

Ministerio de Educación Superior



Facultad de Metalurgia y Electromecánica

Departamento de Ingeniería Mecánica

Trabajo de Diploma

En Opción al Título de Ingeniero Mecánico

Título: Viabilidad del uso del Autocril reforzado con polvo de grafito y propuesta de una tecnología para la recuperación de guías de máquinas herramientas

Autor: Rodolfo Céspedes Matos

Tutores: Prof. Tit. Alberto Velázquez del Rosario, Dr.C.

Prof. Aux. Rafael A. Castillo Díaz, Ms.C.

Moa, 2014

“Año 56 de la Revolución”

DECLARACIÓN DE AUTORIDAD

Yo: Rodolfo Céspedes Matos autor de este trabajo de Diploma y los tutores Dr. C. Alberto Velázquez del Rosario y Ms. C. Rafael Antonio Castillo Díaz declaramos la propiedad intelectual de este al servicio del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa y la empresa Héroes del 26 de Julio para que dispongan de su uso cuando estimen conveniente.

Rodolfo Céspedes Matos _____

Dr. C. Alberto Velázquez del Rosario _____

Ms. C. Rafael Antonio Castillo Díaz _____

DEDICATORIA

A mis padres María Matos Téllez y Rodolfo Céspedes Sánchez, por su total entrega para llegar a ser un profesional de valores éticos.

A mi hija María Céspedes Ton, mis sobrinas María Esperanza Castellanos Céspedes y María Fernanda castellanos Céspedes que han sido motivos de inspiración.

A mi hermana Yadira Céspedes Matos, mi esposa Ismara Tons Reyes y mi tía Eida Caridad por el apoyo incondicional que he recibido de todas.

A mis amigos Ernesto Osorio Estupiñan y Roberto Ramírez que me han servido de guía y ejemplo durante toda la carrera.

El autor

AGRADECIMIENTOS

Agradezco especialmente a mis tutores el Dr.C Alberto Velázquez del Rosario y el Ms.C Rafael A. Castillo Díaz, a mis primos Alexander, Alfredo y Wilmer por apoyarme incondicionalmente durante la realización del trabajo, así como a los profesores del departamento de mecánica por los conocimientos que me brindaron a lo largo de la carrera.

A mis padres por ser tenaces en mi educación hasta convertirme en un profesional y a mi familia en general por el apoyo brindado.

A mi esposa por su comprensión y por siempre estar dispuesta a ayudarme.

A Kenia, Alain, Daniel y esposa por su acogida y apoyo durante toda la carrera.

Al Director del taller de Estructuras Metálicas de Felton donde laboro y a mis compañeros Wuicho y Ochoa por el apoyo brindado.

A mis amistades y compañeros de trabajo que con su apoyo desinteresado han contribuido a que alcanzara esta meta.

A todos muchas gracias.

El autor

PENSAMIENTOS

La ciencia es buena porque nos ayuda a distinguir por medio de la acción lo posible de lo imposible y nos libera de la servidumbre y la ignorancia.

Anatholy France

El camino hacia el éxito no debe ser recorrido con botas de siete leguas. Paso por paso, poco a poco, pedazo por pedazo, ese es el camino a la prosperidad, ese es el camino a la sabiduría, ese es el camino a la gloria.

Charles Buxton

RESUMEN

Los tornos son máquinas herramientas fundamentales para humanizar el trabajo del hombre por lo que constituyen la base del proceso tecnológico de la EUB fábrica de piezas de Nicaro. En el presente trabajo se realiza un estudio acerca del uso del autocril reforzado con diferentes composiciones de grafito y de granulometría para la recuperación de los carros longitudinales de los tornos 16k20. Para ellos se realizó un diseño de experimentos, determinándose la temperatura de gelificación, evaluándose la fluidez y se realizaron experimentos de pérdida de peso. Siendo la muestra de 5 % de grafito con 0,2 mm de granulometría la mejor, la cual se utiliza para proponer una tecnología de recuperación de los carros longitudinales de los tornos 16k20. Se efectúa una valoración técnico económico y una evaluación de los posibles daños que pueden ocasionar al medio ambiente de la planta y sus alrededores.

SUMMARY

Lathes are fundamental machine tools to humanize the man's work so that they constitute Nicaro factory of pieces. A study about the use of the autocril reinforced with different compositions of graphite and of classification by size of particles for the recuperation of length cars comes true in present work give them lathes 16k20. For them came true a design of experiments, determining the temperature of gelification, evaluating fluidity and experiments of weight loss came true. Being the sign of 5 % of graphite with 0.2 mm of classification by size of particles her better, which utilizes to propose a technology of recuperation of length cars of lathes 16k20 itself. A technical evaluation cheap to run and an evaluation of the possible damages that can cause the ambient midway of the plant are made and his surroundings.

TABLA DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO	4
1.1. Introducción	4
1.2. Trabajo precedentes	4
1.3. Caracterización de la UEB Fábrica de Piezas	6
1.4. Generalidades de los tornos	9
1.4.1. Importancia de las máquinas herramientas	10
1.4.2. Partes principales del torno	10
1.4.3. Principio de funcionamiento del torno	11
1.5. Polímeros	12
1.5.1. Clasificación de los polímeros	12
1.5.2. Polímeros acrílicos y sus propiedades	14
1.5.3. Otros plásticos acrílicos	15
1.5.4. Lubricantes para el trabajo con polímeros	16
1.6. Tipos de mantenimiento y trabajos de la reparación capital	16
1.6.1. Trabajos de mantenimientos en un torno universal 16k20	18
1.7. Recuperación de los carros longitudinales de los tornos	19
1.8. Conclusiones parciales del capítulo	22
CAPÍTULO 2- MATERIALES Y MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN	23
2.1. Introducción	23
2.2. Instrumentos de medición	23
2.3. Diseño de experimentos	24
2.3.1. Selección de las variables para el diseño de experimentos	24
2.3.2. Descripción de la instalación experimental para el ensayo pérdida de peso	26
2.3.3. Metodología utilizada para la realización de los experimentos	27
2.3.4. Establecimiento del modelo para la experimentación	25

2.4. Caracterización del material del carro portaherramienta	28
2.5. Metodología de cálculo para la recuperación del carro longitudinal	29
2.5.1- Elaboración mecánica portaladrado y roscado	30
2.5.2. Elaboración mecánica por fresado	32
2.6. Conclusiones parciales del capítulo	36
CAPÍTULO 3- ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	37
3.1. Introducción	37
3.2. Obtención de las muestras	37
3.3. Resultados de la obtención de la temperatura de gelificación	38
3.4. Resultados de las mediciones de los ensayos de pérdida de peso	43
3.5. Resultados de los cálculos para el maquinado del carro longitudinal	46
3.5.1. Resultados de los cálculos de las operaciones de taladrado y el roscado	47
3.5.2. Resultado de los cálculos de la operación tecnológica de fresado	49
3.5.3. Operación tecnológica de rasqueteado	50
3.5.4. Resultado del total tiempos de las operaciones tecnológicas	51
3.5. Valoración Económica	52
3.6. Impacto medio ambiental	54
3.7. Conclusiones parciales del capítulo	57
Anexos	58

INTRODUCCIÓN

Sin la riqueza y la seguridad que las máquinas herramientas proporcionan y sin la libertad para el trabajo ininterrumpido, el progreso sería dolorosamente lento. Los hombres estarían trabajando de 12 a 16 h al día para producir menos de la cuarta parte de lo que producen ahora en un turno de 7 a 8 h diarias. Con un nivel muy bajo de productividad, los salarios nunca podrían haber saltado sobre el nivel de subsistencia mínima.

El futuro no ofrecería muchas oportunidades de desarrollo si no existieran las máquinas herramienta, no se hubieran alcanzado los altos niveles de productividad, de riquezas, y la seguridad para financiar y alimentar el progreso. Una de estas máquinas herramientas es el torno que es el más productivo y completo. Aunque su verdadero origen se pierde en la antigüedad, los tornos son considerados generalmente como los miembros más antiguos de las familias de las máquinas herramientas.

Su desarrollo comenzó probablemente casi al mismo tiempo en que la humanidad poseyó la rueda; pero su mejoramiento fue lento y el torno fue solamente un artificio para el trabajo de torneado burdo hasta finales del siglo XVIII cuando el hombre comenzó a dominar la fuerza mecánica encontrada en el agua y en el vapor. Entonces, con la fuerza motriz, el torno tomó rápidamente su forma presente y su nombre actual, torno mecánico, debido a que fue una de las primeras máquinas impulsadas por la máquina de vapor Watt (Kalpakjian y Schmid, 2010).

Las máquinas herramientas tienen una gran importancia para la producción de piezas para la Unión Empresarial de Base (UEB) Fábricas de Piezas de Nicaro perteneciente a la Fábrica 26 de julio de Holguín. Esta empresa tiene como objeto social la producción de bienes y servicios para los diferentes sistemas empresariales del país. Más del 80 % de las piezas que se crean por fundición y conformado en esta entidad poseen un proceso de elaboración posterior es decir, maquinado, para darle forma final al semiproducto, obteniéndose un producto acabado o pieza con valor agregado.

En estos momentos la UEB Fábricas de Piezas de Nicaro se encuentra ampliando su objeto social dedicándose además a la reparación de las máquinas herramientas del territorio. El equipamiento existente en esta UEB Fábricas de Piezas de Nicaro es viejo, posee más de 30 años de explotación. Estas máquinas, como los tornos 16K20, provienen del campo exsocialista y otras son norteamericanas que participaron en la construcción del canal de Panamá en 1895. Este equipamiento necesita constantemente de la restitución de sus parámetros tecnológicos, por los que se ven sometidas a un proceso de reparación capital. Uno de los métodos empleados universalmente para recuperar las principales piezas desgastadas de las máquinas herramienta y de esta forma restituir su precisión, consiste en rellenar las superficies desgastadas con material polimérico.

Para recuperar las principales piezas desgastadas de las máquinas herramienta de Nicaro, se han empleado un grupo de polímeros de importación que en ocasiones se obtienen con dificultad, pero recientemente surgió la posibilidad de utilizar la mezcla de producción nacional de Polimetacrilato de Metilo (PMMA) + Metacrilato de Metilo (MMA) conocida comercialmente como Autocril; sin embargo, a pesar de que el par tribológico guía del carro-guía de la bancada debe estar lubricado, esto no siempre se cumple ya que en las labores de limpieza diaria se retira la película de lubricante y como resultado, se incrementa la fricción y entonces no se alcanzan los índices de durabilidad establecidos en los sistemas de mantenimiento, por lo que se hace necesario evaluar la posibilidad de implementar una alternativa para que en ausencia de lubricante, se garantice la resistencia a la fricción del relleno polimérico.

De aquí que la **situación problemática** es:

La insuficiente resistencia al desgaste del Autocril de producción nacional utilizado como relleno de guías del carro longitudinal en los tornos 16K20 de la UEB Fábrica de Piezas de Nicaro en ausencia de lubricante, que provocan vibraciones y pérdidas de precisión en el maquinado, origina excesivas intervenciones de mantenimiento, la salida de servicio de las máquinas, la disminución de la producción con las correspondientes pérdidas económicas y la necesidad de buscar una alternativa de solución económica y viable.

De aquí que el **problema de investigación** es:

La inexistencia de una tecnología viable para el relleno de guías de carros longitudinales de máquinas herramientas que garantice la resistencia a la fricción del relleno polimérico en ausencia de lubricante.

Como **objetivo** del trabajo, se plantea:

Evaluar la viabilidad del uso del Autocril de producción nacional reforzado con polvo de grafito para la restauración de la capacidad tecnológica de máquinas herramientas.

El **objeto** de investigación es:

Propiedades del Autocril de producción nacional reforzado con polvo de grafito.

Para dar solución al problema y cumplir el objetivo planteado, se traza la **hipótesis** siguiente:

La adición de polvo de grafito con granulometrías de 0,2 mm y proporciones de 5 y 10 % al Autocril de producción nacional, garantizan una fluidez, tiempo de gelificación y pérdida de volumen (peso) óptimos para el diseño de una tecnología de rellenado de guías desgastadas del carro longitudinal del torno 16K20.

El cumplimiento del objetivo planteado y la verificación de la hipótesis se logran a través de las **tareas de trabajo** siguientes:

1. Establecimiento del estado del arte y sistematización de los conocimientos y teorías relacionadas con el objeto de estudio,
2. Planificación y diseño de los experimentos,
3. Realización de experimentos y preparación de muestras,
4. Evaluación de la fluidez, tiempo de gelificación y resistencia al desgaste del Autocril reforzado con polvo de grafito y fundamentación de la propuesta de solución al problema planteado..
5. Diseño de una tecnología para rellenado de guías desgastadas del carro longitudinal del torno 16K20
6. Evaluación de los efectos económico y ambiental.

CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO

1.1. Introducción

Las máquinas en general son aparatos poderosos de que se sirve el hombre para la producción, en los cuales están previamente calculados los efectos de las fuerzas de potencia, roce, peso y resistencia, así como sus movimientos; teniendo por objeto apoderarse de las fuerzas de la naturaleza, para modificarlas, transformarlas, transmitir las y gastarlas con la debida oportunidad y la conveniente celeridad, a fin de que den el resultado apetecido, pues aunque carecen de voluntad, de inteligencia y de destreza, funcionan con mayor ajuste, regularidad y precisión que el más despejado obrero.

Estos aparatos, si bien tienen movimientos constantes, circunscritos y regulados por sus piezas, y si bien no piensan, juzgan y deliberan en sus procedimientos, el hombre los impulsa, los dirige y los adopta a sus fines productores, en calidad de auxiliares de su trabajo.

Este capítulo tiene como **objetivo**: establecer el estado del arte a partir de la revisión bibliográfica relacionada con el funcionamiento de los tornos; tipos de mantenimiento aplicable a estas máquinas, polímeros para el rellenado de las guías, etc.

1.2. Trabajos precedentes

Dentro de los trabajos precedentes se enmarcan dos tipos principales de búsqueda que están relacionadas con el tipo de bibliografía de corte teórico – metodológico y el segundo tipo con los trabajos realizados en esta área hasta ahora y su alcance.

Dentro de la bibliografía de corte teórico - metodológico tenemos:

Nikolev (1980) expone las principales características de las máquinas herramientas convencionales más utilizadas en los talleres de mecánica, su clasificación, estructura, movimientos fundamentales, principio de funcionamiento, esquema cinemático, dispositivos y las ecuaciones para la determinación de los parámetros de los regímenes de cortes. Actualmente en nuestro territorio existen máquinas herramientas convencionales de este tipo y otras que poseen el mismo principio de trabajo pero no se encuentran sus principales parámetros.

Kalpakjian y Schmid (2010) exponen en una obra de seis tomos en que consiste la manufactura, los principios de selección de las líneas productivas, comportamiento y propiedades de la manufactura. Comportamiento y ensayos de los materiales, las propiedades físicas, las aleaciones metálicas con o sin reforzamiento y sus tratamientos térmicos. Los metales, las aleaciones ferrosas y no ferrosas, su producción, sus propiedades y aplicaciones. Las principales características de los polímeros, de las cerámicas y los materiales compuestos, estableciendo su estructura y aplicaciones. Los procesos de fundición, soldadura oxiacetilénica y por arco, conformación, maquinado de piezas, manufactura asistida por computadora, diseño de productos y selección de procesos en un ambiente competitivo. Es de gran actualidad abordando la teoría de materiales y maquinado a tratar en este trabajo.

Guellberg y Pekelis (1968) un clásico de mantenimiento de las máquinas herramientas, en el cual aborda los principales problemas de los diferentes elementos de las máquinas herramientas y como poderlo solucionar, estableciendo los ciclos de mantenimiento preventivo planificado.

Dentro de los trabajos realizados en esta área tenemos que relacionar el de (Guilarte, 2000) el cual realiza un estudio para la obtención de un plástico reforzado con fibra de vidrio, con la adición de piedra volcánica y caliza (CaCO_3). con el objetivo de hacer más resistente el material y más ligero. En este documento determinan grupo de propiedades mecánicas de estos polímeros y referencia las normas técnicas que permiten hacer las mismas.

Otro trabajo es el de López et al. (2007) el cual determina las principales propiedades mecánicas y microestructurales del polimetacrilato de metilo (PMMA) como fase sólida, con metacrilato de metilo fase líquida (iniciador de la polimerización) y como elemento reforzante para mejorar sus propiedades la hidroxipatita y el carbonato de calcio. En todas las formulaciones se toma una relación de sólido - líquido de 2,1:1 (g/ml) dejándolo fraguar a una temperatura de $(23 \pm 1) ^\circ\text{C}$. Esto se realiza con el objetivo de mejorar los polímeros que se utilizan en las prótesis de cadera.

Después de haber realizado una búsqueda relacionada con la temática que se aborda podemos decir que existe bibliografía relacionada con el tema, pero ninguna aborda el reforzamiento del polímero polimetacrilato de metilo de producción nacional con grafito, para la reparación de piezas desgastadas de las máquinas herramientas.

1.3. Caracterización de la UEB Fábrica de Piezas

La Unión Empresarial de Base (UEB) de Nicaro, es una dependencia de la empresa de Equipos Agrícolas Héroes del 26 Julio, que se encuentra situada en pueblo de Nicaro dentro de la empresa Comandante René Ramos Latour. Está compuesta por tres talleres fundamentales el de Fundición, el de Maquinado y el Eléctrico. El cual tiene como principales servicios según objeto empresarial aprobado por el Ministerio de Economía y Planificación en:

1. Prestar servicios de reparación y mantenimiento a motores eléctricos en pesos cubanos y convertibles.
2. Producir y comercializar de forma mayorista estructuras metálicas de diferentes configuraciones y materiales.
3. Fabricar, recuperar y comercializar de forma mayorista equipos, piezas de repuesto, partes y sus agregados en pesos cubanos y pesos convertibles.
4. Brindar servicios de reparación y mantenimiento constructivo para obras sociales en pesos cubanos.

Misión:

Obtener las producciones con calidad y bajos costos.

Visión:

Ser una organización capaz de brindar servicios de mantenimiento, producción de piezas de repuestos, con una alta calidad técnica, profesional y de competitividad internacional.

Estudio de escenario:

Existencia del bloqueo norteamericano, su impacto se atenúa ante el empuje de la recuperación económica del país, con el crecimiento de la solidaridad internacional

con Cuba y la agudización de la lucha política – ideológica bajo condiciones más complejas.

Lenta recuperación económica que aporta una nueva cultura económica y empresarial. Se fortalece la moneda nacional, acercándose a las condiciones para la existencia de una moneda única. Se avanza en la utilización de enfoques modernos de dirección a nuestras condiciones sociales. Mayor motivación por el trabajo e incremento de la exigencia y el control.

Continúa la tendencia al aumento de la generación eléctrica a partir de la incorporación de motores de fuel. Situación compleja del mercado respecto a la dificultad de adquirir insumos aun teniendo el presupuesto (mercado deprimido). Aumento de controles y directivas que influyen en procesos ágiles de contratación.

Se mantiene baja la asignación de recién graduados de especialidades afines que no satisface las necesidades actuales y a largo plazo. No se atenúan las dificultades sociales como servicios básicos, viviendas, transporte, calidad de viales y la alimentación que permita al trabajador sentirse más seguro en el tiempo de estancia en la empresa.

Se mantiene la amenaza de la ocurrencia de fenómenos naturales con alta probabilidad de ser intensos (lluvias, huracanes, deslaves y descargas eléctricas prolongadas). Por otro lado se mantiene en el escenario ocurrencia de fenómenos vinculados con la salud de la población.

Fortalezas:

1. Estabilidad en los planes de producción.
2. Cumplimiento de los costos de producción.
3. Nivel de preparación del capital humano.
4. Informatización de los procesos.
5. Sistema de atención al hombre.
6. Asimilación de nuevas inversiones.
7. Elevada cultura industrial.
8. Certificación de la contabilidad por auditores externos.

9. Confiable sistema de control y almacenamiento de los recursos.
10. Niveles de inventario asegurados.
11. Equipo de dirección consolidado.
12. Aseguramiento de los medios de protección.
13. Certificación del sistema de seguridad y protección.

Debilidades:

1. Obsolescencia en el equipamiento tecnológico.
2. Inestabilidad en el aseguramiento material para las producciones y servicios.
3. Altos costos de inventarios.
4. Insuficiente sistema de protección contra incendios
5. Envejecimiento de la fuerza de trabajo.

Amenazas:

1. Endeudamiento con proveedores habituales en el esquema de Importación.
2. Demora con los contratos de Importación y productos normados.
3. Imposición de altos aranceles aduanales que encarecen la comercialización de los productos terminados.
4. Inestabilidad financiera de nuestros principales clientes.
5. Regulaciones de organismos superiores que frenan los procesos empresariales.

Oportunidades:

1. Aseguramiento del mercado.
2. Aplicación de mejoras del sistema salarial.
3. Utilización de los servicios que orientan las universidades del país.
4. Ubicación geográfica favorable.

El propósito de esta UEB es:

Convertirse en un líder dentro de la empresa de implementos agrícola Héroes del 26 Julio.

El taller de maquinado cuenta con dos brigada de fabricación compuesta por 21 obreros, cada una trabaja en turnos de 12 horas. En este taller cuenta con una gran

diversidad de máquinas herramientas las cuales las relacionamos a continuación en la tabla 1.1:

Tabla 1.1. Tipos de máquinas herramientas existentes en la UEB de Nicaro.

No	Denominación	modelo	Cantidad
1	Tornos horizontales	16K20	7
2	Torno horizontales	IM63	1
3	Tornos horizontales	165	1
4	Tornos horizontales	IK62	4
5	Tornos horizontales de tuberías	1M983	2
6	Tornos verticales	1365	2
7	Mandrinadora	2712.BKOE.2A68	3
8	Cepillo	HC632	1
9	Amortajadora	7A420	2
10	Taladro radial	2M55, 2A554, 2T175	3
11	Talladora	5K32, 5K32P, 5K324A	3
12	Fresadora	FU321, 6P12, 6P82, 6T83-1, 6T12-1, MP71M	6
13	Rectificadora	WY321, BDU50, 3L722	3

1.4. Generalidades de los tornos

La máquina herramienta es un tipo de máquina que se utiliza para dar forma a materiales sólidos, principalmente metales. Su característica principal es su falta de movilidad, ya que suelen ser máquinas estacionarias. La elaboración de las piezas se realiza por la eliminación de una parte del material, que se puede realizar por arranque de viruta (fresado, taladrado, torneado) o sin arranque de viruta (estampado, corte o electroerosión).

El término máquina herramienta se suele reservar para herramientas que utilizan una fuente de energía distinta del movimiento humano, pero también pueden ser movidas por personas si se instalan adecuadamente o cuando no hay otra fuente de energía. Muchos historiadores de la tecnología consideran que las auténticas máquinas herramienta nacieron cuando se eliminó la actuación directa del hombre en el proceso de dar forma o troquelar los distintos tipos de herramientas. Por ejemplo, se considera que el primer torno que se puede considerar máquina herramienta fue el inventado alrededor de 1751 por Jacques de Vaucanson, puesto que fue el primero

que incorporó el instrumento de corte en una cabeza ajustable mecánicamente, quitándolo de las manos del operario.

Estas máquinas pueden clasificarse en tres categorías: máquinas devastadoras convencionales, prensas y máquinas herramientas especiales. Las máquinas desbastadoras convencionales dan forma a la pieza cortando la parte no deseada del material y produciendo virutas. Las prensas utilizan diversos métodos de modelado, como cizallamiento, prensado o estirado. Las máquinas herramientas especiales utilizan la energía luminosa, eléctrica, química o sonora, gases a altas temperaturas y haces de partículas de alta energía para dar forma a materiales especiales y aleaciones utilizadas en la tecnología moderna.

1.4.1. Importancia de las máquinas herramientas

La importancia de las máquinas en la producción es indiscutible e inmensa, pues aumentan y aceleran los procedimientos, perfeccionan los trabajos, abaratan los productos, ahorran esfuerzos penosos, hacen al hombre dueño de la producción, facilitan el comercio, extienden el consumo, satisfacen muchas necesidades y promueven el bienestar universal.

Gracias a las máquinas se obtienen en menos tiempo abundantes productos, que son a la vez mejores y más baratos, con lo cual aumentan la producción, el consumo, el salario y el progreso.

1.4.2. Partes principales del torno

Según Nikolev (1980) el torno paralelo universal convencional (figura 1 de los anexos) posee las siguientes partes principales que relacionamos a continuación:

La bancada (1): está constituida por dos paredes paralelas unidas por nervios transversales, por la parte superior tiene las guías por donde se desliza el carro longitudinal y el cabezal móvil. La misma sirve para soporte para las diferentes partes de la máquina y como depósito de lubricantes y refrigerantes.

El cabezal fijo (2): tiene forma de caja y dentro de este van situado los árboles, ruedas dentadas y embragues que componen la caja de velocidades, para imprimirle la velocidad de rotación al husillo principal.

El husillo principal es un árbol hueco, cuya función es la de soportar la pieza a elaborar e imprimirle el movimiento de rotación. Su extremo delantero derecho es rascado exteriormente, lo cual permite la instalación de un plato de sujeción o de arrastre.

Cabezal móvil o contrapunta (3): tiene como función fundamental sujetar y alinear las piezas largas entre puntos, entre platos y puntos, así como un deslizamiento transversal, permitir la elaboración de conos largos. Este puede fijarse en una posición a la bancada por medio de tornillo y placa de fijación. En este dispositivo también se instalan otro grupo de herramientas tales como brocas, machos, terrajas y otras.

Caja de avance (4): es la encargada de transportar el movimiento de rotación a la barra de cilindrar y tornillo patrón, este se transforma en rectilíneo para los carros longitudinal y transversal. Está compuesta de árboles, ruedas dentadas y acoplamientos, y su función es vincular el movimiento de rotación del husillo con el desplazamiento de los carros.

Carro porta-herramienta (5): constituidos por el porta herramienta (más conocido por torrecilla), carro longitudinal, carro transversal, carro superior, delantal, manivelas, palancas y nonios. A continuación explicaremos algunas de sus partes:

Carro longitudinal (5.1): su parte frontal (delantal) posee los mecanismos que transforman el movimiento de rotación del árbol de cilindrar o tornillo patrón en desplazamiento rectilíneo de todo el conjunto.

Carro transversal (5.2): se encuentra situado sobre el carro longitudinal. Se utiliza para ubicar el soporte portaherramientas y desplazarlo transversalmente a la pieza de forma manual o automática.

Carro superior orientable (5.3): que contiene el soporte del portaherramientas y mediante accionamiento manual permite desplazar dicho soporte con respecto al carro transversal, logrando a partir de la elaboración de conos.

1.4.3. Principio de funcionamiento del torno

Estos equipos se conectan a la red eléctrica de 440 V 0 220 V, a través de un panel eléctrico el cual transmite la energía eléctrica al motor principal y los secundarios,

donde se transforma la energía eléctrica en energía mecánica, y este motor principal a través del accionamiento por correas y poleas transmite el movimiento a la caja de velocidad y esta le imprime el movimiento de rotación al husillo principal. Este movimiento llega a la caja de avance por medio de la guitarra que está conectada a la caja de velocidad y por medio de las barras de cilindrar y roscar se transmite el movimiento al carro longitudinal, transversal y al carro portaherramientas, dándole el movimiento de avance a la herramienta.

1.5. Polímeros

Un polímero (del griego *poly*, muchos; *meros*, parte, segmento) es una sustancia cuyas moléculas son, por lo menos aproximadamente, múltiplos de unidades de peso molecular bajo (Callister, 2004). La unidad de bajo peso molecular es el monómero. Si el polímero es rigurosamente uniforme en peso molecular y estructura molecular, su grado de polimerización es indicado por un numeral griego, según el número de unidades de monómero que contiene; así, hablamos de dímeros, trímeros, tetrameros, pentámeros y sucesivos. El término polímero designa una combinación de un número no especificado de unidades. De este modo, por ejemplo, el trioximetileno es el trímero del formaldehído.

Según Callister (2004), si el número de unidades es muy grande, se usa también la expresión gran polímero. Un polímero no tiene la necesidad de constar de moléculas individuales todas del mismo peso molecular, y no es necesario que tengan toda la misma composición química y la misma estructura molecular. Hay polímeros naturales como ciertas proteínas globulares y polícarbohidratos, cuyas moléculas individuales tienen todo el mismo peso molecular y la misma estructura molecular; pero la gran mayoría de los polímeros sintéticos y naturales importantes son mezclas de componentes poliméricos homólogos.

1.5.1. Clasificación de los polímeros

Existen unos cuantos miles tipos diferentes y marcaciones de polímeros, que se diferencian por los polímeros que forman parte de su composición, por los rellenos,

plastificantes y otros ingredientes, por su relación porcentual, por sus propiedades físicas y físico-mecánicas.

Según Melián (1985) no existe una clasificación científica para los plásticos asumida por unanimidad, inclusive un mismo plástico puede tener diferentes nombres comerciales, en dependencia de la firma que lo produzca, los cuales en su mayoría no dan noción alguna sobre las propiedades del material en cuestión.

En dependencia de la presencia y cantidad de relleno, Melián (1985) clasifica los polímeros en simples y complejos (compuestos).

A su vez, los polímeros compuestos se dividen, acorde al tipo de relleno, en plásticos:

- Con relleno en forma de polvos (povos prensados).
- Con relleno en forma de fibras.
- Con relleno a partir de tejidos y en forma de bandas (plásticos por capas).
- Rellenos con gases; etc.

Por la naturaleza química del relleno, pueden ser:

- Plásticos vítreos 44
- Carboplásticos.
- Plásticos con rellenos vegetales.
- Plásticos con rellenos de algodón.
- Plásticos con rellenos minerales (polvo de cuarzo y otros).
- Plásticos rellenos con fibras sintéticas (con polipropileno, con caprón, con flúor-ortalón y otros).

También los plásticos se dividen en dependencia del tipo de aglutinante (polímero). Así, los plásticos a partir de resinas fenólicas y fenoloaldehídicas reciben el nombre de fenoplásticos, a partir de resinas epóxicas: epóxi-plásticos, a partir de resinas poliamídicas: amidoplásticos (Melián, 1985).

Frecuentemente los plásticos se clasifican según su aplicación:

- De construcción.

- Electrotécnicos.
- Químicamente estables.
- Selectivos (membranales), etc.

Por la composición química de las macromoléculas se distinguen los plásticos con carbocadenas y con heterocadenas, mientras que por la estructura de las macromoléculas pueden ser lineales, ramificados, empalmados, cíclicos. Con respecto a su comportamiento durante el calentamiento se dividen en termoplásticos y termorreactivos.

Desde el punto de vista de las propiedades tecnológicas de los materiales poliméricos (la comunidad de los métodos de transformación en artículos, la elaboración mecánica, los métodos de uniones indivisibles: soldadura y encolado), resulta más cómoda la clasificación que tiene en cuenta el comportamiento del material durante el calentamiento y el tipo de relleno.

1.5.2. Polímeros acrílicos y sus propiedades

Los polímeros acrílicos constituyen una serie de polímeros obtenidos por adición, derivados de esteres acrílicos y metacrílicos mediante polimerización con catalizadores tipo peróxido. El más importante es el metacrilato de metilo.

Velázquez (2008) expone que el metacrilato de metilo se polimeriza generalmente en bloque, emulsión, suspensión o disolución. El emplear un procedimiento u otro depende del uso final que se piensa dar al polímero. La reacción de polimerización es exotérmica (10-20 Kcal/mol) y requiere cuidar una serie de factores: temperatura, cantidad de catalizador y otros, si se desea obtener productos uniformes.

El polimetacrilato de metilo es un termoplástico lineal sindiotáctico en un 70-75 %. Debido a carecer de estereorregularidades completas y a sus voluminosos grupos laterales, es amorfo.

El polimetacrilato de metilo es transparente e incoloro. A temperatura ambiente es rígido, pero a medida que la temperatura aumenta va teniendo un cambio gradual, de

tal manera que, a los 120°C puede doblarse y a los 160°C puede moldearse. Las temperaturas máximas de servicio son entre 80-95°C.

Tiene un alto coeficiente resistencia al impacto, una baja absorción de agua y asimismo un alto coeficiente de expansión térmica, cerca de siete veces la del acero. Su dureza superficial y su resistencia al rayado son comparables a las del aluminio.

Es un buen aislante térmico y puede ser usado satisfactoriamente en un amplio intervalo de frecuencias.

A temperaturas inferiores a los 60° resiste los ácidos diluidos, excepto el fluorhídrico y cianhídrico; resiste a la mayoría del álcalis, hidrocarburos alifáticos clorados, cetonas, alcoholes, éteres y ésteres.

Es inodoro e insípido por lo tanto adecuado para el contacto con alimentos y bebidas.

Tiene excelentes propiedades ópticas, considerándosele como un vidrio orgánico. La transmisión de la luz a 420 nm es 92 %. Una limitación para las aplicaciones ópticas del material es su deficiente resistencia a la abrasión comparado con el vidrio.

Aplicaciones: En emulsión: recubrimientos, adhesivos, lubricantes, que encuentran aplicación en la industria textil, cuero y pinturas.

En suspensión: modelo de piezas ya sea por extrusión o por inyección. De gran aplicación en la industria del automóvil (lentes, carátulas de instrumentos). En forma de planchas tiene gran utilidad para fabricar placas transparentes, claraboyas, etc.

Los copolímeros de metacrilato de metilo, acrilato de etilo y monómeros que contienen grupos funcionales reactivos se utilizan con frecuencia como resinas termoestables en aplicaciones de esmaltado al horno.

1.5.3. Otros plásticos acrílicos

Los metacrilatos superiores, se preparan a partir del metacrilato de metilo por alcoholisis (Velázquez, 2008).

Estos productos tienen temperaturas de transición vítrea inferiores a las del polimetacrilato de metilo. El polimetacrilato de laurilo se utiliza ampliamente como

depresor del punto de fluidez y aditivos para mejorar las características viscosidad-temperatura de los aceites lubricantes.

Según Melián (1985) Los polímeros de acrilatos inferiores tienen puntos de transición vítrea inferiores a la temperatura ambiente, son normalmente blandos y gomosos. Los poliacrilatos se han utilizado para acabados textiles y en la manufactura de adhesivos sensibles a la presión.

Los copolímeros de estireno y metacrilato de metilo, son menos caros que las resinas acrílicas, pero poseen peores propiedades de comportamiento a la intemperie. Como es el caso del polímero MBS se obtienen injertando metacrilato de metilo o mezclas de metacrilato y estireno, en las cadenas de un hule de estireno-batadieno. Acrílicos. Copolímeros de metacrilato-butilacrilato-estireno o de metacrilato-hexilacrilato-estireno.

Polímeros acrílicos modificados con una mezcla de cauchos tienen buenas propiedades al impacto y un gran parecido a los elastómeros ABS.

1.5.4. Lubricantes para el trabajo con polímeros

Los lubricantes mejoran la procesabilidad de los polímeros, realizando varias importantes funciones. Reducen la fricción entre las partículas del material, minimizando el calentamiento friccional y retrasando la fusión hasta el punto óptimo. Reducen la viscosidad del fundido promoviendo el buen flujo del material. Evitan que el polímero caliente se pegue a las superficies del equipo de procesamiento.

1.6. Tipos de mantenimiento y trabajos de la reparación capital

Los tornos como toda máquina herramienta de un taller mecánico, poseen un ciclo de mantenimiento que deben cumplir, para que así puedan conservar los parámetros tecnológicos para que fueran creada y así poder cumplir con su destino de servicio.

Se llama Mantenimiento Preventivo Planificado (MPP) a todo el conjunto de medidas de carácter técnico y organizativo, mediante los cuales se lleva a cabo el mantenimiento y la reparación de los equipos. Estas medidas son elaboradas previamente según un plan que asegura el trabajo constante de los equipos.

De esta manera el equipo se encuentra en buen estado ya que es sometido a reparaciones periódicas que eliminan en gran parte las averías con la siguiente economización del trabajo y de material. Con el sistema de MPP se da solución a los siguientes problemas (Guellberg y Pekelis, 1968):

- a) El equipo se mantendrá en un estado que asegura su rendimiento eficaz.
- b) Se evitan los casos de roturas imprevistas que ocasionan fallos en el equipo.
- c) Se reducen los gastos invertidos en la reparación del equipo.

Según Batista (1999) el mantenimiento preventivo planificado cuenta con la siguiente composición:

Servicio Diario: El objetivo del servicio diario del equipo es comprobar el estado del equipo, de los mecanismos de dirección de los elementos de lubricación y refrigeración (bombas, filtros, etc.) así como comprobar el cumplimiento de las normas de trabajo, por parte de los obreros.

Revisión: se realiza entre una reparación y otra según el plan correspondiente del equipo, su propósito es comprobar el estado del equipo y determinar los preparativos que hay que hacer para la próxima reparación.

La revisión aunque similar al servicio diario del equipo no es igual a este ya que gracias a ella se puede determinar el volumen de trabajo necesario para la reparación del equipo, además la revisión no se hace diariamente, como el servicio diario del equipo sino periódicamente según el plan. En la revisión planificada se eliminan de las máquinas solo aquellos defectos que obstaculizan su correcta explotación, hasta la reparación planificada próxima.

Reparación pequeña: en esta debido al mínimo volumen de trabajo que durante ella se realiza, es un tipo de reparación preventiva, o sea, es una reparación para prevenir posibles defectos en el equipo.

Durante la reparación pequeña, mediante la sustitución o reparación de una pequeña cantidad de piezas y con la regulación de los mecanismos, se garantiza la explotación normal de equipo hasta la reparación siguiente.

Durante la misma se cambian o se reparan aquellas piezas cuyos plazos de servicio es igual o menor que el periodo de tiempo entre estas reparaciones.

Reparación mediana: la reparación mediana es la reparación durante la cual se realiza una cantidad de trabajo mayor que durante la reparación pequeña. Durante ella el equipo se desmonta parcialmente y mediante la reparación y sustitución de las piezas en mal estado se garantiza la precisión necesaria, la potencia y productividad del equipo hasta la próxima reparación planificada del equipo.

Durante la reparación mediana se sustituyen o reparan aquellas piezas cuyo plazo de servicio es igual o menor que el periodo de tiempo que media entre estas reparaciones.

Reparación general: la reparación general es la reparación planificada de mayor volumen de trabajo y durante la misma, las máquinas se desarmen completamente. Se hace la reparación y se restablecen las piezas y componentes desgastados de forma tal que la máquina recupere su precisión inicial, potencia y productividad prescritos en el pasaporte. En la reparación general de las máquinas envejecidas, es necesario que esta se combine con su modernización.

1.6.1. Trabajos de mantenimientos en un torno universal 16k20

En una reparación capital de un torno 16K20 se realizan los siguientes trabajos que se exponen a continuación según el manual de mantenimiento y reparación de equipos industriales de 1985:

1. Desarmar totalmente el torno.
2. Sustituir ejes, engranes y cojinetes en mal estado de la caja de velocidades, caja de avances, cabezal fijo y delantal.
3. Sustituir elementos de los embragues en mal estado.
4. Sustituir el tornillo de roscar y la barra de cilindrar. Cambiar sus cojinetes.
5. Escrepar y rectificar todas las guías del torno.
6. Sustituir todas las cuñas y sus tornillos de apriete.
7. Sustituir todas las poleas y correas.

8. Reparar o sustituir la bomba de aceite y los filtros, cambiar válvulas, tuberías, conexiones, copillas, retenedores y juntas en mal estado. Limpiar el recipiente de aceite
9. Reparar o sustituir la bomba del líquido refrigerante, sustituir el filtro, cambiar tuberías, conexiones y juntas en mal estado. Limpiar el recipiente del líquido.
10. Reparar o sustituir la torre portaherramientas y las medias tuercas.
11. Sustituir palancas, horquillas y resortes del sistema de mando.
12. Cambiar los elementos de la contrapunta, pínola, buje, tornillo, tuerca, etc.
13. Reparar o sustituir, en caso necesario el husillo principal. Cambiar sus rodamientos.
14. Pintar exteriormente todos los recipientes de aceite.
15. Revisar la base del torno, repararla o cambiarla si es necesario. Ajustar perros de anclaje.
16. Reparar las partes eléctricas de acuerdo con el reglamento establecido
17. Montar todos los conjuntos y mecanismos desarmados, limpiar, engrasar y ajustar los mismos.
18. Pintar exteriormente el torno.
19. Probar el funcionamiento del torno en marcha libre y en todas sus velocidades y avances, detectar ruidos y calentamiento excesivo.
20. Probar la exactitud geométrica del torno de acuerdo a las normas.

1.7. Recuperación de los carros longitudinales de los tornos

Según Guellberg y Pekelis (1968), existen varios métodos de recuperación de los carros longitudinales de los tornos, entre los cuales se encuentra el método a aplicar en este trabajo, los cuales mencionaremos a continuación:

1. Corrección de las guías de los carros con muelas abrasivas y reparación con cepillado seguido de un rasqueteado.

Este método consiste en montar el carro portaherramienta en una placa especial en la mesa de la acepilladora y como herramienta se utiliza una muela abrasiva montada en un dispositivo del portaherramienta de dicha máquina. Se rectifica la cola de milano por donde se desplaza el carro transversal obteniéndose una discrepancia

en dirección transversal y longitudinal de 0,03 mm por 300 mm de longitud. Después se invierte de posición del carro y se maquina con una cuchilla las guías del carro longitudinal que es el que está en contacto con la bancada, profundizando y eliminando la capa de metal requerida hasta corregir el desgaste. Luego a estas superficies del carro se le quitara una capa de metal de 0,03 a 0,05 mm con una rasqueta.

2. Corrección de las guías de los carros solo con rasqueteado.

Este método se utiliza solo cuando el desgaste de las guías del carro portaherramienta no es muy grande y se puede eliminar por el proceso de rasqueteado. El defecto consiste en un pequeño desajuste que no garantiza el paralelismo entre las guías del carro longitudinal y transversal, tampoco garantiza la perpendicularidad del plano, es decir, el delantal con respecto a la caja de avance de la bancada.

3. Recuperación de las guías de los carros aplicando juntas compensadoras.

Este método se utiliza cuando las superficies de las guías de los carros han experimentado gran desgaste y después de la reparación se suele utilizar una junta compensadora de textolita, bronce, hierro fundido o acero en las guías del carro longitudinal para recuperar la coaxialidad en el lugar en que se une el carro con el delantal. Con este procedimiento solo se puede eliminar el desgaste de las guías de las máquinas herramientas de 2 o 3 veces.

4. Recuperación de las guías con estiracril.

Este método consiste en el uso de un polímero autosolidificante denominado estiracril que se prepara con una proporción de polvo y líquido de una composición adecuada. El estiracril se adhiere bien al metal y no se disuelve en el aceite, ácidos débiles, álcalis y otros disolventes, se mecaniza bien al corte y es muy resistente al desgaste. Reduciendo considerablemente el ciclo de la reparación sin necesidad de ninguna clase de equipo y en la mayoría de los casos no hace falta el mecanizado.

Las guías se restablecen de la siguiente forma:

1. Las guías del carro que se acoplan a la bancada se fresan ranuras a una profundidad no menor de 3 mm y con una anchura igual a 80 0 90 % de la anchura de las guías.
2. Se taladran cuatro agujeros y se roscan para los tornillos M8, por esos orificios se vertera la mezcla de estiracril. Se abren cuatro agujeros de 5 mm y se roscan para M6, estos servirán para nivelar el carro longitudinal con un error de 0,05 mm.
3. Las guías a recuperar se desengrasan con tela blanca mojada en acetona y se dejan secar de 15 a 20 minutos.
4. Se coloca el carro sobre las guías reparadas de la bancada, en la cual se ha aplicado una capa muy fina de aceite o una hoja delgada de papel. Se acopla y se fija en su sitio el delantal y la caja de avance. En los agujeros para la barra de avances y el delantal se colocan las varillas calibradas con un sobresaliente de 200 a 300 mm. La coaxialidad de los planos horizontal y vertical se comprueba al vano con una regla patrón. La exactitud de la comprobación debe ser de 0,1 mm.
5. Las guías del carro se hermetizan a conciencia con cera de modelar o macilla.
6. Se coloca una jeringa o embudo en uno de los orificios en uno de los extremos de las guías del carro.
7. Se prepara la solución de estiracril a razón de 100 g de solido (polvo) por 75 g de líquido, agitando con esmero la mezcla durante 2 minutos.
8. Para revestir una de las guías del carro la jeringa se llena con estiracril hasta aparecer esta masa en la superficie del agujero, comprimir la masa y quitar la jeringa.
9. Se reviste la otra guía del carro aplicando el mismo procedimiento que en el caso anterior.
10. Se deja el carro sobre la bancada durante 15 horas a la temperatura ambiental.
11. Después de solidificarse el estiracril, se quitan los tornillos y se tapan con unos espárragos o con este mismo plástico.
12. Se levanta el carro, se limpia y se comprueba con ligeros golpes la adhesión del estiracril. En la superficie del revestimiento de las guías se abren unas canales para la lubricación y se rasquetean conforme a las guías de la bancada.

1.8. Conclusiones parciales del capítulo

1. Según la bibliografía consultada se pudo constatar que el mundo de los polímeros es bastante amplio y que el tema abordado no se ha estudiado con suficiente profundidad.
2. Se pudo comprobar en la bibliografía que el polimetacrilato de metilo posee buenas propiedades al desgaste, al impacto, no disolviéndose con grasas y otros elementos. Lo que lo hace ideal para recuperar piezas de máquinas desgastadas.
3. Quedó establecido el tipo de mantenimiento a aplicar en los tornos en las reparaciones capitales y con ello el procedimiento a utilizar.

CAPÍTULO 2- MATERIALES Y MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

2.1. Introducción

Los equipos y piezas de máquinas están sometidos al desgaste durante su explotación, este es un tema tratado en la actualidad por varios investigadores, especialmente aquellos que se encuentran en la búsqueda de nuevos materiales resistentes al desgaste. La recuperación o puesta en marcha de estas máquinas representan indudablemente un problema en general, debido al consumo de materiales, recursos humanos y energía, el cual incide en los niveles actuales de producción de piezas de repuesto.

El objetivo de este capítulo es establecer los métodos y procedimientos necesarios que permitan dar cumplimiento a los objetivos planteados en el trabajo.

2.2. Instrumentos de medición

En la realización de este trabajo se necesita una serie de instrumentos y de equipos para la realización de las diferentes mediciones, que son necesarias para la propuesta de modificación que se realice, estos medios los relacionamos a continuación:

1. La cinta métrica: para la medición de las superficies de la pieza.
2. Calibrador palmer o pie de rey moderno con 0,05 mm de error: para la comprobación de las dimensiones de las probetas y de la pieza a recuperar.
3. Balanza digital Santorius modelo Bp221S con desviación de 0,1 mg: para el pesaje de las muestras.
4. Goniómetro: para garantizar la medición de todos los ángulos desde 0° hasta 360° de las superficies de las piezas.
5. Termómetro: para la medición de la temperatura en las reacciones de polimerización.
6. Cronómetro: para la medición de los tiempos en los ensayos de gelación y desgaste por abrasión.

2.3. Selección del material a investigar

Para la realización de los experimentos se seleccionó la mezcla de Polimetacrilato de Metilo (PMMA) + Metacrilato de Metilo (MMA) conocida comercialmente como Autocril, de producción nacional.

Como ya se planteó anteriormente, este material se ha venido utilizando con discretos resultados en la recuperación de máquinas herramientas en la Fábrica de Piezas de Nicaro y la Empresa Mecánica del Níquel “Cdte Gustavo Machín” de Moa.

Al igual que el estiracril, este es un polímero autosolidificante que se prepara con una proporción PMMA en polvo y MMA líquido. Este polímero también se adhiere bien al metal y no se disuelve en el aceite, ácidos débiles, álcalis y otros disolventes, se mecaniza bien al corte y es muy resistente al desgaste.

2.3.1. Diseño de los experimentos

Para establecer el diseño de experimento es necesario conocer primeramente cuáles son las propiedades de estos materiales que no se conocen y puedan obtenerse después de la experimentación. Otro aspecto a tener en cuenta son las normas y tipos de experimentos que se puedan realizar en dependencia de las instalaciones.

Las mezclas físicas de polímeros que no llevan uniones permanentes entre ellos, influyen en la enorme versatilidad de los materiales poliméricos. Son equivalentes a las aleaciones metálicas.

En ocasiones los materiales plásticos se mezclan para mejorar alguna propiedad, aunque generalmente a expensas de otra, pequeñas cantidades de un polímero de alta calidad puede mejorar la del otro, al grado de permitir una nueva aplicación. Otras veces se mezclan simplemente para reducir el costo de material.

Durante el estudio del proceso recuperación de las guías longitudinales del carro portaherramienta del torno es necesario evaluar las propiedades del material a utilizar para así minimizar el desgaste y la rotura, es importante entonces conocer las proporciones en que se mezclara el polimetacrilato de metilo de producción nacional con el metacrilato de metilo (autocril) para que el polímero pueda fluir hacia el interior

del carro portaherramienta llenando los espacios vacíos y adhiriéndose a toda la pared del mismo. Otro parámetro a tener en cuenta es la temperatura ambiental donde se realiza el experimento y la cantidad de grafito a mezclar, pues la polimerización puede realizarse más rápida o más lenta.

A partir de este análisis, para caracterizar el comportamiento del material al desgaste, se establecieron como variables las siguientes:

Parámetros de entrada:

Variable	Tipo de variable	Criterio de medida
Granulometría de material a mezclar	Cuantitativa	mm
Cantidad de material a mezclar	Cuantitativa	%

Parámetros de salida:

Variable	Tipo de variable	Criterio de medida
Fluidez del material	Cualitativa	Buena, mala
Tiempo de gelificación	Cuantitativa	^o C
Pérdida de peso por desgaste	Cuantitativa	g

2.3.4. Establecimiento del modelo para la experimentación

Las situaciones en las que se puede aplicar el diseño de experimentos son muy numerosas, en los cuales se observan una o más variables experimentales dependientes o respuestas (y) cuyo valor depende de los valores de una o más variables independientes (x) controlables llamadas factores.

Para determinar el número de experimentos se pueden utilizar varios métodos y uno de ellos son los modelos de diseño lineales. En este caso, el número de experimentos se determina con una función lineal a diferentes niveles, según lo expuesto por (Hernández, 2004). Esta función tiene la forma de la ecuación (2.1):

$$N = A.B \quad 2.1$$

Donde

N - número de experimentos

A, B – niveles de los factores (variables de entrada) involucrados

En este caso se analizará la influencia de dos factores a diferentes niveles:

1. Por ciento de grafito en tres dos niveles: 5 y 10 %, por lo que $A = 2$.
2. Granulometría del grafito: 0,1 mm; 0,2 mm y 0,4 mm; por lo que $B = 3$.

Luego, sustituyendo los valores de A y B en la ecuación 2.1, el número de experimento sería:

$$N = 2 \cdot 3 = 6 \text{ experimentos.}$$

Este sería el mínimo de experimentos a realizar para que la experimentación se justifique desde el punto de vista económico. En este caso, el cálculo arroja un mínimo de 6 experimentos, pero a este hay que agregar el ensayo con la muestras de PMMA sin refuerzo, por lo que en total serían 7 experimentos. Estas 7 muestras se someterán a ensayos desgaste y el tiempo y la temperatura de gelificación se medirán en el momento de obtención de las muestras.

Luego, la matriz de experimentación sería:

Tabla 2.1. Matriz de experimentos

Experimentos	Combinaciones (cantidades de grafito, % y granulometría del grafito, mm)	Cantidad de muestras	Réplicas	Total de muestras
Muestra patrón	0 % grafito	1	2	3
1	5 % de grafito de 0,1 mm	1	2	3
2	10 % de grafito de 0,1 mm	1	2	3
3	5 % de grafito de 0,2 mm	1	2	3
4	10 % de grafito de 0,2 mm	1	2	3
5	5 % de grafito de 0,4 mm	1	2	3
6	10 % de grafito de 0,4 mm	1	2	3
Total				21

2.3.2. Ensayo de desgaste

El ensayo de desgaste se realizó por el método gravimétrico, midiendo la pérdida de peso que experimenta las muestras en el tiempo utilizando la expresión:

$$PP = G_i - G_f \quad 2.2$$

Donde:

PP – pérdida de peso por desgaste, (g)

G_i – peso inicial de la pieza, (g)

G_f – peso final, (g)

Para minimizar los errores de observación que pudieran derivarse de la diferencia de peso entre cada una de las muestras, la pérdida de material se evaluó en términos volumétricos referido a la unidad de volumen establecido por el ensayo Böhme (EN 1338:2003, anexos G y H) según la expresión:

$$\Delta V = \frac{G}{\Delta g} \times 100, \% \quad 2.3$$

Donde:

ΔV – volumen específico perdido durante el desgaste, %

G – peso inicial de la muestra sin ensayar referido a la unidad de volumen, (g)

Δg – pérdida de peso de la muestra durante el ensayo, (g)

La instalación utilizada para los ensayos de desgaste consiste en una pulidora Montasupal disponible en el laboratorio de Tecnología de los Metales del departamento de Mecánica del ISMMM adaptada para ensayos de desgaste.

La adaptación consistió en el montaje de un pliegue de lija con granulometría de 320 μm a 340 rev/min. Las probetas se montan en un cabezal multimuestras como se muestra en figura 5 de los anexos. El ensayo de desgaste se realizó según la Norma ASTM G65, aplicando una carga de 500 g a cada muestra y con tiempos de prueba espaciados hasta 5 min.

2.3.3. Metodología utilizada para la realización de los experimentos

Para la realización de los experimentos se trazó una metodología que consiste en lo siguiente:

1. Garantizar que la instalación experimental estuviera correctamente organizada y limpia, así como que las condiciones de iluminación fueran las indicadas para llevar a cabo los experimentos.
2. Comprobar previamente la funcionabilidad de la pulidora y los accesorios para la fijación de las probetas (figura 5 y 6 de los anexos).

3. La determinación de la composición inicial de la mezcla.
4. Determinar con ayuda de una probeta y la Balanza digital Santorius modelo Bp221S, las diferentes masas de las muestras de grafito, metacrilato de metilo (MMA) y polimetacrilato de metilo (PMMA) con los cuales se experimentará. La composición de la mezcla se determina por expuesto por (López, 2007) y (Guellberg y Pekelis, 1968). La dosificación de la muestras pueden ser observadas en la figura 3 y 4 de los anexos.
5. Determinación de la temperatura de gelificación que consisten en medir con un termómetro la temperatura en el proceso de polimerización y comienza con la preparación de la mezcla para el moldeo de las probetas, cogiendo 13 g polimetacrilato de metilo y 7 g de metacrilato de metilo, luego de los 3 a 4 min se pone un termómetro en la superficie solidificada de la probeta. Cuando se agrega grafito se reduce el contenido de polimetacrilato de metilo.
6. Determinación de la pérdida de peso a través del desgaste por abrasión, se utilizan las probetas anteriormente moldeadas en la instalación del punto 2.3.2. Donde las probetas se pesan antes del experimento, son expuestas a una velocidad con un papel abrasivo durante un tiempo determinado y luego se vuelven a pesar para ver las pérdidas de material.
7. Una vez concluido el experimento se procede a procesar la información obtenida en la computadora para su posterior análisis.

2.4. Caracterización del material del carro portaherramientas

Generalmente las bancadas de los tornos y su carro longitudinal se construyen de hierro fundido, en algunos casos se construyen de acero fundido.

Los hierros fundidos están compuestos por la base metálica y el grafito, los valores de las propiedades mecánicas de los hierros fundidos están dado fundamentalmente por la base metálica aunque la forma, tamaño, cantidad y distribución del grafito tiene influencia en los valores de tales propiedades. Según Capello (2000), el grafito ofrece algunas ventajas al hierro fundido en comparación con el acero como:

1. Facilita la elaboración al corte.
2. Imprime acción lubricante.

3. Aumenta la resistencia.

En el caso del carro longitudinal del torno 16K20 se construye de hierro fundido (FG 22). En la tabla 2.2 aparece la composición química del mismo.

Tabla 2.2. Composición química del hierro fundido gris 22.

C	Mn	Si	P	S
3,2 – 3,6	0,4 – 0,9	1,4 – 1,7	0,18 - 0,20	0,08 - 0,10

Dentro de las propiedades mecánicas de este hierro fundido gris se encuentra la resistencia a la tracción que es de 230 - 250 MPa y dureza de 248 -260 HB.

2.5. Metodología de cálculo para la recuperación del carro longitudinal

Para la recuperación del carro longitudinal del torno 16k20, lo primero es saber en qué condiciones se encuentra el carro y por qué método se van a restituir sus propiedades tecnológicas. Después seleccionar los procesos con los cuales se elaborará la pieza, entonces se establecen las metodologías de cálculo y se seleccionan las herramientas de corte a utilizar.

Las guías de las bancadas y carros longitudinales de los tornos suelen ser rectangulares y en forma de V. Estas guías suelen soportar considerables cargas y grandes velocidades.

Como se ha expresado en el capítulo anterior en el procedimiento para la recuperación de las guías de los tornos, específicamente el carro longitudinal del con el uso del estiracril es necesario fresar una ranura de profundidad de 3 mm a lo largo de las guías que ocupen el 80 o 90 % de estas, en este caso se pretende usar autocril que es de la misma variedad del polímero y se realizará el mismo procedimiento. Entre los procesos a desarrollar para la recuperación del carro longitudinal se encuentran el fresado, taladrado y roscado.

Estas guías en los carros longitudinales tienen un largo de 600 mm y el ancho de la guía rectangular de 35 mm pero solo entra en contacto alrededor de 23 mm. La guía en forma de V tiene un ancho de 35 mm.

La metodología de cálculo para el procesos de maquinado con arranque de virutas tomada para desarrollarse son expuestas por (Casillas, 1989), (Nikolaev, 1980), (Ordoñez et al., 2006), (Ivatsevich et al., 1988) y la Guía corte de metales en frío del año 1980 de la cual tomamos como referencias las ecuaciones y tablas pertinentes para realizar dichas operaciones.

Veamos los principales parámetros del régimen de corte que interviene en el proceso:

- *Profundidad de corte* (t): denominada a la profundidad de la capa que se arranca de la superficie de la pieza en una pasada de la herramienta y se expresa en (mm).
- *Avance* (S): es el movimiento de la herramienta respecto a la pieza o de esta última respecto a la herramienta en un período de tiempo determinado y se expresa en (mm/rev).
- *Velocidad de corte* (V_c): es la distancia que recorre el filo de corte de la herramienta al pasar en dirección del movimiento principal (movimiento de corte) respecto a la superficie que se trabaja, el movimiento que se realiza puede ser rotativo o alternativo y se expresa en (m/s).
- *Potencia de corte* (N): potencia necesaria que requiere o necesita la máquina para vencer las fuerzas que se oponen en las operaciones a realizar y se expresa en (kW).
- *Frecuencia de rotación* (n): número de vueltas que realiza el husillo de la máquina para ejecutar el proceso del maquinado y se expresa en (rev/min).
- *Tiempo de maquinado* (T): tiempo que emplea el operario en el cumplimiento de la operación, donde además se tiene en cuenta los tiempos auxiliares destinados a la misma y se expresa en (min).

2.5.1- Elaboración mecánica por taladrado y roscado

El carro longitudinal del torno paralelo universal de tipo 16K20 se monta en una taladradora de tipo 2M55, fijándose con bridas en la mesa de la máquina y se realiza un grupo de operaciones como taladrado y roscado.

Las brocas a utilizar son de acero rápido (HSS) de diámetros 6,75 mm y 5 mm. Además de utilizar juegos de machos de dos piezas M8 y M6 de HSS para pasar a máquina.

Es necesario determinar los parámetros de corte de cada operación por lo que se exponen los pasos a seguir y las ecuaciones necesarias.

1- Selección del avance (S) de la herramienta en tablas en dependencia de la operación, del tipo de herramienta a utilizar y material a trabajar. Este avance luego se estandariza o corrige por el pasaporte de la máquina.

2- Selección de la velocidad de corte (V_c) a partir de tablas en dependencia del material a trabajar, tipo de herramienta a utilizar, profundidad de corte, avance y refrigerante, expuestas por los autores anteriores.

3- Cálculo de número de revoluciones (n)

$$n = \frac{1000 * V_c}{\pi * D_h} = rev / min \quad 2.4$$

Donde:

V_c - velocidad de corte recomendada, (m/min)

D_h - diámetro de la broca o macho, (mm)

Nota: Después de calculado el número de revoluciones se estandariza según pasaporte o datos técnicos de la máquina herramienta que se encuentran en los anexos.

4- Cálculo de la velocidad real (V_r) a la cual se mueve la máquina herramienta.

$$V_r = \frac{\pi * D_h * n}{1000}; m / min \quad 2.5$$

5- Cálculo de la potencia de corte para comprobar si se puede elaborar la pieza.

$$N_{corte} \leq N_h \quad 2.6$$

$$N_{corte} = N_{tabla} * \frac{n}{1000} . kn, kW \quad 2.7$$

$$N_h = N_{mot} * \eta, (kW) \quad 2.8$$

Donde:

N_{tabla} – potencia de la tabla, (kW)

K_n – coeficientes de corrección

Nh – potencia que entrega la máquina en el husillo, (kW)

□- rendimiento de la transmisión, (%)

Nota: N_{tabla} en este caso toma valor de 0,28 kW, K_n de 1,1 y el rendimiento en estas máquinas es de 0,9.

6- Cálculo de del tiempo de maquinado:

$$T_m = \left(L + l_1 + l_2 / n * S \right) * i; \min \quad 2.9$$

Donde:

L- longitud a elaborar, (mm)

l_1 - longitud de colocación de la herramienta antes del proceso de corte, (mm)

l_2 - longitud de salida de la herramienta, (mm)

Para el taladrado y el roscado:

$l_1 = 0,3 * D$ (para agujeros en aceros, hierro colado, bronce).

$l_2 = 0,5$ a 3 mm (magnitud de recorrido de la herramienta para aceros, hierro colado, bronce) para brocas de 2 a 60 mm.

La metodología para el roscado es la misma que para el taladrado ya que se realizara en la misma máquina (taladradora radial 2M55), lo que varían son parámetros del régimen de corte al variar la velocidad de corte recomendada.

2.5.2. Elaboración mecánica por fresado

Se utilizará una máquina herramienta denominada fresadora de tipo **6P12** que se caracteriza por poseer el movimiento de avance en la mesa y el de rotación de la herramienta (fresa), realizando el trabajo por el método de concordancia. La

herramienta a utilizar es una fresa cilíndrica frontal de diámetro 16 mm de 5 alabes de HSS.

Régimen de corte: al igual que en el taladrado se calculan los mismos parámetros y se siguen los mismos pasos, pero en este caso varían la forma de determinar algunos parámetros, a continuación los pasos:

1- Selección de la velocidad de corte (V_c) a partir de tablas en dependencia del material a trabajar, tipo de herramienta a utilizar, profundidad de corte, avance y refrigerante, expuestas por los autores anteriores.

2- Cálculo de número de revoluciones (n)

$$n = \frac{1000 * V_c}{\pi * D_f} = \text{rev} / \text{min} \quad 2.10$$

Donde:

V_c - Velocidad de corte recomendada, (m/min)

D_f - Diámetro de la fresa, (mm)

Nota: Después de calculado el número de revoluciones se estandariza según pasaporte o datos técnicos de la máquina herramienta que se encuentra en los anexos.

3- Cálculo de la velocidad real (V_r) a la cual rota la fresa en la máquina herramienta.

$$V_r = \frac{\pi * D_f * n}{1000}; \text{m} / \text{min} \quad 2.11$$

4- Selección del avance (S_z) de la fresa en tablas en dependencia de la operación, del tipo de herramienta a utilizar y material a trabajar. Este avance luego se estandariza o corrige por el pasaporte de la máquina. Calculándose los avances longitudinal o transversal de la mesa por minuto (S_m).

$$S_m = S_z * Z * n; (\text{mm} / \text{min}) \quad 2.12$$

Donde:

S_z - Avance del diente, (mm/diente). Tomando valor de $S_z = 0,04$

Z- Número de dientes

Nota: se corrige con el pasaporte de la máquina.

-Avance por vueltas de la fresa (S_v)

$$S_v = S_z * Z; \text{ mm/vueltas} \quad 2.13$$

5- Potencia de corte (N_c).

$$N_c = E * \frac{V_c * b_{\text{máx}} * Z_{\text{Freza}} * K_1 * K_2}{1000}; \text{ kW} \quad 2.14$$

$$N_{\text{corte}} \leq N_h, \text{ kW} \quad 2.15$$

Donde:

E – Se determina por la tabla F-5 hoja 1 del Manual del tecnólogo para corte de metales en frío y es igual a 0,25.

$b_{\text{máx}}$ – ancho máximo del frezado, (mm)

Z_{freza} – número de dientes de la freza

K_1 y K_2 – coeficientes de corrección

Nota: Los coeficientes K_1 y K_2 se determinan por la tabla F-5 hoja 2 del Manual del tecnólogo para corte de metales en frío. Donde $K_1=1,2$ y $K_2=1$.

5- Tiempo de elaboración se determina según (Ivansevich et al., 1988) y la tabla a utilizar es la 4.2.

$$T_p = \frac{t + (0.5...1)}{S_{\text{vertical}}} + \frac{l - d}{S_{\text{horizontal}}} * i, \text{ min} \quad 2.16$$

Donde:

L- longitud de la ranura, (mm)

d- diámetro de la fresa, (mm)

S_{vertical} – avance vertical de la herramienta, (mm/min)

$S_{\text{horizontal}}$ – avance longitudinal de la mesa con la pieza, (mm/min)

t- profundidad de corte, (mm)

i- número de pasadas

2.7- Cálculo de los tiempos que participan en el proceso recuperación

En el proceso de maquinado es necesario tener en cuenta otros tiempos que participan dentro del proceso, que suelen ser numéricamente de mayor magnitud que el tiempo de principal de corte, el tiempo total de la recuperación de la pieza es la suma total de todos estos tiempos.

El tiempo total (t_{pv}) del proceso de maquinado se determina por la ecuación:

$$T_{pv} = T_m + T_a + T_{org} + T_O + T_{pt} + T_{drip}, \text{ min} \quad 2.17$$

Donde:

T_a – tiempo auxiliar, (min)

Este tiempo auxiliar se determina por la ecuación 2.18 que mostramos a continuación:

$$T_a = (0,18....0,25)t_m = 0,18 * T_m, \text{ min} \quad 2.18$$

T_{pt} – tiempo de servicio al puesto de trabajo, (min)

Este tiempo de servicio al puesto de trabajo se determina como:

$$T_{pt} = (0,04.....0,08)T_m = 0,08 * T_m, \text{ min} \quad 2.19$$

T_{dnp} - tiempo de descanso y necesidades personales, (min)

El mismo se obtiene con una relación en por ciento del tiempo de maquinado y se puede observar en la ecuación 2.20.

$$T_{dnp} = (0,17.....0,25)T_m = 0,25 * T_m, \text{ min} \quad 2.20$$

T_o - tiempo organizativo, (min)

Este tiempo no es más que la suma del tiempo de maquinado y el tiempo auxiliar y esta representado por la ecuación 2.21.

$$T_o = T_m + T_a, \text{ min} \quad 2.21$$

Existen otros tiempos a tener en consideración como el expresado por la ecuación 2.22.

$$t_{org} = 2\% * Tm, \text{ min} \quad 2.22$$

2.6. Conclusiones parciales del capítulo

1. Se estableció la metodología y el modelo para los diseños de experimentos.
2. Se caracterizó el material utilizado en la construcción del carro longitudinal del torno 16K20.
3. Se desarrolló la metodología cálculo para el proceso de maquinado para la recuperación del carro longitudinal.

CAPÍTULO 3- ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

3.1. Introducción

En éste capítulo se exponen los resultados derivados del trabajo experimental y a partir de los mismos, la descripción de las regularidades del comportamiento mecánico del polímero de polimetacrilato de metilo reforzado con polvo de grafito.

El objetivo de este capítulo es realizar la valoración crítica de los resultados y a través de ella, explicar los fundamentos científicos que dan solución al problema planteado a partir de la interpretación de las regularidades observadas.

3.2. Obtención de las muestras

Como se estableció en el diseño de experimentos, se obtuvieron un total de 6 muestras. De ellas, 1 sin reforzar y 6 con refuerzos cuyas composiciones varían entre 5 y 10 % de grafito, según se muestra en las tablas del 1 al 7, siguiendo la tecnología mostrada en las figuras de los anexos 2, 3 y 4.

En la figura 3.1 se muestran imágenes representativas de las muestras obtenidas de PMMA sin refuerzo (a) y PMMA reforzado con polvo de grafito. Como regularidad, se observó que una vez transcurrida la polimerización, en todas las muestras sin refuerzo apareció una zona de rechupe en la superficie, como la indicada por la flecha de la figura 3.1 a).



Figura 3.1. Imágenes representativas de las muestras. a) PMMA sin refuerzo después del desmoldeo; b) PMMA reforzado con polvo de grafito durante la gelificación.

En las muestras reforzadas con grafito también se observó la aparición de los rechupes, pero en magnitud menor que los de las muestras sin refuerzo y con disminución de tamaño a medida que se incrementa el contenido de grafito.

Esta regularidad se atribuye a que en el proceso de polimerización las cadenas de polímeros existen sin un patrón repetitivo de largo alcance (amorfos). Existen otros que sus moléculas se arreglan de modo ordenado entre ellas, es decir, regiones cristalinas. Se considera un polímero parcialmente cristalino cuando forma un material bifásico, con una fase cristalina y una amorfa.

La diferencia radica en que los cristalinos, a la vuelta al estado sólido tras el aporte de calor, cuando se repliegan lo hacen intentando ocupar el mínimo espacio posible, no así en el caso de los amorfos que lo hacen de una forma mucho más anárquica. Aún más, en el caso de los amorfos la contracción es isotrópica (constante en las 3 dimensiones del espacio), mientras que en el caso de los cristalinos la contracción es anisótropa (la contracción es mucho mayor en el sentido de flujo que en el transversal).

No obstante, no existe ningún termoplástico que sea 100% cristalino ni, a la inversa, 100% amorfo. Siempre coexiste una parte cristalina y otra amorfa, aunque haya siempre una mayoritaria que define la clasificación del material.

3.3. Resultados de la polimerización

El primer experimento realizado fue el Acril sin reforzar para poder caracterizar el proceso de polimerización. Esto permite obtener una curva característica para luego comparar con los polímeros reforzados, esto se puede apreciar en la figura 3.1.

La curva posee dos partes, una ascendente en el tiempo, con un pico a un valor de temperatura determinado y otra descendente en el tiempo a partir de este pico. El carácter ascendente de la curva denota el desprendimiento de calor durante el proceso de polimerización, lo que también significa que se ha obtenido un incremento en la capacidad calorífica en el material.

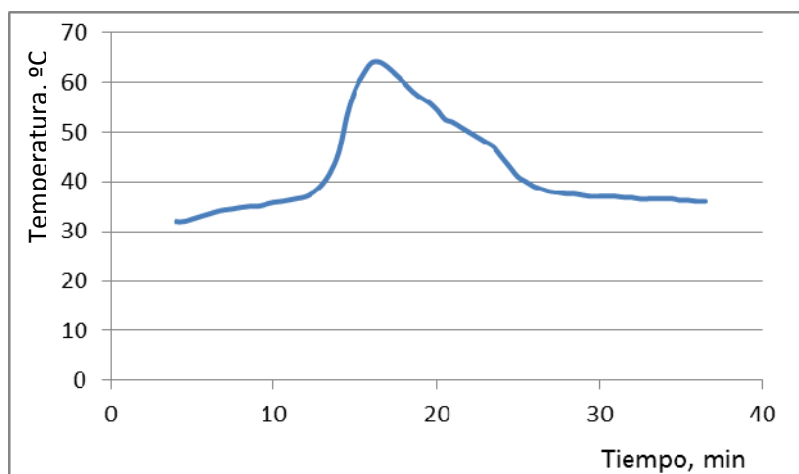


Figura 3.1. Curva de polimerización de la muestra patrón del PMMA de producción nacional.

Esto sucede porque en el intervalo de ascenso de la temperatura, el polímero está sufriendo la transición vítrea, lo que es congruente con lo planteado por (Núñez, M, 2004 y Velázquez, 2008) en el sentido de que los polímeros poseen una mayor capacidad calorífica por encima de la temperatura de transición vítrea que por debajo de la misma. Este experimento se realizó sin refuerzo utilizando 13 g de polimetacrilato de metilo y 7 g metacrilato de metilo presentando buena fluidez.

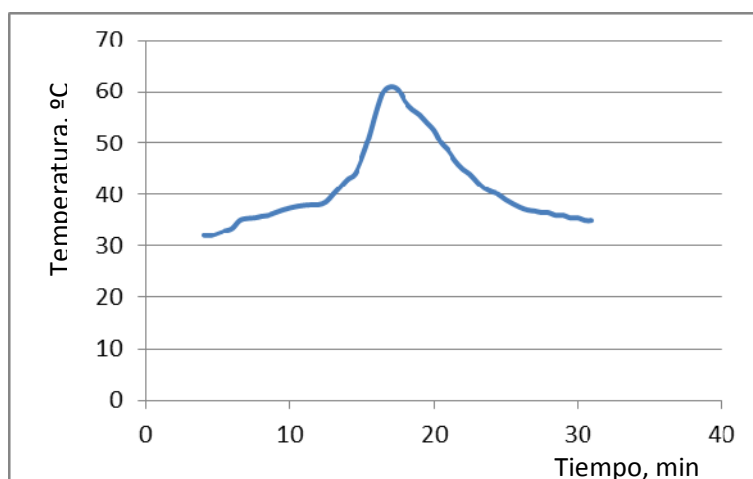


Figura 3.2. Curva de polimerización del PMMA de producción nacional reforzado con 5 % de grafito de 0,1 mm.

Como se observa, la forma de la curva de la figura 3.2 es consistente con la curva de la figura 3.1, lo que sugiere que la gelificación del Acril reforzado con 5 % de grafito de 0,1 μm , es congruente con la gelificación del Acril sin refuerzo.

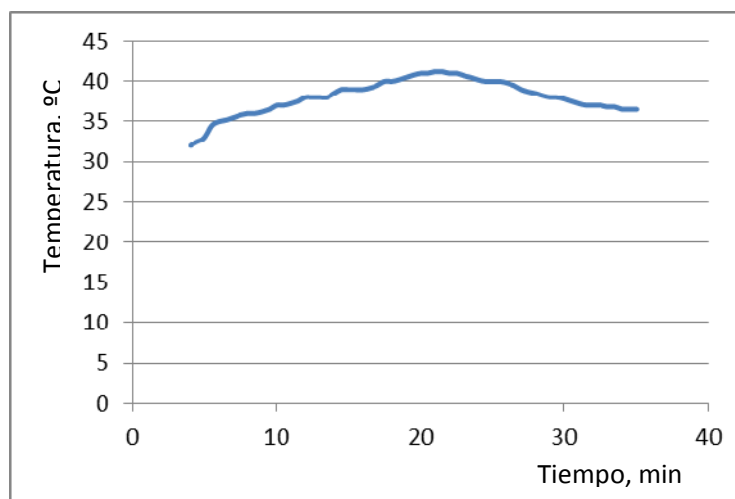


Figura 3.3. Curva de polimerización del PMMA de producción nacional reforzado con 10 % de grafito de 0,1 mm.

Sin embargo, la inconsistencia de la forma de la curva de la figura 3.3 con la forma curva de la figura 3.1, sugiere que la gelificación del Acril reforzado con 10 % de grafito de 0,1 μm , no es congruente con la gelificación del Acril sin reforzar, disminuyendo considerablemente el desprendimiento de calor en la polimerización. En la muestra de 10% de grafito de 0,1 mm, fue necesario añadir más MMA para lograr una buena fluidez y que el material pudiera fluir en el molde, ya que con 7 g de MMA, apenas puede polimerizar la mezcla anteriormente preparada.

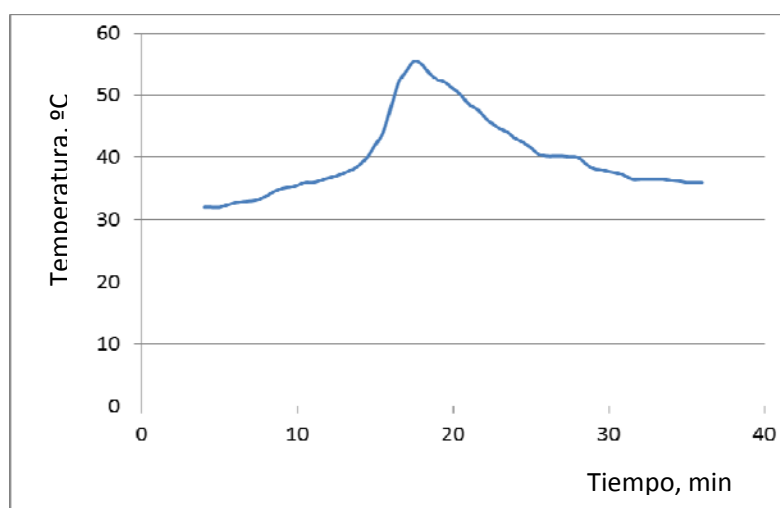


Figura 3.4. Curva de polimerización del PMMA de producción nacional reforzado con 5 % de grafito de 0,2 mm.

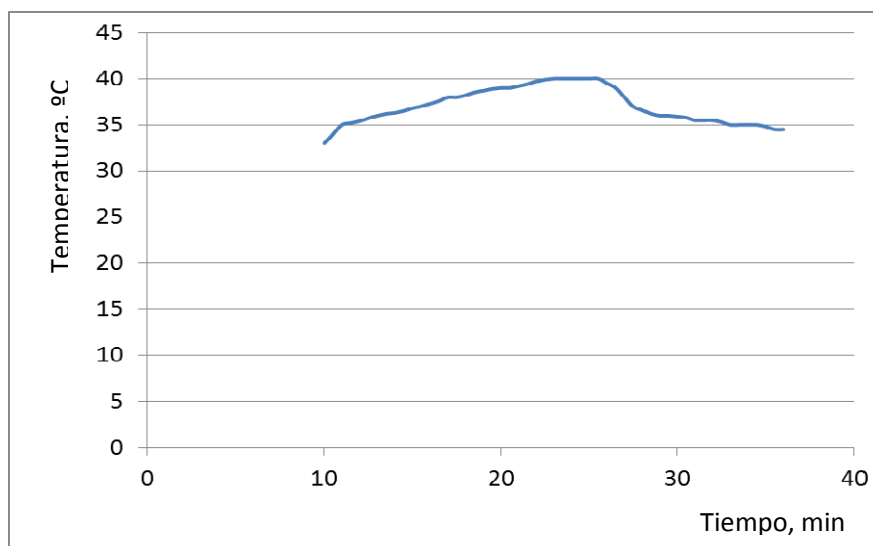


Figura 3.5. Curva de polimerización del PMMA de producción nacional reforzado con 10 % de grafito de 0,2 mm

Como se observa, la forma de la curva de la figura 3.4 también es congruente con las curvas de la figuras 3.1 y 3.2, lo que sugiere comportamientos de los materiales similares durante la polimerización; sin embargo, a diferencia de las anteriores, la forma de la curva 3.5 sugiere que la polimerización del PMMA reforzado con 10 % de grafito de 0,2 mm, es inconsistente con la polimerización del PMMA patrón.

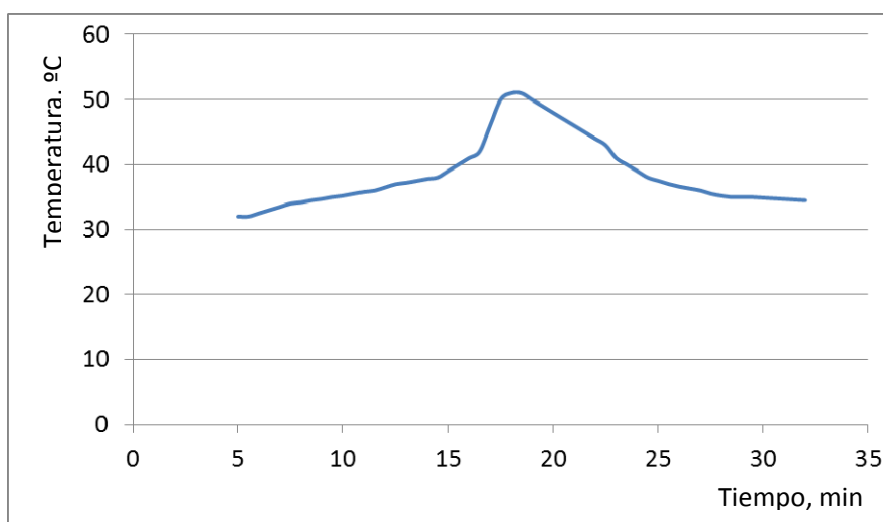


Figura 3.6. Curva de polimerización del PMMA de producción nacional reforzado con 5 % de grafito de 0,4 mm

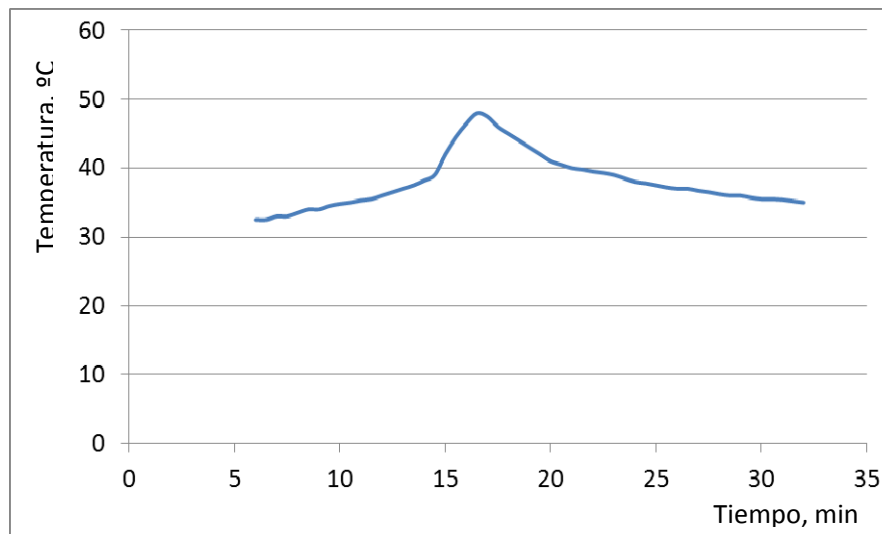


Figura 3.7. Curva de polimerización del PMMA de producción nacional reforzado con 10 % de grafito de 0,4 mm

Por último, la forma de las curvas de las figuras 3.6 y 3.7 también son consistentes con las curvas de las figura 3.1, 3.2 y 3.5, lo que sugiere que la gelificación del Acril reforzado con 5 % y 10 % de grafito de 0,4 mm, es congruente con la gelificación del Acril sin refuerzo. Estas dos muestras mostraron buena fluidez para ser usado en el vertimiento de un molde.

Sin embargo, existe una regularidad en todas las curvas y es que en la medida que se incrementa el porcentaje de grafito se reduce la temperatura de gelificación. Como se puede apreciar, el cambio no ocurre repentinamente, sino que tiene lugar a través de un rango de temperaturas. Esto hace que la curva denote tres parámetros, lo que coincide con Melián (1985) y Velázquez (2008):

1. La temperatura de transición vítrea (T_g): Es la temperatura en la cual los polímeros sufren un cambio claro en su comportamiento mecánico o proceso de transición entre las bajas temperatura donde son duros, rígidos, frágiles y las altas temperaturas donde su comportamiento es gomosos o correosos (°C).
2. El tiempo de gelificación (t_g): Es el tiempo que media entre el inicio y el final de la transición vítrea (min).

3. La temperatura de gelificación (T_g): Máxima temperatura que se alcanza durante la polimerización ($^{\circ}\text{C}$).

En realidad, resulta un poco complicado escoger una T_g discreta, pero normalmente se toma como valor de T_g el punto medio de la región inclinada (Melián, 1985). Los valores de T_g , t_g y TG correspondientes a las muestras analizadas, se muestran en la tabla 3.1.

Tabla 3.1. Temperaturas de transición vítrea de las muestras.

Muestras	T_g ($^{\circ}\text{C}$)	t_g (min)	TG ($^{\circ}\text{C}$)
Patrón	50	36,5	63,8
5 % de grafito de 0,1 mm	46,5	30,5	61
10 % de grafito de 0,1 mm	36,5	35,5	41
5 % de grafito de 0,2 mm	43,5	37	55,5
10 % de grafito de 0,2 mm	36	33	40
5 % de grafito de 0,4 mm	41,5	32	51
10 % de grafito de 0,4 mm	40	32	48

Del análisis se desprende que con el incremento del grafito en las muestras se debe incrementar la cantidad de material polimerizante iniciador de la reacción (MMA). El mejor comportamiento durante la polimerización con respecto a la muestra patrón lo manifestó la muestra de 0,5 % de grafito con 0,2 mm.

3.4. Resultados de las mediciones de los ensayos de pérdida de peso

En las tablas 3.8 de los Anexos, se muestran los valores de pérdida de peso y volumen específico de las muestras ensayadas. En la figura 3.8 se representa la pérdida de volumen (peso) en todas las muestras.

Como regularidad, en todos los casos se aprecia un descenso brusco del volumen (peso) en el primer minuto y posteriormente, al tomar cierto valor, este se comporta con una tendencia asintótica durante el resto del tiempo que transcurrió el ensayo.

Este descenso brusco se atribuye a la presencia de defectos como poros y discontinuidades en las superficies ensayadas, lo que sugiere que durante el primer

minuto de ensayo, desaparecen las asperezas y los poros para posteriormente dar paso a la matriz de mayor homogeneidad.

El comportamiento asintótico sugiere la ocurrencia de un desgaste uniforme en el tiempo, resultado de importancia a considerar, pues insinúa que la pérdida de peso (volumen) durante el desgaste es constante en el tiempo si las condiciones de fricción permanecen invariables.

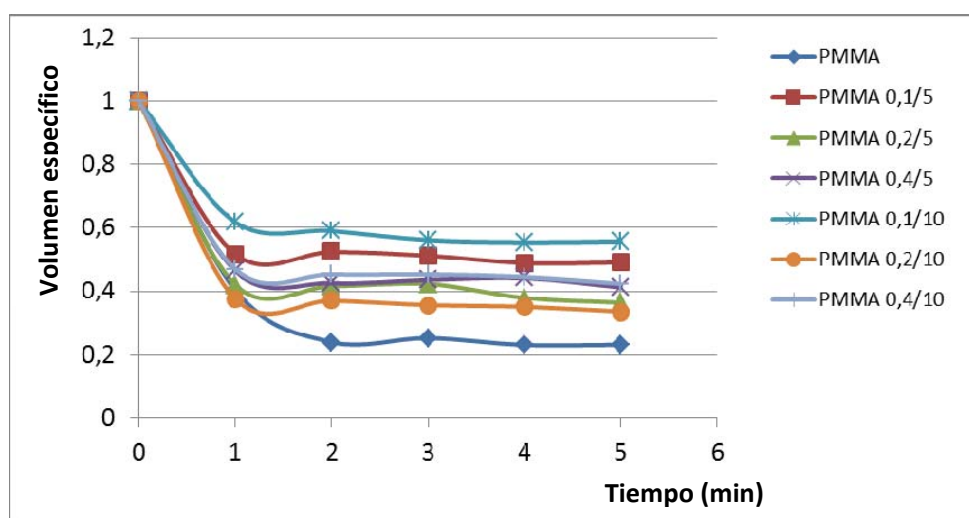


Figura 3.8. Pérdida de volumen específico de las muestras en el tiempo.

En la tabla 3.2 se muestran los valores de pérdida de volumen específico en el tiempo para las diferentes muestras y los valores de los promedios asintóticos.

Tabla 3.2. Valores promedio de pérdida de volumen específico.

Volúmenes específicos	Tiempo de ensayo (min)						Promedio de los tiempos asintóticos (2-5), min
	0	1	2	3	4	5	
ΔV_{Pat}	1	0,4022	0,2380	0,2511	0,2286	0,2292	0,2367
$\Delta V_{0,1/5}$	1	0,5163	0,5241	0,5121	0,4880	0,4903	0,5037
$\Delta V_{0,1/10}$	1	0,6177	0,5898	0,5604	0,553	0,5562	0,5648
$\Delta V_{0,2/5}$	1	0,4196	0,4159	0,4232	0,3784	0,3629	0,3951
$\Delta V_{0,2/10}$	1	0,3746	0,3697	0,3553	0,3496	0,3344	0,3522
$\Delta V_{0,4/5}$	1	0,4635	0,4259	0,4359	0,4418	0,4123	0,4289
$\Delta V_{0,4/10}$	1	0,4688	0,4523	0,4525	0,4443	0,4236	0,4431

Del análisis de la figura 3.8 y los datos de la tabla 3.2, se desprende, además, que el polimetacrilato de metilo sin reforzar mostró la menor pérdida de volumen específico, con un promedio de 0,2367 y en segundo y tercer lugar, respectivamente, el PMMA reforzado con 10 % de partículas de grafito de 0,2 mm y el PMMA reforzado con 5 % de partículas de grafito de 0,2 mm.

La menor pérdida de volumen específico del PMMA sin reforzar se atribuye al mayor grado de homogeneidad de la matriz polimérica en ausencia de grafito, pues cuando el material es reforzado con grafito, las partículas se desprenden bajo los efectos del desgaste y en su lugar quedan microporos; por lo que la superficie polimérica se reduce, el área a desgastar es menor y por lo tanto para un mismo intervalo de tiempo el desgaste es mayor.

Como se planteó anteriormente, en el PMMA reforzado, la menor pérdida de volumen (peso) la presentó el PMMA + 10 % de grafito de 0,2 mm y posteriormente el PMMA + 5 % de grafito de 0,2 mm. En este caso, se evidenció una pérdida de volumen específico (peso) promedio de 0,3522 y 0,3951 respectivamente, que representan un 48,76 % y un 66,86 % de desgaste superior al PMMA sin reforzar.

La forma de la curva 4 (PMMA + 5 % de grafito de 0,2 mm) y los niveles de pérdida de volumen reportados, sugieren la utilización del PMMA + 5 % de grafito de 0,2 mm como relleno en la recuperación de máquinas herramienta. A diferencia del PMMA + 5 % de grafito de 0,2 mm, la figura 3.5, por presentar el pico muy bajo en comparación con la curva de la figura 3.1 (PMMA sin reforzar) y a pesar de los bajos valores de pérdida de volumen reportados por el PMMA + 10 % de grafito de 0,2 mm, sugiere que para las condiciones establecidas en los ensayos, esta variante no es factible de utilizar, pues pudieran presentarse problemas tecnológicos prácticos a la hora del relleno o depósito de las guías de las bancadas por obstrucciones debido a la ocurrencia de la rápida polimerización.

Sin embargo, esta dificultad se puede superar añadiendo mayor cantidad del monómero Metacrilato de Metilo (MMA) a la mezcla; pero el análisis de factibilidad requiere profundizar los aspectos económicos.

A pesar de que las respectivas curvas de polimerización de las mezclas de PMMA + 5 % de grafito de 0,1 mm y, también sugieren la posibilidad de utilizarlas como material de relleno, a juzgar por los elevados valores de pérdida de volumen específico (peso), estas no se sugieren para la aplicación investigada, pues manifiestan respectivamente un 112 % y 138 % de pérdida de volumen por encima del de el PMMA sin reforzar, por lo que se rechazan estas variantes.

A pesar de que las formas de las curvas de las figuras 3.6 (PMMA + 5 % de grafito de 0,4 mm) y 3.7 (PMMA + 10 % de grafito de 0,4 mm) más los valores de pérdida de volumen reportados en los ensayos, sugieren la no utilización de estas variantes, al igual que en la mezcla de PMMA + 10 % de grafito de 0,2 mm, se puede valorar su aplicación aumentando el contenido del monómero Metacrilato de Metilo (MMA) a la mezcla, lo que también estaría sujeto a un análisis de beneficio-costos.

El hecho de que las pérdidas de volumen del PMMA reforzado según las variantes analizadas sean mayores que las del PMMA sin reforzar, no debe verse como algo negativo, pues hay que recordar que en un par friccionante con presencia de partículas de grafito, estas funcionan como lubricante y disminuyen la fricción.

Teniendo en cuenta todos los elementos anteriormente expuestos a partir de los resultados de los ensayos, en el presente trabajo se puede plantear la viabilidad tecnológica de utilizar PMMA reforzado con grafito en las variantes que se muestran a continuación,

- 1- PMMA + 10 % grafito de 0,2 mm (sugiere añadirsele más cantidad de MMA)
- 2- PMMA + 5 % grafito de 0,2 mm
- 3- PMMA + 5 % grafito de 0,4 mm (sugiere añadirsele más cantidad de MMA)
- 4- PMMA + 10 % grafito de 0,4 mm (sugiere añadirsele más cantidad de MMA)

Estos argumentos permiten dar solución al problema planteado, cumplir el objetivo trazado y verificar la hipótesis.

3.5. Resultados de los cálculos para el maquinado del carro longitudinal

Como se ha expuesto en el capítulo 1 y 2 la metodología para la recuperación del carro longitudinal del torno 16K20 (plano de los anexos), entonces mostraremos los

resultados de los cálculos de los principales parámetros de corte del taladrado y el fresado.

3.5.1. Resultados de los cálculos de las operaciones de taladrado y el roscado

Los trabajos de maquinado se comenzaran con el taladrado y roscado de los orificios. Para esto primeramente es necesario trazar donde se realizaran los orificios, es decir a que distancia se encontraran uno de los otros y con respecto a los bordes. Estos orificios de los tornillos M6 estarán en el mismo centro de las guías en forma de V y rectangulares, a una distancia de 450 mm entre ellos, y los M8 en la misma dirección de los anteriores una distancia de 400 mm, como se muestra en la figura 7 de los anexos.

Entonces comenzaremos por presentar los resultados de los cálculos del orificio de 5 mm, estos pueden ser observados en la tabla 3.4.

Tabla 3.4. Resultados del taladrado del orificio de 5 mm en el carro longitudinal.

Parámetros	Valor	Valores estandarizados	U/M	Ecuación
Velocidad de corte recomendada	13		m/min	
Número de revolución de la fresa n_f	828,02	800	rev/min	2.4
Velocidad de corte real	12,56	—	m/min	2.5
Avance recomendado	0,06	0,08	mm/diente	
Potencia de corte N_c	0,25		KW	2.7
Potencia de husillo N_h	3,2		KW	2.8
Longitud a maquinar L	30	—	mm	
Tiempo de Maquinado T_m	0,539	—	min	2.9

Como se puede observar en la tabla la potencia del husillo de la máquina es de (3,2 kW) superior a la potencia que se puede efectuar el corte de 0,462 kW, es decir, ($N_{corte} \leq N_h$). Entonces el tiempo para realizar un orificio carro longitudinal del torno 16K20 es de 0,539 min, para elaborar los cuatros orificios de diámetro 5 es necesario invertir un tiempo de 2,156 min.

A continuación en la tabla 3.5 se presentan los resultados obtenidos en el taladrado del orificio de 6,75 mm. Se puede observar en la tabla que la potencia del husillo de la máquina es de (3,2 kW) siendo superior a la potencia de corte con la que efectuará que es de 0,145 kW, es decir, ($N_{corte} \leq N_h$). Entonces el tiempo para realizar un

orificio del carro longitudinal del torno 16K20 es de 0,548 min, para elaborar los cuatros orificios de diámetro 6,75 es necesario invertir un tiempo de 2,19 min.

Tabla 3.5. Resultados del taladrado del orificio de 6,75 mm en el carro longitudinal.

Parámetros	Valor	Valores estandarizados	U/M	Ecuación
Velocidad de corte recomendada	14		m/min	
Número de revolución de la fresa n_f	660,53	630	rev/min	2.4
Velocidad de corte real	13,99	—	m/min	2.5
Avance recomendado	0,1	0,112	mm/diente	
Potencia de corte N_c	0,145		KW	2.7
Potencia de husillo N_c	3,2		KW	2.8
Longitud a maquinar L	30	—	mm	
Tiempo de Maquinado T_m	0,548	—	min	2.9

En la tabla 3.6 aparecen los resultados del proceso de maquinado, es decir, los resultados de los principales parámetros del régimen de corte para la elaboración de las cuatros roscas de M6 cuyo objetivo es alojar los tornillos que permiten la nivelación del carro longitudinal para el proceso de rellenado de la superficie en contacto con autocril.

Tabla 3.6. Resultados del roscado del orificio de M6 en el carro longitudinal.

Parámetros	Valor	Valores estandarizados	U/M	Ecuación
Velocidad de corte recomendada	5		m/min	
Número de revolución de la fresa n_f	265,39	250	rev/min	2.4
Velocidad de corte real	4,71	—	m/min	2.5
Avance recomendado	1	1	mm/rev	
Potencia de corte N_c	1,85		KW	2.7
Potencia de husillo N_c	3,2		KW	2.8
Longitud a maquinar L	35	—	mm	
Tiempo de Maquinado T_m	0,141	—	min	2.9

Como se puede observar en la tabla la potencia del husillo de la máquina es de (3,2 kW) siendo superior a la potencia que se puede efectuar el corte de 1,85 kW, cumpliéndose que ($N_{corte} \leq N_h$). Entonces el tiempo para roscar un orificio del carro longitudinal del torno 16K20 es de 0,141 min, para elaborar las cuatros roscas M6 es necesario invertir un tiempo de 0,564 min.

En la tabla 3.7 aparecen los resultados de los principales parámetros del régimen de corte para la elaboración de las cuatros roscas de M8 cuyo objetivo es alojar los tornillos que permiten verter la mezcla de autocril al carro longitudinal.

Tabla 3.7. Resultados del roscado del orificio de M8 en el carro longitudinal.

Parámetros	Valor	Valores estandarizados	U/M	Ecuación
Velocidad de corte recomendada	3		m/min	
Número de revolución de la fresa n_f	119,43	125	rev/min	2.4
Velocidad de corte real	3,14	—	m/min	2.5
Avance recomendado	1,25	-	mm/rev	
Potencia de corte N_c	1,725		KW	2.7
Potencia de husillo N_c	3,2		KW	2.8
Longitud a maquinar L	30	—	mm	
Tiempo de Maquinado T_m	0,224	—	min	2.9

Como se puede observar en la tabla la potencia del husillo en la máquina es de (3,2 kW) siendo superior a la potencia que se puede efectuar el corte de 1,725 kW, es decir, se cumple que ($N_{corte} \leq N_h$). Entonces el tiempo para roscar un orificio del carro longitudinal del torno 16K20 es de 0,224 min, para elaborar las cuatros roscas de diámetro 8 es necesario invertir un tiempo de 0,896 min.

3.5.2. Resultado de los cálculos de la operación tecnológica de fresado

Según lo explicado en capítulos anteriores se realizará un fresado a lo largo de las guías prismáticas y en forma de V de 590 mm y un ancho en la primática de 20 mm, de forma de V se realizaran dos ranuras de 30 mm. Estos resultados pueden ser observados en la tabla 3.8.

Tabla 3.8. Resultados del fresado de la guía rectangular del carro longitudinal.

Parámetros	Valor	Valores estandarizados	U/M	Ecuación
Velocidad de corte recomendada	23,8		m/min	
Número de revolución de la fresa n_f	473,4	500	rev/min	2.10
Velocidad de corte real	25,12	—	m/min	2.11
Avance por diente S_z	0,04		mm/diente	
Avance por minuto S_m	100	100	mm/min	2.12
Potencia de corte N_c	0,462	8	KW	2.14
Longitud a maquinar $\Rightarrow L_1$	590	—	mm	
Tiempo de Maquinado T_m	5,9	—	min	2.16

Como se puede observar en la tabla la potencia de la máquina es de (8 kW) siendo superior a la potencia de corte de 0,462 kW, es decir, ($N_{corte} \leq N_h$). Como el diámetro de la fresa es de solo 16 mm y el ancho de la ranura es de 20 mm, la misma se realizará en dos pasadas para un tiempo de 11,8 min. Los parámetros normalizados son los que se buscan en el pasaporte de las máquinas, estos datos se encuentran en los anexos.

Para el fresado de las dos ranuras en la guía en forma V se utilizará la misma máquina y la misma herramienta, solo varia el ancho de la ranura que en este caso ser de 30 mm. Los valores de los resultados de los principales parámetro de la operación tecnológica no varían. Solo varía el tiempo total para realizar las ranuras en el carro longitudinal del torno 16K20 y es de 24,5 min. La elaboración de las tres ranuras se realizará en 36,3 min.

3.5.3. Operación tecnológica de rasqueteado

El rasqueteado se utiliza para dar el acabado superficial necesario para el ajuste de las guías del carro longitudinal y el vertical de la parte superior, este debe ser de 0,001 mm o de forma visual 80 a 85 % del jaspeado de la mancha sobre la bancada. Realizándose en el siguiente orden.

1- Rasquetear las guías del carro transversal inferior, comprobando la planicidad sobre un mármol de verificación. Además se debe verificar con el prisma y la guía de la bancada, garantizando la perpendicularidad de la guía del carro longitudinal con respecto a las guías de la bancada con una escuadra de precisión y un comparador de esfera.

Para la correcta colocación de la escuadra se coloca el comparador de esfera en la posición (A) y se desplaza el carro longitudinal a lo largo de las guías de la bancada hasta que la pata menor de la escuadra quede paralela a este desplazamiento, o sea, paralela a las guías de la bancada, por lo tanto la pata mayor de la escuadra quedará perpendicular a las guías de la bancada.

Después de esto se coloca el comparador de esfera en la posición (B) y se desplaza el carro transversal a lo largo de sus guías aplicándose al mismo tiempo alguna

fuerza (P) para que el desplazamiento tenga la dirección de la guía del carro longitudinal.

2- Rasquetear la guía del carro longitudinal superior comprobando la rectitud de una regla mármol triangular y el ángulo que se forma con la guía con una galga o con un goniómetro. Al mismo tiempo es necesario verificar el paralelismo entre las guías con un micrómetro o un pie de rey y rodillos calibrados.

3-Rasquetear la superficie de los listones de ajuste del carro longitudinal a la bancada comprobando con las guías de la bancada, si la holgura entre las guías de la bancada y los listones es mayor que la permisible, debe escaparse la superficie de los listones.

4- Rasquetear los listones de ajuste de los carros, y comprobar con las guías los mismos al montar los listones.

5- Montar el carro longitudinal y el carro transversal con el preparado para la tuerca de los avances transversales y marcar el centro con un granete.

3.5.4. Resultado del total tiempos de las operaciones tecnológicas

El tiempo maquinado es solo el tiempo que se invierte en transformar la pieza, es decir, darle la forma deseada para que al final sea un producto con valor agregado y que cumpla una función determinada. Pero este tiempo no es el único que intervienen en la conformación del tiempo total de la recuperación del carro longitudinal. A continuación en la tabla 3.9 se muestran los tiempos que conforman el tiempo total por operaciones.

Tabla 3.9.Resultados de los tiempos totales por operaciones.

Operaciones tecnológicas	Tiempos operación (min)						
	T_m	T_a	T_{org}	T_{dnp}	T_o	T_{pt}	T_{pv}
Taladrado $\square$ 5	2,156	0,539	0,043	0,539	2,695	0,172	6,145
Roscado M6	0,564	0,141	0,011	0,141	0,701	0,045	1.607
Taladrado $\square$ 6,75	2,19	0,547	0,043	0,547	2,74	0,175	6,242
Roscado M8	0,896	0,224	0,018	0,224	1,1	0,072	2,554
Fresado	36,3	9,075	0,726	9,075	45,4	2,904	103,45
Rasqueteado	5 053	1263,25	101,06	1 263,25	6 316,25	404,24	14 401,1
T_{total}(min)							14521,1

El tiempo total invertido en todas las operaciones de maquinado para la recuperación del carro longitudinal del torno 16K20 es de 14521,103 min.

3.6. Valoración Económica

Toda investigación debe llevar aparejado una evaluación económica que garantice que los recursos materiales, financieros y humanos, son aprovechados con eficiencia, seguridad y con el menor impacto al medioambiente y garantizar el uso racional de los recursos energéticos.

Se realizaron un total de 6 experimentos, con una duración de 5 minutos cada uno, para un total de 30 min de trabajo, más el tiempo de ajuste y puesta a punto de la instalación que fueron aproximadamente de 1 h, para un total de 1,5 h de trabajo. Los costos por concepto de consumo de energía se exponen a continuación.

Tabla 3.11- Consumo energético por equipos en los experimentos.

Equipos	Potencia (kW)	Tiempo de trabajo (h)	Precio de la energía (CUC/kWh)	Costo (CUC)
Balanza	0,3	5	0,227	0,341
Ensayo de abrasión	3,2	3,5	0,227	2,542
Computadora P4.	0,400	200	0,227	18,16
Total	3,9	208,5	0,227	21,543

La tabla 3.11 muestra que el consumo de energía en la realización del trabajo fue de 3,9 kWh, que representa un total de 21,543 CUC. Se debe destacar que el costo y el consumo de energía de la experimentación, representa un ahorro económico ya que permite la evaluación del comportamiento del autocril reforzado, en la elaboración de muestras con el mínimo de gastos y sin ponerlo en práctica en las máquinas herramientas, pudiendo predecir el comportamiento del material disminuyendo los riesgos en la producción del taller de Fábrica de piezas.

En la experimentación se incurrió en una serie de gasto de materiales que se reflejan en la tabla 3.12 que se muestra a continuación. Según la tabla 3,11 y 3,12 se puede plantear que en la experimentación, en la elaboración de probetas y el ensayo al desgaste, se ha incurrido en un gasto total de 43,683 CUC y 40 CUP.

Tabla 3.12- Consumo de materiales para los experimentos.

Materiales	Cantidad	Unidad/ Medida	Costo (CUC)	Costo (CUP)
Autocril	100	g	16,14	
Pegamento	0,25	L		40
Grafito	30	g		5,61
Lijas de 320	4	U	2	
Total			18,14	40

El costo total en que se incurre en el mantenimiento de una pieza viene dado por los gastos de materiales, mano de obra, consumo de electricidad y otros gastos indirectos. En la reparación del carro longitudinal del torno 16K20 con autocril sin reforzar inciden los siguientes gastos que se representan en la tabla 3.13.

Tabla 3.13. Costo de la recuperación del carro longitudinal

Costo de Fabricación de la Pieza			
Tipo de material	Precio por gramos	Peso del semiproducto (g)	Costo CUC
Autocril	0,04CUC	400	32,28
Grafito		70	11,22
Operario	Tarifas \$	Tiempo efectivo hr	Costo \$*h
Mecánico taller A	2,28	0,2	0,456
Fresador	1,96	1,72	3,371
Mecánico ajust-rep	2,503	240	600,72
Salario Básico (Sb) =suma de los costos = \$604,547			
Aporte a la seguridad social		Gastos Indirectos	
Ss =0,09 (Sb+Sc) = \$ 54,41		\$ 1.03	
Salario complementario(Sc)=0.1*Sb= \$ 60,45			
Máquinas	Tiempo de trabajo (h)	Potencia de la máquina (KW)	Energía consumida (KW*h)
Taladro	0,2	4,5	0,9
Fresdora	1,72	7,5	12,9
Taladro-Ctorno=0,22*Ec = 2.84		Costo de la Energía eléctrica Ce=Ctorno+Cfres= 2,89 CUC	
Fresadora-Cfres =0,22*Ec = 0,05			
Costo Total CT=Sb+Sc+Ss+Ce +Gi = 35,17 CUC + 730,647 CUP			

Según la tabla anterior se puede expresar que la reparación del carro longitudinal del torno 16k20 con autocril con reforzado con 5 % de grafito con granulometría 0,2 se incurre en un gasto total de 35,17 CUC y 730,647 CUP.

3.6. Impacto medio ambiental

La naturaleza sirve de fuente de materia prima y de energía; con la utilización de sus riquezas se contribuye la vida material de la sociedad y de su desarrollo económico. Durante las últimas décadas, la influencia de la humanidad sobre la naturaleza se ha ido incrementando en relación con el aumento de la demanda de recursos naturales. En la producción social el intercambio de sustancias y de energías entre el hombre y la naturaleza, se efectúa y se fundamenta, con la ayuda de medios técnicos, mientras que el intercambio biológico directo le corresponde una pequeña parte.

El proceso de la actividad productiva, el hombre actúa como un factor decisivo provocando cambios considerables en la naturaleza y alteraciones en la estructura balanceada del intercambio de sustancias en el ecosistema de la naturaleza.

El desarrollo intensivo de la producción industrial va acompañado de considerables alteraciones en las propiedades del Medio Ambiental. En estos los desechos sólidos son clasificados adecuadamente permitiendo de esta forma la eliminación de las basuras y el reciclaje de la chatarra. Los residuos sólidos están compuestos fundamentalmente por virutas de los proceso de maquinado, escorias, metal fundido, arenas de moldeo, lana de vidrio, materiales refractarios, aserrín, madera, goma.

Los desechos sólidos son trasladados hacia el vertedero municipal, existe un contrato de esta empresa con la de Servicios Comunes, el cual consiste en la evacuación de estos, en las instalaciones destinadas con este fin en la comunidad.

El principal afectado por el trabajo de estas máquinas es el propio operario que estará expuesto al ruido y a una serie de condiciones que pueden traer consigo un accidente o enfermedades profesionales, por lo que se hace necesario tener en cuenta una serie de normas generales de seguridad para trabajar en las máquinas herramientas como:

1- Mantenimiento del Orden:

Un buen operario debe empeñarse en guardar el orden más escrupuloso en lo que lleva entre manos, con lo que ahorrará impaciencias y costosas pérdidas de tiempo en la búsqueda de lo que necesita. Por lo tanto:

1. Ubicar los materiales de trabajo en un sitio determinado, para cuando se necesite tenerlos a mano.
2. Cuando se haya terminado de usar una herramienta, colóquela siempre en un mismo lugar y no la deje abandonada.
3. Evitar poner piezas o herramientas de trabajo sobre la bancada del torno, porque esto provoca desgastes y, por consiguiente, pérdidas de precisión. Lo recomendable es tener sobre el torno una tablita donde colocar las llaves, calibres y cualquier otra herramienta.
4. Cada máquina debe disponer de un armario con casilleros apropiados, en donde el buen tornero ordenará las herramientas, los calibres, las piezas trabajadas, los dibujos, los equipos especiales de cada torno.
5. Mantener siempre limpios los engranajes y no mezclarlo con los de otras máquinas, aun cuando sean de las mismas medidas.

2- Limpieza de las máquinas.

1. Una vez finalizada cualquier operación mecánica, antes de dejar el trabajo.
2. Una vez por semana se debe proceder a hacer una limpieza especial repasando todos los órganos de la máquina, no solo aquellos que están a la vista, sino también los internos.
3. Después de sacar las virutas y el polvo con un cepillo o con un trapo, es menester limpiar las guías de los carros con querosén y un trapo limpio.

3- Lubricación.

Salvo que las instrucciones de las máquinas indiquen otra cosa, todos los órganos en movimiento deben ser lubricados al menos una vez al día, generalmente después del aseo; los engranajes se lubrican con aceite.

4- Seguridad.

Advertencias.- Antes de poner en marcha la máquina conviene probarlo siempre a mano, haciendo girar el eje, para asegurarse que no haya estorbos.

Teniendo que golpear cualquier órgano de la máquina, utilice un martillo de plomo o un mazo de madera y nunca martillos de acero o llaves, porque a poco andar, la máquina se arruinará por completo.

No se debe poner en marcha la máquina con la llave de ajuste del plato colocada u otra llave.

5- Precauciones para evitar accidentes.

Las máquinas herramientas, de por sí, no son máquina que ofrezca mayores peligros, puede producir desgracias, y a veces graves, para el operario distraído y que descuida las normas especiales para operarlas.

Señalaremos aquí algunas:

1. El operario debe usar ropa ajustada al cuerpo, en ningún caso ropa suelta. Se deben evitar pulseras, relojes, anillos, collares, y cualquier otro elemento que cuelgue. Asimismo, el pelo largo, no debe pender sobre la cara, y en todo caso debe colocarse una colita.
2. Durante el trabajo debe mantenerse una posición correcta sin apoyar el torso o los codos sobre el torno, porque pueden originarse graves daños.
3. Debe mantenerse limpio y sin estorbos el piso inmediato a la máquina, con lo cual se evitará el peligro de caer sobre el torno en movimiento.
4. Al quitar las correas hay que servirse siempre del pasa correas o bien de una varilla, un tubo o una regla de madera.

3.7. Conclusiones parciales del capítulo

- 1- Se pudo establecer la mezcla adecuada para poder obtener una buena fluidez observándose en todas las muestras de autocril sin o con refuerzo la ocurrencia del fenómeno de rechupe en mayor o menor medida, siendo la muestra reforzada de 5 % de grafito con granulometría 0,2 mm la más congruente con la muestra patrón en el proceso de gelificación.
- 2- En la medida que se mezcla el autocril con grafito, se incrementa el consumo del polimerizante, disminuyendo la temperatura y la fluidez.
- 3- La experimentación de desgaste arrojó que la muestra que mejor resiste al desgaste es la de 10 % de grafito con granulometría 0,2.

CONCLUSIONES GENERALES

- 1- La experimentación realizada permitió establecer la viabilidad del uso del Autocril de producción nacional reforzado con polvo de grafito y una tecnología para la restauración de la capacidad tecnológica de máquinas herramientas.
- 2- La adición de polvo de grafito con granulometría de 0,2 mm y proporción de 5 y 10 % al Autocril de producción nacional, garantiza una fluidez, tiempo de gelificación y pérdida de volumen (peso) viables para el rellenado de superficies desgastadas del carro longitudinal del portaherramientas del torno 16K20 con la tecnología propuesta.
- 3- La adición de polvo de grafito con granulometrías de 0,4 mm y proporción de 5 y 10 % al Autocril de producción nacional, pueden garantizar fluidez, tiempo de gelificación y pérdida de volumen (peso) viables para el rellenado de superficies desgastadas del carro longitudinal del portaherramientas del torno 16K20, pero si se añade más metacrilato de metilo a la mezcla.
- 4- Se demostró la factibilidad técnico-económica de utilizar autocril reforzado con polvo de grafito para recuperar guías de carros longitudinales de máquina herramienta, pues utilizando el mismo se incurre en gastos de 43,683 CUC y 40 CUP y en la recuperación de carro longitudinal se incurren en un gasto de 31,17 CUC y 730,647CUP, muy inferiores al costo de reparación de un torno que asciende a unos 25 000 CUC.

RECOMENDACIONES

- 1- Aplicar los resultados de la investigación y la tecnología propuesta para la restauración de la capacidad tecnológica de máquinas herramientas utilizando Autocril de producción nacional reforzadas con polvo de grafito con granulometría de 0,2 mm y proporción de 5 y 10 %.
- 2- Profundizar en el estudio de la composición de la matriz polimérica e investigar las propiedades de dureza y resistencia a la tracción.
- 3- Generalizar los resultados en otros elementos que requieren de materiales resistentes al desgaste y no se genere mucho calor, como los bujes de efectos electrodomésticos (licuadoras y ventiladores).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1- Batista, C.: Diseño de un modelo de sistema de dirección de mantenimiento para los centrales azucareros cubanos. Aplicación en el central “Fernando de Dios”. Tesis para optar por el grado científico de doctor en ciencias técnicas. CUJAE. 1999.
- 2- Callister W. D.: Materials Science and Engineering. An Introduction. Edit. John Wiley & Sons. Inc. Publishers, 2004. 420 pp.
- 3- Capello, E.: Tecnología de la fundición. Edit. Gustavo Gili S.A., 2000.
- 4- Casillas, A. L.: Cálculos de Taller. Editorial Científico Técnica, Ciudad de la Habana, Cuba, 1989.
- 5- Fernández, T., I. Rodríguez y D. Alcántara, D.: Procesos de maquinado con arranque de virutas, Moa, 2004.
- 6- Guellberg, B. y Pekelis, G.: Reparación de Máquinas Herramientas. Edit. MIR, MOSCÚ, 1968. 480 pp.
- 7- Guilarte, M. R.: Desarrollo de la tecnología para la obtención del plástico reforzado con fibra de vidrio con el uso de cargas minerales. Instituto Superior Minero Metalúrgico, Facultad de Metalurgia-Electromecánica, Moa, 2000.
- 8- Hernández, S.: Metodología de la Investigación. Edit. Pueblo y Educación, La Habana, 2004.
- 9- Ivatsevich, Y., M. Denischenco, A. Quesada y R. Vazquez: Métodos de cálculo de las normas de tiempo de los procesos tecnológicos. Guía Metodológica. Instituto Superior Técnico de Holguín, Facultad de Ingeniería, 1988.
- 10- Kalpakjian, S. y Schmid, S.: Manufactura, ingeniería y tecnología. Edit. Félix Varela, La Habana, 2010.
- 11- López, M.; Gonzalez, R.; Fuentes, G.; González, J.; Toledo, C.; y Torres, R.: Propiedades mecánicas y microestructurales de materiales compuestos de Hidroxipatita y Carbonato de Calcio. Séptimo congreso de la sociedad cubana de bioingeniería, La Habana, 2007.
- 12- Manual de corte en frío de los metales. Cimet, La Habana. 1980.
- 13- Manual de mantenimiento y reparación de equipos industriales: Edit. Pueblo y

- Educación, Ciudad de la Habana, 1985.
- 14- Martínez, F., Domínguez, G. y F. Hernández: Tecnología de los Metales II. Edit. Félix Varela, La Habana, Cuba, 2006.
- 15- Melián, M.C.: Materiales no metálicos. Edit. Pueblo y Educación. Ciudad de la Habana, 1985.
- 16- Nikolev, A.: Máquinas Herramientas. Edit. Pueblo y Educación, La Habana, Cuba, 1980.
- 17- Norma ASTM G-65. Friction, lubrication and wear technology. The Materials Information Society. 1992.
- 18- Norma EN 1338:2003, anexos G y H. Métodos de Ensayo. Determinación de la resistencia al desgaste por abrasión de adoquines de concreto.
- 19- Normas Cubanas para dibujo: NC 02-01-04, NC 01-02-01, NC 02-03-02, NC 02-03-03, NC 02-03-01, NC 02-03-02, NC 02-03-07, NC 02-04-04.
- 20- Velázquez, A.: Apuntes para un libro de nuevos materiales. Instituto Superior Minero Metalúrgico, Facultad de Metalurgia – Electromecánica. Moa, 2008.

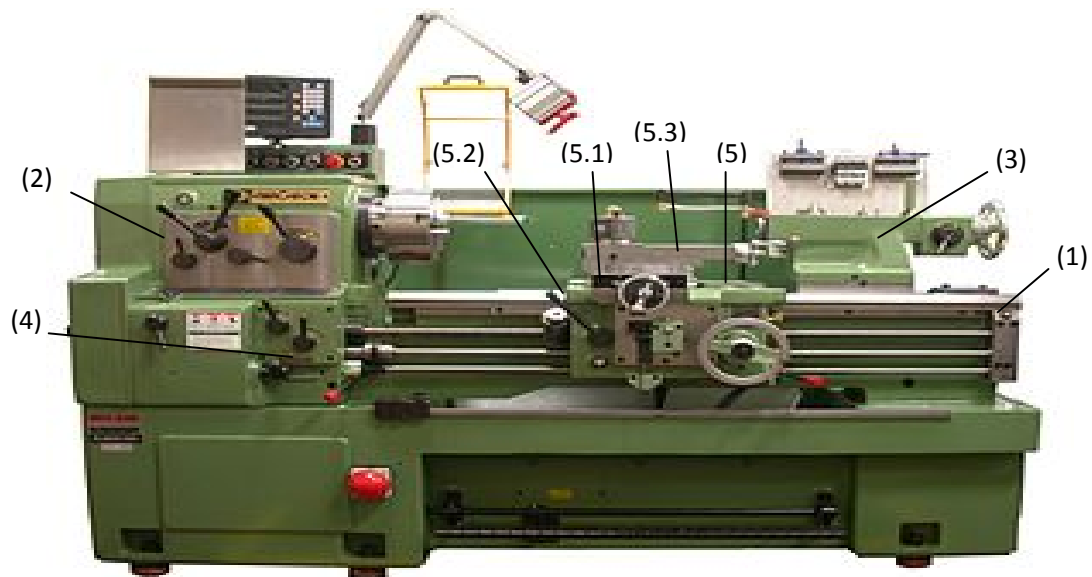


Figura 1. Torno paralelo universal convencional y sus partes.



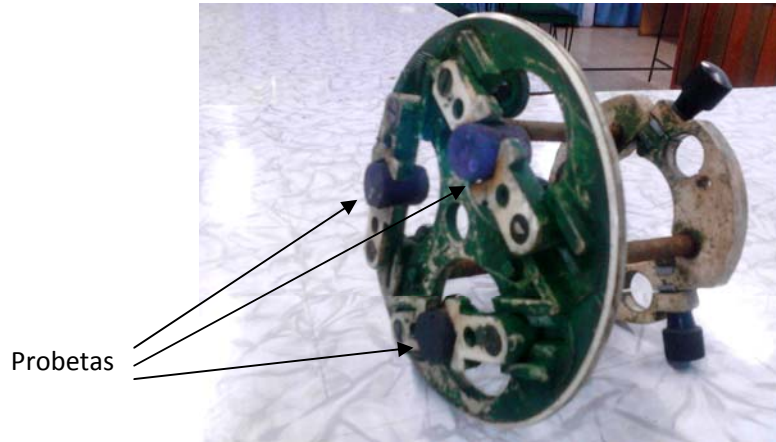
Figura 2. Pesaje de una de las cargas de PMMA.



Anexo 3. Dosificación de una de las cargas de PMMA + Grafito.



Anexo 4. Mezcla de una de las cargas de PMMA + Grafito.



Anexo 5. Cabezal con las probetas para el ensayo al desgaste.



Anexo 6. Realización del ensayo de desgaste

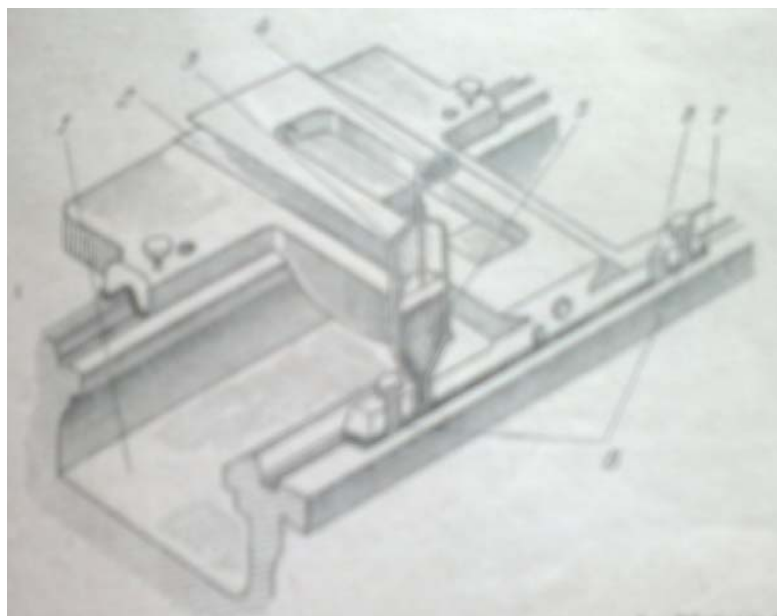


Figura 7. Procedimiento para la recuperación del carro longitudinal.

Tabla 1. Temperatura de gelificación del autocril de producción nacional sin reforzar.

No	Tiempo (min)	Temperatura (°C)	No	Tiempo (min)	Temperatura (°C)	No	Tiempo (min)	Temperatura (°C)
1	4	32	23	15	58,5	45	26	39
2	4,5	32	24	15,5	61,5	46	26,5	38,5
3	5	32,5	25	16	63,8	47	27	38
4	5,5	33	26	16,5	63,5	48	27,5	37,8
5	6	33,5	27	17	63	49	28	28
6	6,5	34	28	17,5	61,5	50	28,5	37,5
7	7	34,3	29	18	60	51	29	38
8	7,5	34,5	30	18,5	58,3	52	29,5	37,8
9	8	34,8	31	19	57	53	30	37,5
10	8,5	35	32	19,5	56	54	30,5	37,5
11	9	35	33	20	54,5	55	31	37,2
12	9,5	35,4	34	20,5	52,5	56	31,5	37
13	10	35,8	35	21	52	57	32	37
14	10,5	36	36	21,5	51	58	32,5	37
15	11	36,3	37	22	50	59	33	37
16	1,5	36,6	38	22,5	49	60	33,5	36,8
17	12	37	39	23	48	61	34	36,8
18	12,5	38	40	23,5	47	62	34,5	36,5
19	13	39,5	41	24	45	63	35	36,5
20	13,5	42	42	24,5	43	64	35,5	36,3
21	14	46	43	25	41	65	36	36,2
22	14,5	53.5	44	25,5	40	66	36,5	35

Tabla 2. Temperatura de gelificación del autocril con grafito aun 5 % con granulometria de 0,1µm.

No	Tiempo (min)	Temperatura (°C)	No	Tiempo (min)	Temperatura (°C)	No	Tiempo (min)	Temperatura (°C)
1	4	32	20	13,5	41,5	39	23	42,5
2	4,5	32	21	14	43	40	23,5	41,2
3	5	32,5	22	14,5	44	41	24	40,5
4	5,5	33	23	15	47	42	24,5	40
5	6	33,5	24	15,5	51	43	25	39
6	6,5	35	25	16	56	44	25,5	38,2
7	7	35,4	26	16,5	60	45	26	37,5
8	7,5	35,5	27	17	61	46	26,5	37
9	8	35,8	28	17,5	60,4	47	27	36,8
10	8,5	36	29	18	58	48	27,5	36,5
11	9	36,5	30	18,5	26,5	49	49	36,5
12	9,5	37	31	19	55,5	50	28,5	36,2
13	10	37,4	32	19,5	54	51	29	36
14	10,5	37,7	33	20	52,5	52	29,5	35,5
15	11	37,9	34	20,5	50	53	30	35,5
16	1,5	38	35	21	48,5	54	30,5	35
17	12	38,2	36	21,5	46,5	55	31	35
18	12,5	38,5	37	22	45	56	31,5	
19	13	40	38	22,5	44	57		

Tabla 3. Temperatura de gelificación del Autocril con grafito aun 10 % con granulometria de 0,1.

No	Tiempo (min)	Temperatura (°C)	No	Tiempo (min)	Temperatura (°C)	No	Tiempo (min)	Temperatura (°C)
1	4	32	23	15	39	46	26	39,8
2	4,5	32,5	24	15,5	39	47	26,5	39,5
3	5	33	25	16	39	48	27	39
4	5,5	34,5	26	16,5	39,2	49	27,5	38,7
5	6	35	27	17	39,5	50	49	38,5
6	6,5	35,2	28	17,5	40	51	28,5	38,2
7	7	35,5	29	18	40	52	29	38
8	7,5	35,8	30	18,5	40,2	53	29,5	38
9	8	36	31	19	40,5	54	30	37,8
10	8,5	36	32	19,5	40,8	55	30,5	37,5
11	9	36,2	34	20	41	56	31	37,2
12	9,5	36,5	35	20,5	41	57	31,5	37
13	10	37	36	21	41,2	58	32	37
14	10,5	37	37	21,5	41,2	59	32,5	37
15	11	37,2	38	22	41	60	33	36,8
16	1,5	37,5	39	22,5	41	61	33,5	36,7
17	12	38	40	23	40,7	62	34	36,5
18	12,5	38	41	23,5	40,5	63	34,5	36,2
19	13	38	42	24	40,2	64	35	36,1
20	13,5	38	43	24,5	40	65	35,5	35
21	14	38,5	44	25	40	66	36	
22	14,5	39	45	25,5	40	67	36,5	

Tabla 4. Temperatura de gelificación del Autocril con grafito aun 5 % con granulometria de 0,2.

No	Tiempo (min)	Temperatura (°C)	No	Tiempo (min)	Temperatura (°C)	No	Tiempo (min)	Temperatura (°C)
1	4	32	23	15	42	46	26	40,2
2	4,5	32	24	15,5	44	47	26,5	40,2
3	5	32	25	16	48	48	27	40,2
4	5,5	32,4	26	16,5	52	49	27,5	40,1
5	6	32,7	27	17	54	50	49	40
6	6,5	32,9	28	17,5	55,5	51	28,5	39
7	7	33	29	18	55	52	29	38,2
8	7,5	33,2	30	18,5	53,5	53	29,5	38
9	8	33,8	31	19	52,5	54	30	37,7
10	8,5	34,5	32	19,5	52	55	30,5	37,5
11	9	35	34	20	51	56	31	37,1
12	9,5	35,2	35	20,5	50	57	31,5	36,5
13	10	35,5	36	21	48,5	58	32	36,5
14	10,5	36	37	21,5	47,8	59	32,5	36,5
15	11	36	38	22	46,5	60	33	36,5
16	1,5	36,3	39	22,5	45,4	61	33,5	36,5
17	12	36,7	40	23	44,6	62	34	36,3
18	12,5	37	41	23,5	44	63	34,5	36,2
19	13	37,5	42	24	43	64	35	36
20	13,5	38	43	24,5	42,4	65	35,5	35,7
21	14	38,8	44	25	41,5	66	36	36,5
22	14,5	40,1	45	25,5	40,5	67	36,5	36,2

Tabla 5. Temperatura de gelificación acril del autocril con grafito aun 10 % con granulometria de 0,2.

No	Tiempo (min)	Temperatura (°C)	No	Tiempo (min)	Temperatura (°C)	No	Tiempo (min)	Temperatura (°C)
1	7	32	21	17	38	41	27	38
2	7,5	32	22	17,5	38	42	27,5	37
3	8	32	23	18	38,2	43	49	36,6
4	8,5	32,3	24	18,5	38,5	44	28,5	36,2
5	9	32,5	25	19	38,7	45	29	36
6	9,5	32,7	26	19,5	38,9	46	29,5	36
7	10	33	27	20	39	47	30	35,9
8	10,5	34	28	20,5	39	48	30,5	35,8
9	11	35	29	21	39,2	49	31	35,5
10	1,5	35,2	30	21,5	39,4	50	31,5	35,5
11	12	35,4	31	22	39,7	51	32	35,5
12	12,5	35,7	32	22,5	39,9	52	32,5	35,3
13	13	36	33	23	40	53	33	35
14	13,5	36,2	34	23,5	40	54	33,5	35
15	14	36,3	35	24	40	55	34	35
16	14,5	36,5	36	24,5	40	56	34,5	35
17	15	36,8	37	25	40	57	35	34,8
18	15,5	37	38	25,5	40	58		
19	16	37,3	39	26	39,5	59		
20	16,5	37,6	40	26,5	39	60		

Tabla 6. Temperatura de gelificación acril del autocril con grafito aun 5 % con granulometria de 0,4.

No	Tiempo (min)	Temperatura (°C)	No	Tiempo (min)	Temperatura (°C)	No	Tiempo (min)	Temperatura (°C)
1	5	32	21	15	39	41	24,5	38
2	5,5	32	22	15,5	40	42	25	37,5
3	6	32,5	23	16	41	43	26	36,6
4	6,5	33	24	16,5	42	44	26,5	36,3
5	7	33,5	25	17	46	45	27	36
6	7,5	34	26	17,5	50	46	27,5	35,5
7	8	34,2	27	18	51	47	49	35,2
8	8,5	34,5	28	18,5	51	48	28,5	35
9	9	34,7	29	19	50	49	29	35
10	9,5	35	30	19,5	49	50	29,5	35
11	10	35,2	31	20	48	51	30	34,9
12	10,5	35,5	32	20,5	47	52	30,5	34,8
13	11	35,8	33	21	46	53	31	34,7
14	1,5	36	34	21,5	45	54	31,5	34,6
15	12	36,5	35	22	44	55	32	34,5
16	12,5	37	36	22,5	43	56	32,5	
17	13	37,2	37	23	41	57	33	
18	13,5	37,5	38	23,5	40	58		
19	14	37,8	39	24	39	59		
20	14,5	38	40	25,5	37	60		

Tabla 7. Temperatura de gelificación del autocril con grafito aun 10 % con granulometria de 0,4.

No	Tiempo (min)	Temperatura (°C)	No	Tiempo (min)	Temperatura (°C)	No	Tiempo (min)	Temperatura (°C)
1	4		23	15	42	46	26	37
2	4,5	32	24	15,5	44,5	47	26,5	37
3	5	32	25	16	46,5	48	27	36,7
4	5,5	32,3	26	16,5	48	49	27,5	36,5
5	6	32,5	27	17	47,5	50	49	36,2
6	6,5	32,5	28	17,5	46	51	28,5	36
7	7	33	29	18	45	52	29	36
8	7,5	33	30	18,5	44	53	29,5	35,7
9	8	33,5	31	19	43	54	30	35,5
10	8,5	34	32	19,5	42	55	30,5	35,5
11	9	34	34	20	41	56	31	35,4
12	9,5	34,5	35	20,5	40,5	57	31,5	35,2
13	10	34,8	36	21	40	58	32	35
14	10,5	35	37	21,5	39,8	59	32,5	
15	11	35,3	38	22	39,5	60	33	
16	1,5	35,5	39	22,5	39,3	61	33,5	
17	12	36	40	23	39	62	34	
18	12,5	36,5	41	23,5	38,5	63	34,5	
19	13	37	42	24	38	64	35	
20	13,5	37,5	43	24,5	37,8	65	35,5	
21	14	38,2	44	25	37,5	66	36	
22	14,5	39	45	25,5	37,2	67	36,5	

Tabla 8. Resultado del experimento de desgaste del autocril sin refuerzo.

	Tiempos					
Muestras	inicial	1 min	2 min	3 min	4 min	5 min
1	2.692	2.681	2.673	2.664	2.656	2.648
2	3.093	3.081	3.076	3.071	3.066	3.061
3	3.169	3.156	3.148	3.14	3.133	3.126
Dg1	0	0.011	0.008	0.009	0.008	0.008
Dg2	0	0.012	0.005	0.005	0.005	0.005
Dg3	0	0.013	0.008	0.008	0.007	0.007
DV1	1	0.40861813	0.29839612	0.33670034	0.3003003	0.30120482
DV2	1	0.38797284	0.16228497	0.16254876	0.16281342	0.16307893
DV3	1	0.41022405	0.25348542	0.25412961	0.22292994	0.22342802

Tabla 9. Resultado del experimento de desgaste del autocril con 5% de grafito a 0,1 de granulometría.

	Tiempos					
Muestras	inicial	1 min	2 min	3 min	4 min	5 min
1	3.597	3.577	3.557	3.537	3.518	3.5
2	3.357	3.34	3.3225	3.305	3.2892	3.273
3	3.493	3.476	3.459	3.4435	3.428	3.412
Dg1	0	0.020	0.020	0.020	0.019	0.018
Dg2	0	0.017	0.018	0.017	0.016	0.016
Dg3	0	0.017	0.017	0.016	0.015	0.016
DV1	1	0.5560189	0.55912776	0.56227158	0.5371784	0.51165435
DV2	1	0.506	0.5239521	0.52671181	0.47806354	0.49252098
DV3	1	0.48668766	0.48906789	0.44810639	0.45012342	0.46674446

Tabla 10. Resultado del experimento de desgaste del autocril con 10 % de grafito a 0,1 de granulometría.

	Tiempos					
Muestras	inicial	1 min	2 min	3 min	4 min	5 min
1	3.068	3.05	3.032	3.016	3	2.984
2	3.099	3.082	3.066	3.051	3.036	3.021
3	3.204	3.181	3.16	3.139	3.119	3.099
Dg1	0	0.018	0.018	0.016	0.016	0.016
Dg2	0	0.017	0.016	0.015	0.015	0.015
Dg3	0	0.023	0.021	0.021	0.020	0.020
DV1	1	0.58670143	0.59016393	0.52770449	0.53050398	0.53333333
DV2	1	0.549	0.51914341	0.48923679	0.49164208	0.49407115
DV3	1	0.71785268	0.66016976	0.66455696	0.63714559	0.64123116

Tabla 11. Resultado del experimento de desgaste del autocril con 5 % de grafito a 0,2 de granulometría.

	Tiempos					
Muestras	inicial	1 min	2 min	3 min	4 min	5 min
1	3.374	3.3601	3.3459	3.332	3.319	3.3063
2	3.656	3.639	3.624	3.607	3.593	3.579
3	3.402	3.389	3.375	3.362	3.35	3.3394
Dg1	0	0.014	0.014	0.014	0.013	0.013
Dg2	0	0.017	0.015	0.017	0.014	0.014
Dg3	0	0.013	0.014	0.013	0.012	0.011
DV1	1	0.41197392	0.42260647	0.41543381	0.39015606	0.38264538
DV2	1	0.465	0.41220115	0.46909492	0.38813418	0.38964653
DV3	1	0.38212816	0.41310121	0.38518519	0.3569304	0.31641791

Tabla 12. Resultado del experimento de desgaste del autocril con 10 % de grafito a 0,2 de granulometría.

	Tiempos					
Muestras	inicial	1 min	2 min	3 min	4 min	5 min
1	3.727	3.713	3.6997	3.687	3.674	3.662
2	3.23	3.217	3.204	3.192	3.18	3.1687
3	3.47	3.458	3.446	3.434	3.423	3.412
Dg1	0	0.014	0.013	0.013	0.013	0.012
Dg2	0	0.013	0.013	0.012	0.012	0.011
Dg3	0	0.012	0.012	0.012	0.011	0.011
DV1	1	0.37563724	0.35820092	0.34327108	0.35259018	0.32661949
DV2	1	0.402	0.4041032	0.37453184	0.37593985	0.35534591
DV3	1	0.34582133	0.3470214	0.34822983	0.32032615	0.32135554

Tabla 13. Resultado del experimento de desgaste del autocril con 5 % de grafito a 0,4 de granulometría.

	Tiempos					
Muestras	inicial	1 min	2 min	3 min	4 min	5 min
1	3.322	3.305	3.29	3.2752	3.259	3.244
2	3.531	3.515	3.5	3.485	3.47	3.457
3	3.287	3.273	3.26	3.246	3.233	3.22
Dg1	0	0.017	0.015	0.015	0.016	0.015
Dg2	0	0.016	0.015	0.015	0.015	0.013
Dg3	0	0.014	0.013	0.014	0.013	0.013
DV1	1	0.51173992	0.45385779	0.44984802	0.49462628	0.46026388
DV2	1	0.453	0.42674253	0.42857143	0.43041607	0.37463977
DV3	1	0.42592029	0.39718912	0.42944785	0.40049291	0.40210331

Tabla 14. Resultado del experimento de desgaste del autocril con 10 % de grafito a 0,4 de granulometría.

	Tiempos					
Muestras	inicial	1 min	2 min	3 min	4 min	5 min
1	2.753	2.738	2.722	2.707	2.692	2.678
2	3.242	3.23	3.219	3.208	3.198	3.188
3	3.256	3.24	3.226	3.211	3.196	3.182
	0	1	2	3	4	5
Dg1	0	0.015	0.016	0.015	0.015	0.014
Dg2	0	0.012	0.011	0.011	0.010	0.010
Dg3	0	0.016	0.014	0.015	0.015	0.014
DV1	1	0.54486015	0.58436815	0.55106539	0.55411895	0.52005944
DV2	1	0.370	0.34055728	0.34172103	0.3117207	0.31269543
DV3	1	0.49140049	0.43209877	0.4649721	0.46714419	0.43804756

Características técnicas del taladro radial modelo 2M55.

Diámetro máximo de los orificios que se labran en piezas de acero, 50mm.

Potencia del motor $N_m = 4 \text{ kW}$.

Rendimiento de la taladradora $\eta = 0,8$.

Frecuencia de rotación del husillo(r/m): 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600; 2000.

Avance (mm/rev): 0,056; 0,08; 0,112; 0,16; 0,22; 0,315; 0,45; 0,63; 0,9; 1,25; 1,8; 2,5.

Máxima fuerza de corte axial admisible por el mecanismo de avance de la taladradora, $P_{\text{máx}} = 2000 \text{ kgf/mm}^2$.

Distancia del husillo a la mesa: 1000 mm.

Cono en el husillo: 5

Características técnicas de laFresadora vertical modelo 6P12

Superficie útil de mesa 320 x 1250 mm.

Potencia del motor $N_m = 7,5 \text{ kW}$.

Rendimiento de la fresadora $\eta = 0,8$.

Frecuencia de rotación del husillo (r/min): 32,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600.

Avances longitudinales y transversales de la mesa(mm/rev): 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250.

Avances verticales de la mesa (mm/min): 8;10,5; 13,3; 16,6; 21; 26,6; 33,3; 41,6; 53,3; 66,6; 83,3; 105; 133,3; 166,6; 210; 266,6; 333,3; 400.