

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

PROCEDIMIENTO PARA LA OBTENCIÓN DE MEZCLAS DE POLIPROPILENO

Ronald Alexander Gómez Bolívar

Ingeniería Electromecánica

Asesor

Juan Felipe Marín Santa

INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO

03/08/2016

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

RESUMEN

El trabajo se realizó por la necesidad que se presentaba en el laboratorio de investigación de materiales poliméricos, de la Institución Universitaria Tecnológica Metropolitana (ITM), de tener estudiantes que participen en los estudios sobre el mejoramiento de las propiedades físicas y mecánicas del polipropileno.

Para esto se utilizaron productos comerciales, teniendo en cuenta los estándares definidos, para la obtención de mezclas con sustancias como, zeolitas, anhídrido maléico y peróxido de dicumilo para producir nuevas mezclas, utilizando el reómetro de torque la cual es una máquina que ayuda a medir y a mezclar el producto, dando como resultado una composición nueva de un material, obteniendo planchas por medio del método de inyección por compresión que permiten obtener probetas para realizar pruebas de esfuerzo mecánico y así saber el punto de ruptura del material.

Para concluir esto permite presentar datos reológicos del material, tales como, esfuerzo de cizalla, viscosidad, y la movilidad de la cadena del polímero.

De igual manera permite realizar los procedimientos y estandarizar las mezclas que tuvieron buen resultado.

También hacer un control de calidad, detectar fallas de formulación y de procesos, asimismo da a conocer con anticipación el comportamiento que tendrían los polímeros en los equipos de transformación como extrusora, e inyectoras.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

RECONOCIMIENTOS

Agradecer especialmente a mi Padre y a mi Madre por apoyarme siempre, gracias por sus inalcanzables esfuerzos para brindarme una educación y por la formación que me han brindado.

Agradecer al Instituto Tecnológico Metropolitano por haberme abierto las puertas para estudiar mi carrera, así como también a los diferentes docentes que me brindaron sus conocimientos durante la estancia en la universidad.

Agradecer también al asesor de trabajo de grado Ing. Juan Felipe Santa Marín, M.Eng, Ph.D. por haberme brindado la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimiento investigativo, asimismo por guiarme durante el desarrollo del trabajo de grado.

A mis compañeros, amigos y todas esas personas que durante el tiempo de estudio me permitieron compartir conocimiento y me apoyaron incondicionalmente para sacar este objetivo adelante.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

ACRÓNIMOS

AM Anhídrido maléico

DGP Peróxido de dicumilo

QC Control de calidad

PA Poliamida

PAI Poliamida-imida

PP Polipropileno

PPS Polifenilen sulfuro

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

TABLA DE CONTENIDO

Tabla de contenido	
1	INTRODUCCIÓN..... 7
1.1	Generalidades 7
2	OBJETIVOS..... 8
2.1	General..... 8
2.2	Específicos 8
3	MARCO TEÓRICO 9
3.1	POLIPROPILENO..... 9
3.2	Zeolitas..... 10
3.3	El peróxido de dicumilo..... 11
3.4	Anhídrido Maléico 11
3.5	Reómetro de torque:..... 12
3.6	Moldeo por compresión 13
4	METODOLOGÍA 17
4.1	Materias primas 17
4.2	Elaboración de mezclas..... 19
4.3	Molienda de Mezclas 22
4.4	Proceso de prensado de las planchas. 23
5	Resultados..... 24
5.1	Plancha #1..... 24
5.2	Plancha #2..... 25
5.3	Plancha #3 26
5.4	Plancha # 4..... 27
5.5	Plancha #5 28
5.6	Fortalezas:..... 29
5.7	Limitaciones:..... 29

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

5.8	Restricciones:	30
6	CONCLUSIONES	31
7	RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO	31
8	REFERENCIAS	32
9	APÉNDICE	33

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Generalidades

El laboratorio de polímero del Instituto Tecnológico Metropolitano (ITM) ubicado en el Campus Fraternidad sótano M-2 ofrece sus servicios de Caracterización Mecánica de los materiales poliméricos.

El laboratorio cuenta con una gran variedad de equipos de alta tecnología que sirven para realizar ensayos de tensión, flexión, compresión, extracción e inyección, entre otros; con el fin de crecer en el área investigativa y académica, obteniendo procesos y niveles de eficiencia, calidad y productividad, aportando al progreso en el sector industrial e institucional, fomentando el crecimiento y el desarrollo a nivel profesional e institucional.

Concede la oportunidad a los estudiantes de Ingeniería aprender y participar en los diferentes procesos investigativos, permitiendo que los estudiantes salgan con una formación más integral y competente, desarrollando actividades significativas para su experiencia laboral y crecimiento profesional.

De acuerdo a lo anterior, se utilizó el proceso de obtención de mezclas por el método de reómetro de torque, el cual permite en términos generales, la caracterización y análisis de los materiales termoplásticos. Este no solamente permite conocer con anticipación el comportamiento que tendrá el polímero en los equipos de transformación como extrusoras, inyectoras, sino que facilita también la comparación de los mismos materiales a diferentes proporciones de los aditivos en estudio.

El método de moldeo por compresión se hace para la obtención de probetas que sirven al ITM para hacer los estudios pertinentes, y poder así obtener datos para hacer análisis de las fuerzas aplicadas al material, tales como fuerza de tensión, compresión, impacto, cíclica o de fatiga asimismo fuerzas de alta temperatura.

Con el fin de abordar lo antes mencionado; este proceso permitió trabajar con diferentes polímeros para obtener información de las mezclas que presentan mejor calidad para la utilización en productos que sean aptos en el consumo industrial.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2 OBJETIVOS

2.1 General

Aplicar el procedimiento para la obtención de mezclas mediante el método de reómetro de torque para la aplicación de moldeo por compresión, para la construcción de placas.

2.2 Específicos

1. Obtener mezclas de polipropileno con anhídrido maléico y peróxido de dicumilo.
2. Obtener mezcla de polipropileno cargado con zeolitas al 1, al 3 y al 5%.
3. Hacer placas mediante el moldeo por compresión de las mezclas obtenidas mediante el reómetro de torque.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3 MARCO TEÓRICO

En la actualidad el mercado exige cada día nuevos productos que sean competentes en la Industria, donde sus usos sean aplicables en diferentes ámbitos y utilizados en varios procesos.

Teniendo en cuenta lo anterior día a día se realizan investigaciones, utilizando diferentes mezclas con una variedad de productos comerciales que permitan el desarrollo de nuevas tendencias en cuanto a la industria, obteniendo mercancías que se puedan utilizar con eficacia en las organizaciones. Uno de los productos más importantes es el polipropileno, el uso de este producto va creciendo considerablemente, es utilizado a nivel industrial para la fabricación de productos como: parachoques, tuberías, fibras, cajas, envases entre otros.

3.1 Polipropileno

(PP) es un termoplástico que reúne una serie de propiedades que es difícil encontrar en otro material como son: Su alta estabilidad térmica le permite trabajar durante mucho tiempo a una temperatura de 100°C en el aire. También es resistente al agua hirviendo pudiendo esterilizarse a temperaturas de hasta 140°C sin temor a la deformación.

Algunas ventajas que tiene este material son los siguientes: ligero, alta resistencia a la tensión y a la compresión, excelentes propiedades dieléctricas, resistencia a la mayoría de los ácidos y álcalis y bajo coeficiente de absorción de humedad entre otros. Ver figura 1



FIGURA .1 Polipropileno utilizado para mezclas

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3.2 Zeolitas

Son sólidos porosos muy cristalinos con poros de dimensiones manométricas y pertenecen al grupo de aluminosilicatos hidratados compuesto por tetraedros de $[\text{SiO}_4]$ y $[\text{AlO}_4]$, unidos por unos de sus vértices formando estructuras abiertas muy estables. Las zeolitas se forman en la naturaleza como resultado de las reacciones químicas entre el material volcánico y el agua salada a temperaturas de 27 a 550C, en un rango de pH entre 9 – 10 y tardan millones de años en completar la reacción química. En la formación natural de la zeolitas interfieren varios tipos de contaminantes como hierro Fe^{+2} , cuarzo (SiO_2) y otros cristales de zeolitas amorfos que intervienen negativamente en las reacciones catalíticas o de mejoramiento de materiales Uolioléfnicos (Valdés, Pérez- Cordoves, & Díaz-García, 2006). Las zeolitas sintéticas a diferencia de zeolitas naturales pueden manufacturarse en fases puras. Los principales materiales usados para sintetizar zeolitas son la sílice y la alúmina. Estos minerales se encuentran ampliamente en la naturaleza y se pueden aprovechar para fabricar diversos tipos de nano partículas. La fórmula empírica de las zeolitas se relaciona a continuación: Al_2O_3 , SiO_2 Y H_2O .

Las propiedades extraordinarias de las zeolitas, se deben a su red cristalina. Por consiguiente, una clasificación correcta comienza con la unión tridimensional de los cationes de la estructura coordinada tetraédrica. Actualmente se conocen más de 800 zeolitas diferentes, las cuales pueden ser clasificadas en 119 tipos de estructuras de zeolitas. Las principales características cristalográficas de las zeolitas son los sistemas de canales y jaula. Ver figura 2



FIGURA. 2 Zeolita

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3.3 El peróxido de dicumilo

(DCP, de sus siglas en inglés) es un peróxido orgánico que se emplea sobre todo como iniciador en polimerización por radicales libres debido a su facilidad (como otros peróxidos orgánicos también usados) de descomponerse mediante la acción del calor formando radicales libres que reaccionan con los monómeros que formarán parte del polímero en cuestión. Es una fuerte fuente de radicales libres, que no solo se utiliza como un iniciador de la polimerización, sino también como catalizador y agente de vulcanización. El DCP se descompone rápidamente, causando peligro de incendio y explosión, al calentarlo intensamente y bajo la influencia de la luz. Reacciona violentamente con sustancias incompatibles (ácidos, bases, agentes reductores, y metales pesados) o fuentes de ignición.

CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES QUÍMICAS Y FÍSICAS

Estado Físico: Polvo cristalino de amarillo a blanco.

Punto de ebullición (se descompone): 130°C Punto de fusión: 39°C Densidad: 1.0g/cm³ Solubilidad en agua, g/100 ml: ninguna

Densidad relativa de vapor (aire = 1): 9.3 Punto de inflamación: 71° C .Ver figura 3.



FIGURA. 3 Peróxido de dicumilo

3.4 Anhídrido Maléico

Anhídrido Maléico es un sólido cristalino incoloro o blanco de olor acre, irritante y muy corrosivo. En solución con Agua es un Acido fuerte que reacciona de forma violenta con bases y oxidantes fuertes. Esta sustancia se comercializa en forma de sólidos cristalinos con una pureza de 99.50%. Este material se considera estable.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Sin embargo, debe mantenerse alejado de la humedad, el calor o la llama. Reacciona con Agua para formar el Ácido Maléico. A bajas temperaturas, con la adición de alcoholes, permite la formación de semiésteres; mientras que a elevada temperatura con presencia de catalizadores de esterificación, se elimina Agua produciendo di ésteres. La adición de amoniaco o aminas al Anhídrido Maléico genera las semiaminas correspondientes; las cuales pueden ser convertidas en imidas cíclicas por medio de la eliminación del Agua de la reacción. La alta reactividad del Anhídrido Maléico se debe a la presencia del doble enlace en la estructura. La adición de sustancias halógenas permite la formación de anhídridos maléicos succínicos mono o di halogenados, dependiendo de las condiciones de reacción.

La hidrogenación produce Anhídrido succínico, 1,4-butanodiol, tetrahidrofurano o butirolactona, dependiendo de las condiciones de reacción. Por la adición de olefinas se forman anhídridos alqueno succínicos. El Anhídrido Maléico es utilizado para reacciones de homo polimerización y copolimerización. Mezclando estas sustancias, se mejoran las propiedades mecánicas del polipropileno.

Mediante el reómetro de torque se obtiene una serie de datos que permiten descartar o aprobar la mezcla.



FIGURA. 4 Anhídrido maléico

3.5 Reómetro de torque

Es básicamente un mezclador que proporciona datos muy valiosos con respecto a la capacidad de procesamiento de los polímeros micro y nano materiales, pero

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

también es una herramienta útil para el control de calidad y el desarrollo de productos. La Reología estudia el flujo de materia. El término se utiliza para describir las propiedades de una amplia variedad de materiales, tales como polímeros en fundido, tintas, alimentos, y aceites. La comprensión de estas propiedades reológicas de los polímeros proporciona información esencial sobre su capacidad de procesamiento. Ver figura 5



FIGURA. 5 Reómetro de torque Utilizado para realizar mezclas

3.6 Moldeo por compresión

El moldeo por compresión es uno del proceso de transformación de plásticos más antiguo que existe. aparece descrito en bibliografía de principio del siglo XIX, aunque no comenzó a desarrollarse a escala industrial hasta 1908, cuando Leo Baekeland desarrollo las resinas fenol-formaldehido, que siguen empleándose aún hoy en día. El moldeo por compresión es un método de moldeo en el que el material de moldeo, en general precalentado, es colocado en la cavidad del molde abierto. El molde se cierra, se aplica calor y presión para forzar al material a entrar en contacto con todas las áreas del molde, mientras que el calor y la presión se mantiene hasta que el material de moldeo se ha curado. El proceso se emplea en resinas termoestables en un estado parcialmente curado, ya sea en forma de pellets, masilla, o preformas.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

El moldeo por compresión es un método de alta presión, adecuado para el moldeo de piezas complejas, de alta resistencia con refuerzos de fibra de vidrio. Los compuestos termoplásticos, aunque en menor medida, también pueden ser moldeados por compresión con refuerzos de cintas unidireccionales, tejidos, fibras orientadas al azar o de hilos cortados. La ventaja de moldeo por compresión es su capacidad para moldear piezas grandes, bastante intrincadas o complejas. Además, es uno de los métodos de más bajo costo en comparación con el moldeo por otros métodos tales como moldeo por transferencia y moldeo por inyección, por otra parte se desperdicia poco material, dándole una ventaja cuando se trabaja con compuestos caros.

Sin embargo, el moldeo por compresión a menudo proporciona productos de pobre consistencia y dificultad en el acabado, y no es adecuado para algunos tipos de piezas. En este proceso se produce una menor degradación de la longitud de la fibra en comparación con el moldeo por inyección. Materiales que normalmente se fabrican mediante moldeo por compresión incluyen: sistemas de resina poliéster con fibra de vidrio, (SMC / BMC), Torlon (Poliamida-imida: PAI), Vespel (Poliamida: PA), Polifenileno sulfuro (PPS), y muchos grados de PEEK.

Moldeo por compresión tiene un alto desarrollo en la fabricación de piezas de materiales compuestos para aplicaciones de reemplazo de metales, se utiliza normalmente para hacer piezas más grandes planas o de forma levemente curvas. Este método de moldeo es muy utilizado en la fabricación de piezas de automóviles, tales como cubiertas, defensas, cucharones, spoilers, así como pequeñas piezas más complejas. El material a ser moldeado se coloca en la cavidad del molde y los platos calientes son cerrados por un pistón hidráulico. Ver figura 6. El moldeo de compuestos a granel (BMC) y el moldeo de lámina compuesta (SMC) utilizan este método de moldeo, estos compuestos son conformados a la forma del molde por la presión aplicada y se calienta hasta que se produce la reacción de curado. El material para el SMC por lo general se corta para ajustarse a la superficie del molde. El molde se enfría y se retira la pieza. Los materiales pueden ser cargados en el molde, ya sea en forma de pellets o lámina, o el molde se puede cargar desde una extrusora de plastificación. Los materiales se calientan por encima de su punto de fusión, se forman y se enfrían. El material de alimentación se distribuye en forma uniforme en la superficie del molde, la orientación del flujo se produce durante la fase de compresión.

En el moldeo por compresión que hay seis factores importantes que se debe tener en cuenta:

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- Determinar la cantidad adecuada de material.
- Determinar la cantidad mínima de energía necesaria para calentar el material. - Determinar el tiempo mínimo necesario para calentar el material.
- Determinar la técnica de calefacción adecuada.
- Predecir la fuerza necesaria, para asegurar que el material alcance la forma adecuada. Diseño de molde para un enfriamiento rápido después de que el material ha sido comprimido en el molde.

El moldeo por compresión es un proceso de conformación en que se coloca un material plástico directamente en un molde de metal se calienta y luego se ablanda por el calor, y obligado a conformarse con la forma del molde en el molde cerrado. Características del proceso El uso de compuestos de plástico termoestable caracteriza a este proceso de moldeo de muchos otros procesos de moldeo. Estos termoestables pueden ser ya sea en forma de pellets o de preformas. A diferencia de algunos de los otros procesos nos encontramos con que los materiales suelen ser precalentado y se cuantifican antes del moldeo. Esto ayuda a reducir el exceso de rebabas. Insertos, generalmente metálico, también puede ser moldeados con el plástico. Se evitan retenciones en la forma del molde, que generan que la eyección sea especialmente difícil.

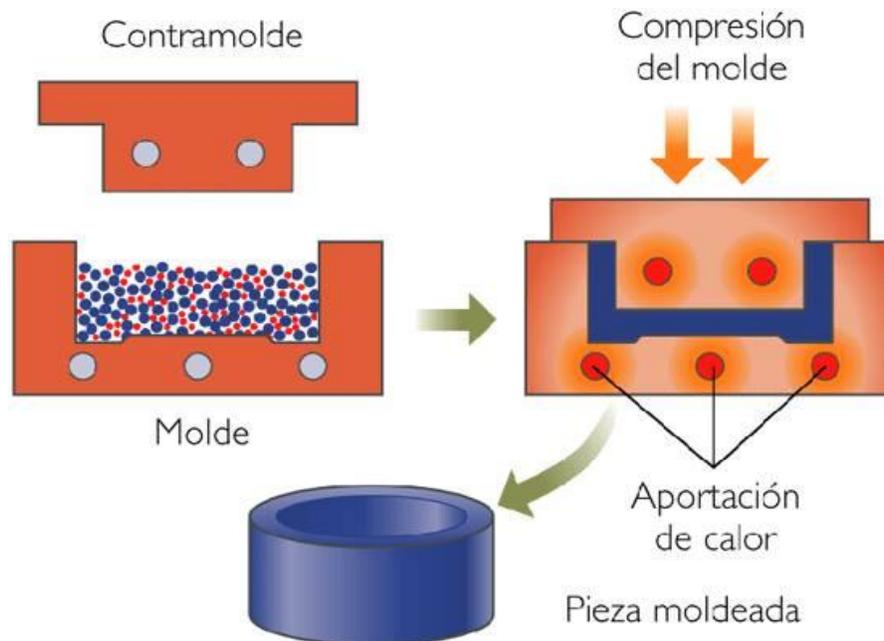


FIGURA. 6 Moldeo por compresión

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Teniendo en cuenta todo lo mencionado anteriormente, estos conceptos teóricos ayudan a comprender el propósito del trabajo, a continuación se presenta el paso a paso de la obtención de mezclas y placas realizadas.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

4 METODOLOGÍA

4.1 Materias primas

Teniendo en cuenta las necesidades de los estudiantes de maestría y los profesores de investigación se inició con el procedimiento de obtener mezclas mediante, el método de reómetro de torque.

Se inicia con la consulta de información sobre el instrumento a utilizar en este proceso, teniendo en cuenta los equipos con los que se contaban en el laboratorio.

Posteriormente se cuenta con el apoyo de una estudiante de maestría quien orienta sobre el uso adecuado de la máquina y explica los procedimientos que se deben seguir para la obtención de mezclas a través del reómetro de torque.

Seguidamente se realiza cotizaciones con diferentes proveedores del polipropileno, se compra el producto polipropileno de 11 MFI, aprobado por el docente Juan Fernando Santa Marín. Ver figura 7



FIGURA. 7 Polipropileno 11 MFI

Siguiendo con el procedimiento, se realiza el pesaje teniendo en cuenta la cantidad exacta de las sustancias que la componen, para la obtención de las mezclas requeridas; las cantidades son las siguientes:

Polipropileno de 11MFI, 42.21 gr. Ver figura 8

Peróxido de dicumilo, 0.45 gr. Ver figura 9

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Anhídrido maléico, 2.25 gr. Ver figura 10



FIGURA. 8 pesaje polipropileno



FIGURA .9 Pesaje de DCP



FIGURA .10 Pesaje anhídrido maléico

Los equipos de seguridad utilizados durante el procedimiento se observan en la figura 11, figura 12 y figura 13.



FIGURA 11. Guantes de carnaza



FIGURA 12. Gafas



FIGURA 13. Tapabocas

Las herramientas empleadas durante el proceso se observan en las figuras 14, figura 15, figura 16 y figura 17.



	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

FIGURA 14. Espátula de cobre



FIGURA 16. Cronometro

FIGURA 15. Cepillos de Bronce



FIGURA 17. Nitrógeno

4.2 Elaboración de mezclas

Se prepararon mezclas a partir del polipropileno como el producto principal, como un agente de funcionalización se usó el anhídrido maléico AHM, y como iniciador de la reacción se empleó el peróxido dicumilo, de acuerdo con condiciones de mezclas utilizadas en investigaciones anteriores. Se necesita de dos personas para realizar el procedimiento, ya que se debe trabajar en conjunto para que el procedimiento sea exitoso.

Se utilizó un mezclador interno HaakeRheodrive 7 PolyLab OS equipado con rotores tipo Roller. Ver figura 18



FIGURA. 18 Rotores tipo rollor rotors

Teniendo en cuenta las recomendaciones generales, se debe encender el computador, antes de iniciar la máquina, si por algún motivo la máquina esta desconectada, no se debe utilizar, de lo contrario activar el interruptor principal de la máquina, luego buscar el icono polysoft principal, se realiza la verificación de conexión USB entre el PC y la máquina.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Se realiza la configuración de la máquina, escogiendo los rotores correctos, que son rollor rotors, se escoge la velocidad que debe ser 60 rpm, y por último la temperatura que va hacer de 220 °C, dar en botón de play y luego el icono de Excel mostrado en el polysoft.

Posteriormente se agrega por la tolva del equipo la cantidad pesada del polipropileno, dejándolo actuar por 1 ½ min, se agrega nitrógeno hasta llegar a los 2 min, después de esto se adiciona el anhídrido maléico y el peróxido de dicumilo en este orden, hasta finalizar con un tiempo de 5 min, y proceder a sacar la mezcla obtenida.

Por último se deben parar los rotores y el documento de Excel, dando así stop a la máquina y al programa. Se procede a retirar las perillas que aseguraron las planchas, se baja la plancha frontal limpiando parte de la mezcla, se retira la segunda plancha y al igual que la primera plancha limpia la otra parte de la mezcla que hay en ella; con esta plancha se debe tener mucho cuidado ya que en ella hay un sensor ubicado en la parte central interna. Ver figura 19



FIGURA. 19 Planchas del reómetro de torque

Se debe pesar la mezcla obtenida en el reómetro. Ver figura 20. Para saber la cantidad obtenida y en el momento de moler se pueda calcular cuánto producto se perdió, se continúa con el molido de la mezcla. Ver Figura 21. Dejándolo en forma de pellets para que esta mezcla pueda ser cargada con zeolitas o dejarlo en el estado inicial. Ver figura 22.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

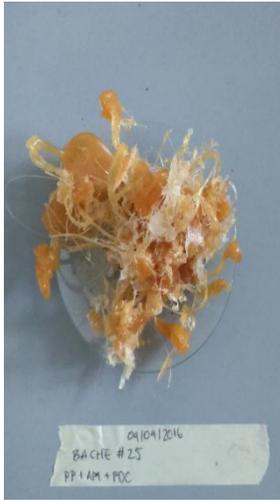


FIGURA. 20 Mezcla de PP+AM+DCP



FIGURA. 21 Molino



FIGURA. 22 Mezcla en forma de Pellets

Una vez obtenida la mezcla funcionalizada estas fueron cargadas con Zeolitas en la siguiente cantidad La mezcla al 1%, contuvo parte de la mezcla funcionalizada (43,13 g) y zeolita (0,44 g), la mezcla al 3%, contuvo parte de la mezcla funcionalizada (41,52 g) y zeolita (1,28 g). Ver figura 23.



FIGURA. 23 Mezclas de PP+DCP+AM con Zeolita al 1% y 3%

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

4.3 Molienda de Mezclas

Se utiliza un molino para llevar la mezcla en forma de pellets. También se utilizó una licuadora buscando que el proceso fuera más ágil y rápido; ya que con la trituradora el proceso se hacía en tiempos más largos. Ver figura 24, figura 25 y figura 26.



FIGURA 24. Molino



FIGURA 25. Licuadora

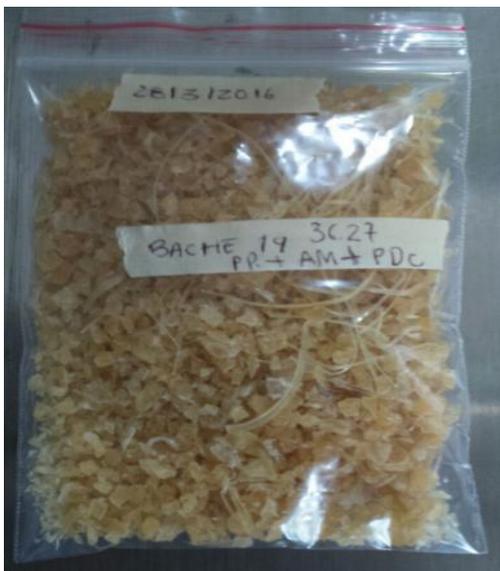


FIGURA 26. Mezcla en forma de pellets

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

4.4 Proceso de prensado de las planchas.

Este procedimiento ya está establecido por los profesores de investigación, se utiliza una prensa hidráulica, la cual tiene dos láminas con resistencias que son controladas en este caso a 240 °C, como resultado se funde el material y da forma a la plancha. Ver figura 27, figura 28 y figura 29. El procedimiento en el anexo 1



FIGURA. 27 Prensa hidráulica manual



FIGURA. 28 Moldes para el proceso



FIGURA. 29 Láminas con resistencias

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

5 Resultados

A continuación se observa en la figura 30 las planchas obtenidas mediante el moldeo por compresión.

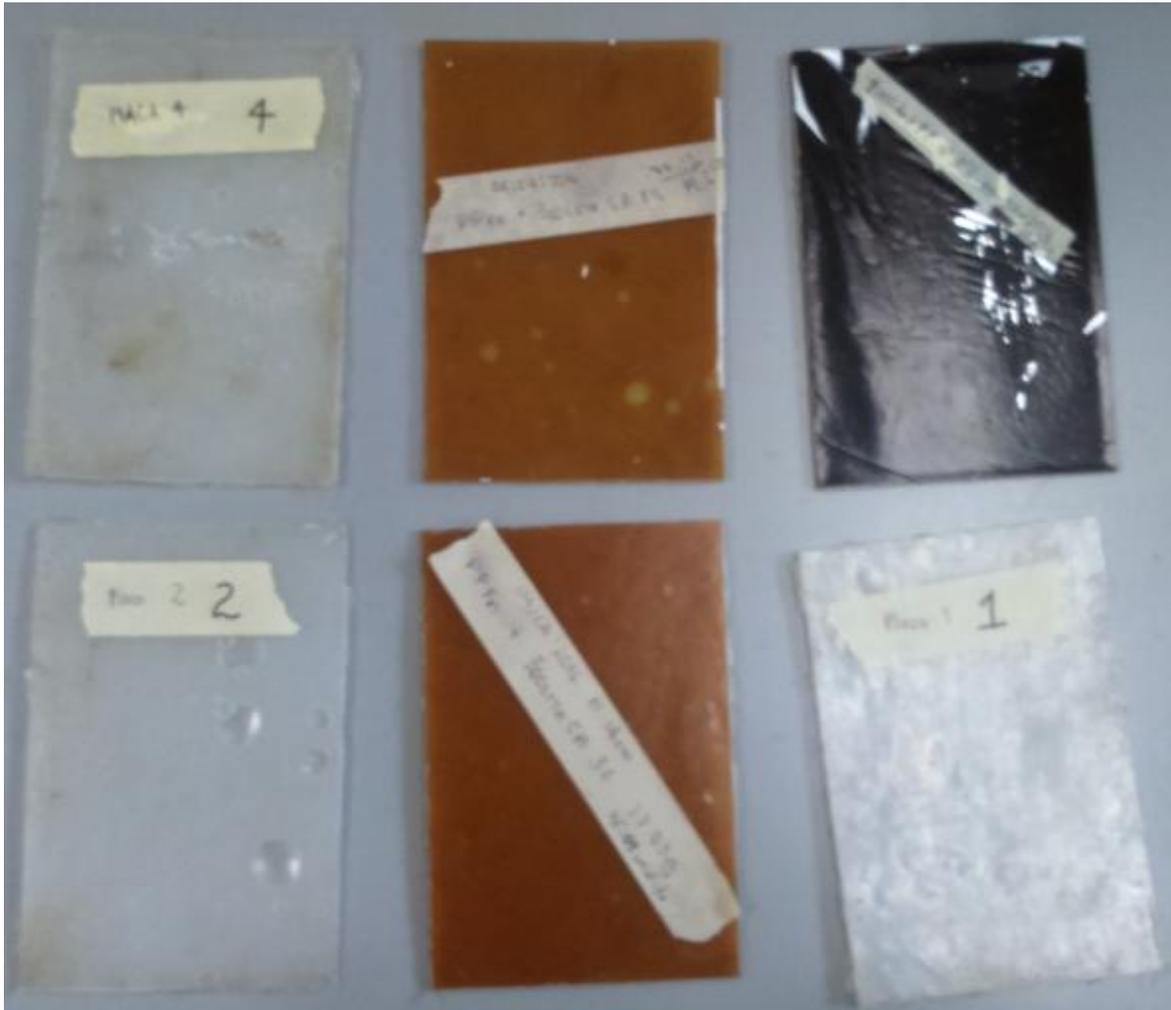


FIGURA. 30 Planchas obtenidas mediante moldeo por compresión

5.1 Plancha #1

Polipropileno sin desmoldeante.

En esta placa se utiliza el polipropileno 11 MFI. Se realiza la plancha con polipropileno sin funcionalizar. Se puede notar que la placa no es uniforme, se

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

observan baches de aire. Esto fue debido a que algunas indicaciones no se siguieron al pie de la letra. Los errores que se cometieron fue que la presión aplicada no es constante y no se ejerció en el tiempo establecido por las indicaciones, por ultimo hubo exceso de agua a la hora de enfriar la placa. Ver figura 30 y figura 31.



FIGURA. 31 Polipropileno



FIGURA. 32 Plancha #1 de polipropileno obtenida mediante moldeo por compresión

5.2 Plancha #2

Polipropileno con desmoldeante

En esta placa se utiliza el polipropileno 11 MFI. Se realiza la plancha con polipropileno sin funcionalizar. Se puede notar que la plancha es más uniforme. Se le aplicó una capa de desmoldeante buscando una manera más fácil y ágil de despegar el papel aluminio con el que queda recubierta la plancha después de dar por terminado el proceso. En esta plancha se tuvo un error con los tiempos estipulados para aplicar la presión, por tal motivo se notan algunas burbujas de aire. La plancha fue aprobada para hacer probetas.



FIGURA. 33 Polipropileno



FIGURA. 34 Plancha #2 de polipropileno obtenida mediante moldeo por compresión

5.3 Plancha #3

Polipropileno funcionalizado con zeolita al 1%

Plancha compuesta por polipropileno de 11 MFI funcionalizado con anhídrido maléico y peróxido de dicumilo. Esta mezcla fue cargada con zeolita al 1% con un peso de mezcla funcionalizada 43,13 g y zeolita 0,44 g Se le aplicó una capa de desmoldeante a las placas. Se nota una placa con menos burbujas de aire ya que se le hace un mejor seguimiento al proceso con respecto a los tiempos en que la presión debe ser aplicada. La plancha fue aprobada para hacer probetas. Ver figura 35.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



FIGURA. 35 Muestras del proceso para la obtención de la plancha # 3

5.4 Plancha # 4

Polipropileno funcionalizado con zeolita al 3%

Plancha compuesta por polipropileno de 11 MFI funcionalizado con anhídrido maléico y peróxido de dicumilo. Esta mezcla fue cargada con zeolita al 3 % con un peso de mezcla funcionalizada 41,52 g y zeolita 1,28 g. Se le aplicó una capa de desmoldeante a las placas. Se nota una placa con menos burbujas de aire ya que se le hace un mejor seguimiento al proceso con respecto a los tiempos en que la presión debe ser aplicada. La plancha fue aprobada para hacer probetas. Ver figura 36.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



Figura. 36 Muestras del proceso para la obtención de la plancha # 4

5.5 Plancha # 5

Polipropileno con zeolita 5A

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Plancha compuesta por polipropileno y zeolita 5A. Se hizo en compañía de la profesora Leila, meticulosamente se tuvieron en cuenta todas las variables por tal motivo la plancha no presenta burbujas de aire esta fue aprobada para hacer probetas. En esta plancha se tuvo un inconveniente con el aluminio ya que fue un proceso demorado para quitar el recubrimiento con la que quedo después de terminado el proceso. No se le unto capa de desmoldeante. Ver figura 37



FIGURA. 37 Plancha de compuesta de polipropileno con Zeolita 5A

5.6 Fortalezas

Los procedimientos para la obtención de mezclas, mediante el método de reómetro de torque que se han mencionado a lo largo de este informe; su principal fortaleza, es que ha sido un proceso muy investigado, con unos procedimientos muy bien definidos, que permiten a los estudiantes de adquirir nuevos conocimientos y participar en proyectos de investigación.

5.7 Limitaciones

En el laboratorio solo se encuentra un reómetro de torque, y aparte de esto se debe manejar en pareja; hubieron momentos en que no fue posible que las dos personas se pudieran reunir en la misma hora, y cuando se podía el reómetro se encontraba

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

ocupado con otros estudiantes, lo que hizo que el procedimiento se demorara más de lo planeado.

En el proceso de prensando de la placa hay que tener en cuenta muchas variables, como tiempo, temperatura y presión; esto es una limitación, porque si no se tienen en cuenta todas las variables, el producto final no va a tener el resultado que se quiere.

5.8 Restricciones

El polipropileno 11 MFI, utilizado por los practicantes de ingeniería es diferente al polipropileno 530 que estaba disponible en el inicio de las prácticas, fue necesario buscar el producto en varias empresas, y no se tenía claro si la calidad que estábamos buscando era la requerida.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

6 CONCLUSIONES

Se obtuvieron aproximadamente 20 mezclas de polipropileno funcionalizado que se compartieron con las estudiantes de maestría y de práctica.

Se obtuvieron 6 mezclas de polipropileno funcionalizado cargadas con zeolita al 1% y 3% respectivamente

Se obtuvieron dos planchas de polipropileno funcionalizado que fueron cargadas con zeolitas al 1% y 3% respectivamente.

Se obtuvieron 3 planchas de polipropileno para hacer ensayos de la calidad del material.

Se obtuvo una plancha de polipropileno la cual fue cargada con Zeolita 5A

7 RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO

Se recomienda hacer una automatización del proceso de moldeo por compresión, el permitiendo tener un control de las variables implicadas, así se tendrá más seguridad que las planchas van a salir con la calidad que se requiere para hacer las probetas de estudio.

Realizar una programación del horario en qué el reómetro de torque va a ser utilizado, siendo entregado semanalmente a los estudiantes que utilizan el reómetro, con el fin de encontrar disponibilidad.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

8 REFERENCIAS

Kroschwitz J "Enciclopedia Concisa de Ciencia e Ingeniería de Polímeros". Segunda edición. Wiley, 1990.

Billmeyer F "Textbook of Polymer Science" .Third Edición. Wiley. New York, U.S.A. 1984 [26] Oksman K, C Clemons, las propiedades mecánicas y la morfología.

Valdés, M. G., Pérez-Cordoves, a. I., & Díaz-García, M. E. (2006).

Zeolites and zeolite-based materials in analytical chemistry. TrAC Trends in Analytical Chemistry, 25(1), 24–30. doi:10.1016/j.trac.2005.04.016.

Zhang, C., Liu, Q., Xu, Z., & Wan, K. (2003). Synthesis and characterization of composite molecular sieves with mesoporous and microporous structure from ZSM-5 zeolites by heat treatment. Microporous and Mesoporous Materials, 62(3), 157–163. Doi: 10.1016/S1387-1811(03)00427-X.

Sanz S, PP: el mismo polímero, sus nuevas aplicaciones y desarrollos, Revista de Plásticos Modernos, 75, 365 (1998)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

9 APÉNDICE

Anexo 1

PROCEDIMIENTO PARA USO DEL REOMETRO

1. Verificar que el led situado en la mitad del regulador este encendido (nunca se desconecta).
2. Encender el PC.
3. Para acceder al sistema se debe ingresar la clave.
4. Abrir el programa “polysoft monitor”.
5. Verificar la conexión USB to can este encendido (parte de atrás del computador).
6. Cuando aparezca un recuadro de advertencia en la pantalla se le da “aceptar”.
7. Verificar que haya nitrógeno.

Para el Reómetro se debe tener en cuenta.

8. El enchufe principal del equipo siempre debe estar conectado, no desconectar.
9. Montar rotores tipo rollor rotors identificando el lado en que va cada uno, estos están marcados con L y R, siglas correspondiente de Left y Right respectivamente.
10. Montar con mucho cuidado las placas teniendo muy presente el sensor que se encuentra en la parte de adentro para no ir averiarlo.
11. Montar y ajustar las chapolas. No se deben ajustar mucho.
12. Acoplar tolva de alimentación y girar a 90° para asegurar.
13. Encender el equipo de la perilla principal.

Cuando se este listo para usar el equipo

14. Encender la calefacción del equipo.
15. Encender los rotores del equipo.
16. En el computador configurar la velocidad de los rotores en 60 RPM/MIN.
17. En el computador verificar que la temperatura llegue a 220°C. Si este no se encuentra en el valor indicado de 220°C se debe configurar.
18. Iniciar con el icono play general y play de Excel para que el sistema guarde los datos.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

19. Verificar la temperatura del equipo, velocidad de los rotores, que las placas estén montadas y ajustadas, y los rotores estén en el lado correspondiente.
20. Ajustar regulador de la pipeta de nitrógeno en 5 ml.
21. Proceder a agregar el polímero en la tolva de alimentación.
22. Bajar eje tipo cremallera para empujar el polímero completamente.
23. Esperar unos minutos (depende del tipo de polímero), para agregar el otro componente.
24. Pasado el tiempo de 1 minuto con 30 segundos agregar nitrógeno por 30 segundos.
25. Cumplidos los 30 segundos, debo subir el eje tipo cremallera y agregar el anhídrido maléico junto con el peróxido de dicumilo en este orden.
26. Bajar nuevamente eje tipo cremallera.
27. Esperar un tiempo de 5 minutos corridos desde el inicio, agregando nitrógeno constante.
28. Pasado el tiempo retirar nitrógeno cerrando la llave y el regulador de nitrógeno.
29. Se debe apagar los rotores, apagar calefacción, dar botón de stop en el sistema.
30. Proceder con quitar chapolas, por consiguiente desmontar primera placa y limpiar la mezcla con una espátula de cobre preferiblemente.
31. Desmontar la segunda placa y continuar retirando la mezcla está contenida en esta.
32. .retirar y limpiar la mezcla que hay en los rotores esta limpieza se realiza con cepillo de alambre de cobre con el fin de no rayar ni desgastar los rotores.
33. Una vez realizada la limpieza se montan nuevamente, estos están marcados R (derecho), L (izquierda).
34. Asegurarse de limpiar todo el exceso de mezcla de las tapas y montarlas nuevamente, montar las chapolas y ajustar. Este procedimiento se repite cada que se haga una mezcla.

Anexo 2

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

PROCEDIMIENTO PARA ELABORACIÓN DE PLANCHAS

Metodología de prensado de planchas de polipropileno

1. Se inicia con la estabilización del medidor a 240 C.
2. Envolver las placas en aluminio y añadir una capa de desmoldeante.
3. De la mezcla obtenida mediante el procedimiento del reómetro de torque y molido, poner el material en la placa de manera distribuida, teniendo en cuenta que las partes gruesas del mismo van a la parte central de la placa.
4. Cuando se tiene el medidor estable en 240 °C, se procede a poner las placas en la prensa.
5. Trabajar con una sola cavidad, la cual se ubica en el centro de la prensa.
6. se debe dejar 4 minutos manteniendo las placas en contacto con el material para garantizar que el material se funda sin hacer presión, si no se ve bien fundido dejar más tiempo manteniendo las placas en contacto.
7. luego de transcurrido el tiempo de 4 minutos se sube la presión lentamente durante 1 min, hasta llegar a los 100 bar.
8. Seguidamente se debe dejar 2 min a presión constante.
9. Cumplido este tiempo se apaga el medidor y se abre la llave de agua dándole vuelta y media a esta; durante el proceso de enfriamiento se debe sostener la presión en 100 Bar.
10. Dejar enfriando hasta que llegue a 40°C para evitar contracción a temperatura ambiente; (esta temperatura se alcanza aproximadamente en 30 min, pero es necesario verificar con el medidor de temperatura).
11. Para finalizar se debe cerrar la llave de agua y la prensa se debe abrir lentamente.

NOTA: Para polietileno se sube el medidor a 200°C

Hay una diferencia de 10°C entre el medidor y la temperatura de la placa inferior para garantizar así que se llegue a la temperatura de fusión del material.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Anexo 3

Medellín, 08 de Agosto 2016

Señores

Comité de trabajo de grado

Facultad de Ingeniería

Tecnología e Ingeniería Electromecánica

ASUNTO: Entrega de trabajo de grado en Ingeniería Electromecánica

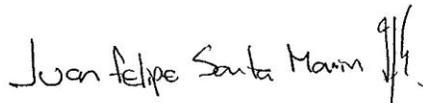
Como estudiantes del programa en ingeniería Electromecánica hacemos entrega del trabajo de grado denominado "PROCEDIMIENTO PARA LA OBTENCION DE MEZCLAS DE POLIPROPILENO" realizado durante el semestre 01-2016 bajo la asesoría del docente Juan Felipe Santa Marín del Grupo MATyER como requisito para optar al título de Ingeniero Electromecánico.

NOTA: Se entregan dos copias en CD con el texto final.

Gracias por la atención y quedamos atentos a cualquier solicitud



Ronald Alexander Gómez Bolívar
CC 1026133387
Estudiante Ingeniería Electromecánica



Ing. Juan Felipe Santa Marín, M.Eng, Ph.D.
Grupo de Investigación Materiales Avanzados y
Energía – MATyER

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Anexo 4

 Institución Universitaria	EVALUACIÓN DE MODALIDAD TRABAJO DE GRADO Y PRÁCTICAS PROFESIONALES	Código	FDE 090
		Versión	04
		Fecha	2015-10-05

INFORMACIÓN DEL TRABAJO DE GRADO

1. Título:

PROCEDIMIENTO PARA LA OBTENCIÓN DE MEZCLAS DE POLIPROPILENO			
Programa Académico:	INGENIERIA ELECTROMECANICA	Tecnología	Ingeniería <input checked="" type="checkbox"/>

2. Modalidad Trabajo de Grado:

Proyecto de Grado		Práctica Profesional		Emprendimiento	
Producto de Investigación		Producto obtenido en Talleres Laboratorios ITM	<input checked="" type="checkbox"/>	Pasantías	
Certificación		Reconocimiento Laboral		Cursos de Posgrado	
Ingeniería para la Gente					
Grupo de investigación:			Código proyecto		
Tipo de Informe	Propuesta de Proyecto de Grado		Informe Final de Proyecto de Grado		<input checked="" type="checkbox"/>

3. Información estudiante(s):

Nombre	Cédula	Correo electrónico
DONALD ALEXANDER GOMEZ B	1026133387	alexandergomez.9@hotmail.com

4. Información asesor:

Nombre	Institución	Correo electrónico
JUAN FELIPE SANTA	INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO	Jfsanta@gmail.com

CONCEPTO DEL JURADO EVALUADOR

Concepto inicial sobre el trabajo de grado			
Aprobado sin modificaciones	<input checked="" type="checkbox"/>	Se requieren modificaciones	Mención honorífica
Observaciones			
Se puede anexar hojas adicionales para una descripción más amplia de las observaciones. Justificar en esta parte por qué otorgar mención honorífica.			
Nombre jurados evaluadores	JUAN FELIPE SANTA		
Firma	 FECHA: LUNES 8 AGOSTO 2016		

Anexo 5

Fecha		Actividad desempeñada por el estudiante	Hora Ingreso	Hora salida	Total horas	Firma Laboratorista	Firma Estudiante
A	M						
2016	2	23	08:00	12:00	4		
2016	2	25	08:00	12:00	8		
2016	2	26	14:00	18:00	12		
2016	2	29	14:00	18:00	16		
2016	3	1	08:00	12:00	20		
2016	3	3	14:00	18:00	24		
2016	3	4	08:00	12:00	28		
2016	3	7	14:00	18:00	32		
2016	3	8	08:00	12:00	36		
2016	3	14	14:00	18:00	40		
2016	3	15	14:00	18:00	44		
2016	3	17	14:00	18:00	48		
2016	3	18	14:00	18:00	52		
2016	3	28	08:00	13:00	57		
2016	4	1	16:30	21:30	62		
2016	4	4	08:00	18:00	72		
2016	4	5	10:00	15:00	77		
TOTAL HORAS							


 DONALD GÓÑEZ
 Firma Estudiante


 Juan Felipe Santa María
 Nombre y firma Laboratorista


 Juan Felipe Santa María
 Nombre y firma Profesional Universitario - Centro de Laboratorios

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Anexo 6

 Institución Universitaria	FORMATO PARA LA FORMALIZACIÓN DEL PRODUCTO OBTENIDO EN TALLERES O LABORATORIOS DEL ITM	Código	FDE 026
		Versión	01
		Fecha	2015-09-30

Fecha: 25 Febrero de 2016

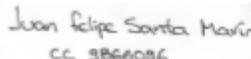
Nombres y apellidos: Ronald Alexander Gómez Bolívar Cédula: 1026133387 Carné: 14116045 Teléfonos: 580-11-12 316-404-56-07 Programa: Ingeniería Electromecánica Fecha de iniciación del producto (aaaa/mm/dd): 2016/02/23 Fecha de terminación del producto (aaaa/mm/dd): 2016/05/14 _____ Docencia: ___ o Investigación X ___ Nombre del Taller o Laboratorio: Laboratorio de materiales poliméricos Campus: Fraternidad Nombre del docente asesor: Juan Felipe Santa Marín Cargo: Docente asistente. Facultad de Ingenierías E - Mail: juansanta@itm.edu.co , jfsanta@gmail.com	
---	--

Diligencie el siguiente campo:

<p>A. Descripción del producto a desarrollar:</p> <p>Desarrollo de procedimientos de obtención de mezclas de polipropileno con nanopartículas y subproductos de otros procesos industriales mediante reómetro de torque ubicado en el laboratorio. El desarrollo de los procedimientos incluirá el desarrollo de un procedimiento escrito detallado y la obtención de al menos 20 mezclas representativas para aplicación en moldeo por compresión. Las materias primas serán provistas por el laboratorio de polímeros y los resultados beneficiarán a los estudiantes de pregrado y maestría que realizan sus actividades en el laboratorio.</p> <p>B. Detalle claramente las evidencias o anexos a entregar al finalizar el Trabajo de Grado:</p> <p>Como evidencia se dejarán al menos 20 mezclas en el laboratorio así como 10 placas formadas mediante moldeo por compresión de polímeros con nanopartículas. En todos los casos se entregarán evidencias fotográficas, tablas de parámetros y los procedimientos escritos para la obtención de las mezclas y las láminas mediante el reómetro de torque y el sistema de moldeo por compresión.</p>

Nota: Entregar a los ocho (8) días de su aprobación, en el Departamento Académico al cual se encuentra adscrito.


 Estudiante


 Docente Asesor

FIRMA ESTUDIANTES _____

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

FIRMA ASESOR _____

FECHA ENTREGA: _____

FIRMA COMITÉ TRABAJO DE GRADO DE LA FACULTAD _____

RECHAZADO _____ ACEPTADO _____ ACEPTADO CON
 MODIFICACIONES _____

ACTA NO. _____

FECHA ENTREGA: _____

FIRMA CONSEJO DE FACULTAD _____

ACTA NO. _____

FECHA ENTREGA: _____