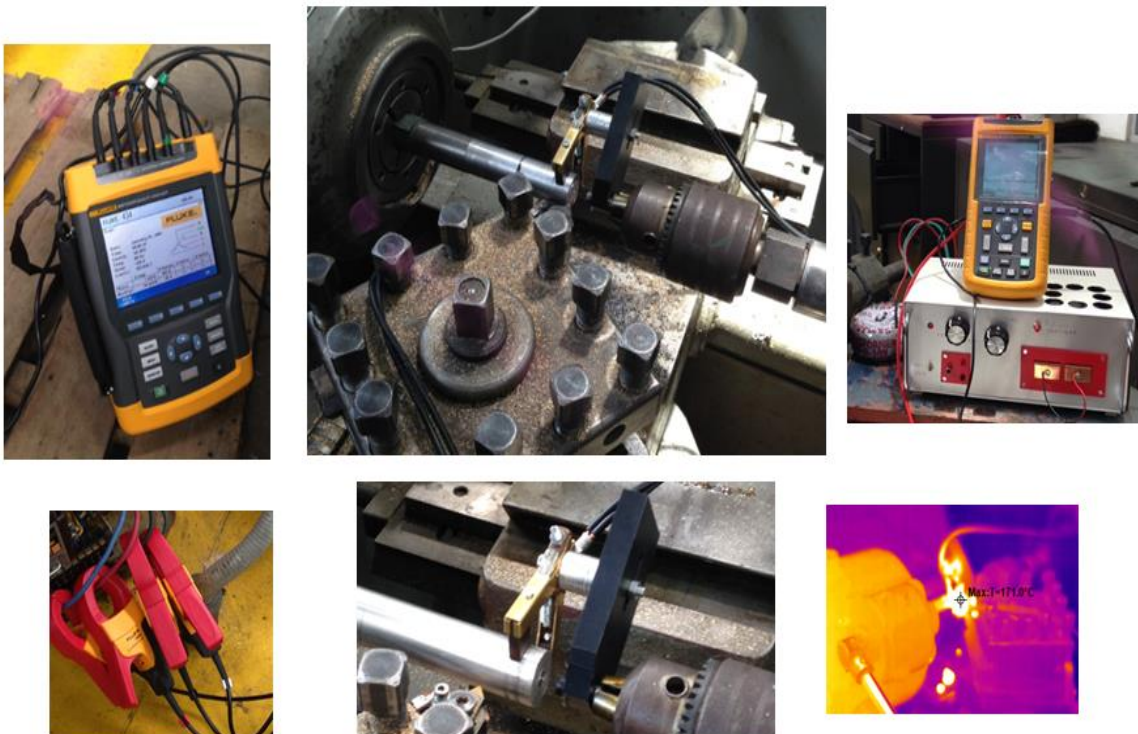
Para este estudio se utilizaron las siguientes máquinas, equipos e instrumentos de medición:

- Generador de pulsos
- Torno revolver ZPS

- Transformador
- Analizador de calidad de energía Fluke 434
- Multímetro Fluke 123
- Barras de Acero AISI/SAE 1045, de diámetro ½"
- Porta escobillas
- Porta insertos e insertos para mecanizar acero
- Analizador de vibraciones
- Calibrador pie de rey, rango de (0-150) mm y resolución de 0,01mm
- Tornillo micrométrico de rango de (0-25) mm, y resolución de 0,01mm
- Cámara Nikon Coolpix L830
- Software para procesamiento de imágenes, *Draftsight* 2015

Al preparar las herramientas de trabajo se realizaron los ensayos pertinentes para el estudio, primero fueron cortadas gran cantidad probetas de acero 1045 con ayuda de una sierra mecánica dejándolas con una longitud de 243mm, luego se hizo alistamiento del torneó, montando la copa de tres mordazas y alineando el buril con el punto giratorio, refrentando para eliminar defectos del corte en el material, seguido de la ejecución de agujeros de centros, en cada una de las caras de las probetas.

**Figura 19:** Montaje y conexión de los instrumentos de medida para la experimentación [24]



Después de tener todas las probetas listas se procede a realizar un montaje como el mostrado en la **figura 19** instalando y conectando todos los instrumentos de medida y los accesorios necesarios para el realizar el experimento. El generador de pulsos se conecta por un terminal al porta escobillas (que será el encargado de transmitir la energía a la probeta) y por el otro terminal a la herramienta de corte; tanto la probeta como el portaherramienta, deben de estar aislados eléctricamente de la máquina, para evitar accidentes debido al paso de la corriente.

Se da inicio al proceso de cilindrado de cada una de las probetas con y sin la asistencia de los pulsos de alta densidad de corriente, simultáneamente se miden y registran vibraciones; una vez culminado el mecanizado de una probeta, se observa y fotografía el flanco, luego se desmonta la probeta, se miden las rugosidades de la parte cilindrada, se instala una probeta nueva y se repite el procedimiento hasta que se observe desgastes de flanco del orden de 0,7mm.

## **Etapas 6. Procesar la información entrada /salida.**

### **Actividad 6.1: Recolectar, organizar y compilar información de entrada/salida.**

Tras la ejecución del ensayo, todos los datos obtenidos fueron almacenados en aplicativos de software, para procesar los datos que serán incluidos en los formatos correspondientes para cada medición.

Los aplicativos que se utilizaron fueron los siguientes:

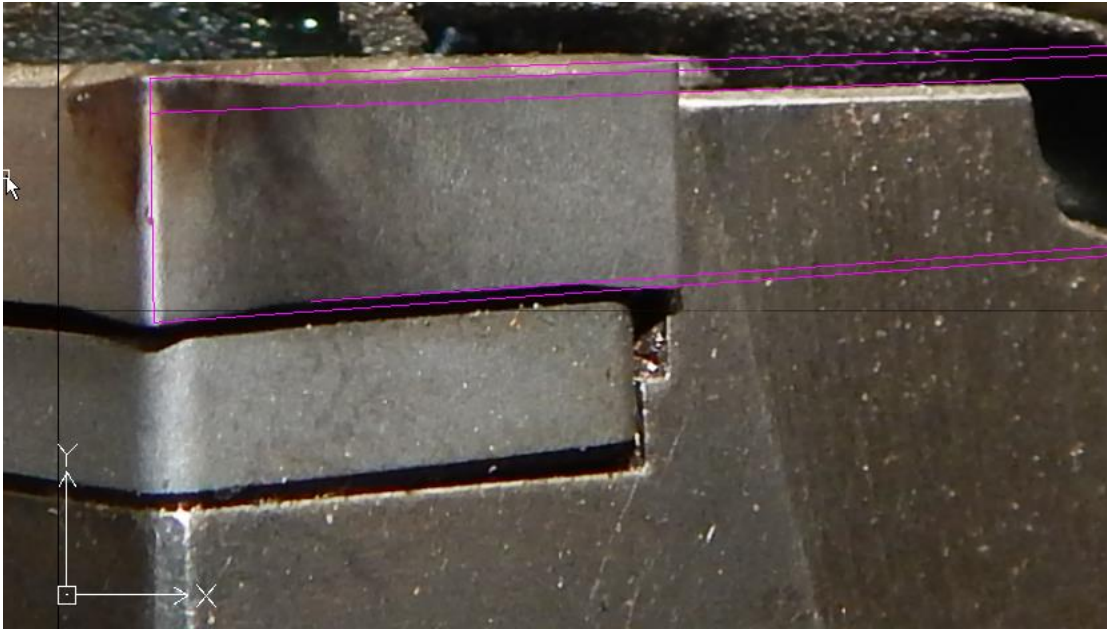
- *DSP data management*. Utilizado para procesar la información acerca de las vibraciones que se le tomaron a la máquina
- *Draftsight 2015*. Utilizado para la medición de la altura de flanco en la herramienta
- Hoja electrónica *Excel*. En ella que se almacenó la información y se graficaron las curvas de desgaste de flanco.

### **Actividad 6.2: Análisis de datos obtenidos.**

Lo que se desea lograr con este estudio es determinar el desgaste de flanco y la vida útil de la herramienta de corte de carburo metálico HM, asistido o no con los pulsos de alta densidad de corriente.

Como se precisó en 6.1, la medición del desgaste de flanco se efectuó con el software *Draftsight 2015*. La figura 20, presenta un vistazo rápido de la obtención de dicha altura. El procedimiento completo es explicado en el Anexo 5.

**Figura 20.** Medición del desgaste de flanco con el software *Draftsight* 2015.



**Etapas 7.** Presentar la información de variación del desgaste de flanco, con y sin asistencia de pulsos de corriente de alta densidad

**Actividad 7.1:** Desarrollar un informe con todos los datos conseguidos.

En las figuras 21 y 22 se aprecia toda la información necesaria obtenida en el proceso de experimentación.

**Figura 21.** Información HM-S EPT

| HM      |                    |                   | EPT:     | No                      |      |                        |      |             |             |         |         | NO             |
|---------|--------------------|-------------------|----------|-------------------------|------|------------------------|------|-------------|-------------|---------|---------|----------------|
| Probeta | Rugosidad promedio | Lectura vibración | Foto     | Vibración radial (mm/s) |      | Vibración axial (mm/s) |      | Altura UCAD | Flanco UCAD | hf (mm) | T (min) | Observación    |
|         |                    |                   |          | RMS                     | Pico | RMS                    | Pico |             |             |         |         |                |
| 1D      | 7,82               | 08:31             | '0009    | 0,09                    | 0,19 | 0,05                   | 0,47 | 15,83       | 1,61        | 0,47    | 0,51    |                |
| 2D      | 8,14               | 08:38             | '0010    | 0,14                    | 0,31 | 0,05                   | 0,30 | 12,19       | 1,44        | 0,55    | 1,02    |                |
| 3D      | 7,75               | 08:40             | '0011    | 0,08                    | 0,19 | 0,07                   | 0,30 | 18,67       | 2,19        | 0,54    | 1,53    |                |
| 4D      | 7,52               | 08:42             | '0012    | 0,09                    | 0,23 | 0,06                   | 0,12 | no          | no          | no      | 2,04    | Pastilla sucia |
| 5D      | 6,76               | 08:44             | '0013/15 | 0,09                    | 0,19 | 0,07                   | 0,25 | no          | no          | no      | 2,55    | Pastilla sucia |
| 6D      | 7,57               | 08:46             | '0016    | 0,10                    | 0,20 | 0,05                   | 0,21 | no          | no          | no      | 3,06    | Muy borrosa    |
| 7D      | 7,15               | 08:48             | '0017    | 0,08                    | 0,19 | 0,07                   | 0,30 | no          | no          | no      | 3,57    | Muy borrosa    |
| 8D      | 7,56               | 08:50             | '0018    | 0,10                    | 0,22 | 0,08                   | 0,33 | 15,10       | 1,80        | 0,55    | 4,08    |                |
| 9D      | 7,56               | 08:52             | '0019    | 0,09                    | 0,25 | 0,07                   | 0,19 | 17,23       | 2,25        | 0,61    | 4,59    |                |
| 10D     | 7,06               | 08:55             | '0020    | 0,08                    | 0,19 | 0,04                   | 0,10 | no          | no          | no      | 5,10    | Muy borrosa    |

**VER ANEXO**

**Figura 22.** Información HM-EPT

| HM      |                    |                   | EPT: | Sí                         |      |                           |      |             |             |         |         |             |  |
|---------|--------------------|-------------------|------|----------------------------|------|---------------------------|------|-------------|-------------|---------|---------|-------------|--|
| Probeta | Rugosidad promedio | Lectura vibración | Foto | Vibración C1 radial (mm/s) |      | Vibración C2 axial (mm/s) |      | Altura UCAD | Flanco UCAD | hf (mm) | T (min) | Observación |  |
|         |                    |                   |      | RMS                        | Pico | RMS                       | Pico |             |             |         |         |             |  |
| 1B      | 8,35               | 14:13             | 5501 | 0,09                       | 0,26 | 0,07                      | 0,46 | no          | no          | no      | 0,50    | Muy borrosa |  |
| 2B      | 8,36               | 14:21             | 5502 | 0,10                       | 0,23 | 0,06                      | 0,27 | no          | no          | no      | 1,00    | Muy borrosa |  |
| 3B      | 8,40               | 14:25             | 5504 | 0,09                       | 0,19 | 0,04                      | 0,26 | no          | no          | no      | 1,50    | Muy borrosa |  |
| 4B      | 8,24               | 14:30             | 5506 | 0,10                       | 0,21 | 0,07                      | 0,22 | 16,88       | 0,63        | 0,17    | 2,00    |             |  |
| 5B      | 7,81               | 14:40             | 5508 | 0,11                       | 0,31 | 0,19                      | 0,92 | 22,24       | 0,78        | 0,16    | 2,50    |             |  |
| 6B      | 8,11               | 14:44             | 5509 | 0,10                       | 0,26 | 0,07                      | 0,22 | 17,86       | 0,68        | 0,18    | 3,00    |             |  |
| 7B      | 8,05               | 14:49             | 5511 | 0,11                       | 0,28 | 0,07                      | 0,20 | no          | no          | no      | 3,50    | Muy borrosa |  |
| 8B      | 7,43               | 14:53             | 5512 | 0,10                       | 0,23 | 0,06                      | 0,19 | 16,57       | 0,60        | 0,17    | 4,00    |             |  |
| 9B      | 8,18               | 15:04             | 5515 | 0,09                       | 0,24 | 0,08                      | 0,27 | no          | no          | no      | 4,50    | Muy borrosa |  |
| 10B     | 7,96               | 15:11             | 5516 | 0,10                       | 0,30 | 0,07                      | 0,24 | 16,18       | 0,53        | 0,15    | 5,00    |             |  |

**VER ANEXO 3**

Para determinar la altura del flanco de las pruebas donde no se obtuvieron datos y con el fin de graficar los resultados, se ajustó a un modelo de regresión para eliminar los puntos raros presentados en la toma de datos obtenidos de la experimentación

**Figura 23.** Ajuste de puntos raros

| T (min) | hf (mm) HM SEP | hf (mm) HM EP |
|---------|----------------|---------------|
| 0,51    | 0,483          | 0,100         |
| 1,02    | 0,515          | 0,131         |
| 1,53    | 0,534          | 0,153         |
| 2,04    | 0,549          | 0,171         |
| 3,06    | 0,570          | 0,199         |
| 4,08    | 0,585          | 0,223         |

**VER ANEXO 4**

Con el fin de discriminar los cambios en las dimensiones de las virutas, se les hizo metrología dimensional física y con software; física (con calibrador pie de rey de resolución de 0,01mm) para determinar ancho y espesor y con el aplicativo de software *Draftsight 2015*, para determinar las longitudes de los arcos internos y externos, y de su radio.

La forma general de las virutas en cada condición de ensayo obedece al mismo patrón, pero sus dimensiones varía ligeramente, es decir, son una población de carácter aleatorio. Para precisar unas dimensiones promedio, se siguió este procedimiento para cada condición de ensayo (con y sin electropulsos):

- Se tomó una muestra de viruta a la primera probeta torneada.
- A cada 5 probetas torneadas se les tomaba muestra de viruta, y así hasta culminar el ensayo.
- Aleatoriamente, de cada muestra se tomaron 7 virutas, se les tomó fotografía y con el software *Draftsight 2015*, se les midió el radio y las longitudes de arco interior y exterior.
- A cada una de las 7 virutas se le midió tres veces su espesor y tres veces su ancho, promediando estas lecturas. Posteriormente se efectuó el promedio de los resultados de espesor y ancho de las 7 virutas.
- Por último, se promediaron los resultados de cada característica de las virutas, para las  $n$  muestras tomadas. En la tabla 4 se presenta una vista parcial del procedimiento descrito, correspondiente a la muestra de viruta de la probeta 75B

**Tabla 4.** Detalle de cálculos para determinación de geometría de viruta, muestra 75B (37,5 min de corte HM EPT)

| 75B | Foto                   | 351      | 352      | 353      | 354      | 355     | 356     | 357     | Promedio |
|-----|------------------------|----------|----------|----------|----------|---------|---------|---------|----------|
|     | L patrón (UCAD)        | 51.835   | 54.86    | 54.097   | 54.274   | 52.91   | 50.071  | 56.468  | 53.50    |
|     | L patrón (mm)          | 4.0000   | 4.0000   | 4.0000   | 4.0000   | 4.0000  | 4.0000  | 4.0000  | 4.0000   |
|     | Longitud ext (UCAD)    | 109.3600 | 146.6130 | 116.7180 | 120.6950 | 90.9670 | 95.5240 | 99.5620 |          |
|     | Longitud ext real (mm) | 8.4391   | 10.6900  | 8.6303   | 8.8952   | 6.8771  | 7.6311  | 7.0526  | 8.32     |
|     | Longitud int (UCAD)    | 63.034   | 98.261   | 69.698   | 64.349   | 49.353  | 48.307  | 56.19   |          |
|     | Longitud int real (mm) | 4.86     | 7.16     | 5.15     | 4.74     | 3.73    | 3.86    | 3.98    | 4.79     |
|     | Radio (mm)             | 34.47    | 30.84    | 32.89    | 30.31    | 28.09   | 24.14   | 32.77   | 30.50    |
|     | Espesor (mm)           | 0.54     | 0.53     | 0.53     | 0.55     | 0.55    | 0.54    | 0.54    | 0.54     |
|     | Ancho (mm)             |          |          |          |          |         |         |         |          |
|     | L1                     | 1.47     | 1.53     | 1.56     | 1.51     | 1.58    | 1.49    | 1.58    |          |
|     | L2                     | 1.51     | 1.49     | 1.60     | 1.54     | 1.55    | 1.52    | 1.56    |          |
|     | L3                     | 1.50     | 1.47     | 1.61     | 1.52     | 1.60    | 1.55    | 1.55    |          |
|     | prom ancho (mm)        | 1.49     | 1.50     | 1.59     | 1.52     | 1.58    | 1.52    | 1.56    | 1.54     |

## Actividad 7.2: Resultados y análisis

### 7.2.1 Desgaste de flanco

En las figuras 24 y 25 se aprecian los desgastes de flanco  $h_f$  obtenidos durante el proceso de experimentación. Los coeficientes de correlación obtenidos fluctúan entre 0,8939 y 0,9801, que de acuerdo a la literatura clásica, son suficientemente buenos, al estar por encima de 0,8.

Figura 24. Desgaste de flanco SETP [24]

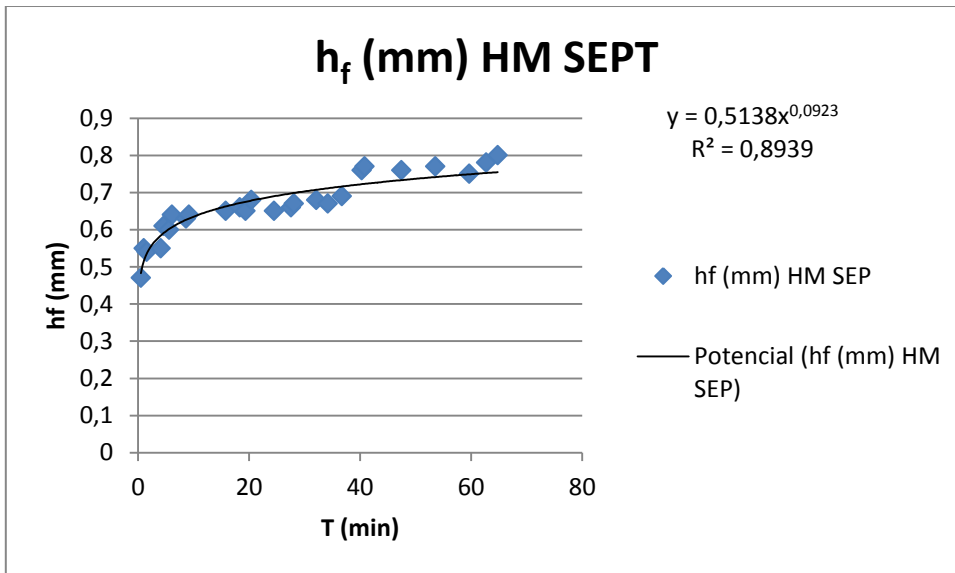
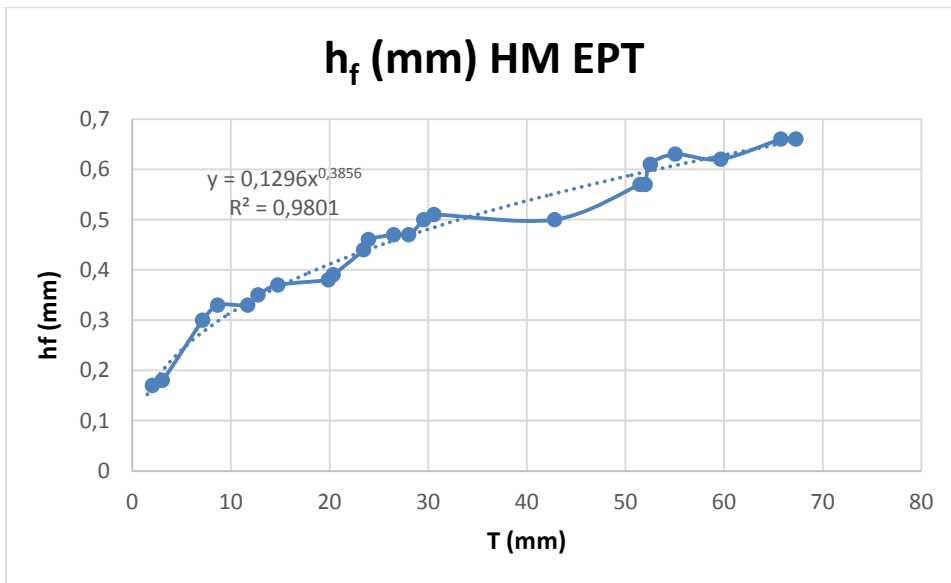


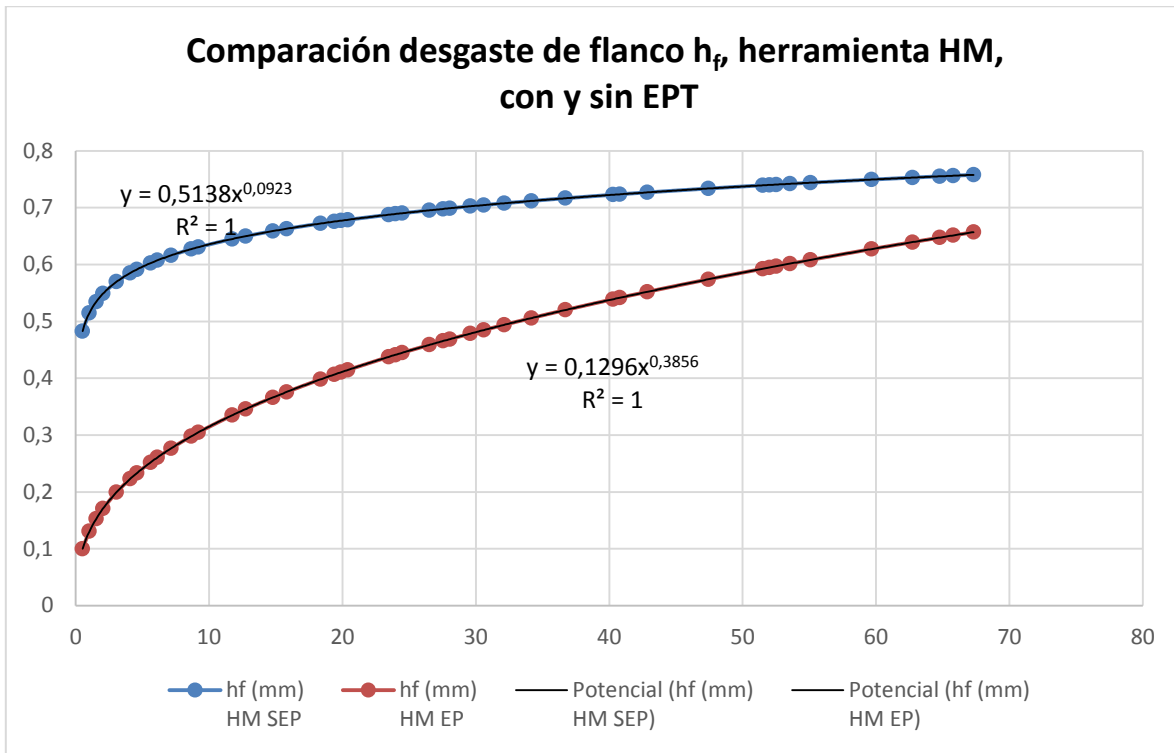
Figura 25. Desgaste de flanco EPT [24]





Tomando como ideales los dos modelos de potencia obtenidos, se han representado en un solo gráfico los dos comportamientos, tal como se aprecia en la figura 25.

**Figura 26.** Comparación de desgaste de flanco [24]



Como se aprecia en la figura 25, el valor de desgaste de flanco  $h_f$  es menor con la asistencia de electropulsos que en ausencia de él. Esto es válido hasta el momento en que se detuvo la experimentación, es decir, del orden de 65min de corte efectivo.

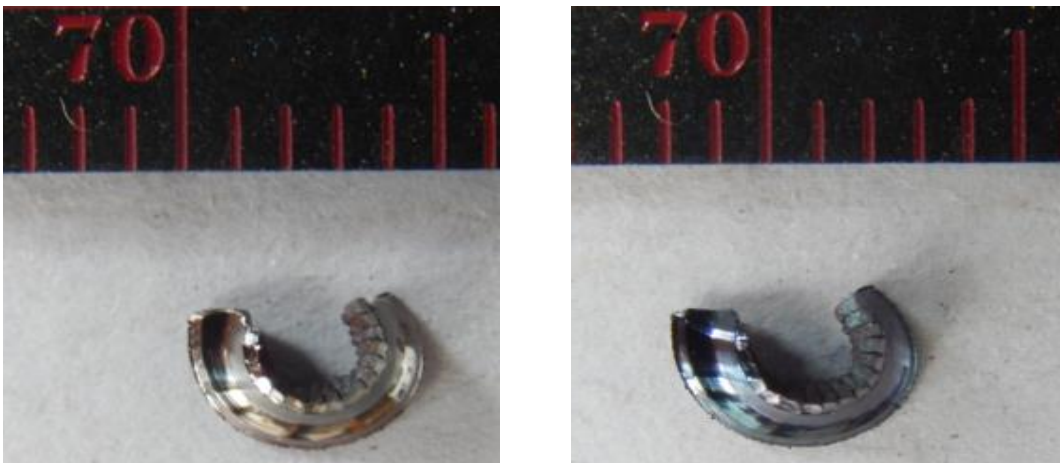
### 7.2.2 Cambios en la geometría de las virutas obtenidas

En las figuras 26 y 27, se aprecian las formas de las virutas obtenidas en las dos condiciones de ensayo trabajadas, las cuales se corresponde en ambos casos a virutas **arrancada o fraccionada**.

**Figura 27.** HM SEPT viruta obtenida de la experimentación sin pulsos [24]



**Figura 28.** HM EPT viruta obtenida de la experimentación con pulsos [24]



En la tabla 4 se muestran los valores de las dimensiones principales de las virutas, obtenidas aplicando el procedimiento descrito en el numeral 7.1.

**Tabla 5.** Dimensiones principales de virutas HM SEPT y HM EPT [24]

| Condición de ensayo | Espesor (mm) | Ancho (mm) | Longitud exterior (mm) | Longitud interior (mm) | Radio interior (mm) |
|---------------------|--------------|------------|------------------------|------------------------|---------------------|
| HM SEPT             | 0,56         | 1,56       | 8,27                   | 3,83                   | 27,64               |
| HM EPT              | 0,54         | 1,56       | 9,21                   | 5,25                   | 29,36               |

Las metrologías efectuadas a las virutas muestran que las longitudes internas y externas, y el radio interior, son mayores en las probetas torneadas con la asistencia de electropulsos.

### 7.2.3 Variación de las vibraciones

La información de vibraciones capturada con el equipo DSP Logger MX 300, fue procesada con el aplicativo de software *DSP data managment*, y arrojó los valores de vibración consignados en la tabla 6.

**Tabla 6.** Valores pico de vibración durante estudio de desgaste de flanco  $h_f$  a herramienta HM [24]

| Condición de ensayo |        |      | Sin EPT | Con EPT |
|---------------------|--------|------|---------|---------|
| Vibración (mm/s)    | Radial | RMS  | 0,18    | 0,16    |
|                     |        | Pico | 0,63    | 0,42    |
|                     | Axial  | RMS  | 0,10    | 0,12    |
|                     |        | Pico | 1,24    | 1,13    |

De la tabla se puede apreciar que las velocidades de vibración son menores con la asistencia de electropulsos, que en ausencia de ellos.

### 7.2.4 Acabado superficial

Previo al proceso experimental, y con el fin de tener un referente de los valores esperados de rugosidad, se efectuó una estimación del acabado superficial.

Se debe tener presente que los cálculos de parámetros de corte para el material AISI/SAE 1045 torneado con inserto metálico, se efectuaron con una Velocidad de corte de 40m/min (ver numeral 7), arrojando una velocidad angular de 914RPM, un avance de 0,174mm/vuelta y que el radio  $R_t$  de la punta de la herramienta es 0,4mm (ver numeral 7).

Se calculó entonces la Media aritmética ideal  $R_i$  de la rugosidad de una superficie obtenida por una herramienta monocortante, de acuerdo a la fórmula 5.

$$R_i = \frac{f^2}{32 \cdot R_t} \quad (5)$$

Donde:

$R_t$ : radio de punta de la herramienta (en mm)

$f$ : avance de la herramienta por vuelta (mm)

$R_i$ : media aritmética ideal de rugosidad, para herramienta monocortante (mm)

Aplicando los valores previamente señalados,  $R_i = 0,00236 \text{ mm} = 2,36 \mu\text{m}$

Ahora, el valor estimado de la rugosidad real  $R_a$  se estima utilizando la fórmula 6.

$$Ra = r_{ai} \cdot R_i \quad (6)$$

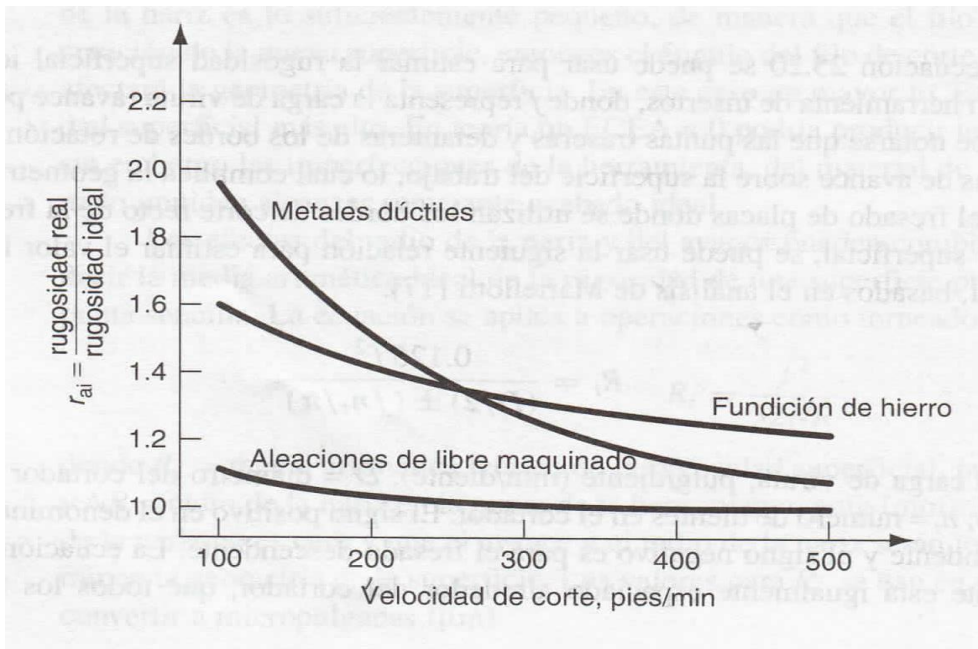
Donde

$r_{ai}$ : relación del acabado superficial real e ideal (**figura 29**)

$R_a$ : valor estimado de la rugosidad real (mm)

Para  $V_c = 131\text{ft/min}$  ( $40\text{m/min}$ ), leyendo en la **figura 28**, se obtiene un  $r_{ai} \approx 1,9$ ; con lo anterior,  $R_a = 0,00448 \text{ mm} = 4,49 \mu\text{m}$

**Figura 29.** Relación entre la rugosidad real y la rugosidad superficial ideal para varias clases de superficies [25]



En la tabla 6 se aprecian los valores máximos y mínimos de acabado superficial Ra, correspondientes a analizar el comportamiento de la herramienta HM, desde el inicio del ensayo, hasta 65min de corte efectivo. Las mediciones de rugosidad se efectuaron con un rugosímetro Mitutoyo SJ201.

**Tabla 7.** Rugosidad promedio Ra, máximas y mínimas durante ensayo de desgaste de flanco de herramienta HM

|                              | <b>Sin EPT</b> | <b>Con EPT</b> |
|------------------------------|----------------|----------------|
| <b>Rugosidad (<i>um</i>)</b> | 6,76 mín       | 6,17 mín       |
|                              | 8.78 máx       | 8.66 máx       |

De la tabla 6 se puede apreciar que los valores de Ra obtenidos son superiores a los estimados previamente. Igualmente se puede apreciar que aunque las variaciones sean pequeñas, los acabados superficiales son mejores en la condición de ensayo de asistencia con electropulsos.

## 8. CONCLUSIONES

Una vez culminado el estudio objeto del presente proyecto, se han llegado a las siguientes conclusiones:

- Se definió un protocolo de experimentación en cuanto a variables de entrada: material (tipo, tamaño y forma) a mecanizar, velocidad de rotación, profundidad de corte, velocidad de avance, ancho de pulsos, frecuencia de pulsos.
- Se definió un protocolo de experimentación en cuanto a variables de salida: vibraciones pico radial y axial, acabado superficial de la pieza y desgaste de flanco.
- Se prepararon las probetas e instrumentación necesaria para la experimentación.
- Se ejecutaron las pruebas preliminares.
- Se desarrolló la experimentación y se registraron las correspondientes lecturas.
- Se procesó la información entrada /salida.
- Se presentó la información de variación del desgaste de flanco, al tornearse con inserto de carburo metálico HM, con y sin asistencia de pulsos de corriente de alta densidad.
- Se estudió el efecto de los pulsos de alta densidad de corriente sobre el desgaste de flanco en inserto de carburo metálico HM.
- El estudio de desgaste de flanco  $h_f$  ha mostrado que para las herramientas HM con y sin la asistencia de EPT, el modelo que mejor ajusta las curvas es el de potencias.
- En HM se aprecia que la aplicación de electropulsos propician un **menor** desgaste de flanco (que si no se aplican EP), y en la medida que pasa el tiempo las diferencias se atenúan, pero en mucha menor medida que en torneado con HSS.
- Las metrologías efectuadas a las virutas muestran que las longitudes internas y externas, y el radio interior, son mayores en las probetas torneadas con la asistencia de electropulsos.
- Las comparaciones de las vibraciones indican sus valores son menores si el proceso de torneado ha sido asistido con electropulsos.
- Al tornearse con herramienta HM y con la asistencia de electropulsos, hay pequeñas mejoras en el acabado superficial, a cambio de que se hubiese torneado sin electropulsos.

## 9. RECOMENDACIONES

Los diferentes resultados que se han obtenido, previos a este trabajo, y fruto de este trabajo, indican la conveniencia de utilizar la electroplasticidad en procesos de torneado convencionales, ya que genera cambios en las propiedades físicas de los materiales como son las mejoras en las propiedades mecánicas en el aumento de la elongación, la ductilidad, la resistencia a la fatiga y la disminución del límite de fluencia y la tensión de ruptura por el lado en los tratamientos térmicos disminuye la temperatura de recocido y la temperatura de recristalización del material igualmente en los tratamientos superficiales donde aumenta la calidad superficial y disminuye las tensiones internas y en las propiedades magnéticas donde se disminuyen los cambios de fase, la saturación magnética y el magnetismo residual .

## 10. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Mecanizado eficaz. Maquinabilidad: definición. Sandvick comomat. Consultado en agosto de 2016. Disponible en: [http://www.sandvik.coromant.com/es-es/knowledge/materials/workpiece\\_materials/machinability\\_definition?Country=co](http://www.sandvik.coromant.com/es-es/knowledge/materials/workpiece_materials/machinability_definition?Country=co)
- [2] Montilla M., Carlos Alberto. “*Estudio y aplicación del fenómeno de la electroplasticidad en procesos de torneado de metales*”. Proyecto de tesis doctoral. Universidad Tecnológica de Pereira. Doctorado en Ingeniería. 2015.
- [3] Antonio J. Sánchez Egea, Hernán A. González Rojas, Carlos Alberto Montilla M., Valentina Kallewaard. “*Manufacturing improves when turning process is assisted in situ by short time electropulsing*”. Journal of Materials Processing Technology 222 (2015) 327–334.
- [4] Ponencia en el *Second International Conference on Advanced Mechatronics, Design, and Manufacturing Technology - AMDM 2014*. “Estudio de la variación de la rugosidad y dureza superficial en piezas torneadas, con la asistencia de electroplasticidad”. Autores: Carlos Alberto Montilla M., Valentina Kallewaard E., Antonio J. Sánchez Egea, Hernán A. González Rojas. Bogotá, septiembre 22 al 24 de 2014.
- [5] Poster y ponencia: “*Turning process assisted in situ by short time current pulses*”. Publicado en Procedia Engineering, del Manufacturing Engineering Society International Conference MESIC 2015, Barcelona, 22 al 24 de julio de 2015. Disponible en: [www.elsevier.com/locate/procedia](http://www.elsevier.com/locate/procedia).
- [6] Chandrasekaran, Kamaraj. Marimuthu, P. Raja, K. Machining Performance of TiCN/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Multilayer and B-TiC Nano Multilayer Coated Inserts on Martensitic Stainless Steel in CNC Turning. *Emerging Trends in Science, Engineering and Technology*, Lecture Notes in Mechanical Engineering. India 2012
- [7] Khamel, Samir. Ouelaa, Nouredine. Bouacha, Khaider. Analysis and prediction of tool wear, surface roughness and cutting forces in hard turning with CBN tool. Department of Industrial Maintenance, Mohamed Cherif Messaadia University, P.O. Box 1553, Souk Ahras 41000, Algeria Laboratory of Mechanics and Structures (LMS), 8 May 1945 University, P.O. Box 401, Guelma 24000, Algeria. 2011.
- [8] Zou, Bin. Chen, Ming. Li, Shasha. Study on finish-turning of NiCr20TiAl nickel-based alloy using Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/TiN-coated carbide tool. Int J Adv Manuf Technol. 2011.
- [9] Aouici, Hamdi. Yaltese, Mohamed Athmane. Fnides, Brahim. Chaoui, Kamel. Mabrouki, Tarek. Modeling and optimization of hard turning of X38CrMoV5-1 steel with CBN tool: Machining parameters effects on flank wear and surface roughness. 2010.



- [10]** Jun, Seong-Chan. Lubrication Effect of Liquid Nitrogen in Cryogenic Machining Friction on the Tool-chip Interface *Journal of Mechanical Science and Technology (KSME Int. J.)*, Vol 19, No. 4, pp. 936~94~ 2005
- [11]** Kohlhoff, Tim. Solter, Jens. Brinksmeier, Ekkard. Influence of the turning process on the distortion of disks for gear manufacture. Manufacturing Technologies, Foundation Institute of Material Science (IWT), Badgasteiner Str. 3, 28359 Bremen, Germany. 2011.
- [12]** Nowag, Lutz. Solter, Jens. Brinksmeier, Ekkard. Influence of turning parameters on distortion of bearing rings. German Academic Society for Production Engineering (WGP). 2007
- [13]** Li, Wen. Zein, André. Kara, Sami. Herrmann, Christoph. Investigation into Fixed Energy Consumption of Machine Tools. Proceedings of the 18th CIRP International 268 Conference on Life Cycle Engineering, Technische Universität Braunschweig, Braunschweig, Germany, May 2nd - 4th, 2011.
- [14]** Jawahir, I.S. Jayal, A.D. Product and Process Innovation for Modeling of Sustainable Machining Processes. Institute for Sustainable Manufacturing, University of Kentucky, Lexington, USA. Proceedings of the 8th Global Conference on Sustainable Manufacturing, 2011.
- [15]** Neugebauer, R. Wertheim, R. Harzbecker, C. Energy and Resources Efficiency in the Metal Cutting Industry. Fraunhofer Institute for Machine Tools and Forming Technology, Chemnitz, Germany. Faculty of Mechanical Engineering, Institute for Machine Tools and Forming Technology, Technical University Chemnitz, Germany. 2011.
- [16]** Rajemi, M.F. Mativenga, P.T.A. Aramcharoen. Sustainable machining: selection of optimum turning conditions based on minimum energy considerations. School of Mechanical, Aerospace and Civil Engineering, The University of Manchester. *Journal of Cleaner Production* 18 (2010) 1059–1065.
- [17]** Ji, Renjie. Liu, Yonghong. Zhang, Yanzhen. Dong, Xin. Chen, Zhili. Cai, Baoping. Experimental research on machining characteristics of SiC ceramic with end electric discharge milling. *Journal of Mechanical Science and Technology* 25 (6) (2011) 1535~1542
- [18]** Pa, P. S. Design of continuity processes of electrochemical finishing and grinding following turning. *Journal of Mechanical Science and Technology* 22 (2008) 2197~2202.
- [19]** Pa, P.S. Design of freeform surface finish using burnishing assistance following electrochemical finishing. *Journal of Mechanical Science and Technology* 21 (2007) 1630-1636
- [20]** Newman, Duane C. Novel uses of electric fields and electric currents in powder metal (P/M) processing. Elsevier. *Materials Science and Engineering A287* (2000) 198–204

[21] Calle Trujillo Gabriel. Maestría en sistemas automáticos de producción. Curso de Mecanismos avanzados. Notas de clase. UTP 2003

[22] International Standard ISO 3002/1. Basic quantities in cutting and grinding - Part 1 : Geometry of the active part of cutting tools - General terms, reference Systems, tool and working angles, chip breakers

[23] NORMA ISO 513:2012. *Classification and application of hard cutting materials for metal removal with defined cutting edges -- designation of the main groups and groups of application*

[24] Diseño y manufactura. Torneado asistido con pulso de alta densidad de corriente “*Estudio de desgaste de flanco en torneado asistido con pulsos de corriente de alta densidad*”. 2016 Autores: Carlos Alberto Montilla M., Valentina Kallewaard E., Antonio J. Sánchez Egea, Hernán A. González Rojas. Universidad Tecnológica de Pereira. 2016

[25] Surface Finish, Machining Development Service, Publication A-5. General Electric Company, Schenectady, N.Y., (no date)

[26] Salandro WA, Jones JJ, Mc Neal TA, Roth JT, Hong ST, Smith MT,(2008)*Effect of electrical pulsing on various heat treatments of 5xxx series aluminum alloys in: ASME International manufacturing science and engineering conference, Evaston,IL,2008*

[27] Kravchenko V (1966) Influence of electrons in delaying dislocation in metals. JETP (USSR) 51

[28] Conrad H (2000) Electroplasticity in metals and ceramics. Mater Sci Eng A287:276–287

[29] Troitskii OA (1969) Electromechanical effects in metals. Pis'ma Zhurn Experim Teoret Fiz

[30] Salandro WA (2012) Thermo-mechanical modeling of the electrically-assisted manufacturing


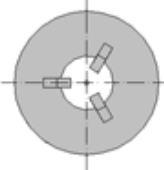
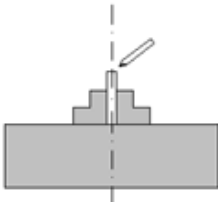
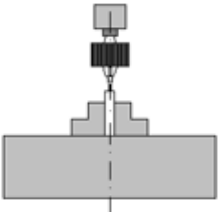
(EAM) technique during open die forging. PhD dissertation, Clemson University


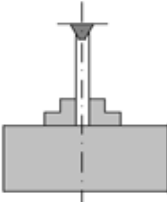
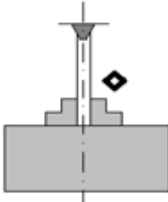
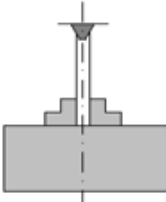
[31]Roth JT, Loker I, Mauck D, Warner M, Golovashchenko SF, Krause A (2008) Enhanced formability of 5754 aluminum sheet metal using electric pulsing. Trans North Am Manuf Res Inst SME 36:405–412

[32] Yao L, Hong C, Yunquo G, Xinbin H (1996) Effect of electric current pulse on superplasticity of aluminum alloy 7475. Trans of Nfsoc 6(1):77–84

[33] Antolovich SD, Conrad H (2004) The effects of electric currents and fields on deformation in metals, ceramics, and ionic materials: an interpretive survey. Mater Manuf Processes 19(4):587–610

# ANEXO 1

|  | UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA<br>FACULTAD DE TECNOLOGÍAS<br>ESCUELA DE TECNOLOGÍA MECÁNICA |       | HOJA 1   | NOMBRE DE LA PIEZA  |  |  |
|---|---|-------|--|---|--|--|
|   | MAQUINAS: Torno revolver  |       | RUTA DE TRABAJO  | MATERIAL: Acero AISI/SAE<br>1045  | REFERENCIA:  |  |
| COLOCACION  | PROCESO   | PASOS | TRABAJO A REALIZAR   | ESQUEMA SIMPLIFICADO  | HERRAMIENTAS DE CORTE, INSTRUMENTOS DE MEDIDA Y ACCESORIOS   | VALORES DE ORIENTACION DE TRABAJO  |
| A   | TORNOS  | 1     | Preparar la máquina montando la copa de tres mordazas, y alinear el burlil al nivel del punto giratorio. |    | Copa de tres mordazas Burlil 5/16 HSS<br>Porta burlil<br>Llave para el porta burlil<br>Punto giratorio | VEL. DE CORTE (mm/min) -<br>N (RPM) -<br>AVANCE (mm/rev) -<br>PROF. DE CORTE (mm) -<br>No. PASADAS -<br>TIEMPO POR PIEZA (min) |
|   |   | 2     | Se refrenta hasta eliminar defectos de corte en el material.   |   | Burlil 5/16 HSS  | 40<br>914<br>0.174<br>1<br>1   |
|   |   | 3     | Perforar con broca de centros  |  | Broca de centros N°<br>Mandril<br>Refrigerante   | Manual   |

|  | UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA<br>FACULTAD DE TECNOLOGÍAS<br>ESCUELA DE TECNOLOGÍA MECÁNICA |       | HOJA 2                   |   | NOMBRE DE LA PIEZA   |                                   |         |                 |                     |             |                        |  |
|---|---|-------|--------------------------|---|--|-----------------------------------|---------|-----------------|---------------------|-------------|------------------------|--|
|   | MATERIA: Acero AISI/SAE<br>1045   |       | RUTA DE TRABAJO          |   | REFERENCIA:  |                                   |         |                 |                     |             |                        |  |
|   | MEDIDAS: ● 1/2" x mm  |       |                          |   | CANTIDAD:  |                                   |         |                 |                     |             |                        |  |
| COLOCACION  | PROCESO   | PASOS | MAQUINAS: Torno revolver | ESQUEMA SIMPLIFICADO  | HERRAMIENTAS DE CORTE, INSTRUMENTOS DE MEDIDA Y ACCESORIOS | VALORES DE ORIENTACION DE TRABAJO |         |                 |                     |             |                        |  |
| A   | TORNO   | 1     |                          |    |  | VEL DE CORTE (m/min)              | N (RPM) | AVANCE (mm/rev) | PROF. DE CORTE (mm) | No. PASADAS | TIEMPO POR PIEZA (min) |  |
|   |   | 2     |                          |  | Butil HM<br>Calibrador pie de rey                          | 40                                | 914     | 0.174           | 1                   | 1           | -                      |  |
|   |   | 3     |                          |  |  | -                                 | -       | -               | -                   | -           | -                      |  |
|   |   |       |                          |   |  |                                   |         |                 |                     |             |                        |  |

# **ANEXO 2**

| HM      |                    | EPT: No           |          | NO                      |      |                        |      |             |             |         |         |                |
|---------|--------------------|-------------------|----------|-------------------------|------|------------------------|------|-------------|-------------|---------|---------|----------------|
| Probeta | Rugosidad promedio | Lectura vibración | Foto     | Vibración radial (mm/s) |      | Vibración axial (mm/s) |      | Altura UCAD | Flanco UCAD | hf (mm) | T (min) | Observación    |
|         |                    |                   |          | RMS                     | Pico | RMS                    | Pico |             |             |         |         |                |
| 1D      | 7,82               | 08:31             | '0009    | 0,09                    | 0,19 | 0,05                   | 0,47 | 15,83       | 1,61        | 0,00    | 0,51    |                |
| 2D      | 8,14               | 08:38             | '0010    | 0,14                    | 0,31 | 0,05                   | 0,30 | 12,19       | 1,44        | 0,00    | 1,02    |                |
| 3D      | 7,75               | 08:40             | '0011    | 0,08                    | 0,19 | 0,07                   | 0,30 | 18,67       | 2,19        | 0,00    | 1,53    |                |
| 4D      | 7,52               | 08:42             | '0012    | 0,09                    | 0,23 | 0,06                   | 0,12 | no          | no          | no      | 2,04    | Pastilla sucia |
| 5D      | 6,76               | 08:44             | '0013/15 | 0,09                    | 0,19 | 0,07                   | 0,25 | no          | no          | no      | 2,55    | Pastilla sucia |
| 6D      | 7,57               | 08:46             | '0016    | 0,10                    | 0,20 | 0,05                   | 0,21 | no          | no          | no      | 3,06    | Muy borrosa    |
| 7D      | 7,15               | 08:48             | '0017    | 0,08                    | 0,19 | 0,07                   | 0,30 | no          | no          | no      | 3,57    | Muy borrosa    |
| 8D      | 7,56               | 08:50             | '0018    | 0,10                    | 0,22 | 0,08                   | 0,33 | 15,10       | 1,80        | 0,00    | 4,08    |                |
| 9D      | 7,56               | 08:52             | '0019    | 0,09                    | 0,25 | 0,07                   | 0,19 | 17,23       | 2,25        | 0,00    | 4,59    |                |
| 10D     | 7,06               | 08:55             | '0020    | 0,08                    | 0,19 | 0,04                   | 0,10 | no          | no          | no      | 5,10    | Muy borrosa    |
| 11D     | 7,63               | 08:57             | '0021    | 0,09                    | 0,25 | 0,09                   | 0,44 | 16,84       | 2,16        | 0,00    | 5,61    |                |
| 12D     | 7,11               | 08:59             | '0022    | 0,10                    | 0,22 | 0,07                   | 0,27 | 16,24       | 2,22        | 0,00    | 6,12    |                |
| 13D     | 7,07               | 09:01             | '0023    | 0,08                    | 0,33 | 0,04                   | 0,35 | 18,57       | 2,48        | 0,00    | 6,63    |                |
| 14D     | 7,14               | 09:03             | '0024    | 0,08                    | 0,20 | 0,08                   | 0,28 | no          | no          | no      | 7,14    | Muy borrosa    |
| 15D     | 8,16               | 09:05             | '0025    | 0,14                    | 0,28 | 0,07                   | 0,28 | 16,71       | 2,40        | 0,00    | 7,65    |                |
| 16D     | 7,24               | 09:07             | '0026    | 0,10                    | 0,25 | 0,06                   | 0,17 | no          | no          | no      | 8,16    | Muy borrosa    |
| 17D     | 7,08               | 09:09             | '0027    | 0,10                    | 0,21 | 0,10                   | 0,35 | 19,62       | 2,68        | 0,00    | 8,67    |                |
| 18D     | 6,97               | 09:11             | '0031    | 0,08                    | 0,19 | 0,07                   | 0,22 | 19,38       | 2,67        | 0,00    | 9,18    |                |
| 19D     | 7,30               | 09:14             | '0033    | 0,09                    | 0,24 | 0,05                   | 0,16 | 19,51       | 2,99        | 0,00    | 9,69    |                |
| 20D     | 7,35               | 09:17             | '0036    | 0,10                    | 0,23 | 0,06                   | 0,16 | no          | no          | no      | 10,20   | Muy borrosa    |
| 21D     | 7,30               | 09:20             | '0037    | 0,10                    | 0,23 | 0,05                   | 0,25 | no          | no          | no      | 10,71   | Muy borrosa    |
| 22D     | 7,59               | 09:22             | '0038    | 0,13                    | 0,25 | 0,08                   | 0,27 | no          | no          | no      | 11,22   | Muy borrosa    |
| 23D     | 7,25               | 09:25             | '0039    | 0,10                    | 0,22 | 0,05                   | 0,33 | no          | no          | no      | 11,73   | Muy borrosa    |

| HM      |                    |                   |       |                         |      |                        |      |             |             |         |         |             |
|---------|--------------------|-------------------|-------|-------------------------|------|------------------------|------|-------------|-------------|---------|---------|-------------|
| EPT: No |                    |                   |       |                         |      |                        |      |             |             |         |         |             |
| NO      |                    |                   |       |                         |      |                        |      |             |             |         |         |             |
| Probeta | Rugosidad promedio | Lectura vibración | Foto  | Vibración radial (mm/s) |      | Vibración axial (mm/s) |      | Altura UCAD | Flanco UCAD | hf (mm) | T (min) | Observación |
|         |                    |                   |       | RMS                     | Pico | RMS                    | Pico |             |             |         |         |             |
| 24D     | 7,65               | 09:27             | '0041 | 0,12                    | 0,26 | 0,07                   | 0,21 | no          | no          | no      | 12,24   | Muy borrosa |
| 25D     | 7,19               | 09:30             | '0042 | 0,11                    | 0,23 | 0,07                   | 0,16 | no          | no          | no      | 12,75   | Muy borrosa |
| 26D     | 7,37               | 09:32             | '0043 | 0,11                    | 0,24 | 0,07                   | 0,24 | no          | no          | no      | 13,26   | Muy borrosa |
| 27D     | 6,89               | 09:35             | '0044 | 0,10                    | 0,25 | 0,05                   | 0,16 | no          | no          | no      | 13,77   | Muy borrosa |
| 28D     | 7,20               | 09:37             | '0046 | 0,10                    | 0,21 | 0,06                   | 0,15 | no          | no          | no      | 14,28   | Muy borrosa |
| 29D     | 7,45               | 09:39             | '0048 | 0,12                    | 0,26 | 0,07                   | 0,49 | no          | no          | no      | 14,79   | Muy borrosa |
| 30D     | 7,27               | 09:41             | '0049 | 0,11                    | 0,28 | 0,06                   | 0,20 | no          | no          | no      | 15,30   | Muy borrosa |
| 31D     | 7,30               | 09:44             | '0050 | 0,12                    | 0,31 | 0,06                   | 0,27 | 19,06       | 2,68        | 0,00    | 15,81   |             |
| 32D     | 7,03               | 09:46             | '0051 | 0,10                    | 0,21 | 0,06                   | 0,52 | no          | no          | no      | 16,32   | Muy borrosa |
| 33D     | 7,12               | 09:48             | '0052 | 0,10                    | 0,24 | 0,05                   | 0,17 | no          | no          | no      | 16,83   | Muy borrosa |
| 34D     | 7,00               | 09:50             | '0053 | 0,15                    | 0,30 | 0,06                   | 0,27 | no          | no          | no      | 17,34   | Muy borrosa |
| 35D     | 7,23               | 09:52             | '0054 | 0,13                    | 0,29 | 0,11                   | 0,34 | no          | no          | no      | 17,85   | Muy borrosa |
| 36D     | 7,57               | 09:55             | '0055 | 0,10                    | 0,23 | 0,05                   | 0,25 | 19,61       | 2,79        | 0,00    | 18,36   |             |
| 37D     | 7,69               | 09:57             | '0056 | 0,11                    | 0,21 | 0,05                   | 0,21 | no          | no          | no      | 18,87   | Muy borrosa |
| 38D     | 7,73               | 09:59             | '0058 | 0,11                    | 0,21 | 0,05                   | 0,15 | 15,08       | 2,11        | 0,00    | 19,38   |             |
| 39D     | 7,47               | 10:02             | '0059 | 0,10                    | 0,20 | 0,06                   | 0,14 | no          | no          | no      | 19,89   | Muy borrosa |
| 40D     | 7,55               | 10:04             | '0060 | 0,10                    | 0,24 | 0,06                   | 0,17 | 16,23       | 2,37        | 0,00    | 20,40   |             |
| 41D     | 7,75               | 10:06             | '0062 | 0,13                    | 0,26 | 0,09                   | 0,24 | no          | no          | no      | 20,91   | Muy borrosa |
| 42D     | 7,41               | 10:09             | '0064 | 0,09                    | 0,22 | 0,06                   | 0,16 | no          | no          | no      | 21,42   | Muy borrosa |
| 43D     | 6,82               | 10:11             | '0065 | 0,12                    | 0,24 | 0,07                   | 0,20 | no          | no          | no      | 21,93   | Muy borrosa |
| 44D     | 7,95               | 10:13             | '0066 | 0,11                    | 0,31 | 0,06                   | 0,33 | no          | no          | no      | 22,44   | Muy borrosa |
| 45D     | 7,39               | 10:15             | '0067 | 0,11                    | 0,26 | 0,06                   | 0,20 | 18,92       | 2,50        | 0,00    | 22,95   |             |
| 46D     | 7,61               | 10:18             | '0068 | 0,12                    | 0,24 | 0,06                   | 0,15 | no          | no          | no      | 23,46   | Muy borrosa |



| HM      |                    |                   |       |                         |      |                        |      |             |             |         |         |                           |
|---------|--------------------|-------------------|-------|-------------------------|------|------------------------|------|-------------|-------------|---------|---------|---------------------------|
| EPT: No |                    |                   |       |                         |      |                        |      |             |             |         |         |                           |
| NO      |                    |                   |       |                         |      |                        |      |             |             |         |         |                           |
| Probeta | Rugosidad promedio | Lectura vibración | Foto  | Vibración radial (mm/s) |      | Vibración axial (mm/s) |      | Altura UCAD | Flanco UCAD | hf (mm) | T (min) | Observación               |
|         |                    |                   |       | RMS                     | Pico | RMS                    | Pico |             |             |         |         |                           |
| 47D     | 7,22               | 10:20             | '0069 | 0,12                    | 0,26 | 0,06                   | 0,18 | no          | no          | no      | 23,97   | Muy borrosa               |
| 48D     | 7,25               | 10:22             | '0070 | 0,11                    | 0,31 | 0,09                   | 0,35 | 16,26       | 2,29        | 0,00    | 24,48   |                           |
| 49D     | 7,44               | 10:24             | '0071 | 0,12                    | 0,26 | 0,06                   | 0,15 | 17,88       | 2,44        | 0,00    | 24,99   |                           |
| 50D     | 7,36               | 10:27             | '0072 | 0,11                    | 0,28 | 0,08                   | 0,20 | no          | no          | no      | 25,50   | Muy borrosa               |
| 51D     | 6,93               | 10:29             | '0073 | 0,10                    | 0,27 | 0,09                   | 0,17 | no          | no          | no      | 26,01   | Muy borrosa               |
| 52D     | 7,23               | 10:32             | '0074 | 0,11                    | 0,24 | 0,05                   | 0,15 | 17,62       | 2,63        | 0,00    | 26,52   |                           |
| 53D     | 7,25               | 10:34             | '0075 | 0,11                    | 0,29 | 0,06                   | 0,57 | no          | no          | no      | 27,03   | Muy borrosa               |
| 54D     | 7,79               | 10:36             | '0076 | 0,11                    | 0,24 | 0,09                   | 0,18 | 19,49       | 2,78        | 0,00    | 27,54   |                           |
| 55D     | 7,17               | 10:38             | '0077 | 0,11                    | 0,27 | 0,06                   | 0,23 | 15,68       | 2,25        | 0,00    | 28,05   |                           |
| 56D     | 7,23               | 10:43             | '0080 | 0,11                    | 0,26 | 0,05                   | 0,35 | no          | no          | no      | 28,56   | Muy borrosa               |
| 57D     | 7,54               | no                | 2089  | 0,11                    | 0,24 | 0,06                   | 0,18 | no          | no          | no      | 29,07   | Pastilla sucia 11/12/2015 |
| 58D     | 7,39               | 08:46             | 2095  | 0,08                    | 0,31 | 0,04                   | 0,43 | no          | no          | no      | 29,58   | Muy borrosa               |
| 59D     | 7,09               | 08:51             | 2106  | 0,09                    | 0,25 | 0,05                   | 0,22 | no          | no          | no      | 30,09   | Pastilla sucia            |
| 60D     | 8,48               | 08:59             | 2107  | 0,08                    | 0,19 | 0,08                   | 0,24 | no          | no          | no      | 30,60   | Muy borrosa               |
| 61D     | 7,27               | 09:02             | 2109  | 0,10                    | 0,19 | 0,07                   | 0,27 | no          | no          | no      | 31,11   | Muy borrosa               |
| 62D     | 7,44               | 09:05             | 2115  | 0,11                    | 0,28 | 0,08                   | 0,20 | no          | no          | no      | 31,62   | Muy borrosa               |
| 63D     | 7,49               | 09:11             | 2116  | 0,11                    | 0,24 | 0,08                   | 0,23 | 19,62       | 2,89        | 0,00    | 32,13   |                           |
| 64D     | 7,61               | 09:13             | 2117  | 0,11                    | 0,25 | 0,07                   | 0,26 | no          | no          | no      | 32,64   | Pastilla sucia            |
| 65D     | 7,25               | 09:16             | 2118  | 0,08                    | 0,19 | 0,06                   | 0,24 | no          | no          | no      | 33,15   | Pastilla sucia            |
| 66D     | 7,31               | 09:18             | 2119  | 0,10                    | 0,28 | 0,08                   | 0,28 | no          | no          | no      | 33,66   | Pastilla sucia            |
| 67D     | 7,40               | 09:20             | 2120  | 0,09                    | 0,19 | 0,13                   | 0,61 | 22,89       | 3,28        | 0,00    | 34,17   | Pastilla sucia            |
| 68D     | 7,54               | 09:23             | 2121  | 0,08                    | 0,23 | 0,21                   | 1,06 | no          | no          | no      | 34,68   | Muy borrosa               |

| HM      |                    |                   |      |                         |      |                        |      |             |             |         |         |                    |
|---------|--------------------|-------------------|------|-------------------------|------|------------------------|------|-------------|-------------|---------|---------|--------------------|
| EPT: No |                    |                   |      |                         |      |                        |      |             |             |         |         |                    |
| NO      |                    |                   |      |                         |      |                        |      |             |             |         |         |                    |
| Probeta | Rugosidad promedio | Lectura vibración | Foto | Vibración radial (mm/s) |      | Vibración axial (mm/s) |      | Altura UCAD | Flanco UCAD | hf (mm) | T (min) | Observación        |
|         |                    |                   |      | RMS                     | Pico | RMS                    | Pico |             |             |         |         |                    |
| 69D     | 7,89               | 09:26             | 2122 | 0,08                    | 0,19 | 0,04                   | 0,25 | no          | no          | no      | 35,19   | Muy borrosa        |
| 70D     | 7,70               | 09:29             | 2123 | 0,10                    | 0,36 | 0,09                   | 0,35 | no          | no          | no      | 35,70   | Muy borrosa        |
| 71D     | 7,28               | 09:32             | 2124 | 0,10                    | 0,20 | 0,07                   | 0,25 | no          | no          | no      | 36,21   | Muy borrosa        |
| 72D     | 7,30               | 09:34             | 2125 | 0,09                    | 0,19 | 0,05                   | 0,12 | 22,54       | 3,35        | 0,00    | 36,72   | Muy borrosa        |
| 73D     | 7,24               | 09:38             | 2126 | 0,10                    | 0,20 | 0,08                   | 0,17 | no          | no          | no      | 37,23   | Muy borrosa        |
| 74D     | 7,72               | 09:40             | 2127 | 0,11                    | 0,33 | 0,09                   | 0,37 | no          | no          | no      | 37,74   | Muy borrosa        |
| 75D     | 7,95               | 09:42             | 2128 | 0,09                    | 0,25 | 0,04                   | 0,79 | no          | no          | no      | 38,25   | Muy borrosa        |
| 76D     | 7,67               | 09:45             | 2129 | 0,10                    | 0,28 | 0,07                   | 0,24 | no          | no          | no      | 38,76   | Muy borrosa        |
| 77D     | 7,29               | 09:48             | 2130 | 0,08                    | 0,18 | 0,05                   | 0,23 | no          | no          | no      | 39,27   | Muy borrosa        |
| 78D     | 7,36               | 09:50             | 2131 | 0,12                    | 0,34 | 0,17                   | 0,85 | no          | no          | no      | 39,78   | Muy borrosa        |
| 79D     | 7,74               | 09:52             | 2132 | 0,10                    | 0,19 | 0,06                   | 0,26 | 25,41       | 4,17        | 0,00    | 40,29   | Muy borrosa        |
| 80D     | 8,14               | 09:55             | 2133 | 0,08                    | 0,19 | 0,07                   | 0,20 | 22,13       | 3,65        | 0,00    | 40,80   | Muy borrosa        |
| 81D     | 7,84               | 09:58             | 2134 | 0,09                    | 0,38 | 0,06                   | 0,38 | no          | no          | no      | 41,31   | Muy borrosa        |
| 82D     | 7,60               | 10:01             | 2135 | 0,11                    | 0,29 | 0,08                   | 0,29 | no          | no          | no      | 41,82   | Muy borrosa        |
| 83D     | 6,99               | 10:03             | 2136 | 0,10                    | 0,24 | 0,13                   | 0,61 | no          | no          | no      | 42,33   | Muy borrosa        |
| 84D     | 7,06               | 10:05             | 2137 | 0,10                    | 0,26 | 0,05                   | 0,20 | no          | no          | no      | 42,84   | Muy borrosa        |
| 85D     | 7,51               | 10:08             | 2139 | 0,08                    | 0,20 | 0,06                   | 0,22 | no          | no          | no      | 43,35   | Muy borrosa        |
| 86D     | 7,20               | 10:11             | 2141 | 0,10                    | 0,28 | 0,04                   | 0,17 | no          | no          | no      | 43,86   | Muy borrosa        |
| 87D     | 7,55               | 10:14             | 2142 | 0,08                    | 0,19 | 0,05                   | 0,15 | no          | no          | no      | 44,37   | Muy borrosa        |
| 88D     | 7,33               | 10:16             | 2143 | 0,09                    | 0,25 | 0,06                   | 0,24 | no          | no          | no      | 44,88   | Muy borrosa        |
| 89D     | 7,61               | 10:18             | 2144 | 0,10                    | 0,37 | 0,06                   | 0,48 | NO          | NO          | NO      | 45,39   | Pastilla muy sucia |
| 90D     | 7,65               | 10:20             | 2145 | 0,10                    | 0,22 | 0,09                   | 0,99 | no          | no          | no      | 45,90   | Muy borrosa        |
| 91D     | 7,39               | 10:22             | 2146 | 0,10                    | 0,22 | 0,05                   | 0,14 | no          | no          | no      | 46,41   | Muy borrosa        |

| HM      |                    |                   |      |                         |      |                        |      |             |             |         |         |                    |
|---------|--------------------|-------------------|------|-------------------------|------|------------------------|------|-------------|-------------|---------|---------|--------------------|
| EPT: No |                    |                   |      |                         |      |                        |      |             |             |         |         |                    |
| NO      |                    |                   |      |                         |      |                        |      |             |             |         |         |                    |
| Probeta | Rugosidad promedio | Lectura vibración | Foto | Vibración radial (mm/s) |      | Vibración axial (mm/s) |      | Altura UCAD | Flanco UCAD | hf (mm) | T (min) | Observación        |
|         |                    |                   |      | RMS                     | Pico | RMS                    | Pico |             |             |         |         |                    |
| 92D     | 7,26               | 10:25             | 2147 | 0,09                    | 0,24 | 0,16                   | 0,75 | no          | no          | no      | 46,92   | Muy borrosa        |
| 93D     | 7,61               | 10:27             | 2148 | 0,10                    | 0,31 | 0,06                   | 0,24 | 25,66       | 4,18        | 0,00    | 47,43   | Muy borrosa        |
| 94D     | 7,75               | 10:30             | 2149 | 0,11                    | 0,31 | 0,05                   | 0,20 | no          | no          | no      | 47,94   | Muy borrosa        |
| 95D     | 7,75               | 10:32             | 2150 | 0,09                    | 0,21 | 0,05                   | 0,14 | no          | no          | no      | 48,45   | Muy borrosa        |
| 96D     | 7,65               | 10:35             | 2152 | 0,11                    | 0,28 | 0,05                   | 0,17 | 27,74       | 4,37        | 0,00    | 48,96   | Muy borrosa        |
| 97D     | 8,22               | 10:38             | 2153 | 0,10                    | 0,24 | 0,05                   | 0,17 | no          | no          | no      | 49,47   | Muy borrosa        |
| 98D     | 7,32               | 10:40             | 2154 | 0,09                    | 0,23 | 0,05                   | 0,14 | no          | no          | no      | 49,98   | Muy borrosa        |
| 99D     | 7,67               | 10:42             | 2155 | 0,10                    | 0,24 | 0,06                   | 0,18 | NO          | NO          | NO      | 50,49   | Pastilla muy sucia |
| 100D    | 7,78               | 10:44             | 2156 | 0,11                    | 0,40 | 0,05                   | 1,24 | NO          | NO          | NO      | 51,00   | Muy borrosa        |
| 101D    | 7,76               | 10:48             | 2157 | 0,11                    | 0,26 | 0,08                   | 0,17 | NO          | NO          | NO      | 51,51   | Muy borrosa        |
| 102D    | 7,24               | 10:50             | 2158 | 0,10                    | 0,27 | 0,05                   | 0,20 | NO          | NO          | NO      | 52,02   | Muy borrosa        |
| 103D    | 7,34               | 10:52             | 2159 | 0,10                    | 0,30 | 0,06                   | 0,18 | 21,61       | 3,40        | 0,00    | 52,53   |                    |
| 104D    | 7,46               | 10:54             | 2160 | 0,10                    | 0,33 | 0,06                   | 0,68 | NO          | NO          | NO      | 53,04   | Muy borrosa        |
| 105D    | 7,01               | 10:57             | 2161 | 0,11                    | 0,26 | 0,07                   | 0,20 | 22,12       | 3,67        | 0,00    | 53,55   |                    |
| 106D    | 7,29               | 11:00             | 2162 | 0,10                    | 0,24 | 0,06                   | 0,18 | NO          | NO          | NO      | 54,06   | Muy borrosa        |
| 107D    | 7,55               | 11:02             | 2163 | 0,10                    | 0,22 | 0,04                   | 0,14 | NO          | NO          | NO      | 54,57   | Muy borrosa        |
| 108D    | 7,71               | 11:05             | 2164 | 0,11                    | 0,23 | 0,09                   | 0,19 | NO          | NO          | NO      | 55,08   | Muy borrosa        |
| 109D    | 7,71               | 11:07             | 2165 | 0,11                    | 0,23 | 0,05                   | 0,16 | NO          | NO          | NO      | 55,59   | Pastilla muy sucia |
| 110D    | 7,50               | 11:10             | 2166 | 0,10                    | 0,24 | 0,05                   | 0,20 | NO          | NO          | NO      | 56,10   | Muy borrosa        |
| 111D    | 7,59               | 11:13             | 2167 | 0,11                    | 0,33 | 0,14                   | 0,92 | NO          | NO          | NO      | 56,61   | Muy borrosa        |
| 112D    | 7,97               | 11:15             | 2168 | 0,11                    | 0,26 | 0,06                   | 0,17 | NO          | NO          | NO      | 57,12   | Muy borrosa        |
| 113D    | 7,97               | 11:17             | 2170 | 0,10                    | 0,22 | 0,07                   | 0,17 | NO          | NO          | NO      | 57,63   | Muy borrosa        |
| 114D    | 7,50               | 11:20             | 2171 | 0,12                    | 0,32 | 0,08                   | 0,25 | NO          | NO          | NO      | 58,14   | Muy borrosa        |

| HM      |                    |                   |      |                         |      |                        |      |             |             |         |         |                       |
|---------|--------------------|-------------------|------|-------------------------|------|------------------------|------|-------------|-------------|---------|---------|-----------------------|
| EPT: No |                    |                   |      |                         |      |                        |      |             |             |         |         |                       |
| NO      |                    |                   |      |                         |      |                        |      |             |             |         |         |                       |
| Probeta | Rugosidad promedio | Lectura vibración | Foto | Vibración radial (mm/s) |      | Vibración axial (mm/s) |      | Altura UCAD | Flanco UCAD | hf (mm) | T (min) | Observación           |
|         |                    |                   |      | RMS                     | Pico | RMS                    | Pico |             |             |         |         |                       |
| 115D    | 7,55               | 11:22             | 2172 | 0,10                    | 0,23 | 0,07                   | 0,53 | NO          | NO          | NO      | 58,65   | Muy borrosa           |
| 116D    | 8,03               | 11:25             | 2173 | 0,10                    | 0,31 | 0,06                   | 0,20 | NO          | NO          | NO      | 59,16   | Muy borrosa           |
| 117D    | 7,77               | 11:28             | 2175 | 0,10                    | 0,23 | 0,07                   | 0,20 | 21,48       | 3,48        | 0,00    | 59,67   |                       |
| 118D    | 8,12               | 11:31             | 2176 | 0,10                    | 0,24 | 0,06                   | 0,20 | NO          | NO          | NO      | 60,18   | Muy borrosa           |
| 119D    | 7,99               | 11:33             | 2178 | 0,11                    | 0,24 | 0,14                   | 0,22 | NO          | NO          | NO      | 60,69   | Muy borrosa           |
| 120D    | 7,33               | 11:37             | 2180 | 0,10                    | 0,30 | 0,07                   | 0,67 | NO          | NO          | NO      | 61,20   | Muy borrosa           |
| 121D    | 7,75               | 11:45             | 2182 | 0,09                    | 0,33 | 0,05                   | 0,74 | NO          | NO          | NO      | 61,71   | Muy borrosa           |
| 122D    | 7,32               | 11:47             | 2183 | 0,09                    | 0,21 | 0,06                   | 0,14 | NO          | NO          | NO      | 62,22   | Muy borrosa           |
| 123D    | 7,53               | 11:49             | 2184 | 0,11                    | 0,31 | 0,05                   | 0,29 | 23,38       | 3,94        | 0,00    | 62,73   |                       |
| 124D    | 7,63               | 11:51             | 2185 | 0,11                    | 0,63 | 0,06                   | 0,71 | NO          | NO          | NO      | 63,24   | Muy borrosa           |
| 125D    | 7,83               | 11:53             | 2186 | 0,10                    | 0,26 | 0,07                   | 0,20 | NO          | NO          | NO      | 63,75   | Muy borrosa           |
| 126D    | 7,97               | 11:56             | 2187 | 0,11                    | 0,22 | 0,08                   | 0,22 | NO          | NO          | NO      | 64,26   | Muy borrosa           |
| 127D    | 7,49               | 11:59             | 2188 | 0,10                    | 0,24 | 0,12                   | 0,51 | 25,49       | 4,39        | 0,00    | 64,77   | Hubo cambio de cámara |
| 128D    | 7,71               | 12:01             | 2189 | 0,13                    | 0,36 | 0,21                   | 1,11 | NO          | NO          | NO      | 65,28   | Muy borrosa           |
| 129D    | 7,81               | 12:03             | 2190 | 0,10                    | 0,26 | 0,05                   | 1,13 | NO          | NO          | NO      | 65,79   | Muy borrosa           |
| 130D    | 8,05               | 12:05             | 2191 | 0,15                    | 0,47 | 0,16                   | 0,79 | NO          | NO          | NO      | 66,30   | Muy borrosa           |
| 131D    | 7,70               | 12:09             | 2192 | 0,12                    | 0,29 | 0,12                   | 0,57 | NO          | NO          | NO      | 66,81   | Muy borrosa           |
| 132D    | 7,48               | 12:15             | 2194 | 0,10                    | 0,24 | 0,07                   | 0,18 | NO          | NO          | NO      | 67,32   | Muy borrosa           |
| 133D    | 7,89               | 12:18             | 2195 | 0,09                    | 0,26 | 0,04                   | 0,21 | NO          | NO          | NO      | 67,83   | Muy borrosa           |
| 134D    | 7,73               | 12:21             | 2196 | 0,10                    | 0,24 | 0,05                   | 0,22 | NO          | NO          | NO      | 68,34   | Muy borrosa           |
| 135D    | 7,44               | 21:24             | 2197 | 0,10                    | 0,31 | 0,05                   | 0,42 | NO          | NO          | NO      | 68,85   | Muy borrosa           |
| 136D    | 7,45               | 12:26             | 2198 | 0,11                    | 0,24 | 0,05                   | 0,15 | NO          | NO          | NO      | 69,36   | Muy borrosa           |

| HM      |                    |                   |      |                         |      |                        |      |             |             |         |         |             |
|---------|--------------------|-------------------|------|-------------------------|------|------------------------|------|-------------|-------------|---------|---------|-------------|
| EPT: No |                    |                   |      |                         |      |                        |      |             |             |         |         |             |
| NO      |                    |                   |      |                         |      |                        |      |             |             |         |         |             |
| Probeta | Rugosidad promedio | Lectura vibración | Foto | Vibración radial (mm/s) |      | Vibración axial (mm/s) |      | Altura UCAD | Flanco UCAD | hf (mm) | T (min) | Observación |
|         |                    |                   |      | RMS                     | Pico | RMS                    | Pico |             |             |         |         |             |
| 137D    | 8,08               | 12:30             | 2199 | 0,11                    | 0,24 | 0,05                   | 0,14 | NO          | NO          | NO      | 69,87   | Muy borrosa |
| 138D    | 7,96               | 12:32             | 2200 | 0,10                    | 0,27 | 0,08                   | 0,35 | NO          | NO          | NO      | 70,38   | Muy borrosa |
| 139D    | 7,78               | 12:35             | 2201 | 0,09                    | 0,19 | 0,06                   | 0,25 | NO          | NO          | NO      | 70,89   | Muy borrosa |
| 140D    | 7,46               | 12:37             | 2202 | 0,09                    | 0,26 | 0,05                   | 0,21 | NO          | NO          | NO      | 71,40   | Muy borrosa |
| 141D    | 8,15               | 12:39             | 2203 | 0,10                    | 0,24 | 0,06                   | 0,14 | NO          | NO          | NO      | 71,91   | Muy borrosa |
| 142D    | 7,60               | 12:41             | 2205 | 0,10                    | 0,23 | 0,09                   | 0,27 | NO          | NO          | NO      | 72,42   | Muy borrosa |
| 143D    | 8,09               | 12:44             | 2206 | 0,11                    | 0,42 | 0,08                   | 0,34 | NO          | NO          | NO      | 72,93   | Muy borrosa |
| 144D    | 7,87               | 12:45             | 2207 | 0,09                    | 0,38 | 0,09                   | 0,73 | NO          | NO          | NO      | 73,44   | Muy borrosa |
| 145D    | 7,95               | 12:48             | 2211 | 0,12                    | 0,27 | 0,06                   | 0,19 | NO          | NO          | NO      | 73,95   | Muy borrosa |
| 146D    | 7,58               | 12:52             | 2212 | 0,12                    | 0,32 | 0,06                   | 0,30 | NO          | NO          | NO      | 74,46   | Muy borrosa |
| 147D    | 7,62               | 12:53             | 2213 | 0,11                    | 0,23 | 0,07                   | 0,23 | NO          | NO          | NO      | 74,97   | Muy borrosa |
| 148D    | 7,70               | no                | 2214 | NO                      | NO   | NO                     | NO   | NO          | NO          | NO      | 75,48   | Muy borrosa |
| 149D    | 7,81               | 12:59             | 2215 | 0,10                    | 0,29 | 0,06                   | 0,22 | NO          | NO          | NO      | 75,99   | Muy borrosa |
| 150D    | 7,69               | 13:01             | 2217 | 0,11                    | 0,26 | 0,05                   | 0,16 | NO          | NO          | NO      | 76,50   | Muy borrosa |
| 151D    | 8,18               | 13:04             | 2218 | 0,11                    | 0,26 | 0,07                   | 0,22 | NO          | NO          | NO      | 77,01   | Muy borrosa |
| 152D    | 8,13               | 13:06             | 2219 | 0,10                    | 0,28 | 0,06                   | 0,95 | NO          | NO          | NO      | 77,52   | Muy borrosa |
| 153D    | 7,95               | 13:08             | No   | 0,12                    | 0,31 | 0,07                   | 0,25 | NO          | NO          | NO      | 78,03   | Muy borrosa |
| 154D    | 7,37               | 13:10             | 2220 | 0,14                    | 0,38 | 0,21                   | 1,06 | NO          | NO          | NO      | 78,54   | Muy borrosa |
| 155D    | 7,89               | 13:12             | 2221 | 0,11                    | 0,29 | 0,07                   | 0,40 | NO          | NO          | NO      | 79,05   | Muy borrosa |
| 156D    | 8,02               | 13:14             | 2222 | 0,10                    | 0,26 | 0,06                   | 0,18 | NO          | NO          | NO      | 79,56   | Muy borrosa |
| 157D    | 8,18               | 13:16             | 2223 | 0,11                    | 0,34 | 0,06                   | 0,20 | NO          | NO          | NO      | 80,07   | Muy borrosa |
| 158D    | 7,920              | 13:18             | 2224 | 0,10                    | 0,22 | 0,06                   | 0,17 | NO          | NO          | NO      | 80,58   | Muy borrosa |
| 159D    | 8,16               | 13:21             | 2225 | 0,10                    | 0,22 | 0,06                   | 0,14 | NO          | NO          | NO      | 81,09   | Muy borrosa |

| HM      |                    |                   |      |                         |      |                        |      |             |             |         |         |             |
|---------|--------------------|-------------------|------|-------------------------|------|------------------------|------|-------------|-------------|---------|---------|-------------|
| EPT: No |                    |                   |      |                         |      |                        |      |             |             |         |         |             |
| NO      |                    |                   |      |                         |      |                        |      |             |             |         |         |             |
| Probeta | Rugosidad promedio | Lectura vibración | Foto | Vibración radial (mm/s) |      | Vibración axial (mm/s) |      | Altura UCAD | Flanco UCAD | hf (mm) | T (min) | Observación |
|         |                    |                   |      | RMS                     | Pico | RMS                    | Pico |             |             |         |         |             |
| 160D    | 8,03               | 13:23             | 2227 | 0,12                    | 0,42 | 0,23                   | 1,19 | 21,65       | 2,82        | 0,00    | 81,60   |             |
| 161D    | 8,07               | 14:28             | 2229 | 0,10                    | 0,19 | 0,08                   | 0,25 | NO          | NO          | NO      | 82,11   | Muy borrosa |
| 162D    | 7,84               | 14:30             | 2231 | 0,08                    | 0,26 | 0,06                   | 0,30 | NO          | NO          | NO      | 82,62   | Muy borrosa |
| 163D    | 8,32               | 14:32             | 2232 | 0,10                    | 0,26 | 0,09                   | 0,29 | NO          | NO          | NO      | 83,13   | Muy borrosa |
| 164D    | 8,21               | 14:34             | 2234 | 0,10                    | 0,22 | 0,06                   | 0,17 | NO          | NO          | NO      | 83,64   | Muy borrosa |
| 165D    | 7,92               | 14:37             | 2235 | 0,10                    | 0,28 | 0,06                   | 0,85 | NO          | NO          | NO      | 84,15   | Muy borrosa |
| 166D    | 8,10               | 14:39             | 2236 | 0,10                    | 0,22 | 0,04                   | 0,53 | NO          | NO          | NO      | 84,66   | Muy borrosa |
| 167D    | 8,05               | 14:41             | 2237 | 0,09                    | 0,20 | 0,05                   | 0,13 | NO          | NO          | NO      | 85,17   | Muy borrosa |
| 168D    | 8,17               | 14:43             | 2238 | 0,11                    | 0,26 | 0,05                   | 0,15 | 20,44       | 2,65        | 0,00    | 85,68   |             |
| 169D    | 8,03               | 14:45             | 2239 | 0,09                    | 0,20 | 0,05                   | 0,13 | NO          | NO          | NO      | 86,19   | Muy borrosa |
| 170D    | 7,99               | 14:48             | 2240 | 0,10                    | 0,31 | 0,06                   | 0,54 | NO          | NO          | NO      | 86,70   | Muy borrosa |
| 171D    | 7,99               | 14:50             | 2241 | 0,11                    | 0,31 | 0,05                   | 1,16 | NO          | NO          | NO      | 87,21   | Muy borrosa |
| 172D    | 7,99               | 14:53             | 2242 | 0,10                    | 0,35 | 0,05                   | 1,24 | 26,48       | 3,40        | 0,00    | 87,72   |             |
| 173D    | 7,64               | 14:55             | 2243 | 0,09                    | 0,22 | 0,05                   | 0,31 | NO          | NO          | NO      | 88,23   | Muy borrosa |
| 174D    | 7,91               | 14:57             | 2244 | 0,13                    | 0,25 | 0,06                   | 0,21 | 23,53       | 3,14        | 0,00    | 88,74   |             |
| 175D    | 7,78               | 15:00             | 2245 | 0,10                    | 0,35 | 0,06                   | 0,87 | 26,47       | 3,39        | 0,00    | 89,25   |             |
| 176D    | 8,02               | 15:02             | 2246 | 0,10                    | 0,30 | 0,07                   | 0,17 | 21,31       | 2,84        | 0,00    | 89,76   |             |
| 177D    | 8,04               | 15:04             | 2247 | 0,10                    | 0,24 | 0,09                   | 0,22 | 24,07       | 2,92        | 0,00    | 90,27   |             |
| 178D    | 8,05               | 15:06             | 2248 | 0,10                    | 0,31 | 0,06                   | 0,17 | NO          | NO          | NO      | 90,78   | Muy borrosa |
| 179D    | 8,02               | 15:08             | 2249 | 0,10                    | 0,29 | 0,06                   | 0,15 | NO          | NO          | NO      | 91,29   | Muy borrosa |
| 180D    | 7,73               | 15:10             | 2251 | 0,11                    | 0,33 | 0,06                   | 0,26 | 23,99       | 3,05        | 0,00    | 91,80   |             |
| 181D    | 7,88               | 15:12             | 2252 | 0,12                    | 0,26 | 0,08                   | 0,21 | 26,17       | 3,25        | 0,00    | 92,31   |             |
| 182D    | 7,97               | 15:14             | 2253 | 0,09                    | 0,28 | 0,06                   | 0,20 | NO          | NO          | NO      | 92,82   | Muy borrosa |

| HM      |                    | EPT: No           |      |                         |      |                        |      | NO          |             |         |         |             |
|---------|--------------------|-------------------|------|-------------------------|------|------------------------|------|-------------|-------------|---------|---------|-------------|
| Probeta | Rugosidad promedio | Lectura vibración | Foto | Vibración radial (mm/s) |      | Vibración axial (mm/s) |      | Altura UCAD | Flanco UCAD | hf (mm) | T (min) | Observación |
|         |                    |                   |      | RMS                     | Pico | RMS                    | Pico |             |             |         |         |             |
| 183D    | 8,16               | 15:16             | 2254 | 0,12                    | 0,30 | 0,06                   | 0,56 | NO          | NO          | NO      | 93,33   | Muy borrosa |
| 184D    | 8,05               | 15:18             | 2255 | 0,10                    | 0,45 | 0,06                   | 0,68 | NO          | NO          | NO      | 93,84   | Muy borrosa |
| 185D    | 8,22               | 15:20             | 2256 | 0,11                    | 0,24 | 0,06                   | 0,17 | 24,18       | 2,92        | 0,00    | 94,35   |             |
| 186D    | 7,84               | 15:22             | 2257 | 0,08                    | 0,50 | 0,07                   | 1,41 | 21,70       | 2,49        | 0,00    | 94,86   |             |
| 187D    | 8,19               | 15:24             | 2258 | 0,10                    | 0,33 | 0,06                   | 0,21 | NO          | NO          | NO      | 95,37   | Muy borrosa |
| 188D    | 8,17               | 15:26             | 2259 | 0,11                    | 0,26 | 0,07                   | 0,18 | NO          | NO          | NO      | 95,88   | Muy borrosa |
| 189D    | 8,08               | 15:28             | 2260 | 0,13                    | 0,51 | 0,04                   | 0,18 | NO          | NO          | NO      | 96,39   | Muy borrosa |
| 190D    | 8,12               | 15:31             | 2261 | 0,09                    | 0,33 | 0,04                   | 0,17 | NO          | NO          | NO      | 96,90   | Muy borrosa |
| 191D    | 7,95               | 15:36             | 2262 | 0,11                    | 0,44 | 0,11                   | 1,06 | NO          | NO          | NO      | 97,41   | Muy borrosa |
| 192D    | 7,72               | 15:39             | 2263 | 0,10                    | 0,25 | 0,06                   | 0,53 | NO          | NO          | NO      | 97,92   | Muy borrosa |
| 193D    | 8,16               | 15:42             | 2264 | 0,11                    | 0,28 | 0,05                   | 0,23 | 21,71       | 2,68        | 0,00    | 98,43   |             |
| 194D    | 8,05               | 15:45             | 2265 | 0,14                    | 0,35 | 0,16                   | 0,51 | NO          | NO          | NO      | 98,94   | Muy borrosa |
| 195D    | 8,24               | 15:47             | 2266 | 0,14                    | 0,56 | 0,16                   | 0,85 | NO          | NO          | NO      | 99,45   | Muy borrosa |
| 196D    | 7,88               | 15:51             | 2267 | 0,10                    | 0,23 | 0,07                   | 0,17 | NO          | NO          | NO      | 99,96   | Muy borrosa |
| 197D    | 7,99               | 15:53             | 2270 | 0,10                    | 0,25 | 0,06                   | 0,17 | NO          | NO          | NO      | 100,47  | Muy borrosa |
| 198D    | 7,87               | 15:56             | 2271 | 0,10                    | 0,36 | 0,07                   | 0,34 | NO          | NO          | NO      | 100,98  | Muy borrosa |
| 199D    | 7,94               | 15:58             | 2272 | 0,09                    | 0,21 | 0,07                   | 0,17 | 23,68       | 2,77        | 0,00    | 101,49  |             |
| 200D    | 8,02               | 16:00             | 2273 | 0,08                    | 0,21 | 0,08                   | 0,27 | 22,53       | 2,76        | 0,00    | 102,00  |             |
| 201D    | 7,99               | 16:02             | 2274 | 0,09                    | 0,34 | 0,06                   | 0,70 | NO          | NO          | NO      | 102,51  | Muy borrosa |
| 202D    | 8,55               | 16:04             | 2275 | 0,09                    | 0,26 | 0,06                   | 0,21 | 20,92       | 2,67        | 0,00    | 103,02  |             |
| 203D    | 8,43               | 16:06             | 2276 | 0,12                    | 0,40 | 0,11                   | 0,41 | NO          | NO          | NO      | 103,53  | Muy borrosa |
| 204D    | 8,37               | 16:08             | 2277 | 0,09                    | 0,32 | 0,09                   | 0,30 | NO          | NO          | NO      | 104,04  | Muy borrosa |
| 205D    | 8,26               | 16:10             | 2278 | 0,09                    | 0,26 | 0,06                   | 0,22 | NO          | NO          | NO      | 104,55  | Muy borrosa |

| HM      |                    |                   |      |                         |      |                        |      |             |             |         |         |             |
|---------|--------------------|-------------------|------|-------------------------|------|------------------------|------|-------------|-------------|---------|---------|-------------|
| EPT: No |                    |                   |      |                         |      |                        |      |             |             |         |         |             |
| NO      |                    |                   |      |                         |      |                        |      |             |             |         |         |             |
| Probeta | Rugosidad promedio | Lectura vibración | Foto | Vibración radial (mm/s) |      | Vibración axial (mm/s) |      | Altura UCAD | Flanco UCAD | hf (mm) | T (min) | Observación |
|         |                    |                   |      | RMS                     | Pico | RMS                    | Pico |             |             |         |         |             |
| 206D    | 7,89               | 10:44             | 2280 | 0,09                    | 0,30 | 0,06                   | 0,14 | 24,87       | 3,27        | 0,00    | 105,06  | 14/12/2015  |
| 207D    | 8,37               | 10:47             | 2281 | 0,07                    | 0,21 | 0,04                   | 0,14 | NO          | NO          | NO      | 105,57  | Muy borrosa |
| 208D    | 8,09               | 10:49             | 2283 | 0,09                    | 0,25 | 0,07                   | 0,40 | 24,87       | 3,27        | 0,00    | 106,08  |             |
| 209D    | 8,25               | 10:52             | 2284 | 0,07                    | 0,19 | 0,07                   | 0,30 | 18,30       | 2,39        | 0,00    | 106,59  |             |
| 210D    | 8,16               | 10:55             | 2285 | 0,09                    | 0,22 | 0,14                   | 1,00 | NO          | NO          | NO      | 107,10  | Muy borrosa |
| 211D    | 8,02               | 10:57             | 2286 | 0,10                    | 0,31 | 0,08                   | 0,29 | 20,11       | 2,80        | 0,00    | 107,61  |             |
| 212D    | 8,03               | 10:59             | 2287 | 0,08                    | 0,26 | 0,05                   | 0,20 | NO          | NO          | NO      | 108,12  | Muy borrosa |
| 213D    | 8,11               | 11:01             | 2288 | 0,08                    | 0,28 | 0,05                   | 0,13 | NO          | NO          | NO      | 108,63  | Muy borrosa |
| 214D    | 8,06               | 11:03             | 2289 | 0,13                    | 0,26 | 0,05                   | 0,22 | NO          | NO          | NO      | 109,14  | Muy borrosa |
| 215D    | 8,49               | 11:05             | 2290 | 0,19                    | 0,42 | 0,08                   | 0,22 | NO          | NO          | NO      | 109,65  | Muy borrosa |
| 216D    | 8,12               | 11:08             | 2291 | 0,11                    | 0,27 | 0,06                   | 0,20 | NO          | NO          | NO      | 110,16  | Muy borrosa |
| 217D    | 8,49               | 11:10             | 2292 | 0,09                    | 0,24 | 0,07                   | 0,30 | NO          | NO          | NO      | 110,67  | Muy borrosa |
| 218D    | 8,21               | no                | 2293 | NO                      | NO   | NO                     | NO   | NO          | NO          | NO      | 111,18  | Muy borrosa |
| 219D    | 8,24               | 11:16             | 2294 | 0,17                    | 0,40 | 0,03                   | 0,23 | 24,58       | 3,37        | 0,00    | 111,69  |             |
| 220D    | 8,72               | 11:18             | 2295 | 0,12                    | 0,45 | 0,07                   | 0,29 | NO          | NO          | NO      | 112,20  | Muy borrosa |
| 221D    | 8,37               | 11:21             | 2296 | 0,11                    | 0,29 | 0,08                   | 0,20 | NO          | NO          | NO      | 112,71  | Muy borrosa |
| 222D    | 8,63               | 11:23             | 2297 | 0,10                    | 0,33 | 0,06                   | 0,16 | NO          | NO          | NO      | 113,22  | Muy borrosa |
| 223D    | 8,50               | 11:25             | 2298 | 0,12                    | 0,37 | 0,08                   | 0,24 | NO          | NO          | NO      | 113,73  | Muy borrosa |
| 224D    | 8,47               | 11:26             | 2299 | 0,09                    | 0,22 | 0,07                   | 0,30 | NO          | NO          | NO      | 114,24  | Muy borrosa |
| 225D    | 8,25               | 11:28             | 2300 | 0,08                    | 0,47 | 0,06                   | 1,21 | NO          | NO          | NO      | 114,75  | Muy borrosa |
| 226D    | 8,29               | 11:31             | 2301 | 0,11                    | 0,30 | 0,16                   | 0,82 | NO          | NO          | NO      | 115,26  | Muy borrosa |
| 227D    | 8,32               | 11:33             | 2302 | 0,10                    | 0,27 | 0,06                   | 0,24 | NO          | NO          | NO      | 115,77  | Muy borrosa |
| 228D    | 8,46               | 11:34             | 2303 | 0,09                    | 0,22 | 0,06                   | 0,21 | 23,89       | 3,09        | 0,00    | 116,28  |             |



| HM      |                    |                   |      |                         |      |                        |      |             |             |         |         |                    |
|---------|--------------------|-------------------|------|-------------------------|------|------------------------|------|-------------|-------------|---------|---------|--------------------|
| EPT: No |                    |                   |      |                         |      |                        |      |             |             |         |         |                    |
| NO      |                    |                   |      |                         |      |                        |      |             |             |         |         |                    |
| Probeta | Rugosidad promedio | Lectura vibración | Foto | Vibración radial (mm/s) |      | Vibración axial (mm/s) |      | Altura UCAD | Flanco UCAD | hf (mm) | T (min) | Observación        |
|         |                    |                   |      | RMS                     | Pico | RMS                    | Pico |             |             |         |         |                    |
| 229D    | 8,18               | 11:36             | 2304 | 0,10                    | 0,21 | 0,05                   | 0,20 | NO          | NO          | NO      | 116,79  | Muy borrosa        |
| 230D    | 8,40               | 11:39             | 2305 | 0,15                    | 0,43 | 0,07                   | 0,20 | NO          | NO          | NO      | 117,30  | Muy borrosa        |
| 231D    | 8,39               | 11:41             | 2306 | 0,10                    | 0,24 | 0,06                   | 0,24 | NO          | NO          | NO      | 117,81  | Muy borrosa        |
| 232D    | 8,33               | 11:43             | 2307 | 0,13                    | 0,46 | 0,24                   | 1,41 | 21,35       | 3,00        | 0,00    | 118,32  |                    |
| 233D    | 8,22               | 11:45             | 2308 | 0,11                    | 0,31 | 0,08                   | 0,32 | NO          | NO          | NO      | 118,83  | Muy borrosa        |
| 234D    | 8,95               | 11:47             | 2309 | 0,10                    | 0,31 | 0,07                   | 1,37 | NO          | NO          | NO      | 119,34  | Muy borrosa        |
| 235D    | 8,88               | 11:49             | 2310 | 0,08                    | 0,19 | 0,09                   | 0,35 | NO          | NO          | NO      | 119,85  | Muy borrosa        |
| 236D    | 8,18               | 11:52             | 2311 | 0,10                    | 0,22 | 0,08                   | 0,38 | 19,92       | 2,85        | 0,00    | 120,36  |                    |
| 237D    | 8,35               | 11:53             | 2312 | 0,10                    | 0,28 | 0,06                   | 0,17 | NO          | NO          | NO      | 120,87  | Pastilla muy sucia |
| 238D    | 8,39               | 11:56             | 2313 | 0,10                    | 0,31 | 0,06                   | 0,27 | NO          | NO          | NO      | 121,38  | Muy borrosa        |
| 239D    | 8,57               | 11:57             | 2314 | 0,09                    | 0,22 | 0,05                   | 0,34 | 24,61       | 3,16        | 0,00    | 121,89  |                    |
| 240D    | 8,71               | 12:00             | 2315 | 0,10                    | 0,28 | 0,08                   | 0,29 | NO          | NO          | NO      | 122,40  | Muy borrosa        |
| 241D    | 8,24               | 12:08             | 2316 | 0,11                    | 0,25 | 0,07                   | 0,22 | NO          | NO          | NO      | 122,91  | Muy borrosa        |
| 242D    | 8,49               | 12:11             | 2317 | 0,18                    | 0,74 | 0,30                   | 1,55 | NO          | NO          | NO      | 123,42  | Muy borrosa        |
| 243D    | 8,41               | 12:13             | 2318 | 0,10                    | 0,22 | 0,07                   | 0,22 | 28,76       | 4,06        | 0,00    | 123,93  |                    |
| 244D    | 8,40               | 12:15             | 2319 | 0,11                    | 0,36 | 0,05                   | 0,14 | NO          | NO          | NO      | 124,44  | Muy borrosa        |
| 245D    | 8,13               | 12:17             | 2320 | 0,10                    | 0,22 | 0,05                   | 0,12 | NO          | NO          | NO      | 124,95  | Pastilla muy sucia |
| 246D    | 8,60               | 12:21             | 2321 | 0,11                    | 0,35 | 0,06                   | 0,31 | NO          | NO          | NO      | 125,46  | Pastilla muy sucia |
| 247D    | 8,39               | 12:24             | 2322 | 0,11                    | 0,30 | 0,24                   | 1,15 | NO          | NO          | NO      | 125,97  | Muy borrosa        |
| 248D    | 8,36               | 12:27             | 2323 | 0,10                    | 0,22 | 0,06                   | 0,19 | NO          | NO          | NO      | 126,48  | Muy borrosa        |
| 249D    | 8,51               | 12:30             | 2324 | 0,11                    | 0,26 | 0,06                   | 0,43 | 25,79       | 3,54        | 0,00    | 126,99  |                    |
| 250D    | 8,31               | 12:33             | 2325 | 0,10                    | 0,38 | 0,05                   | 0,14 | NO          | NO          | NO      | 127,50  | Muy borrosa        |
| 251D    | 8,53               | 13:09             | 2326 | 0,09                    | 0,20 | 0,05                   | 0,12 | NO          | NO          | NO      | 128,01  | Muy borrosa        |

| HM      |                    |                   |      |                         |      |                        |      |             |             |         |         |                    |
|---------|--------------------|-------------------|------|-------------------------|------|------------------------|------|-------------|-------------|---------|---------|--------------------|
| EPT: No |                    |                   |      |                         |      |                        |      |             |             |         |         |                    |
| NO      |                    |                   |      |                         |      |                        |      |             |             |         |         |                    |
| Probeta | Rugosidad promedio | Lectura vibración | Foto | Vibración radial (mm/s) |      | Vibración axial (mm/s) |      | Altura UCAD | Flanco UCAD | hf (mm) | T (min) | Observación        |
|         |                    |                   |      | RMS                     | Pico | RMS                    | Pico |             |             |         |         |                    |
| 252D    | 8,22               | 13:11             | 2327 | 0,08                    | 0,47 | 0,05                   | 0,73 | NO          | NO          | NO      | 128,52  | Muy borrosa        |
| 253D    | 8,67               | 13:13             | 2328 | 0,13                    | 0,33 | 0,16                   | 0,71 | NO          | NO          | NO      | 129,03  | Muy borrosa        |
| 254D    | 8,38               | 13:15             | 2329 | 0,12                    | 0,42 | 0,06                   | 0,19 | NO          | NO          | NO      | 129,54  | Pastilla muy sucia |
| 255D    | 8,51               | 13:18             | 2330 | 0,11                    | 0,27 | 0,14                   | 0,66 | 28,37       | 3,62        | 0,00    | 130,05  |                    |
| 256D    | 8,22               | 13:20             | 2331 | 0,09                    | 0,31 | 0,05                   | 0,14 | NO          | NO          | NO      | 130,56  |                    |
| 257D    | 8,38               | 13:22             | 2332 | 0,13                    | 0,41 | 0,14                   | 0,62 | 25,21       | 3,82        | 0,00    | 131,07  |                    |
| 258D    | 8,49               | 13:24             | 2333 | 0,10                    | 0,29 | 0,06                   | 0,17 | NO          | NO          | NO      | 131,58  | Muy borrosa        |
| 259D    | 8,23               | 13:26             | 2334 | 0,13                    | 0,25 | 0,17                   | 0,19 | NO          | NO          | NO      | 132,09  | Muy borrosa        |
| 260D    | 8,17               | 13:29             | 2335 | 0,12                    | 0,31 | 0,18                   | 0,92 | 28,80       | 3,90        | 0,00    | 132,60  |                    |
| 261D    | 8,42               | 13:35             | 2336 | 0,13                    | 0,56 | 0,11                   | 0,48 | NO          | NO          | NO      | 133,11  | Muy borrosa        |
| 262D    | 8,63               | 13:39             | 2337 | 0,10                    | 0,33 | 0,05                   | 1,15 | NO          | NO          | NO      | 133,62  | Muy borrosa        |
| 263D    | 8,60               | 13:41             | 2338 | 0,11                    | 0,22 | 0,07                   | 0,14 | NO          | NO          | NO      | 134,13  | Muy borrosa        |
| 264D    | 8,72               | 13:43             | 2339 | 0,10                    | 0,50 | 0,06                   | 0,61 | NO          | NO          | NO      | 134,64  | Muy borrosa        |
| 265D    | 8,35               | 13:45             | 2340 | 0,12                    | 0,25 | 0,07                   | 0,28 | 27,35       | 3,72        | 0,00    | 135,15  |                    |
| 266D    | 8,54               | 13:47             | 2341 | 0,12                    | 0,38 | 0,20                   | 1,07 | 24,91       | 3,50        | 0,00    | 135,66  |                    |
| 267D    | 8,47               | 13:49             | 2342 | 0,11                    | 0,30 | 0,07                   | 0,25 | NO          | NO          | NO      | 136,17  | Muy borrosa        |
| 268D    | 8,91               | 13:51             | 2343 | 0,09                    | 0,30 | 0,06                   | 0,40 | 29,10       | 4,16        | 0,00    | 136,68  |                    |
| 269D    | 8,78               | 13:53             | 2344 | 0,09                    | 0,20 | 0,04                   | 0,15 | NO          | NO          | NO      | 137,19  | Muy borrosa        |
| 270D    | 9,03               | 13:55             | 2345 | 0,08                    | 0,40 | 0,05                   | 0,25 | 26,09       | 3,26        | 0,00    | 137,70  |                    |
| 271D    | 8,70               | 13:58             | 2346 | 0,12                    | 0,29 | 0,21                   | 1,04 | NO          | NO          | NO      | 138,21  | Muy borrosa        |
| 272D    | 8,27               | 14:00             | 2347 | 0,11                    | 0,32 | 0,07                   | 0,24 | NO          | NO          | NO      | 138,72  | Muy borrosa        |
| 273D    | 8,45               | 14:02             | 2348 | 0,11                    | 0,32 | 0,06                   | 0,20 | 26,39       | 4,88        | 0,00    | 139,23  |                    |
| 274D    | 8,55               | 14:04             | 2349 | 0,13                    | 0,26 | 0,06                   | 0,13 | NO          | NO          | NO      | 139,74  | Muy borrosa        |

| HM      |                    |                   |      |                         |      |                        |      |             |             |         |         |               |
|---------|--------------------|-------------------|------|-------------------------|------|------------------------|------|-------------|-------------|---------|---------|---------------|
| EPT: No |                    |                   |      |                         |      |                        |      |             |             |         |         |               |
| NO      |                    |                   |      |                         |      |                        |      |             |             |         |         |               |
| Probeta | Rugosidad promedio | Lectura vibración | Foto | Vibración radial (mm/s) |      | Vibración axial (mm/s) |      | Altura UCAD | Flanco UCAD | hf (mm) | T (min) | Observación   |
|         |                    |                   |      | RMS                     | Pico | RMS                    | Pico |             |             |         |         |               |
| 275D    | 9,20               | 14:07             | 2350 | 0,11                    | 0,28 | 0,08                   | 0,25 | NO          | NO          | NO      | 140,25  | Muy brillante |
| 276D    | 8,79               | 14:09             | 2351 | 0,11                    | 0,33 | 0,06                   | 0,20 | NO          | NO          | NO      | 140,76  | Muy borrosa   |
| 277D    | 8,49               | 14:11             | 2353 | 0,11                    | 0,25 | 0,06                   | 0,18 | NO          | NO          | NO      | 141,27  | Muy borrosa   |
| 278D    | 8,53               | 14:20             | 2358 | 0,10                    | 0,41 | 0,06                   | 1,23 | NO          | NO          | NO      | 141,78  | Muy borrosa   |
| 279D    | 8,49               | 14:23             | 2359 | 0,12                    | 0,33 | 0,07                   | 0,20 | NO          | NO          | NO      | 142,29  | Muy borrosa   |
| 280D    | 8,48               | 14:24             | 2360 | 0,16                    | 0,38 | 0,10                   | 0,36 | NO          | NO          | NO      | 142,80  | Muy borrosa   |
| 281D    | 8,81               | 14:27             | 2362 | 0,09                    | 0,26 | 0,06                   | 0,37 | NO          | NO          | NO      | 143,31  | Muy borrosa   |
| 282D    | 8,70               | 14:29             | 2363 | 0,11                    | 0,36 | 0,08                   | 0,22 | NO          | NO          | NO      | 143,82  | Muy borrosa   |
| 283D    | 9,44               | 14:31             | 2365 | 0,12                    | 0,33 | 0,08                   | 0,20 | NO          | NO          | NO      | 144,33  | Muy borrosa   |
| 284D    | 8,69               | 14:34             | 2366 | 0,10                    | 0,28 | 0,07                   | 0,26 | NO          | NO          | NO      | 144,84  | Muy borrosa   |
| 285D    | 8,81               | 14:36             | 2367 | 0,13                    | 0,37 | 0,22                   | 1,06 | NO          | NO          | NO      | 145,35  | Muy borrosa   |
| 286D    | 8,63               | 14:38             | 2368 | 0,10                    | 0,35 | 0,12                   | 0,90 | NO          | NO          | NO      | 145,86  | Muy borrosa   |
| 287D    | 8,72               | 14:40             | 2369 | 0,14                    | 0,35 | 0,08                   | 0,17 | 24,97       | 3,84        | 0,00    | 146,37  | Muy borrosa   |
| 288D    | 8,76               | 14:42             | 2370 | 0,10                    | 0,29 | 0,06                   | 0,61 | NO          | NO          | NO      | 146,88  | Muy borrosa   |
| 289D    | 8,61               | 14:44             | 2371 | 0,09                    | 0,23 | 0,05                   | 0,13 | NO          | NO          | NO      | 147,39  | Muy borrosa   |
| 290D    | 8,59               | 14:47             | 2372 | 0,11                    | 0,40 | 0,07                   | 0,22 | NO          | NO          | NO      | 147,90  | Muy borrosa   |
| 291D    | 8,71               | 14:49             | 2373 | 0,14                    | 0,46 | 0,25                   | 1,22 | NO          | NO          | NO      | 148,41  | Muy borrosa   |
| 292D    | 8,92               | 14:51             | 2375 | 0,09                    | 0,31 | 0,05                   | 0,17 | NO          | NO          | NO      | 148,92  | Muy borrosa   |
| 293D    | 8,80               | 14:53             | 2376 | 0,13                    | 0,40 | 0,07                   | 0,87 | NO          | NO          | NO      | 149,43  | Muy borrosa   |
| 294D    | 8,58               | 14:55             | 2379 | 0,13                    | 0,38 | 0,08                   | 0,25 | 23,79       | 4,04        | 0,00    | 149,94  |               |
| 295D    | 8,90               | 14:58             | 2380 | 0,10                    | 0,28 | 0,07                   | 0,22 | NO          | NO          | NO      | 150,45  | Muy borrosa   |
| 296D    | 8,51               | 15:01             | 2381 | 0,11                    | 0,24 | 0,07                   | 0,18 | NO          | NO          | NO      | 150,96  | Muy borrosa   |
| 297D    | 8,52               | 15:03             | 2383 | 0,11                    | 0,26 | 0,07                   | 0,17 | NO          | NO          | NO      | 151,47  | Muy borrosa   |

| HM               |                    |                   |      |                         |      |                        |      |             |             |         |         |                |
|------------------|--------------------|-------------------|------|-------------------------|------|------------------------|------|-------------|-------------|---------|---------|----------------|
| EPT: No _____ NO |                    |                   |      |                         |      |                        |      |             |             |         |         |                |
| Probeta          | Rugosidad promedio | Lectura vibración | Foto | Vibración radial (mm/s) |      | Vibración axial (mm/s) |      | Altura UCAD | Flanco UCAD | hf (mm) | T (min) | Observación    |
|                  |                    |                   |      | RMS                     | Pico | RMS                    | Pico |             |             |         |         |                |
| 298D             | 8,59               | 15:05             | 2384 | 0,10                    | 0,26 | 0,07                   | 0,30 | NO          | NO          | NO      | 151,98  | Muy borrosa    |
| 299D             | 8,92               | 15:07             | 2385 | 0,11                    | 0,25 | 0,07                   | 0,21 | NO          | NO          | NO      | 152,49  | Muy borrosa    |
| 300D             | 8,71               | 15:10             | 2386 | 0,13                    | 0,28 | 0,07                   | 0,20 | 21,30       | 4,43        | 0,00    | 153,00  | Tomada de lado |

# **ANEXO 3**

| HM      |                    |                   |      |                            |      |                           |      |             |             |         |         |             |
|---------|--------------------|-------------------|------|----------------------------|------|---------------------------|------|-------------|-------------|---------|---------|-------------|
| EPT: Sí |                    |                   |      |                            |      |                           |      |             |             |         |         |             |
| Probeta | Rugosidad promedio | Lectura vibración | Foto | Vibración C1 radial (mm/s) |      | Vibración C2 axial (mm/s) |      | Altura UCAD | Flanco UCAD | hf (mm) | T (min) | Observación |
|         |                    |                   |      | RMS                        | Pico | RMS                       | Pico |             |             |         |         |             |
| 1B      | 8,35               | 14:13             | 5501 | 0,09                       | 0,26 | 0,07                      | 0,46 | no          | no          | no      | 0,50    | Muy borrosa |
| 2B      | 8,36               | 14:21             | 5502 | 0,10                       | 0,23 | 0,06                      | 0,27 | no          | no          | no      | 1,00    | Muy borrosa |
| 3B      | 8,40               | 14:25             | 5504 | 0,09                       | 0,19 | 0,04                      | 0,26 | no          | no          | no      | 1,50    | Muy borrosa |
| 4B      | 8,24               | 14:30             | 5506 | 0,10                       | 0,21 | 0,07                      | 0,22 | 16,88       | 0,63        | 0,00    | 2,00    |             |
| 5B      | 7,81               | 14:40             | 5508 | 0,11                       | 0,31 | 0,19                      | 0,92 | 22,24       | 0,78        | 0,00    | 2,50    |             |
| 6B      | 8,11               | 14:44             | 5509 | 0,10                       | 0,26 | 0,07                      | 0,22 | 17,86       | 0,68        | 0,00    | 3,00    |             |
| 7B      | 8,05               | 14:49             | 5511 | 0,11                       | 0,28 | 0,07                      | 0,20 | no          | no          | no      | 3,50    | Muy borrosa |
| 8B      | 7,43               | 14:53             | 5512 | 0,10                       | 0,23 | 0,06                      | 0,19 | 16,57       | 0,60        | 0,00    | 4,00    |             |
| 9B      | 8,18               | 15:04             | 5515 | 0,09                       | 0,24 | 0,08                      | 0,27 | no          | no          | no      | 4,50    | Muy borrosa |
| 10B     | 7,96               | 15:11             | 5516 | 0,10                       | 0,30 | 0,07                      | 0,24 | 16,18       | 0,53        | 0,00    | 5,00    |             |
| 11B     | 8,15               | 15:16             | 5517 | 0,11                       | 0,25 | 0,06                      | 0,20 | no          | no          | no      | 5,50    | Muy borrosa |
| 12B     | 8,04               | 15:19             | 5519 | 0,10                       | 0,24 | 0,07                      | 0,26 | no          | no          | no      | 6,00    | Muy borrosa |
| 13B     | 7,89               | 15:23             | 5520 | 0,10                       | 0,23 | 0,07                      | 0,26 | no          | no          | no      | 6,50    | Muy borrosa |
| 14B     | 7,87               | 15:28             | 5521 | 0,08                       | 0,22 | 0,05                      | 0,42 | 12,25       | 0,78        | 0,00    | 7,00    |             |
| 15B     | 7,92               | no                | 5523 | no                         | no   | no                        | no   | no          | no          | no      | 7,50    | Muy borrosa |
| 16B     | 8,11               | 15:37             | 5524 | 0,11                       | 0,22 | 0,10                      | 0,51 | 15,66       | 1,14        | 0,00    | 8,00    |             |
| 17B     | 7,93               | 15:39             | 5525 | 0,09                       | 0,24 | 0,08                      | 0,25 | 16,44       | 1,17        | 0,00    | 8,50    |             |
| 18B     | 7,56               | 15:44             | 5528 | 0,11                       | 0,27 | 0,05                      | 0,24 | no          | no          | no      | 9,00    | Muy borrosa |
| 19B     | 7,84               | 15:48             | 5529 | 0,09                       | 0,22 | 0,05                      | 0,29 | 16,86       | 1,07        | 0,00    | 9,50    |             |
| 20B     | 7,99               | 15:54             | 5532 | 0,09                       | 0,24 | 0,07                      | 0,27 | no          | no          | no      | 10,00   | Muy borrosa |

| HM      |                    |                   |         |                            |      |                           |      |             |             |         |         |                |
|---------|--------------------|-------------------|---------|----------------------------|------|---------------------------|------|-------------|-------------|---------|---------|----------------|
| EPT: Sí |                    |                   |         |                            |      |                           |      |             |             |         |         |                |
| Probeta | Rugosidad promedio | Lectura vibración | Foto    | Vibración C1 radial (mm/s) |      | Vibración C2 axial (mm/s) |      | Altura UCAD | Flanco UCAD | hf (mm) | T (min) | Observación    |
|         |                    |                   |         | RMS                        | Pico | RMS                       | Pico |             |             |         |         |                |
| 21B     | 7,90               | 15:58             | 5534    | 0,10                       | 0,25 | 0,05                      | 0,24 | no          | no          | no      | 10,50   | Muy borrosa    |
| 22B     | 7,79               | 16:01             | 5536    | 0,10                       | 0,21 | 0,07                      | 0,26 | 14,97       | 0,89        | 0,00    | 11,00   |                |
| 23B     | 7,93               | 16:04             | 5537    | 0,09                       | 0,21 | 0,08                      | 0,32 | 16,78       | 1,18        | 0,00    | 11,50   |                |
| 24B     | 8,09               | 16:07             | 5539    | 0,09                       | 0,22 | 0,06                      | 0,27 | no          | no          | no      | 12,00   | Muy borrosa    |
| 25B     | 8,11               | 16:10             | 5541    | 0,09                       | 0,21 | 0,06                      | 0,30 | 14,34       | 1,09        | 0,00    | 12,50   |                |
| 26B     | 7,62               | 16:14             | 5542    | 0,10                       | 0,22 | 0,07                      | 0,22 | 19,24       | 1,30        | 0,00    | 13,00   |                |
| 27B     | 7,66               | 16:23             | 5543    | 0,09                       | 0,28 | 0,07                      | 0,85 | no          | no          | no      | 13,50   | Muy borrosa    |
| 28B     | 7,95               | 16:27             | 5546    | 0,08                       | 0,17 | 0,08                      | 0,22 | no          | no          | no      | 14,00   | Muy borrosa    |
| 29B     | 7,53               | 16:30             | 5548    | 0,10                       | 0,21 | 0,07                      | 0,15 | 16,41       | 1,32        | 0,00    | 14,50   |                |
| 30B     | 7,93               | 16:33             | 5549    | 0,09                       | 0,28 | 0,07                      | 0,51 | 21,24       | 1,57        | 0,00    | 15,00   |                |
| 31B     | 8,03               | 16:36             | 5550    | 0,09                       | 0,21 | 0,07                      | 0,20 | 17,14       | 1,17        | 0,00    | 15,50   |                |
| 32B     | 8,13               | 16:40             | 5552    | 0,08                       | 0,16 | 0,07                      | 0,13 | no          | no          | no      | 16,00   | Muy borrosa    |
| 33B     | 7,56               | 16:44             | 5555    | 0,10                       | 0,40 | 0,06                      | 1,13 | no          | no          | no      | 16,50   | Muy borrosa    |
| 34B     | 7,77               | 16:48             | 5558    | 0,11                       | 0,24 | 0,10                      | 0,22 | no          | no          | no      | 17,00   | Muy borrosa    |
| 35B     | 7,90               | 16:52             | 5559    | 0,10                       | 0,22 | 0,07                      | 0,22 | no          | no          | no      | 17,50   | Muy borrosa    |
| 36B     | 7,72               | 08:44             | 5564    | 0,08                       | 0,19 | 0,07                      | 0,32 | no          | no          | no      | 18,00   | Pastilla sucia |
| 37B     | 8,05               | 08:49             | 5565    | 0,10                       | 0,28 | 0,08                      | 0,82 | no          | no          | no      | 18,50   | Muy borrosa    |
| 38B     | 8,13               | 08:52             | 5566    | 0,09                       | 0,20 | 0,08                      | 0,27 | no          | no          | no      | 19,00   | Muy borrosa    |
| 39B     | 7,93               | 08:55             | 5567/68 | 0,10                       | 0,22 | 0,07                      | 0,35 | 11,64       | 0,96        | 0,00    | 19,50   |                |
| 40B     | 8,24               | 09:03             | 5570    | 0,08                       | 0,22 | 0,12                      | 0,48 | 15,00       | 1,25        | 0,00    | 20,00   |                |
| 41B     | 8,01               | 09:07             | 5571    | 0,11                       | 0,24 | 0,09                      | 0,30 | no          | no          | no      | 20,50   | Muy borrosa    |

| HM      |                    |                   |      |                            |      |                           |      |             |             |         |         |             |
|---------|--------------------|-------------------|------|----------------------------|------|---------------------------|------|-------------|-------------|---------|---------|-------------|
| EPT: Sí |                    |                   |      |                            |      |                           |      |             |             |         |         |             |
| Probeta | Rugosidad promedio | Lectura vibración | Foto | Vibración C1 radial (mm/s) |      | Vibración C2 axial (mm/s) |      | Altura UCAD | Flanco UCAD | hf (mm) | T (min) | Observación |
|         |                    |                   |      | RMS                        | Pico | RMS                       | Pico |             |             |         |         |             |
| 42B     | 8,17               | 09:10             | 5572 | 0,09                       | 0,21 | 0,07                      | 0,25 | no          | no          | no      | 21,00   | Muy borrosa |
| 43B     | 7,88               | 09:13             | 5573 | 0,09                       | 0,22 | 0,12                      | 0,51 | no          | no          | no      | 21,50   | Muy borrosa |
| 44B     | 8,23               | 09:17             | 5574 | 0,10                       | 0,28 | 0,11                      | 0,51 | 12,27       | 0,97        | 0,00    | 22,00   |             |
| 45B     | 8,42               | 09:20             | 5575 | 0,09                       | 0,26 | 0,05                      | 0,31 | 14,40       | 1,11        | 0,00    | 22,50   |             |
| 46B     | 8,37               | 09:23             | 5576 | 0,10                       | 0,31 | 0,06                      | 0,33 | 15,15       | 1,42        | 0,00    | 23,00   |             |
| 47B     | 7,81               | 09:26             | 5577 | 0,12                       | 0,28 | 0,09                      | 0,25 | 12,97       | 1,29        | 0,00    | 23,50   |             |
| 48B     | 7,91               | 09:28             | 5578 | 0,10                       | 0,26 | 0,08                      | 0,25 | no          | no          | no      | 24,00   | Muy borrosa |
| 49B     | 8,15               | 09:31             | 5579 | 0,09                       | 0,24 | 0,07                      | 0,22 | no          | no          | no      | 24,50   | Muy borrosa |
| 50B     | 8,20               | 09:34             | 5580 | 0,10                       | 0,31 | 0,09                      | 0,30 | no          | no          | no      | 25,00   | Muy borrosa |
| 51B     | 7,55               | 09:37             | 5582 | 0,11                       | 0,26 | 0,05                      | 0,87 | no          | no          | no      | 25,50   | Muy borrosa |
| 52B     | 7,59               | 09:39             | 5584 | 0,09                       | 0,23 | 0,15                      | 0,67 | 15,33       | 1,55        | 0,00    | 26,00   |             |
| 53B     | 8,19               | 09:42             | 5585 | 0,09                       | 0,25 | 0,07                      | 0,25 | no          | no          | no      | 26,50   | Muy borrosa |
| 54B     | 8,06               | 09:45             | 5586 | 0,10                       | 0,24 | 0,08                      | 0,24 | no          | no          | no      | 27,00   | Muy borrosa |
| 55B     | 7,66               | 09:48             | 5587 | 0,10                       | 0,24 | 0,07                      | 0,46 | 15,25       | 1,54        | 0,00    | 27,50   |             |
| 56B     | 8,17               | 09:56             | 5588 | 0,08                       | 0,18 | 0,07                      | 0,27 | no          | no          | no      | 28,00   | Muy borrosa |
| 57B     | 8,06               | 10:04             | 5591 | 0,09                       | 0,22 | 0,07                      | 0,17 | no          | no          | no      | 28,50   | Muy borrosa |
| 58B     | 7,93               | 10:07             | 5592 | 0,10                       | 0,24 | 0,05                      | 0,66 | 16,71       | 1,80        | 0,00    | 29,00   |             |
| 59B     | 7,93               | 10:10             | 5593 | 0,10                       | 0,24 | 0,07                      | 0,18 | no          | no          | no      | 29,50   | Muy borrosa |
| 60B     | 8,14               | 10:14             | 5595 | 0,08                       | 0,21 | 0,07                      | 0,27 | 16,70       | 1,81        | 0,00    | 30,00   |             |
| 61B     | 8,25               | 10:18             | 5596 | 0,10                       | 0,21 | 0,06                      | 0,12 | no          | no          | no      | 30,50   | Muy borrosa |
| 62B     | 7,98               | 10:20             | 5597 | 0,09                       | 0,24 | 0,06                      | 0,17 | 16,64       | 1,70        | 0,00    | 31,00   |             |



| HM      |                    |                   |      |                            |      |                           |      |             |             |         |         |             |
|---------|--------------------|-------------------|------|----------------------------|------|---------------------------|------|-------------|-------------|---------|---------|-------------|
| EPT: Sí |                    |                   |      |                            |      |                           |      |             |             |         |         |             |
| Probeta | Rugosidad promedio | Lectura vibración | Foto | Vibración C1 radial (mm/s) |      | Vibración C2 axial (mm/s) |      | Altura UCAD | Flanco UCAD | hf (mm) | T (min) | Observación |
|         |                    |                   |      | RMS                        | Pico | RMS                       | Pico |             |             |         |         |             |
| 63B     | 8,19               | 10:23             | 5598 | 0,08                       | 0,20 | 0,06                      | 0,73 | no          | no          | no      | 31,50   | Muy borrosa |
| 64B     | 8,19               | 10:25             | 5599 | 0,10                       | 0,22 | 0,05                      | 0,22 | no          | no          | no      | 32,00   | Muy borrosa |
| 65B     | 8,33               | 10:28             | 5600 | 0,09                       | 0,33 | 0,07                      | 0,28 | no          | no          | no      | 32,50   | Muy borrosa |
| 66B     | 8,13               | 10:32             | 5601 | 0,11                       | 0,24 | 0,07                      | 0,27 | no          | no          | no      | 33,00   | Muy borrosa |
| 67B     | 8,10               | 10:37             | 5602 | 0,09                       | 0,21 | 0,06                      | 0,23 | no          | no          | no      | 33,50   | Muy borrosa |
| 68B     | 8,09               | 10:40             | 5604 | 0,10                       | 0,21 | 0,06                      | 0,35 | no          | no          | no      | 34,00   | Muy borrosa |
| 69B     | 7,94               | 10:43             | 5605 | 0,10                       | 0,32 | 0,07                      | 0,22 | no          | no          | no      | 34,50   | Muy borrosa |
| 70B     | 8,09               | 10:45             | 5606 | 0,09                       | 0,30 | 0,06                      | 0,22 | no          | no          | no      | 35,00   | Muy borrosa |
| 71B     | 8,14               | 10:49             | 5609 | 0,10                       | 0,24 | 0,06                      | 0,17 | no          | no          | no      | 35,50   | Muy borrosa |
| 72B     | 8,48               | 10:52             | 5610 | 0,11                       | 0,38 | 0,11                      | 0,56 | no          | no          | no      | 36,00   | Muy borrosa |
| 73B     | 8,13               | 10:55             | 5611 | 0,10                       | 0,25 | 0,07                      | 0,25 | 18,54       | 1,92        | 0,00    | 36,50   |             |
| 74B     | 7,99               | 10:58             | 5612 | 0,08                       | 0,19 | 0,05                      | 0,27 | no          | no          | no      | 37,00   | Muy borrosa |
| 75B     | 8,26               | 11:01             | 5613 | 0,09                       | 0,22 | 0,04                      | 0,22 | 15,62       | 1,61        | 0,00    | 37,50   |             |
| 76B     | 8,14               | 11:04             | 5614 | 0,08                       | 0,24 | 0,07                      | 0,57 | 15,00       | 1,60        | 0,00    | 38,00   |             |
| 77B     | 8,25               | 11:09             | 5616 | 0,09                       | 0,23 | 0,06                      | 0,66 | no          | no          | no      | 38,50   | Muy borrosa |
| 78B     | 8,39               | 11:14             | 5617 | 0,11                       | 0,23 | 0,06                      | 0,24 | no          | no          | no      | 39,00   | Muy borrosa |
| 79B     | 8,16               | 11:17             | 5618 | 0,09                       | 0,25 | 0,07                      | 0,34 | no          | no          | no      | 39,50   | Muy borrosa |
| 80B     | 7,95               | 11:20             | 5620 | 0,08                       | 0,19 | 0,06                      | 0,24 | 17,43       | 1,81        | 0,00    | 40,00   |             |
| 81B     | 7,87               | 11:23             | 5621 | 0,08                       | 0,30 | 0,05                      | 0,47 | no          | no          | no      | 40,50   | Muy borrosa |
| 82B     | 8,66               | 11:26             | 5623 | 0,10                       | 0,42 | 0,06                      | 0,43 | no          | no          | no      | 41,00   | Muy borrosa |
| 83B     | 8,24               | 11:28             | 5624 | 0,10                       | 0,21 | 0,07                      | 0,21 | no          | no          | no      | 41,50   | Muy borrosa |

| HM      |                    |                   |         |                            |      |                           |      |             |             |         |         |                |
|---------|--------------------|-------------------|---------|----------------------------|------|---------------------------|------|-------------|-------------|---------|---------|----------------|
| EPT: Sí |                    |                   |         |                            |      |                           |      |             |             |         |         |                |
| Probeta | Rugosidad promedio | Lectura vibración | Foto    | Vibración C1 radial (mm/s) |      | Vibración C2 axial (mm/s) |      | Altura UCAD | Flanco UCAD | hf (mm) | T (min) | Observación    |
|         |                    |                   |         | RMS                        | Pico | RMS                       | Pico |             |             |         |         |                |
| 84B     | 7,98               | 11:32             | 5626    | 0,08                       | 0,19 | 0,06                      | 0,21 | 18,71       | 2,01        | 0,00    | 42,00   |                |
| 85B     | 8,27               | 11:35             | 5628    | 0,11                       | 0,24 | 0,08                      | 0,25 | no          | no          | no      | 42,50   | Muy borrosa    |
| 86B     | 7,98               | 11:38             | 5629    | 0,09                       | 0,22 | 0,07                      | 0,25 | no          | no          | no      | 43,00   | Muy borrosa    |
| 87B     | 8,19               | 11:40             | 5632    | 0,09                       | 0,26 | 0,05                      | 0,40 | no          | no          | no      | 43,50   | Muy borrosa    |
| 88B     | 8,32               | 11:43             | 5633    | 0,10                       | 0,26 | 0,08                      | 0,24 | no          | no          | no      | 44,00   | Muy borrosa    |
| 89B     | 7,84               | 11:46             | 5634    | 0,08                       | 0,24 | 0,05                      | 0,35 | no          | no          | no      | 44,50   | Muy borrosa    |
| 90B     | 8,22               | 11:49             | 5636    | 0,09                       | 0,22 | 0,07                      | 0,22 | 19,21       | 2,00        | 0,00    | 45,00   |                |
| 91B     | 7,75               | 14:32             | 5637/38 | 0,08                       | 0,20 | 0,04                      | 0,32 | no          | no          | no      | 45,50   | Muy borrosa    |
| 92B     | 7,87               | 14:36             | 5642    | 0,09                       | 0,32 | 0,11                      | 0,53 | no          | no          | no      | 46,00   | Muy borrosa    |
| 93B     | 8,22               | No                | 5643    | NO                         | NO   | NO                        | NO   | no          | no          | no      | 46,50   | Pastilla sucia |
| 94B     | 8,19               | 14:52             | 5644    | 0,08                       | 0,20 | 0,11                      | 0,54 | no          | no          | no      | 47,00   | Pastilla sucia |
| 95B     | 8,12               | 14:55             | 5645    | 0,11                       | 0,26 | 0,06                      | 0,24 | no          | no          | no      | 47,50   | Muy borrosa    |
| 96B     | 8,08               | 14:59             | 5647    | 0,09                       | 0,22 | 0,06                      | 0,30 | no          | no          | no      | 48,00   | Muy borrosa    |
| 97B     | 8,51               | 15:01             | 5648    | 0,09                       | 0,22 | 0,07                      | 0,23 | no          | no          | no      | 48,50   | Muy borrosa    |
| 98B     | 8,40               | 15:04             | 5649    | 0,09                       | 0,21 | 0,05                      | 0,22 | no          | no          | no      | 49,00   | Muy borrosa    |
| 99B     | 8,14               | 15:07             | NO      | 0,10                       | 0,19 | 0,08                      | 0,22 | no          | no          | no      | 49,50   | Muy borrosa    |
| 100B    | 6,76               | 10:19             | 5793    | 0,10                       | 0,23 | 0,10                      | 0,17 | no          | no          | no      | 50,00   | Muy borrosa    |
| 101B    | 6,39               | 10:25             | 5795    | 0,11                       | 0,24 | 0,07                      | 0,17 | 16,35       | 2,02        | 0,00    | 50,50   |                |
| 102B    | 6,58               | 10:41             | 5796    | 0,11                       | 0,24 | 0,07                      | 0,22 | 17,94       | 2,18        | 0,00    | 51,00   |                |
| 103B    | 6,99               | 10:46             | 5797    | 0,10                       | 0,25 | 0,11                      | 0,50 | 19,48       | 2,54        | 0,00    | 51,50   |                |
| 104B    | 6,52               | 10:50             | 5798    | 0,11                       | 0,28 | 0,05                      | 0,21 | no          | no          | no      | 52,00   | Muy borrosa    |

| HM      |                    |                   |      |                            |      |                           |      |             |             |         |         |             |
|---------|--------------------|-------------------|------|----------------------------|------|---------------------------|------|-------------|-------------|---------|---------|-------------|
| EPT: Sí |                    |                   |      |                            |      |                           |      |             |             |         |         |             |
| Probeta | Rugosidad promedio | Lectura vibración | Foto | Vibración C1 radial (mm/s) |      | Vibración C2 axial (mm/s) |      | Altura UCAD | Flanco UCAD | hf (mm) | T (min) | Observación |
|         |                    |                   |      | RMS                        | Pico | RMS                       | Pico |             |             |         |         |             |
| 105B    | 6,17               | 10:53             | 5799 | 0,12                       | 0,25 | 0,07                      | 0,19 | 18,62       | 2,38        | 0,00    | 52,50   |             |
| 106B    | 6,67               | 10:56             | 5800 | 0,14                       | 0,32 | 0,06                      | 0,21 | 18,12       | 2,30        | 0,00    | 53,00   |             |
| 107B    | 6,77               | 10:58             | 5801 | 0,10                       | 0,24 | 0,06                      | 0,27 | no          | no          | no      | 53,50   | Muy borrosa |
| 108B    | 6,55               | 11:01             | 5803 | 0,08                       | 0,26 | 0,05                      | 0,17 | 16,45       | 2,23        | 0,00    | 54,00   |             |
| 109B    | 6,52               | 11:04             | 5804 | 0,09                       | 0,25 | 0,06                      | 0,17 | 19,01       | 2,42        | 0,00    | 54,50   |             |
| 110B    | 6,54               | 11:06             | 5805 | 0,09                       | 0,21 | 0,07                      | 0,18 | no          | no          | no      | 55,00   | Muy borrosa |
| 111B    | 6,61               | 11:11             | 5806 | 0,09                       | 0,24 | 0,06                      | 0,17 | 15,97       | 2,00        | 0,00    | 55,50   |             |
| 112B    | 6,93               | 11:13             | 5807 | 0,10                       | 0,28 | 0,06                      | 0,43 | 18,93       | 2,46        | 0,00    | 56,00   |             |
| 113B    | 6,92               | 11:15             | 5808 | 0,10                       | 0,25 | 0,05                      | 0,20 | no          | no          | no      | 56,50   | Muy borrosa |
| 114B    | 6,53               | 11:18             | 5809 | 0,11                       | 0,23 | 0,06                      | 0,56 | no          | no          | no      | 57,00   | Muy borrosa |
| 115B    | 6,49               | 11:21             | 5810 | 0,11                       | 0,27 | 0,07                      | 0,24 | 21,23       | 2,73        | 0,00    | 57,50   |             |
| 116B    | 7,06               | 11:24             | 5811 | 0,11                       | 0,25 | 0,06                      | 0,20 | no          | no          | no      | 58,00   | Muy borrosa |
| 117B    | 6,64               | 11:30             | 5812 | 0,11                       | 0,29 | 0,06                      | 0,17 | 20,75       | 2,76        | 0,00    | 58,50   |             |
| 118B    | 7,49               | 11:34             | 5813 | 0,09                       | 0,24 | 0,06                      | 0,19 | no          | no          | no      | 59,00   | Muy borrosa |
| 119B    | 6,74               | 11:37             | 5814 | 0,11                       | 0,24 | 0,07                      | 0,18 | no          | no          | no      | 59,50   | Muy borrosa |
| 120B    | 6,92               | 11:40             | 5815 | 0,11                       | 0,25 | 0,14                      | 0,64 | no          | no          | no      | 60,00   | Muy borrosa |
| 121B    | 7,70               | 11:43             | 5816 | 0,11                       | 0,25 | 0,08                      | 0,18 | no          | no          | no      | 60,50   | Muy borrosa |
| 122B    | 7,81               | 11:52             | 5817 | 0,10                       | 0,24 | 0,07                      | 0,23 | no          | no          | no      | 61,00   | Muy borrosa |
| 123B    | 6,73               | 11:55             | 5818 | 0,12                       | 0,26 | 0,08                      | 0,38 | no          | no          | no      | 61,50   | Muy borrosa |
| 124B    | 7,56               | 11:58             | 5819 | 0,09                       | 0,19 | 0,06                      | 0,18 | no          | no          | no      | 62,00   | Muy borrosa |
| 125B    | 7,56               | 12:01             | 5820 | 0,12                       | 0,34 | 0,07                      | 0,19 | no          | no          | no      | 62,50   | Muy borrosa |

| HM      |                    |                   |         |                            |      |                           |      |             |             |         |         |                |
|---------|--------------------|-------------------|---------|----------------------------|------|---------------------------|------|-------------|-------------|---------|---------|----------------|
| EPT: Sí |                    |                   |         |                            |      |                           |      |             |             |         |         |                |
| Probeta | Rugosidad promedio | Lectura vibración | Foto    | Vibración C1 radial (mm/s) |      | Vibración C2 axial (mm/s) |      | Altura UCAD | Flanco UCAD | hf (mm) | T (min) | Observación    |
|         |                    |                   |         | RMS                        | Pico | RMS                       | Pico |             |             |         |         |                |
| 126B    | 7,50               | 12:17             | 5821    | 0,11                       | 0,26 | 0,06                      | 0,20 | 18,31       | 2,38        | 0,00    | 63,00   |                |
| 127B    | 6,98               | 12:20             | 5822    | 0,10                       | 0,24 | 0,05                      | 0,14 | 19,52       | 2,55        | 0,00    | 63,50   |                |
| 128B    | 7,33               | 12:24             | 5823    | 0,10                       | 0,23 | 0,07                      | 0,22 | no          | no          | no      | 64,00   | Muy borrosa    |
| 129B    | 7,41               | 12:26             | 5824    | 0,10                       | 0,26 | 0,07                      | 0,22 | 18,35       | 2,59        | 0,00    | 64,50   |                |
| 130B    | 7,75               | 12:29             | 5825    | 0,14                       | 0,32 | 0,08                      | 0,21 | no          | no          | no      | 65,00   | Muy borrosa    |
| 131B    | 7,62               | 13:15             | 5827    | 0,11                       | 0,26 | 0,07                      | 0,19 | no          | no          | no      | 65,50   | Muy borrosa    |
| 132B    | 7,35               | 13:20             | 5828    | 0,10                       | 0,26 | 0,05                      | 0,17 | 19,67       | 2,77        | 0,00    | 66,00   |                |
| 133B    | 7,32               | 13:23             | 5829    | 0,10                       | 0,24 | 0,06                      | 0,15 | no          | no          | no      | 66,50   | Muy borrosa    |
| 134B    | 6,90               | 13:28             | 5830    | 0,10                       | 0,28 | 0,05                      | 0,16 | 17,59       | 2,47        | 0,00    | 67,00   |                |
| 135B    | 7,10               | 13:31             | 5831    | 0,11                       | 0,22 | 0,08                      | 0,20 | no          | no          | no      | 67,50   | Muy borrosa    |
| 136B    | 7,64               | 13:43             | 5832    | 0,14                       | 0,31 | 0,09                      | 0,24 | no          | no          | no      | 68,00   | Muy borrosa    |
| 137B    | 8,23               | 13:46             | 5833    | 0,12                       | 0,38 | 0,09                      | 0,32 | 18,25       | 2,45        | 0,00    | 68,50   |                |
| 138B    | 8,03               | 13:51             | 5834    | 0,12                       | 0,36 | 0,07                      | 0,59 | no          | no          | no      | 69,00   | Muy borrosa    |
| 139B    | 7,82               | 13:54             | 5835    | 0,12                       | 0,37 | 0,07                      | 0,21 | no          | no          | no      | 69,50   | Muy borrosa    |
| 140B    | 7,88               | 13:57             | 5836    | 0,11                       | 0,24 | 0,05                      | 0,19 | no          | no          | no      | 70,00   | Pastilla sucia |
| 141B    | 7,78               | 14:00             | 5840    | 0,11                       | 0,28 | 0,06                      | 0,20 | no          | no          | no      | 70,50   | Muy borrosa    |
| 142B    | 7,41               | 14:03             | 5841    | 0,11                       | 0,27 | 0,06                      | 0,22 | no          | no          | no      | 71,00   | Muy borrosa    |
| 143B    | 7,90               | 14:06             | 5843    | 0,10                       | 0,26 | 0,07                      | 0,20 | no          | no          | no      | 71,50   | Muy borrosa    |
| 144B    | 7,67               | 14:09             | 5844    | 0,11                       | 0,31 | 0,09                      | 0,30 | no          | no          | no      | 72,00   | Muy borrosa    |
| 145B    | 7,94               | 14:11             | 5846    | 0,11                       | 0,32 | 0,07                      | 0,39 | no          | no          | no      | 72,50   | Muy borrosa    |
| 146B    | 7,94               | no                | 5847/48 | no                         | no   | no                        | no   | no          | no          | no      | 73,00   | Muy borrosa    |

| HM      |                    |                   |      |                            |      |                           |      |             |             |         |         |                |
|---------|--------------------|-------------------|------|----------------------------|------|---------------------------|------|-------------|-------------|---------|---------|----------------|
| EPT: Sí |                    |                   |      |                            |      |                           |      |             |             |         |         |                |
| Probeta | Rugosidad promedio | Lectura vibración | Foto | Vibración C1 radial (mm/s) |      | Vibración C2 axial (mm/s) |      | Altura UCAD | Flanco UCAD | hf (mm) | T (min) | Observación    |
|         |                    |                   |      | RMS                        | Pico | RMS                       | Pico |             |             |         |         |                |
| 147B    | 7,08               | 08:28             | 5850 | 0,08                       | 0,19 | 0,04                      | 0,25 | 16,42       | 2,18        | 0,00    | 73,50   |                |
| 148B    | 7,15               | 08:35             | 5851 | 0,10                       | 0,28 | 0,07                      | 0,40 | no          | no          | no      | 74,00   | Pastilla sucia |
| 149B    | 7,24               | 08:38             | 5852 | 0,09                       | 0,25 | 0,05                      | 0,51 | 21,40       | 2,79        | 0,00    | 74,50   |                |
| 150B    | 6,89               | 08:42             | 5853 | 0,09                       | 0,32 | 0,06                      | 0,39 | no          | no          | no      | 75,00   | Muy borrosa    |
| 151B    | 7,01               | 08:46             | 5854 | 0,10                       | 0,25 | 0,08                      | 0,25 | no          | no          | no      | 75,50   | Muy borrosa    |
| 152B    | 6,58               | 08:49             | 5855 | 0,11                       | 0,26 | 0,07                      | 0,27 | no          | no          | no      | 76,00   | Muy borrosa    |
| 153B    | 6,84               | 08:52             | 5857 | 0,10                       | 0,24 | 0,05                      | 0,27 | 15,92       | 2,11        | 0,00    | 76,50   |                |
| 154B    | 7,14               | 08:57             | 5858 | 0,10                       | 0,25 | 0,06                      | 0,16 | 17,19       | 2,24        | 0,00    | 77,00   |                |
| 155B    | 6,92               | 08:59             | 5859 | 0,09                       | 0,19 | 0,07                      | 0,15 | no          | no          | no      | 77,50   | Muy borrosa    |
| 156B    | 6,82               | 09:03             | 5860 | 0,11                       | 0,25 | 0,05                      | 0,16 | no          | no          | no      | 78,00   | Muy borrosa    |
| 157B    | 7,19               | 09:07             | 5861 | 0,10                       | 0,23 | 0,06                      | 0,27 | no          | no          | no      | 78,50   | Muy borrosa    |
| 158B    | 6,64               | 09:10             | 5862 | 0,10                       | 0,22 | 0,07                      | 0,20 | 13,34       | 1,87        | 0,00    | 79,00   |                |
| 159B    | 6,84               | 09:14             | 5863 | 0,10                       | 0,23 | 0,05                      | 0,46 | 15,31       | 2,02        | 0,00    | 79,50   |                |
| 160B    | 6,85               | 09:21             | 5864 | 0,12                       | 0,28 | 0,07                      | 0,22 | no          | no          | no      | 80,00   | Pastilla sucia |
| 161B    | 7,34               | 09:24             | 5866 | 0,12                       | 0,31 | 0,15                      | 0,71 | 15,77       | 2,10        | 0,00    | 80,50   |                |
| 162B    | 6,14               | 09:41             | 5868 | 0,11                       | 0,24 | 0,07                      | 0,25 | no          | no          | no      | 81,00   | Muy borrosa    |
| 163B    | 6,45               | 09:44             | 5870 | 0,10                       | 0,23 | 0,06                      | 0,48 | no          | no          | no      | 81,50   | Muy borrosa    |
| 164B    | 6,19               | 09:47             | 5871 | 0,11                       | 0,28 | 0,07                      | 0,20 | no          | no          | no      | 82,00   | Muy borrosa    |
| 165B    | 5,77               | 09:50             | 5873 | 0,11                       | 0,23 | 0,06                      | 0,15 | 17,16       | 2,35        | 0,00    | 82,50   |                |
| 166B    | 6,12               | 09:54             | 5874 | 0,11                       | 0,24 | 0,07                      | 0,35 | no          | no          | no      | 83,00   | Muy borrosa    |
| 167B    | 5,93               | 09:57             | 5876 | 0,11                       | 0,33 | 0,07                      | 0,21 | 17,02       | 2,38        | 0,00    | 83,50   |                |

| HM      |                    |                   |      |                            |      |                           |      |             |             |         |         |                |
|---------|--------------------|-------------------|------|----------------------------|------|---------------------------|------|-------------|-------------|---------|---------|----------------|
| EPT: Sí |                    |                   |      |                            |      |                           |      |             |             |         |         |                |
| Probeta | Rugosidad promedio | Lectura vibración | Foto | Vibración C1 radial (mm/s) |      | Vibración C2 axial (mm/s) |      | Altura UCAD | Flanco UCAD | hf (mm) | T (min) | Observación    |
|         |                    |                   |      | RMS                        | Pico | RMS                       | Pico |             |             |         |         |                |
| 168B    | 6,25               | 10:00             | 5878 | 0,10                       | 0,26 | 0,12                      | 0,25 | 17,27       | 2,49        | 0,00    | 84,00   |                |
| 169B    | 7,30               | 10:03             | 5880 | 0,10                       | 0,27 | 0,08                      | 0,25 | no          | no          | no      | 84,50   | Muy borrosa    |
| 170B    | 5,84               | 10:06             | 5883 | 0,13                       | 0,33 | 0,12                      | 0,35 | no          | no          | no      | 85,00   | Pastilla sucia |
| 171B    | 5,85               | 10:10             | 5884 | 0,11                       | 0,25 | 0,08                      | 0,25 | 16,18       | 2,25        | 0,00    | 85,50   |                |
| 172B    | 6,61               | 10:12             | 5886 | 0,11                       | 0,29 | 0,08                      | 0,29 | no          | no          | no      | 86,00   | Muy borrosa    |
| 173B    | 6,33               | 10:24             | 5889 | 0,10                       | 0,26 | 0,06                      | 0,22 | no          | no          | no      | 86,50   | Pastilla sucia |
| 174B    | 6,41               | 10:27             | 5891 | 0,10                       | 0,24 | 0,14                      | 0,49 | 13,64       | 1,87        | 0,00    | 87,00   |                |
| 175B    | 6,30               | 10:30             | 5894 | 0,09                       | 0,25 | 0,07                      | 0,32 | 16,67       | 2,30        | 0,00    | 87,50   |                |
| 176B    | 6,75               | 10:34             | 5895 | 0,09                       | 0,22 | 0,08                      | 0,34 | no          | no          | no      | 88,00   | Muy borrosa    |
| 177B    | 6,75               | 10:43             | 5900 | 0,10                       | 0,29 | 0,07                      | 0,25 | 15,43       | 2,10        | 0,00    | 88,50   |                |
| 178B    | 6,69               | 10:49             | 5905 | 0,11                       | 0,25 | 0,07                      | 0,16 | no          | no          | no      | 89,00   | Muy borrosa    |
| 179B    | 6,65               | 10:53             | 5907 | 0,10                       | 0,24 | 0,06                      | 0,27 | no          | no          | no      | 89,50   | Muy borrosa    |
| 180B    | 6,65               | 10:58             | 5909 | 0,10                       | 0,25 | 0,06                      | 0,14 | 19,40       | 2,69        | 0,00    | 90,00   |                |
| 181B    | 7,04               | 11:02             | 5910 | 0,10                       | 0,25 | 0,07                      | 0,25 | no          | no          | no      | 90,50   | Muy borrosa    |
| 182B    | 7,06               | 11:06             | 5912 | 0,10                       | 0,24 | 0,07                      | 0,17 | 19,59       | 2,83        | 0,00    | 91,00   |                |
| 183B    | 6,60               | 11:09             | 5914 | 0,11                       | 0,28 | 0,07                      | 0,14 | no          | no          | no      | 91,50   | Muy borrosa    |
| 184B    | 6,95               | 11:15             | 5915 | 0,12                       | 0,25 | 0,05                      | 0,19 | no          | no          | no      | 92,00   | Muy borrosa    |
| 185B    | 7,49               | 11:17             | 5916 | 0,11                       | 0,24 | 0,06                      | 0,22 | no          | no          | no      | 92,50   | Muy borrosa    |
| 186B    | 7,12               | 11:20             | 5920 | 0,12                       | 0,37 | 0,09                      | 0,35 | no          | no          | no      | 93,00   | Muy borrosa    |
| 187B    | 6,95               | 11:24             | 5923 | 0,11                       | 0,24 | 0,06                      | 0,22 | no          | no          | no      | 93,50   | Muy borrosa    |
| 188B    | 6,64               | 11:28             | 5924 | 0,13                       | 0,35 | 0,14                      | 0,63 | 20,88       | 3,02        | 0,00    | 94,00   |                |

| HM      |                    |                   |      |                            |      |                           |      |             |             |         |         |             |
|---------|--------------------|-------------------|------|----------------------------|------|---------------------------|------|-------------|-------------|---------|---------|-------------|
| EPT: Sí |                    |                   |      |                            |      |                           |      |             |             |         |         |             |
| Probeta | Rugosidad promedio | Lectura vibración | Foto | Vibración C1 radial (mm/s) |      | Vibración C2 axial (mm/s) |      | Altura UCAD | Flanco UCAD | hf (mm) | T (min) | Observación |
|         |                    |                   |      | RMS                        | Pico | RMS                       | Pico |             |             |         |         |             |
| 189B    | 7,22               | 11:31             | 5926 | 0,11                       | 0,30 | 0,08                      | 0,21 | 20,15       | 2,82        | 0,00    | 94,50   |             |
| 190B    | 6,78               | 11:34             | 5927 | 0,11                       | 0,24 | 0,08                      | 0,22 | 16,28       | 2,34        | 0,00    | 95,00   |             |
| 191B    | 7,01               | 11:38             | 5929 | 0,09                       | 0,22 | 0,10                      | 0,25 | no          | no          | no      | 95,50   | Muy borrosa |
| 192B    | 7,06               | 11:41             | 5930 | 0,11                       | 0,24 | 0,08                      | 0,33 | 19,21       | 2,73        | 0,00    | 96,00   |             |
| 193B    | 6,87               | 11:45             | 5933 | 0,09                       | 0,22 | 0,08                      | 0,16 | 17,33       | 2,63        | 0,00    | 96,50   |             |
| 194B    | 6,96               | 11:48             | 5936 | 0,10                       | 0,22 | 0,05                      | 0,40 | 17,62       | 2,70        | 0,00    | 97,00   | Trouble     |

# ANEXO 4

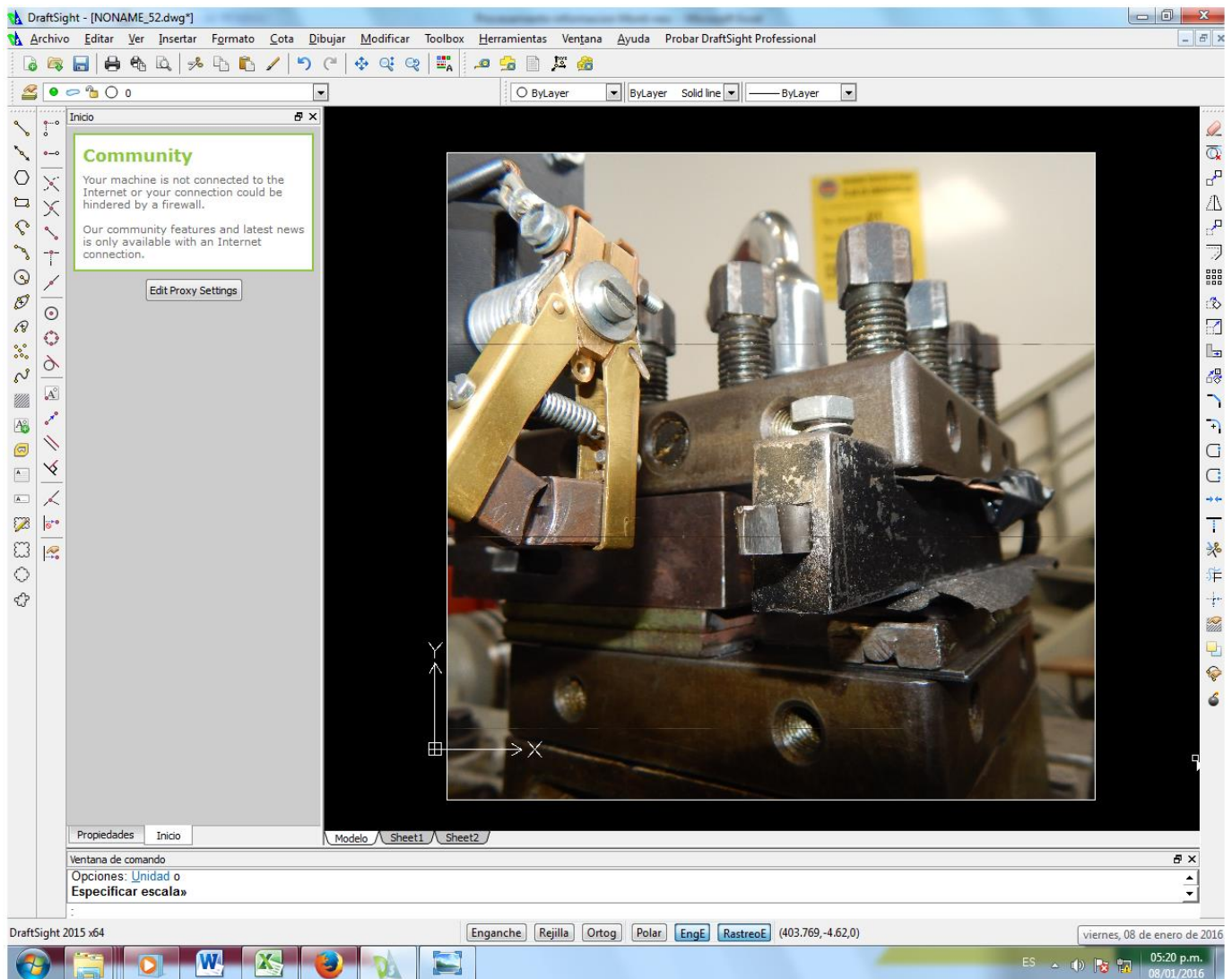


| T (min) | hf (mm)<br>HM SEP | hf (mm)<br>HM EP |
|---------|-------------------|------------------|
| 0,51    | 0,483             | 0,100            |
| 1,02    | 0,515             | 0,131            |
| 1,53    | 0,534             | 0,153            |
| 2,04    | 0,549             | 0,171            |
| 3,06    | 0,570             | 0,199            |
| 4,08    | 0,585             | 0,223            |
| 4,59    | 0,591             | 0,233            |
| 5,61    | 0,602             | 0,252            |
| 6,12    | 0,607             | 0,261            |
| 7,14    | 0,616             | 0,277            |
| 8,67    | 0,627             | 0,298            |
| 9,18    | 0,630             | 0,305            |
| 11,73   | 0,645             | 0,335            |
| 12,75   | 0,650             | 0,346            |
| 14,79   | 0,659             | 0,366            |
| 15,81   | 0,663             | 0,376            |
| 18,36   | 0,672             | 0,398            |
| 19,38   | 0,675             | 0,406            |
| 19,89   | 0,677             | 0,411            |
| 20,40   | 0,679             | 0,415            |
| 23,46   | 0,688             | 0,438            |
| 23,97   | 0,689             | 0,441            |
| 24,48   | 0,690             | 0,445            |
| 26,52   | 0,695             | 0,459            |
| 27,54   | 0,698             | 0,465            |
| 28,05   | 0,699             | 0,469            |
| 29,58   | 0,702             | 0,478            |
| 30,60   | 0,705             | 0,485            |
| 32,13   | 0,708             | 0,494            |
| 34,17   | 0,712             | 0,506            |
| 36,72   | 0,717             | 0,520            |
| 40,29   | 0,723             | 0,539            |
| 40,80   | 0,724             | 0,542            |
| 42,84   | 0,727             | 0,552            |
| 47,43   | 0,734             | 0,574            |
| 51,51   | 0,739             | 0,593            |

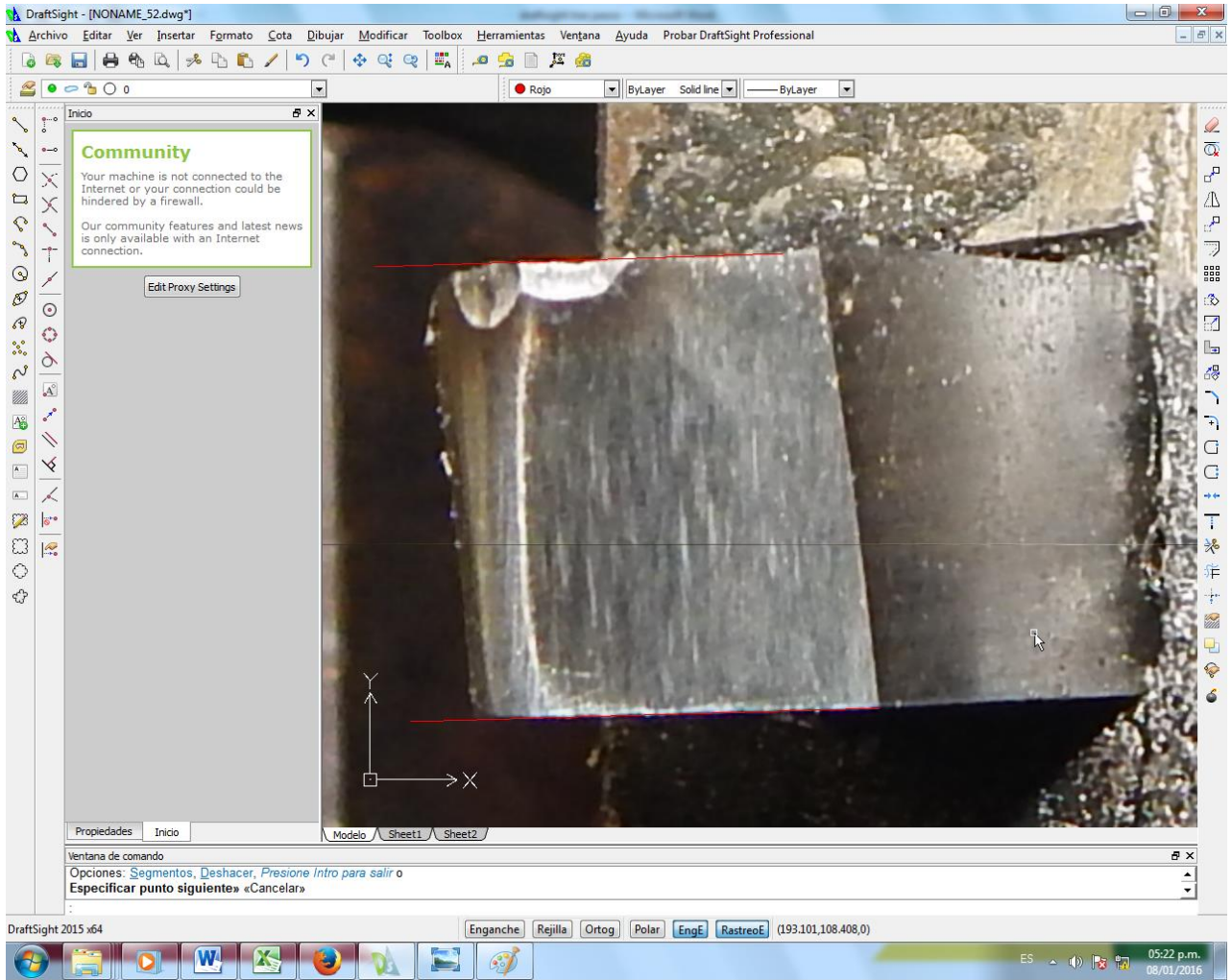
| T (min) | hf (mm)<br>HM SEP | hf (mm)<br>HM EP |
|---------|-------------------|------------------|
| 52,02   | 0,740             | 0,595            |
| 52,53   | 0,741             | 0,597            |
| 53,55   | 0,742             | 0,601            |
| 55,08   | 0,744             | 0,608            |
| 59,67   | 0,749             | 0,627            |
| 62,73   | 0,753             | 0,639            |
| 64,77   | 0,755             | 0,647            |
| 65,79   | 0,756             | 0,651            |
| 67,32   | 0,758             | 0,657            |

# **ANEXO 5**

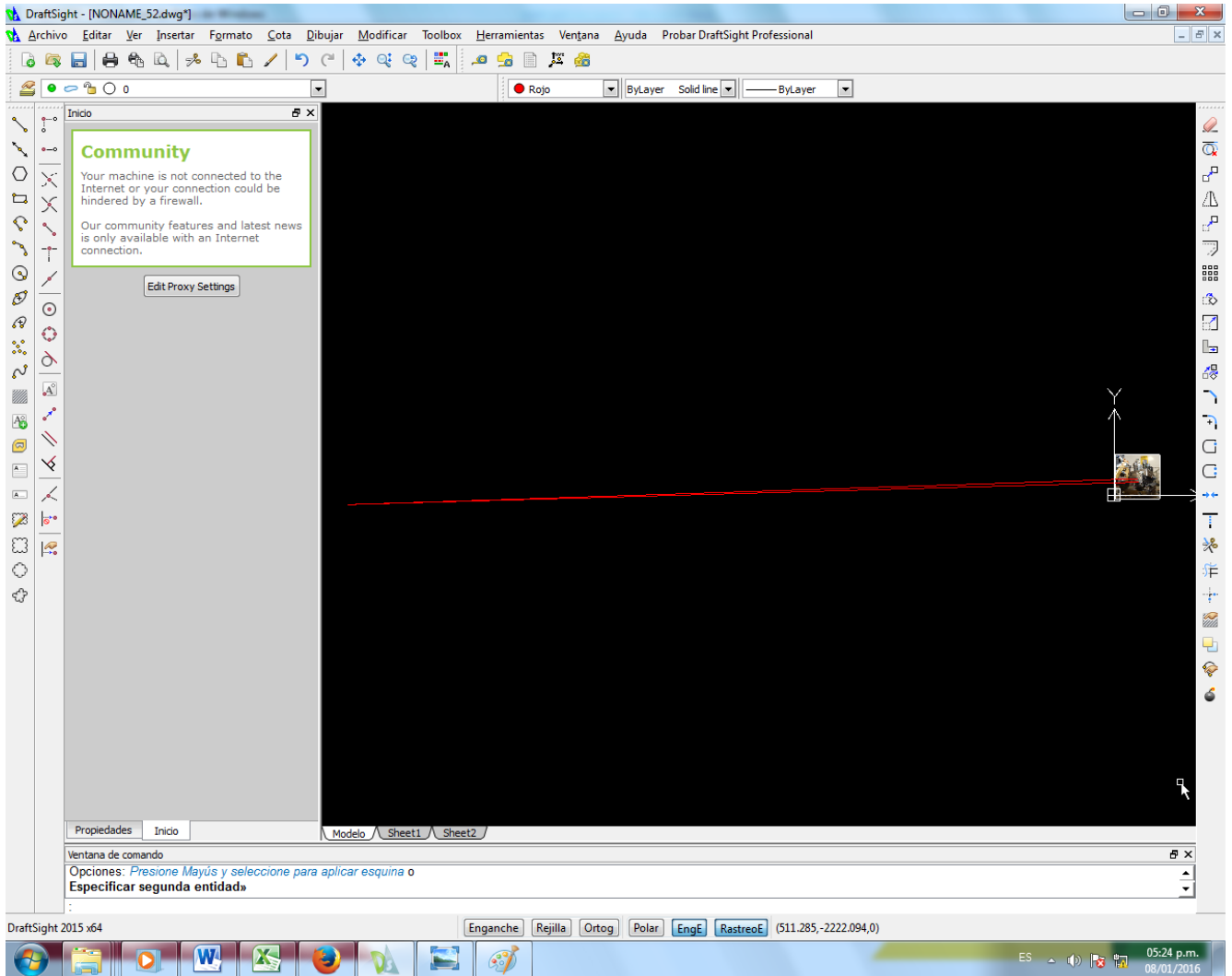
Desde el aplicativo Draftsight, Importar imagen de la cual se va a extraer el desgaste de flanco



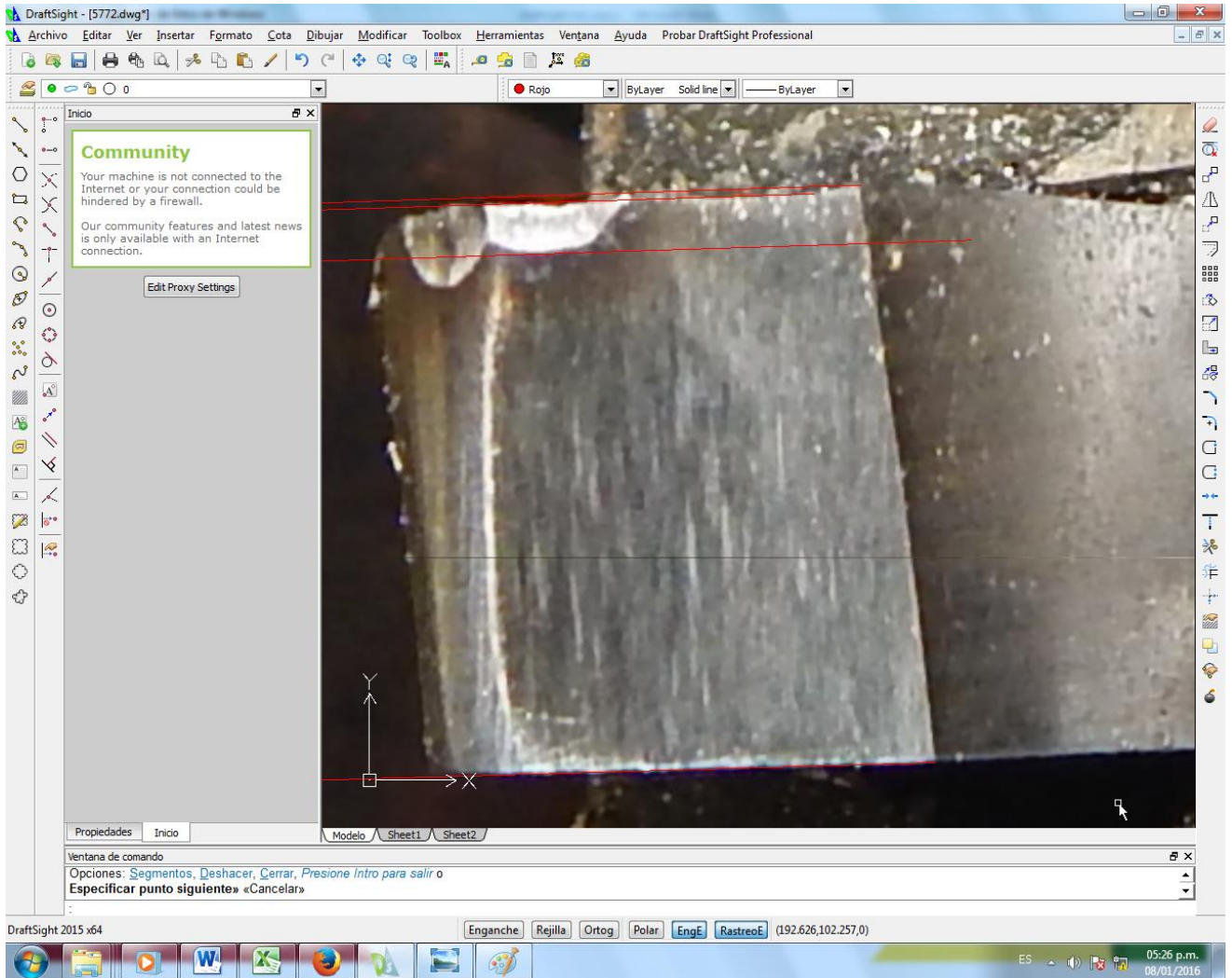
## Trazar líneas de referencia:



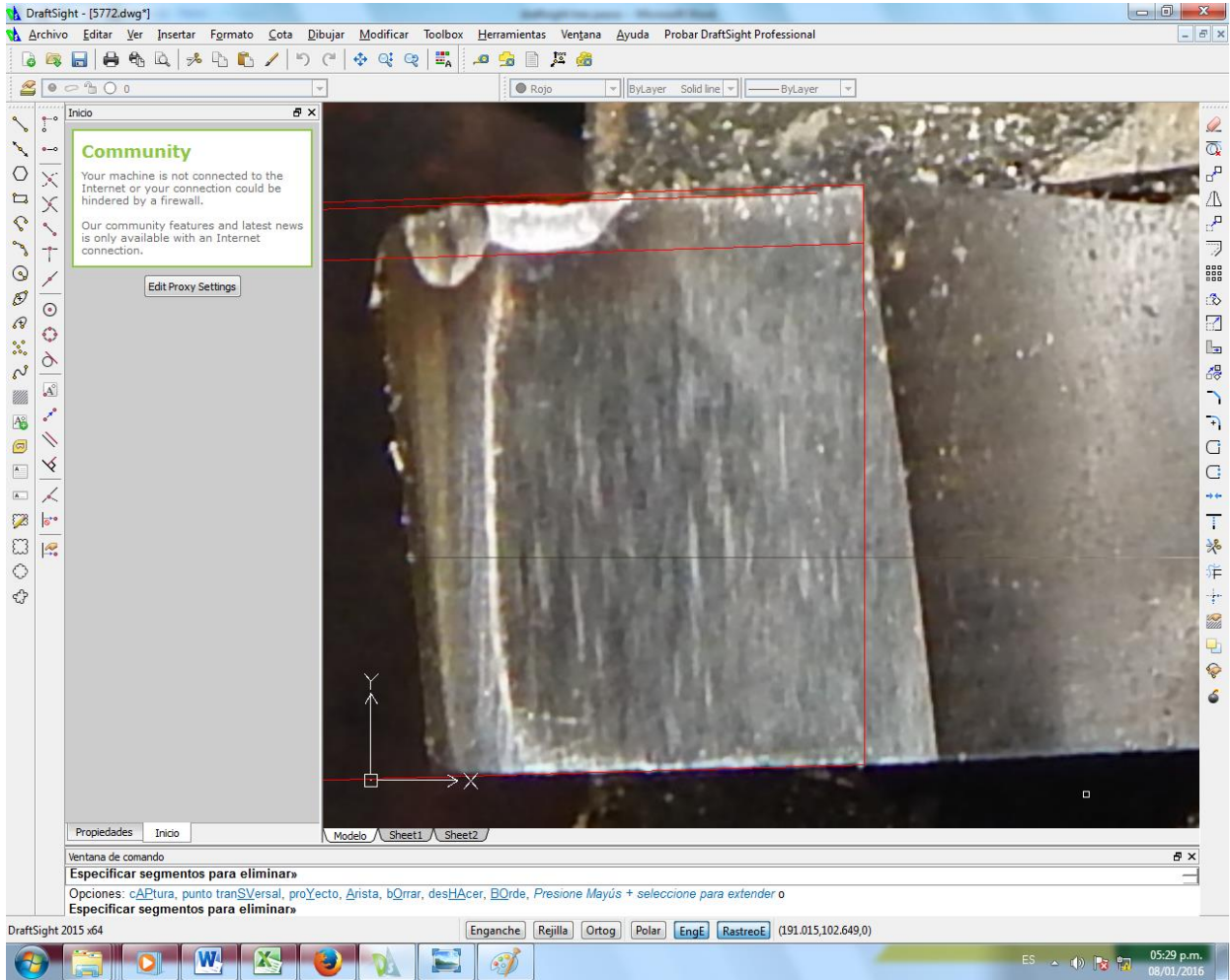
## Trazar punto de fuga:



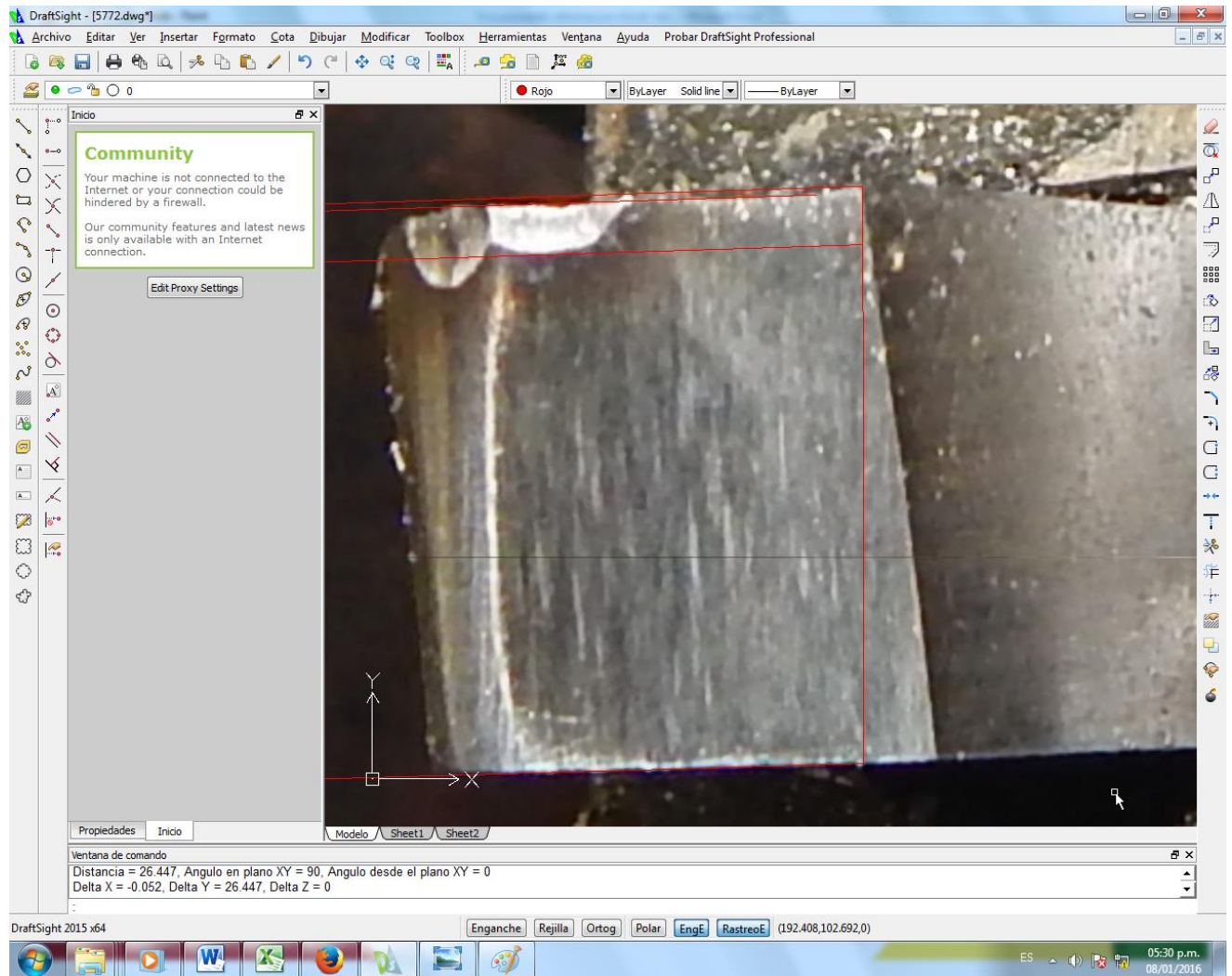
Trazar arista superior de la altura en perspectiva, y trazar línea inferior por el flanco del buril:



## Trazar altura del buril (en perspectiva):

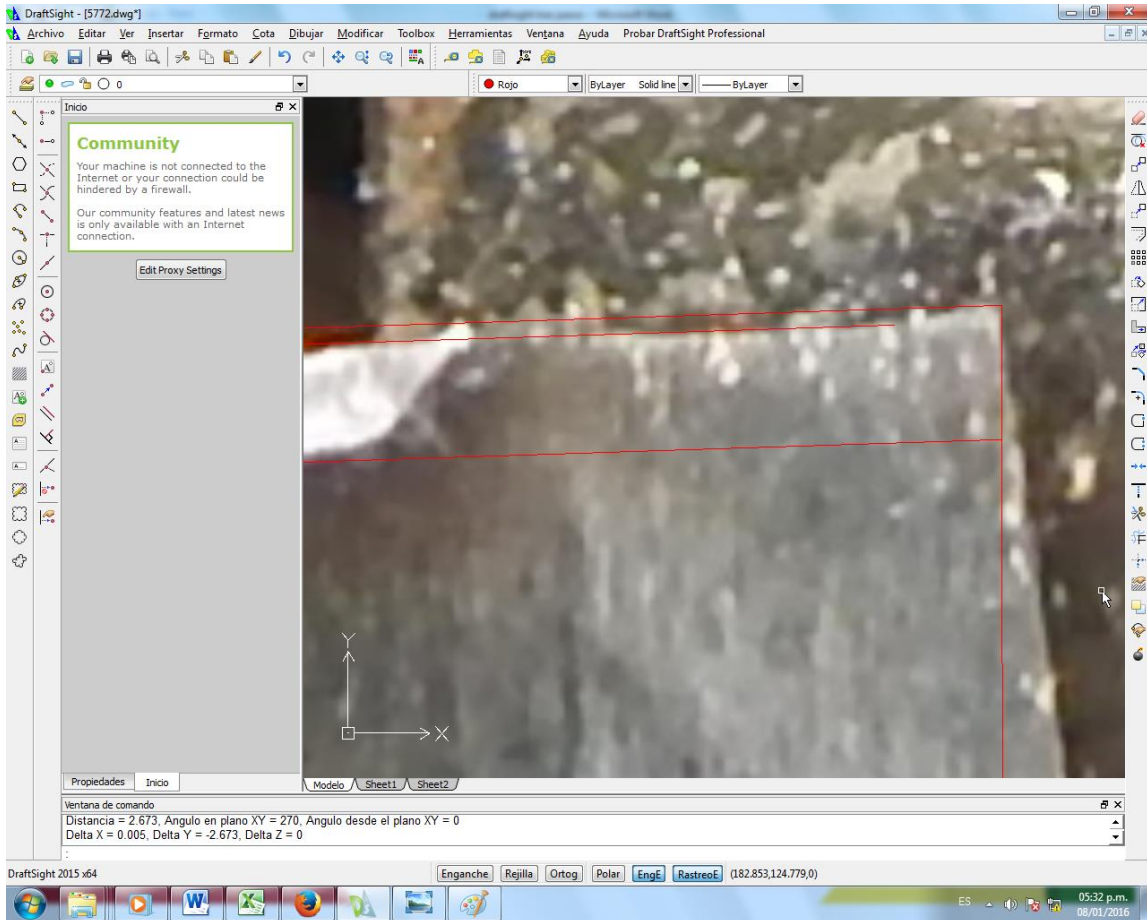


## Medir en unidades CAD la altura del buril:





Medir en unidades CAD la altura del flanco (en la perspectiva):



En Excel aplicar regla de tres simple, y obtener la altura del flanco en mm:

|       |      |      |
|-------|------|------|
| 26.45 | 2.67 | 0.79 |
|-------|------|------|